

المؤتمر الأول للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية (فكرة واختراع وأثر)

الأوراق العلمية

الشركاء

برنامج تطوير الصناعة
الوطنية والخدمات
اللوجستية



وزارة النقل والخدمات اللوجستية
Ministry of Transport and Logistic Services



وزارة الصناعة
والثروة المعدنية
Ministry of Industry and Mineral Resources



وزارة الصحة
Ministry of Health



الموقف العلمي
KAU Endowment (WAQF)
جامعة الملك عبدالعزيز



الراعي الذهبي

INTRO Group
Sherif Abdelhady



الراعي الماسي

شركة أحمد محمد
صالح باعشن وشركاه
AMS BAESHEN & CO.



إشعار تسجيل دورية

السادة / جامعة الملك عبدالعزيز - مركز النشر العلمي

نفيدكم علما بأنه قد تم تسجيل عملكم الموسوم بـ:

المؤتمر الأول للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية (فكرة واختراع وأثر)

تحت رقم إيداع 1447/7897 وتاريخ 1447/05/08 هـ، ورقم ردمد 2961-449X

نأمل طباعة الرقم الدولي المعياري (ردمد) ورقم الإيداع على كل إصدار من المطبوع، كما نرجو إيداع نسختين من

كل إصدار في مكتبة الملك فهد الوطنية فور الانتهاء من طباعته، علما بأن الإهداء أو الشراء لا يسقط حق تطبيق

نظام الإيداع.

شاكرين حسن تعاونكم

مدير عام الإيداع والتسجيل



عبدالعزيز بن زيد الزير

فريق تحرير الأوراق العلمية

أ.د. نهله محمود قهوجي _ رئيس فريق التحرير

أ.د. ليلي أحمد سالم باهمام _ عضو

أ.د. عوني عبد الهادي سيد _ عضو

أ.د. ياسر علي شعبان دومة _ عضو

أ.د. عاصف سلام _ عضو

أ.د. عزيزة راشد الرفيعة _ عضو

أ.د. ليلي محمد الحربي _ عضو

د. منال عبداللطيف مليباري _ عضو

د. اريج عمر باوجيه _ عضو

د. بسمة أبوبكر خوجة _ عضو

د. همام احمد سالم باهمام _ عضو

د. سعود واصلي _ عضو

د. أحمد أبوبكر يحيي _ عضو

د. دعاء محمد الرفاعي _ عضو

د. أحمد فوزي تركي _ عضو

د. عوني عبدالهادي سيد _ عضو

د. رائد إسماعيل فلمبان _ عضو

د. حسن علي السقاف _ عضو

أ. حنان محمد يحي حدري - سكرتيرة

المحتويات

القسم العربي

الصفحة

	■ تصميم وتطوير لعبة تعليمية لتعليم البرمجة والذكاء الاصطناعي باستخدام محرك Unity: دراسة تطويرية	
1	 نسيم العتيبي – أبرار الحربي	
	■ استراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي	
11	 مريم عبدالله المالكي	
	■ الذكاء الاصطناعي كحافز للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية	
78	 أبرار سعد العتيبي	
	■ دور توطين ونقل المعرفة في تنمية رأس المال الفكري في قطاع الفضاء السعودي: مراجعة علمية ومؤشرات رقمية	
81	 طارق الجفني – عثمان عقيلي	
	■ قياس الأثر الاقتصادي لمسرات الأعمال الجامعية: تطوير مؤشرات أداء لتعزيز الاستدامة الريادية	
107	 محمد سعد عسيري	
	■ تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII	
117	 حصه سعيد محمد العمر	
	■ دور الذكاء الاصطناعي التوليدي في بناء بيئة جامعية محفزة للابتكار والإبداع الطلابي	
141	 انتصار الكيال – قاسم باغر	
	■ السياسات العامة في تعزيز وتمويل الابتكار في المملكة العربية السعودية	
149	 عمشاء سعد الشلوي – لمى طارق الشيخ	

▪ Fostering Innovation and Understanding in Fluid Mechanics through Real-World Projects	
Hatim Alrifaa'i	161
▪ Potentiality of huge revenue drawn through Arthrospira (Spirulina sp.) platensis KAU02 (Cyanophyceae) cultivation in treated wastewater rather than discharge into the sea	
Md. Abu Affan – Lafi Saed Al Solami.....	166
▪ Comparative Assessment of Image-Based Velocimetry Techniques for River Flow Monitoring: Accuracy, Efficiency, and Practical Implications	
Farhan Kurniawan – Piet Lens – Sebrian Beselly – Claudia Be.....	178
▪ Methods to Improve Indoor Environmental Quality (IEQ) in Classrooms in Hot Climates	
Yousef khoja – Mohanad Bayomi	203
▪ Classifying Spacecraft Collision Risk: A Machine Learning Approach Using GRU Neural Networks	
Amirah Manyur Almutairi – Rana Abdulaziz Alzahrani.....	214
▪ Quantifying Learning Dynamics in Saudi Fintech Software Reliability: An Enhanced NHPP-SW Model for SAMA-Compliant Systems	
Wadha A. AL Ahmadi – Lutfiah I. Al-Turk.....	229
▪ The Effect of External Electromagnetic Waves During REM Sleep on Brain Electrical Activity and Neurotransmitter Balance Understanding Schizophrenia.	
Asma Felemban.....	253
▪ Cultivating Bionic skills for Empowering Digital Learning Innovators at King Abdulaziz University as future Entrepreneurs leadership	
Azza Abdullah S. Alghamdi – Alia Abdullah Aljindi.....	261
▪ Empowering Saudi Academia: Exploring the Role of Entrepreneurial Leadership in Enhancing Faculty Performance through Psychological Empowerment and Team Creativity	
Komal Khalid.....	284
▪ Strategic Innovation Infrastructure in Scientific Research: A Departmental Model in Progress for Cultivating Research and Entrepreneurship	
Samia Faisal O. Aboushoushah.....	304

▪ WEmpower in Saudi Arabia: An Innovative Approach to Empowering Women in Research	
Haya S. Zedan _ Raniyah Wazirali _ Lama Khoshaim.....	330
▪ Establishing a University-Based Center for Design and 3D Printing Services: A Practical Innovation and Learning Model	
Tala N. Alharbi _ Layan H. Bjaili _ Retal E. Zahran _ and Faisal J. Alzahrani	352
▪ Entrepreneurial Leadership Impacts on Innovation: The Role of Customer Focus	
Fahad Al Jaeed.....	363
▪ Triple and Quadruple Helix Models: Strategies of Saudi Universities to Foster Innovation, Entrepreneurship, and Technology Localization	
Rana Abdullah Alghamdi	385
▪ Detection of infectious skin diseases in children's nurseries using AI model	
Eman Alhazmi _ Luluh Alkhamisi _ Somayah Albaradei _ Hanan Alotaibi.....	403
▪ Innovation in Last Mile Delivery and Entrepreneurial Opportunities	
Mohammad Asif Salam1* and Lujain Al Amoudi.....	422

المؤتمر الأول للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية تحت شعار "فكرة، اختراع، أثر"

نبذة عن المؤتمر

يُعد المؤتمر الأول للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية تحت شعار "فكرة، اختراع، أثر"، برعاية كريمة من صاحب السمو الملكي الأمير خالد الفيصل، مستشار خادم الحرمين الشريفين، أمير منطقة مكة المكرمة - حفظه الله -، وتنظمه جامعة الملك عبدالعزيز خلال الفترة من 21 إلى 22 أكتوبر 2025م، بمشاركة نخبة من الخبراء والرواد المحليين والدوليين في مجالات الابتكار، ونقل التقنية، وريادة الأعمال، والاقتصاد المعرفي.

يهدف المؤتمر إلى تعزيز منظومة البحث والابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية، وتمكينها من الإسهام الفاعل في تحقيق مستهدفات رؤية المملكة 2030، عبر تحويل مخرجات البحث العلمي إلى منتجات وشركات ناشئة ذات أثر اقتصادي ومجتمعي، وتعزيز التكامل بين القطاعات الأكاديمية والحكومية والصناعية وغير الربحية.

يتناول المؤتمر أربعة محاور رئيسة تشمل:

1. بناء منظومة الابتكار وريادة الأعمال في الجامعات.
2. الاقتصاد المعرفي وأثره على الفرد والمجتمع.
3. نقل وتوطين التقنية.
4. رواد الأعمال والاستثمار في الاختراعات.

ويضم برنامج المؤتمر جلسات علمية تتناول أوراقًا بحثية متميزة وعروضًا تقديمية وملصقات بحثية للباحثين والطلبة، إضافةً إلى ورش عمل متخصصة، وهاكاثون رواد الأعمال، ومنطقة تفاعلية للابتكارات تُعرض فيها أحدث المشاريع البحثية والاختراعات الوطنية.

ويسعى المؤتمر إلى تعزيز ثقافة الابتكار وريادة الأعمال، وبناء شراكات استراتيجية بين الجامعات والقطاعات المختلفة، بما يساهم في تمكين جيل من الرواد والمخترعين القادرين على صناعة المستقبل وتحقيق التنمية المستدامة.

About the Conference

The First Conference on Innovation and Entrepreneurship in Saudi Universities, held under the theme “Idea, Invention, Impact”, is organized by King Abdulaziz University under the gracious patronage of His Royal Highness Prince Khalid Al-Faisal, Advisor to the Custodian of the Two Holy Mosques and Governor of the Makkah Region, from October 21–22, 2025.

The conference brings together leading experts, researchers, and innovators from local and international institutions across the fields of innovation, knowledge economy, technology transfer, and entrepreneurship. It aims to strengthen the national innovation and entrepreneurship ecosystem and to empower Saudi universities to play a pivotal role in achieving the Kingdom’s Vision 2030, by transforming research outputs into startups, technologies, and products that create tangible economic and social impact.

The conference focuses on four main themes:

1. Building Innovation and Entrepreneurship in Universities
2. The Knowledge Economy and Its Impact on Individuals and Society
3. Technology Transfer and Localization
4. Entrepreneurship and Investment in Inventions

The program includes scientific sessions featuring research papers, oral presentations, and poster sessions, as well as specialized workshops, a Startup Hackathon, and an Interactive Innovation Zone showcasing innovative projects and prototypes from universities and partners across the Kingdom.

Through this conference, King Abdulaziz University seeks to foster a culture of innovation and entrepreneurship, enhance collaboration between academia, government, and industry, and support the development of a new generation of innovators and entrepreneurs capable of driving sustainable national development.

تصميم وتطوير لعبة تعليمية لتعليم البرمجة والذكاء الاصطناعي باستخدام محرك Unity: دراسة تطويرية

نسليم العتيبي¹، أبرار الحربي²

¹ قسم تقنيات التعليم، كلية التربية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية؛ alotaibi.naseem.a@gmail.com

² قسم تقنيات التعليم، كلية التربية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية؛ Aalzghebi@gmail.com

المستخلص: شهد التعليم الحديث توجهًا متزايدًا نحو توظيف الألعاب التعليمية في تدريس المهارات التقنية، لا سيما البرمجة ومفاهيم الذكاء الاصطناعي، لما لها من قدرة على تحفيز المتعلمين وتعزيز الانغماس المعرفي. واستجابةً لهذا التوجه، هدفت هذه الورقة البحثية إلى تصميم وتطوير لعبة تعليمية تفاعلية بعنوان "الذكاء المفقود (The Missing AI)" باستخدام محرك Unity، لتعليم أساسيات البرمجة بلغة Python ومفاهيم الذكاء الاصطناعي بطريقة مشوقة وبمبسطة. اتبعت الورقة البحثية منهج البحث التطويري، وتم بناء النموذج الأولي للعبة وفق مراحل نموذج ADDIE للتصميم التعليمي، بدءًا من تحليل الحاجة التعليمية، مرورًا بتصميم بيئة لعب تفاعلية، وانتهاءً بتطوير نموذج تقني جاهز للتشغيل. تضمنت اللعبة سيناريو سرديًا يحاكي استرجاع مكونات الذكاء المفقود عبر مهام برمجية تدريجية، مع دعم بيئة اللعب بتغذية راجعة فورية، ومؤثرات بصرية وصوتية محفزة. أسفرت نتائج عملية التطوير عن نموذج أولي جاهز للاستخدام ضمن بيئة تشغيل محلية، يتميز بواجهات رسومية موجهة للمبتدئين، وآليات تفاعل مرنة، وربط رمزي فعال لمفاهيم Python و AI داخل المهام التعليمية، وقد برزت تحديات في تحقيق التكامل البرمجي وتبسيط المفاهيم التجريدية، إلا أن الورقة البحثية أظهرت أن الألعاب التعليمية تُعد خيارًا واعدًا لتعليم البرمجة والذكاء الاصطناعي، خاصة عند بنائها على أسس تربوية وتقنية سليمة، وتوصي بإجراء تطبيقات ميدانية لتقييم فاعلية اللعبة، وتطوير إصدارات مستقبلية تدمج أنظمة تتبع تعلم أو أدوات تحليل الأداء التعليمي، مع إمكانية توسيع نطاق المحتوى ليشمل مفاهيم أعمق في الذكاء الاصطناعي.

الكلمات المفتاحية: لعبة تعليمية؛ البرمجة بلغة Python؛ الذكاء الاصطناعي؛ محرك Unity؛ التعلم القائم على الألعاب.

المقدمة

شهد العقد الأخير تحولًا جذريًا في طبيعة المهارات المطلوبة في سوق العمل، حيث برزت البرمجة والذكاء الاصطناعي كمرتكزين أساسيين في مجالات متعددة تشمل التعليم، والصحة، والصناعة، والترفيه. وقد صاحب هذا التحول توجه عالمي لتعزيز تعلم البرمجة ومحو الأمية في الذكاء الاصطناعي لدى المتعلمين منذ المراحل الدراسية المبكرة، باعتبارهما من الكفايات الأساسية في القرن الحادي والعشرين (Holmes et al., 2023). في المقابل، واجهت المؤسسات التعليمية تحديات في تقديم مفاهيم الذكاء الاصطناعي بطريقة مبسطة، وبأساليب تدريسية جذابة تناسب الفئات العمرية الناشئة، وهنا برزت الألعاب التعليمية التفاعلية بوصفها أداة فعالة لدمج المحتوى المفاهيمي بالتحفيز التربوي، حيث تسمح للمتعلمين بالتعلم من خلال الممارسة والاستكشاف وحل المشكلات داخل بيئة آمنة وواقعية (Sailer & Homner, 2020). ويُعد محرك التطوير Unity أحد أبرز أدوات تصميم الألعاب التعليمية في السنوات الأخيرة، لما يوفره من إمكانيات متعددة لتصميم الألعاب ثنائية وثلاثية الأبعاد، وإدماج عناصر البرمجة والرسومات والذكاء الاصطناعي في بيئة تطوير مرئية وسهلة التخصيص. ورغم وفرة الدراسات التي تناولت تصميم ألعاب تعليمية باستخدام Unity، إلا أن أغلبها ركز على المهارات البرمجية الأولية أو المفاهيم الرياضية، بينما لا تزال الدراسات التي تدمج بين تعليم البرمجة (Python) والوعي المفاهيمي بالذكاء الاصطناعي (AI Literacy) ضمن إطار لعب تفاعلي محدودة نسبيًا، لا سيما في السياق العربي (Jasmine S et al., 2024; Zhao et al., 2024). واستجابة لهذه الفجوة، هدفت هذه الورقة البحثية إلى تصميم وتطوير لعبة تعليمية تفاعلية باستخدام محرك Unity، تحت عنوان "الذكاء المفقود (The Missing AI)"، تستهدف المبتدئين في تعلم البرمجة، وتسعى إلى تقديم مفاهيم أساسية في الذكاء الاصطناعي من خلال سيناريوهات لعب مدروسة، وتندرج هذه الورقة البحثية ضمن منهجية البحث التطويري، حيث تركز على توثيق مراحل التصميم والتطوير الفني للعبة، دون إجراء تجربة ميدانية

على عينة طلابية في هذه المرحلة. وتسعى هذه الورقة إلى توثيق تجربة التطوير التقني والتربوي للعبة "الذكاء المفقود"، وتوضيح الأسس التعليمية والتصميمية التي بُنيت عليها، باعتبارها نموذجًا أوليًا يمكن اختباره وتطويره لاحقًا ضمن بيئات تعليمية حقيقية تدعم تعلم البرمجة ومبادئ الذكاء الاصطناعي.

المواد والأساليب

المنهجية:

تندرج هذه الورقة البحثية ضمن إطار البحث التطويري (Developmental Research)، الذي يُعنى بتصميم وتطوير منتج تعليمي أصيل، وتوثيق مراحل إنتاجه من منظور علمي وتربوي، ويهدف هذا النوع من البحوث إلى تطوير حلول تعليمية عملية تتكامل مع نظرية تربوية، من خلال سلسلة متكررة من التحليل والتصميم والتنفيذ والتحسين، ويُستخدم هذا المنهج غالبًا في تصميم نماذج التعليم أو المنتجات التقنية في البيئات الواقعية، حتى وإن لم يتم تقييمها ميدانيًا مباشرة في المرحلة الأولى (Richey & Klein, 2007).

مراحل تطوير النموذج الأولي وفق نموذج ADDIE:

اعتمدت هذه الورقة البحثية نموذج ADDIE في تطوير النموذج الأولي للعبة التعليمية "الذكاء المفقود (The Missing AI)"، نظرًا لما يتمتع به هذا النموذج من مرونة ووضوح تسلسلي في تصميم المنتجات التعليمية الرقمية، وملاءمته للأبحاث التطويرية التي تهدف إلى بناء حلول تعليمية دون اشتراط التطبيق الميداني المباشر في المرحلة الأولى (Branch, 2009)، يُعد ADDIE أحد أشهر نماذج التصميم التعليمي، ويتكون من خمس مراحل رئيسية: التحليل، التصميم، التطوير، التنفيذ، والتقييم، وقد تم تطبيقه هنا بصيغة متكاملة تتناسب مع أهداف اللعبة وطبيعة الفئة المستهدفة.

التحليل (Analysis): في هذه المرحلة تم تحديد الحاجة التعليمية الأساسية، وهي تطوير وسيلة تفاعلية لتعليم البرمجة ومفاهيم الذكاء الاصطناعي للمبتدئين. كما شملت عملية التحليل فهم خصائص الفئة المستهدفة، وصعوباتهم مع المفاهيم المجردة، وتقييم مدى مناسبة استخدام بيئة Unity لتحقيق أهداف التعلم المطلوبة.

التصميم (Design): تم في هذه المرحلة تخطيط المحتوى والأنشطة التعليمية داخل اللعبة، وتحديد المخرجات التعليمية المستهدفة (مثل كتابة تعليمات برمجية بسيطة، فهم أوامر Python، وربطها بسيناريوهات ذكية). كما تم رسم مسار اللعب وتحديد آليات الانتقال بين المستويات، وتصميم الواجهات التفاعلية وفق مبادئ الوضوح البصري وسهولة الاستخدام.

التطوير (Development): شملت هذه المرحلة تنفيذ المكونات التقنية والفنية للعبة باستخدام محرك Unity، مع الاعتماد على لغة C# في البرمجة الداخلية، ودمج بعض نماذج الأكواد المبسطة بلغة Python. تم تصميم الشخصيات والعناصر البصرية عبر Adobe Illustrator، إلى جانب تطوير التأثيرات الصوتية والمرئية التي تعزز من التفاعل والانغماس.

التنفيذ (Implementation): نُفذ النموذج الأولي داخل بيئة تشغيل تجريبية، وتم اختبار صلاحية التفاعل وسلامة الأداء البرمجي داخليًا. لم يتم في هذه المرحلة تنفيذ تجربة ميدانية مع طلاب حقيقيين، حيث تركز الورقة البحثية حاليًا على بناء النموذج الأولي وتوثيقه.

التقويم (Evaluation): تم إجراء تقويم مستمر أثناء التطوير، شمل مراجعة الأكواد التفاعلية، وضبط الاستجابة للمدخلات، وتحسين قابلية الاستخدام بناءً على التغذية الراجعة من الاختبار الداخلي. كما تم تعديل بعض عناصر الواجهة البصرية بما يتناسب مع المبتدئين في البرمجة، لضمان توافقها مع أهداف التعلم المقررة.

الأدوات والتقنيات المستخدمة

محرك التطوير: Unity (إصدار 2022.3)

لغة البرمجة: C# (لأحداث اللعبة) + Python (للمثيل التعليمي)

تصميم الرسومات: Adobe Illustrator

إدارة الإصدارات: GitHub

نظام التشغيل: Window قابل للتصدير إلى (WebGL/Android)

الاعتبارات التربوية والتقنية في التصميم:

١. التحفيز والانغماس: من خلال السرد القصصي، التحديات المتدرجة، ونظام المكافآت.
٢. الوضوح البصري وسهولة الاستخدام: تم استخدام واجهات رسومية بسيطة وسهلة التصفح.
٣. دعم التفكير البرمجي: تم تضمين أوامر Python ضمن سياق تفاعلي يساعد المتعلم على فهم الكود من خلال اللعب.
٤. تمثيل مبادئ الذكاء الاصطناعي: مثل التصنيف، اتخاذ القرار، ومعالجة البيانات بطريقة مبسطة.

حدود هذه المرحلة

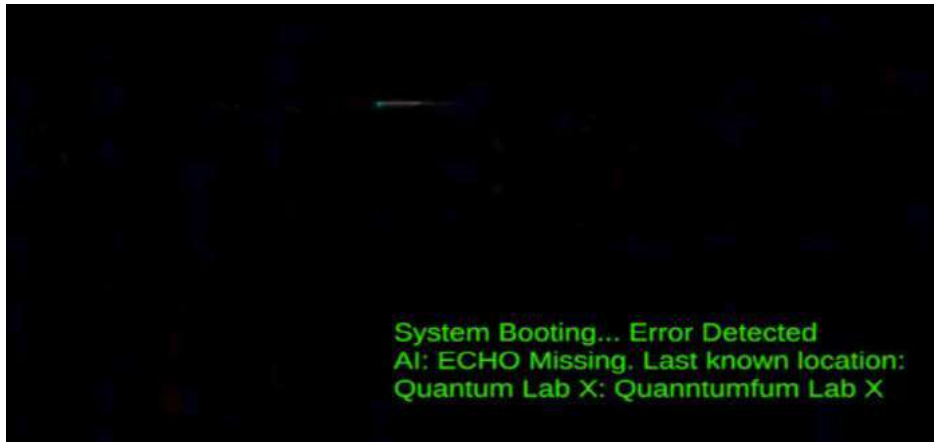
لم يتم حتى الآن إجراء تطبيق ميداني أو جمع بيانات من متعلمين فعليين، حيث تركز هذه الورقة البحثية على تطوير نموذج أولي جاهز للاختبار المستقبلي. ويُتوقع أن يتم في المرحلة التالية إجراء تجربة تجريبية/شبه تجريبية لتقييم فاعلية اللعبة في تحقيق أهدافها التعليمية.

عرض النموذج الأولي للعبة التعليمية "الذكاء المفقود (The Missing AI)":

فكرة اللعبة وسيناريو القصة

تقوم فكرة اللعبة على تصميم مغامرة تعليمية رقمية تدور أحداثها في مختبر افتراضي يواجه "عطلاً ذكياً" أدى إلى فقدان مكونات الذكاء الاصطناعي من النظام، ويتقصد المتعلم دور "مساعد برمجي ناشئ" يسعى لاستعادة الذكاء المفقود عبر حل سلسلة من التحديات البرمجية التفاعلية، تأخذ القصة طابعاً سردياً بسيطاً وملهمًا.

تبدأ اللعبة بشاشة افتتاحية تمهيدية تُحاكي تمهيد تشغيل نظام اصطناعي، حيث تُعرض رسالة "System Booting... Error Detected" للإشارة إلى تعطل النظام واختفاء الذكاء الاصطناعي (AI: ECHO Missing)، في إشارة سردية إلى المهمة القادمة داخل اللعبة، وتُعد هذه الشاشة بمثابة تمهيد درامي يهيئ المتعلم للسرد القصصي القائم على مهام برمجية، كما هو موضح في الشكل 1.



الشكل 1. الشاشة الافتتاحية للعبة "الذكاء المفقود"، حيث تظهر رسالة نظام تحاكي تمهيد تشغيل متعطل يشير إلى اختفاء الذكاء الاصطناعي "ECHO"، تمهيداً لانطلاق القصة.

بعد ذلك، تظهر واجهة البداية الرسومية للعبة كما في الشكل ٢، وتُعرض فيها خيارات التفاعل الأولية مثل "ابدأ المهمة" و "الإعدادات" ضمن تصميم بصري يحاكي بيئة برمجية داكنة. ويتوسط الشاشة العنوان الرئيسي "Syntax Error: The Missing AI"، مما يعزز البعد الرمزي للمحتوى البرمجي داخل اللعبة الشكل



الشكل 2. واجهة البداية الرسومية للعبة "الذكاء المفقود"، حيث يظهر العنوان الرئيسي وخيارات بدء المهمة والإعدادات ضمن تصميم يحاكي بيئة تشغيل افتراضية.

آلية اللعب والتفاعل (Gameplay Mechanics):

تعتمد آلية اللعب على التفاعل المباشر مع كائنات افتراضية داخل مشاهد مصممة، حيث:

١. يتلقى المتعلم تعليمات موجهة من شخصية افتراضية (مساعد رقمي).
 ٢. يُطلب من المتعلم إدخال أوامر برمجية باستخدام Python في بيئة نصية داخل اللعبة.
 ٣. تظهر تغذية راجعة فورية (صوتية وبصرية) عند تنفيذ الأوامر بنجاح أو فشل.
 ٤. تتصاعد صعوبة المهام تدريجياً: من طباعة جملة إلى تنفيذ دوال شرطية بسيطة.
 ٥. ينتقل اللاعب بين غرف تعليمية داخل المختبر، يمثل كل منها مفهوماً برمجياً.
- في نهاية كل تحدٍ، ينتقل اللاعب تلقائياً إلى المستوى التالي داخل بيئة اللعب، حيث تتغير المشاهد ويتدرج المحتوى البرمجي بصرياً ومفاهيمياً. ويُظهر الشكل 3 لحظة الانتقال إلى المستوى الثاني داخل المختبر الافتراضي، حيث تقف الشخصية الرئيسية في محيط تفاعلي يُحاكي بيئة تقنية، مع ظهور تراكب نصي يدل على مستوى التقدم ("2 Level")، مما يعزز الإحساس بالإنجاز ويحفز الاستمرار في المهمة.



الشكل 3. شاشة الانتقال إلى المستوى الثاني داخل اللعبة، حيث يظهر اللاعب داخل بيئة المختبر، مع عرض تراكبي لمستوى التقدم "2 Level" تمهيداً للتحدي التالي.

أما الشكل 4 فيعرض واجهة نافذة الخروج من اللعبة، والتي تظهر عند محاولة المستخدم إنهاء المهمة. تتضمن هذه النافذة رسالة تحقق صريحة: "هل أنت متأكد أنك تريد الخروج من المهمة؟"، مع خيارات تفاعلية واضحة ("نعم" / "لا"). وتُعد هذه الآلية جزءاً من تجربة المستخدم الأساسية التي تضمن وضوح التنقل والسيطرة على مسار التفاعل.

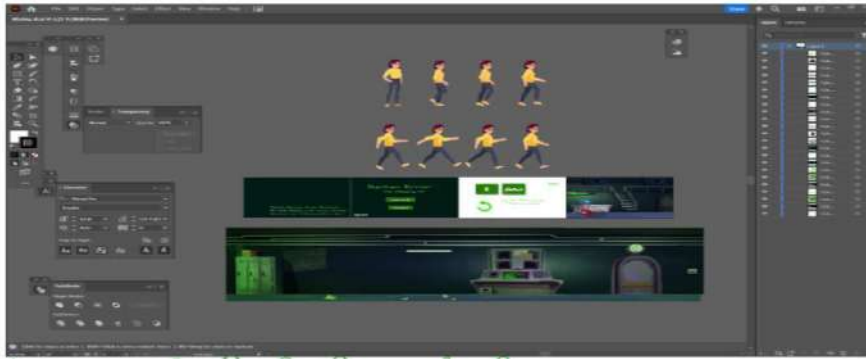


الشكل 4. نافذة تأكيد الخروج من اللعبة، تتضمن رسالة تحقق وخيارات تفاعل لتأكيد رغبة اللاعب في إنهاء المهمة أو الاستمرار.

التصميم البصري والصوتي

تم اعتماد تصميم بصري يجمع بين الحداثة والطابع الرقمي، باستخدام:

١. لوحة ألوان داكنة مستوحاة من بيئات البرمجة.
 ٢. تأثيرات بصرية مثل التمويه (Blur) والانقطاعات الرقمية (Glitch).
 ٣. واجهات رسومية مصممة باستخدام Adobe Illustrator كما في الشكل ٥.
 ٤. مؤثرات صوتية تشمل أصوات فتح الأبواب، أصوات خطأ/صواب، وموسيقى خلفية تقنية.
- تهدف هذه العناصر إلى خلق جو تعليمي غامر يحفز التفاعل والانغماس المعرفي.



الشكل 5: صورة للواجهات التي تم تصميمها باستخدام Adobe Illustrator.

تم تصميم معظم عناصر الواجهة الرسومية وشخصيات اللعبة باستخدام برنامج Adobe Illustrator، بهدف تحقيق وضوح بصري وبناء بيئة تعلم رقمية موجهة للمبتدئين. ويوضح الشكل 6 لقطات شاشة من بيئة التصميم، حيث تظهر الشخصيات في وضعيات حركة مختلفة، إلى جانب الواجهات الرسومية مثل شاشة التأكيد، والمختبر الداخلي، والرموز البصرية المستخدمة في اللعبة.

توفر اللعبة واجهة إعدادات تتيح للمستخدم التحكم في مستوى الصوت والموسيقى بما يتناسب مع تفضيلاته الشخصية. وتعرض هذه الإعدادات في تصميم بصري بسيط يسهل التعامل معه، مع وجود مؤشرات منزلقة (Sliders) لضبط الصوت والموسيقى، وخيار لحفظ التغييرات. كما يظهر رمز الرجوع في أعلى الواجهة، مما يسهل التنقل والعودة إلى الشاشة السابقة. يُظهر الشكل 5 تصميم هذه الواجهة، ويُبرز بساطتها وانسجامها مع الهوية البصرية العامة للعبة.



الشكل ٦. واجهة الإعدادات داخل لعبة "الذكاء المفقود"، والتي تتيح التحكم في مستوى الصوت والموسيقى، مع خيار لحفظ التغييرات والعودة إلى الشاشة السابقة.

المكونات التعليمية في اللعبة

تحتوي اللعبة على مكونات تعليمية موجهة ترتبط بالمخرجات التعليمية المحددة، أبرزها:

١. مفاهيم لغة Python الأساسية: مثل print, المتغيرات، الشروط، والحلقات.
٢. الوعي بمبادئ الذكاء الاصطناعي: مثل التصنيف، اتخاذ القرار، من خلال سيناريوهات داخل اللعبة.
٣. تعلم بالخطأ: يُسمح للمتعلم بإعادة المحاولة عند كل خطأ، مع ظهور رسائل توجيهية.
٤. تحفيز مستمر: من خلال شارات إنجاز عند إتمام كل مهمة.



الشكل 7. تغذية راجعة تظهر عند إدخال كود برمجي خاطئ أثناء أحد تحديات اللعبة، تتضمن رسالة خطأ "Syntax Error" وتعليمات لمساعدة المتعلم على تصحيح الدالة البرمجية باستخدام Python.



الشكل 8. مشهد من داخل اللعبة يوضح إدخال الكود البرمجي الصحيح ضمن التحدي التعليمي، مع تهيئة النظام للتنفيذ دون أخطاء، استعداداً للانتقال إلى المهمة التالية.



الشكل 9. تغذية راجعة إيجابية تظهر بعد تنفيذ الكود البرمجي بنجاح، حيث تُعرض رسالة "Door Unlocked!" كتأكيد مرئي على إتمام المهمة بشكل صحيح.

المخرجات التقنية للنموذج الأولي

تم بناء اللعبة باستخدام Unity 2022.3، مع برمجة الأحداث بلغة C#، وتم إدماج تمثيلات مبسطة لأوامر Python داخل سيناريوهات اللعبة، وتدعم اللعبة التشغيل على أنظمة Windows، مع قابلية التصدير إلى WebGL، كذلك تم اختبار النموذج الأولي داخليًا، وأثبت استقرار الأداء التقني وجاهزيته للعرض، كما لا تتطلب اللعبة اتصالًا مباشرًا بقاعدة بيانات أو خادم، مما يجعلها قابلة للاستخدام الفردي أو داخل منصة تعليمية.

النتائج التقنية والتحديات

مستوى جاهزية النموذج الأولي

أسفرت مراحل التطوير عن إنتاج نموذج أولي مكتمل تقنيًا وقابل للتشغيل ضمن بيئة محلية على أنظمة Windows، حيث تتوفر فيه جميع المشاهد الأساسية، والمهام التعليمية، وآليات التفاعل المصممة وفق أهداف التعلم المحددة، ويُمكن تشغيل اللعبة بصيغ متعددة (Standalone EXE أو WebGL)، ما يجعلها مرنة للاستخدام داخل الفصول الدراسية أو عبر منصات التعلم الإلكتروني، ويمكن هذا النموذج المستخدم من الانتقال بين المشاهد التعليمية عبر واجهة رسومية تفاعلية، وتنفيذ أوامر برمجية بلغة Python في سياقات تطبيقية، مصحوبة بتغذية راجعة فورية.

الخصائص التقنية المنجزة

تم تضمين مجموعة من الوظائف والمكونات التقنية داخل النموذج، أبرزها:

١. بنية مشهدية تفاعلية متعددة المراحل تم بناؤها باستخدام محرك Unity.
٢. ربط الأحداث بالأوامر البرمجية باستخدام لغة C# داخل سيناريوهات اللعب.
٣. تصميم واجهات تعليمية موجهة للمبتدئين، مزودة بموجهات نصية وبصرية.
٤. استخدام مكتبات خارجية وتأثيرات جمالية (مثل Glitch و Blur) لدعم بيئة تعلم واقعية وجذابة.
٥. آليات تحفيز داخل اللعبة مثل شارات الإنجاز، وتحديد مستوى تقدم المتعلم.
٦. تكامل رمزي مع لغة Python، من خلال تضمين نماذج مصغرة لأوامر يتم إدخالها وتنفيذها داخل اللعبة.

التحديات التي واجهت عملية التطوير

واجهت الباحثان عدة تحديات خلال مراحل التصميم والتنفيذ، من أهمها:

الدمج البرمجي بين Python و Unity: تطلّب إيجاد حلول برمجية تحاكي تنفيذ Python ضمن Unity دون استخدام محركات خارجية ثقيلة.

تبسيط المفاهيم المجردة للذكاء الاصطناعي: كان من الضروري صياغة سيناريوهات مبسطة توضح مفاهيم مثل اتخاذ القرار أو التصنيف دون تعقيد خوارزمي. تحقيق التوازن بين التفاعل والمحتوى التعليمي: احتاج التصميم إلى ضبط دقيق يضمن ألا يطغى جانب اللعب على الأهداف التعليمية. إدارة الأداء الرسومي والصوتي: تم تحسين أداء اللعبة لتعمل بسلاسة على الأجهزة ذات الإمكانيات المتوسطة دون التأثير على جودة التجربة.

فرص التحسين المستقبلية:

بالرغم من اكتمال النموذج الأولي، أظهرت نتائج الاختبار الداخلي بعض الفرص التطويرية المحتملة، منها: إضافة طبقة تقييم آلي لأداء المتعلم داخل اللعبة وربطها بسجلات تعلم. إتاحة اللعبة بصيغة WebGL عبر متصفح مباشر لدعم الوصول السهل دون تحميل. توسيع المهام التعليمية لتشمل خوارزميات ذكاء اصطناعي متقدمة. إدراج خيارات متعددة للغات لدعم الشمولية وزيادة فرص التوسع عالميًا. تجربة النموذج ميدانيًا مع متعلمين فعليين للحصول على بيانات أداء حقيقية.

المناقشة:

أظهرت نتائج عملية التطوير أن نموذج اللعبة التعليمية "الذكاء المفقود (The Missing AI)" يمثل خطوة واحدة نحو تقديم تجربة تعليمية تدمج بين البرمجة ومفاهيم الذكاء الاصطناعي في بيئة تفاعلية قائمة على اللعب، وقد عكست خصائص النموذج الأولي تحقق عدد من الأهداف التعليمية المرتبطة بالتفكير البرمجي، والوعي المفاهيمي بالخوارزميات، والانغماس المعرفي في بيئة تعلم محفزة. وتُبرز تجربة التصميم وفق نموذج ADDIE فاعلية هذا الإطار في تنظيم مراحل تطوير الألعاب التعليمية، خاصة في سياقات لا تتطلب تجربة ميدانية فورية، فقد أتاح هذا النموذج تحليل الحاجات التعليمية بدقة، وتصميم تجربة تعلم ذات أبعاد بصرية ووظيفية، وتنفيذها ضمن بيئة تقنية مرنة، وعند مقارنة النموذج المطور بالدراسات السابقة، مثل لعبة ENC#YPTED التي طورها شيلر (Schiller, 2021) أو DigiWorld التي طورها دالاس وجوجل (Dallas & Gogoulou, 2022)، يتضح أن "الذكاء المفقود" يتميز بمحاولته دمج محتوى Python البرمجي بمفاهيم الذكاء الاصطناعي ضمن سياق قصصي محوسب، وليس كمجموعة تعليمات برمجية مجردة فقط، كما أن النمط البصري والتفاعل الصوتي المصاحبين للعبة يُعدان من أبرز عناصر التصميم المحفزة للمتعلمين المبتدئين، وهو ما اتسق مع نتائج دراسات مثل دراسة كومبر وآخرون (Comber et al., 2019). مع ذلك، فإن غياب تجربة ميدانية في هذه المرحلة يُعد أحد حدود الورقة البحثية الحالية، حيث لم يتم بعد اختبار فاعلية اللعبة على عينة من الطلاب، ولم تُجمع بيانات كمية أو نوعية لقياس الأثر التعليمي، إلا أن هذا لا يُنقص من قيمة الإنجاز، بل يوفر أساسًا متينًا يُمكن البناء عليه في المراحل التالية عبر التقييم الميداني وتحليل الأداء التعليمي. وتدل المؤشرات التقنية والتربوية للنموذج على قابلية التوسع، سواء بإضافة خوارزميات أكثر تعقيدًا في الذكاء الاصطناعي، أو بدمج طبقات تقييم ذاتية تتيح للمتعلم التقدم بناءً على أدائه داخل اللعبة، أو حتى ربط النموذج بأنظمة LMS تعليمية لقياس التفاعل.

الاستنتاجات:

هدفت هذه الورقة البحثية إلى تصميم وتطوير لعبة تعليمية تفاعلية تُسهم في تعليم البرمجة ومفاهيم الذكاء الاصطناعي للمبتدئين باستخدام محرك Unity، وقد أظهرت نتائج عملية التطوير أن النموذج الأولي الذي تم إنتاجه يفي بمعايير التصميم التربوي والتقني، ويُقدم تجربة تعلم قائمة على اللعب، تعتمد التفاعل والنمذجة والتغذية الراجعة الفورية. ويعتبر اختيار نموذج ADDIE كإطار منهجي ساعد في تنظيم مراحل التصميم والتطوير بشكل منسق، كما ساعدت آلية اللعب القصصية والتصميم البصري في تعزيز بيئة تعليمية محفزة، وعلى الرغم من أن الورقة البحثية لم تشمل اختبارًا ميدانيًا على عينة من الطلاب، إلا أن النموذج الناتج يُعد جاهزًا للاختبار والتقييم في بيئات تعليمية حقيقية.

التوصيات:

بناءً على ما تم إنجازه، نُوصي بما يلي:
إجراء دراسة تجريبية لاحقة لتقييم فاعلية اللعبة على عينة من الطلاب، وتحليل أثرها على تحصيلهم وفهمهم لمفاهيم البرمجة والذكاء الاصطناعي.
إدراج آليات تقييم داخل اللعبة تسمح بتتبع أداء المتعلم وتوفير مسارات تعلم مخصصة.
توسيع محتوى اللعبة ليشمل مفاهيم متقدمة في الذكاء الاصطناعي مثل الشبكات العصبية أو التعلم المعزز، بشكل مبسط وتفاعلي.
إتاحة اللعبة على منصات WebGL لزيادة الوصول والانتشار، وربطها بأنظمة إدارة التعلم (LMS) لدعم التتبع التعليمي.
إعادة تصميم بعض المكونات البصرية والصوتية بناءً على نتائج التفاعل الفعلي مع المستخدمين، لتحقيق تجربة مستخدم (UX) محسنة.

المراجع:

- Comber, O., Motschnig, R., Mayer, H., & Haselberger, D. (2019). Engaging Students in Computer Science Education through Game Development with Unity. 2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), 199–205. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2019.8725135>
- Dallas, O., & Gogoulou, A. (2022). Learning Programming Using Python: The Case of the DigiWorld Educational Game. European Journal of Engineering and Technology Research, 1–8. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2021.0.CIE.2750>
- Du, X., & Wang, X. (2023). Play by Design: Developing Artificial Intelligence Literacy through Game-based Learning. Journal of Computer Science Research, 5(4), 1–12. <https://doi.org/10.30564/jcsr.v5i4.5999>
- Giannakos, M., Voulgari, I., Papavlasopoulou, S., Papamitsiou, Z., & Yannakakis, G. (2020). Games for Artificial Intelligence and Machine Learning Education: Review and Perspectives. In M. Giannakos (Ed.), Non-Formal and Informal Science Learning in the ICT Era (pp. 117–133). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-6747-6_7
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). Artificial intelligence in education. In C. Stükelberger & P. Duggal (Eds.), Data ethics: Building trust: How digital technologies can serve humanity (pp. 621–653). Globethics Publications. <https://doi.org/10.58863/20.500.12424/4276068>
- Jasmine S, G., Doshi, S., Alex, A. K., U, Y., School of Computer Science and Engineering, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus, J.L, F. D., & Electric Vehicles, Incubation Testing and Research Center, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus. (2024). A Game-Based Approach to Teach Basic Python Programming. Journal of Engineering Education Transformations, 38(2), 7–16. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38i2/24186>
- Jasmine S, G., Doshi, S., School of Computer Science and Engineering, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus, Alex, A. K., School of Computer Science and Engineering, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus, U, Y., School of Computer Science and Engineering, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus, J.L, F. D., & Electric Vehicles, Incubation Testing and Research

- Center, Vellore Institute of Technology - Chennai Campus. (2024). A Game-Based Approach to Teach Basic Python Programming. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(2), 7–16. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38i2/24186>
- Kane, I., Pham, C.-T., Lewis, A. W., & Miller, V. (2019). Escape from the Python's Den: An Educational Game for Teaching Programming to Younger Students. *Proceedings of the 2019 ACM Southeast Conference*, 279–280. <https://doi.org/10.1145/3299815.3314477>
- Leitner, M., Greenwald, E., Wang, N., Montgomery, R., & Merchant, C. (2023). Designing Game-Based Learning for High School Artificial Intelligence Education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 33(2), 384–398. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00327-w>
- Riedl, M. O. (2015). A Python Engine for Teaching Artificial Intelligence in Games (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1511.07714>
- Roopaei, M., & Roopaei, R. (2024). Gamifying AI Education for Young Minds: The TransAI Adventure in Learning. 2024 IEEE World AI IoT Congress (AIIoT), 129–134. <https://doi.org/10.1109/AIIoT61789.2024.10578991>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The Gamification of Learning: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Schiller, V. (2021). ENC#YPTED: An Educational Game for Programming in the Unity Engine. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3411763.3451852>
- Sirikong, N., & Visutsak, P. (2024). Gamifying Python: Enhancing Learning Outcomes and Motivation through a Game-Based Approach. 2024 8th International Conference on Information Technology (InCIT), 530–535. <https://doi.org/10.1109/InCIT63192.2024.10810560>
- Stepputat, f. (2022). *Game Design for Learning and Teaching*. In *Game Design for Learning and Teaching*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781138609877-REE41-1>
- Sulaiman, M. S., Jamaludin, M. H. I., & Derasit, Z. (2023). Code cody: A game-based learning platform for programming education. *Journal of ICT in Education*, 10(1), 77–90. <https://doi.org/10.37134/jictie.vol10.1.7.2023>
- Tian, R., Saito, D., Washizaki, H., Fukazawa, Y., Kobayashi, H., & Tsuji, A. (2024). Enhancing Programming Education through Game-Based Learning: Design and Implementation of a Puyo Puyo-Inspired Teaching Tool. *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2*, 1838–1839. <https://doi.org/10.1145/3626253.3635477>
- Zhao, Y., Yin, C., Wang, X., Chai, Y., Chen, H., & Ouyang, Y. (2024). Research of online courses recommendation based on deep learning. *Procedia Computer Science*, 242, 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.08.255>

استراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي

مريم عبدالله المالكي¹

إقسم القيادة والسياسات التربوية، جامعة الملك خالد، المملكة العربية السعودية، almalki.maryam.a@gmail.com

المستخلص: هدف البحث إلى بناء استراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي من خلال تحديد معالم الهوية البحثية وتشخيص العوامل المؤثرة عليها ورصد مؤشراتها بالجامعات السعودية كميّاً وميدانياً واعتمد المنهج الوصفي المسحي، واستخدام الأسلوب الوثائقي والاستبانة كأداة للبحث؛ حيث طبقت على عينة بلغت (٣٢٧) من القيادات الأكاديمية وأعضاء هيئة التدريس بجامعة الملك خالد، وأظهرت النتائج عدداً من المجالات القابلة لبناء مؤشرات (كفاءة الأداء البحثي، المخرجات البحثية وجودتها، النشر العلمي عالي الجودة والتأثير، فرق العمل البحثي)، وظهر أن العوامل التي تؤثر في كيفية تشكل الهوية البحثية: عوامل عامة تؤثر على تشكيلها، وعوامل تتعلق بالنشاطات البحثية تؤثر على معالمها وتنظيمها، وجاءت موافقة أفراد العينة حول مؤشرات الهوية البحثية بالجامعات السعودية لجميع المجالات ومؤشرات إجمالاً، بدرجة أهمية "مهم بدرجة عالية جداً"، وخرج البحث باستراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي اشتملت على منطلقات وغايات وأهداف استراتيجية لتطويرها ومؤشرات إنجاز وجهات تنفيذ، وإظهار التزام طويل لأجل الجامعة؛ للمشاركة في بناء الهوية البحثية، والارتكاز على التمويل المؤسسي لبناء مشروعات وبرامج بحثية جديدة ومبتكرة للانتقال بالوضع الراهن للبحث العلمي إلى الوضع المأمول، وقدم البحث عدد من التوصيات منها: تقديم رؤى وخطط استراتيجية ومشاريع بحثية ذات جودة عالية تتوافق مع أهداف برنامج التمويل المؤسسي تفعيل دور عمادات البحث العلمي، توفير نظم مرنة ودعم مادي قوي لتشكيل فرق عمل بحثية ذات التخصصات البينية.

الكلمات المفتاحية: الهوية البحثية، البحث العلمي، الجامعات السعودية، التمويل المؤسسي.

المقدمة

تُعد الجامعات واحدة من أهم المؤسسات التعليمية في المجتمع، فهي تمثل المراكز الأساسية للبحوث العلمية والتطبيقية، وذلك من خلال أداء أدوارها باعتبارها مؤسسات تعليمية وبحثية تسعى إلى تحقيق الابتكار والتطوير وتلبية احتياجات مجتمع المعرفة، ولأن مؤسسات التعليم الجامعي المعاصرة منظمات حيوية تنافسية وديناميكية تعكس واقع مجتمعاتها للتطوير والارتقاء في تصنيف الجامعات عالمياً بناءً على أدائها البحثي وقدرتها للانطلاق إلى العالمية، أصبح من الضروري أن تركز على البحث العلمي من خلال الاستثمار الأمثل في القدرات البحثية القادرة على التفكير والمنافسة، من أجل الإبداع والإنتاج البحثي (العتيبي، 2022). ويحظى البحث العلمي بأهمية كبيرة داخل مؤسسات التعليم الجامعي باعتباره وظيفة أساسية من الوظائف الثلاثة التي تقوم بها، وعليه يتحدد مستوى كفاءة أداء تلك المؤسسات في وظيفتي التدريس وخدمة المجتمع، فضلاً عن كونه أحد معايير تنمية الهوية لمؤسسات التعليم الجامعي، وأحد المعايير الحاكمة للتمايز بين الجامعات في التصنيف العالمي (الموسى، 2020). وحيث أن تمويل البحث والتطوير Research and development (R&D) funding يُعنى بالإنفاق على الأبحاث، خاصة في مجال العلوم والتكنولوجيا والبحوث التي يجريها القطاع العام والخاص وتمويلهم، والذي يؤدي إلى منتجات وعمليات وفهم جديد للبحث العلمي (Rough, Hutton, Housley, 2023)، فقد خصصت الدول المتقدمة الأموال والقدرات اللازمة للاهتمام بالبحث العلمي وتطويره من أجل أن تكون الجامعات قادرة على الإنفاق على البحث العلمي وبلورة هوية تميزها لجذب أعضاء هيئة التدريس والباحثين من جميع أنحاء العالم المعروفين بقدراتهم البحثية (Prona & Demo, 2018)، (مصطفى، ٢٠٢١). ولكون الهوية البحثية للجامعات تعتمد على مخرجاتها البحثية، وجودة النشر العلمي، وزيادة التعاون بين الجامعات سواء على المستوى المحلي أو مع المؤسسات البحثية المحلية أو العالمية، فإن التمويل وزيادة الإنفاق على البحث العلمي النواة الأولى للنهوض بالبحث

العلمي والذي من شأنه أن يساهم في وضع هوية بحثية خاصة بالجامعات من خلال نضج منظومة البحث والتطوير لكل جامعة ومرتبطة بمخرجاتها البحثية (وزارة التعليم، 2021).

ولكون تمويل التعليم مدخلاً هاماً في أي نظام تعليمي، ومن الموضوعات التي تنال اهتمام القيادة في المملكة العربية السعودية نظراً للتأثير الذي يتركه التمويل على نوعية المخرجات والتعليم؛ وتماشياً مع التوجه الحديث لتطوير خارطة البحث العلمي في الجامعات السعودية لتحقيق رؤية المملكة العربية السعودية 2030، فقد تم استحداث بند باسم البحث العلمي ضمن ميزانية وزارة التعليم للعام المالي 1443/ 1444 هـ (2022م) يُخصص الصرف منه لدعم البحث العلمي والتطوير بالجامعات السعودية (مجلس الوزراء، 2022).

كما أطلقت وزارة التعليم بالمملكة برنامج التمويل المؤسسي مع الجامعات الحكومية السعودية والذي يعد كأول نموذج وطني وآلية جديدة لدعم البحث العلمي ويهدف إلى تطوير خارطة للبحث والابتكار في الجامعات السعودية وتوجيهها لوضع هوية بحثية خاصة بها مبنية على المخرجات البحثية والفرص المناطقية المتوائمة مع رؤية 2030، وتقديم تمويل للجامعات الحكومية للنهوض بالبحث العلمي وأولوياته بطريقة تراعي تمايز الجامعات السعودية واختلاف قدراتها وحاجاتها من أجل تطوير استراتيجياتها، وأولوياتها البحثية خلال ثلاثة أعوام قادمة، بحيث تتوافق الأولويات البحثية لكل جامعة مع الأولويات الوطنية والفرص المناطقية، والمميزات النسبية المتوائمة مع رؤية المملكة 2030 (وزارة التعليم، 2021).

وعليه تبرز الحاجة، إلى دراسة الهوية البحثية للجامعات السعودية وتشخيص معالمها وطبيعتها، وإبراز كيفية استفادة الجامعات من برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي من أجل الوصول إلى المجالات والقضايا والأولويات التي تسهم في وضع استراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية.

مشكلة البحث واسئلته:

أدى الطلب المتزايد على مخرجات الجامعات إلى ظهور إشكالية الموائمة والتكاملية بين التدريس الجامعي والبحث العلمي والتنافس على موارد الجامعة الشحيحة، وتحقيق مركزاً تنافسياً محلياً وإقليمياً وعالمياً، وظهور حاجة الجامعات إلى تحسين القدرة التنافسية والتمايز عن بعضها لتضع لها هوية خاصة بها تميزها عن غيرها وتحقق لها التميز والريادة، لذا عمدت الدول المتقدمة للاهتمام بالبحث العلمي وتطويره (أبو شعيشع، 2022)، وبالرغم من التطورات الإيجابية التي تشهدها الجامعات السعودية والمتمثلة في تنوع البرامج والتخصصات العلمية، وإقامة الكراسي البحثية، وتوافر الفرص التعليمية، وتشبيد المباني والأوقاف، إلا أن مؤسسات التعليم الجامعي لم تصل للمأمول منها ولا زالت بحاجة إلى توفير التمويل والدعم والاهتمام بتسويق الإنتاج والخدمات بالجامعات والحاجة إلى تشجيع العمل البحثي بأسلوب التخصصات المتقاطعة وتحقيق الأثر الاقتصادي (عسيري، 2021).

وقد كشفت دراسات عديدة تناولت الجامعات السعودية أنها لا زالت تعاني من عدد من التحديات التي تحد من تحقيق أهداف البحث العلمي وتطويره منها؛ دراسة البدير (٢٠٢٠) إلى أن تفعيل العلاقة تخطيطاً وتنفيذاً بين الجامعات والتنمية الاقتصادية والاجتماعية والثقافية قادرة على بلورة الهوية للجامعات على المستوى المحلي والعالمي مما يشكل حاجة ملحة لدعم تطوير أداء الجامعات البحثي وقدراتها وتنويع التعليم ومراقبة جودة مخرجاته.

وأكد آل زاهر (2016) على ضرورة تشكيل فرق عمل بحثية تعمل على تأصيل الهوية البحثية وتطويرها، وتطوير رؤية واستراتيجيات دقيقة تراعي التوازن العلمي والعملية لإبراز الهوية البحثية، ودعم نوعية الباحثين في القضايا الحديثة بما يمكنهم من المنافسة المحلية والعالمية، كما أكد القحطاني (2020) على ضرورة تحقيق الترابط بين البرامج البحثية ومتطلبات التنمية المستقبلية للدولة من خلال مصادر تمويلية متنوعة للبحث العلمي لمواجهة الاحتياجات المستقبلية.

وقد قامت الباحثة بإجراء دراسة استطلاعية الهدف منها التعرف على تصورات القيادات وأعضاء هيئة التدريس حول برنامج التمويل المؤسسي وبناء الهوية للجامعات الحكومية في المملكة، شملت 12 عضو هيئة تدريس في 4 جامعات (جامعة الملك خالد- جامعة الامام عبد الرحمن الفيصل- جامعة المجمعة- جامعة الامام محمد بن سعود)، وكان من أبرز نتائجها أن بعض أعضاء هيئة التدريس لم يكن لديه علم ببرنامج التمويل المؤسسي وإنما أغلب عينة الدراسة تؤكد على التعامل مع مبادرة "دعم الأبحاث في مجالات تنمية القدرات البشرية، كما توصلت الدراسة إلى أن للتمويل دور أساسي في إنجاح نوعية البحث العلمي والمساهمة في تحفيز الأبحاث وإنتاج المعرفة، كما كشفت الدراسة عن أن بعض الجامعات لم تفصل بين أنواع الأبحاث وتخصصاتها واحتياجاتها المرجعية مما أثر سلباً على هذه الدراسات، وكذلك توصلت الدراسة إلى أن بعض الجامعات لم تأخذ بهذا البرنامج إلا في تطوير الأبحاث الصحية مما أثر سلباً على بقية التخصصات الطموحة، وتوصلت الدراسة كذلك إلى أنه لا توجد طريقة نموذجية لتحديد أولويات الجامعات لاستثمار التمويل ليتحدد من خلالها هوية الجامعة، وإنما تتم من خلال أسلوب استنباطي من خلال الاطلاع على المستجدات وأن ما

يمارس على الواقع لبناء الهوية يختلف عن المأمول، كما توصلت إلى بعض التوصيات، والتي منها؛ ضرورة تفعيل دور عمادات البحث العلمي، تبني إدارات للبحوث المتعددة التخصصات للتعاون البحثي بين التخصصات لتلبية احتياجات المجتمع وسوق العمل، وقد أفادت الباحثة في توجيه البحث وتقنيته عند صياغة الإطار النظري والتوصيات والمقترحات لاحقاً. من خلال ما سبق؛ يتضح وجود أزمة هوية بحثية وفجوة في الواقع الفعلي لمنظومة البحث العلمي وتطويرها بالجامعات السعودية تؤثر على المقومات البحثية والتي أكدتها بعض الدراسات الحديثة مثل دراسة كل من (آل زاهر، 2016؛ العيسى، 2016)، لذا تسعى الباحثة في هذا البحث إلى تقديم استراتيجية مقترحة للهوية البحثية تمكن الجامعات من تحقيق أهدافها والقدرة على المنافسة المحلية والعالمية، وعليه يمكن القول أن البحث في الهوية البحثية للجامعات السعودية من الأولويات الهامة التي يجب دراستها وتأصيلها على المستوى الفكري والميداني حتى تكون الجامعات في المسار الصحيح والمتسق مع قياس أدائها البحثي في ضوء التمويل المؤسسي ومع المجتمع الذي تؤثر فيه، خصوصاً مع التحديات التي فرضتها التنافسية المحلية والعالمية، لذا فقد تبلورت مشكلة البحث في السؤال الرئيس التالي: ما الاستراتيجية المقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟

ويتفرع من السؤال الرئيس الأسئلة الفرعية التالية:

١. ما معالم الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟
٢. ما العوامل المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟
٣. ما مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي - المخرجات البحثية وجودتها- النشر العلمي عالي الجودة والتأثير- فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟
٤. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطات استجابات عينة البحث حول مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي- المخرجات البحثية وجودتها - النشر العلمي عالي الجودة والتأثير - فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي تعزي للمتغيرات التالية: الدرجة العلمية، نوع الجنس، المنصب القيادي، سنوات الخبرة بالعمل الأكاديمي، المشاركة ببحث مدعوم داخل الجامعة؟

أهداف البحث

١. تحديد معالم الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.
٢. تشخيص العوامل التي تؤثر على الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.
٣. رصد مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي كميّاً وميدانياً في مجال (المخرجات البحثية وجودتها- النشر العلمي عالي الجودة والتأثير- فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.
٤. الكشف عن دلالة الفروق الإحصائية بين متوسطات استجابات عينة البحث حول مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي- المخرجات البحثية وجودتها - النشر العلمي عالي الجودة والتأثير - فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي تعزي للمتغيرات التالية: الدرجة العلمية، نوع الجنس، المنصب القيادي، سنوات الخبرة بالعمل الأكاديمي، المشاركة ببحث مدعوم داخل الجامعة.
٥. بناء استراتيجية مقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.

أهمية البحث :

تتمثل الأهمية النظرية والتطبيقية للبحث في التالي:

الأهمية النظرية:

- ينسجم مع توجهات المملكة العربية السعودية بشأن الاهتمام بتمويل الأبحاث ويتزامن مع التطلعات الراهنة لتطوير خارطة البحث العلمي في الجامعات السعودية، وتنفيذ برنامج التمويل المؤسسي في عامه الأول والذي يعد التجربة الأولى من نوعها في المملكة لتوجيه ومساعدة الجامعات الحكومية في بناء هوية بحثية خاصة بها خلال ثلاثة أعوام قادمة قائمة على تمايز

الجامعات الذي يعد أحد الأبعاد الثلاثة الرئيسة للتوجهات الاستراتيجية لخطة آفاق، والاولويات المتوائمة مع رؤية المملكة 2030، للوصول إلى التميز والنوعية في المخرجات البحثية والنشر العلمي بالجامعات السعودية، باعتبار البحث العلمي أحد مؤشرات المنافسة العالمية بين الجامعات وعنصر أساسي من عناصر هوية الجامعات.

- يصيغ تأطير نظري لآليات بناء الهوية البحثية للجامعات وآليات دعم البحث العلمي وتحسين كفاءة أداء الجامعات في المملكة العربية السعودية من خلال التمويل المؤسسي للبحث والابتكار مع الجامعات الحكومية القائم على تميز الجامعات من خلال التمكين، والتنفيذ، واستثمار الجهود البحثية مع اختلاف حاجاتها وقدراتها لبناء هوية بحثية خاصة بها.

الأهمية التطبيقية:

- سيسفيد من الاستراتيجية المقترحة صناع القرار والقيادات في عمادة البحث العلمي بالجامعات السعودية لتطوير خارطة الهوية البحثية للجامعات السعودية مستقبلاً في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.
- تسليط الضوء للقيادات الجامعية على برنامج التمويل المؤسسي ودوره في تفعيل التمايز والتكامل في مهام مؤسسات التعليم الجامعي لبناء ودعم الهوية البحثية وعلى المؤشرات الاستراتيجية لبناء الهوية البحثية للجامعات من خلال قياس كفاءة أدائها البحثي في ظل تميز الجامعات لتنشيط دور الجامعة في الابداع البحثي على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي.

حدود البحث:

الحدود الموضوعية: تناول البحث الحالي الهوية البحثية للجامعات السعودية من حيث معالمها والعوامل المؤثرة عليها، ومؤشرات قياس كفاءتها وتطويرها من حيث الأبعاد الآتية (كفاءة الأداء البحثي- المخرجات البحثية وجودتها- النشر العلمي عالي الجودة والتأثير- رق العمل البحثي) ثم وضع استراتيجية مقترحة للهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.

الحدود الزمانية: تم تطبيق هذا البحث خلال العام الدراسي 1444-1445هـ

الحدود المكانية: تم تطبيق هذا البحث على جامعة الملك خالد باعتبارها جامعة ناشئة حققت إنجازات واعدة في ترتيب الجامعات في التصنيفات العالمية وتسعى لتحقيق مزيد من الإنجازات من خلال تطوير العديد من أنشطتها وبرامجها، ووظائفها، وتوجهاتها المستقبلية، وفق مقومات الهوية البحثية (كفاءة الأداء البحثي، المخرجات البحثية وجودتها، النشر العلمي عالي الجودة والتأثير، فرق العمل البحثي) لتحقيق التكامل بين الأولويات والبرامج البحثية والانتشار الجغرافي وإبراز هويتها البحثية، وذلك للوصول بالجامعة ذات هوية بحثية محلية وعالمية تحقق التمايز والتنافسية كجامعة رائدة محلياً وعالمياً.

الحدود البشرية: اقتصر البحث على عينة من أفراد المجتمع من القيادات الأكاديمية في جامعة الملك خالد (العمداء، الوكلاء، رؤساء الأقسام) وأعضاء هيئة التدريس بالكلينات العلمية والنظرية بالجامعة بدرجة أستاذ، وأستاذ مشارك ومساعد.

أدبيات البحث والدراسات السابقة:

المبحث الأول: الهوية البحثية للجامعات السعودية

أولاً: أزمة الهوية البحثية للجامعات ومبرراتها

في ظل السباق البحثي والعلمي العالمي الذي يتسم بالتسارع، تؤكد العديد من الدراسات أن الجامعات ستواجه أزمات لذلك يذكر يشير هيكرت (Heckret, 2020) إلى وجود فجوات في هوية الجامعات نتيجة لمحاولة تبني أبعاد الهوية المعيارية أو النفعية تؤثر على التزام أفرادها تجاه الجامعة.

وعلى المستوى العربي فإن (غبور، 2019) ترى بأن الجامعات العربية تواجه تحديات تضعف دورها وتنعكس سلباً على هويتها الجامعية ومن أهمها:

- غياب الخريطة البحثية التي يمكن أن تستند إليها مراكز البحوث والجامعات لتحديد الأولويات البحثية وتنفيذها، كما أن الخطط الاستراتيجية لا تعتمد على تشخيص الواقع واستشراف المستقبل.

- ضعف الانفاق على البحث العلمي والوضع الاقتصادي العام الذي ينعكس بدوره على الجامعة.
- غياب قواعد البيانات والمعلومات الخاصة بالبحث والتطوير في الجامعات والمراكز البحثية.
- ضعف مستوى البحث والابتكار في الدول العربية ومنها مصر والأردن ووجود فجوة كبيرة بينها وبين الدول المتقدمة.
- إجراءات النشر البحث المحلي والعالمي
- صعوبة تكوين فرق عمل بحثية ومشاريع بحثية مشتركة.
- ويرى العيسى (2016) وآل زاهر (٢٠١٦) وعبدالقادر (٢٠١٩) أن التحديات التي تقابل الإبداع البحثي في الجامعات السعودية وتنعكس على هويتها من وجهة نظرهم هي:
- ضعف التنوع وغياب التمايز ووجود النمطية في الجامعات مما يتطلب التنوع في بنية التعليم الجامعي ومواكبة متطلبات التنمية المستدامة، مع غياب للخريطة البحثية وضعف تحديد الأولويات والاستراتيجيات البحثية.
- البعد الإداري ومسألة التبعية والاستقلال الذي يحول بين تحقيق الجامعة للإبداع البحثي والتميز الفكري والمعرفي.
- التوجه نحو تكامل المناهج والتخصصات المختلفة وتداخلها والحاجة إلى وجود التخصصات البينية والرؤية النقدية في البحث العلمي الأمر الذي يدعو إلى وجود المؤهلين تأهيلاً نوعياً متكاملًا.
- غياب الشراكات البحثية بين الجامعات على المستوى المحلي والإقليمي والدولي، بالإضافة إلى ضعف الشراكة في إنشاء مراكز الأبحاث والوحدات والكيانات البحثية المتخصصة في داخل الجامعات أو خارجها، وضعف إبرام العقود البحثية بين الجامعات وبعضها؛ وبينها وبين مؤسسات المجتمع الصناعية التي يتم فيها ربط البحوث بالحلول الصناعية والتقنية.
- ضعف دور الكراسي البحثية في الجامعات؛ والحاجة إلى تأهيلها في المجالات البحثية النوعية (ملتقى الكراسي البحثية، ٢٠٢١)
- غياب المحددات الخاصة بكل جامعة التي تتيح التمايز بين الجامعات، كما أن المستقري لرسالة ورؤية كل جامعة من الجامعات السعودية يجد أنه يعوزها التركيز والتمايز لإظهار هويتها خصوصاً في ظل التغيرات المتسارعة والمتلاحقة على مستوى التعليم العالي.
- وتشير نتائج مشروع إعادة هيكلة الأقسام الأكاديمية في ضوء احتياجات سوق العمل في المملكة العربية السعودية (٢٠٢٢) إلى عدد من التحديات التي تواجه الجامعات السعودية ومن أبرز هذه التحديات:
- غياب الميزانيات المستقلة للأقسام الأكاديمية تفي بإجراءات التطوير اللازم لبرامجها.
- ضعف الحرية الأكاديمية للأستاذ الجامعي التي تمكن من تطوير المقررات المتعلقة بتخصصه.
- ضعف توفر قواعد البيانات والمعلومات المتطورة والحديثة بالأقسام حول احتياجات المستفيدين من برامج كل قسم، مع غياب نظام المعلومات المتكامل في الأقسام عن إمكاناته العلمية والبحثية وخدمة سوق العمل.
- طول الإجراءات اللازمة لعقد مؤتمر أو ندوة علمية في القسم.
- لا توجد خطط واضحة ومعلنة لدعم الإبداع البحثي.
- وتؤكد الدعفس (2020)؛ والمؤتمر الدولي للهوية (2020)؛ والعمودي وآخرون (2023) على أن أبرز معوقات الإبداع البحثي قلة الحوافز المالية والمادية والمعنوية، وغياب السياسات والخطط البحثية الواضحة التي تتسبب في بعثرة الجهود، وضعف الوصول للمعلومات، وقلة المراكز البحثية المتخصصة في البحوث البينية، ومحدودية الخدمات المكتبية، وشعور الباحثين من طلبة الدراسات العليا بالخوف من التعليقات السلبية تجاه الأفكار البحثية الجديدة وقلة دعم قدراتهم البحثية، كما أن ضعف تأهيل الباحثين وتقديم الدورات التدريبية وورش العمل التي تنمي مهارات الإبداع البحثي يشكل أزمة حقيقية تحول دون الإبداع البحثي.

كما أجرى (زاهر. 2016) دراسة حول واقع الهوية العلمية بجامعة الملك خالد وأسفرت نتائجها عن الحاجة إلى بناء خطط بحثية متعددة تدعم الإبداع البحثي، ووجود بيئة بحثية تشجع على استقطاب العلماء والباحثين، والاهتمام بالإبداع البحثي الذي ينعكس على جودة المخرجات البحثية، ودعم الروابط البحثية مع قطاعات المجتمع. إضافة لما سبق يمكن تشخيص أبرز التحديات التي تواجه الهوية البحثية للجامعات سواء كانت تلك التحديات داخلية أو خارجية على النحو التالي:

- قلة الحوافز المادية والمعنوية التي تشجع على الإبداع البحثي.
- ضعف تشجيع الباحثين وخصوصاً طلبة الدراسات العليا على المشاركة في المؤتمرات والندوات المحلية والعالمية بأوراق علمية ذات أفكار إبداعية.
- ضعف التواصل بين الباحثين لدعم الإبداع البحثي.
- شعور بعض الباحثين بعدم جدوى الإبداع في الأبحاث العلمي؛ وذلك نتيجة عدم قيام الجامعات بتوظيف نتائج البحوث وتطبيقها.
- عدم منح أعضاء هيئة التدريس وطلاب الدراسات العليا والباحثين الحرية الأكاديمية لتوليد الأفكار البحثية المتميزة، وضعف الدافعية نحو استكشاف الأفكار البحثية الجديدة.

ثانياً: العوامل المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية:

يمكن تصنيف العوامل المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية على النحو التالي:

- عوامل هيكلية وتنظيمية: أكد اللوقان (٢٠٢٠) على ضرورة إيجاد بيئة تنظيمية جاذبة وبناء ثقافة تنظيمية داعمة للتغيير قادرة على اتخاذ القرار للرفع من مستوى تحقيق الأدوار القيادية بالجامعة، كما أكدت باسعيد (٢٠١٨) على العوامل المتعلقة بالحوكمة والاستقلالية التي تدعم الهوية البحثية والتي تتمثل في حرية الجامعة في تسيير شؤونها، ووضع تنظيماتها وقوانينها ولوائحها وقدرتها على توضيح موقفها حيال القضايا التي تهم المجتمع وشؤونها، والعمل على تطوير سياساتها وأنظمتها بما يتلاءم مع أهدافها ومبادئها الإنتاجية.

- عوامل تخطيطية وبحثية: تتمثل العوامل التخطيطية والبحثية في الحاجة لوجود استراتيجية تتسم بالشمول والوضوح، وتحديد الأولويات البحثية التي تتلاءم مع احتياجات الجامعة والمجتمع المحلي، ومراعاة الاحتياج المناطقي للجامعة، وأشارت سفر (٢٠٢٠) والمطيري (٢٠١٩) إلى أن ما يمكن توفيره من أجل دعم البحث العلمي، يتمثل في صياغة خطة إستراتيجية مرنة تتكامل مع خطة التنمية الوطنية لتعزيز تطوير أنشطة ومجالات البحث بالجامعة وفقاً لتطور العلوم والسياق العالمي، بالإضافة إلى تحديد الأولويات البحثية والقضايا الاستراتيجية حسب المتطلبات المحلية والعالمية مما يساهم في بناء هوية بحثية للجامعة.

- عوامل برامجية ومعرفية: وتشمل العوامل المتعلقة بالبرامج والأنشطة والاستراتيجيات البحثية التي تحدث في الجامعات عند قيامها بوظيفتها البحثية والتعليمية والتعلمية، وترى سفر (2021) ضرورة منح الجامعات الحرية والاستقلالية للبحث عن مصادر جديدة لتمويلها، ووضع خطة جيدة لتسويق الخدمات الجامعية، ودراسة حاجات المجتمع المحلي، ووضع خطة مناسبة تمكن الجامعات من تسويق خدماتها إلى المجتمع المحلي، كما أكدت دراسة المطيري (2019) على تأثير البحوث المشتركة وتعاون الباحثين في الهوية الأكاديمية للباحثين وتتمثل في جعل البحث العلمي أساساً لتعاون الطلاب مع أعضاء هيئة التدريس في التعليم والبحث العلمي، وتكوين الفرق البحثية للبحث والاستقصاء، والبرامج البحثية المتنوعة المحفزة على الإبداع البحثي.

عوامل داخلية وخارجية: وتتمثل في البنية البحثية وتوفير المناخ البحثي الملائم للإبداع البحثي والإدارة الجامعية المسؤولة عن تحديد الأهداف، والثقافة البحثية التي تحدد هوية الجامعة، والالتزام بدعم الأنشطة البحثية التي تعمل على تلبية احتياجات المجتمع، وقد أشارت عيد (٢٠١٩) إلى أن الأبحاث التي تنتجها الجامعات من أهم المقاييس لتقويم الدور الريادي للجامعة، ومن حيث الحوكمة المؤسسية ترى الباحثة أنها تنطوي في جانبين: الإداري، ويتمثل في كل ما يتعلق بمجالات عمل الجامعة البحثي والأكاديمي، وتتمثل الالتزامات الإدارية بالممارسات الأخلاقية والقيمية المتفق عليها داخل المؤسسات كالمساءلة والمحاسبية والعدل والشفافية والنزاهة...

وغيرها، والجانب البحثي: ويتمثل في كل ما يتعلق بالمسؤولية المجتمعية من ناحية بحثية، واقتصادية، واجتماعية، وبيئية، وقانونية، واخلاقية، وخيرية.

-عوامل مرتبطة بالموارد المالية والبشرية: تمثل وفرة الموارد المالية المرتكز الذي يميز الجامعة عن غيرها، حيث إن الجامعات التي تحرص على توفير الموارد المالية الكبيرة استجابة للتكاليف الضخمة للأبحاث الكثيفة والمعقدة التي تقوم بها الجامعة، تتمتع بالنوعية البحثية ويؤكد جمعة (٢٠٢٠) على أنه بالرغم من اهتمام الجامعات بالأبحاث العلمية في شتى المجالات وتشجيع الباحثين على القيام بدراسة مشكلات المجتمع وإيجاد مخصصات للبحث العلمي فيها إلا أنه لوحظ عدم كفاءة الموارد المالية المخصصة للإنفاق عليه مما يستدعي تخلص الجامعات من أي تبعية مالية تعيق نموها واستمراريتها وبناء هويتها، ومن العوامل ما يتعلق بالموارد البشرية ويتجلى ذلك في توفير العوامل التي تساعد على جذب العلماء وأعضاء هيئة التدريس والطلاب المتميزين والموهوبين والحائزين على جوائز دولية في الداخل والخارج للانضمام إلى الجامعة، وقد أكدت دراسة المطيري (٢٠١٩) على الحاجة لوجود أنظمة لاستقطاب الطلاب وأعضاء هيئة التدريس المتميزين، ووجود نظام لمسار التثبيات الوظيفي لأعضاء هيئة التدريس بالجامعة، وتوفير المصادر البحثية للقيام بأبحاث مبدعة، وإتاحة الفرص أمام الطلاب والباحثين للانتقال من مجال بحثي إلى آخر، وتوفير المستلزمات المالية والمادية اللازمة للبحث العلمي الحديث، والحرص على التواجد في التصنيفات العالمية التي تركز على النشاطات البحثية.

-عوامل فنية وتقنية: إن أبرز العوامل الفنية والتقنية هو تفعيل دور تقنية المعلومات أو مراكز التقنية في الجامعة لدعم زيادة الانتاج البحثي والمعرفي وحماية حقوق التأليف والنشر العلمي والملكية الفكرية وتوظيف المستجدات التكنولوجية بالبحث العلمي بالجامعات، وادخال التكنولوجيا الحديثة لحل المشكلات البحثية التي يحتاجها المجتمع، واستخدام شبكات التواصل الاجتماعي للتسويق الدولي للأبحاث والانتاج المعرفي، وتصميم الخطط والبرامج البحثية لسد الفجوة التقنية (العسيري، ٢٠٢٠) وعليه مما سبق؛ فإن تحقيق الهوية البحثية للجامعات السعودية يتطلب من الجامعات وضع استراتيجيات متكاملة وفعالة لتحديد هويتها البحثية وتطوير برامج البحث العلمي وحضور الرؤية النقدية، والربط بين البحوث، والجوانب الأكاديمية والبحثية والقيادية، وإظهار هوية التنظيم والبرامج والبحث والتخصص والطلاب وأستاذ الجامعة.

وترى الباحثة أن أي حراك لتلك العوامل يلزم توافر استراتيجية واضحة ترسم السياسة العامة لمنظومة البحث العلمي والبيئة المناسبة للإبداع البحثي، وارتباط الأبحاث بالمجالات التي تدخل في أولويات الدولة كإجراء البحوث في مجال الصناعة والصحة والمعلوماتية، والتعاون مع مؤسسات الإنتاج المحلية في إجراء الأبحاث المشتركة في هذا المجال ودعم دور الجامعات في تحقيق ذلك.

ثالثاً: الهوية البحثية للجامعات معالمها وتشكيلها

يمكن أن تتحدد معالم الهوية البحثية وتشكيلها من خلال التميز والإبداع البحثي، والتواصل والتنافس المحلي والعالمي وتوسيع الشبكات العلمية في المشاريع البحثية، وتوجهات سوق العمل ومتطلباته، والاستدامة وتطوير برامج البحث العلمي وبناء القدرات البحثية في ظل توفر الدعم المالي واللوجستي لتحقيق الأهداف.

كما يمكن تحديد معالم الهوية البحثية في ضوء التوجهات الإستراتيجية العالمية على النحو التالي (دليل مؤشرات التصنيف السعودي لمؤسسات التعليم العالي، ٢٠٢٣)، (ملتقى الكراسي البحثية، ٢٠٢٠)، (التقرير السنوي لمؤشرات الأداء، ٢٠٢٣)، (خليل، ٢٠٢٠)، (عيد، ٢٠١٩):

- تطوير البرامج البحثية والأكاديمية والتوسع في برامج الكراسي البحثية، والمجموعات الداعمة لدعم الأبحاث العلمية في الجامعات.
- إنشاء الشركات والكيانات والوحدات البحثية المتخصصة التي تدعم برامج التمويل في الجامعات، وضمان شراكات أكثر فاعلية مع قطاعي الصناعة والإنتاج.
- التوسع في مراكز الاستشارات والدراسات وتوفير البحوث الاستشارية والتحليلية والخدمات التقنية المبتكرة، والشراكة في مجال البحث العلمي الميداني.
- إبرام العقود البحثية والشراكات بين الجامعات وبعضها وبين مؤسسات المجتمع الصناعية، وشراكات البرامج الوطنية التي تقدم مشروعات بحثية تخدم أهداف الدولة، وتسويق وبيع تراخيص حقوق الملكية وإدارة العقود البحثية.

- التحالفات البحثية الإستراتيجية محلياً وإقليمياً ودولياً، وتبني مفهوم الجامعة البحثية والجامعة المنتجة للمساهمة في تسويق المنتجات والخدمات لتمويل الجامعة ذاتياً.
- إبراز دور النشر العلمي وخصوصاً النشر الإلكتروني حيث يعتبر المحرك والداعم الأول في تطور البحث العلمي وتشكيل هويته.
- وعليه يمكن استنتاج المضامين العلمية والمؤشرات التي تشكل الهوية البحثية للجامعات السعودية، فيما يلي بعض المضامين ذات العلاقة بمعالم الهوية وتشكيلها؛ والتحديات التي تشكل الهوية البحثية:
- الخبراء الباحثون - المنشورات العلمية - البحوث التطبيقية - البيئة البحثية - التعاون الدولي - عدد الأبحاث المنشورة - جودة البحث العلمي - عدد الباحثين وطلاب الدراسات العليا - المشاركة في المؤتمرات العلمية - التعاون العلمي
- مما سبق ومن خلال الإطار الفكري، والدراسات السابقة ذات العلاقة، وإطلاع الباحثة على الدراسات والأدبيات المتعلقة بالهوية البحثية واستطلاعات الرأي تم استنتاج عدد من المؤشرات التي ترى الباحثة أنها جوهرية في تحقيق الهوية البحثية للجامعات وتوفير المستوى الصحيح والمتسق لقياس كفاءة الأداء البحثي (الإبداع البحثي) للجامعات وتم تقييمها وترتيبها كالآتي:
- التشريعات والاستراتيجيات والخطط البحثية التي تعزز الهوية البحثية في المجالات الجوهرية للجامعة وتخدم المجتمع.
- اللوائح والأدلة الإجرائية التي تضبط أطر نشر الإبداع البحثي، وأماكن المعلومات والخبراء والأفراد في مختلف الأقسام.
- المراكز البحثية الفعالة القادرة على بناء قواعد للبيانات، وإعداد وتطوير هيئة التدريس، وتوجيه السلوك البحثي المرتبط بالهوية البحثية.
- الكيانات المتخصصة في التمكين والتنسيق لبرامج بناء الهوية البحثية، وتحويل نتائج الأبحاث إلى ممارسات تطبيقية، ودعم المتميزين من الباحثين وأعضاء هيئة التدريس مادياً ومعنوياً.
- القيادات والكفاءات والقدرات البحثية التي تتخصص في مجالات بحثية مبتكرة.
- بناء الفرق البحثية ذات الاهتمامات والدوافع العالية في إنجاز مخرجات بحثية عالية الجودة والتأثير.
- تفعيل البنى والإدارات التنظيمية القوية لإدارة الإبداع البحثي، وتقديم خدمات أساسية محورية، يمكن التوسع فيها بما يتوافق مع نمو الجامعة.

رابعاً: الأولويات الاستراتيجية للهوية البحثية في الجامعات السعودية

يعتمد تفعيل الدور البحثي المتخصص للجامعات على توفير مقومات الإبداع البحثي، وتطوير الكادر البحثي، وبناء الاستراتيجيات والأولويات البحثية بما يتوافق مع قدرات الجامعة وإمكانياتها واحتياجاتها ورؤية المملكة 2030، وتذكر المالكي (2018) انه لا توجد طريقة نموذجية لتحديد الأولويات البحثية في الجامعات بالمملكة العربية السعودية كما أن ما يمارس على أرض الواقع يختلف عن المأمول، وهي في ذلك تنقسم إلى حالتين:

- بعض الجامعات لديها برنامج لأولوياتها البحثية في مجالات محددة وتقوم بالبحث عن مصادر تمويلية تسهم في هذه المجالات.
 - بعض الجامعات يتم تحديد الأولويات البحثية والبرامج بشكل لا يخلو من الارتجال.
- وفي الإطار ذاته ذكر البلوي (2020) أن تحديد الأولويات البحثية في جامعات المملكة العربية السعودية يتم من خلال الأسلوب الاستنباطي، وذلك من خلال الاقتراحات وجهود أعضاء هيئة التدريس في الأقسام داخل الجامعة بناء على اطلاعهم على مستجدات العلوم، على حساب الأسلوب الاستقرائي الذي يعتمد على التفاعل والخبرة مع الممارسين في الميدان.
- مما سبق يمكن تحديد المحاور التي يجب مراعاتها عند تحديد الأولويات البحثية للجامعات كالتالي:

رؤية الجامعة ورسالتها- المجالات البحثية التي تحتاجها خطط التنمية المستدامة. - الحاجات المجتمعية والفرص المناطقية -اهتمامات الجامعة البحثية. - نقاط التميز لدى الجامعة (الإنتاج البحثي، كفاءة الأبحاث، مخرجات الأبحاث وجودتها، النشاط البحثي ومؤشراته) - القدرات البحثية المؤهلة وذات الخبرة. - المصادر التمويلية المتنوعة.

المبحث الثاني: برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي

أولاً: التمويل المؤسسي مفهومه وأهميته

يعني التمويل المؤسسي بحرية رسم الجامعات لقواعدها التنظيمية المالية وتصرفها بمرونة في كافة أبواب الميزانية، وإتاحة موارد مالية متعددة من خلال توفير منابع مالية ذاتية للجامعة، وتتعدد تعريفات ومفاهيم التمويل المؤسسي للجامعات، وتتعدد مسمياته، وإن كانت جميعها تتفق في المضمون، ومن أبرز مسمياته الاستقلال المالي - الاستقلال المؤسسي - الاستقلال الذاتي - استقلالية التمويل - الحوكمة الذاتية والحوكمة الفعالة.

عرفته سفر (٢٠٢١) بأنها حق التصرف المالي بالشكل الذي يكسب كل جامعة هوية مستقلة وفق نظام الجامعات الجديد، كما عرفته باسعيد (٢٠٢٠) على أنه تمتع الجامعات السعودية بالاستقلال التام، مالياً وعلمياً وإدارياً، وأن تكون ذات ذمة مالية مستقلة تعطيها حق التصرف، والتملك، والاستثمار، والنقاضي بما يكفل نظام الجامعات الجديد، ويؤكد ما سبق عرضه من مفاهيم ما ذكره القحطاني (2020) من أن التمويل المؤسسي يعطي للجامعات الحرية في شؤونها المالية والإدارية مما يحقق العدالة المالية ويشجعها على البحث والابتكار.

وتظهر أهمية مبادرات التمويل للجامعات كمؤسسات خدمية في المجتمع كما أشارت كلا من دراسة القحطاني (2020)، ودراسة البدير (٢٠٢٠) ودراسة الموسى (٢٠٢٠) وكذلك دراسة جارلند مارتين (Garland Martine, 2019) في عدة جوانب من أبرزها: بث روح التنافس للتميز بين الجامعات والارتقاء بمستوى أدائها، والمشاركة في التنمية الوطنية عبر توجيه برامج الجامعات وأنشطتها لاحتياجات المجتمع والتفاعل مع قضاياها، ومواءمة مخرجاتها مع متطلبات سوق العمل، كما ويسمح ذلك أيضاً بتحديد هوية الجامعة "بحثية وتعليمية وتطبيقية" بحسب خصائصها وأهدافها، بالإضافة إلى سهولة استقطاب الكفاءات الأكاديمية والإدارية المميزة برواتب مجزية نتيجة لما يتيح للجامعات من استقلال مالي يمنح الحرية في إدارة ميزانياتها والمرونة في الصرف وفقاً للمتغيرات، وأيضاً إمكانية الحصول على موارد ذاتية متنوعة وتنميتها بأسلوب استثماري.

واتساقاً مع طبيعة موضوع البحث الحالي فإن تعريف التمويل المؤسسي يشمل الدعم المالي الذي يمنح الجامعات الحرية والاستقلالية في الحصول على الأموال ونوعية الاستثمار إما من مصادر داخلية أو مصادر خارجية وتوظيفها بما يضمن للجامعة تحقيق أهدافها ومؤشرات الرؤية الخاصة بالتنافسية لبناء هوية بحثية خاصة بها تميزها عن غيرها.

ثانياً: مبررات استحداث برنامج التمويل المؤسسي:

يمكن تصنيف هذه المبررات على النحو التالي (وكالة البحث العلمي والابتكار، ٢٠٢٢):

- ١-وزارة التعليم: رفع قدرة الجامعات في نضج ادارة المنظومة. - زيادة المخرجات البحثية والابتكارية للجامعات. - تحقيق المؤشرات العالمية للمملكة. - استدامة تمويل البحث والابتكار.
- ٢- الجامعات: تعزيز ميزانية الأبحاث العلمية والابتكارات. - التقدم في التصنيفات العالمية. - إنشاء شركات ناشئة. - تطوير البنية التحتية. - الاثر الاقتصادي.
- ٣-القدرات البشرية: رفع معدل الأبحاث لكل باحث. - تطوير المهارات البحثية والريادية. -الشراكات مع الصناعة. - الاستشهاد العلمي عالي الأثر- الحصول على جوائز عالمية.

مما سبق نجد أن استحداث برنامج التمويل المؤسسي يدعم جوانب التنافسية محلياً وعالمياً ويؤثر على إنجاح البحث العلمي، كما يساهم في رفع جودة النشر العلمي، وتحويل الأبحاث إلى منتجات اقتصادية، مع زيادة التعاون على المستوى المحلي سواء بين الجامعات أو المؤسسات البحثية أو القطاع الخاص مما يساهم في تشكيل الفرق البحثية المتنوعة، حيث أشارت دراسة العصيمي (2018) أن اقتصار تمويل البحث العلمي على الدعم الحكومي يؤثر سلباً على نجاح البحوث العلمية.

ثالثاً: أسس برنامج التمويل المؤسسي:

تتضمن أسس التمويل المؤسسي كما أشار (القحطاني، 2020؛ وكالة البحث والابتكار، ٢٠٢١)، فيما يلي:

- تمويل المشاريع البحثية في الجامعات مؤسسياً وفق اتفاقيات الأداء المبرمة بين الوزارة والجامعات ولا يتم التمويل فردياً.
- قياس وتحليل الأداء البحثي للجامعات الذي يمكن من خلاله تحقيق مخرجات بحثية مرغوب فيها في فترة زمنية معينة.
- بناء الجامعات إستراتيجياتها البحثية بما يلبي تلك الاحتياجات الوطنية، ويراعي الفرص المناطقية، ويدفع مسيرة التنمية في شتى المجالات الحيوية.
- بناء أنماط جديدة من المشاريع البحثية تتوفر فيها بيئة بحثية تقوم على الاستقلالية مع وجود نظام حوكمة يضمن المساءلة والمحاسبة ويحقق الشفافية.
- الاستثمار الأمثل لموارد الجامعة بالشكل الأمثل لتفعيل اقتصاد المعرفة، وفق خطة مجدولة خاصة بكل جامعة.

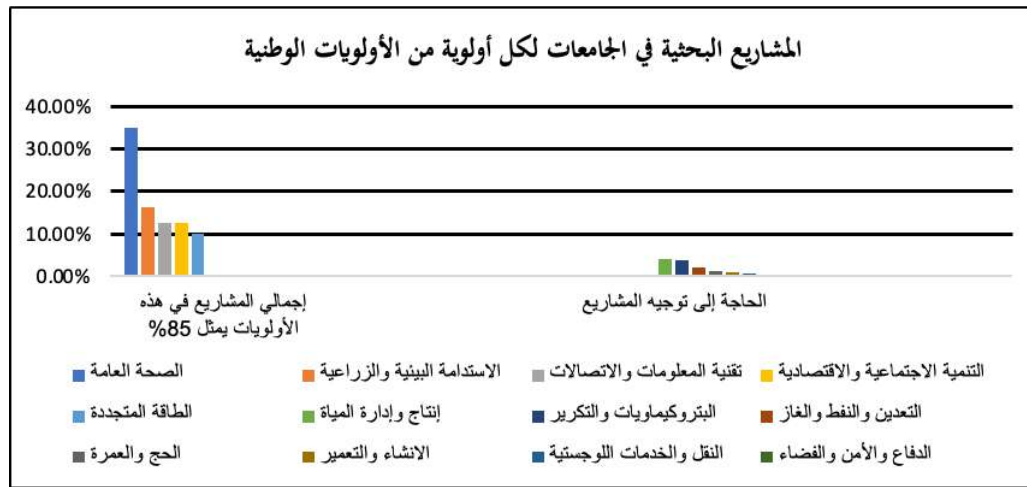
رابعاً: أهداف التمويل المؤسسي :

حددت وكالة البحث والابتكار عدداً من الأهداف الاستراتيجية التالية (وزارة التعليم، 2020):

- رفع جاهزية ومستوى نضج منظومة البحث والتطوير والابتكار في الجامعات السعودية.
- تحسين أثر التمويل المؤسسي وأنظمة التمويل المختلفة في الجامعات وتحسين كفاءتها.
- تعزيز التعاون بين الجامعات محلياً وإقليمياً ودولياً، وقطاع الصناعة، والإنتاج، والخدمات.
- تعزيز قابلية التوسع في البحث والتطوير في الجامعات السعودية ورفع مستوى البحث العلمي في المجتمع.
- توفير منصات لإدارة المعرفة وتسهيل الإجراءات والعمليات المختلفة المتعلقة بمنظومة البحث العلمي.
- دفع الجامعات السعودية لتقديم استراتيجيات ومشاريع بحثية متخصصة وجادة.
- إتاحة الفرصة للجامعات السعودية في تحديد وعرض طموحاتها البحثية المستقبلية.

خامساً: مراحل تمكين برنامج التمويل المؤسسي

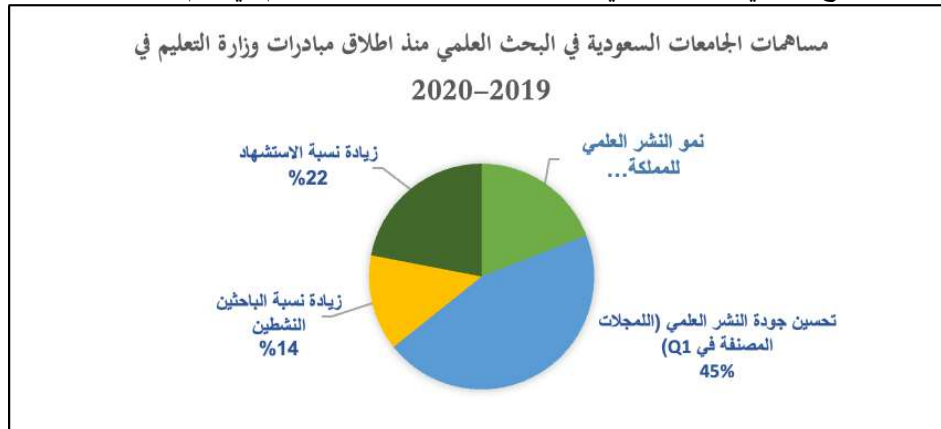
المرحلة الأولى لبرنامج التمويل المؤسسي: تضمنت المرحلة الأولى لبرنامج التمويل المؤسسي تقييم الوضع الحالي للجامعات السعودية وتحديد الأولويات ونسبة المشاريع البحثية في الجامعات لكل أولوية من الأولويات الوطنية وجاء إجمالي المشاريع في بعض هذه الأولويات بنسبة 85%، بينما باقي المشاريع كانت بحاجة إلى توجيه وفيما يلي نسبة المشاريع البحثية في الجامعات لكل أولوية (وزارة التعليم وكالة البحث والابتكار، 2022)



شكل (١) المشاريع البحثية في الجامعات السعودية لكل أولوية من الأولويات الوطنية

من المخطط السابق نلاحظ أن الصحة العامة تمثل النسبة الأعلى في المشاريع البحثية وتعد الأولوية الأولى بنسبة 35.2%، كما جاءت الاستدامة البيئية والزراعية ثانياً بنسبة مشاريع بحثية تعادل 16.3%، تلتها تقنية المعلومات والاتصالات بنسبة بلغت 12.7%، كما جاءت مشاريع التنمية الاجتماعية والاقتصادية والبحثية بنسبة 12.6%، ومشاريع الطاقة المتجددة البحثية بنسبة 10.1%؛ هذه المشاريع استحوذت على 85% من إجمالي المشاريع البحثية بالجامعات.

كما يُظهر المخطط السابق نسبة المشاريع البحثية التي تحتاج إلى توجيه ودعم والتي تتمثل في إنتاج وإدارة المياه بنسبة 4.2%، والبتروكيماويات والتكرير بنسبة 3.9%، يليها التعدين والنفط والغاز بنسبة 2.1%، ثم الحج والعمرة بنسبة 1.2%، والإنشاء والتعمير بنسبة 0.9%، والنقل والخدمات اللوجستية بنسبة 0.6%، وأخيراً الدفاع والأمن والفضاء بنسبة 0.2%. وقد ساهمت الجامعات السعودية بنسبة 93% من الناتج المحلي للبحث العلمي منذ إطلاق مبادرات وزارة التعليم في عام ٢٠١٩-٢٠٢٠ على النحو التالي:



شكل (٢) مساهمات الجامعات السعودية في البحث العلمي منذ إطلاق مبادرات وزارة التعليم في الفترة 2020-2019

من الشكل السابق نلاحظ تحسین جودة النشر العلمي في المجلات العلمية المصنفة وذات التأثير العالي 1Q منذ إطلاق مبادرات وزارة التعليم ارتفعت بمعدل (45%)، كما زادت نسبة الاستشهاد بمعدل (22%)، يليها نمو النشر العلمي بمعدل (19%)، وزيادة نسبة الباحثين النشطين بمعدل (14%) وهي نسب مبشرة لتطور البحث العلمي للجامعات السعودية. كما أرتفع عدد الأبحاث العلمية المنشورة لجامعات المملكة (المصدر: وزارة التعليم، 2022) على النحو التالي:



شكل (٣) عدد الأبحاث العلمية المنشورة لجامعات المملكة في الفترة 2021-2018

المرحلة الثانية لبرنامج التمويل المؤسسي

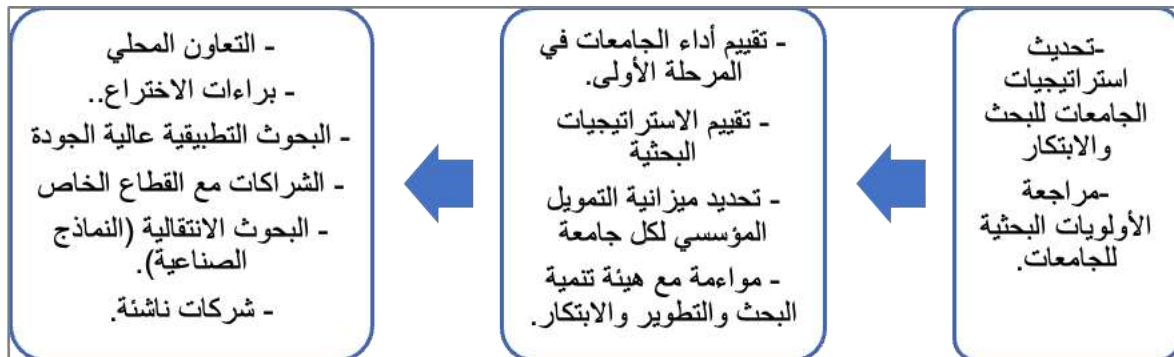
جاءت مرتكزات المرحلة الثانية لبرنامج التمويل المؤسسي على النحو الآتي (وكالة البحث والابتكار، ٢٠٢٢):

- التمويل وفقا للاستراتيجيات والهويات البحثية للجامعات السعودية والمرتبطة بالاحتياج المناطقي وأولويات البحث والابتكار للجامعات.
- مواءمة أولويات الجامعات البحثية مع الأولويات التي حددتها وزارة التعليم، وتوجيه التمويل للمشاريع البحثية ذات الأثر الاقتصادي والتنموي والاجتماعي.
- تعزيز الابتكار وتنجير التقنية من خلال تنوع المشاريع الممولة من خلال البرنامج.
- تخضع المشاريع البحثية الممولة للدراسة والتقييم بدقة وشفافية معلنة.
- تحديد ميزانيات التمويل لكل جامعات وفقا لاتفاقيات أداء مبرمة بين الوزارة والجامعات.
- تكوين شراكة بحثية وابتكارية بين الجامعات والقطاع الخاص والصناعي.

إعداد المرحلة الثانية من برنامج التمويل المؤسسي

وفرت وزارة التعليم عن طريق وكالة البحث والابتكار الدعم للمرحلة الثانية من برنامج التمويل المؤسسي بحيث يتضمن

إعداد هذه المرحلة ما يلي (وزارة التعليم وكالة البحث والابتكار، 202):



شكل (٤) إعداد المرحلة الثانية من التمويل المؤسسي

يتضح مما سبق أن إعدادات المرحلة الثانية تتضمن إجراءات عملية تتمثل في الفرص والتوجهات المستقبلية التي تعمل عليها وزارة التعليم لدعم البحث العلمي والابتكار في الجامعات من أجل تحقيق المتطلبات اللازمة لتشكيل الهوية البحثية للجامعات وبناء اقتصاد مستدام.

سادساً: أدوار برنامج التمويل المؤسسي في الجامعات السعودية

عليه يمكن تحديد بعض الأدوار الجوهرية والحيوية فيما يلي:

- ١- تطوير السياسة التعليمية والبحثية للمؤسسة: يمنح التمويل المؤسسي الحرية للمؤسسات التعليمية في سياستها وأداء رسالتها حيث يُعد شرطاً ومطلباً مهماً للحرية الإدارية والأكاديمية، ويشير المنقور (٢٠١٩) إلى أن الاهتمام بالبحث العلمي في الوطن العربي بشكل عام يكون لأغراض الترقية أو الحصول على درجات علمية أو رفع تصنيف الجامعات على المستوى المحلي والإقليمي والدولي، ولا يكون لهدف الابداع والابتكار والتميز أو التوجه لخدمة المجال الاجتماعي والاقتصادي، في حين أن هذا الهدف يختلف في الخارج حيث يعد البحث العلمي لديهم وسيلة لتحقيق تأثير عميق سواء على المستوى الاقتصادي أو الاجتماعي أو السياسي.
- ٢- دعم التخطيط الاستراتيجي: وحتى يقدم التمويل المؤسسي الدعم الكامل لعملية التخطيط الاستراتيجي لمؤسسات التعليم الجامعي فإنه من الضروري تحديد الأولويات والتوجهات وتوفير البيانات والمعلومات عن البيئة الخارجية وتفسيراتها وتحليلاتها المختلفة وإجراء الدراسات والبحوث المرتبطة بمجالين رئيسين هما (Gross K, 2019)؛ (الجماعي والهبوب، 2020):

- دراسات المسح البيئي بالأحداث والاتجاهات الحادثة في البيئة الاقتصادية الاجتماعية والسياسية الخارجية التي تؤثر على التعليم الجامعي، وتعتبر هذه الدراسات بمثابة جهاز إنذار لمؤسسات التعليم الجامعي لمسح العالم بشكل منتظم لتحديد الأحداث والاتجاهات المرتقبة، والتي يجب وضعها في الاعتبار عند إجراء عملية التخطيط الاستراتيجي.
 - تحديد الفرص المتاحة بتلك البيئة وكيفية توظيفها والاستفادة منها في تحسين الأداء والفاعلية المؤسسية، وكذلك التهديدات المحتملة بتلك البيئة وكيفية تقليل تأثيرها أو تجنب ذلك على المؤسسة التعليمية.
- ومن الدراسات التي سعت إلى استكشاف المنطلقات النظرية لمؤشرات البحث العلمي في ضوء الأدبيات التربوية المعاصرة دراسة البدير (2020) حيث هدفت إلى تحليل مؤشرات البحث العلمي في جامعة المجمعة، وأظهرت نتائج الدراسة أن تبني المؤسسات التعليمية خططاً استراتيجية لتفعيل وتنشيط دورها في البحث العلمي؛ وتحديد أولوياتها الاستراتيجية يساهم على الارتقاء بالقيمة النوعية للبحث العلمي والابتكار وفقاً لأولويات التنمية ومؤشرات الرؤية 2030.
- 3 - تنمية الهوية البحثية: يقوم التمويل المؤسسي بدور رئيسي وهام في رسم وتشكيل الوضع المستقبلي للمؤسسة وذلك بإعداد البيانات المرتبطة بالبرامج التعليمية الجديدة وتقدير مدى مشاركة المتعلمين والأكاديميين فيها ومساعدة المؤسسة في تقييم مخرجاتهم لتطوير قوة العمل الأساسية كما يساهم التمويل المؤسسي بإجراء المؤسسات التعليمية الدراسات والبحوث المرتبطة بسوق العمل واحتياجاته ومتطلباته المختلفة عن القضايا الجديدة المحتملة ومتطلباتها وتطوير البرامج التعليمية لتتلاءم مع هذه الاحتياجات والمتطلبات لضمان احتمالية التوظيف بعد التخرج، ومن هنا تتمكن المؤسسة التعليمية من ربط البرامج البحثية والتعليمية باحتياجات ومتطلبات سوق العمل بما يميزها عن غيرها من المؤسسات التعليمية المماثلة لها وهذا لا يتحقق إلا من خلال البيانات والمعلومات المتاحة من قبل لجنة التمويل المؤسسي في الجامعة وفي ضوء البحوث والدراسات المختلفة له والتي تستخدم في صنع القرار المؤسسي Stets, J. (2020).

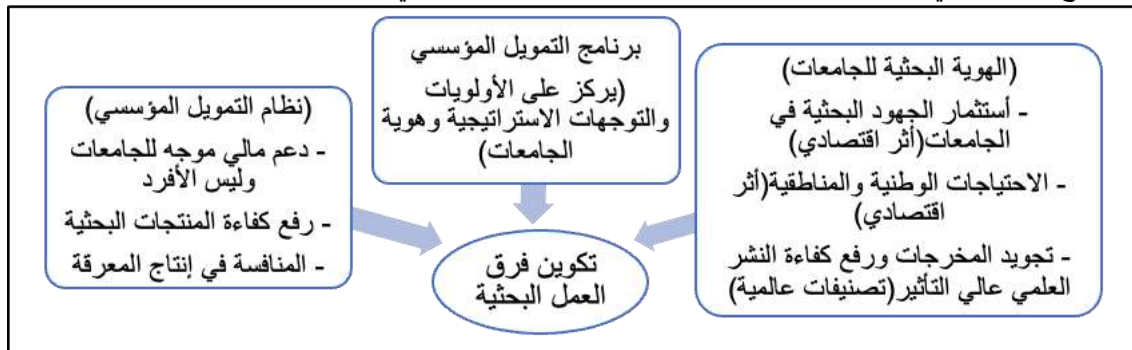
كما أن التصنيف الذاتي المرتبط بأداء الجامعة نحو البحث العلمي وأدواره وثيق الصلة بتشكيل الهوية البحثية، مما يستدعي دعم جميع الموارد أو ما يعزز نظام التفاعل والتعاون داخل الجامعة وخارجها على المستوى الهيكلي والتنظيمي والمالي والبشري (Robinson et al, 2020)

- ٤- فرق العمل البحثي: تقوم فرق البحث العلمي بدوراً مهماً في الجامعات السعودية، حيث تعمل هذه الفرق على جذب التمويل والدعم المالي للأبحاث العلمية والتقنية المختلفة ويمكن تفصيل هذا الدور على النحو التالي (Martin, L.; Lord, G.; Warren- (2021, (Ching, G. S.Smith, 2020)

- تساهم فرق البحث العلمي على جذب التمويل الخارجي لدعم الأبحاث العلمية.

- تعمل على تحسين جودة الأبحاث العلمية من خلال توفير التمويل المالي اللازم للباحثين وبذلك تحفز هذه الفرق على تنفيذ الأبحاث التطبيقية بشكل متطور ومنظم وفعال وتحويل النتائج البحثية إلى منتجات تجارية وتطبيقات عملية.
- تساعد على الحفاظ على الاستدامة المالية للجامعات من وبذلك تحافظ الجامعات على مكانتها كمراكز للتعليم والبحث العلمي في المملكة.
- تشكل دورًا هامًا في تطوير المجتمع السعودي من خلال دعم الأبحاث العلمية والتطبيقية التي تهدف إلى حل المشاكل العملية والتقنية في المجتمع.
- تعد مصادر هامة لتوسيع قاعدة المعرفة والتقنية في المملكة فهي تساعد على تطوير المنتجات والتقنيات والحلول العملية التي تحسن حياة المواطنين وتعزز التنمية الشاملة في المملكة. (وزارة التعليم، ١٤٤٢هـ).

ويوضح الشكل التالي علاقة التمويل والهوية البحثية ببناء فرق العمل البحثي.



شكل (٥) علاقة التمويل والهوية البحثية ببناء فرق العمل البحثي

5- كفاءة الأداء البحثي: ترتبط كفاءة الأداء البحثي بجودة مدخلات ومخرجات وعائدات البحث العلمي والتي جميعها تتجه نحو تعزيز وتفعيل عمليات البحث العلمي في الجامعات ومراكز البحوث، وتأتي دراسة عارف (2018) لتعرض كفاءة الأداء البحثي أو التميز البحثي في النقاط التالية:

- الاهتمام بوضع سياسات واستراتيجيات وأولويات تفعيل البحث العلمي على النطاق المؤسسي والمجتمعي داخل مؤسسات البحث في الجامعات ومراكز البحوث.
- اتباع أساليب ومنهجيات بحثية متقدمة لتنفيذ مشروعات البحوث.
- تعزيز مفهوم فرق العمل البحثي Research work teams
- تعزيز مفهوم البحوث البينية Approaches interdisciplinary.
- التنمية المهنية للكوادر البحثية.
- توفير مقومات البنية التحتية لمنظومة البحث العلمي والمتعلقة بتوفير التمويل والتجهيزات، والمكتبات الحديثة، وتعزيز الحرية المالية والأكاديمية واستقلالية المؤسسات البحثية.
- ويستند على تحقق كفاءة الأداء البحثي من خلال عدد من المؤشرات العلمية؛ ومن أهم هذه المؤشرات العلمية (العتيبي؛ وشاهر، 2019):
- عدد الأبحاث الأولية المتقدمة، وحجم المنشورات العلمية.

- عدد العلماء الذين يعملون في الأبحاث التي تهدف إلى إحراز التطوير في المجتمع، وعدد براءات الاختراع التي يحصل عليها العلماء في المجتمع.

- حجم الإنفاق على البحث العلمي مقارنة بالناتج الإجمالي.

- مدى التواصل الفعلي والمتوقع بين مؤسسات الأبحاث والتنمية المجتمعية.

- عدد الكتب العلمية المترجمة من لغات مختلفة إلى اللغة القومية.

- تنوع التخصصات العلمية والتكنولوجية.

كما أن ضعف البيئة التنظيمية الفاعلة يؤثر على كفاءة الأداء البحثي ويؤدي إلى (الدباغ، 2023، Al-khatib، 2020):

- تأخر النشر في الدوريات العلمية.

- ضعف التنسيق بين الجامعات والمكتبات لتوفير المصادر اللازمة للبحث.

- ضعف التعاون والتنسيق بين عمادات البحث العلمي بالجامعات، وضعف المخرجات التعليمية والبحثية.

- وجود بعض الإجراءات والأنظمة الروتينية للجامعات التي تعيق البحث العلمي وتؤثر على مخرجاته.

- ضعف التعاون بين الجامعات السعودية في مجالات البحوث، وضعف العلاقة بين البحث العلمي والمؤسسات الصناعية.

٦- النشر العلمي: تكمن أهمية النشر العلمي في وجود النشر عالي الجودة حيث يتضح ذلك من خلال الآتي (الدباغ، 2023):

- تنشيط حركة البحث العلمي، وتنمية الوعي العلمي بضرورة البحث العلمي بين أفراد المجتمع.

- معرفة رصانة البحث العلمي من خلال معرفة عدد الإشارات إلى البحوث المنشورة في الدراسات الأخرى.

- ضمان حقوق المؤلفين في بحوثهم المنشورة.

- المساعدة في تجنب تكرار أجراء البحوث نفسها.

ويتخذ النشر العلمي صور عديدة متنوعة حيث يتم تحويل المنتج الفكري البحثي الأكاديمي والعلمي لأكثر من شكل رقمي كالدوريات الإلكترونية والكتاب الإلكتروني والمجلات الإلكترونية والمجموعات المصورة والوسائط الفائقة وغيرها، وقد نشأ ليحقق عدة أهداف في مجال خدمة البحث العلمي تتمثل فيما يلي (شاهين، 2020):

- تحقيق الاتصال العلمي وتوفير مفهوم تكنولوجيا جديد له.

- تعميق فرص التجارة الإلكترونية.

- تسريع عمليات البحث العلمي في ظل السباق التكنولوجي، والزيادة المطردة في كم ونوع ما ينشر من أوعية معلوماتية.

- وضع الإنتاج الفكري لبعض الدول على شكل أوعية إلكترونية.

مما سبق يمكن تحديد أوجه الاستفادة من تلك الأدوار للتمويل المؤسسي على النحو التالي:

- أهمية وضع خطط وسياسات للبحث العلمي تعمل على التحول في أهداف الجامعات ومخرجاتها.

- أهمية تنويع مصادر تمويل الجامعات من خلال التعاقدات والتحالفات والشراكات مع القطاع الخاص، ومساهمة القطاعات الصناعية والانتاجية في تمويل البحث العلمي، وتطبيق فكرة الجامعة المنتجة بتنمية مصادر دخل ذاتية، وتطبيق نتائج البحث العلمي وتسويقه وبيعه.

- مساهمة الجامعات في التنمية الاقتصادية للدولة، ومساعدتها في الخروج من الأزمات الاقتصادية.

- الاهتمام بإقامة مراكز بحوث وشركات للمنتجات البحثية تتبع الجامعة ويعود ريعها للجامعة.

- ربط البحث العلمي بالجامعات بالمجالات التطبيقية التي تسهم في التنمية والتطور وزيادة معدلات الاقتصاد.
- التوسع في فكرة الكراسي العلمية وحاضنات الأعمال ومراكز التميز على مستوى الجامعات السعودية.
- إشراك خبراء من القطاعات الصناعية والانتاجية في مجالس ولجان الجامعة، والعمل على التحول النوعي لأدوار أعضاء هيئة التدريس بما يحقق مواكبة متغيرات العصر.

- الاهتمام بالمنصات الالكترونية للتمويل والصناديق الاستثمارية وراس المال المخاطر، وتوعية الطلاب المبتكرين والمبدعين والباحثين والعلماء بكيفية التواصل والتعامل معها.

ويوجد العديد من الدراسات والبحوث العربية والأجنبية التي تناولت تمويل التعليم إلا أن الملاحظ أن جميع هذه الدراسات لم تصل للدور الاستراتيجي لمبادرات الدعم التمويلية الحكومية، وقد اختلفت أهداف هذه الدراسات ومضامينها فبعضها تناول دور الجامعة والتمويل على نوعية الأبحاث، وبعضها الآخر ركز على بدائل التمويل الجامعي بناء على تجارب الدول المتقدمة، وبعضها تناول التحولات في سياسات تمويل التعليم الجامعي، كما تناول البعض منها نتائج تنويع الدخل في التعليم الجامعي، فقد تناولت دراسة الدمج (٢٠٢٠) تطوير نظام تمويل التعليم بالملكة، وهدفت الدراسة إلى وضع رؤية مقترحة لتطوير نظام تمويل التعليم في المملكة العربية السعودية بما يتماشى مع الرؤية الوطنية 2030 ؛ بهدف سد الفجوة بين المخرجات التعليمية واحتياجات سوق العمل، والبحث عن مصادر بديلة للتمويل التعليمي، وأكدت نتائج الدراسة أن أنشطة المؤسسات التعليمية في المملكة تقتصر على الجوانب التعليمية والأكاديمية، مما يخلق فجوة كبيرة بين خدمة المجتمع وطاقته الفكرية غير المستثمرة، وبالتالي تتطلب إيجاد بدائل لتمويل التعليم وتقليل الاعتماد على الدعم الحكومي، من خلال العمل باستراتيجيات جديدة لسد الفجوة في الاستثمار والموارد المالية ، خاصة مع زيادة النمو السكاني وطلب المجتمع للتعليم العالي.

وتناولت دراسة محضر (2019) واقع دور الجامعات السعودية في ربط البحوث العلمية برؤية المملكة 2030، والكشف عن المعوقات إلى تواجه الجامعات السعودية في ربط البحوث العلمية برؤية المملكة 2030، واقترح الآليات والمتطلبات اللازمة لتفعيل دور الجامعات السعودية في ربط البحوث العلمية برؤية المملكة 2030، كما هدفت إلى تحديد أولوية محاور دور الجامعات في توجيه البحوث العلمية وتوصلت الدراسة إلى غياب منظومة البحث العلمي في الجامعات السعودية التي تشجع على الإبداع والابتكار، وافقادات الجامعات إلى وجود منظومة بحثية تربط بين الجامعات ومراكزها البحثية من جهة واحتياجات المجتمع والتنمية من جهة أخرى، كما توصلت الدراسة إلى ضعف أدوات تحديد الأولويات البحثية في الجامعات السعودية وفق الاستراتيجيات الوطنية، وغياب الشراكة التكاملية بين الدولة ومنظومة البحث العلمي بالجامعات مع قطاعات النشاط الاقتصادي والاجتماعي على ضوء رؤية ٢٠٣٠.

وتناولت دراسة الفراج (2021) تمويل التعليم الجامعي في المملكة العربية السعودية: التحديات والحلول: وهدفت إلى التعرف على التحديات التي تواجه تمويل التعليم الجامعي، والحلول المقترحة للتمويل، وقد استخدمت الدراسة المنهج الوصفي بأسلوب مسحي، وتكونت أداة الدراسة من استبانة للعمداء والوكلاء في جميع الكليات بجامعة شقراء، وبينت نتائج الدراسة أن أهم التحديات التي تواجه تمويل التعليم الجامعي في جامعة شقراء في المملكة العربية السعودية هي اعتماد الجامعة على الدعم الحكومي فقط، وضعف ارتباط البرامج البحثية بالمؤسسات الإنتاجية بالمجتمع، وضعف اعتمادات النفقات الاستثمارية مقارنة باعتماد النفقات الجارية. كما أن أهم الحلول للتمويل هي: تطوير النظام المالي والإداري في جامعة شقراء، واستثمار الصناديق المالية بها، وترويج البحوث العلمية وتسويقها وتشجيع الابتكارات والأنشطة والخدمات الجامعية، وتنشيط الاهتمام بالأوقاف الجامعية، وإنشاء علاقات تعاونية بين الجامعة ومؤسسات المجتمع الإنتاجية.

وعلى صعيد الدراسات الأجنبية، فقد تناولت دراسة اولفرتس وآخرون ((Ulferts & Others, 2021 وصف للعائق المستمر لتمويل البحث والتطوير في الولايات المتحدة المتمثل في انخفاض الدعم الحكومي المناسب للبحث والتطوير، واستخدمت الدراسة المنهج الكيفي، وقد توصلت الدراسة إلى الحاجة للعودة إلى ارتفاع الإنفاق على البحث والتطوير كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي للحفاظ على الريادة الأمريكية في الابتكار، كما أظهرت الدراسة أن الأدلة البحثية السابقة والحالية للاستثمار العام في البحث والتطوير يقود للاستثمار الخاص ويعزز الأهداف الاستراتيجية للابتكار والنمو الاقتصادي، كما أن انخفاض الاستثمار العام الأمريكي في البحث والتطوير سيؤثر سلباً على النمو الاقتصادي الأمريكي.

التعليق على أدبيات البحث

تشابه البحث الحالي بصورة عامة بالمنهج وأداة جمع البيانات مع معظم الدراسات السابقة منها المحلية والعربية، وقلة من الدراسات والبحوث المحلية التي تشابهت مع البحث الحالي من حيث موضوعه إلا أنها اختلفت معه من حيث مجالاته، مثل دراسة آل زاهر (٢٠١٦) والتي كانت الهوية العلمية للجامعات السعودية واستجاباتها لاحتياجات المجتمع المتغيرة، كما أن هنالك العديد من الدراسات التي تناولت مجالات ذات العلاقة بالبحث العلمي كالإبداع البحثي في دراسة العمودي ومجلي (2023)، ودراسة البدير (٢٠٢٠) التي تناولت تحليل مؤشرات البحث العلمي في جامعة المجمعة، ودراسة الفراج (٢٠٢١) التي أشارت إلى غياب الاستراتيجية الموحدة للبحث العلمي وضعف التنسيق بين إداراته.

وعلى مستوى الدراسات الأجنبية يلاحظ أنها ركزت بصفة رئيسة على الهوية الأكاديمية، فقد تناولت بعض الدراسات الأجنبية أزمة الهوية لدى الجامعات كدراسة هيكرت (Heckret, 2020) التي تناولت الفجوات في هوية الجامعات، ودراسة Robinson (2020) التي تناولت ارتباط أداء الجامعات بتشكيل الهوية.

- هنالك العديد من الدراسات والبحوث التي تشابهت مع البحث الحالي ذات العلاقة بالتمويل كدراسة محضر (٢٠١٩)، ودراسة الدمخ (٢٠٢٠) لتطوير نظام تمويل التعليم بالمملكة، وعلى مستوى الدراسات الأجنبية؛ دراسة شاينغ (Ching, G. S, 2021) حول تحسين جودة الأبحاث العلمية من خلال توفير التمويل المالي اللازم للباحثين وبذلك تحفز الفرق البحثية على تنفيذ الأبحاث بشكل متطور ومنظم وفعال لتعزيز الأداء البحثي للجامعات البحثية، دراسة اولفرتس وآخرون ((Ulferts & Others, 2021 وصف للعائق المستمر لتمويل البحث والتطوير في الولايات المتحدة المتمثل في انخفاض الدعم الحكومي المتناسب للبحث والتطوير.

- يختلف البحث الحالي عن الدراسات والبحوث السابقة في تناوله للهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي، وفي أسئلته وأهدافه وأبعاده ومجالاته وبيئة التطبيق، كما يختلف في رصد مؤشرات الهوية البحثية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثية وتقديم استراتيجية لبناء هوية بحثية خاصة للجامعات السعودية. وتفرد البحث الحالي في طبيعة الأبعاد والمتغيرات التي تم التركيز عليها من جانب، والفئة التي استهدفها البحث من جانب آخر حيث استهدف القيادات الأكاديمية وأعضاء هيئة التدريس.

- تبين ندرة البحوث والدراسات المحلية التي تناولت الهوية البحثية حيث لم تتناول أي من الدراسات السابقة موضوع الهوية البحثية من منظورها الشامل مما جعل البحث يعطي أولوية لبناء مؤشرات ترتبط بأدوار الجامعة الرئيسية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لتحقيق استدامة الموارد وهو ما لم تتناوله أي من الدراسات السابقة - على حد علم الباحثة-
- حاول هذا البحث بناء استراتيجية مقترحة للهوية البحثية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي من خلال أسلوبيين علميين، الأول ركز على تحليل مضمون الخطة الاستراتيجية للجامعة ومضمون الموقع الإلكتروني للجامعة، والثاني ركز على بناء استبانة علمية واستفتاء آراء عدد من الخبراء في الجامعات السعودية حيال رصد مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية وأهميتها توفرها.
- استنتاج عدد من المضامين العلمية سواء أكانت ترتبط بطبيعة الهوية ومعالمها وتشكيلها، أو كانت بتوجهات الجامعات العالمية التي من أبرزها استقلالية الجامعات وحوكمتها لتفعيل مقومات الجانب البحثي.
- تم بناء أداة البحث وفقاً للدراسات الاستطلاعية والدراسة الفكرية والنظرية للهوية البحثية وطبيعتها وتشكيلها وتنظيماتها في ضوء التمويل المؤسسي وللدراسات السابقة التي تناولت- بالدراسة المباشرة وغير المباشرة - للهوية البحثية والتمويل المؤسسي أو تلك التي أبرزت الجوانب المهمة في حل أزمة الهوية البحثية للجامعات والاستنتاجات التي تم الخلوصل إليها في الإطار الفكري والنظري لموضوع الهوية البحثية للجامعات في ضوء التمويل المؤسسي.

منهج البحث وإجراءاته:

أعتمد البحث المنهج الوصفي من خلال الأسلوب الوثائقي التحليلي، والأسلوب المسحي لملاءمته لطبيعة البحث، وذلك من خلال البحث المكتبي للأدبيات المتوفرة في الكتب والأبحاث والمقالات العلمية، وصولاً إلى دراسة الأبحاث وتحليل الدراسات التي تناولت التمويل والهوية، بالإضافة إلى أنه تم استطلاع رأي عينة البحث، وذلك بهدف وصف الظاهرة المدروسة لبناء آليات لبناء الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي.

مجتمع البحث وعينته: تكون مجتمع البحث من:

- جميع القيادات الأكاديمية (عمداء - وكلاء - رؤساء أقسام) وأعضاء هيئة التدريس بدرجة (أستاذ - أستاذ مشارك - أستاذ مساعد) ذكوراً وإناثاً في الكليات العلمية والنظرية بجامعة الملك خالد، البالغ عددهم الإجمالي (2061)، بحسب إحصائية جامعة الملك خالد للعام الدراسي 1446/1445هـ.

ويوضح الجدول التالي توزيع مجتمع البحث وفقاً للدرجة العلمية والجنس:

جدول (١) أعداد أفراد مجتمع البحث وفقاً للدرجة العلمية والجنس

الدرجة العلمية	الجنس	العدد	المجموع	النسبة المئوية
أستاذ	ذكر	168	184	10%
	أنثى	16		
أستاذ مشارك	ذكر	357	467	25%
	أنثى	110		
أستاذ مساعد	ذكر	715	1178	64%
	أنثى	463		
المجموع		1829		100%

المصدر: إحصائية جامعة الملك خالد للعام الدراسي 1446/1445هـ.

ويوضح الجدول التالي توزيع مجتمع البحث وفقاً للمنصب القيادي

جدول (٢) توزيع مجتمع البحث وفقاً للمنصب القيادي

المنصب القيادي	الجنس	العدد	المجموع	النسبة المئوية
عميد	ذكر	23	32	13%
	أنثى	9		
وكالة كلية	ذكر	15	21	9%
	أنثى	6		
رئيس قسم	ذكر	113	179	77%
	أنثى	66		
المجموع		232		100%

المصدر: إحصائية جامعة الملك خالد للعام الدراسي 1446/1445هـ.

- كما تكون مجتمع البحث أيضاً من الدراسات والأبحاث التي تناولت الهوية البحثية والبحث العلمي والتمويل ومصادره، وبرنامج التمويل المؤسسي، والإحصاءات الرسمية، والخطط الاستراتيجية والمواقع الإلكترونية لبعض الجامعات السعودية (جامعة الملك خالد- جامعة الملك سعود-جامعة الملك عبدالعزيز-جامعة الأميرة نورة-جامعة المجمعة).

تم اختيار عينة عشوائية بسيطة من القيادات الأكاديمية وأعضاء هيئة أعضاء هيئة التدريس بدرجة (أستاذ - أستاذ مشارك - أستاذ مساعد) في الكليات العلمية والنظرية بجامعة الملك خالد، وبلغ حجم العينة الفعلية للبحث (327) من (عمداء، وكلاء، رؤساء أقسام، أعضاء هيئة تدريس)، وتم التطبيق على عينة البحث ككل من خلال رابط تطبيق الكتروني للاستبانة تم إرساله لمجتمع البحث وتم التوقف عن استقبال الردود بعد مضي (8) أسابيع بالفترة من (2023/9/16) إلى (2023/11/12) حيث تجاوزت الردود العدد المحدد لحجم العينة.

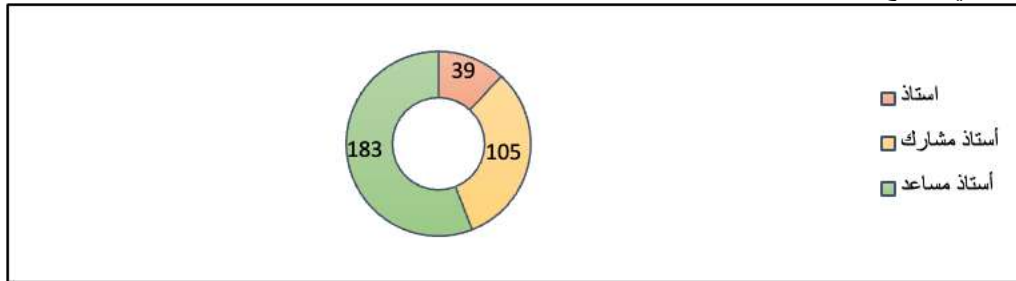
وفيما يلي وصف لخصائص عينة البحث تبعا للمتغيرات الديموغرافية:

1- وصف عينة البحث تبعا للدرجة العلمية

جدول (٣) وصف عينة البحث تبعا للدرجة العلمية

م	الدرجة العلمية	عدد العينة	النسبة المئوية
1	أستاذ	39	11.9%
2	أستاذ مشارك	105	32.1%
3	أستاذ مساعد	183	56%
	الإجمالي	327	100%

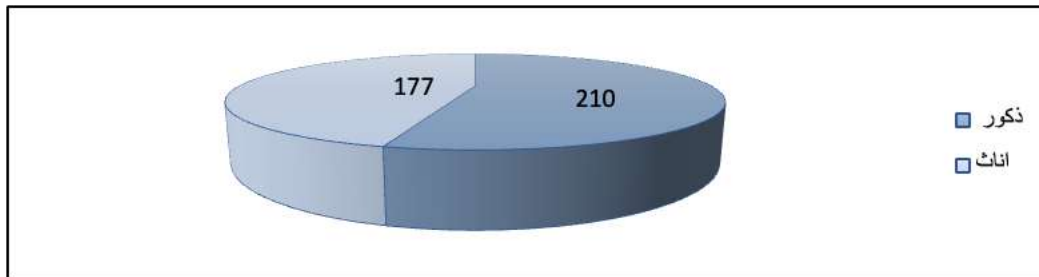
يتضح من جدول (٣) أن استجابات أعضاء هيئة التدريس بدرجة أستاذ مساعد شكلت النسبة الأعلى (56%)، بينما كانت درجة أستاذ أقل نسبة (11.9%)، بينما شكلت استجابات أعضاء هيئة التدريس بدرجة أستاذ مشارك نسبة (32.1%)، ويساهم تنوع الدرجة العلمية لأفراد عينة البحث في تحقيق البحث لأهدافه. ويوضح الشكل التالي توزيع عينة البحث حسب الدرجة العلمية



شكل (٦) رسم بياني لعينة البحث وتوزيعها حسب الدرجة العلمية

جدول (٤): وصف عينة البحث حسب نوع الجنس			
م	نوع الجنس	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	ذكور	210	64.2%
2	إناث	177	35.8%
	الإجمالي	327	100%

من جدول (٤) يتضح أن استجابات عينة البحث من الذكور شكلت النسبة الأعلى حيث بلغت (64.2%)، بينما جاءت استجابات عينة البحث من الإناث بنسبة (35.8%). ويوضح الشكل التالي توزيع عينة البحث حسب نوع الجنس:



شكل (٧) رسم بياني لعينة البحث وتوزيعها حسب نوع الجنس

3- وصف عينة البحث تبعا للمنصب القيادي

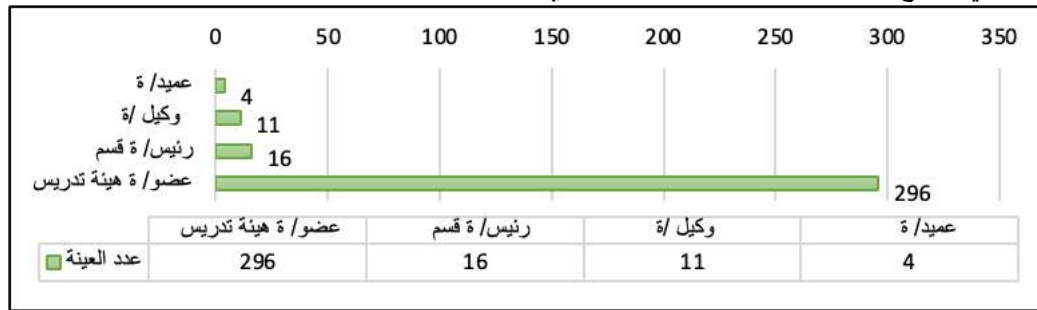
جدول (٥): وصف عينة البحث حسب المنصب القيادي

م	المنصب القيادي	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	عميد/ة	4	1.2%
2	وكيل/ة	11	3.4%
3	رئيس/ة قسم	16	4.9%
4	عضو/ة هيئة تدريس	296	90.5%
4	الاجمالي	327	100%

من الجدول

(٥) يتضح أن استجابات أعضاء هيئة التدريس شكلت النسبة الأعلى (90.5%) بينما كانت أقل نسبة من الوكلاء بنسبة (3.4%) يليها رؤساء الأقسام بنسبة (4.9%) وشكلت نسبة استجابات العمداء (12%)، وتعزى هذه النتيجة لانشغال القيادات الأكاديمية بالعمل القيادي والإداري.

ويوضح الشكل التالي توزيع عينة البحث حسب المنصب القيادي:



شكل (٨) رسم بياني لعينة البحث وتوزيعها حسب المنصب القيادي

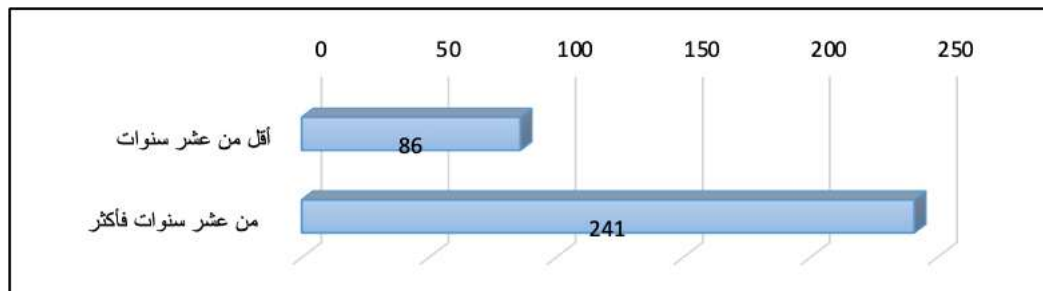
4-وصف عينة البحث تبعا سنوات الخبرة

جدول (٦) وصف عينة البحث حسب سنوات الخبرة

م	سنوات الخبرة	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	أقل من عشر سنوات	86	26.3%
2	من عشر سنوات فأكثر	241	73.7%
	الإجمالي	327	100%

يتبين من جدول (٦) أن معظم خبرات المستجيبين من عشر سنوات فأكثر بنسبة (73.3%) وأقلها بالفئة أقل من عشر سنوات بنسبة (26.3%) وهذه النتائج تشير إلى ارتفاع مستوى خبرة المستجيبين، وهو ما يعني إضفاء مزيد من الخبرة العلمية التي تساهم في تحقيق نتائج البحث لأهدافه.

ويوضح الشكل التالي توزيع عينة البحث حسب سنوات الخبرة



شكل (٩) رسم بياني لعينة البحث وتوزيعها حسب سنوات الخبرة

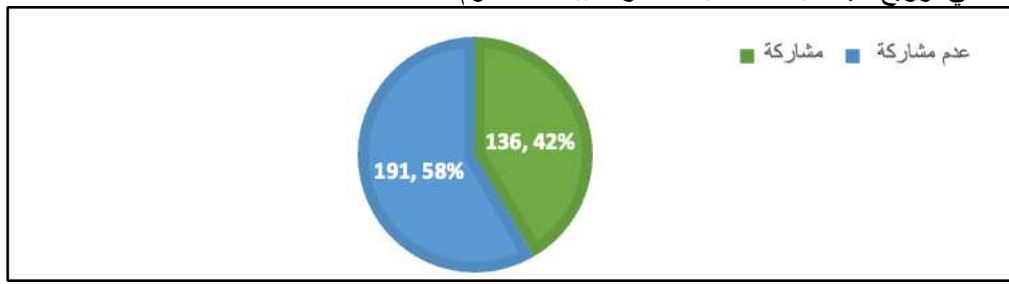
5- وصف عينة البحث تبعا للمشاركة ببحث مدعوم داخل الجامعة

جدول (٧) وصف عينة البحث حسب المشاركة ببحث مدعوم

م	المشاركة ببحث مدعوم	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	مشاركة	136	41.6%
2	عدم مشاركة	191	58.4%
	الإجمالي	327	100%

يتبين من جدول (٧) أن (191) من أفراد العينة ويمثلون ما نسبته (58.4%) من إجمالي أفراد العينة لم يشاركوا بأبحاث مدعومة، بينما شارك (136) من أفراد عينة البحث ويمثلون نسبة (41.6%) بأبحاث مدعومة من الجامعة، وهذه النتيجة تشير إلى أن نصف أفراد عينة البحث بحاجة لتوجيه السلوك البحثي للمشاركة في الأبحاث المدعومة.

ويوضح الشكل التالي توزيع عينة البحث حسب المشاركة ببحث مدعوم



شكل (١٠) رسم بياني لعينة البحث وتوزيعها حسب المشاركة ببحث مدعوم

مصادر جمع البيانات:

لتحقيق أهداف البحث والإجابة عن أسئلته تم استخدام الأسلوب الوثائقي وأداة الاستبانة لجمع البيانات اللازمة، على النحو التالي:

- السجلات والوثائق: تم حصر السجلات والوثائق والدراسات النظرية والفكرية المتعلقة بالهوية البحثية والبحث العلمي والتمويل وبرنامج التمويل المؤسسي وتحليلها، للتعرف على معالم بناء الهوية البحثية وتشخيص العوامل المؤثرة عليها في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي في الجامعات السعودية، باستخدام استمارة مصممة لتحليل مضمون الوثائق، كما تم تحليل (62) وثيقة من إجمالي (249) وثيقة أي ما نسبته (25%) مما ورد في أدبيات هذا البحث من وثائق ومستندات وإحصاءات رسمية ودراسات سابقة، باستخدام الأسلوب الوثائقي ليدعم مزيداً من الشمولية في تحديد معالم الهوية البحثية والعوامل المؤثرة عليها.

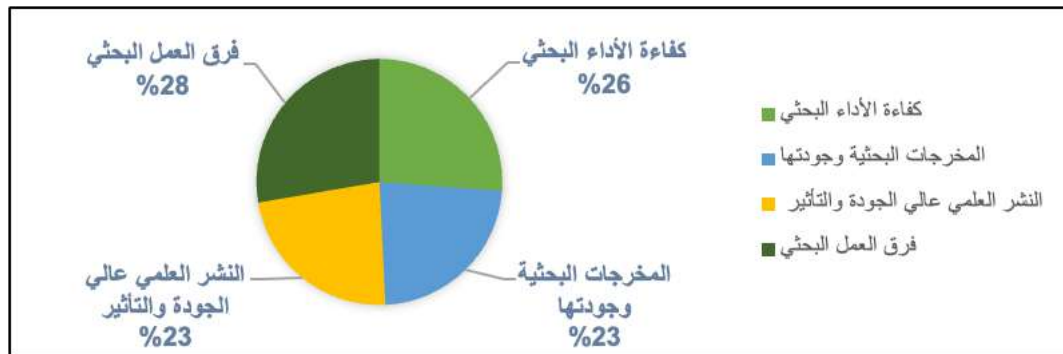
- الاستبانة: صممت الباحثة الاستبانة في ضوء الدراسات الاستطلاعية والدراسة الفكرية والنظرية للهوية البحثية وطبيعتها وتشكيلها وتنظيماتها في ضوء التمويل المؤسسي وتم بنائها بالاستفادة من الدراسات السابقة كدراسة زاهر (2016)، ودراسة العبيري (2018)، ودراسة المالكي (2018)، ودراسة عبدالقادر (2019)، ودراسة المطيري (2019)، ودراسة القحطاني (2019) ودراسة سفر (2020)، ودراسة العسيري (2021)، ودراسة العمودي وآخرون (2023)، ودراسة Corwin, L. A., & Dolan, E. L. (2024).

والجدول التالي يوضح مجالات الاستبانة وعدد المؤشرات التي يحتوي عليها كل معيار والنسب المئوية لها:

جدول (٨) مجالات الاستبانة وعدد المؤشرات التي يحتوي عليها كل معيار والنسبة المئوية

رقم المجال	اسم المجال	العبارات	عدد العبارات لكل بديل
		من إلى	العدد
			%
الأول	كفاءة الأداء البحثي	1 17	26%
الثاني	المخرجات البحثية وجودتها	18 32	23%
الثالث	النشر العلمي عالي الجودة والتأثير	33 47	23%
الرابع	فرق العمل البحثي	48 65	27%
	المجموع	- -	100%

ويوضح الشكل التالي مجالات الاستبانة والنسبة المئوية لكل معيار



شكل (11) مجالات الاستبانة والنسبة المئوية لكل معيار

تحديد درجة الأهمية والأوزان النسبية:

تم تحديد درجة الأهمية كما هو مبين بالجدول التالي:

جدول (٩) درجة الأهمية والأوزان النسبية

م	الوزن النسبي	المتوسط الوزني	درجة الأهمية
1	20 – 35,9 %	(1) الى -اقل من (1.8)	غير مهمة
2	36 – 51,9 %	(1.8) الى – اقل من (2.6)	ضعيف الأهمية
3	52 – 67,9 %	(2.6) الى -اقل من (3.4)	مهم بدرجة متوسطة
4	68 – 83,9 %	(3.4) الى – اقل من (4.2)	مهم بدرجة عالية
5	84 – 100 %	(4.2) الى - (5)	مهم بدرجة عالية جدا

نقطة القطع / حد الكفاية:

تم تحديد نقطة القطع بحساب قيمة المئيني (75) فأعلى لمدى الدرجات من (1-5) وبذلك تكون قيمة درجة القطع هي الدرجة (3.75). قياس صدق وثبات الاستبانة (الخصائص السيكمترية للاستبانة):

صدق الاستبانة: أ-الصدق الظاهري (صدق المحكمين) Face Validity

تم عرض الاستبانة على مجموعة من الخبراء والمحكمين من بعض الجامعات السعودية والعربية وقد بلغ عددهم (20) محكماً، وتم الأخذ بنسبة اتفاق (80%) فأعلى، حيث لم يتم استبعاد أي مجال أو أي عبارة من الاستبانة، فيما عدا إعادة الصياغة وبذلك أصبح العدد النهائي لعبارات الاستبانة (65) عبارة موزعة على أربع مجالات.

ب- صدق الاتساق الداخلي لفقرات الاستبانة ومجالاتها Internal Consistency

تم التحقق من صدق الاستبانة عن طريق صدق الاتساق الداخلي؛ وذلك باستخدام معامل ارتباط بيرسون في حساب معاملات الارتباط بين درجة كل عبارة من عبارات الاستبانة في محاورها المختلفة مع الدرجة الكلية للمحور المنتمية إليه العبارة، وذلك للتأكد من مدى تجانس وتماسك عبارات كل محور فيما بينها، وذلك بالتطبيق على عينة استطلاعية من خارج عينة البحث الأصلية وبلغ عدد أفراد العينة الاستطلاعية (30) تم استثنائهم من عينة التحليل الأصلية، وقد تراوحت قيم معاملات الارتباط بين (0.51 الى 0.93) مما يعنى أن جميع العبارات تتمتع بدرجة صدق اتساق داخلي مرتفعة.

جدول (١٠) معاملات ارتباط المجالات بالدرجة الكلية

م	المجالات	معامل الارتباط بالدرجة الكلية
1	الأول: كفاءة الأداء البحثي	0.85**
2	الثاني: المخرجات البحثية وجودتها	0.86**
3	الثالث: النشر العلمي عالي الجودة والتأثير	0.91**
4	الرابع: فرق العمل البحثي	0.89**

يتضح من جدول (١٠) ارتفاع قيم معاملات الارتباط بين درجة المجال والدرجة الكلية على الاستبانة مما يدعم صدق الاتساق الداخلي لمجالات الاستبانة

ثبات أداة البحث:

1- تم حساب ثبات الاستبانة عن طريق حساب معامل ثبات الفا- كرونباخ للاستبانة ككل حيث بلغت قيمته (0.98) وهو يشير الى معامل ثبات مرتفع، كما تم حساب معاملات ثبات -الفا-كرونباخ لكل مجال من مجالات الاستبانة كما هو موضح بجدول (١١) جدول (١١) معاملات ثبات -الفا-كرونباخ لكل مجال من مجالات الاستبانة

المجالات	عدد العبارات	معامل ثبات الفا-كرونباخ
الأول: كفاءة الأداء البحثي	17	0.96
الثاني: المخرجات البحثية وجودتها	15	0.94
الثالث: النشر العلمي عالي الجودة والتأثير	15	0.95
الرابع: فرق العمل البحثي	18	0.98
الكلى	65	0.98

يتضح من جدول (١١) ارتفاع قيم معاملات ثبات الفا كرونباخ لكل محور من محاور الاستبانة حيث تراوحت قيم معاملات ثبات محاور الاستبانة ما بين (0.94 الى 0.98).

2- تم حساب ثبات الاستبانة ايضا باستخدام طريقة التجزئة النصفية باستخدام معادلة سبيرمان - براون حيث بلغت قيمته (0.84) والذي يشير الى ارتفاع معامل ثبات الاستبانة.

كما تم حساب معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل مجال من مجالات الاستبانة كما يوضحها الجدول التالي:

جدول (١٢) معاملات الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل مجال من مجالات الاستبانة

المجالات	عدد العبارات	معامل التجزئة النصفية
الأول: كفاءة الأداء البحثي	17	0.94
الثاني: المخرجات البحثية وجودتها	15	0.90
الثالث: النشر العلمي عالي الجودة والتأثير	15	0.83
الرابع: فرق العمل البحثي	18	0.96
الكل	65	0.84

يتضح من جدول (١٢) ارتفاع قيم معاملات الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل محور من محاور الاستبانة حيث تراوحت قيم معاملات ثبات محاور الاستبانة بطريقة التجزئة النصفية ما بين (0.83 الى 0.96). وتشير تلك النتائج الى ان قيم الثبات لكافة محاور الاستبانة مرتفعة مما يعطى مؤشر لمناسبتها لتحقيق اهداف البحث الحالي وامكانية اعطاء نتائج مستقرة وثابته في حالة اعادة تطبيق البحث.

أساليب المعالجة الإحصائية المستخدمة في البحث:

تم استخدام الأساليب الإحصائية التالية لحساب صدق وثبات الاستبانة:

معامل ارتباط بيرسون Person correlation، * معامل ثبات الفا كرونباخ، * معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية باستخدام معادلة سبيرمان - براون

تم استخدام الأساليب الإحصائية التالية لتحليل بيانات الاستبانة:

المتوسطات الوزنية والانحرافات المعيارية والاوزان النسبية لمعرفة مدى ارتفاع أو انخفاض استجابات مجتمع البحث على كل عبارة من عبارات أداة البحث، ومعرفة المتوسط الحسابي لكل مجال، وقياس التشتت النسبي لتوزيع الدرجات، * اسلوب تحليل التباين الأحادي (one way ANOVA) (لتوضيح دلالة الفروق في استجابات عينة البحث نحو مؤشرات تشكيل الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي باختلاف المتغيرات التي تنقسم إلى أكثر من فئتين (الدرجة العلمية، سنوات الخبرة بالعمل الأكاديمي)، * اختبار شيفيه البعدي للمقارنات المتعددة Sheaffe، * معاملات الارتباط الثنائية correlation

عرض نتائج السؤال الأول ومناقشته وتفسيره

ينص السؤال الأول على: ما معالم الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟ التزمت الباحثة بما ورد في الأدبيات الواردة في هذا البحث من وثائق ودراسات، وأسفرت نتائج حصر الوثائق والمستندات والدراسات السابقة والإحصاءات الرسمية بمختلف أنواعها، عن النحو التالي:

- غالب الدراسات التي حصلت عليها الباحثة تناولت الهوية المهنية والأكاديمية والعلمية من حيث استراتيجياتها، أم بنائها، أم تنظيماتها؛ وبعض الدراسات اعتمدت مصطلح الهوية العلمية كدراسة (زاهر. ٢٠١٦) و (رمضان. ٢٠١٩) و(الشلوي. ٢٠٢٣) (والسعدي. ٢٠٢٤)؛ باعتبار الهوية الأكاديمية هي نفس الهوية العلمية، وذلك لكون الجانب الأكاديمي هو الجانب المحوري في عمل الجامعات، ويمكن أن يشمل الجوانب التعليمية والبحثية والمسؤولية المجتمعية، واستخدمت دراسة (العمودي. ٢٠٢٣) مصطلح الإبداع البحثي دون الإشارة لمفهوم الهوية.
- أظهرت معظم الدراسات أهمية التركيز على الهوية الأكاديمية والمهنية في عدد من الأدوار للجامعة وبخاصة في النشاطات التي تظهر هوية الجامعة وظهر أن أكثر النشاطات التي تساعد على ظهور هوية الجامعة تتمثل في القدرات البحثية والجوانب التنظيمية والربط بين الجوانب البحثية والقيادية، وكفاءة الأداء البحثي وجودة مخرجاته والنشر العلمي.
- أن الجامعات العربية بصفة عامة تواجه تحديات تضعف دورها وتنعكس سلباً على هويتها الجامعية، مثل: غياب الخريطة البحثية، تقليدية القيادات الجامعية، ضعف العلاقة بين الجامعة والمجتمع، غياب قواعد البيانات، ضعف الإعدادات العلمي للباحثين، وكذلك الجامعات السعودية بصفة خاصة تعاني من غياب الهوية ربما يرجع ذلك إلى البيروقراطية والمركزية في نصوص النظام واللوائح على الرغم من تمتع الجامعات بشخصية معنوية ذات ذمة مالية

تمنحها حق التصرف والتقاضي والتملك، إلا أن العمليات البحثية والتعليمية في الجامعات السعودية تمر بسلسلة طويلة من الإجراءات تم إقرارها من سلطة أعلى وليس من داخل الجامعة وفق اختياراتها وظروفها وهويتها مما يحد من استقلاليتها.

- وجود قضايا جوهرية تشكل هوية الجامعات مثل التمايز في البيئة المحيطة، ودور التمويل الذاتي الخارجي وأهميته، وتشكيل الذات والتعريف بها.
- أن تحقيق عناصر ومكونات الهوية البحثية يحتاج إلى وجود تغيير تنظيمي استراتيجي واضح المعالم ومحدد للجامعات السعودية، مع مراعاة أن تختلف الاستراتيجيات من مؤسسة إلى أخرى حسب الفرص المناطقية وما تتمتع به من نقاط قوة ونقاط ضعف، وبما يتماشى مع الاحتياجات الوطنية ورؤية ٢٠٣٠، مع ضرورة توفير مراكز نشر الابتكار لتفعيل مقومات الهوية البحثية، ووجود تنظيم شبه موحد على مستوى الجامعات السعودية لنظام الحوكمة والشفافية، والتركيز على رؤية تميز الجامعة واستقلاليتها في عالم تنافسي.
- إن تحديد معالم الهوية البحثية في الجامعات السعودية يمكن أن يكون من خلال التوجهات الاستراتيجية العالمية التي تركز على تطوير البرامج البحثية والأكاديمية والتوسع في برامج الكراسي البحثية، دعم الأبحاث العلمية في الجامعات، إنشاء الشركات والكيانات والوحدات البحثية المتخصصة التي تدعم برامج التمويل في الجامعات، عقد التحالفات البحثية الإستراتيجية محلياً وإقليمياً ودولياً، إبراز دور النشر العلمي وخصوصاً النشر الإلكتروني، تنويع مصادر التمويل وتوفير مستلزمات البحث العلمي.
- عدم وجود طريقة نموذجية لتحديد الأولويات البحثية في الجامعات بالمملكة العربية السعودية كما أن ما يمارس على أرض الواقع يختلف عن المأمول، فبعض الجامعات لديها برنامج لأولوياتها البحثية في مجالات محددة وتقوم بالبحث عن مصادر تمويلية تسهم في هذه المجالات، والأخرى يتم تحديد الأولويات البحثية والبرامج بشكل لا يخلو من الارتجال.
- أبرز التحليل أن التمويل المؤسسي سيعطي مزيداً من الاستقلالية للجامعات في الأدوار والسياسات وبخاصة في الجوانب البحثية؛ مما يعطي الجامعات تمكيناً بحثياً وتنظيماً يهدف إلى تشكيل معالم الهوية للجامعة وبناء الفرق البحثية وتحسين جودة المخرجات البحثية ورفع مستوى النشر العلمي.
- من خلال تحليل مضمون الخطة الاستراتيجية لجامعة الملك خالد لاستنتاج معالم الهوية البحثية تبين وجود ملامح ايجابية لهذه المعالم من أهمها: بروز هوية التعلم والتدريس من خلال نظام التعلم الإلكتروني ووفق خطة استراتيجية منظمة، ووجود قواعد بيانات لجميع المقررات الدراسية إلكترونياً، دعم المجموعات البحثية بنوعها الكبيرة والصغيرة، وجود برامج الدراسات العليا بوصفها برامج منافسة محلياً وإقليمياً، الحصول على الاعتماد المؤسسي والبرامجي، التدريب الإلكتروني الموجه لأعضاء هيئة التدريس، تأسيس مستودع معرفي وبحثي، الاهتمام الكبير بالطلاب في مجال العمل الأكاديمي للجامعة.
- تم استنتاج عدد من المجالات التي يُعتقد أنها جوهرية رئيسة في تحقيق هوية الجامعات والقابلة لبناء مؤشرات يمكن من خلالها قياس كل مجال؛ وتتمثل تلك المجالات في كفاءة الأداء البحثي، والمخرجات البحثية وجودة بنائها، والنشر العلمي عال الجودة والتأثير، وفرق العمل البحثي، ثم بناء المؤشرات الخاصة بكل مجال من خلال الإطار الفكري والمعرفي، والدراسات السابقة ذات العلاقة.

عرض نتائج السؤال الثاني ومناقشته وتفسيره

ينص السؤال الثاني على: ما العوامل المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟

التزمت الباحثة بما ورد في الأدبيات الواردة في هذا البحث من وثائق ودراسات وبما توفر في الخطط الاستراتيجية للمؤسسات البحثية والتي شملت جامعة الملك خالد موضع الدراسة في هذا البحث، جامعة الملك سعود، جامعة الملك عبدالعزيز، جامعة المجمعة، فضلاً عن تحليل المواقع الإلكترونية، بهدف تحليل مضمونها للوقوف على أهم المضامين العلمية المتضمنة بها؛ للاسترشاد على العوامل المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي، وبيين الجدول رقم (١٣) المجالات التي تم تحليل

المضمون في ضوئها، إذ تم بناء هذه المجالات ومؤشراتها المتكونة من (65) مؤشراً من خلال الإطار الفكري والمعرفي، والدراسات السابقة ذات العلاقة، وقد تم تحكيمها علمياً وأجريت عليها المنهجية الإجرائية والعلمية.

جدول (١٣) مجالات الهوية البحثية ومؤشراتها

م	المجال	المؤشرات
1	كفاءة الأداء البحثي	1-17
2	المخرجات البحثية وجودة بنائها	18-32
3	النشر العلمي عال الجودة والتأثير	33-47
4	فرق العمل البحثي	48-65

وأُسفرت نتائج حصر الوثائق والمستندات والدراسات والإحصاءات الرسمية بمختلف أنواعها، عن التالي:

أولاً: العوامل العامة المؤثرة في تشكيل الهوية البحثية:

- تمثلت في تمويل ودعم البحث العلمي، والثقافة البحثية والإطار العام والمؤسسي للإدارة الجامعية والذي يظهر من خلال الخطط البحثية الاستراتيجية والرؤية والرسالة والحرية المالية والأكاديمية، الكوادر البحثية والأساتذة والباحثون والطلاب، الشراكات المحلية والدولية، تقييم الأداء.
- يتضح تباين في البنية التحتية البحثية بين الجامعات السعودية مما يشكل تأثير في إيجاد بيئة محفزة للإبداع البحثي والشاركة المحلية والعالمية الفاعلة.
- يعتمد تمويل التعليم الجامعي ودعم البحث العلمي في المملكة العربية السعودية بنسبة كبيرة على التمويل الحكومي ويقتص جزء كبير من الميزانية العامة للدولة، وتزايد المخصصات المالية سنوياً حيث بلغت مخصصات التعليم لعام (2023) 19.5 % من مخصصات القطاعات في الميزانية وفقاً لبيانات وزارة المالية في هذا الشأن.
- الافتقار إلى التنوع في بنية التعليم الجامعي وانتشار النمطية، وغياب التمايز في برامج الجامعات بما يمكن من التنافسية، والحاجة إلى تقييم الأداء بشكل دوري.
- ضرورة إعطاء الجامعات المرونة والحرية المالية في مجال البحث العلمي والجدية في استقلاليتها للبحث عن مصادر تمويلية جديدة
- الحاجة إلى تنشيط دور الكراسي البحثية من خلال توفير البيئة الملائمة للبحث العلمي وتنميته وتطويره في جميع المجالات العلمية والتقنية وتوفير المصادر المالية اللازمة لدعم البحث العلمي بكفاءات متميزة وأجهزة وتقنيات حديثة وإيجاد شراكة فاعلة بين الجامعات والمجتمع، وإيجاد جيل من الباحثين المتميزين في مختلف المجالات العلمية وتدريبهم والارتقاء بهم.
- الحاجة إلى إبراز التخصصات البينية مع مراعاة متطلبات المجتمع المحلي في تلك التخصصات، ومراعاة تطوير محتوى البرامج البحثية بما يتناسب مع التوجهات المستقبلية.
- الالتزام الاستراتيجي بالشراكات البحثية الفاعلة محلياً وإقليمياً ودولياً.

ثانياً: العوامل المتعلقة بالنشاطات المؤثرة على الهوية البحثية للجامعات السعودية

- تحتاج الجامعات إلى وجود هياكل تنظيمية شاملة مرنة معايير واضحة لقياس الأداء البحثي ومؤشراته، وخطط استراتيجية تتصف بالشمول والوضوح والاستمرارية والتجدد وتدعم الإبداع البحثي وتوجه السلوك البحثي توجهاً ابداعياً، ويتكامل مع الأولويات البحثية التي تتلاءم مع إمكانات الجامعة واحتياجات المنطقة والمجتمع المحلي.
- الحاجة إلى دعم الاستثمارات الاستراتيجية البحثية محلياً وإقليمياً ودولياً، ودعم المبادرات النوعية التي تساهم في دعم وتطوير البحث العلمي والمنافسة المحلية والعالمية للجامعات وتمكين الباحثين، وتشجيع الابداع والابتكار.

- بناء فرق بحثية علمية ذات اهتمامات نوعية لإنجاز مخرجات بحثية عالية الجودة تلبي احتياجات المجتمع وقابلة للتطبيق، والاهتمام بقيادات العملية البحثية لينعكس على جودة المخرجات.
- الحاجة إلى بناء استراتيجيات واضحة لتسويق الأبحاث محلياً وعالمياً، وتفعيل الأنظمة الالكترونية وتوفير مخازن بحثية متطورة وحماية حقوق النشر والتأليف والملكية الفكرية.
- ظهر من خلال التحليل أن دعم الجامعات السعودية بالتمويل المؤسسي يمكنها من تحديد الميزانية التي تتلاءم مع أهدافها وخططها وبرامجها.
- يقوم التمويل المؤسسي بدور رئيسي وهام في تنمية الهوية البحثية وذلك من خلال المشاركة في رسم وتشكيل الوضع المستقبلي للجامعة وذلك بإعداد البيانات المرتبطة بالبرامج التعليمية الجديدة وتقدير مدى مشاركة المتعلمين والأكاديميين فيها ومساعدة المؤسسة في تقييم مخرجاتهم لتطوير قوة العمل الأساسية كما يساهم التمويل المؤسسي بإجراء المؤسسات التعليمية الدراسات والبحوث المرتبطة بسوق العمل واحتياجاته ومتطلباته المختلفة عن القضايا الجديدة المحتملة ومتطلباتها وتطوير البرامج التعليمية لتتلاءم مع هذه الاحتياجات والمتطلبات لضمان احتمالية التوظيف بعد التخرج.
- ضرورة إدراك الجامعات وقياداتها لدور التمويل المؤسسي في تطوير خطط وسياسات البحث العلمي التي تعمل على التحول في أهداف الجامعات ومخرجاتها، بحيث يؤكد على تنويع مصادر تمويل الجامعات من خلال التعاقدات والتحالفات والشراكات مع القطاع الخاص، ومساهمة القطاعات الصناعية والانتاجية في تمويل البحث العلمي، وتطبيق فكرة الجامعة البحثية والمنتجة بتنمية مصادر دخل ذاتية، من خلال الاستغلال التجاري لحقوق الملكية والإبداع البحثي، وتطبيق نتائج البحث العلمي وتسويقه وبيعه، وربط البحث العلمي بالجامعات بالمجالات التطبيقية التي تساهم في التنمية والتطور وزيادة معدلات الاقتصاد، التوسع في فكرة الكراسي البحثية وحاضنات الأعمال ومراكز التميز على مستوى الجامعات السعودية.

عرض نتائج السؤال الثالث ومناقشتها وتفسيرها

ينص السؤال الثالث على: ما مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي، المخرجات البحثية وجودتها - النشر العلمي عالي الجودة والتأثير - فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟

بالنسبة للمجال الأول (كفاءة الأداء البحثي)

للإجابة على هذا السؤال تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والأوزان النسبية لاستجابات العينة على الاستبانة لتحديد درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي؛ وجاءت النتائج كما هي موضحة بالجدول التالي:

جدول (١٤) نتائج درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي بالنسبة للمجال الأول

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية
1	بناء خطط بحثية استراتيجية تدعم الإبداع البحثي في المجالات الجوهرية التي تحقق للجامعة أهدافها ورسالتها	4.85	0.39	97	1	مهم بدرجة عالية جداً
3	توجيه البحوث بالجامعة للاهتمام بالمبادرات النوعية ذات الأولوية البحثية الوطنية (صحة الإنسان - الطاقة المستدامة- التقنية والهندسة - الغذاء والماء والبيئة) من خلال تشكيل لجان المبادرات العليا	4.81	0.42	96.2	2	مهم بدرجة عالية جداً
10	بناء خطط تمويلية مستدامة لضمان استمرارية تنفيذ مشاريع وبرامج بحثية استراتيجية محلية ودولية	4.79	0.5	95.8	3	مهم بدرجة عالية جداً

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية	مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي)
14	الحرص على الأبحاث المبتكرة للحصول على جوائز وميداليات وبراءات اختراع محلية وعالمية في التميز البحثي	4.78	0.53	95.6	4	مهم بدرجة عالية جداً	
13	دعم الاستثمارات الاستراتيجية البحثية لبرامج الدراسات العليا في البحوث التطبيقية محلياً وإقليمياً ودولياً	4.77	0.5	95.4	5	مهم بدرجة عالية جداً	
9	التوسع في إنشاء مراكز ومعامل وكراسي بحثية متخصصة للأبحاث التقنية المتقدمة	4.76	0.56	95.2	6	مهم بدرجة عالية جداً	
7	توفير نظام مالي وأكاديمي وإداري مستقل يدعم البحث العلمي	4.75	0.6	95	7	مهم بدرجة عالية جداً	
6	تهيئة المناخ الأكاديمي والتعليمي والإداري الداعم للإبداع البحثي بما يحقق الهوية البحثية المحلية والعالمية.	4.74	0.62	94.8	8	مهم بدرجة عالية جداً	
8	توفير نظام حوافز فعال لدعم المتميزين والمبدعين في النشر الدولي	4.73	0.71	94.6	9	مهم بدرجة عالية جداً	
15	توفير وحدات تنظيمية بالجامعة خاصة لإدارة الإبداع البحثي	4.72	0.58	94.4	10	مهم بدرجة عالية جداً	
4	تفعيل العلاقة تخطيطاً وتنفيذاً بين البرامج والموضوعات البحثية للجامعة ومتطلبات التنمية المستدامة من خلال مصادر تمويلية متنوعة للبحث العلمي	4.69	0.59	93.8	11	مهم بدرجة عالية جداً	
16	توجيه التمويل المؤسسي للمشاريع البحثية المتخصصة ذات الأثر الاقتصادي والتنموي والاجتماعي	4.68	0.64	93.6	12	مهم بدرجة عالية جداً	
17	بناء منهجية علمية في التمويل المؤسسي تتوافق مع الأولويات والمجالات الوطنية وتراعي التمايز بين الجامعات واختلاف القدرات البحثية	4.66	0.7	93.2	13	مهم بدرجة عالية جداً	
11	الربط الإلكتروني بين مراكز البحوث والخدمات الإرشادية الجامعية	4.60	0.59	92	14	مهم بدرجة عالية جداً	
12	حوكمة المشاريع البحثية ذات التمويل المؤسسي بدقة وشفافية معلنه في ضوء معايير علمية	4.59	0.68	91.8	15	مهم بدرجة عالية جداً	
2	ارتباط الرؤية الاستراتيجية للبحث العلمي بالطبيعة الجغرافية والاحتياج المناطقي للجامعة	4.57	0.69	91.4	16	مهم بدرجة عالية جداً	
5	تفعيل إجراءات استقطاب أعضاء هيئة التدريس من العلماء والباحثين، وطلاب الدراسات العليا البارزين إلى الجامعة.	4.51	0.82	90.2	17	مهم بدرجة عالية جداً	
	إجمالي المجال الأول	4.71	0.47	94.22	-----	مهم بدرجة عالية جداً	

يتضح من النتائج الموضحة بجدول (١٤) ما يلي:

- أعطى أفراد عينة البحث (الهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي) بالنسبة للمجال الأول درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) بمتوسط وزني (٤,٧١) ووزن نسبي (٩٤,٢٢) بانحراف معياري (٠,٤٧) مما يدل على تقارب الاستجابات وعدم تشتتها، وقد تعدت درجة الموافقة نقطة القطع / حد الكفاية مما يعني أن هذا المحور مثل أهمية عالية لعينة البحث.
- جاءت أعلى العبارات في درجة الأهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (١) ونصها (بناء خطط بحثية استراتيجية تدعم الإبداع البحثي في المجالات الجوهرية التي تحقق للجامعة أهدافها ورسالتها) حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (٤,٨٥)، يليها في المرتبة (٢) العبارة رقم (٣) ونصها (توجيه البحوث بالجامعة للاهتمام بالمبادرات النوعية ذات

الأولوية البحثية الوطنية (صحة الانسان - الطاقة المستدامة- التقنية والهندسة - الغذاء والماء والبيئة) من خلال تشكيل لجان المبادرات العليا) حيث حصلت على وزن متوسط وزني (٤,٨١%)، كما جاءت العبارة رقم (١٠) في المرتبة (٣) ونصها (بناء خطط تمويلية مستدامة لضمان استمرارية تنفيذ مشاريع وبرامج بحثية استراتيجية محلية ودولية) حيث حصلت على متوسط وزني (٤,٧٩)، وجاءت العبارة رقم (١٤) في المرتبة (٤) ونصها (الحرص على الأبحاث المبتكرة للحصول على جوائز وميداليات وبراءات اختراع محلية وعالمية في التميز البحثي) حيث حصلت على متوسط وزني (٤,٧٨)، وربما يرجع ذلك إلى أن أفراد عينة البحث يرون ضرورة اهتمام جامعة خالد بوضع الخطط الاستراتيجية وأهمية توجيه الخطط نحو البحوث والابتكارات والاهتمام بالوصول إلى المعدلات العالمية من الباحثين والإنفاق على البحوث بما يتناسب المعدلات العالمية المثلى مع التركيز على الابتكارات وجودة الأبحاث ونشر البحوث، ورعاية ودعم الابتكار وبراءات الاختراع، كما تشير هذه النتيجة إلى ضعف السياسات والخطط الحالية التي تدعم الإبداع البحثي، وقلة وجود خطط زمنية تدعم بناء الهوية البحثية ترتبط بمؤشرات الإنتاج البحثي بالجامعة، وقلة التمويل المناسب لدعم الإبداع البحثي المتميز، وهذا ما تؤكدته دراسة (زاهر، ٢٠١٦) أن تحقيق المؤشرات التنظيمية للبحث العلمي يساهم في تحقيق هوية علمية للجامعة ويعمل على تحقيق أهدافها، ودراسة عسيري (٢٠٢١) التي تشير إلى ضرورة دعم الثقافة التنظيمية القائمة على دعم البحث العلمي، وتوفير مصادر تمويلية ذاتية تدعم المشاريع البحثية المحلية والدولية، ودراسة الغامدي (٢٠١٩) التي تبين افتقار الجامعات للتخطيط وتحقيق الاستثمار البحثي في الجامعات، ودراسة Corwin, L. A., & Dolan, E. L. (٢٠٢٤) التي تؤكد على تأثير التدريب البحثي في تشكيل الهوية، واختلفت هذه النتيجة مع دراسة كل من (العمودي، العمودي، محمد. ٢٠٢٣) في أن مستوى الإبداع البحثي جاء مرتفعاً في بعض الجامعات السعودية.

- جاءت أقل العبارات في درجة الأهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٥) في المرتبة (١٧) ونصها (تفعيل إجراءات استقطاب أعضاء هيئة التدريس من العلماء والباحثين، وطلاب الدراسات العليا البارزين إلى الجامعة..) حيث حصلت على أقل متوسط وزني (٤,٥١)، ويُعزى ذلك إلى أن أفراد عينة البحث يرون أهمية الإسهام في إعداد الكفاءات المهنية المتخصصة في مجال اقتصادات المعرفة، وإعداد جيل متميز من رجال أعمال المستقبل، وأهمية تطوير الجامعة للأنشطة الإعلامية والترويجية لخبرات الجامعة، وخدمتها وقدراتها المادية والبشرية ورفع مستوى الدعم والمكافآت لأعضاء الفرق البحثية واتباع سياسات وبرامج لتطوير هذا الدعم مثال إقرار الجوائز البحثية التي تمنح سنوياً بمعايير محددة لأفضل المشروعات البحثية والدراسات الاستشارية، بالإضافة إلى أهمية دعم الطلاب وأعضاء هيئة التدريس لإجراء البحوث المبتكرة التي تساهم في إثراء البحث العلمي وتقديم العديد من الخدمات البحثية من خلال بوابة البحث العلمي بالجامعة، بالإضافة إلى غياب استقطاب الباحثين الجدد وأعضاء هيئة التدريس من العلماء من أصحاب الجوائز العالمية وبراءات الاختراع لتحفيز البيئة البحثية القادرة على الإبداع البحثي المتميز، وهذا ما يتفق مع مداوي (٢٠٢٠) أن الجامعة لا تمارس دورها المأمول في رعاية الإبداع البحثي والابتكار، أو العمل على تعزيز روح المبادرة والتعاون والتحفيز لدى منسوبيها من أعضاء هيئة التدريس والباحثين والطلاب، واتفقت مع دراسة (المالكي، ٢٠١٨) بامتلاك الجامعات السعودية نسبة عالية من البنية البشرية ذات الكفاءة العالمية في البحث العلمي من طلاب دراسات عليا سعوديين وأجانب وأعضاء هيئة تدريس وأساتذة ومشرفين لم يتم الاستفادة منهم بالشكل المأمول، واتفقت كذلك مع دراسة (عسيري. ٢٠٢١) التي توصلت إلى أن استقطاب أعضاء هيئة تدريس على درجة عالية من الكفاءة والتميز من المتطلبات التعليمية والبحثية للتحويل إلى جامعات بحثية، واختلفت مع البحث الحالي في درجة الترتيب حيث جاءت في المرتبة الثانية من حيث الأهمية في دراسة عسيري. كما اختلفت هذه النتيجة مع نتيجة دراسة (القحطاني، ٢٠١٩) التي توصلت إلى أن مؤشر عدد بحوث طلاب الدراسات العليا في جامعة الملك خالد تتوافر بدرجة كبيرة جداً.

- كما جاءت العبارة رقم (٢) ونصها (ارتباط الرؤية الاستراتيجية للبحث العلمي بالطبيعة الجغرافية والاحتياج المناطقي للجامعة) في المرتبة (١٦) وبوزن نسبي (٤,٥٧)، وربما تُعزى هذه النتيجة إلى قلة التركيز على البحث العلمي وارتباطه باحتياجات المنطقة كأولوية ضمن خطط الجامعة الاستراتيجية التي تتواءم مع خطة التنمية الشاملة، وقلة وجود المشاريع البحثية المرتبطة بطبيعة المنطقة، ولعل أفراد عينة البحث لم يفهموا العبارة مما أدى إلى ظهورها في مرتبة متأخرة أو ربما لإدراك عينة البحث لواقع الإنتاج البحثي بالجامعة من حيث الافتقار لرؤية استراتيجية للبحث العلمي ترتبط بطبيعة المنطقة واحتياجاتها، أو أنهم فهموا الجهود التنظيمية الحالية للجامعة استعداداً للتحويل لنظام الجامعات الجديد والسعي إلى تحقيق معايير التصنيف العالمي للجامعات، مما انعكس على آرائهم وبالتالي انعكس على

مختلف المؤشرات التي احتلت ترتيباً تنازلياً، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة (عسيري، ٢٠٢١) من حيث الترتيب في أقل العبارات واختلفت معها من حيث درجة الأهمية التي تبين فيها أن الرؤية الاستراتيجية للبحث العلمي بدرجة متوسطة. كما جاءت العبارة رقم (١٢) ونصها (حوكمة المشاريع البحثية ذات التمويل المؤسسي بدقة وشفافية معلنة في ضوء معايير علمية) في المرتبة (١٥) وبوزن نسبي (٤,٥٩)، وقد يرجع ذلك إلى حداثة الاهتمام بالحوكمة وتطبيقاتها حيث ظهر الاهتمام بها في نظام الجامعات الجديد ومع رؤية المملكة ٢٠٣٠، ولكنها مازالت بحاجة إلى إجراءات عملية ومعايير علمية لتطبيقها بالجامعات، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة الزهراني (٢٠١٨) التي توصلت إلى ضعف مستوى الحوكمة بالجامعات، ودراسة عسيري (٢٠٢١) والتي جاءت الحوكمة فيها بدرجة متوسطة.

بالنسبة للمجال الثاني (المخرجات البحثية وجودتها)

للإجابة على هذا السؤال تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والاوزان النسبية لاستجابات العينة على الاستبانة لتحديد درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي؛ وجاءت النتائج كما هي موضحة بالجدول التالي:

جدول (١٥) نتائج درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي بالنسبة للمجال الثاني

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية
25	توفير البيئة البحثية الداعمة (مالياً ومادياً وأكاديمياً) لتجويد المخرجات البحثية	4.84	0.42	96.8	1	مهم بدرجة عالية جداً
21	تحسين السمعة الأكاديمية للجامعة بالاستفادة من المخرجات البحثية لدعم شراكات البحث العلمي محلياً ودولياً	4.8	0.49	96.4	2	مهم بدرجة عالية جداً
19	تصميم برامج بحثية عالمية مشتركة متعددة التخصصات بما يتوافق مع الطلب المحلي والعالمي لسوق العمل	4.81	0.47	96.2	3	مهم بدرجة عالية جداً
24	توفير الدعم المالي للأبحاث والمشروعات ذات الجودة العالية القابلة للتطبيق	4.78	0.44	95.6	4	مهم بدرجة عالية جداً
32	اجراء عمليات استطلاع وقياس مستمرة للفرص المحلية والعالمية التي تعزز استثمار المخرجات البحثية	4.77	0.52	95.4	5	مهم بدرجة عالية جداً
27	توفير مقرات مزودة بمعدات عالية للقيام ببحوث متقدمة	4.76	0.47	95.2	6	مهم بدرجة عالية جداً
20	تسويق مخرجات الأبحاث ونشرها من خلال وسائل الاعلام المختلفة، وموقع الجامعة للاستفادة منها في القطاعات المختلفة	4.75	0.53	95	7	مهم بدرجة عالية جداً
23	ربط مخرجات المشروعات البحثية باحتياجات المجتمع المحلي والعالمي	4.74	0.74	94.8	8	مهم بدرجة عالية جداً
22	دعم المبادرات البحثية الإبداعية التي تؤثر في الحراك البحثي في كافة القطاعات والتخصصات المعرفية المختلفة	4.73	0.66	94.6	9	مهم بدرجة عالية جداً

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية
18	التكامل بين المخرجات البحثية التطويرية والممارسات التعليمية	4.72	0.59	94.4	10	مهم بدرجة عالية جدا
26	التسويق لمخرجات الشراكات البحثية وخبرات التعلم المتكاملة.	4.70	0.51	94	11	مهم بدرجة عالية جدا
28	توظيف مخرجات الباحثين المتميزين في المؤسسات ذات الصلة	4.67	0.5	93.4	12	مهم بدرجة عالية جدا
30	دعم المخرجات البحثية النوعية التي تسهم في المردود الثقافي الاجتماعي	4.65	0.55	93	13	مهم بدرجة عالية جدا
31	الحرص على إنشاء المشاريع البحثية الاستثمارية التي تفيد مخرجاتها في تمويلها ذاتياً	4.64	0.6	92.8	14	مهم بدرجة عالية جدا
29	تطوير الكفايات البحثية للباحثين من خلال (المؤتمرات والندوات والتدريب وتبادل الخبرات) محلياً وإقليمياً ودولياً؛ للارتقاء بقدراتهم البحثية التي تنعكس على جودة المخرجات البحثية	4.55	0.61	91	15	مهم بدرجة عالية جدا
	إجمالي المجال الثاني	4.78	0.41	95.6	----	مهم بدرجة عالية جدا

يتضح من النتائج الموضحة بجدول (١٥) ما يلي:

- أعطى أفراد عينة البحث (الهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي) بالنسبة للمجال الثاني درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) بمتوسط وزني (٤,٧٨) ووزن نسبي (٩٥,٦) بانحراف معياري (٠,٤١) مما يدل على تقارب الاستجابات وعدم تشتتها، وقد تعدت درجة الموافقة نقطة القطع / حد الكفاية ان مما يعني ان هذا المحور مثل أهمية بالغة لعينة البحث.
- جاءت أعلى العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٢٥) ونصها (توفير البيئة البحثية الداعمة (مالياً ومادياً وأكاديمياً) لتجويد المخرجات البحثية) حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (٤,٨٤) وتعزى هذه النتيجة إلى أن عينة البحث يرون ضرورة اهتمام جامعة الملك خالد بتهيئة بيئة ملائمة للبحث العلمي وأن ينعكس ذلك على رؤية ورسالة عمادة البحث العلمي بالجامعة، وأهمية تطوير البنية التحتية للبحث العلمي ونشر ثقافته، وتحقيق دور ريادي في البحث والإبداع والابتكار، والمساهمة في صناعة المعرفة، وتحديد الاحتياجات الفعلية وابتكار الحلول التطبيقية، كما تشير إلى غياب الأسلوب التطبيقي في التعليم الجامعي لتشجيع الابتكار والإبداع البحثي، ودعم التحول نحو البرامج العلمية المنتجة، في مجال الأعمال المتوافقة مع متطلبات التنمية. .
- واتفقت هذه النتيجة مع نتيجة دراسة المطيري (٢٠١٩) التي حددت أن توفير المستلزمات المالية والمادية من مقومات دعم مخرجات البحث العلمي في الجامعات، ودراسة عارف (٢٠١٨) التي توصلت إلى أن توفير مقومات البيئة البحثية والمتعلقة بالتمويل والتجهيزات يرفع من جودة المخرجات البحثية، ودراسة Corwin, L. A., & Dolan, E. L. (٢٠٢٣) التي توصلت إلى أن التغيرات في مقومات الجامعات تؤثر في الهوية العلمية.

- واختلفت هذه النتيجة مع النتيجة التي توصلت إليها دراسة (المالكي، ٢٠١٨) التي توصلت إلى ارتفاع مؤشرات جودة المخرجات البحثية بجامعة الملك سعود والذي تمثل في النشر العلمي في مجالات مصنفة دولياً وارتفاع قيمة الإنتاج البحثي وخاصة في قطاع العلوم الطبية والهندسية لما توفره الجامعات السعودية من دعم مالي ومكافآت للنشر الدولي.
- كما جاءت في المرتبة (٢) في درجة الأهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٢١) ونصها (تحسين السمعة الأكاديمية للجامعة بالاستفادة من المخرجات البحثية لدعم شراكات البحث العلمي محلياً ودولياً) بمتوسط وزني (٤,٨٢)، ويشير ذلك إلى وعي أفراد عينة البحث بأهمية المخرجات البحثية وجودتها في تحسين السمعة الأكاديمية التي تُعد معياراً هاماً في التصنيفات العالمية، وحافزاً في استقطاب ودعم الشراكات البحثية المحلية والعالمية، واختلفت هذه النتيجة مع النتيجة التي توصلت إليها دراسة عسيري (٢٠٢١) حيث حصل الإنتاج البحثي الذي يدعو إلى شراكات البحث العلمي على درجة متوسطة الأهمية.
- كما جاءت العبارة رقم (١٩) ونصها (تصميم برامج بحثية عالمية مشتركة متعددة التخصصات بما يتوافق مع الطلب المحلي والعالمي لسوق العمل) في المرتبة (٣) من حيث درجة الأهمية (مهم بدرجة عالية جداً) ومتوسط وزني (٤,٨)، ويشير ذلك إلى إدراك عينة البحث بأهمية تصميم البرامج البحثية المشتركة ذات التخصصات المتعددة في بناء الاتصال الفاعل بين الجامعات والمؤسسات الصناعية والخدمية بشكل عام، والحاجة إلى ربط البحث العلمي بمتطلبات سوق العمل، وتوفير عقود بحثية من خلال هذه البرامج لإيجاد موارد مالية إضافية، كما تشير إلى ضعف دور البرامج البحثية في الجامعة في تحويل الإبداع البحثي للباحثين إلى واقع تطبيقي قابل للتسويق ويلبي حاجة سوق العمل، وتتفق هذه النتيجة مع ما أكدته مخلص (٢٠١٧) إلى أن الجامعات السعودية لديها قصور في ربط برامجها البحثية بحاجات السوق، ودراسة محضر (٢٠١٩) التي ترى أن الجامعات السعودية بحاجة إلى توجيه برامجها البحثية لتحقيق أهداف رؤية المملكة ٢٠٣٠.
- كما جاءت العبارة رقم (٢٤) ونصها (توفير الدعم المالي للأبحاث والمشروعات ذات الجودة العالية القابلة للتطبيق) في المرتبة (٤)؛ من حيث درجة الأهمية (مهم بدرجة عالية جداً) ومتوسط وزني (٤,٧٨)، وقد يرجع ذلك إلى ضعف الموارد المالية المخصصة للأبحاث والمشاريع النوعية التطبيقية، وضعف الاستثمار البحثي واجتذاب التمويل والكلفة العالية للمشاريع ذات الجودة العالية، وقد يرجع ذلك إلى أن طبيعة الأبحاث بمعظم الجامعات تتجه في الاهتمام بالأبحاث النظرية دون التطبيقية، واتفقت نتيجة البحث مع نتائج دراسة الماجد (٢٠١٨) ودراسة الموسى (٢٠٢٠) ودراسة الشنيقي (٢٠١٩) والمطيري (٢٠١٩) ودراسة أبو شعيشع (٢٠٢٢) التي كشفت عن ضعف عمليات التمويل بالجامعات للبحث العلمي.
- جاءت أقل العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٢٩) ونصها (تطوير الكفايات البحثية للباحثين من خلال (المؤتمرات والندوات والتدريب وتبادل الخبرات) محلياً وإقليمياً ودولياً؛ للارتقاء بقدراتهم البحثية التي تنعكس على جودة المخرجات البحثية) في المرتبة (١٥) حيث حصلت على أقل متوسط وزني (٤,٥٥)، ربما يعزى ذلك إلى تبني بعض الجامعات السعودية عدداً من مبادرات التمويل المؤسسي التطويرية المنبثقة من المجالات والأولويات البحثية للجامعة كمبادرة برنامج النشر العلمي عالي الجودة والتأثير، وبرنامج المجموعات البحثية الموجهة، والمشاريع البحثية الكبرى، وبرنامج مسار الأبحاث الموجهة لدعم الهوية البحثية التي تعزز أنماط الحياة الصحية الإيجابية وجودة الحياة، وسعي وزارة التعليم نحو تعظيم الاستفادة من الجهود البحثية؛ ورفع جودة القدرات البحثية وتطويرها في الجامعات السعودية وجودة النشر العلمي وتعظيم أثره، وخصوصاً في ضوء المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية التي تشهدها المملكة في الوقت الحالي، واتفقت نتيجة هذه الدراسة مع ما توصلت إليه نتائج دراسة (المالكي، ٢٠١٨) أن من أكثر المخرجات البحثية تحققاً الأوراق العلمية التي تقدم في الندوات والمؤتمرات وتبادل الخبرات نتيجة اهتمام الجامعات السعودية بإنشاء الكراسي البحثية.
- كما جاءت العبارة رقم (٣١) ونصها (الحرص على إنشاء المشاريع البحثية الاستثمارية التي تفيد مخرجاتها في تمويلها ذاتياً) في المرتبة (١٤) بمتوسط وزني (٤,٦٤)، يليها العبارة رقم (٣٠) ونصها (دعم المخرجات البحثية النوعية التي تسهم في المردود الثقافي الاجتماعي) في المرتبة (١٣) بمتوسط وزني (٤,٦٥)، ويعزى ذلك إلى قلة اهتمام الجامعة بتسويق أبحاثها وابتكاراتها وتواضع الإنتاج البحثي ودعمه بالاستثمار على المستوى الثقافي والاجتماعي، وقلة تعاون القطاع الخاص في الاستثمار بمخرجات الجامعة ومشاريعها حيث كشفت دراسة العتيبي (٢٠١٨) ودراسة العسيري (٢٠١٧) والسلامي (٢٠١٨) عن ضعف تمويل البحث العلمي وعمليات التسويق بالجامعات لتمويل البحث العلمي، وضعف

الأنشطة التسويقية للمخرجات البحثية، وعدم وجود إدارة للمعلومات التسويقية، ولا توجد سياسة واضحة في الجامعة لتسويق مخرجاتها.

بالنسبة للمجال الثالث (النشر العلمي عالي الجودة والتأثير)

للإجابة على هذا السؤال تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والاوزان النسبية لاستجابات العينة على الاستبانة لتحديد درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي؛ وجاءت النتائج كما هي موضحة بالجدول التالي:

جدول (١٦) نتائج درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي بالنسبة للمجال الثالث

رقم العبرة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية
٤٥	إصدار دوريات لنشر الأبحاث العلمية تتواءم مع المستوى العالمي	4.82	0.45	96.4	1	مهم بدرجة عالية جداً
٤٧	الاهتمام بتعدد الإصدارات العلمية والبحثية في كافة التخصصات بالجامعة	4.81	0.48	96	2	مهم بدرجة عالية جداً
٤٦	الاهتمام بالمكتبات العالمية في كافة صورها وتقنياتها	4.78	0.5	95.6	3	مهم بدرجة عالية جداً
٤٢	تنمية الموارد الاقتصادية للجامعة القابلة للاستثمار من خلال النشر العلمي لأعضاء هيئة التدريس والباحثين	4.77	0.53	95.4	4	مهم بدرجة عالية جداً
٤١	تطوير برمجيات النشر الإلكتروني وإدارته	4.76	0.53	95.2	5	مهم بدرجة عالية جداً
٣٦	اختيار المجالات البحثية التي تتوافق مع خطط التنمية وتعزز النشر العلمي.	4.69	0.61	93.8	6	مهم بدرجة عالية جداً
٣٨	ترجمة الأبحاث المنشورة بشكل إلكتروني لعدة لغات لجذب المستثمرين محلياً ودولياً	4.68	0.58	93.6	7	مهم بدرجة عالية جداً
٣٩	توفير قنوات عالمية للنشر باللغة العربية ذات معامل تأثير عال	4.67	0.64	93.4	8	مهم بدرجة عالية جداً
٣٤	توفير كيان تنظيمي متخصص في إجراءات حقوق الملكية الفكرية.	4.66	0.55	93.2	9	مهم بدرجة عالية جداً
٤٠	دعم النشر العلمي العالي للمجالات ذات الأولوية في التمويل المؤسسي	4.65	0.67	93	10	مهم بدرجة عالية جداً
٣٧	تنمية مهارات اللغة الانجليزية لدى أعضاء هيئة التدريس والباحثين للتوسع في النشر العلمي	4.63	0.71	92.6	11	مهم بدرجة عالية جداً
٣٣	دعم الإنتاج البحثي المتميز لتعزيز النشر العلمي النوعي للجامعة من خلال استغلال موارد وإمكانات الجامعة.	4.61	0.54	92.2	12	مهم بدرجة عالية جداً
٤٤	توفير مراكز الابتكار الاجتماعي لدعم نشر الإبداع البحثي لأعضاء هيئة التدريس والباحثين	4.54	0.73	90.8	13	مهم بدرجة عالية جداً
٤٣	توفير مراكز للترجمة ونشر الأبحاث وطباعة الكتب بلغات مختلفة داخل الجامعة	4.5	0.81	90	14	مهم بدرجة عالية جداً

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية	مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثية (في مجال) النشر العلمي عالي الجودة والتأثير
٣٥	توفير مطابع متخصصة تعمل على نشر الإنتاج البحثي المتميز لأعضاء هيئة التدريس والطلاب والباحثين	4.09	1.17	81.8	15	مهم بدرجة عالية جدا	
	إجمالي المجال الثالث	4.64	0.46	92.83	-----	مهم بدرجة عالية جدا	

يتضح من النتائج الموضحة بجدول (١٦) ما يلي:

- أعطى أفراد عينة البحث (الهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي) بالنسبة للمجال الثالث درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جدا) (بمتوسط وزني (٤,٦٤) ووزن نسبي (٩٢,٨٣) بانحراف معياري (٠,٤٦) مما يدل على تقارب الاستجابات وعدم تشتتها، وقد تعدت درجة الموافقة نقطة القطع / حد الكفاية مما يعني أن هذا المحور مثل أهمية باللغة لعينة البحث
- جاءت أعلى العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٤٥) ونصها (إصدار دوريات لنشر الأبحاث العلمية تتواءم مع المستوى العالمي) حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (٤,٨٢)، ربما تُعزى هذه النتيجة إلى تكلفة النشر في المجلات العلمية الدولية المحكمة والمصنفة، والإجراءات المرتبطة بتسليم واستلام الأبحاث للنشر في الدوريات والمجلات الدولية، وعدم وجود موقع أو مصدر موحد للجامعات السعودية يشتمل على معايير واضحة وثابتة تكون بمثابة المرجع الأول للباحثين في المملكة العربية السعودية بالنسبة للنشر العلمي، وضعف تمويل النشر العلمي وتوفير متطلباته المادية والفنية، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة الدباغ (٢٠٢٣)، ودراسة السفياي (٢٠٢١)، كما اتفقت نتيجة الدراسة مع نتائج دراسة (المالكي، ٢٠١٨)، و(القحطاني، ٢٠١٩) في ارتفاع معدلات النشر العلمي في الجامعات السعودية محلياً وإقليمياً، واختلفت هذه النتيجة مع نتائج دراسة (عبد القادر، ٢٠١٩) التي توصلت إلى أن بعض الجامعات السعودية تسهم بدرجة متوسطة من خلال هويتها العلمية في توليد المعرفة، وكذا توظيف المعرفة لإعداد الفرد.
- كما جاءت العبارة رقم (٤٧) في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) ونصها (الاهتمام بتعدد الإصدارات العلمية والبحثية في كافة التخصصات بالجامعة) في المرتبة (٢) وبمتوسط وزني (٤,٨١) ويعود سبب ظهورها في مرتبة متقدمة لأهمية تنوع وتعدد الإصدارات العلمية التي تخدم جميع التخصصات في الجامعة ولضمان الملكية الفكرية للإصدارات العلمية على اختلاف التخصصات، يليها العبارة رقم (٤٦) ونصها (الاهتمام بالمكتبات العالمية في كافة صورها وتقنياتها) في المرتبة (٣) ومتوسط وزني (٤,٧٨)، يليها العبارة رقم (٤٢) ونصها (تنمية الموارد الاقتصادية للجامعة القابلة للاستثمار من خلال النشر العلمي لأعضاء هيئة التدريس والباحثين) في المرتبة (٤) ومتوسط وزني (٤,٧٧)، وربما تعزى هذه النتيجة إلى أن أفراد عينة البحث يرون أهمية التوسع في إنشاء وتطوير المكتبات الرقمية المتكاملة، إلى جانب الاهتمام بالبعد التكنولوجي في البحث العلمي، وكذلك قلة المؤشرات التي تعزز النشر العلمي، وضعف السياسات الحالية التي تدعم

النشر العلمي واعتباره مورداً هاماً من الموارد الذاتية للجامعة مما أحدث فجوة بين الجامعة والباحثين، وغياب الآليات المساندة لدعم النشر العلمي والتحول إلى اقتصاد قائم على المعرفة، وهذا يتفق مع دراسة العسيري (٢٠٢٠) التي توصلت إلى أن القدرة الإبداعية تعتمد على قدرة المؤسسات البحثية على التعامل مع متطلبات التكنولوجيا واستغلالها في خدمة المعرفة العلمية، ومع أن جامعة الملك خالد حصلت على تصنيف متقدم في مؤشري استيعاب التقانة والاستعداد التقني، إلا أن هناك غياب للاستثمار من خلال النشر العلمي ورعاية الإبداع البحثي.

- وجاءت أقل العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٣٥) في المرتبة (١٥) ونصها (توفير مطابع متخصصة تعمل على نشر الإنتاج البحثي المتميز لأعضاء هيئة التدريس والطلاب والباحثين) حيث حصلت على أقل متوسط وزني (٤,٠٩)، يليها أقل العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٤٣) في المرتبة (١٤) ونصها (توفير مراكز للترجمة ونشر الأبحاث وطباعة الكتب بلغات مختلفة داخل الجامعة) حيث حصلت على أقل متوسط وزني (٤,٥)، يليها العبارة رقم (٤٤) في المرتبة (١٣) ونصها (توفير مراكز الابتكار الاجتماعي لدعم نشر الإبداع البحثي لأعضاء هيئة التدريس والباحثين) ومتوسط وزني (٤,٥٤)، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة (زاهر، ٢٠١٦).

بالنسبة للمجال الرابع (فرق العمل البحثي)

للإجابة على هذا السؤال تم حساب المتوسطات والانحرافات المعيارية والاوزان النسبية لاستجابات العينة على الاستبانة لتحديد درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي؛ وجاءت النتائج كما هي موضحة بالجدول التالي:

جدول (١٧) نتائج درجة الأهمية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي بالنسبة للمجال الرابع

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	ترتيب العبارات	درجة الأهمية
٦٣	استقطاب المستثمرين من خلال إجراء البحوث البينية ذات الجدوى الاقتصادية	4.87	0.51	97.4	1	مهم بدرجة عالية جداً
٦٥	توفير دعم مالي موجه لاستثمار القدرات البحثية في الجامعة	4.86	0.4	97.2	2	مهم بدرجة عالية جداً
٥٩	تطوير العلاقات الأكاديمية بين الباحثين في فرق العمل البحثي لضمان استدامة التعاون.	4.85	0.55	97	3	مهم بدرجة عالية جداً
٦٠	دعم علاقات التعاون البحثي في الأنظمة البرمجية لإدارة البيانات والذكاء الاصطناعي	4.84	0.5	96.8	4	مهم بدرجة عالية جداً
٥٨	بناء الفرق البحثية ذات التنوع في التعددية الثقافية	4.83	0.53	96.6	5	مهم بدرجة عالية جداً
٥٢	تحقيق الحرية الأكاديمية لأعضاء هيئة التدريس للمشاركة في برامج العمل البحثي المحلي والإقليمي والدولي	4.81	0.47	96.2	6	مهم بدرجة عالية جداً
٥٥	توفير بيئة عمل بحثية تساعد على استقطاب العلماء والباحثين البارزين لفرق العمل	4.80	0.48	96	7	مهم بدرجة عالية جداً

رقم العبارة	العبارات	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	البحوثي في مجال (فرق العمل البحثي) ترتيب العبارات	درجة الاهمية
٥٠	اتاحة التعاون البحثي المحلي والدولي بين الباحثين	4.79	0.48	95.8	8	مهم بدرجة عالية جدا
٤٨	الاهتمام ببناء فرق عمل بحثية ذات اهتمامات كبيرة بإنجاز مخرجات بحثية عالية الجودة	4.78	0.49	95.6	9	مهم بدرجة عالية جدا
٥١	تمكين أعضاء هيئة التدريس والباحثين وفقاً لاحتياجاتهم البحثية بما يمكنهم من امتلاك مهارات البحث العلمي لنجاح التعاون البحثي	4.77	0.48	95.4	10	مهم بدرجة عالية جدا
٥٣	بناء شراكات استراتيجية مع الجامعات المحلية والعالمية في البرامج البحثية	4.76	0.51	95.2	11	مهم بدرجة عالية جدا
٥٤	بناء خطط شاملة للتطوير المهني للباحثين لتحويل المعارف الضمنية إلى معارف تنظيمية مشتركة	4.75	0.46	95	12	مهم بدرجة عالية جدا
٥٧	التوسع في برامج التعاون البحثي ذات التنافسية العالمية	4.74	0.5	94.8	13	مهم بدرجة عالية جدا
٦٢	توفير أنظمة الكترونية تسهل الوصول السريع للانضمام للمجموعات البحثية	4.74	0.58	94.8	14	مهم بدرجة عالية جدا
٥٦	استقطاب أعضاء هيئة تدريس وباحثين من خلفيات مهنية وثقافية تحقق التكيف مع فرق العمل البحثي المتنوعة	4.73	0.55	94.6	15	مهم بدرجة عالية جدا
٤٩	استحداث نظم مرنة لفرق العمل البحثي بالجامعة	4.72	0.59	94.4	16	مهم بدرجة عالية جدا
٦١	استحداث كيانات متخصصة بالجامعة لعقد الشراكات البحثية والتحالفات الاستراتيجية	4.69	0.56	93.8	17	مهم بدرجة عالية جدا
٦٤	توفير لجان ومجالس استشارية لتعزيز التعاون البحثي بين الجامعات	4.68	0.57	93.6	18	مهم بدرجة عالية جدا
	إجمالي المجال الرابع	4.89	0.44	97.8	-----	مهم بدرجة عالية جدا
	إجمالي الاستبانة	4.87	0.41	97.4	-----	مهم بدرجة عالية جدا

من النتائج الموضحة بجدول (١٧) ما يلي:

- أعطى أفراد عينة البحث (الهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي) بالنسبة للمجال الرابع درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) (بمتوسط وزني (٤,٨٩) ووزن نسبي (٩٧,٨٠) بانحراف معياري (٠,٤٤) مما يدل على تقارب الاستجابات وعدم تشتتها، وقد تعدت درجة الموافقة نقطة القطع / حد الكفاية مما يعني أن هذا المحور مثل أهمية باللغة لعينة البحث.
- وجاءت أعلى العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٦٣) ونصها (استقطاب المستثمرين من خلال إجراء البحوث البينية ذات الجدوى الاقتصادية) حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (٤,٨٧)، ويعزى ذلك إلى ضعف الاهتمام بتشكيل فرق عمل بحثية ذات تخصصات بينية تعمل على تأصيل الهوية البحثية وتطورها، وتطوير رؤى واستراتيجيات دقيقة تراعي التوازن العلمي والعملية لإبراز الهوية البحثية، ودعم نوعية الباحثين في القضايا الحديثة بما يمكنهم من المنافسة العالمية، واتفقت هذه النتيجة مع نتائج دراسة (العبيري، ٢٠١٨) التي توصلت إلى ضرورة توفر روابط عملية تحقق الاستفادة التكاملية بين العلوم المختلفة، وأن أسلوب فرق العمل في المجال البحثي المتعدد التخصصات يعد من الأساليب الحديثة في الفكر الإداري الذي تلجأ إليه المنظمات التعليمية المعاصرة بالإضافة إلى

تلبية احتياجات المجتمع وسوق العمل، ودراسة مارتين (Martin، ٢٠٢٠)) التي توصلت إلى أن الأدوار البحثية للدرجات العلمية تعمل على بناء الهوية وجذب الاستثمارات الاقتصادية، ومع دراسة عسيري (٢٠٢١) من حيث درجة التوفر حيث جاءت بدرجة ضعيف في دراسته ودرجة أهمية عالية جداً في البحث العالي ويشير ذلك إلى الحاجة إلى الخطط التسويقية الفاعلة للمنتجات البحثية لجذب رؤوس الأموال لتبادل الاستثمار بين الجامعات وقطاع الصناعة والشركات. كما جاءت العبارة (٦٥) في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) في المرتبة (٢) وحصلت على متوسط وزني (٤,٨٦) ونصها (توفير دعم مالي موجه لاستثمار القدرات البحثية في الجامعة)، وتشير هذه النتيجة إلى أن عينة البحث يرون أن توفير الدعم المالي يحفز القدرات البحثية على تنفيذ الأبحاث بشكل فعال ومتطور، كما أن استثمار القدرات البحثية في الجامعة يساهم في تفعيل الموارد الذاتية للجامعة، واتفقت هذه النتيجة مع دراسة تشينغ (Ching، ٢٠٢١) التي توصلت إلى أن التمويل المالي اللازم لدعم الباحثين يمكنهم من تطوير جودة الأبحاث وتوظيف نتائج بحوثهم في المؤسسات ذات العلاقة، كما اتفقت هذه النتيجة ضمناً مع ما توصلت إليه دراسة السلاطين (٢٠١٦) التي تبين فيها انخفاض دور الجامعات في دعم القدرات البحثية مالياً ومادياً وأكاديمياً.

كما جاءت العبارة رقم (٥٩) في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) في المرتبة (٣) وحصلت على متوسط وزني (٤,٨٥) ونصها (تطوير العلاقات الأكاديمية بين الباحثين في فرق العمل البحثي لضمان استدامة التعاون)، يليها العبارة رقم (٦٠) في المرتبة (٤) وحصلت على متوسط وزني (٤,٨٤) ونصها (دعم علاقات التعاون البحثي في الأنظمة البرمجية لإدارة البيانات والذكاء الاصطناعي)، ويرجع ذلك إلى أن أفراد عينة البحث يرون أن إرساء علاقات التعاون البحثي في جميع المجالات سواء على مستوى القسم الواحد أو الكلية أو الجامعة أو مؤسسات المجتمع يحقق الاستدامة البحثية ويساهم في تنمية الاستدامة الاقتصادية، كما تشير هذه النتيجة إلى غياب استراتيجيات التعاون البحثي في الجامعة، وقلة وجود المجموعات البحثية إلا في حدود نطاق عمادة البحث العلمي لبعض المشاريع والبحوث التي تمولها الجامعة، كما تدل على غياب التخطيط للتعاون والتحالفات والشراكات الاستراتيجية على المستوى المحلي والدولي في المجالات الجوهرية والتقنية والبرمجية.

وتتفق هذه النتيجة مع دراسة آل مداوي (٢٠٢٠) التي تشير إلى غياب استراتيجيات العمل الجماعي على مستوى القسم العلمي، ودراسة عسيري (٢٠٢٠) التي تفسر هذه النتيجة إلى غياب خطط واستراتيجيات الشراكات المحلية والدولية في الابتكار التقني.

وجاءت أقل العبارات في درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) العبارة رقم (٦٤) في المرتبة (١٨) ونصها (توفير لجان ومجالس استشارية لتعزيز التعاون البحثي بين الجامعات) حيث حصلت على أقل متوسط وزني (٤,٦٨)، والعبارة رقم (٦١) في المرتبة (١٧) ونصها (استحداث كيانات متخصصة بالجامعة لعقد الشراكات البحثية والتحالفات الاستراتيجية) حيث حصلت على متوسط وزني (٤,٦٩)، والعبارة رقم (٤٩) في المرتبة (١٦) ونصها (استحداث نظم مرنة لفرق العمل البحثي بالجامعة) ومتوسط وزني (٤,٧٢)، وتشير هذه النتيجة إلى أن أفراد عينة البحث مدركين من حيث الأهمية ضرورة قيام الجامعة ببناء خارطة طريق وأطر تنظيمية وتأسيس نظم وكيانات متخصصة لفرق العمل البحثي حيث تعد من الأساليب الحديثة في الفكر الإداري الذي تتبناه مؤسسات التعليم الجامعي المعاصرة لتحسين العوائد المالية على موجوداتها البحثية والمعرفية، أما من حيث الترتيب في مراتب متأخرة فقد تُعزى إلى الصعوبات التي قد تواجه فعالية إدارة الفرق البحثية وتشكيلها من حيث افتقاد الرؤية الدقيقة لكيفية بناء الدراسات ذات التخصصات المتعددة بالجامعة، وانشغال أعضاء هيئة التدريس بمهام أكاديمية وإدارية، وربما يعود ذلك إلى رغبة عضو هيئة التدريس والقيادات الأكاديمية للعمل منفرداً بغرض نشر أبحاث للترقية، وربما يعود إلى ضعف ثقافة العمل البحثي المشترك ذات التنوع في التعددية الثقافية، وربما يعود إلى ضعف الحرية الأكاديمية والبحثية.

واتفقت هذه النتيجة مع نتائج دراسة العبيري (٢٠١٨) التي أظهرت ضعف ثقافة العمل العلمي المشترك وعدم وجود إدارات للبحوث المتعددة بالجامعات بالرغم من امتلاك الجامعات القدرة المؤسسية ما يؤهلها لتبني هذه الإدارات.

بالإضافة لما سبق ترى الباحثة أن غياب فرق العمل البحثي ذات التخصصات الدقيقة والبيئية ولأسباب تتعلق بالإمكانيات والموارد المالية أدى إلى الحاجة لوجود كيانات متخصصة ولجان ومجالس ومراكز بحثية فاعلة تعمل على تنشيط التحالفات والشراكات مع القطاعات المختلفة، وبالرغم من وجود مراكز بحثية، ولكنها تقوم بالدور المطلوب منها فقط تجاه البحث العلمي دون أن تستهدف استثمار التعاون البحثي والملكية الفكرية، كما يمكن أن يكون لضعف عمليات تسويق الأبحاث داخلياً وخارجياً وتبني نشاطات ريادة الأعمال، وعدم وجود قواعد علمية وتكنولوجية تُعنى بالأبحاث البيئية وبالبحث العلمي التطبيقي بشكل عام دور في ذلك، كما أن قلة طرح برامج دراسات عليا بيئية في الجامعات وصعوبة النشر العلمي في بعض التخصصات دور في ذلك.

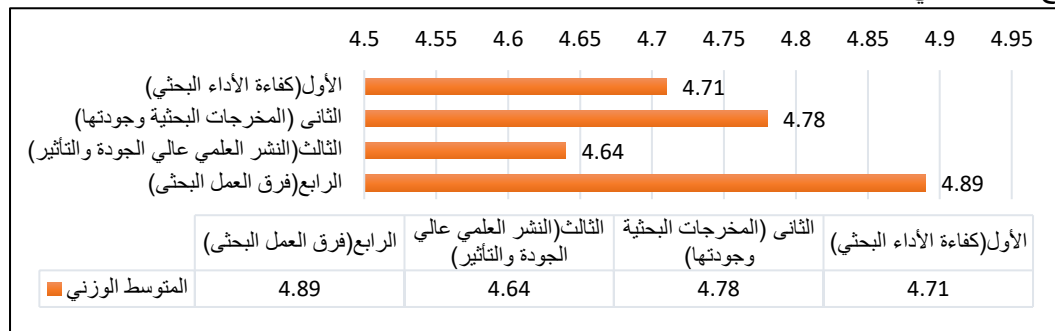
بالنسبة للاستبانة ككل:

- أعطى أفراد عينة البحث (الهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي) بالنسبة للاستبانة ككل درجة أهمية (مهم بدرجة عالية جداً) بمتوسط وزني (٤,٨٧) ووزن نسبي (٩٧,٤٠) بانحراف معياري (٠,٤١) مما يدل على تقارب الاستجابات وعدم تشتتها، وقد تعدت درجة الموافقة نقطة القطع / حد الكفاية مما يعني أن عبارات الاستبانة ككل مثلت أهمية بالغة لعينة البحث.
 - ويعزى ذلك إلى إدراك أفراد عينة البحث حول أهمية مجالات ومؤشرات الهوية البحثية (كفاءة الأداء البحثي-المخرجات البحثية وجودتها-النشر العلمي عال الجودة والتأثير-فرق العمل البحثي) حيث يرون أن الإبداع البحثي يسهم في احتلال الجامعة مكانة متقدمة بين الجامعات، ويسهم في إيجاد هوية بحثية لها في مجال البحث العلمي والإبداع فيه سوف يسهم في تعزيز مكانتها بين الجامعات محلياً وإقليمياً وعالمياً.
- ويوضح الجدول التالي ترتيب مجالات الاستبانة ككل من حيث درجة الأهمية على النحو التالي:
- جدول (١٨) يوضح ترتيب المجالات من حيث الأهمية

المجال	المتوسط الوزني	الانحراف المعياري	الوزن النسبي	الترتيب	درجة الأهمية
الرابع (فرق العمل البحثي)	4.89	0.44	97.8	1	مهم بدرجة عالية جداً
الثاني (المخرجات البحثية وجودتها)	4.78	0.41	95.6	2	مهم بدرجة عالية جداً
الأول (كفاءة الأداء البحثي)	4.71	0.47	94.22	3	مهم بدرجة عالية جداً
الثالث (النشر العلمي عالي الجودة والتأثير)	4.64	0.46	92.83	4	مهم بدرجة عالية جداً

من الجدول (١٨) يتضح أن فرق العمل البحثي تشكل أهمية بالغة لدى عينة البحث حيث جاءت في المرتبة الأولى من حيث الأهمية، يليها المخرجات البحثية وجودتها، ثم كفاءة الأداء البحثي، يليها النشر العلمي عالي الجودة والتأثير، وتفسر هذه النتيجة بإدراك عينة أفراد البحث بأهمية استثمار دور فرق العمل البحثي في إنتاج المعرفة محلياً وعالمياً.

ويوضح الشكل التالي المجالات والمتوسطات الوزنية لها



شكل (١٢) رسم بياني لمجالات الاستبانة والمتوسطات الوزنية لها

ويرى البحث أن تشكيل الهوية البحثية بالجامعات السعودية يتطلب بناء منظومة متكاملة قائمة على مؤشرات الهوية البحثية (الإبداع البحثي) والتي تستدعي وجود استراتيجيات واضحة ومحددة لمنظومة البحث العلمي بالجامعة من خلال المخطط الأساسي الذي يحدد الأولويات والتوجهات البحثية؛ ويحدد المبادرات والبرامج البحثية التكاملية لكل جامعة ومدى ارتباطها بالتوجهات والمبادرات الوطنية وعوامل النجاح ومعايير التقويم.

عرض نتائج السؤال الرابع ومناقشته وتفسيره

ينص السؤال الرابع على: هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى الدلالة ($\alpha \leq 0.05$) بين متوسطات استجابات عينة البحث حول مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية لقياس كفاءة أداء الجامعات البحثي في مجال (كفاءة الأداء البحثي- المخرجات البحثية وجودتها - النشر العلمي عال الجودة والتأثير - فرق العمل البحثي) في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي تعزي للمتغيرات التالية: الدرجة العلمية، نوع الجنس، المنصب القيادي، سنوات الخبرة بالعمل الأكاديمي، المشاركة ببحث مدعوم داخل الجامعة؟

وفيما يلي عرض لنتائج الفروق في الاستجابات تبعا لكل متغير من المتغيرات الديموغرافية:

الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير الدرجة العلمية -

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام أسلوب تحليل التباين الأحادي (ANOVA) للعينات المستقلة لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات العينة وفقا لمتغير الدرجة العلمية.

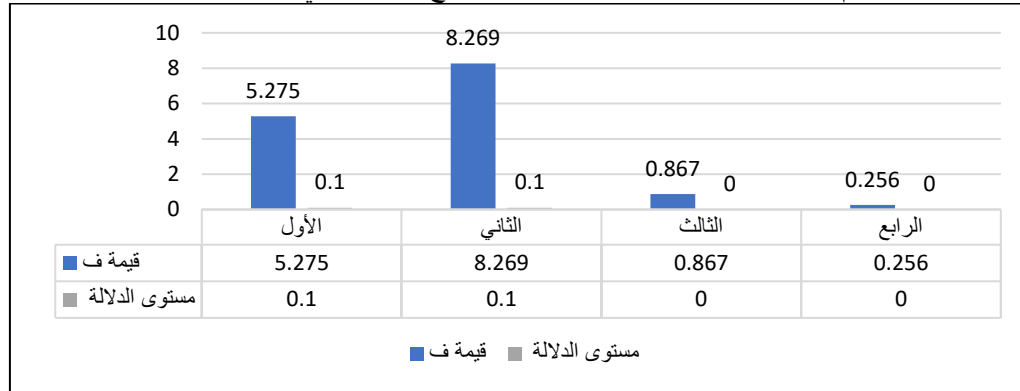
جدول رقم (١٩) نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقاً لمتغير الدرجة العلمية

المجال	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الأول	بين المجموعات	660.712	2	330.356	5.275	دالة عند مستوى 0.1
	داخل المجموعات	20292.891	324	62.632		
	الكلية	20953.602	326	-----		
الثاني	بين المجموعات	593.815	2	296.908	8.269	دالة عند مستوى 0.1
	داخل المجموعات	11633.139	324	35.905		
	الكلية	12226.954	326	-----		
الثالث	بين المجموعات	82.853	2	41.426	0.867	غير دالة
	داخل المجموعات	15482.126	324	47.784		
	الكلية	15564.979	326	-----		
الرابع	بين المجموعات	32.007	2	16.003	0.256	غير دالة
	داخل المجموعات	20243.651	324	62.480		
	الكلية	20275.657	326	-----		
الكلية	بين المجموعات	3001.193	2	1500.597	2.118	غير دالة
	داخل المجموعات	229551.896	324	708.494		
	الكلية	232553.089	326	-----		

يتضح من جدول (١٩) ما يلي:

- وجود فروق دالة إحصائية بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث بالنسبة للمجال الأول والثاني تعزي لمتغير الدرجة العلمية حيث بلغت قيمة ف (5.275) (8.269) على الترتيب ومستوى الدلالة (0.1)، مما يعني أن استجابات عينة البحث بالنسبة للمجالين اختلفت باختلاف الدرجة العلمية.

- عدم وجود فروق دالة احصائياً بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث بالنسبة للمجال الثالث والرابع والدرجة الكلية حيث بلغت قيمة ف على الترتيب (0.867) (0.256) (2.118) تعزى لمتغير الدرجة العلمية، مما يعني أن استجابات عينة البحث بالنسبة للمجالين لم تختلف باختلاف الدرجة العلمية، ويوضح الشكل التالي مستوى الدلالة وفقاً لمتغير الدرجة العلمية



شكل (١٣) رسم بياني لمستوى الدلالة وفقاً لمتغير الدرجة العلمية

ولتحديد اتجاه الفروق الدالة للمجالين الأول والثاني نستخدم اختبار شيفيه للمقارنات المتعددة:

جدول (٢٠) نتائج تحليل اختبار شيفيه للمقارنات المتعددة لمتغير الدرجة العلمية

المجال	الدرجة العلمية	أستاذ	أستاذ مشارك	أستاذ مساعد
الأول	أستاذ			
	أستاذ مشارك			
	أستاذ مساعد		3.06*	
الثاني	أستاذ			
	أستاذ مشارك			
	أستاذ مساعد		2.82*	

(*) متوسط الفرق دال عند مستوى (0.05)

يشير جدول (٢٠) إلى: وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى (0.05) بين الأستاذ المساعد والأستاذ المشارك لصالح الأستاذ المساعد بالنسبة للمجالين الأول كفاءة الأداء البحثي، والثاني المخرجات البحثية وجودتها، ولربما تُعزى هذه النتيجة أن معظم أعضاء هيئة التدريس والباحثين من رتبة أستاذ مساعد، على قناعة بأهمية كفاءة الأداء البحثي وجودة المخرجات حالياً ومستقبلاً على هوية الجامعة وبخاصة مؤشرات بناء الخطط البحثية الاستراتيجية وتوفير البيئة البحثية الداعمة (مالياً ومادياً وأكاديمياً) وتوجيه البحوث للاهتمام بالمبادرات النوعية وتوفير دعم مالي للأبحاث والمشروعات ذات الجودة العالية والقابلة للتطبيق وتوفير مقرات للبحوث المتقدمة وبناء خطط تمويلية مستدامة، ودعم المخرجات البحثية النوعية، حيث ينعكس ذلك على أداء أعضاء هيئة التدريس وتمكينهم وفق احتياجاتهم بما يساعدهم على توظيفها أكاديمياً، وإظهار إبداعاتهم التي تنعكس على الجامعة محلياً وإقليمياً وعالمياً.

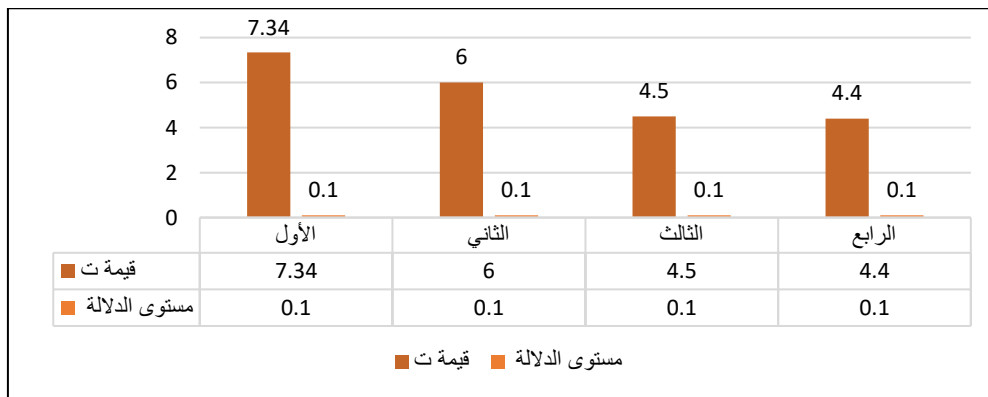
-الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير نوع الجنس

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام اختبار -ت- للعينات المستقلة لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات العينة وفقاً لمتغير نوع الجنس:

المجال	نوع الجنس	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	مستوى دلالة ت
الأول	ذكور	210	82.34	4.330	7.34	325	دالة عند مستوى 0.1
	إناث	117	76.04	11.008			
الثاني	ذكور	210	72.30	3.748	6	325	دالة عند مستوى 0.1

المجال	نوع الجنس	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	مستوى دلالة ت
الثالث	اناث	117	68.26	8.341			
	ذكور	210	70.87	5.046	4.50	325	دالة عند مستوى 0.1
الرابع	اناث	117	67.38	8.969			
	ذكور	210	86.91	6.468	4.40	325	دالة عند مستوى 0.1
الكل	اناث	117	83.02	9.466			
	ذكور	210	312.41	18.125	6.05	325	دالة عند مستوى 0.1
		117	294.71	34.784			

يتضح من النتائج المعروضة في جدول (٢١): وجود فروق دالة احصائياً بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث على كل المجالات والدرجة الكلية مما يعنى أن استجابات عينة البحث اختلفت باختلاف نوع الجنس وتكون الفروق لصالح المتوسط الأكبر والتي جاءت لصالح الذكور، وربما يعزى ذلك إلى أن عدد أفراد البحث الذكور يفوق عدد الإناث في الجامعة بحسب الجدول (14) لتوزيع عينة البحث حسب نوع الجنس، ويوضح الشكل التالي مستوى الدلالة وفقاً لمتغير نوع الجنس:



شكل (١٤) رسم بياني لمستوى الدلالة وفقاً لمتغير نوع الجنس

-الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير المنصب القيادي

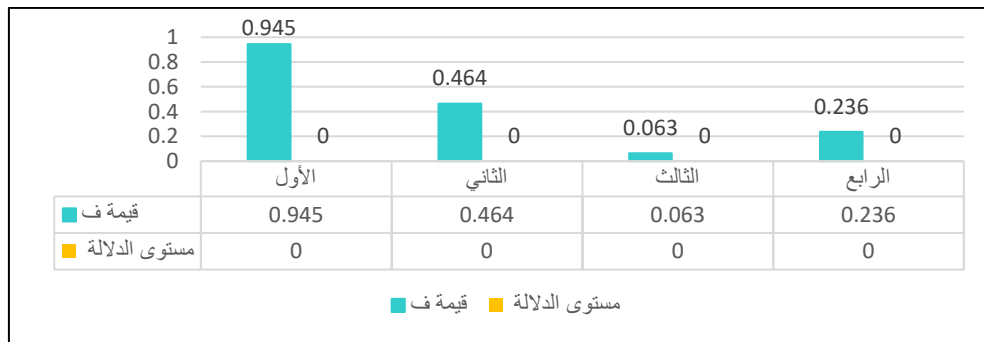
جدول (٢٢) نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقاً لمتغير المنصب القيادي

المجال	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الأول	بين المجموعات	182.349	3	60.783		
	داخل المجموعات	20771.253	323	64.307	0.945	غير دالة
	الكل	20953.602	326	-----		
الثاني	بين المجموعات	52.429	3	17.476	0.464	غير دالة
	داخل المجموعات	12174.525	323	37.692		
	الكل	12226.954	326	-----		
الثالث	بين المجموعات	9.101	3	3.034	0.063	غير دالة
	داخل المجموعات	15555.878	323	48.161		
	الكل	15564.979	326	-----		
الرابع	بين المجموعات	44.266	3	14.755	0.236	

المجال	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الكل	داخل المجموعات	20231.391	323	62.636	0.149	غير دالة
	الكل	20275.657	326	-----		
الكل	بين المجموعات	322.073	3	107.358	0.149	غير دالة
	داخل المجموعات	232231.016	323	718.981		
الكل	الكل	232553.089	326	-----		

يتضح من جدول (٢٢) ما يلي:

عدم وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى (0.05) فأقل بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث بالنسبة لجميع مجالات مؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي (كفاءة الأداء البحثي-المخرجات البحثية وجودتها-النشر العلمي عال الجودة والتأثير-فرق العمل البحثي) تعزى لمتغير المنصب القيادي، مما يعني أن استجابات عينة البحث بالنسبة للمجالات لم تختلف باختلاف المنصب القيادي وهذه نتائج منطقية، لأن أفراد البحث من القيادات والأكاديميين ومن ثم لديهم اتفاق في الرؤية وتطابق في وجهات النظر حول مجالات مؤشرات الهوية البحثية، وهذه النتيجة تعد بمثابة إضافة لنتائج البحث الحالي تُحسب للقيادات والأكاديميين بجامعة الملك خالد، ويوضح الشكل التالي مستوى الدلالة لاستجابات المبحوثين وفقاً للمنصب القيادي:



شكل (15) رسم بياني لمستوى الدلالة وفقاً لمتغير المنصب القيادي

-الفروق في الاستجابات تبعاً لمتغير عدد سنوات الخبرة

للتحقق من صحة هذا الفرض تم استخدام اختبار -ت للعينات المستقلة لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات العينة وفقاً

لمتغير عدد سنوات الخبرة

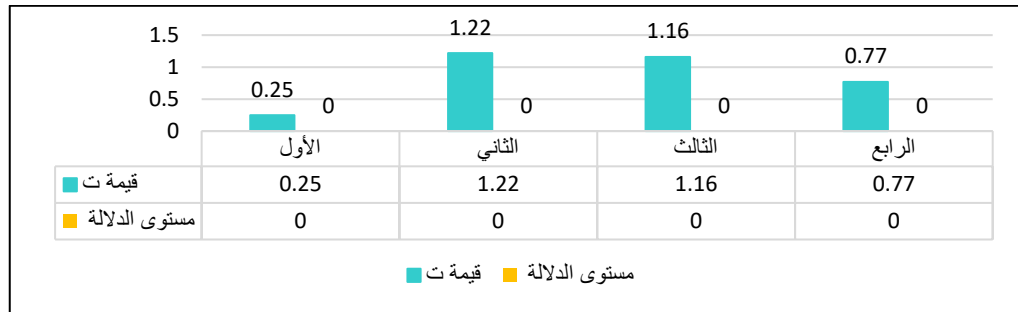
جدول (٢٣) نتائج اختبار -ت للعينات المستقلة لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات العينة وفقاً لمتغير عدد سنوات الخبرة

المجال	سنوات الخبرة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	مستوى دلالة ت
الأول	أقل من عشر سنوات	86	80.27	6.348	0.25	325	غير دالة
	عشر سنوات فأكثر	241	80.02	8.545			
الثاني	أقل من عشر سنوات	86	71.55	5.291	1.22	325	غير دالة
	عشر سنوات فأكثر	241	70.61	6.387			
الثالث	أقل من عشر سنوات	86	70.36	8.105	1.16	325	غير دالة
	عشر سنوات فأكثر	241	69.36	6.428			
الرابع	أقل من عشر سنوات	86	84.95	8.818	0.77	325	غير دالة
	عشر سنوات فأكثر	241	85.72	7.536			
	أقل من عشر سنوات	86	307.13	27.065	0.43	325	غير دالة
	عشر سنوات فأكثر	241	307.13	27.065			

المجال	سنوات الخبرة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	مستوى دلالة ت
الكلية	عشر سنوات فأكثر	241	305.70	26.627			

يتضح من النتائج المعروضة في جدول (٢٣):

عدم وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى (0.05) فأقل بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث على كل المجالات والدرجة الكلية لمؤشرات الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي (كفاءة الأداء البحثي- المخرجات البحثية وجودتها-النشر العلمي عال الجودة والتأثير-فرق العمل البحثي) مما يعني أن استجابات عينة البحث لم تختلف باختلاف سنوات الخبرة، وهذه النتيجة تصدق النتيجة الواردة بالجدول (16) الخاص بخصائص عينة الدراسة حيث أشارت تلك النتيجة إلى أن إجمال أفراد البحث خبرتهم من عشر سنوات فأكثر مما يشير إلى ارتفاع مستوى الخبرة واتفاق في الرؤى بين أفراد البحث، وهذه النتيجة اللافتة كسابقتها في الجدول السابق؛ تشير إلى أن هناك اتفاقاً حول متغيرات البحث بين أفراد البحث، ويوضح الشكل التالي مستوى الدلالة لاستجابات المبحوثين وفقاً لسنوات الخبرة:



شكل (١٦) رسم بياني لمستوى الدلالة وفقاً لمتغير سنوات الخبرة

الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير المشاركة ببحث مدعوم

جدول (٢٤) نتائج اختبار -ت للعينات المستقلة لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات العينة وفقاً لمتغير المشاركة ببحث مدعوم

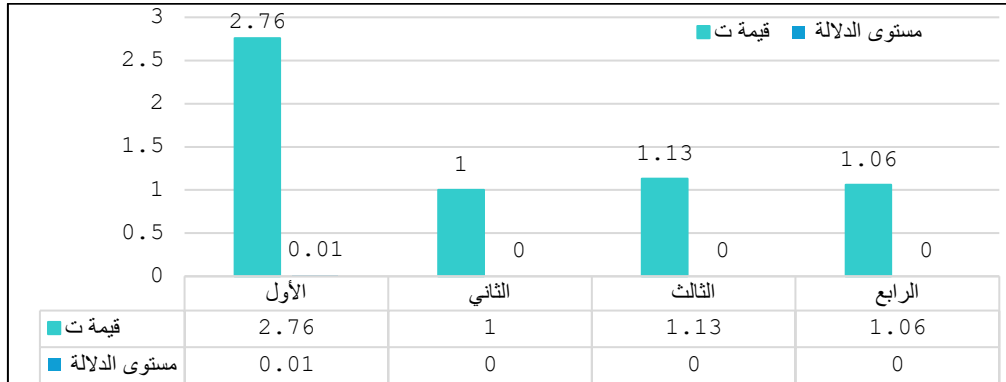
المجال	المشاركة	ن	المتوسط	الانحراف المعياري	قيمة ت	درجة الحرية	مستوى دلالة ت
الأول	المشاركة	136	81.52	5.190	2.76	325	دالة عند 0.01
	عدم المشاركة	191	79.06	9.414			
الثاني	المشاركة	136	71.26	4.523	1	325	غير دالة
	عدم المشاركة	191	70.57	7.044			
الثالث	المشاركة	136	70.13	6.116	1.13	325	غير دالة
	عدم المشاركة	191	69.26	7.418			
الرابع	المشاركة	136	86.07	6.508	1.06	325	غير دالة
	عدم المشاركة	191	85.13	8.732			
الكلية	المشاركة	136	308.98	20.083	1.66	325	غير دالة
	عدم المشاركة	191	304.01	30.448			

يتضح من النتائج المعروضة في جدول (٢٤):

- وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى (0.05) بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث بالنسبة للمجال الأول (كفاءة الأداء البحثي) مما يعني أن استجابات عينة البحث اختلفت باختلاف المشاركة ببحث مدعوم وجاءت لصالح المتوسط الأكبر أي المجموعة التي شاركت في الأبحاث المدعومة، ويمكن تفسير ذلك بقناعة أفراد عينة البحث بأثر دعم الباحثين وأعضاء هيئة

التدريس وتوفير المصادر التمويلية والخطط البحثية الداعمة لتوفير بيئة بحثية تدعم البحث العلمي وتطوير قدرات أعضاء هيئة التدريس والباحثين يتوقف عليه تطوير العملية البحثية وتقديم الجامعة وتحسين أدائها وتحقيق هوية بحثية علمية تميزها عن غيرها.

- عدم وجود فروق دالة احصائياً عند مستوى (0.05) بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث على باقي المجالات والدرجة الكلية مما يعني أن استجابات عينة البحث لم تختلف باختلاف المشاركة ببحث مدعوم وربما يعود ذلك إلى تقدير أفراد عينة البحث حول تأثير المجال الأول على بقية المجالات بشكل متماثل، ويوضح الشكل التالي مستوى الدلالة لاستجابات المبحوثين وفقاً للمشاركة ببحث مدعوم:



شكل (١٧) رسم بياني لمستوى الدلالة وفقاً لمتغير المشاركة ببحث مدعوم

عرض نتائج السؤال الخامس ومناقشته وتفسيره

نص السؤال الخامس على ما الاستراتيجية المقترحة للهوية البحثية بالجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي؟

في ضوء ما أسفرت عنه الدراسة النظرية من نتائج، وما كشفت عنه نتائج الدراسة الميدانية عن الأهمية بدرجة عالية جداً في بناء هوية بحثية للجامعات السعودية (جامعة الملك خالد موضع الدراسة)، الأمر الذي دفع الباحثة إلى وضع إستراتيجية تهدف إلى وضع غايات وأهداف إستراتيجية لتطويرها، وإظهار التزام طويل الأجل الجامعة؛ للمشاركة في بناء الهوية البحثية، واتخاذ إجراءات لتوفير العناصر التي لم تتوافر بدرجة كبيرة؛ مما سيساعد على دعم البحث العلمي ونموه؛ من خلال الارتكاز على التمويل المؤسسي لبناء الهوية البحثية لما يحدثه من تأثير إيجابي على بناء برامج ومشروعات بحثية جديدة؛ نظراً لأهمية الأبحاث التي تجريها الجامعة في ظهور مخرجات بحثية جديدة مبتكرة، ونظراً للتأثير الإيجابي لكفاءة الأداء البحثي القائم داخل الجامعات في تحقيق التنمية المستدامة في كافة المجالات للمجتمع ككل، ومن ثم ستتناول الإستراتيجية المقترحة مجموعة من المراحل والخطوات، والتي يمكن عرضها على النحو التالي:

وفيما يلي شرحاً توضيحياً لهذه المراحل والخطوات وذلك على النحو التالي:

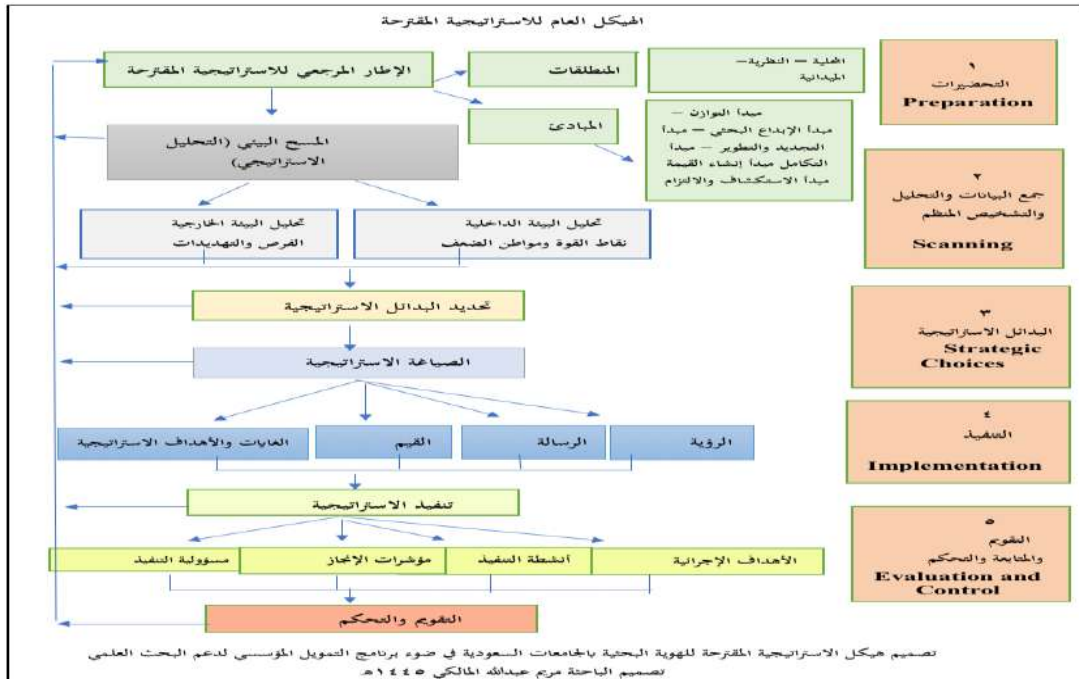
أولاً: الإطار المرجعي للإستراتيجية المقترحة: ويتضمن هذا الجزء تحديد منطلقات الإستراتيجية، والمبادئ الحاكمة لها، والتي يمكن عرضها على النحو التالي:

1. منطلقات الإستراتيجية:

أ- المنطلقات المحلية

1-أ) وثيقة سياسة التعليم في المملكة العربية السعودية وخطط التنمية: تؤكد خطة التنمية العاشرة (2015-2019) على اهتمام المملكة بالاستفادة من دور البحث العلمي كوسيلة نحو اقتصاد قائم على المعرفة، وذلك من خلال تحفيز الجامعات السعودية على الاستثمار في مجالات البحث والتطوير والابتكار، واستثمار نتائجه في حل المشكلات الاقتصادية.

2-أ) الاستراتيجية الوطنية للتحوّل إلى مجتمع المعرفة (2012/1425-2030): تبنت وجود خطط التنمية الاقتصادية والبشرية وتنويع مصادر الاقتصاد، والتوجه نحو اقتصاد المعرفة الذي يحول الأفكار إلى ابتكارات يمكن أن تدر إيرادات، تسهم في تعزيز



مصادر التمويل الحكومية بشكل عام والجامعات بشكل خاص، وإيجاد مصادر تمويل مبتكرة تحفز الجامعات على إنتاج المزيد من الإبداع البحثي والابتكارات التي يمكن استثمارها.

3-أ) رؤية المملكة (2030): تضمنت الرؤية الوطنية ٢٠٣٠ في الهدف الاستراتيجي الثالث "تحسين البيئة التعليمية المحفزة للإبداع والابتكار، وتفعيل الشراكة المجتمعية والشراكات الإقليمية والعالمية، واستقطاب المتميزين من أهل العلم والفكر والإبداع وذوي الاختصاص"

4-أ) أهداف التنمية المستدامة (SDG): تضمن الهدف الثامن "تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل والمستدام"، والهدف التاسع الذي ينص على "إقامة هياكل أساسية قادرة على الصمود، وتحفيز التصنيع الشامل، وتشجيع الابتكار"، والهدف الثاني عشر الذي ينص "ضمان وجود أنماط استهلاك وإنتاج مستدامة، وتأكيد الهدف السابع عشر على تعزيز وسائل تنفيذ الشراكة العالمية وتنشيطها من أجل التنمية المستدامة (وثيقة منهجية أهداف التنمية المستدامة. 2021)

5-أ) الخطة المستقبلية للتعليم الجامعي في المملكة العربية السعودية (آفاق): جاءت خطة (آفاق) المستقبلية للتعليم الجامعي في أحد أبعادها الاستراتيجية الثلاثة التوسع والجودة والتميز لمعالجة أزمة التمايز التي تعاني منها الجامعات السعودية وهي خطة مستقبلية تطويرية طموحة طويلة المدى لمدة (٢٥) عاماً (٢٠٠٥ - ٢٠٣٠)؛ لتعزيز كفاءة التعليم الجامعي والاستجابة لمتطلبات التنمية الشاملة ودعم مسار البحوث والابتكار وتعزيز الانفاق على البحث العلمي.

6-أ) مبادرات وزارة التعليم في المملكة العربية السعودية: من خلال النظر في السياق التعليمي العام في المملكة العربية السعودية وخصوصاً في مجال التعليم العالي، والمبادرات الوطنية ذات العلاقة بالبحث والتطوير في جميع قطاعات الدولة، فإنه يمكن تحديد أبرز المبادرات التي أطلقت والتي تعد من المنطلقات الأساسية لتنفيذ وتطبيق الاستراتيجية المقترحة كما يلي:

- مبادرة مراكز التميز البحثي ودعم أبحاث الجامعات

- مبادرة دعم البحث العلمي والتطوير في الجامعات

- مبادرة بناء الهوية البحثية في الجامعات السعودية (التقرير السنوي لوزارة التعليم. 2020)

- المبادرة الوطنية لتنمية الابتكار

- المبادرات النوعية لتحسين مصادر التمويل لدعم البحث العلمي

٧-أ) برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي: ويركز على الأولويات البحثية للجامعات وهويتها ويتوافق مع الأولويات الوطنية والفرص المناطقية، ويسهم في تطوير أداء الجامعات من خلال تحديد الاستراتيجيات والتوجهات المستقبلية بشكل يراعي تمايز الجامعات واختلاف قدرتها وحاجاتها، والمشاريع البحثية النوعية المتخصصة مما يؤدي إلى تطوير كوارها البحثية وتحسين الكفاءة المالية من خلال زيادة مرونة الجامعات في استخدام الدعم بما يتماشى مع الأولويات الوطنية والأهداف الاستراتيجية، (وزارة التعليم، 2022).

٨-أ) نظام الجامعات الجديد: وفيما يلي أبرز الجوانب التي تدعم الاستراتيجية المقترحة للهوية البحثية في ضوء التمويل المؤسسي منها:

- تتكون إيرادات الجامعة من الإعانة التي تخصصها الدولة لها وفق القواعد المنظمة لبرنامج تمويل الجامعات والمقابل المالي للبرامج الدراسية والدبلومات والدورات والخدمات التي تقدمها، والتبرعات، والهبات، والمنح، والصايا والأوقاف وريع أملاكها واستثماراتها، وأوقافها والموارد المالية الأخرى التي يقرها مجلس الأمناء، على ألا تتعارض مع أهداف نشاط الجامعة وطبيعته.

- استحداث تشريعات تعزز التمويل الذاتي للجامعة بما لا يخل بجودة المنتج العلمي

ب- المنطلقات النظرية

النماذج الرائدة في التخطيط الاستراتيجي وإعداد الإستراتيجيات، وقد تم اعتماد نموذج ولين وهنجر ((Wheelen; Hunger 2012 في البنية الهيكلية للإستراتيجية المقترحة وآليات تنظيمها، وتبنت الباحثة مراحل النموذج الأساسية، والذي يتكون من أربع مراحل رئيسة؛ تبدأ بالتحليل البيئي الذي يقوم على تحليل البيئة الداخلية والخارجية، والمرحلة الثانية صياغة الإستراتيجية، وتشمل وضع الرؤية والرسالة والأهداف العامة، وصياغة الأهداف الإجرائية التي تضمن تنفيذ الإستراتيجية والمرحلة الثالثة وتنضم تنفيذ الإستراتيجية، وتشمل خطة العمل والإجراءات والشواهد والجهات المنفذة، والمرحلة الأخيرة، وتشمل التقويم والتحكم، كما تم الالتزام بالمحاور السبعة لنموذج (7S)، والتي تبدأ بحرف (S) حتى يمكن الوقوف على نقاط القوة ومواطن الضعف، فيما يتعلق بالهيكل الإداري "Structure"، والأفراد "Staff"، والموارد "Sources"، ونمط الإدارة "Style"، والأنظمة "Systems"، والمهارات "Skills"، والقيم المشتركة "Shared Value"، ودراسة وتحليل البيئة الخارجية لتحديد كل من الفرص المتاحة لاستثمارها، والتهديدات الخارجية لمواجهتها؛ من خلال الالتزام بنموذج "PEST"، وتحديد العوامل السياسية "Political"، والعوامل الاقتصادية "Economic"، والعوامل الاجتماعية "Social" والعوامل التقنية "Technical". (هبة، السيد. ٢٠١٦: ١٢٦-١٢٨) ج- المنطلقات الميدانية

تلخيص نتائج الدراسة الميدانية التي هدفت إلى رصد مؤشرات تشكيل الهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي من وجهة نظر القيادات الأكاديمية وأعضاء هيئة التدريس بالجامعات.

المبادئ الحاكمة للإستراتيجية المقترحة:

- 1- مبدأ التوازن: رسم خارطة طريق بحثية واضحة ذات إجراءات دقيقة تُعطي الأهمية ذاتها وبنسب متساوية لكل من الاستثمار المالي والاستثمار في قدرات الموارد البشرية، وتعزيز القدرات القيادية، والبنى التحتية، والنظم الثقافية والأنشطة البحثية.
- 2- مبدأ الابتكار في البحث العلمي (الإبداع البحثي): توليد الابتكارات وتنمية الأسواق، وإيجاد فرص العمل وإدخال التقنية الحديثة؛ لتحسين المخرجات البحثية والتعليمية والخدمات، سواء أكان ذلك على المستوى المحلي أم الدولي.
- 3- مبدأ التجديد والتطوير: الاهتمام بالاستثمار في المجالات البحثية ذات الأثر الاقتصادي والتنموي والاجتماعي؛ لتأمين مشاريع بحثية جديدة.

4- مبدأ التكامل: وجود توجيه للسلوك البحثي توجيهاً إبداعياً بما يُحدث التكامل بين الجامعة والبيئة التفاعلية ذات العلاقة.

5 - مبدأ إنشاء القيمة: من خلال خارطة الأثر الاستراتيجي التي تركز على كيفية تنظيم عمليات إنشاء القيمة؛ من خلال تصميم البرامج والمشاريع البحثية في التخصصات النادرة، والتوسع في عمل الأبحاث والمشروعات التطبيقية وتسويقها.

6-مبدأ الاستكشاف والالتزام: حيث يمثل الاستكشاف ما تطرحه الجامعة حول هويتها وماهيتها ومعالها بشكل دوري، والالتزام يمثل اختيار نوعية الأبحاث التي تنتجها الجامعة وتتماشى مع الأولويات الوطنية والفرص المناطقية في شتى المجالات.

ثانياً: المسح البيئي Environmental Scanning:

تم بناء مصفوفة التحليل الرباعي (SWOT Matrix)؛ لتحديد الخيارات والبدائل الاستراتيجية التي ستكون المنطلق لبناء الهوية البحثية لجامعة الملك خالد في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي، ويمكن توضيحها في الجدول التالي:

جدول (٢٥) التحليل الاستراتيجي "الداخلي/ الخارجي" التحليل الرباعي SWOT Matrix

البيئة الداخلية Internal Environment	
القوة (S) Strengths	الضعف (W) Weaknesses
استراتيجية القوة والفرص (0/S)	استراتيجية الضعف والفرص (0/W)
التوجه الهجومي Offensive	التوجه الدفاعي Defensive
-سمعة عالية محلياً وإقليمياً وخبرات متراكمة متميزة. -بنية تحتية تقنية قوية لدى الجامعة، كما تمتلك بالمدينة الجامعية بالفرع المزد من القوة والتجهيزات في البنية التحتية، الأمر الذي يأتي في صالح جميع الكليات. -تنوع المدارس العلمية لأعضاء هيئة التدريس؛ حيث تضم أكثر ٢٣ جنسية عربية، وأوربية، وأمريكية، وأسيوية. -برامج تعاون دولي فعال؛ حيث تشارك بعض كليات جامعة الملك خالد في عدد من برامج التعاون الدولي لتتيح لأعضاء هيئة التدريس اكتساب الخبرات والمهارات التي تثري العملية البحثية والتعليمية ومخرجات الجامعة. -خدمات تعليمية إلكترونية فعالة؛ حيث يتم تقديم المواد العلمية إلكترونياً، وتفعيل التواصل الإلكتروني بشكل جيد مع إمكانية حضور المحاضرات افتراضياً. -تحقيق المركز الثاني بين جهات التعليم والتدريب في المملكة في مؤشر قياس التحول الرقمي. -مشاركة مجتمعية فعالة؛ من خلال أنشطة البرامج التطبيقية والمعرفية وبرامج التعليم المستمر التي تسهم في التوعية المجتمعية بقضايا المجتمع في منطقة عسير. -الخدمات الطبية حيث يتم تقديم خدمات مجانية مثل عيادات طب الأسنان، وعيادة الأشعة بكلية العلوم الطبية التطبيقية، وأيضاً العيادات الطبية.	-محدودية الدعم للبحث العلمي، فدعم البحث العلمي للتخصصات العلمية والتطبيقية والصحية ليس بالمستوى المأمول. -محدودية استبقاء أعضاء هيئة التدريس فلا توجد آلية واضحة لدى جامعة الملك خالد تساعد في المحافظة على أعضاء هيئة التدريس المتميزين خصوصاً من الجنسيات غير السعودية في ظل المنافسة القوية بين الجامعات السعودية. -عدم توفر العدد الكافي من أعضاء هيئة التدريس في بعض التخصصات العلمية وهذا لا يُمكن الجامعة من طرح بعض البرامج التي تحتاجها منطقة عسير. -ضعف الدعم التقني، فهناك مشكلات تتعلق بتقنية المعلومات والأجهزة والمعدات الضرورية؛ مما يؤثر بالسلب على العملية التعليمية. - قدرة استيعابية ضعيفة مقارنة بعدد الطلبة، فلا يتوافر أعضاء هيئة التدريس بالقدر الكافي، بالإضافة إلى ضعف البنية التحتية، الأمر الذي يخالف معايير خطة (أفاق). -ضعف تفعيل مصادر التعلم والمكتبات. -ضعف الوعي بالرؤية والرسالة، فالوعي بأهمية الرؤية والرسالة وتسويقها بين فريقي العمل الإداري والتدريسي لا ترقى إلى مستوى تنفيذها. -محدودية تنوع تخصصات البرامج الأكاديمية للدراسات العليا، حيث تضم جامعة الملك خالد عدداً محدوداً من التخصصات النوعية لبرامج الدراسات العليا (الماجستير والدكتوراه)؛ يتم طرحها من قبل عدد من كليات الجامعة ولا يتعدى بعضها مرحلة الماجستير.

فرص (Opportunities) O)

البيئة الخارجية External Environment

نقاط الضعف (W) Weaknesses	القوة (S) Strengths
استراتيجية الضعف والتهديد (W/T) المحافظة على البقاء Survive.	استراتيجية القوة والتهديد (S/T) التوجه التكيفي Adjust
-رفع المعايير والمتطلبات المالية التي تحد من حضور ومشاركة أعضاء هيئة التدريس في المؤتمرات العلمية الخارجية التي تعد أحد أهم مصادر المعلومات والاكتشافات العلمية الحديثة التي من شأنها مساعدة برامج الجامعة على التطور والتحسين. -التنافس في استقطاب أعضاء هيئة تدريس ذوي الكفاءة العالية. -ضعف مخرجات التعليم ما قبل الجامعي وعلى سبيل المثال مهارات اللغة الإنجليزية لا تمكن الطالب من البدء مباشرة في دراسة برامج الجامعة خاصة برامج العلوم الأساسية والصحية والمهنية؛ نظراً لأن معظمها تدرس باللغة الإنجليزية. -غياب السياسات العامة والاستراتيجيات البحثية التي تحدد أولويات البحث العلمي. -التحديات الاجتماعية والاقتصادية التي تواجه سكان منطقة عسير مثل: التباين في نصيب الفرد من الناتج المحلي في محافظات منطقة عسير وهذا يدفع الجامعة إلى التوسع في البرامج المؤهلة للفقراء لتنمية قدراتهم لزيادة دخلهم. -ارتفاع عدد المطلقات بنسبة 4.9% (الهيئة العامة للإحصاء 2022)، وهذا يدفع الجامعة لعمل برامج توعوية وإرشادية للأسر، زيادة عدد الأسر التي تعيلها امرأة في بعض المحافظات. -ارتفاع مؤشر البطالة في المنطقة بنسبة 9.3% حسب إحصائية 2023، مما يفرض على الجامعة دراسة هذه المشكلة وإيجاد الحلول لها. -ضعف في العمل التطوعي، وارتفاع نسبة الأمية حيث سُجلت في عام 2017 نسبة 8.4% للنساء و2.2% للرجال خاصة في منطقة عسير (الهيئة العامة للإحصاء 2023)، انتشار أمراض مثل ارتفاع ضغط الدم والسكري في منطقة عسير، تدني نسبة الأطباء مقابل السكان في المنطقة حيث تبلغ نسبة الأطباء 8.9% (8506 طبيب مقابل عدد السكان 2,024,285 نسمة)، كل هذه المشكلات المجتمعية تفرض على الجامعة التوسع في برامجها لحل هذه المشكلات (البنك المركزي السعودي 2022) (وزارة الاقتصاد والتخطيط 2022)	-وجود رؤية المملكة ٢٠٣٠، وبرنامج التحول الوطني، وبرنامج تعزيز الشخصية السعودية، وبرنامج تحسين نمط الحياة الصحي، وخطة أفاق والتي تدعم جميعها عمليات التعليم والتعلم وتنمية الشخصية وفق أفضل الممارسات العالمية، علاوة على تميز المملكة في الإنفاق على التعليم؛ مما يتيح فرصة للجامعة للاستفادة من برامج التمويل التطويرية، وبرنامج تنمية القدرات البشرية. -جائزة التميز لأفضل مقرر إلكتروني حيث تمنح هذه الجائزة سنوياً من قبل وزارة التعليم، لتحفيز أعضاء هيئة التدريس بالجامعات السعودية للعمل على الاستمرار في عمليات التوثيق الإلكتروني للمقررات والحصول على الجائزة. -وجود المكتبة السعودية الرقمية يعد حافزاً مهماً لأعضاء هيئة التدريس والطلبة للحصول على المراجع والمعلومات التي تيسر لهم عمل الأبحاث. -فرص التعاون الدولي حيث يوجد الكثير من الفرص المطروحة في الجامعات حول العالم للتعاون الأكاديمي الدولي بين كليات الجامعة ونظيراتها، مما يعطي للجامعة المزيد من التواصل الخارجي، والحصول على المزيد من الخبرات. -مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والتي تعد فرصة مهمة للبرامج المهنية بالجامعة للاستفادة منها في رعاية البحوث ورعاية المبدعين. -برنامج الملك عبد الله للابتعاث الخارجي وهو وسيلة فعالة وقوية لتطوير مهارات الطلاب والاحتكاك بمدارس عالمية مع سد الفجوة في بعض التخصصات العلمية. -وجود هيئة تقويم التعليم - المركز الوطني للتقويم والاعتماد التي تضع المعايير للجامعة، لتطوير أدائها ورفع مستوى الجودة في العمليات التعليمية وهذه فرصة يجب أن تستغل. -بيئة متميزة لمجالات البحث في المجالات العلمية المختلفة تتميز بمستوى عال من التميز في النواحي العلمية والتجهيزية والأكاديمية والتعاون بين الباحثين، وهو ما يجب على الجامعة استغلاله بشكل فعال. -السياق البيئي العام لمنطقة عسير المحفز للتوسع في البرامج الأكاديمية المهنية التي تتيح فرصة للجامعة في التوسع في البرامج السياحية والفندقية والأثرية، كما أن هناك أنشطة أخرى مثل الزراعة، والتعدين، والكهرباء، والصيد البري، وصيد الأسماك يجب ربطها بالتوسع في أعداد الطلاب المقبولين في البرامج الأكاديمية بالجامعة.

Threats (T)
تهديدات

البيئة الخارجية

External Environment

٥- تم وضع مجموعة من البدائل الإستراتيجية (Strategic Choices) وفقاً لجدول التحليل الرباعي، والبدیل المرّجّ اختياره من البدائل الأربعة السابقة، والذي يمكن أن يساعد في سد الفجوة الإستراتيجية هو البدیل الأول، التوجه الهجومي "Offensive"، وذلك للأسباب التالية:

-تسعى الجامعة للتغيير والابتكار والتجديد والتقدم نحو الأمام في المجالات البحثية، وقد ظهر ذلك في تقدم مكانة الجامعة في التصنيفات العالمية؛ حيث استطاعت الجامعة أن تحصل على الترتيب 501 عالمياً حسب تصنيف التايمز والترتيب 4 محلياً لأداء الجامعات وفقاً لأهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، كما حصلت على المركز 401 عالمياً في تصنيف شنغهاي للجامعات والذي يُعنى بالمرجات البحثية وجودة أعضاء هيئة التدريس، وجودة التعليم وكذلك الأداء مقارنة بحجم الجامعة، كما حصلت على المرتبة 448 في تصنيف QS العالمي.

-لديها بنية تنظيمية وتخطيطية في التعلم الإلكتروني وجهود بارزة وتنظيم في الوحدات على مستوى الكليات، تهتم بإنشاء قواعد المقررات الدراسية إلكترونياً، ومساعدة أعضاء هيئة التدريس في التدريب على نظم التعلم الإلكتروني، وظهور بارز لنشاطات فعلية (نوعياً وكمياً) إضافة إلى عدد من المبادرات التي تعطي الجامعة بعداً محلياً ودولياً.

- تهتم الجامعة بالأخلاقيات المهنية ووجود ميثاق شرف لأخلاقيات المهنة.

-هناك فرص بيئية تسعى الجامعة فعلياً من خلال إجراءات ممنهجة لاقتناصها في صورة تحالفات وعقود وشرارات بحثية؛ لتعظيم الاستفادة من شركاء النجاح في مجال الإبداع البحثي.

-أشارت نتائج الدراسة الميدانية التي هدفت إلى رصد مؤشرات تشكيل الهوية البحثية للجامعات في ضوء برنامج التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي من وجهة نظر القيادات الأكاديمية وأعضاء هيئة التدريس؛ إلى أن إجمالي أهمية مؤشرات الهوية البحثية جاءت بدرجة "عالية جداً"، وجاء الإجمالي للعناصر دالاً إحصائياً، وهذا يدل على أنها حصلت على حد الكفاية، وتجاوزته في بعض العناصر؛ حيث حصلت على تقدير عال جداً، ولم يسجل أي عنصر من عناصر مؤشرات الهوية على أي درجة أقل من المتوسط.

-أشارت نتائج تقييم عناصر البيئة الداخلية والخارجية المؤثرة على تشكيل الهوية البحثية إلى أن مجموع متوسطات الأوزان النسبية لجوانب القوة والفرص يزيد عن مجموع متوسطات الأوزان النسبية لجوانب الضعف والتهديدات؛ بما يوضح أن الوضع الراهن في الجامعة به جوانب قوة، يمكن استثمارها لزيادة الموارد المالية؛ وأن التوجه البحثي للجامعة على الطريق الصحيح بالرغم من حدائته.

6- تم تحديد القضايا/المجالات الإستراتيجية، وترتيب أولويات التطوير في ضوء نتائج التحليل البيئي (SWOT)، ومصفوفة التحليل الرباعي والبدائل الإستراتيجية، وكذلك في ضوء نتائج الدراسة الميدانية، والتي كان من أبرز نتائجها ترتيب مؤشرات الهوية البحثية في الجامعة وفقاً لدرجة الأهمية، وبذلك أمكن إبراز المجالات الإستراتيجية ذات التأثير في بناء الإستراتيجية المقترحة للهوية البحثية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي كالتالي:

● تطوير منظومة البحث العلمي

● تطوير الموارد المالية والمادية

● استثمار القدرات البحثية

● تطوير البنى التنظيمية البحثية

ثالثاً: الصياغة الإستراتيجية **Strategy Formulation**: يمكن عرض تفاصيل هذه المرحلة على النحو التالي:

الرؤية: "منظومة بحثية تنافسية وإنتاج معرفي بهوية محلية وعالمية". ولذا يجب أن تركز الرؤية الاستراتيجية للبحث العلمي على السمات البحثية بحيث تأتي متوافقة مع برامج ومشاريع الخطة الاستراتيجية البحثية وتتبنى استراتيجيات التميز وترتبط بالتوجه الاستراتيجي لخطط التنمية والتحول نحو مجتمع المعرفة.

الرسالة: "بناء هوية بحثية تنافسية من خلال بيئة بحثية محفزة على الإبداع، وتعاون مجتمعي وعالمي مثمر."

القيم:

- الاستباقية: وهي المكون الرئيس للإبداع البحثي وهي عبارة عن المبادرات المتبناة من قبل إدارة الجامعة، والميل نحو توقع الاحتياجات المستقبلية والتغيرات في المجتمع والبيئة المحلية، والأساليب والتقنيات المعاصرة؛ لتقديم خدمات ومخرجات ذات مستوى متميز من الجودة بشكل أفضل من منافسيها؛ لتحقيق أهدافها على المدى البعيد.
 - الإبداع والابتكار: حيث يكون التجديد بطرح أفكار بحثية جديدة، ترتبط بأولويات الدولة البحثية وترتبط بالتكنولوجيا، في الخدمات والأفكار والإجراءات والعمليات؛ للتأثير في السلوك البحثي الإبداعي، الذي يحدد بدء المشروعات البحثية.
 - الاستقلالية: ويراد بها درجة توفر الحرية للقيادات ورؤساء الأقسام فيما يتعلق بالأبحاث، والاستقلالية في جدولة أعمالهم، وتحديد الإجراءات وطرق تنفيذ العمل.
 - التفرد: أي إدخال طرق جديدة، سواء أكانت تكنولوجية أم منتجات جديدة أم طرقاً وأساليب جديدة في إدارة التنظيم الجامعي وهيكلته، وذلك بصورة مختلفة عن الآخرين؛ بما يحقق الميزة التنافسية على المدى الطويل.
 - المستقبلية: التنافس على الفرص المستقبلية للسوق البحثي في المستقبل، وليس على السوق الحالي من خلال الاستثمار الأمثل للقدرات.
 - التنافسية: تقوم على أساس مكانة الجامعة بين المؤسسات العالمية فضلاً عن المحلية وتعتمد على تقديم خدمات بحثية وتعليمية ومجتمعية عالية الجودة، ترتبط بالمجتمع ارتباطاً وثيقاً، وتحرص على نوعية المخرجات البحثية والاستغلال الأمثل للتكنولوجيا وتتطلب قدرة تسويقية عالية تساهم في استقطاب العلماء والباحثين محلياً وعالمياً.
- المجالات والغايات والأهداف الاستراتيجية المقترحة:
- لضمان وجود هوية بحثية داعمة لتحقيق الرؤية والرسالة والقيم؛ ولتمكين واضعي السياسات والقيادات الأكاديمية من المساهمة في إحداث تغييرات في منظومة البحث العلمي في جامعة الملك خالد، من الأهمية تحديد الغايات والأهداف الاستراتيجية التي تتيح وضع مؤشرات قابلة للقياس والتقييم المستمر، في ضوء المجالات والقضايا الاستراتيجية التي تم التوصل إليها من التحليل الإستراتيجي، ويمكن عرضها على النحو التالي:

جدول (٢٦) الغايات والأهداف الاستراتيجية في ضوء التحليل البيئي

م	الغايات/المجالات	الأهداف الاستراتيجية
1	تطوير منظومة البحث العلمي	أ. بنية تحتية بحثية جاذبة وداعمة. ب. تطوير البيئة البحثية والتعليمية الداعمة. ج. بناء ثقافة داعمة لتقدير العلم والعلماء.
2	تطوير الموارد المالية والمادية	أ. تنويع مصادر تمويل البحث العلمي. ب. استثمار وتسويق المنتجات البحثية. ج. تشكيل صناديق للبحث العلمي يسهم فيها القطاع الخاص. د. بناء شراكات مع مؤسسات المجتمعات الصناعية والخدمية والإنتاجية والمراكز البحثية والمستثمرين والدولة ورجال الأعمال والجامعات الأخرى على المستوى المحلي والإقليمي والدولي. هـ-توفير معلومات عن خدمات الجامعة واحتياجات الجهات المختلفة وتيسير أنظمة وإجراءات الشراكة.
3	استثمار القدرات البحثية	أ. تطوير واستثمار الموارد البشرية. ب. تشجيع الفرق البحثية من أعضاء هيئة التدريس في الجامعات. ج. تنمية مهارات البحث العلمي لدى طلاب الدراسات العليا والباحثين.
4	تطوير البنى التنظيمية البحثية	أ. مراجعة فعالية الهيكل التنظيمي للجامعة؛ بما يدعم متطلبات الهوية وتطوير البحث العلمي. ب. التحديد الواضح للسياسات والعمليات الإدارية للبحث العلمي. ج. تطوير آليات اختيار الكوادر البحثية والإدارية الخاصة بالبحث العلمي. د. وضع آليات للمساءلة والشفافية للقيادات الإدارية المعنية بإدارات البحث العلمي.

رابعاً: تنفيذ الإستراتيجية Strategy Implementation:

في هذه المرحلة تتضح ملامح خطة العمل "Action Plan" أو الخطة التنفيذية المقترحة للهوية البحثية، من حيث الغايات والأهداف الإستراتيجية، والأهداف الإجرائية، وكذلك أنشطة التنفيذ، ومؤشرات الإنجاز، والمدى الزمني المقترح لتنفيذها، على أن يتم تقدير تكلفة الإستراتيجية طبقاً للموازنة العامة وميزانية الجامعة والاتفاقيات التي يمكن توقيعها بين الجامعة والشركاء المحليين والدوليين، ويمكن توضيح إجراءات الخطة التنفيذية في صورتها النهائية بالجدول التالي:

جدول (٢٧) الخطة التنفيذية للاستراتيجية المقترحة للهوية البحثية للجامعات السعودية في ضوء التمويل المؤسسي لدعم البحث العلمي

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
1 تطوير منظومة البحث العلمي	أ. بنية تحتية بحثية جاذبة وداعمة	أ/1- وضع استراتيجية للبحث العلمي والتطوير تتلاءم مع استراتيجية التنمية المستدامة بالملكة.	أ/1 إعداد خريطة بحثية في ضوء الأولويات الوطنية والفرص المناطقية. أ/2 إعداد الخطط والخرائط البحثية على مستوى الأقسام بالكلية.	الخطط والخرائط البحثية	الجامعة ومراكز البحث
		أ/2- وضع استراتيجية خطط بحثية في ضوء رؤية المملكة 2030 وفي ضوء مبادرات وزارة التعليم.	أ/2 إعداد خارطة بحثية لأولويات وتوجهات عمادات البحث. أ/3 تفعيل دور الأقسام والكلية من خلال دعمها تنظيمياً ومالياً لإبراز هويتها في أدوارها البحثية والعلمية والمجتمعية		
		أ/3- تدعيم البنية التحتية التكنولوجية والمعلوماتية.	أ/3 تطوير المكتبات الجامعية وتحديث مصادر المعلومات وتقنياتها من خلال لجان تقييم وتطوير المكتبات الجامعية. أ/2/3 إعداد برامج تنمية مهنية للعاملين والمختصين بالمكتبات. أ/3/3 تأسيس المكتبات الإلكترونية المركزية.	مكتبات محلية وعالمية	الجامعة ومراكز التطوير الجامعة ومراكز التطوير وكلية الحاسب والمعلومات
		أ/4- تطوير برمجيات النشر الإلكتروني وإدارته.	أ/4/1 توفير المجلات الدورية المحلية والعربية والدولية ورقياً وإلكترونياً من خلال عقد شراكات واتفاقيات مع الدوريات العلمية المحلية والعربية والدولية.		
		أ/5- تطوير المعامل والمختبرات والتجهيزات البحثية.	أ/5/1 تشكيل لجان مختصة بتجهيز المعامل البحثية. أ/5/2 توفير الهيئات الفنية لمساعدة الباحثين في إجراء الأبحاث المعملية.	وجود معامل وتجهيزات مادية حديثة	الجامعة والمراكز البحثية
		أ/6- إنشاء قواعد بيانات عالمية.	أ/6/1 إنشاء قاعدة بيانات للمراكز والهيئات البحثية من خلال تشكيل	سهولة الوصول	المكتبات والمعلومات

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
			لجان مختصة باستحداث قواعد البيانات البحثية.	للبيانات وتوفرها	
		أ/7- إصدار دوريات لنشر البحوث العلمية تتواكب مع المستوى العالمي		حضور محلي وعالمي	المراكز الإعلامية
	أ/8-إنشاء وحدات ترجمة لعدة لغات.			الجامعة ومراكز التطوير وكليات اللغات والترجمة	
	ب- تطوير البيئة البحثية والتعليمية الداعمة	ب/1- تحديث البرامج البحثية والمناهج والمقررات وتضمينها استراتيجيات تعليم وتعلم تحقق نمو مستويات عليا من التفكير وتدعم التعلم الذاتي والمستمر، وأنشطة داعمة للبحث والتطوير والابداع.	ب/1/1 تقييم أداء الجامعة في ضوء مستويات معيارية محلية ودولية للإنجاز والتميز من خلال التركيز على الاتساق والتميز البحثي. ب/2/1 توفير برامج تبرز التخصصات البيئية مع متطلبات البيئة المجتمعية في تلك التخصصات. ب/3/1 تفعيل العلاقة بين نتائج الأبحاث والتدريس من خلال التوجه نحو تفعيل استراتيجيات التدريس التي تعمق مشاركة الطلاب والباحثين في التعلم مدى الحياة بما ينعكس على الممارسات المستقبلية. ب/4/1 دمج البرامج البحثية مع منظور الاستدامة والاحتياجات المحلية والقدرة التنافسية العالمية من حيث تنظيمها ونوعها ومحتواها. ب/5/1 التنوع في طرق وأساليب التعلم باستخدام استراتيجيات التعلم التي تركز على الابتكار والابداع البحثي والريادة؛ مثل المعمول بها في الجامعات العالمية الرائدة.	-وجود نظم معتمدة ومحددة لتقييم أداء الجامعة البحثي -وجود مخرجات نوعية يتطلبها سوق العمل وتحقق والاستدامة	الجامعة مراكز التطوير والجودة المراكز البحثية
			ب/2/2 توفير الإمكانات المادية من قاعات ومعامل والبشرية من أعضاء هيئة التدريس المتميزين.	زيادة عدد الأبحاث التطبيقية في المجالات الحيوية	الجامعة والمراكز البحثية
	ب/2- توفير المستلزمات البحثية والتعليمية الداعمة لبيئة إبداعية.				

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
		ب/3- إقامة مراكز لتنمية ومأسسة الموهبة والإبداع البحثي، وتبني أفكارها بالتنسيق مع مؤسسات وأفراد المجتمع من رجال الأعمال والمستثمرين، وجذب الطلاب والباحثين للالتحاق بها.	ب/1/3 العمل على إنشاء كيانات تُعنى بالموهبة والإبداع البحثي وتتبنى نشاطات ريادة الأعمال وتتابع تنفيذها وجوانب قوتها وضعفها. ب/2/3 تشكيل وحدات وإدارات تدعم الروابط البحثية مع قطاعات المجتمع المختلفة		الجامعة المراكز البحثية مراكز التطوير إدارة الموارد البشرية بالجامعة
		ب/4- التوسع في التخصصات العلمية التطبيقية.	ب/1/4 توفير الحوافز والمكافآت التشجيعية للطلاب والباحثين أصحاب الأفكار البحثية ذات القيمة المضافة	زيادة عدد الباحثين في المجالات النوعية	الجامعة ومراكز التطوير
		ب/5 - تطوير الفكر التربوي الداعم لبناء شخصيات مستقلة ومبتكرة.	ب/1/5 تعزيز ثقافة البحث العلمي من خلال إقامة اللقاءات والندوات العلمية.	تحقيق الاحتياجات المجتمعية	الجامعة ومراكز التطوير وكالة الأعمال والشراكة المجتمعية بالتعاون مع مؤسسات المجتمع الإنتاجية والخدمية
		ب/6- التوسع في برامج التدريب الميداني بالمؤسسات المجتمعية ذات العلاقة بالتخصص.	ب/1/6 تأسيس مراكز توظيف مشتركة بين الجامعة ومؤسسات المجتمع تعمل على تبني خطط ومسارات وظيفية متجددة. ب/2/6 تكوين شراكة حقيقية وتنظيمية فعالة مع البعد الاجتماعي ب/3/6 توجيه المشاريع البحثية في برامج الدراسات العليا من خلال بناء شراكة معلنة مع مؤسسات المجتمع المحلي بإشراف أكاديمي.		

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
2 تطوير الموارد المالية والمادية	١. تنويع مصادر تمويل البحث العلمي	أ/1- تشجيع القطاع الخاص للمساهمة في دعم وتمويل البحث العلمي وزيادة الاسمار.	أ/1/ استقطاب الخبراء ورجال الأعمال؛ لدعم البحث العلمي بفعالية من خلال مساهماتهم المادية من خلال صياغة خطط مالية لجذب تمويل الأفكار البحثية الريادية. أ/2/ استقطاب خبراء الصناعة؛ للمساهمة في تقديم أفكارهم لتطوير الإبداع البحثي؛ بما يخدم القطاع في منطقة الجامعة من خلال تقديم برامج حاضنة لتمويل الإبداع البحثي والابتكارات البحثية لتحويلها إلى منتجات اقتصادية. أ/3/ التعاقد مع الشركات ذات السمعة في دعم الأبحاث والمشروعات البحثية للباحثين. أ/4/ بناء خطة للمشاركة الاستثمارية لتمويل البحث العلمي.	-ارتفاع عدد مبادرات القطاع الخاص ورجال الأعمال؛ لتقديم الدعم المالي اللازم من منح وتبرعات ورعاية للمشروعات البحثية. -زيادة التعاقدات مع الشركات ذات السمعة -وجود فرق فنية؛ لتسويق واستثمار الأبحاث لدى قطاعات المجتمع.	الجامعة ومراكز التطوير
		أ/2- استقطاب المنصات الإلكترونية والصناديق الاستثمارية ورأس المال المخاطر لتمويل المشروعات البحثية وريادة الأعمال بالجامعات.			
		أ/3 استثمار الدعم المالي الموجه من التمويل المؤسسي لدعم الأبحاث النوعية	أ/3/ وضع خطط استراتيجية استثمارية للابتكارات البحثية قائمة على التمايز والتنوع والتركيز على العوائد المالية للبرامج والمشروعات البحثية.	زيادة العوائد الاقتصادية المستدامة	الجامعة ومراكز التطوير العلاقات العامة بالجامعة

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
ب. استثمار وتسويق المنتجات البحثية		ب/1- إدارة استثمار موارد الجامعة القابلة للاستثمار سواء المادية أو البشرية.	ب/1/1 تحديد الأولويات لبناء واستدامة مشاريع البحث ضمن الأولويات الوطنية وأولويات التمويل المؤسسي. ب/2/1 التوسع في مراكز التميز البحثي والكراسي البحثية؛ من خلال إعداد خطط ودراسات جدوى للتوسع في الكراسي البحثية، ومراكز التميز البحثي في الجامعة. ب/3/1 تفعيل دور المراكز البحثية.	-وجود فائض مالي لإنجاز المشروعات الريادية ذات الكلفة العالية -ارتفاع مبادرات رجال الأعمال لتقديم المنح والتبرعات والمشروعات البحثية	
		ب/2- ترجمة الأبحاث التطبيقية المنشورة بصورة إلكترونية لعدة لغات لجذب مستثمرين أجانب.	ب/2/1 تأسيس إدارات خاصة بترجمة الأبحاث وتسويقها. ب/2/2 وضع آليات لنشر البحوث وتسويقها	زيادة المستثمرين	الجامعة ومراكز التطوير كليات اللغات والترجمة
		ب/3- تطبيق نتائج الدراسات التطبيقية لرسائل الماجستير والدكتوراه.	ب/3/1 تشكيل لجان مختصة تقوم بتوفير قنوات وآليات للتواصل بين الباحثين والجهات المستفيدة من مخرجات الأبحاث العلمية لتطبيق بحوثهم.		مراكز التطوير والعلاقات العامة بالجامعة
		ب/4- استثمار نتائج الدراسات التطبيقية لرسائل الماجستير والدكتوراه.	ب/4/1 تشكيل لجان مختصة تقوم بتفعيل الشراكة بين المؤسسات البحثية والجهات المستفيدة من نتائج الأبحاث العلمية		
		ب/5- تشجيع البحوث التطبيقية الابداعية، وربطها باحتياجات تطور المؤسسات المجتمعية الخدمية والصناعية والانتاجية بالقطاع العام والخاص على المستوى الإقليمي والمحلي والدولي.			الجامعة ومراكز التطوير وإدارات العلاقات الدولية
		ب/6- إنشاء مراكز لتسويق البحوث العلمية والخدمات الاستشارية.	ب/6/1 إقامة المعارض العلمية لتسويق الإنتاج البحثي للباحثين		الجامعة ومراكز التطوير
		ب/7- إقامة المعارض التسويقية للمنتجات الجامعية البحثية.	ب/7/1 تخصيص ميزانيات لإقامة الفعاليات والمؤتمرات البحثية.		

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
		ب/8-تسويق الأبحاث؛ بما يتناسب مع احتياجات سوق العمل.	ب/8/1 تشكيل لجان ترويجية للبحث العلمي.		
		ب/9- إنشاء جمعيات علمية إقليمية ومحلية لترويج البحث العلمي والتعاون مع الجمعيات العلمية المحلية والأجنبية في المجالات المتنوعة.	ب/9/1 تشكيل جمعيات ولجان مختصة باستحداث حاضنات بحثية وتكنولوجية وتحديد متطلباتها. ب/9/2 تشكيل لجان تختص بتفعيل العلاقة بين الباحثين والجهات ذات العلاقة.		
	ج. تشكيل صناديق للبحث العلمي يسهم فيها القطاع الخاص.	ج/1 تفعيل دور القطاع الخاص للمشاركة في دعم وتمويل البحث العلمي	ج/1/1 وضع نظام واضح لصناديق استثمار البحث العلمي؛ بالتعاون مع صناديق الاستثمار في قطاعات المجتمع؛ لتنفيذ أبحاث مشتركة تحقق فوائد مالية للجامعة.	وجود فوائض مالية؛ لإنجاز الأبحاث الريادية ذات التكلفة المرتفعة.	صناديق الاستثمار الجامعة-رجال الأعمال- إدارة العلاقات العامة بالجامعة
	د. بناء شراكات مع مؤسسات المجتمع الصناعية والخدمية والإنتاجية والمراكز البحثية والمستثمرين والدولة ورجال الأعمال والجامعات الأخرى على المستوى المحلي والإقليمي والدولي.	د/1-نشر ثقافة الشراكة في المجتمع.	د/1/1 إطلاق برامج توعوية مجتمعية؛ للتوعية بأهمية الشراكة بين الجامعات ومؤسسات المجتمع في المجال البحثي، والخدمات التي يمكن أن تقدمها الجامعة لها.	زيادة الشراكات بين الجامعة ومؤسسات المجتمع	الجامعة وكالة الأعمال والشراكة بالجامعة
	هـ-توفير معلومات عن خدمات الجامعة واحتياجات الجهات المختلفة	هـ/1- إنشاء قواعد بيانات عن المنتجات البحثية للجامعة، وأنشطتها البحثية.			الجامعة المراكز الإعلامية إدارة التدفق المعرفي
		هـ/3- توفير قواعد بيانات عن الأنشطة البحثية لمراكز البحوث والمؤسسات ذات الصلة بالنشاط البحثي والتطوير.			

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
	و. تيسير أنظمة وإجراءات الشراكة	و/1- تطوير اللوائح والتشريعات المنظمة للسراكة في تمويل البحث العلمي من جهات خارجية بغرض الاستثمار، والأنشطة البحثية المشتركة للأغراض العلمية والتطويرية للمجتمع.	و/1- تشكيل لجنة لوضع آليات منظمة للشراكات في تمويل البحث العلمي ومتطلبات تنفيذها. و/2- تشكيل لجان للمتابعة والتطوير		الجامعة إدارة العلاقات الدولية
3 استثمار القدرات البحثية	أ. تطوير واستثمار الموارد البشرية	أ/1. وضع خطة لتحديد أولويات النشاط البحثي لأعضاء هيئة التدريس توازن بين العبء التدريسي والنشاط البحثي	أ/1- تطوير الكفايات البحثية للباحثين بالجامعات من خلال التدريب والمؤتمرات والندوات وتبادل الخبرات على المستوى المحلي والإقليمي والدولي. أ/2- تأهيل القيادات الأكاديمية على مستوى الكليات، بما يتلاءم مع متطلبات التنمية المستدامة أ/3-1- التوسع في برامج الابتعاث الخارجي. أ/4-1- التوسع في برامج البحث والإبداع. أ/5-1- تحسين الوضع المالي ومنح الحوافز. أ/6-1- منح الحرية الأكاديمية والبحثية. أ/7-1- تشكيل لجان مختصة لوضع آليات للتوازن بين النشاط البحثي والعبء التدريسي لعضو هيئة التدريس.		الجامعة ومراكز التطوير
			أ/2- تطوير الكفايات البحثية للباحثين بالجامعات.		
		أ/3- تأهيل القيادات الأكاديمية على مستوى الكليات، بما يتلاءم مع متطلبات التنمية المستدامة	أ/3-1- تنمية الرؤية النقدية والتفكير الريادي والنهج الاستباقي لدى القيادات الأكاديمية وأخذ المخاطرة وإيجاد القيمة. أ/2-3- تشكيل لجان مختصة بالتنمية المستدامة الريادية ذات القيمة المضافة.		

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
		أ/4- تحسين الوضع المالي ومنح الحوافز.	أ/6/1 توفير الحوافز المادية والمعنوية للأساتذة المتميزين وأعضاء هيئة التدريس للإسهام في الإنتاج البحثي الذي ينعكس على الجامعة محلياً وإقليمياً ودولياً.		
		أ/5- منح الحرية الأكاديمية والبحثية.	أ/5/1 الجديدة في استقلالية الجامعات وإعطاء الصلاحيات والحرية للقيادات الأكاديمية؛ لاتخاذ القرارات بما تحتاجه الجامعات من تطوير في نظمها.	وزارة التعليم الجامعة	
		أ/6- تطوير برامج الدراسات العليا في البحوث التطبيقية.	أ/6/1 دعم الاستثمارات الاستراتيجية البحثية في برامج الدراسات العليا محلياً وإقليمياً ودولياً أ/6/2 العمل على تحديد الهوية البحثية للجامعة من خلال التنسيق بين البرامج المقدمة من الجامعة.	الجامعة ومراكز التطوير	
		أ/7- توفير الدعم البحثي المعلوماتي.	أ/7/1 تسهيل الوصول الحر للبيانات والمعلومات البحثية	الجامعة مراكز التطوير شؤون المكتبات	
		أ/8- تشجيع النشر الدولي.			
		أ/9- تنسيق الجهود البحثية في المؤسسات البحثية المختلفة.		تشكيل فرق عمل بحثية	
		أ/13- وضع آلية لاستقطاب الكفاءات البحثية والعلمية	أ/13/1 تشكيل لجان مختصة لوضع الآليات لتحديد احتياجات الجامعة من التخصصات المختلفة لاستقطاب الكفاءات البحثية والعلمية.		
		أ/14- تطوير آلية الإشراف العلمي وإجراءات المناقشة للرسائل العلمية	أ/14/1 تشكيل لجان لتقييم واقع الإشراف العلمي على البحث العلمي والرسائل العلمية	الجامعة ومراكز التطوير	
		ب/1- إشراك باحثين دوليين ضمن الفرق البحثية الوطنية في المشاريع البحثية؛ لنقل خبراتهم للباحثين الوطنيين فيما يخص تطبيق المعايير البحثية المحلية والدولية.	ب/1/1 تكوين فرق عمل ذات التعددية الثقافية لإنجاز مخرجات بحثية عالية الجودة والعمل على حماية حقوقهم الفكرية. ب/2/1 تقديم جوائز تنافسية تعطي الأولوية للبحوث المشتركة.	-وجود فرق عمل متنوعة -زيارة البحوث البيئية	
	ب. تشجيع الفرق البحثية من أعضاء هيئة التدريس بالجامعات				

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
		ب/2 تطوير الشراكات والتعاون البحثي بين الجامعات في البحث العلمي	ب/2/1 تشكيل لجان مختصة بتطوير التعاون البحثي بين الجامعات في البحث العلمي ب/2/2 عقد الاتفاقيات والشراكات المحلية والإقليمية والدولية للقيادات الأكاديمية في مجال البحث العلمي	زيادة عدد البعثات الإقليمية والدولية، وارتفاع نسبة المبتعثين في مجال البحث العلمي	الجامعة مراكز التطوير إدارة التعاون الدولي
	ج. تنمية مهارات البحث العلمي لدى طلاب الدراسات العليا والباحثين	ج/1 بناء مهارات الطلاب والباحثين في البحث العلمي	ج/1/1 إعداد وتنفيذ برامج تدريبية نوعية بحثية وتعليمية؛ للتدريب على مهارات البحث العلمي		الجامعة مراكز التطوير
4 تطوير البنى التنظيمية البحثية	أ. مراجعة فعالية الهيكل التنظيمي للجامعة؛ بما يدعم متطلبات الهوية وتطوير البحث العلمي	أ/1- عقد ورش عمل للمختصين بالهيكل التنظيمية والبحث العلمي. أ/2- اتساق الإجراءات التنظيمية بالجامعة مع متطلبات الإبداع البحثي. أ/3- تحديد الصلاحيات بين الإدارات المعنية بالدراسات العليا والبحث العلمي.	أ/2/1 إعداد دليل تنظيمي موضح به إجراءات الاستفادة من خبرات الجامعات المحلية والإقليمية والعالمية في الإبداع البحثي	إصدار أدلة تنظيمية موضح بها إجراءات وممارسات الجامعات ذات الخبرات المحلية والعالمية في الإبداع البحثي	الجامعة ومراكز التطوير
		أ/4- إعادة هيكلة العمليات والنظم الإدارية والتشريعية فيما يتعلق بالبحث العلمي.	أ/4/1 تبني هيكل مرنة كالهياكل الشبكية؛ استجابة للتطورات التنظيمية والتكنولوجية والبيئة السائدة؛ بما يدعم البحث العلمي. أ/4/2 بناء فرق عمل متنوعة ذات تعددية ثقافية لتفعيل البحوث ونتائجها في الإعداد والتطوير للعمليات الأكاديمية، وبناء الخطط البحثية.	ظهور بعض الهياكل والبنى التنظيمية المستحدثة، والتي من شأنها دعم جهود الجامعة نحو بناء هوية بحثية	الجامعة مراكز التطوير الاستشارات القانونية بالجامعة
	ب. التحديد الواضح للسياسات والعمليات الإدارية للبحث العلمي.	ب/1- تنظيم العمليات الإدارية المتعلقة بالأبحاث العلمية ورعاية ودعم أصحاب الأبحاث النوعية المبتكرة.	ب/1/1 العمل على توفير حاضنات الأعمال. ب/1/2 تقديم الاستشارات البحثية. ب/1/3 متابعة الطلاب والباحثين ذوي الأفكار البحثية الابتكارية. ب/1/4- اعتماد مؤشرات الهوية البحثية ومعايير الهوية القانونية		

الغايات/ المجالات	الأهداف الاستراتيجية	الأهداف الإجرائية	أنشطة التنفيذ	مؤشرات الإنجاز	جهة التنفيذ
			للبحث العلمي لحماية الملكية الفكرية.		
		ب/2- تطبيق سياسة إدارة الأبحاث والمشروعات البحثية الريادية وتعظيم عوائدها	ب/1/2- عقد التحالفات والشراكات الاستراتيجية؛ والتوسع في الموارد المالية المستدامة لتطبيق التدويل في مجال الأبحاث الريادية. ب/2/2- تفعيل تسويق الأبحاث العلمية. ب/3/2- استثمار موارد ومقدرات المشروعات البحثية.	تشكيل فرق بحثية واستقطاب المتميزين من الباحثين والعلماء	الجامعة- وحدة التعاون الدولي
	ج. تطوير آليات اختيار الكوادر البحثية والإدارية الخاصة بالبحث العلمي	ج/1 تشكيل لجان مختصة لوضع معايير علمية لاختيار الكوادر البحثية والإدارية.			الجامعة
	د. وضع آليات للمساءلة والشفافية للقيادات الإدارية المعنية بإدارات البحث العلمي	د/1 توفير نظم للرقابة والمساءلة والشفافية المتعلقة بالبحث العلمي	د/1/1 عقد ندوات ودورات وورش عمل تثقيفية حول الشفافية والمساءلة الإدارية	مستوى صحيح ومتسق لقياس الأداء البحثي	الجامعة ومراكز التطوير

التقويم والتحكم للإستراتيجية المقترحة Evaluation and Control:

تتضمن عملية التقويم والتحكم أن تحقق الجامعة ما حددته لإنجازه، وتقارن الأداء بالنتائج المرجوة، وتوفر التغذية الراجعة اللازمة للإدارة لتقييم النتائج واتخاذ الإجراءات التصحيحية، وذلك من خلال عمل متابعة وقائية قبل التنفيذ، للتأكد من سلامة إعداد الإستراتيجية وصياغة أهدافها، وتوفير الشروط الكافية لنجاحها في تحقيق الأهداف الإستراتيجية، ومراعاة المستجدات التي قد تعيق عملية التنفيذ، ثم المتابعة المتزامنة، وهي المرحلة التالية، حيث تبدأ متزامنة مع مراحل تنفيذ الإستراتيجية المقترحة، وتستمر معها حتى الانتهاء منها، وتهدف إلى متابعة التنفيذ وفق الخطة الموضوعية، وتحديد مكامن الخلل - إن وجدت - ، ومعالجتها في حينها، وأخيراً متابعة ختامية؛ وهي عبارة عن تقديم التغذية الراجعة، والتي تبدأ بعد الانتهاء من تنفيذ العمليات، ويتم خلالها تحديد وتعديل الانحرافات، وتهدف إلى التقييم الكلي للإستراتيجية، ووضع الإجراءات التصحيحية. ويمكن تكوين لجنة خاصة للتأكد من تطبيق الإستراتيجية المقترحة على مستوى الكليات، وعقد لقاءات دورية مع الأطراف المشاركة؛ للتعرف على ما تم إنجازه وما لم يتم بعد التطبيق، وتقديم تقرير حول تلك الإنجازات ورفعها للجامعة، حيث تقوم الجامعة باستقبال كافة التقارير المرفوعة من اللجان الخاصة في الكليات، وتوثق ما تضمنته التقارير المرفوعة وتقوم بتصنيفها، ثم إصدار تقرير سنوي لتقييم ما تم إنجازه.

سادساً: معوقات محتملة قد تواجه تطبيق الاستراتيجية المقترحة Potential difficulties facing the implementation of the proposed strategy

من المتوقع مواجهة تطبيق الاستراتيجية المقترحة التي يتبناها البحث الحالي لبعض المعوقات باعتبار أن الاستراتيجية عمل تخطيطي لفترة مستقبلية تستلزم التنبؤ بالعقبات المحتملة التي يمكن أن تواجه تنفيذها ومن أبرز تلك المعوقات ما يلي:

- إيجاد بيئة تنافسية ومحفزة للبحث العلمي تحتاج إلى سنوات طويلة خاصة في نقل الفكرة من مرحلة البحث إلى مرحلة التطوير وصولاً إلى صناعة اقتصاد قائم على اقتصاديات المستقبل المستدامة.
- ضعف ربط الخطط الاستراتيجية البحثية بالتوجهات والأولويات البحثية للجامعة ومتطلبات الأولويات الوطنية.
- عدم وجود خارطة طريق للبحث العلمي وضعف الاتصال فيما بين الجامعات.

- مقاومة بعض العناصر في المؤسسة التعليمية من تبني السياسات والإجراءات والمداخل الإدارية الحديثة.
- ضعف التخطيط للتمويل وتنويع مصادره وكيفية استثماره حيث يتطلب بناء الهوية البحثية بجميع مجالاتها الدعم المادي الكبير.
- الضعف في طرح المبادرات البحثية النوعية التي تساهم في الاستثمار الأمثل للتمويل المؤسسي وتنويع مصادر التمويل الذاتية للجامعة.
- ضعف الهياكل التنظيمية التي تلبي حاجات العمل الاستراتيجي.
- ضعف التسويق للأبحاث وتنظيم الحملات الإعلامية لمخرجات البحث العلمي.
- صعوبات في كيفية تشكيل وتكوين فرق عمل بحثية للعمل في الأبحاث متعددة التخصصات.
- ضعف الجدية في الحرية المالية والأكاديمية، والحوكمة، والمساءلة في البحث العلمي.
- قلة الاهتمام بالقدرات البحثية وشغل أعضاء هيئة التدريس بمهام أكاديمية وإدارية.
- عدم وجود قاعدة بحثية إلكترونية متميزة تُحدث بشكل دوري ومستمر، تُعنى بالبحث العلمي التطبيقي في كافة المجالات العلمية المتقدمة، والبحوث البينية.

سابعاً: مقومات نجاح الاستراتيجية المقترحة **Ingredients for success of the proposed strategy**:

- بناء خطط استراتيجية وخارطة للبحث العلمي والتطوير تركز على التوجهات والأولويات البحثية للجامعة وتتوافق مع الأولويات الوطنية وربطها بخطة التنمية الشاملة على مستوى الدولة.
- توفير برامج ومبادرات بحثية تتناسب مع القدرات البحثية للجامعة والاحتياجات والفرص المناطقية لتحقيق تمويل بحثي مستدام.
- توظيف التشريعات الواردة في نظام الجامعات الجديد من حيث الاستقلالية والحرية الأكاديمية، وحوكمة المجالس التنظيمية بالجامعات طبقاً لاحتياجات السرعة في اتخاذ القرار، وتبني المساءلة والشفافية في البحث العلمي.
- تبني عمادات البحث العلمي في الجامعات لهذه الاستراتيجية، والاستفادة من برنامج التمويل المؤسسي في تحديث آليات دعم البحث العلمي.
- إقامة شركات وتحالفات قوية مع قطاع الإنتاج والصناعة داخلياً وإقليمياً ودولياً بحيث يتولى القيادة قيادات احترافية تتمتع بالخبرة في الشركات الدولية.
- تقييم أداء الجامعي الحالي والمأمول من حيث (النشر العلمي والمخرجات وبناء الفرق البحثية) وأن الجامعة على المسار الصحيح للبحث العلمي.
- توفير البيئة المحفزة للإبداع البحثي والابتكار وتطوير نظام الحوافز والمكافآت لدى الباحثين سواء العاملين بالجامعة أو نظرائهم بالقطاع الصناعي والشركات.
- استحداث لجان استشارية مشتركة من الجامعة، وقيادات المجتمع من ذوي القرار لتحديد حاجات المجتمع من الأبحاث وتأمين مصادر تمويلها ضمن منظومة متكاملة للشراكة البحثية والمالية والبشرية.
- تكوين فرق بحثية ذات التعددية الثقافية متعددة التخصصات بالجامعة ومراكزها البحثية من خلال تطبيق برامج متكاملة لتكوين فرق العمل البحثي.

- القدرة على بناء كيانات ومجالس تنظيمية وتمكين الأفراد من القيام بالأعمال المنسقة ضمن هيكل تنظيمي مرن يؤمن بالعمل التعاوني.
- القدرة على نشر الثقافة المشجعة على البحث العلمي وتنمية الهوية البحثية بالبيئة التنظيمية بالجامعات.
- وجود خطط للتسويق والاستثمار الجيد للأبحاث التي تقوم بها الجامعة والاهتمام بالأبحاث الابتكارية والتشجيع عليها.
- إعطاء أولوية في التطوير الفعلي لرأس المال البشري، والاهتمام بقيادات العملية البحثية التي بإمكانها تغيير النظرة إلى الإبداع البحثي لدى أعضاء هيئة التدريس الذي ينعكس على جودة المخرجات البحثية.
- تفعيل الأنظمة الإلكترونية الكافية لنشر الأبحاث وإدارة المعرفة بما يساهم في إظهار إمكانيات الجامعة في مختلف الأنشطة والعمق البحثي والأكاديمي وقابلية المعرفة للتطبيق.
- إنشاء وحدات للقياسات والمعايير العالمية للإنتاجية البحثية لأعضاء هيئة التدريس والباحثين تتولى تتبع المؤشرات العالمية، في هذا المجال.
- وجود قاعدة بيانات للأبحاث العلمية الجارية (قيد البحث)، والمجازة في كافة كليات الجامعة وإتاحتها على مدار الوقت لمجتمع البحث العلمي بالجامعة.

توصيات البحث

- تطبيق الاستراتيجية المقترحة والاستفادة مما ورد فيها نظراً لأهمية تشكيل الهوية البحثية للجامعات بالنسبة للاقتصاد والتنمية المستدامة بالملكة.
- تشكيل فرق عمل بحثية من تخصصات متعددة لإجراء البحوث ذات التخصصات البينية المتعلقة بالمشكلات المحلية والعالمية، وتوفير نظم مرنة ودعم مادي قوي لتشكيلها، وإنشاء لجان ومراكز وكيانات تُعنى بالأبحاث ذات التخصصات المتعددة والقضاء على الفجوات الناتجة عن الانفصالية بين التخصصات الدقيقة.
- تحديد المجالات البحثية بناءً على الاحتياجات المحلية والعالمية وقدرات الجامعات واهتمامات الباحثين.
- تفعيل دور عمادات البحث العلمي بالجامعات السعودية.
- الارتقاء بمضمون الحضور الإلكتروني لمواقع الجامعات السعودية؛ مما يعزز هويتها ودورها ومكانتها، ويساعدها على تحقيق أهدافها، وتحويل رؤيتها إلى واقع ملموس من خلال تحفيز الإبداع البحثي، وتحقيق أعلى استثمار ممكن للموارد المتاحة، ووضع أكثر من نموذج اقتصادي لإتاحة المحتوى الرقمي عملاً بمبدأ الوصول الحر للمعرفة.
- دعم البحوث الحيوية والتطبيقية التي تهتم بالحلول العملية للمشاكل المحلية والعالمية، عن طريق التعاون مع الشركات المحلية والعالمية لتحقيق الابتكار والتطوير التقني.
- تقديم رؤى وخطط استراتيجية ومشاريع بحثية ذات جودة عالية تتوافق مع أهداف برنامج التمويل المؤسسي للاستفادة من الدعم المالي المقدم للجامعات من خلال رفع كفاءة المنتجات البحثية والمنافسة في إنتاج المعرفة النوعية.
- التوسع في البرامج البحثية وفق رؤية استراتيجية بمجال البحث العلمي تُعنى بحدثة وجودة البحث العلمي، وإنشاء مشاريع بحثية استثمارية تساهم في التمويل الذاتي.
- توفير التمويل اللازم لتطوير الهوية البحثية من خلال الاهتمام بتسويق الأبحاث والخدمات البحثية بالجامعة، والاهتمام بالباحثين وتقديم الحوافز لاستقطاب العلماء والباحثين وطلاب الدراسات العليا البارزين للجامعة.
- تنويع مصادر التمويل وتعزيز ميزانية البحث العلمي من خلال الاستثمارات البحثية، والتوسع في عقد الشراكات والتحالفات البحثية، وبناء علاقات التعاون البحثي المشترك المحلية والدولية.

- تحويل الأفكار البحثية إلى منتجات اقتصادية وتحديد الأطر التشريعية لحماية الملكية الفكرية على اختلاف أنواعها ضمن إطار اللوائح والتشريعات التي تنظم العمل البحثي بالجامعات.
 - التواجد الفاعل بكافة اللغات الأجنبية وتعزيز الإنتاج البحثي والنشر العلمي بكافة أشكاله على المستوى الفردي والمؤسسي، والذي يعكس كافة الإنجازات البحثية.
- مقترحات البحث**

- إجراء دراسات موسعة لهياكل الجامعات السعودية تتناول البرامج والأنشطة التي تلبي الاحتياج المجتمعي والمناطق بكل جامعة، وتعكس الواقع الفعلي للجامعة.
 - استراتيجية مقترحة لإعداد مؤشرات البحث العلمي واتجاهاته وتوجهاته بالجامعات السعودية ودعم تطبيقاته لاحتياجات المجتمع السعودي.
 - رؤية مقترحة لتمويل فرق العمل البحثية متعددة التخصصات في ضوء التجارب العالمية.
 - تطوير السياسات البحثية للجامعات السعودية في ضوء برنامج التمويل المؤسسي.
 - إجراء دراسة مقارنة عن معوقات الهوية البحثية في الجامعات المتقدمة والجامعات السعودية.
 - واقع الإبداع البحثي لدى طلاب وطالبات الدراسات العليا بكلية التربية في جامعة الملك خالد.
- التمويل: "لم يتلق هذا البحث أي تمويل خارجي"

المراجع

- البدير، المتولي إسماعيل. (2020). تحسين مؤشرات البحث العلمي بجامعة المجمعة في ضوء توجهات رؤية المملكة 2030: سيناريوهات مقترحة. مجلة تطوير الأداء الجامعي: جامعة المنصورة - مركز تطوير الأداء الجامعي، ١٠(١)، 11 - 35.
- البلوي، محمد أحمد سالم. (٢٠٢٠). واقع حوكمة التمويل في الجامعات السعودية الحكومية: دراسة تحليلية. مجلة القراءة والمعرفة: جامعة عين شمس، ٢٢٣، ٢٢٣-٢٤٧.
- الجماعي، عزيزة أحمد؛ والهوب، أحمد غالب؛ والحميري، علي محمد (٢٠٢٠م). دور التخطيط الاستراتيجي في تطوير أداء القيادات الأكاديمية والإدارية في الجامعات الأهلية في محافظة إب - اليمن. مجلة جامعة الجزيرة، ٣ (٥)، ٣٣٧ - ٣٤٤.
- الحمدان، أمل راشد، والبقمي، مريم شارع. (٢٠١٩). استقلالية الجامعات السعودية في ضوء الخبرة الأمريكية وتطلعات رؤية المملكة. المجلة التربوية، (٦٢)، ١٩١ - ٢٤١.
- الخطة الاستراتيجية لجامعة الملك خالد. (2018-2020).
- الخطة الاستراتيجية المحدثة لجامعة الملك خالد (2030). (2023).
- الدباغ، مها عبدالله. (٢٠٢٣). معوقات النشر العلمي في المجلات العلمية المصنفة ضمن قاعدة بيانات (ISI) و (Scopus) من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس ببعض الجامعات بالدول العربية. مجلة العلوم التربوية والنفسية. ٧ (٤٣)، ١٠٠-١٢١.
- الدعفس، مريم عبدالعزيز علي. (2020). معوقات الإبداع البحثي لدى طالبات الدراسات العليا في الأقسام التربوية في جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية وسبل التغلب عليها من وجهة نظرهن "دراسة ميدانية". مجلة كلية التربية جامعة المنصورة. 110.
- 206-169.
- الدمخ، أمينة حمد؛ العتيبي، سامية تراحيب؛ البارقي، مصلحة حسين. (٢٠٢٠). تصور مقترح لتطوير نظام تمويل التعليم بالمملكة في ضوء رؤية ٢٠٣٠. المجلة العربية للآداب والدراسات الإنسانية، ٤ (١٥)، ١٧٧-١٩٨.
- الدوسكي، بفرين عارف حجي، والمحمود، سعد فاضل عباس. (٢٠٢٣). الهوية التنظيمية وأثرها في معالجة الإخفاق التنظيمي. مجلة جامعة دهوك، ٢٦ (٢)، ٦١٩-٦٣٩.

- الزهراني، فاطمة. (٢٠١٨، مارس ١٤-١٥). تطوير حوكمة الجامعات السعودية لتحقيق رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠ [ورقة عمل]. المؤتمر الثامن عشر للجمعية السعودية للعلوم التربوية والنفسية. التعليم ما بعد الثانوي: الهوية ومتطلبات التنمية. الجمعية السعودية للعلوم التربوية والنفسية. بجامعة الملك سعود، ٣١ - ٥٥.
- آل زاهر، علي بن ناصر. (2016). الهوية العلمية للجامعات السعودية واستجاباتها لاحتياجات المجتمع المتغيرة. مطابع جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية.
- السفياني، ماجد بن سفر. (٢٠٢٠). تصور مقترح لمصادر التمويل الذاتي ومتطلبات تحقيقها في الجامعات السعودية في ضوء بعض التجارب العالمية، رسالة دكتوراه غير منشورة كلية التربية، جامعة أم القرى.
- السلامي، موسى بروجي شامي. (2018). إدارة الابتكارات بالجامعات السعودية كمدخل لتعزيز مصادر تمويلها "تصور مقترح"، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، جامعة الملك خالد.
- الشنيفي، علي عبدالله سعد. (2019). بدائل مقترحة لتمويل التعليم العالي في المملكة العربية السعودية على ضوء تجارب بعض الدول المتقدمة. المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث والمركز القومي للبحوث، باريس، 2(10) ص 70-110.
- العبيري، فهد بن حمدان. (2018). إدارة فرق العمل البحثية متعددة التخصصات كمدخل لتنمية رأس المال المعرفي بجامعة تبوك: رؤية استشرافية. المجلة التربوية، 56، 541 - 572.
- العسيري، فاطمة يحيى. (2020). تطوير الإنتاج المعرفي بالجامعات السعودية في ضوء تصنيف التايمز " تصور مقترح" رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية قسم الإدارة التربوية والتخطيط، جامعة أم القرى.
- العتيبي، بدر بن جويعد، والأحمري، إلهام بنت محمد. (2019). الاحتياجات التنموية لاستقلالية الجامعات السعودية في ضوء رؤية 2030. مجلة جامعة الفيوم للعلوم التربوية والنفسية، 4 (12)، 95 - 139.
- العتيبي، نوره عبدالله عويض. (2022) دور البحث العلمي في ضوء فلسفة الجامعة المنتجة. المجلة العلمية جامعة أسيوط. 38(3)، 237-260.
- العمودي، هند أحمد حسين، العمودي، ريم أحمد حسين، ومحمد، آلاء أحمد عبدالمجلى. (2023) واقع الإبداع البحثي لدى طلاب وطالبات الدراسات العليا بكلية الاقتصاد والإدارة في جامعة الملك عبد العزيز: دراسة استكشافية. المجلة العربية للآداب والدراسات الانسانية، 28، 529 - 562.
- العيسى، أحمد. (٢٠١٦). تعليمنا إلى أين؟ مجلة المعرفة السعودية. (٢٤٧).
- الغامدي، علي عوض علي. (2019). جهود الجامعات السعودية في البحث العلمي وتحقيق الاستثمار المعرفي في ضوء رؤية المملكة 2030. مستقبل التربية العربية، 26(١١٧)، 243 - 268.
- الفرج، لولوة بنت صالح إبراهيم. (2021). تمويل التعليم العالي في المملكة العربية السعودية: التحديات والحلول: جامعة شقراء أنموذجاً. شؤون اجتماعية: جمعية الاجتماعيين في الشارقة، 38 (150)، 129-158.
- القحطاني، علي فهران محمد. (2020). رؤية مستقبلية لتمويل البحث العلمي بالتعليم الجامعي بالمملكة العربية السعودية في ضوء خبرات بعض الدول. مجلة القراءة والمعرفة، 230، 471 - 547.
- اللوكان، محمد فهاد. (٢٠٢٠). درجة توافر الأدوار القيادية لرؤساء الأقسام الأكاديمية بالجامعات السعودية في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠ (جامعة حائل أنموذجاً). مجلة العلوم التربوية والنفسية: جامعة القصيم. ١٤ (١)، ١٤٩-١٧٤.
- الماجد، ابتسام حمد عبدالله. (2018). تصور مقترح لبدايل تمويلية في الجامعات السعودية في ضوء فلسفة الجامعة المنتجة. مجلة الجامعة الإسلامية للدراسات التربوية والنفسية: الجامعة الإسلامية بغزة - شؤون البحث العلمي والدراسات العليا، 26(6)، 25-52.
- المالكي، مريم عبد الله. (2018). دور إدارة الكراسي البحثية في رفع تصنيف الجامعات السعودية. مجلة التربية: جامعة الأزهر، كلية التربية، 1 (179)، 769-٨١٧.
- المطيري، صيته بنت محمد بن بجاد. (٢٠١٩). إنشاء جامعات بحثية في المملكة العربية السعودية على ضوء التجارب العالمية: نموذج مقترح. رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية، جامعة الملك سعود، الرياض.

- المنقور، بندر. (٢٠١٩). العمل الأكاديمي والبحثي في السعودية وتحديات استقلالية الجامعات. الموسى، ناهد بنت عبدالله عبدالوهاب. (2020). خريطة بحثية مقترحة لأولويات أبحاث الإدارة التربوية بالجامعات السعودية في ضوء رؤية المملكة 2030. المجلة التربوية، ٣٤ (١٣٧)، 137-١٧٤.
- أبوشعشع، السيد محمد. (2022). الاتجاهات البحثية العربية المعاصرة في دراسة تأثيرات الإعلام الجديد على الهوية الثقافية العربية. المجلة العلمية لبحوث الإذاعة والتلفزيون.
- جامعة القصيم. (٢٠٢١). توصيات مؤتمر دور الجامعات السعودية في تفعيل رؤية ٢٠٣٠. <https://2u.pw/AeuM3>.
- جامعة الملك سعود. (2022). مبادرة التمويل المؤسسي للبحث والابتكار. <https://2u.pw/5Sr9o>.
- جامعة الملك عبدالعزيز. (2022). مبادرة التمويل المؤسسي للبحث والابتكار. <https://2u.pw/ltxaL>.
- جامعة المجمعة. (2022). مبادرة التمويل المؤسسي للبحث والابتكار. <https://2u.pw/8HhD1>.
- جامعة جازان. (٢٠٢٢). <https://jazanu.edu.sa/ar>.
- جمعة، سعيد تهامي (٢٠٢٠) نماذج وخبرات دولية في تطبيق مثلث المعرفة بالتعليم العالي وإمكانية تطبيقها في الجامعات المصرية، المجلة التربوية، جامعة سوهاج - كلية التربية ج ٦٨، ١٩ - ١
- خلف، منار سهيل. (٢٠١٧). درجة تحقيق الاستقلال الذاتي في الجامعات الفلسطينية بمحافظة غزة من وجهة نظر القيادات الجامعية وسبل تفعيلها. رسالة ماجستير منشورة، الجامعة الإسلامية بغزة.
- خليل، عصام عبدالهادي. (٢٠٢٠). دور جاذبية العلامة في العلاقة بين أبعاد هوية الجامعات الخاصة وعلامات محبة العميل للعلامة: دراسة ميدانية. (٢)٣، ٧٣٤-٧٩٦.
- الدليل التفصيلي لبطاقات مجالات ومؤشرات (الفئة العامة) للتصنيف السعودي لمؤسسات التعليم العالي المحلية. (٢٠٢١).
- سفر، منال عبدالرحمن محمد. (2021). استقلالية الجامعات السعودية في ضوء نظام الجامعات الجديدة: سيناريوهات بديلة. مجلة كفر الشيخ، كلية التربية، (101)، 67-117.
- عارف، أسامة بن حسن. (٢٠١٨). جودة مخرجات التعليم في الجامعات السعودية ودورها في تلبية متطلبات سوق العمل السعودي وفق رؤية ٢٠٣٠. مجلة البحث العلمي في التربية. ١٩ (4)، ٦٨٣ - ٧٤١.
- عبدالقادر، رمضان محمود عبدالعليم. (2019). الهوية العلمية لجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية ومدى تلبيتها لمتطلبات مجتمع المعرفة من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس. مجلة العلوم التربوية. 20، 459-561.
- غبور، أماني السيد. (2019). رؤية استراتيجية مقترحة لتطوير البحث العلمي في الجامعات المصرية لتعزيز قدرتها التنافسية. مجلة بحوث التربية النوعية. (54) 63-109.
- عسيري، علي أحمد حسن. (٢٠٢١). نموذج مقترح لجامعة بحثية سعودية في ضوء خبرات بعض الجامعات العالمية. رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الملك خالد.
- عسيري، فاطمة زكري محمد. (2016). الاستقلال الذاتي للجامعات السعودية: دراسة تحليلية في ضوء الإعلانات والمواثيق الدولية. مجلة كلية التربية، جامعة الأزهر، 3(168)، 685-719.
- عيد، هالة فوزي محمد. (2019). نحو استراتيجية مقترحة لعولمة البحث العلمي واستثماره في ضوء المسؤولية المجتمعية للجامعات. المجلة التربوية، كلية التربية، جامعة سوهاج، 68، 126-192.
- محضر، وفاء بنت عبدالعزيز عبدالله. (2019). دور الجامعات السعودية في توجيه البحوث العلمية لتحقيق أهداف رؤية المملكة 2030. مجلة القراءة والمعرفة: جامعة عين شمس - كلية التربية - الجمعية المصرية للقراءة والمعرفة، (٢١٥)، 227 - ٢٧١.
- مخلص، محمد محمدي محمد. (٢٠١٧). تصور مقترح لتطوير مشاركة كلفة التعليم العالي في المملكة العربية السعودية في ضوء بعض التجارب العالمية. المجلة العربية لضمان الجودة في التعليم الجامعي - اليمن، (٢٧) ٣-١٠.

- مصطفى، أميمة حلمي. (٢٠٢١). رؤية مقترحة لتطوير منظومة تمويل التعليم الجامعي بمصر في ضوء صيغة التمويل القائم على الأداء. مجلة البحث العلمي في التربية، ٣(٢٢).
- وزارة الاقتصاد والتخطيط. (٢٠٢٢). الهيئة العامة للإحصاء.
- وزارة التعليم. (٢٠٢١). تقرير ملتقى الكراسي البحثية ٢٠٢١. <https://2u.pw/9f1Zt>
- وزارة التعليم، وكالة التعليم العالي. 2022. الخطة المستقبلية للتعليم الجامعي في المملكة العربية السعودية (أفاق) 2029/1450. وثيقة رؤية المملكة 2030. (د.ت). مجلس الشؤون الاقتصادية والتنمية المملكة العربية السعودية.
- وزارة التعليم العالي، المملكة العربية السعودية (د.ت). الخطة المستقبلية للتعليم الجامعي في المملكة العربية السعودية أفاق. (١٤٥٠هـ-٢٠٢٩).
- وزارة التعليم. وكالة البحث والابتكار. (٢٠٢٢). مبادرة التمويل المؤسسي للبحث والابتكار.
- وزارة التعليم. (2020). المؤتمر الدولي للهوية الوطنية في ضوء رؤية المملكة العربية السعودية 2030. البرنامج الوطني للتطوير، مشروع الملك عبدالله بن عبدالعزيز لتطوير التعليم. (١٤٣٦هـ). دليل المبادرات.
- <http://d.hasaedu.sa/Files/1946.pdf>
- الموقع الرسمي لجامعة الملك خالد (٢٠٢٢-٢٠٢٣) <https://www.kku.edu.sa/>
- الموقع الرسمي لعمادة البحث العلمي بجامعة الملك خالد <https://srd.kku.edu.sa/>
- الموقع الرسمي لمعهد البحوث والدراسات الاستشارية بجامعة الملك خالد <https://www.kku.edu.sa/ar/taxonomy/term/2281>
- الموقع الرسمي لوكالة الجامعة للأعمال والاقتصاد المعرفي في جامعة الملك خالد (٢٠٢٢) <http://www.kku.edu.sa/ar/portfolio/5120>
- ثانياً: المراجع الأجنبية

- Al-Khatib, Khalil Muhammad. (2020). The reality of scientific research in the Arab world (2008-2018) "A descriptive and analytical study." *Arab Scientific Society Organization*.
- Ching, G.S. (2021). Academic Identity and Communities of Practice: *Narratives of Social Science Academics Career Decisions in Taiwan*. *Educ. Sci.* 11, 388.
- Corwin, L. A., & Dolan, E. L. (2024). Academic identities and higher education change: reviewing the landscape. *Educational Review*, 76(3), 321-338
- Corwin, L. A., & Dolan, E. L. (2023). Decline Is Not Inevitable: Changes in Science Identity during the Transition to College. *CBE – Life Sciences Education*, (3)22, ar36.
- Dougherty, K. J. & Natow, R. S. (2020): Performance-based funding for higher education: how well does neoliberal theory capture neoliberal practice? *Higher Education*, Vol. 80, Issue 3, Sep., pp. 457–478.
- Garland, Martine. (2019). *Antecedents and outcomes of income diversification in higher education: A resource-based view*. DBA thesis, University of Gloucestershire.
- Gross K, IBergstrom CT. (2019). Contest models highlight inherent inefficiencies of scientific funding competitions. *PLoS Biol* 17(1): e3000065. *journal. pbio.3000065 Academic Editor: John PA Ioannidis*, Stanford University School of Medicine, UNITED STATES.
- Hammerness, Karen & Macpherson, Anna & Chavez, Michael & Roditi, Hudson & Curtis-Bey, Linda & Weinstein, Meryle. (2018). The Development of a Thirteen Year Research-Practice Partnership: How the School District, Eight Cultural Institutions, and

University Participants Collaborate to Support New York City Science Teachers and Learners. *Manuscript prepared for the Annual Meeting of the American Educational Research Association*, p1-18.

- Heckert, Robert; Boumans, Jelle & Vliegenthart, Rens. (2020). How to Nail the multiple Identities of organization? A content Analysis of projected Identity, 31.129-141.
- Hu, X. (2019): Efficiency for Whom? Varying Impact of Performance-Based Funding on Community Colleges in Louisiana, *Community College Review*, Vol. 47, Issue 4, Oct., pp. .323-359
- Irvine, G.A. (2018). *whither publicness? the changing public identities of research universities*. Published Ph. D thesis. the Faculty of Urban Affairs and Public Policy. University of Delaware. ERIC: ED587714.
- Kucher, Mag-Alexander. (2018). Organizational Failure: Bibliometric Analysis of the Filed & age Dependent explanations for SME Failure- Empirical evidence from Upper Austria, Doctoral Thesis, Social & Economic Sciences, Johannes Kepler University Linz.
- Martin, L.; Lord, G.; Warren-Smith, I. Juggling hats. (2020). Academic roles, identity work and new degree apprenticeships. *Stud. High. Educ.* 45, 524–537.
- Prona, B & Demo, E.(2018). Universities and Entrepreneurship: An overview of Albanian Public HEL-s on Entrepreneurial University Model Aspects, *Academic Journal of Interdisciplinary Studies*, 7(2), 107.
- Robinson, D.T., Smith-Lovin, L., Zhao, J. (2020). The Role of the Other:How Interaction Partners Influence Identity Maintenance in Four Cultures. In: Serpe, R.T., Stryker, R., Powell, B (eds), *Identity and Symbolic Interaction* (pp. 213-237). Springer International Publishing
- Rough, E., Hutton, G., Housley, C. (2023). Research and Development funding policy. Commons Library Research Briefing, 5 April 2023
- Stets, J. E., Savage, S. V., Burke, P. J., & Fares, P. (2020). Cognitive and behavioral responses to the identity verification process. In: Serpe, R.T., Stryker, R., Powell, B (eds), *Identity and Symbolic Interaction* (65-88). Springer International Publishing
- UNESCO. (2020). *UNESCO and Sustainable Development Goals*. <https://en.unesco.org/sustainabledevelopmentgoals>
- Ulferts, Gregory W.; Cannon, Nicholas J.; Howard, Terry L.(2021). The Changing Landscape for Funding Research and Development. *Research in Higher Education Journal*. Academic Journal.No. 40, 1-20.

الذكاء الاصطناعي كحافز للابتكار وريادة الأعمال في الجامعات السعودية

أبرار سعد العتيبي¹

¹ قسم علم المعلومات، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية،

aalotaibi0934@stu.kau.edu.sa

المستخلص: يشهد العصر الحالي تطورًا متسارعًا في تقنيات الذكاء الاصطناعي، مما أتاح للجامعات السعودية فرصًا غير مسبوقة لتعزيز منظومة الابتكار وريادة الأعمال. تهدف هذه الورقة إلى دراسة أثر الذكاء الاصطناعي في دعم المشاريع الريادية الطلابية، من خلال تحليل تطبيقاته في البيئة الجامعية السعودية ودراسة حالات عملية لمشاريع طلابية استفادت من حلول الذكاء الاصطناعي. تستعرض الورقة كيف ساهمت هذه التقنيات في تسريع مراحل تحويل الأفكار إلى منتجات أو خدمات قابلة للتطبيق، من خلال أدوات تحليل البيانات، والتنبؤ باتجاهات السوق، وتخصيص الموارد والدعم للفرق الريادية. كما تناقش الورقة أبرز التحديات التي تواجه الطلاب والمبتكرين، مثل نقص الخبرة التقنية، وصعوبة الوصول إلى البيانات، والتحديات الأخلاقية المرتبطة باستخدام الذكاء الاصطناعي. تقدم الورقة كذلك نماذج عمل مقترحة لتعزيز دور الذكاء الاصطناعي في دعم ريادة الأعمال الجامعية، من خلال تطوير برامج تدريبية متخصصة، وتعزيز التعاون مع القطاعين العام والخاص، ووضع سياسات واضحة للاستخدام المسؤول لهذه التقنيات. وتشير النتائج إلى أن دمج الذكاء الاصطناعي في البيئة الجامعية يعزز من فرص نجاح المشاريع الريادية، ويسهم في تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المنشودة.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الابتكار، ريادة الأعمال، الجامعات السعودية، حاضنات الأعمال.

المقدمة

تسعى المملكة العربية السعودية، ضمن رؤيتها ٢٠٣٠، إلى بناء اقتصاد قائم على المعرفة من خلال تعزيز منظومة الابتكار وريادة الأعمال في الجامعات. ويلعب الذكاء الاصطناعي دورًا محوريًا في تمكين الجامعات من ابتكار حلول جديدة، وتحويل الأفكار الريادية إلى مشاريع واقعية ذات أثر ملموس على الاقتصاد والمجتمع.

المواد والأساليب

اعتمدت الدراسة على منهجية مختلطة (Mixed Methods) تتضمن تحليلًا كميًا وكيفيًا. تم أخذ عينة قصدية من ٦٠ مشروعًا طلابيًا رياديًا في جامعة الملك عبدالعزيز بين عامي ٢٠٢١ و ٢٠٢٣، اختيرت من بين المشاركين في حاضنة الأعمال الجامعية. تم جمع البيانات عبر مصدرين:

المقابلات شبه المهيكلة: أجريت مع ١٢ طالبًا (٦ ذكور، ٦ إناث) شاركوا في برامج الذكاء الاصطناعي بالمشاريع الريادية، بالإضافة إلى ٣ مشرفين أكاديميين. تضمنت بروتوكول المقابلة أسئلة حول استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي في مراحل المشروع، والتحديات، وتجربة الدعم المؤسسي. تم تسجيل جميع المقابلات وتفرغها وتحليلها وفق منهج الترميز الموضوعي (Thematic Coding) عبر برنامج NVivo.

البيانات الكمية المؤسسية: شملت سجلات الحاضنة حول عدد المشاريع المحتضنة سنويًا، معدلات البقاء/الاستمرارية، التمويل الممنح، وبراءات الاختراع المسجلة (2021-2023).

تحليل البيانات:

تم استخدام إحصاءات وصفية (النسب، المتوسطات) لتحليل التغير في عدد المشاريع ومعدلات النجاح بعد اعتماد الذكاء الاصطناعي. تم حساب تأثير الذكاء الاصطناعي عبر مقارنة خط الأساس (٢٠٢١، قبل تطبيق أدوات الذكاء الاصطناعي، $N = 20$) مع نافذتين زمنيتين لاحقتين (٢٠٢٢، $N = 18$ ؛ 2023، $N = 22$). تم تقييم الدلالة الإحصائية باستخدام اختبار كاي تربيع (Chi-square) حول معدلات التحويل والنجاح. التحليل النوعي استند إلى مخطط ترميز مفصل لتحديد السرد حول الرضا، الفرص، والتحديات.

النتائج

أظهرت النتائج أن الذكاء الاصطناعي ساهم في تسريع تقييم الأفكار واختيار الأنسب للتحويل إلى مشاريع ريادية وتحسين جودة الأعمال الطلابية عبر تخصيص برامج دعم وتدريب موجهة. كذلك زيادة نسبة المشاريع القابلة للتطبيق بنسبة 30% مقارنة بالسنوات السابقة، وتحفيز ثقافة الابتكار وتوسيع قاعدة المشاركين في حاضنات الأعمال الجامعية. المؤشرات الكمية

يوضح الجدول التالي التغيرات الفعلية (مع تعريف كل مؤشر):

السنة	عدد المشاريع المحتضنة (N)	معدل البقاء بعد ١٢ شهرًا (%)	إجمالي التمويل الممنوح (ريال سعودي)	براءات الاختراع المسجلة (عدد)
2021	20	40%	120,000	2
2022	18	56%	165,000	4
2023	22	65%	210,000	6

معدل البقاء: نسبة المشاريع التي استمرت في العمل بعد سنة من الاحتضان.
 **التمويل: إجمالي المبالغ الممنوحة من الحاضنة أو عبر مسابقات ريادية.
 **براءات الاختراع: عدد ملفات الملكية الفكرية المسجلة محليًا/دوليًا.

تحليل التغير:

من خط الأساس (2021) إلى 2023:

زيادة عدد المشاريع بنسبة +10% (من 20 إلى 22)
 ارتفاع معدل البقاء بنسبة +25 نقطة مئوية (من 40% إلى 65%)
 زيادة إجمالي التمويل بنسبة 75%
 زيادة عدد براءات الاختراع بثلاثة أضعاف

الرضا النوعي

اختبار كاي تربيع أظهر دلالة إحصائية ($p > 0.05$) في تحسن معدل البقاء وعدد البراءات. من خلال المقابلات، أبدى 83% من الطلاب رضاهم العالي عن أدوات الذكاء الاصطناعي في مراحل تطوير الفكرة والنمذجة السريعة، لكن 41% أشاروا لصعوبة الوصول لبيانات سوقية نوعية، و58% أبدوا قلقًا حول أخلاقيات استخدام البيانات وتفسير نتائج الذكاء الاصطناعي.

الإطار المفاهيمي المقترح

تم اقتراح نموذج يربط قدرات الذكاء الاصطناعي بمراحل خط أنابيب المشاريع الريادية:
 الاكتشاف:
 استخدام أدوات تحليل النصوص والتعلم الآلي في استكشاف الفرص السوقية وتوليد الأفكار (مؤشر: عدد الفرص/الأفكار).
 التحقق من الصحة:
 نشر نماذج التنبؤ وتحليل البيانات لاختبار جدوى الفكرة (مؤشر: نسبة الأفكار المحولة إلى نماذج أولية).
 التطوير:
 توظيف الذكاء الاصطناعي في تطوير النماذج الأولية واختبارها (مؤشر: عدد النماذج الأولية المطورة).
 الإطلاق:
 دعم الإطلاق من خلال أنظمة توصية وتخصيص الموارد (مؤشرات: المشاريع التي أطلقت فعليًا، التمويل/المنح، براءات الاختراع).
 نتائج النموذج:
 أظهر تتبع مشاريع العينة أن مشاريع استخدمت الذكاء الاصطناعي في جميع المراحل ($N = 11$) حققت معدلات تحويل للنموذج الأولي إلى منتج نهائي أعلى بنسبة 42% مقارنة بالمشاريع التي لم تستخدم الذكاء الاصطناعي إلا جزئيًا ($N = 9$).

المناقشة

يركز الأدب الحديث (Kumar وآخرون، ٢٠٢١؛ Chatterjee وآخرون، ٢٠٢٠) على دور الذكاء الاصطناعي في التسويق وريادة الأعمال في التعليم العالي، مؤكدًا على أهميته في اكتشاف الفرص ودعم اتخاذ القرار وتخصيص الدعم. في السياق السعودي، تؤكد مبادرات مثل "جامعة الملك عبدالعزيز الذكية" و"رؤية السعودية ٢٠٣٠" على أهمية التحول الرقمي والابتكار، ودور الجامعات في بناء منظومات ريادة أعمال مدعومة بالذكاء الاصطناعي. كما تسهم الحاضنات الجامعية في تعزيز النظم الإيكولوجية للابتكار من خلال دمج أدوات الذكاء الاصطناعي في برامج التحكيم والتوجيه وتطوير المشاريع.

الآثار والتوصيات السياسية

لإدارات الجامعات وصناعات القرار:

توفير حزم أدوات الذكاء الاصطناعي ضمن الحاضنات الجامعية، مع تدريب الفرق الطلابية على استخدامها بفعالية.
 توقيع مذكرات تفاهم مع القطاع الصناعي لتبادل بيانات السوق والفرص الناشئة، بما يضمن وصول الطلاب لبيانات نوعية.
 تطوير برامج توجيه ومرافقة لأعضاء هيئة التدريس للاستفادة المثلى من أدوات الذكاء الاصطناعي في دعم الطلاب.
 وضع سياسات واضحة للاستخدام المسؤول والأخلاقي للذكاء الاصطناعي في المشاريع الطلابية، مع مراجعة دورية للمخاطر والفرص.

براءات الاختراع

لا توجد براءات اختراع ناتجة عن هذا العمل حتى الآن.

مساهمات المؤلف:

إعداد المفاهيم والمنهجية وجمع البيانات والتحليل وكتابة المسودة الأصلية: أبرار سعد العتيبي.

التمويل:

لم يتلق هذا البحث أي تمويل خارجي.
بيان مجلس المراجعة المؤسسية: لا ينطبق.
بيان الموافقة المستنيرة: لا ينطبق.
بيان توافر البيانات: البيانات متاحة من الباحثة عند الطلب.
شكر وتقدير: تتقدم الباحثة بالشكر لإدارة الابتكار وريادة الأعمال بجامعة الملك عبدالعزيز على الدعم والمساعدة.
تضارب المصالح: لا يوجد تضارب مصالح.

المراجع

- Kumar, V., Dixit, A., Javalgi, R. G., Dass, M., & Dass, P. (2021). Digital transformation of business-to-business marketing: Framework and research agenda. *Industrial Marketing Management*, 93, 328-341.
- Chatterjee, S., Rana, N. P., Tamilmani, K., & Sharma, A. (2020). The adoption of artificial intelligence in the marketing domain: A literature review and future research agenda. *Journal of Business Research*, 128, 131-146.
- Davenport, T., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48, 24-42.
- Rust, R. T. (2020). Artificial Intelligence in Service: The Next Frontier for Service Research. *Journal of Service Research*, 23(1), 3-10.
- Taddeo, M., & Floridi, L. (2018). How AI can be a force for good. *Science*, 361(6404), 751-752.

دور توطين ونقل المعرفة في تنمية رأس المال الفكري في قطاع الفضاء السعودي: مراجعة علمية ومؤشرات رقمية

طارق الجهني¹، عثمان عقيلي²

¹قسم علم المعلومات، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية؛ taljohani@kau.edu.sa

²قسم علم المعلومات، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية؛ uageeli@kau.edu.sa

المستخلص: تسعى الدراسة الحالية إلى تقديم عرض علمي منهجي للأدبيات والإنتاج الفكري المتعلق بدور توطين ونقل المعرفة في تنمية رأس المال الفكري في قطاع الفضاء السعودي. وذلك من خلال رصد وتحليل الدراسات السابقة العربية والإنجليزية، بهدف تتبع تطور المفاهيم المرتبطة بتوطين ونقل المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، واستكشاف الاتجاهات البحثية والنظرية التي تناولت هذا الموضوع وآليات تطورها. واعتمدت الدراسة على المنهج الوثائقي الذي يقوم على تحليل الأدبيات والمصادر العلمية ذات الصلة، وتفحص ما تضمنته من بيانات ومضامين باستخدام مؤشرات رقمية، واستخلاص نتائج علمية دقيقة تسهم في بناء تصور متكامل عن العلاقة بين توطين ونقل المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، لاسيما في قطاع الفضاء السعودي وذلك من عام 1990 إلى عام 2025، وقد توصلت الدراسة إلى أن عمليات توطين ونقل المعرفة تشكل ركائز أساسية في بناء وتطوير رأس المال الفكري في هذا القطاع الاستراتيجي، كما كشفت عن وجود فجوة معرفية تتمثل في محدودية الدراسات التي تناولت هذه العلاقة بشكل مباشر، رغم ما تحمله من أهمية بالغة على المستوى الوطني، وفي ضوء النتائج، أوصت الدراسة بضرورة تكثيف الجهود البحثية لتوسيع نطاق الدراسات التي تستهدف استكشاف دور توطين ونقل المعرفة في تعزيز رأس المال الفكري، مع التركيز على أهمية تبني الأساليب الحديثة في تفعيل عملية توطين ونقل المعرفة في قطاع الفضاء السعودي، والعمل على تنمية رأس المال بما يسهم في تعزيز قوة ومتانة هذا القطاع الحيوي الفعال ورفع قدرته التنافسية.

الكلمات المفتاحية: إدارة المعرفة؛ توطين المعرفة؛ نقل المعرفة؛ مؤشرات رقمية؛ رأس المال الفكري؛ قطاع الفضاء السعودي.

المقدمة

تحدث داخل المنظمات وفي بيئتها المحيطة العديد من الأنشطة المعرفية، والتي تحرص المنظمات على تنفيذها بشكل مثالي، وذلك لتحقيق أهدافها المتمثلة في زيادة العوائد والتأكيد على مكانتها بين المنظمات الأخرى، وهنا قد يمتلك بعض العاملين بعض القدرات المعرفية التي تحقق أهداف المنظمة والتي يجب العمل على الاستفادة منها واستثمارها، لما لها من الأثر المباشر في تحسين أداء المنظمات، حيث تسعى المنظمات في وقتنا الحاضر إلى نشر ثقافة الابتكار والإبداع في كافة المستويات التنظيمية، والعمل على تمكين العاملين من امتلاك القدرات المعرفية ونشرها كأسلوب وممارسات عملية، بهدف تحقيق أقصى استفادة معرفية تنعكس على أدائها وتسهم في تحقيق أهدافها، وتمكنها من تحديد ماذا تملك من أصول معرفية تمكنها من مواصلة تقدمها في شتى المجالات، وتعد إدارة المعرفة هي أحد الكفاءات الأساسية التي تمتلكها المنظمات ومصدر أساسي للمنافسة، والتي تنشئ ميزة وقيمة للمنظمات في أنحاء العالم.

ولتحقيق ميزة تنافسية لدى المنظمات، فإنه يجب العمل على تنمية رأس المال الفكري، الذي يعزز من مقدار العوائد التي تجنيها المنظمات التي تتعامل مع المعرفة كأصل من أصولها، حيث تعتبر المعرفة من الأصول غير الملموسة لدى المنظمات والتي تعبر عن رأس المال الفكري، وفي ظل تسارع المتغيرات الداخلية والخارجية في بيئات الأعمال، ازدادت حاجة الكثير من المنظمات إلى توطين المعرفة، وكيفية تطبيقها في جميع الأنشطة المؤسسية، وذلك باتباع أساليبها وإجراءاتها وعملياتها، ومعرفة كيفية تنظيمها والاستفادة منها وأفضل الممارسات والتطبيقات في توطين المعرفة التي تسهم في تحقيق أهداف المنظمات.

ويعتبر مصطلح توطين المعرفة ومصطلح تنمية رأس المال الفكري من المفاهيم التي تناولها المختصين في العديد من الدراسات في تخصصات مختلفة، وذلك لشمولية تلك المواضيع وارتباطها الوثيق بالعلوم الأخرى، وتبين ذلك من خلال عرض وسرد التطور التاريخي لها. وفي هذه المراجعة سوف نتطرق إلى موضوع توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري من وجهة نظر المختصين، وتقديم التعاريف المتعلقة بكل موضوع، كما سوف نقدم بداية ظهور الموضوع والمفاهيم المرتبطة به، وأبرز الاهتمامات البحثية أو النظريات والدراسات التي تناولت الموضوع وكيفية تطورها، وأبرز المؤشرات الرقمية التي تناولت الموضوع ولتتبع مصطلحات الموضوع في قواعد البيانات وفي محركات البحث الرقمية.

المواد والأساليب

- تتناول مراجعة مواضيع الدراسة عدداً من المواضيع ذات الصلة بمجال المراجعة، وسوف يتم تغطيتها من خلال استعراض مفهوم توطين المعرفة ومفهوم تنمية رأس المال الفكري، وتوضيح العلاقة بينهما.
- اعتمدت هذه المراجعة على دور مراجعة الإنتاج الفكري الصادر حول دور توطين المعرفة في تنمية رأس المال الفكري، حيث تبين على حد علم الباحثين ندرة الدراسات العربية والأجنبية التي تناولت هذه المصطلحات.
- عملت هذه المراجعة على مراجعة الإنتاج الفكري الصادر في موضوع توطين المعرفة وموضوع تنمية رأس المال الفكري باللغتين العربية والإنجليزية، والتي سوف يتم الاعتماد عليها في هذه المراجعة الأدبية.
- قامت المراجعة الأدبية بمراجعة الأدب المنشور في جميع الأوعية التالية:
- كتب، دراسات، رسائل جامعية، تقارير، مؤتمرات، ورش عمل
- استخدمت هذه المراجعة أدوات البحث التالية للدراسات العربية والأجنبية: المكتبة الرقمية السعودية، منصة جامعة الملك عبد العزيز للرسائل، Web of Science, Google Scholar, IEEE, Scopus

منهجية مراجعة مواضيع الدراسة:

عمل الباحثين على مراجعة مواضيع الدراسة من خلال استعراض مقدمة منهجية للمراجعة تشمل منهجية عرض المراجعة وعناصرها، وعرض أبرز المصطلحات المهمة لمواضيع الدراسة في مجال المراجعة الأدبية، وتقصي بداية ظهور مواضيع الدراسة والمفاهيم المرتبطة بها، مع عرض أبرز المؤتمرات وورش العمل والجمعيات العلمية التي تناولت مواضيع الدراسة، وتسليط الضوء على الاهتمامات البحثية أو النظريات التي تناولت مواضيع الدراسة وكيفية تطورها، وبداية الدراسات في الموضوع وكيفية تطورها والموضوعات التي ناقشتها بحثياً، وأبرز المؤشرات الرقمية لتتبع مصطلحات الموضوع في قواعد البيانات وفي محركات البحث الرقمية.

مصطلحات مجال المراجعة: تتناول هذه المراجعة مصطلحا توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، من خلال استعراض تعريفات لمصطلح توطين المعرفة والمصطلحات المرتبطة به، وأيضاً تتناول هذه المراجعة مصطلح تنمية رأس المال الفكري والمصطلحات المرتبطة به، وذلك من وجهة نظر المختصين في كل مجال.

تعريف توطين المعرفة:

عرفها (بادي، 2017:2) بأنها "العملية المنظمة التي يتم من خلالها تنمية القدرات الوطنية كي تساهم بفعالية في التطوير المعرفي محلياً وعالمياً من أجل تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية محلية منافسة تساهم في التنمية الإقليمية والعالمية وتخفف الاعتمادية على الاقتصاديات الأخرى وتكسب المجتمع ميزة تنافسية سياسية واقتصادية وثقافية".

وعرفها (اليامي، 2020:21) بأنها "نقل الأفكار والمهارات والخبرات العالمية وتوطينها داخل المنظمة وإعادة تدويرها واستخدامها لإنتاج معارف جديدة تساعد في تحسين أو تطوير الأعمال أو ابتكار منتجات وخدمات جديدة تحتاج إليها المنظمة لمواجهة تحديات العصر، وبالأخص في بيئة إدارة المشاريع".

واستناداً على التعاريف السابقة، يعرف الباحثين توطين المعرفة بأنها نقل المعارف والخبرات ذات القيمة المضافة عالمياً للاستفادة منها محلياً، وذلك بالعمل على تنمية القدرات البشرية، ودعم وتحفيز برامج الابتكار لامتلاك المعرفة.

تعريف رأس المال الفكري:

عرفها (نوح، 2021) بأنها "أصول غير ملموسة ذو قيمة عالية يتصف بعده خصائص هامة من إعطاء قيمة للمنشأة وتحقيق ميزة تنافسية ويمكن تنمية هذا النوع من الأصول عن طريق الاهتمام بالعاملين داخل المنشأة وتشجيعهم على الإبداع والابتكار" وعرفها (الحمروني، 2022) بأنها "مجموعة من الأصول المعرفية غير الملموسة والتي تتمثل في المعرفة والمهارات الممثلة في نخبة من العاملين الذين يمتلكون مجموعة من القدرات المعرفية والتنظيمية". ونرى أن رأس المال الفكري يشتمل على الأصول غير الملموسة التي تضيف قيمة تنافسية في قطاع الأعمال، وتتمثل في القدرات المعرفية التي يمارسها الأفراد أو المنشأة في كافة النشاطات المتعلقة.

قطاع الفضاء: يعتبر قطاع الفضاء من القطاعات الاستراتيجية التي تعزز من القيمة التنافسية لدى الدول، والذي يتطلب تمكين الخبرات لنقل ومشاركة معارفهم مع الآخرين في هذا القطاع، وطبيعة هذا القطاع تقتضي تنمية القدرات البشرية في بعض التخصصات العلمية ذات العلاقة والتي يمكن من خلالها دعم برامج الابتكار لامتلاك المعرفة وتوطينها، ويمثل هذا القطاع الهيئات والمؤسسات الحكومية التي تعمل في تطبيقات وأنشطة الفضاء، مثل وكالة الفضاء السعودية.

تعريف قطاع الفضاء:

عرفت (Deloitte، 2019) قطاع الفضاء بأنه مجموعة من الجهات الفاعلة والأنشطة المشاركة في الوصول إلى استخدامات الفضاء، والتي تعمل على تطوير وتطبيق الخدمات والمنتجات المتعلقة بالفضاء في كل من القطاع العام والخاص.

وفي (البوابة الرسمية لحكومة دولة الإمارات العربية المتحدة، 2023) تم تعريفه بأنه قطاع استراتيجي يعمل في مجالات استكشاف الأجرام السماوية وتطوير تكنولوجيا الاتصالات والأقمار الصناعية، وتطبيق أحدث ما توصلت إليه تكنولوجيا الفضاء للاستخدامات الأرضية.

وكالة الفضاء السعودية:

ذكرت (وثيقة تنظيم وكالة الفضاء السعودي، 2022) بأن من أهداف إنشاء الوكالة هو قيادة تطوير قطاع الفضاء المدني، وتعزيز الاستخدام السلمي للفضاء، وتعزيز مكانة المملكة بصفتها مركزاً إقليمياً ودولياً رائداً في مجال علوم الفضاء وتقنياته، والإسهام في خدمة القطاعات التنموية والحيوية في المملكة، وامتلاك المعرفة الخاصة بقطاع الفضاء المدني، كما ذكرت بعض من المهام اختيار رواد فضاء وتدريبهم، والعمل على بناء قدرات الكوادر الوطنية وتنمية مهاراتها وخبراتها في مجال قطاع الفضاء المدني بالتعاون مع الهيئة والجهات ذات العلاقة، وبناء القدرات البشرية والتقنية للنهوض بقطاع الفضاء في المملكة، وتطوير ونقل وتوطين علوم وتقنيات الفضاء، بما في ذلك تنفيذ أو دعم البنى التحتية، والأنشطة الأخرى الداعمة والمعرزة للقطاع ودعم رواد الأعمال والشركات الناشئة العاملة في القطاع.

بداية ظهور مواضيع الدراسة والمفاهيم المرتبطة بهما:

توطین المعرفة:

تناول الباحثين موضوع توطین المعرفة في العديد من الدراسات السابقة، وأضافوا العديد من التعاريف التي تعكس الأبعاد وذلك بناءً على خلفياتهم العلمية وتخصصاتهم المختلفة، وهنا سنورد العديد من التعاريف التي تناولت موضوع توطین المعرفة.

عرف (بادي، 2017: 2) توطین المعرفة بأنها "العملية المنظمة التي يتم من خلالها تنمية القدرات الوطنية كي تساهم بفعالية في التطوير المعرفي محلياً وعالمياً من أجل تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية محلية منافسة تساهم في التنمية الإقليمية والعالمية وتخفف الاعتمادية على الاقتصاديات الأخرى وتكسب المجتمع ميزة تنافسية سياسية واقتصادية وثقافية".

وعرفها (اليامي، 2020: 21) بأنها "نقل الأفكار والمهارات والخبرات العالمية وتوطينها داخل المنظمة وإعادة تدويرها واستخدامها لإنتاج معارف جديدة تساعد في تحسين أو تطوير الأعمال أو ابتكار منتجات وخدمات جديدة تحتاج إليها المنظمة لمواكبة تحديات العصر، وبالأخص في بيئة إدارة المشاريع".

وذكرت دراسة (زغولة، 2015) بأن توطین المعرفة يعني إنتاج المعرفة وتوظيفها ونشرها لخدمة التنمية الإنسانية في جميع مجالات النشاط الاجتماعي والاقتصادي وكل ما يتعلق بالأفراد والمجتمعات، وإيجاد البيئات التي تمكنها من تحقيق ذلك من خلال توفير المقومات الضرورية لبناء قواعد مجتمع المعرفة والتي من أبرزها تقنيات الاتصال والمعلومات والإنترنت، التي أسهمت في تغيير العلاقات في المجتمعات المتقدمة.

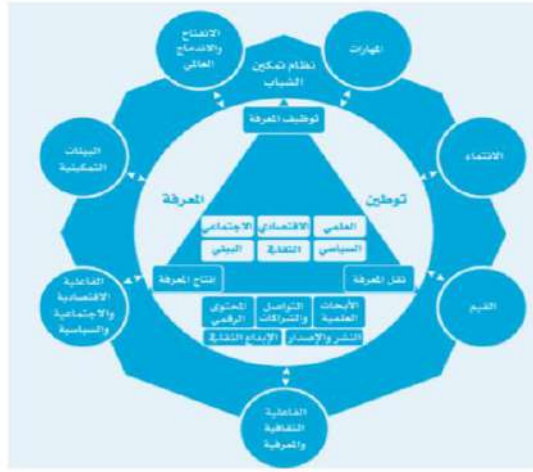
وأشارت دراسة (محمد، 2023) إلى تعريف التوطين في سياق التوطين للتقنية بأن "توطين التكنولوجيا أو تطويعها والتي تتحقق عندها تصبح القوى العاملة والموارد البشرية والمحلية قادرة على تحقيق السيطرة العالية والفهم الكبير للتكنولوجيا المستوردة، في المرحلة التي من خلالها تنمية القدرات الذاتية للتعامل الفني مع الأجهزة والمعدات الحديثة وعمل التعديلات اللازمة عليها لتلائم طبيعة البيئة المحلية والمجتمع وظروفها، بحيث يصبح بإمكانها في المرحلة التالية الابداع والابتكار الجديدة المتعلقة بهذه التقنية لمواكبة التطورات التقنية العالمية".

كما عرفت دراسة (محمد، 2019) على أنها " العملية المنظمة التي يتم من خلالها تنمية القدرات الوطنية كي تساهم بفعالية في التطوير المعرفي محلياً وعالمياً من أجل تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية محلية منافسة تساهم في التنمية الإقليمية والعالمية وتخفف الاعتماد على الاقتصاديات الأخرى وتكسب المجتمع ميزة تنافسية سياسية واقتصادية وثقافية ".

وعرفها (عبد الغني، 2000) بأنها "قدرة مجتمع على امتلاك واستيعاب التكنولوجيا والوصول إلى مرحلة التعامل مع المعارف والأساليب لتنفيذ غرض تطبيقي لهذه المعارف بإضفاء الطابع الخاص لهذا المجتمع طبقاً لطبيعته ومتطلباته مع الأخذ في الاعتبار المتطلبات والتطورات العالمية".

كما يعرفها (عبد الحافظ، 2004) على أنها "تحول المعرفة إلى فائدة مجتمعية ووطنية فكلما زاد حجم الفائدة على المجتمع، تأكدت فاعلية التوطين".

واستناداً على التعاريف السابقة، يعرف الباحث توطين المعرفة بأنها نقل المعارف والخبرات ذات القيمة المضافة عالمياً للاستفادة منها محلياً، وذلك بالعمل على تنمية القدرات البشرية، ودعم وتحفيز برامج الابتكار لامتلاك المعرفة.



شكل (1) النموذج المفاهيمي لتوطين المعرفة (بادي، 2017)

أهمية توطين المعرفة:

تكمن أهمية توطين المعرفة في الأثر في الكبير الذي يتحقق من عملية توطين المعرفة، ودورها في إيجاد مجتمعات معرفية مميزة، وأشارت دراسة (ملاوي، 2024) إلى أهمية توطين المعرفة في عدد من النقاط التي جاءت كالآتي:

- 1- تكمن أهمية توطين المعرفة في دوره لتمكين المجتمع من خلال اعتبار العلم أحد مكونات الثقافة الرئيسية حيث تعبر المعرفة التي تنتج هنا بشكل أساسي عن ثقافة هذا المجتمع، كما تعمل في الوقت ذاته على تعزيز عناصر ثقافة بعينها وتحديد مستقبلها.
- 2- يساهم توطين المعرفة في تحرير المعرفة من الأنماط الخارجية النظرية منها والمنهجية، والتي تطورت في شكل مختلف عن طبيعة المجتمعات المتلقية للمعرفة، وتتجلى أهمية توطين المعرفة عند النظر إلى أصل المنهجية للمعرفة العربية الإسلامية التي طوّرها العلماء المسلمون ويستفاد منها إلى وقتنا الحاضر.
- 3- توطين المعرفة يعني قراءة متأنية ومراجعة نقدية للفلسفة القديمة التي حاولت فهم المجتمع، للوصول إلى توفير تفسيرات موضوعية للمجتمعات المعرفية، كما يساعد التوطين على نقد مصادر المعرفة ومعرفة حجم تأثيرها على المجتمع.

4-يساهم توطین المعرفة في توفير فرص لمراجعة الدراسات السابقة والموجهة بشكل عام لكافة المجتمعات المعرفية، كما تساعد المراجعة النقدية للمعرفة على تعريب تلك المعرفة وتوطینها من خلال اللغة العربية التي تعد عنصراً أساسياً للتوطین.

5- الدور الرئيسي لتوطین المعرفة في بناء نماذج معرفية متميزة نظرياً ومنهجياً عن المجتمعات المعرفية الأخرى، حيث تساهم تلك النماذج في الحفاظ على الروابط المعرفية مع المعارف الأخرى.

وتتضح علاقة المعرفة بالتوطین عندما يكون هناك اعتماد من قبل المجتمعات على المعرفة المتواجدة في عقول الخبراء من غير المواطنين، حيث تشكل تلك المعرفة حاجساً يعطل التنمية في الدول وإن كان هناك استفادة منها في عدة مجالات، إلا أنه يجب العمل على توطین المعرفة من خلال انتاج المعرفة ونقلها وتوظيفها وتطبيقها ونشرها، وأكدت دراسة (بادي، 2017) على أن علاقة المعرفة بالتوطین حتمية للدول الراغبة في أن الحصول على خصائص معرفية تليق بثقافتها وبشعوبها، حيث إن الدول التي تعتمد على معرفة الخبراء من غير المواطنين تكون معرضة لفقدان هذه المعارف وتحمل تبعات الخسائر المباشرة وغير المباشرة حسب تخصصات الخبراء، ولعدم توفر البيئة المناسبة والمحفزة لتوطین المعرفة في بعض الدول، فإنه قد تواجه بعض الدول مشكلة هجرة العقول المعرفية الوطنية، حيث إن عملية توطین المعرفة تتطلب قدرات بشرية مؤهلة ومتمرسة للعمل في العديد من المجالات المعرفية العلمية والتقنية، وللحصول على مجتمعات معرفية، فإنه لا بد من تمكين القدرات الذاتية في توطین المعرفة.

أبعاد توطین المعرفة:

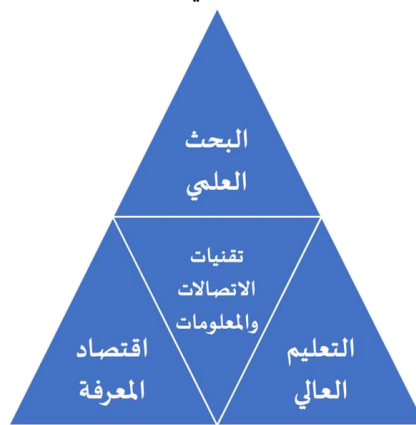
أشارت دراسة (سعد، 2019) إلى أبعاد توطین المعرفة، وذكرت منها ما يلي:

1- البحث العلمي: يعتبر المحرك الأساسي والدافع الرئيسي لتعجيل التنمية بمفهومها الواسع، ومن ركائز المعرفة الإنسانية حيث تعمل البحوث العلمية على إيجاد الحلول لكافة المشاكل محل الاهتمام، ويمكن استثمار تلك الحلول التي تعكس فاعلية البحث العلمي، ويمكن معرفة كفاءة البحث العلمي من خلال النشر العلمي وعدد الأبحاث المنشورة وبراءات الاختراع.

2- تقنيات الاتصالات والمعلومات: في وقتنا الحاضر أصبحت الإمكانيات التقنية ضرورة للتحويل إلى اقتصاد المعرفة، حيث إن تطور تكنولوجيا الاتصالات والمعلومات وتعزيز استخدامها يعتبر حجر الزاوية للبنية الاقتصادية، وما يميز منظومة تقنيات الاتصالات والمعلومات هو التحديث المستمر على الأدوات والبرمجيات المستخدمة.

3- التعليم العالي: وجود المؤسسات التعليمية مثل الجامعات والمعاهد والمؤسسات التعليمية المهنية ومراكز البحث العلمي ومراكز التدريب والاهتمام بالتعليم من خلال إعداد الكوادر المؤهلة لقيادة وتنفيذ برامج التنمية التي تشمل إجراء البحوث العلمية الأكاديمية والتطبيقية.

4- اقتصاد المعرفة: الاتجاه العالمي نحو اقتصاد المعرفة والذي يعتمد على القيمة المضافة للمعرفة بنوعها الصريحة التي تشتمل على قواعد البيانات والمعلومات والبرمجيات وغيرها والمعرفة الضمنية التي يمثلها الأفراد بخبراتهم وعلاقاتهم، ويعرف الاقتصاد المعرفي بأنه الاقتصاد الذي يعتمد على عمليات وخدمات المعرفة في توليد الثروة.



شكل (2) أبعاد توطین المعرفة – من إعداد الباحث.

مراحل توطين المعرفة:

أشارت دراسة (غني، 2018) إلى أن خدمة سوق العمل للمجتمع يتطلب تكامل مع المجالات الأكاديمية للبحوث والمنح الدراسية، وقوى بشرية مؤهلة ومدربة وبنى تحتية وهياكل تنظيمية وسياسات داعمة لتوطين المعرفة ودعم الأفكار الجديدة، وتوفير الشراكات بين الجامعات والمراكز البحثية وبين المستخدمين غير الأكاديميين للمعرفة عوائد واستثمارات مفيدة، ونستعرض هنا مراحل توطين المعرفة والتي تمر بأربع مراحل ، والتي جاءت كالتالي:

- مرحلة المبادرة ودعم الأفكار الجديدة، حيث تعتمد هذه المرحلة على التنوع في إيجاد الحلول المعرفية، والسياسات الداعمة لها، مما يتيح إمكانية توطين المعرفة ونقلها، وهذه الفرص يترتب عليها اتخاذ القرار يعزز من فعالية توطين المعرفة.
- مرحلة مشاركة المعرفة وتتطلب مواجهة التحديات المتعلقة بنقل المعرفة ومشاركتها، وذلك من خلال التخطيط السليم، كما يجب تمكين الأفراد من فهم عملية المشاركة وكيفية نقل المعرفة ونشرها بشكل فعال، خاصة إذا كانت المعرفة رسمية وظاهرة، وتدعم عملية مشاركة المعرفة تعاون الأفراد فيما بينهم، توضح الرغبة في التعلم ونشر المعرفة لدى جميع الأفراد المتعاونين.
- مرحلة تقييم الابداع المعرفي الجديد، وتقديم الدعم لمستخدمي المعرفة من خلال تحديد العقبات المتعلقة بنقل المعرفة المستهدفة وإيجاد الحلول لها، وفي هذه المرحلة المؤسسات المعنية بتقييم الأفكار الجديدة والمميزة التي يطرحها العاملون بالمؤسسة ، وتقديم أوجه الدعم من خلال العمل على إيجاد بيئات عمل أكثر إبداعاً، ودعم أفضل الممارسات العملية للحصول على أفضل الأفكار التي تعزز من توطين المعرفة داخل تلك المؤسسات.
- مرحلة التكامل في الأفكار الجديدة، ويؤكد التكامل على وصول المعرفة إلى مستوى مميز من قابل للانتشار داخل مجموعة العمل، ويعتمد ذلك بشكل أساسي على الجهود المبذولة في إزالة العقبات ومواجهة التحديات الخاصة بنشر المعرفة الجديدة، واستهداف المعرفة من خلال قدرات بشرية تعمل وفق جهود تنظيمية وتقنية، وقادرة على استخدام المعرفة الجديدة ونشرها.



شكل (3) مراحل توطين المعرفة – من إعداد الباحث.

وللوقوف على المؤشرات الرقمية فإنه لا بد من البحث في العديد من الدراسات السابقة ولشمولية مفهوم توطين المعرفة، فإنه لا يمكن تحديد تاريخ معين لظهور هذا المصطلح، إلا أننا يمكن أن نتناول الدراسات السابقة التي تحدثت عن توطين المعرفة في سياق التخصص الخاص بالباحثين، ومن هنا نقول أن دراسة (Adam et al, 1993) من أوائل الدراسات التي تناولت موضوع توطين المعرفة، ولكن في سياق مختلف يتناول التوطين من ناحية كثرة الاستشهادات بناء على الموقع الجغرافي، حيث قدمت هذه الدراسة مقارنة بين الموقع الجغرافي واستشهادات براءات الاختراع المذكورة، كدليل على مدى تحديد المواقع الجغرافية للمعارف، وأكدت الدراسة على وجود تأثير للمجال التكنولوجي على عملية التوطين، ونلاحظ كيف أن موضوع توطين المعرفة له أبعاد مختلفة ويؤثر على عدة تخصصات ومنها الجغرافيا المكانية، وتناولت دراسة (Zucker et al, 1994) موضوع توطين المعرفة من خلال دراسة تأثير العلماء المتميزين في الجامعات على ثلاثة مقاييس لأداء المؤسسات التقنية الحيوية من حيث عدد المنتجات قيد التطوير، وعدد المنتجات في السوق، والتغيرات في التوظيف، وتحدثت دراسة (Almeida&kogut, 1999) عن توطين المعرفة وتنقل المهندسين في الشبكات الإقليمية، وأشارت الدراسة إلى أن المعرفة بمجرد توليدها لا تنتسب إلا بشكل غير كامل بين الشركات والدول، عرفت دراسة (عبد الغني، 2000) توطين التكنولوجيا بأنه " قدرة مجتمع على امتلاك واستيعاب التكنولوجيا والوصول إلى مرحلة التعامل مع المعارف والأساليب لتنفيذ غرض تطبيقي لهذه المعارف بإضفاء الطابع الخاص لهذا المجتمع طبقاً لطبيعته ومتطلباته مع الأخذ في الاعتبار المتطلبات والتطويرات العالمية. امتلاك واستخدام المعدات والآلات المتطورة لا يعني توطين التكنولوجيا لأن توطين التكنولوجيا يتطلب الإبداع والابتكار في التصميم والاستخدام وخلق مجال تنافسي لخرج هذه الاستيعاب التكنولوجي مما يعود على المجتمع بعائدات استثمارية وزيادة القدرات التنافسية". وأشارت دراسة (Breschi&lissoni, 2001) التي تتحدث عن التداعيات المعرفية وأنظمة الابتكار المحلية، حيث لخصت الدراسة إلى أن أول إدخال في جدول الأعمال هو سوق العمل والآلية الحاسمة التي تنتشر من خلالها المعرفة محلياً هي تنقل التكنولوجيا والعلماء، إما عبر الشركات، وبين الشركات والمؤسسات الأكاديمية، ومع ذلك، هذا ليس صحيحاً بالضرورة بالنسبة لجميع المحليات وجميع الصناعات. إلى جانب ذلك، يبقى أن نرى إلى أي مدى يساهم

التكنولوجيون والعلماء، من خلال التحرك عبر الشركات، في إنشاء مجموعة مشتركة من المعارف، أو يتمكنون من الاحتفاظ بالسيطرة على أصولهم الفكرية، إما شخصياً أو مع أعضاء مختارين من المجتمع المعرفي ذي الصلة. لذلك فإن دراسة المسارات المهنية لعدد قليل من الشخصيات المهنية الرئيسية بشكل أكثر تعمقا هي ضرورة بحثية.

تنمية رأس المال الفكري:

هناك العديد من الدراسات التي تناولت موضوع تنمية رأس المال الفكري، وذلك من مختلف الجوانب التخصصية والمهنية، حيث ذكرت تلك الدراسات العديد من التعريفات المتباينة لمفهوم رأس المال الفكري ويرجع ذلك التباين إلى تنوع مجالات الباحثين واستخدامهم لهذا المفهوم، وهنا نورد بعض من هذه التعاريف التي تساعد في الوصول إلى تعريف إجرائي لمفهوم رأس المال الفكري:

حيث عرفته دراسة (عبد الحميد، 2021) بأنه رأس المال البشري الذي يتعلق بالقدرات والمعرفة المكتسبة لدى الأفراد، ومصدر غير ملموس لكنه يحقق نتائج ملموسة للمؤسسات، ويحقق ميزة تنافسية للمؤسسات ويضمن لها البقاء، وذلك يتطلب وجود جانب تنظيمي وإداري وتكامل بين خبرات العاملين، وفعالية التنظيم، وإجراءات لتنميته، واستثماره.

عرفه (الزهيري، 2012:9) بأنه "مجموعة من الأشخاص الذين يمتلكون معارف وخبرات ومنجزات تمكنهم من الإسهام في أداء المنظمة".

وعرفه (JOELIATY، 2021) بأنه جميع الأصول وجميع الموارد التنظيمية التي تحتوي على المعرفة بما في ذلك عمليات العمل والقدرة على الابتكار ومعرفة الأعضاء التنظيميين والمعرفة المتاحة من خلال العلاقات مع الأطراف الخارجية للمنظمة. وعرفه (الشمرى، 2014:51) بأنه "محصلة التفاعلات بين خبرات الموارد البشرية ومعارفها، والإجراءات التنظيمية التعاونية داخل المنظمة وخارجها".

وعرفه (منصور، 2021) بأنه التركيز على الأنشطة الفكرية التي تركز على المعرفة الفكرية، وتعتمد على الأصول غير الملموسة التي أساسها الإبداع البشري، والذي يتضح من خلال فعالية التكامل بين رأس المال البشري للمنظمة وما يملكه العاملين من معارف ومهارات وخبرات ورأس المال الهيكلي وما يتضمنه من البنية الأساسية والعوامل التنظيمية، ورأس مال العلاقات ويشمل العلاقات التي تنميها المؤسسة مع المستفيدين، ويركز على النخب ذات المؤهلات والقدرات العلمية والعقلية، ويهتم بالخبرات والمهارات. وعرفه (هاشم وآخرون، 2016) بأنه القيمة المضافة للأصول الفكرية التي تملكها المنظمات، والتقنية والمهارات والعلاقات التي من خلالها تستطيع أن تلبي احتياجات المستفيدين منها.

كما عرفه (حسنين، 2022) بأنه "مجموعة من القدرات والمهارات المتميزة والمتنوعة والمعارف المفيدة والآراء والرؤى المستقبلية والابتكارات التي تتكون لدى مجموعة من الأفراد والعاملين، ويمكن تحويل هذه القدرات إلى معرفة تنظيمية وتطبيقات فعلية تمكن الجامعة من التغيير والتكيف مع التغيرات المحيطة داخليا وخارجيا بما يساعد على النمو والتطور وتحقيق الميزة التنافسية".

وأضافت دراسة (محمد، 2023) بأنه "القيمة الكامنة داخل المؤسسة والناجمة عن امتلاكها لأفراد ذوي مهارات وخبرات متنوعة وقادرين على الإبداع والتطوير، كما يعبر عن البنية التحتية التكنولوجية للمؤسسة ونظم المعلومات والاتصالات بها".

وأضافت دراسة (الحامد، 2021) بأنه "الأصول المعرفية المتفردة والمعتمدة على العقول البشرية المبدعة ومتطلبات نظم العمل والعلاقة مع العملاء، التي تؤدي إلى الإنتاج المستمر للأفكار والأساليب الجديدة التي تحقق قيمة مضافة للشركة وتعمل على تقوية ودعم قدراتها التنافسية".

وعرفه (2025, verna) بأنه نظام من المعرفة والموارد غير الملموسة مجتمعة من خلال العمليات والأنشطة المضمنة في الناس، وفي الهيكل التنظيمي وكذلك في علاقات المنظمة مع أصحاب المصلحة الخارجيين.

وعرفه (Khatun، 2016) بأنه مفهوم واسع يشمل رأس المال البشري المتمثل في مهارات الموظفين وكفاءاتهم والتزامهم وتحفيزهم وولائهم، ورأس المال العلائقي الذي يشمل العملاء والموردين وشركاء الشبكة، وتبادل المعرفة فيما بينهم، ورأس المال الهيكلي ويشمل الموارد التنظيمية الهيكلية مثل الملكية الفكرية والروتين والمعلومات الموثقة، والجمع بين أصول المعرفة يخلق قيمة للمنظمة.

كما عرفته (رياض، 2021) بأنه "مجموعة المهارات والقدرات والمعارف التي يمتلكها عدد محدد من الأفراد العاملين بالشركة، والتي تمكنهم من تقديم إسهامات فكرية تساعد الشركة على زيادة إنتاجيتها، وتحقيق مستويات أداء عالية مقارنة بالشركات الأخرى، وتتمثل تنمية رأس المال الفكري في تكوين الأصول المعرفية داخل الشركة، وتنمية الخبرات والمهارات والمعارف لدى العاملين في الشركة، ووضعها موضع التنفيذ واستخدامها في إنتاج السلع وتقديم الخدمات والقيام بالوظائف المختلفة داخل الشركة".

وعرفها (Harries, 2016) بأن رأس المال الفكري عبارة عن ثلاثة أنواع من رأس المال وهي رأس المال البشري، ورأس المال البيئي، ورأس مال العملاء. وبمجرد أن تصبح المنظمة متوافقة ومتوازنة في هذه المكونات الأساسية الثلاثة، فإنها تكون قادرة على خلق أفضل رأس مال مالي، وأفضل قيمة ممكنة.

وبعد الاطلاع على التعاريف السابقة لمفهوم رأس المال الفكري فإنه يمكننا تعريفه إجرائياً بأنه الأصول المعرفية التي يمتلكها العاملون في المنظمات من قدرات ومهارات وخبرات والتي تعمل على زيادة فعالية المنظمات، والتي يتم تنميتها من خلال تحفيز الابتكار والابتكار لدى هؤلاء العاملين لإنتاج معارف جديدة تساهم في تحقيق قيمة مضافة للمنظمة.

أهمية تنمية رأس المال الفكري:

ذكرت دراسة (القرعان، 2018) أن أهمية رأس المال الفكري تعود بالدرجة الأولى إلى اعتماد كافة المنظمات عليه لتحقيق المكانة المناسبة قطاع الأعمال، وهو ما يعكس الاهتمام الكبير والمتزايد بالاستثمار في تبني برامج الابتكار والعمل على مواجهة التحديات والمتغيرات في البيئة المحيطة، حيث إن قوة المنظمة قد تتلاشى عند إهمالها لرأس مالها الفكري وعدم تنميتها بما يضمن لها المنافسة والاستمرارية، حيث يعزز الابتكار والإبداع تقدم المنظمات على منافسيها وذلك بجودة رأس المال الفكري الذي يتمتع بخصائص وصفات تنظيمية ومهنية وسلوكية وشخصية، حيث يتصف رأس المال الفكري باللامركزية ويتجنب المركزية في العمل الإداري مما يعين الأفراد للاستفادة من كفاءاتهم ومهاراتهم في تحقيق الإبداع والابتكار، وبالتالي يساهم في تطور المنظمات وتقدمها وتحقيق أهدافها، ومن أهمية رأس المال الفكري انتشاره في كافة المستويات التنظيمية، وتفاعله مع الهيكل التنظيمي المرن.

أما دراسة (حسين، 2022) فقد أشارت إلى أهمية رأس المال الفكري والعمل على تنميته من خلال مساهمة رأس المال الفكري في تحسين الوضع الحالي للمنظمات، وتعزيز الإبداع والابتكار في إنتاج أفكار جديدة والعمل على استثمارها، كما تكمن أهمية رأس المال الفكري في إمكانية تعظيم القيمة الفكرية لدى المنظمات، وتعزيز معرفة العاملين من المعرفة والوصول إلى القيمة المضافة منها، حيث يعتبر رأس المال الفكري الأساس للقيمة المضافة والعامل المؤثر في رفع مستويات الأداء لدى العاملين، وتحفيزهم لتقديم خدمات ومنتجات جديدة، بكفاءة وفعالية، فضلاً عن تحسين الإنتاجية. ويمثل رأس المال الفكري قيمة معرفية يمكن من خلالها إجراء التعديلات على المنتجات ودعم الوصول إلى منتجات جديدة وأسواق جديدة، وذلك من خلال معرفتها ودراساتها للبيئة المحيطة وتحليل التطورات في المجال بما يضمن البقاء والاستمرارية في المنافسة، وتحفيز القدرة الإبداعية في تطوير المنتجات والخدمات التي تجذب العملاء.

ويعتبر رأس المال الفكري من أهم أصول المنظمات وأساس الإبداع والابتكار بها، ويتميز بصعوبة العمل على استنساخه والأخذ به كمصدر وقيمة تنافسية لأي منظمة تعمل في العصر المعلوماتي والمعرفي. كما تتجلى أهمية رأس المال الفكري في دعم القدرات البشرية وتمكين الكفاءات والعمل على الاستفادة منهم وتطوير وتحسين أدائهم، بما يساهم في تقدم المنظمة ويحقق لها الريادة والتميز.

وتحدثت دراسة (تهامي، 2020) عن أهمية رأس المال الفكري في كونه المصدر الرئيسي الذي يعتمد على الكوادر البشرية التي تمتلك أفكار ومعارف وابتكارات رائدة، في الحصول على ميزة تنافسية للمنظمة، كما يساعد في تحقيق الأهداف والغايات الاستراتيجية بالمنظمات، واستمرارية المنظمات في ممارسة أنشطتها وأعمالها متعلق بالقدرات والمهارات التي تمتلكها والتي تعتبر المكون الرئيس لرأس المال الفكري والذي يعد قيمة مضافة للمنظمات تساعد المنظمات في تحقيق الميزة التنافسية، لذا فهو من أهم الأصول التي ينبغي العمل على الاهتمام بها في ظل التحولات التقنية والعلمية الحالية.

وتتمثل أهمية رأس المال الفكري المتاح في المنظمة في قدرته على تكوين رصيد معرفي جديد، نتيجة للتفاعل بين المعرفة الصحيحة لدى أعضائها والمعرفة الخاصة بالمنظمة، حيث يتم العمل على نشر المعرفة في مختلف جوانب العمل بالمنظمة، وتحفيز الابتكار والإبداع بين العاملين، وذلك حتى تكون قيمة المعرفة المتاحة للمنظمة هي الأساس لإنتاج القيمة المضافة، من خلال التطبيق العملي للأفكار والمعلومات والمفاهيم والأساليب واستخدامها لأغراض التحسين المستمر في أداء المنظمة لوظائفها، وإنتاج وابتكار منتجات وخدمات جديدة.

خصائص رأس المال الفكري:

هناك العديد من الدراسات التي أشارت إلى خصائص رأس المال الفكري المختلفة، ومن بينها دراسة (العرجاني، 2021)، التي صنفت الخصائص إلى أربع فئات جاءت على النحو التالي:

1- الخصائص الشكلية: والتي توضح الإطار العام لرأس المال الفكري والذي يعبر عن، الأصول غير الملموسة والتي لا يمكن مشاهدتها أو قياسها بقيمة معينة، ومن الصعب تحديد معايير قياس رأس المال الفكري الذي تمتلكه المنظمة، من خبرات ومهارات

العاملين، والمعلومات والمعارف حول أصحاب المصلحة، وبالتالي لا يتمكن صانعي القرار من الاستناد إلى معايير واضحة لرصد وقياس تدفق رأس المال الفكري.

2- الخصائص التنظيمية: والتي تتعلق ببيئة العمل، وتعتمد على توافر رأس المال الفكري وتكيفه على جميع المستويات الإدارية، ويمكن العاملين من التحديث المستمر، وينعكس وجود رأس المال الفكري في العلاقات الرسمية وغير الرسمية في المنظمة.

3- الخصائص المهنية: وهي خصائص مرتبطة بالموارد البشرية في المنظمة، وما يمتلكونه من خبرات طويلة، ومهارات فنية نادرة وتخصصية، وتتطلب هذه الخصائص المزيد من التعلم التنظيمي والتدريب الموجه.

4- الخصائص الشخصية والسلوكية: تتعلق بالعوامل البشرية، وما تحتويه من ظروف ذاتية داخلية، تنعكس على حب العمل، والميل إلى التحدي، والمجازفة في اتخاذ الإجراءات والأنشطة، والتعلم من الآخرين، والمبادرة في طرح الأفكار والاقتراحات البناءة، والحسم والحكمة في اتخاذ القرار، واستقلالية الفكر والعمل، والاجتهاد والولاء التنظيمي.

وأشارت دراسة (تهامي، 2020) إلى مجموعة من الخصائص التي يتميز بها رأس المال الفكري داخل المنظمات والتي تتمثل في كونه يتميز بتراكم الخبرات، التي تعمل على التطوير والتحديث المستمر لهذه الخبرات والمعارف، ويشمل المعرفة الضمنية التي الذي يتمثل فيما يمتلكه الأفراد من معارف وأفكار ومهارات وخبرات، والمعرفة الصريحة التي تتمثل في كافة المعلومات التي تمتلكها وتساهم في تطوير القدرة التنافسية للمنظمات، وذلك يحتاج إلى استقطاب رأس المال البشري والعمل على تطويره والمحافظة عليه، لما يشكله قيمة عالية داخل المنظمة كأحد مكونات رأس المال الفكري الذي يعد من أهم الأصول غير الملموسة والتي تفوق قيمتها قيمة الأصول الملموسة بالمنظمة.



شكل (4) خصائص رأس المال الفكري – من إعداد الباحث

مكونات رأس المال الفكري:

أشارت دراسة (Gioacasi, 2013) إلى أن غالب مكونات رأس المال الفكري، تتمثل في رأس المال البشري، ورأس المال العلائقي، ورأس المال الهيكلي، وفي ضوء ذلك ين القول بأن تلك المكونات تعبر عن الأصول غير الملموسة داخل المنظمة مثل المعرفة التسويقية والموارد البشرية والعلامات التجارية وحقوق التأليف والنشر، والامتيازات، والتراخيص، وحقوق التشغيل، والأسرار التجارية، ويحدد تصنيف الأصول غير الملموسة من بالاستناد على معايير الاعتراف بالمعايير المحاسبية الدولية.

ويمثل رأس المال البشري المهارات الفردية والمعرفة والموهبة والخبرة لكل من العاملين والمديرين، ويعتبر رأس المال البشري أهم أصول المؤسسة، كما أنه مصدر دائم للإبداع، وعالي المخاطرة، لأنه يختص بكل موظف والذي يمثل جزء من المنظمة، بينما يشمل رأس المال العلائقي جميع الموارد المشاركة في العلاقة بين الكيان وشركائه من العملاء والمستثمرين والموردين ويتضمن المعرفة في العلاقات الخارجية مثل حصة السوق، والربحية، وعلاقة العملاء بالشركاء التجاريين.

ويشير رأس المال الهيكلي إلى البناء الداخلي للمنظمة والعمليات والإجراءات، ويشمل براءات الاختراع والعمليات التنظيمية والتقنيات الاستراتيجية والإدارية، ويتضمن التنظيم الداخلي رأس المال البشري والذي يسعى لخلق القيمة للمنظمة والتوازن المالي، وفي المقابل تشير بعض الدراسات إلى أنه مزيج من الثقافة التنظيمية والعمليات التنظيمية وأنظمة المعلومات والملكية الفكرية والعناصر التي تمثلها مثل التقنيات والابتكارات وقواعد البيانات وبراءات الاختراع والعلامات التجارية.

كما أكدت دراسة (2020,Oliveira) إلى أن غالب الدراسات تصنف مكونات رأس المال الفكري إلى كل من:

- رأس المال البشري، والذي يحدد قدرات الأشخاص في التفكير وحصولهم على المهارات وما يحملونه من خبرات ومعارف ودوافع، وهو ما يتعلق بالمعرفة الضمنية.
- رأس المال الهيكلي: ويتضمن جميع مستودعات المعرفة غير البشرية داخل الشركة، ويرتبط بالمعرفة الصريحة.
- رأس المال العلائقي: يعمل على الربط بين القيمة المضافة للمنظمة وأصحاب المصلحة والتواصل معهم داخل المنظمة وبين المنظمات.
- رأس المال الانتماني: الثقة المضمنة في العلاقات الداخلية والخارجية للشركة.



شكل (5) مكونات رأس المال الفكري – من إعداد الباحث

متطلبات رأس المال الفكري:

أوضحت دراسة (المسدي، 2024) أن تنمية رأس المال الفكري تتطلب التركيز على العناصر الأساسية للمعرفة التنظيمية، نظراً لاختلاف الأصول الفكرية من مؤسسة إلى أخرى، مما يستدعي عدم تبديد الجهود وتوزيع الموارد بشكل غير مدروس. كما شددت على ضرورة تهيئة بيئة معرفية متكاملة تشمل تحديث البنية التكنولوجية والإجراءات التنظيمية لتتماشى مع متطلبات إنشاء بيئات معرفية منتجة. وأكدت الدراسة أهمية الإدارة الرشيدة للموارد المعرفية المتوفرة، إلى جانب خلق المعرفة من داخل المؤسسة بدلاً من استيرادها، لكون المعرفة الداخلية أكثر فاعلية واستدامة. كما نادى بإنشاء أقطاب استثمار معرفية عبر شراكات استراتيجية بين المؤسسات، ما يعزز من القدرات البشرية والمادية اللازمة لتوليد المعرفة وتوظيفها بفعالية. وصنفت متطلبات تنمية رأس المال الفكري إلى خمسة محاور رئيسية: تنظيمية، مادية، بشرية، ثقافية، وفنية.

أولاً: المتطلبات التنظيمية، وتشمل بناء هياكل تنظيمية مرنة تدعم مشاركة الأفراد في اتخاذ القرارات، وتحفز ثقافة الإبداع والتعاون وتبادل المعرفة. ومن الضروري أيضاً توافر آليات تدعم الاتصال الفعال بين مختلف المستويات الإدارية، وتعزيز العمل الجماعي، وتوفير بيئة تنظيمية محفزة على نشر المعرفة وتطبيقها. كما تبرز الحاجة إلى وجود نظام شامل لإدارة رأس المال الفكري، يُعنى بحفظ وتطوير الأبحاث والابتكارات، ويوفر آلية لاستبقاء الخبرات المتراكمة داخل المؤسسة.

ثانياً: المتطلبات المادية، وهي تشمل البنية التحتية المتمثلة في الأجهزة والمعدات وأنظمة الاتصال وقواعد البيانات. وتعد تهيئة هذه العناصر أمراً جوهرياً لدعم الأنشطة المعرفية، من خلال إنشاء قواعد بيانات دقيقة، وتخصيص ميزانيات لدعم البحث والتطوير، وتوفير منصات إلكترونية لحفظ وتبادل المعرفة. وتشمل هذه المتطلبات أيضاً إنشاء قاعات للتدريب وورش العمل، واستثمار الشبكات الرقمية في تعزيز التفاعل وتبادل الخبرات بين العاملين.

ثالثاً: المتطلبات البشرية، وتُعد من الركائز الأساسية لتنمية رأس المال الفكري، إذ تركز على تطوير مهارات الأفراد، وتحفيزهم على التعلم المستمر، والمشاركة في البرامج التدريبية، وتنمية العمل الجماعي بينهم. كما يشمل ذلك توظيف الخبرات التراكمية في تحسين

الأداء المؤسسي، وإتاحة الفرص للمشاركة في الفعاليات العلمية، وتجريب المبادرات الإبداعية. وتوصي الدراسة بتشجيع العقول المهاجرة على العودة والمساهمة في التنمية، وتفعيل العلاقة بين رأس المال الفكري والاستقرار المؤسسي. رابعاً: المتطلبات الثقافية، حيث يتطلب قياس وتنمية رأس المال الفكري وجود استعداد تنظيمي قائم على الشفافية والانفتاح على تبادل المعرفة. وتتمثل هذه المتطلبات في بناء ثقافة مؤسسية تشجع الإبداع والتعاون، وتعزز الانتماء للمؤسسة، وتحفز على التميز والمبادرة. كما تدعو إلى تضمين قيم الابتكار في النظم والسياسات الإدارية، وتطوير الأنماط السلوكية التي تدعم التعلم المستمر. خامساً: المتطلبات الفنية، وتتمثل في تطوير أدوات قياس رأس المال الفكري بحيث تكون دقيقة وملائمة لأهداف المؤسسة. وتشمل هذه المتطلبات توثيق العمليات المعرفية بشكل منتظم، وتوفير كفاءات بشرية متخصصة قادرة على تحليل البيانات المعرفية، والاستفادة منها في تطوير الأصول الفكرية. كما تستوجب توفير نظم معلومات حديثة وقواعد بيانات دقيقة، تدعم عملية اتخاذ القرار وتساهم في إدارة المعرفة بفعالية.



شكل (6) متطلبات رأس المال الفكري – من إعداد الباحث

وللوقوف على المؤشرات الرقمية فإنه تعتبر دراسة (1997, Akpinar) من أوائل الدراسات التي تناولت موضوع رأس المال الفكري، في الألفية، والتي أوضحت بأنه سيقوم عدد أقل من الناس بالعمل البدني والمزيد من الناس سيقومون بعمل الدماغ. هذا هو رأس المال الفكري، وأكدت على أنه لا يظهر في الميزانية العمومية للشركة، ولكن له قيمة أكبر للمنظمات من الأصول المادية، وأشارت دراسة (1997, Luthy) إلى رأس المال الفكري ومقاييسه، وذكرت أنه أصبح رأس المال الفكري المورد البارز لخلق الثروة الاقتصادية، حيث لا تزال الأصول الملموسة مثل الممتلكات والمنشآت والمعدات عوامل مهمة في إنتاج كل من السلع والخدمات. ومع ذلك، فقد انخفضت أهميتها النسبية بمرور الوقت مع زيادة أهمية الأصول غير الملموسة القائمة على المعرفة، وذكرت دراسة (كورتل، 2008) بأن رأس المال الحقيقي الذي تملكه المنظمات هو رأس المال الفكري، فالقيمة السوقية الحقيقية للمؤسسات تركز على ما تملكه من رأس المال الفكري، وبالتالي تحاول مؤسسات الاقتصاد المعاصرة رسم الاستراتيجيات ووضع الخطط والبرامج لتنمية واستثمار رأس المال الفكري في إبداع حلول مبتكرة ومنتجات جديدة وخدمات متميزة تحقق قدرات تنافسية أعلى ووصولاً أسرع إلى المستهلكين في شتى بقاع العالم، وذكرت الدراسة بأن المصدر الأول والحقيقي لرأس المال الفكري هي المعرفة بمختلف أنواعها وخاصة تلك التي يمتلكها المورد البشري هذا فقد اقتنعت الإدارة المتميزة في المؤسسات الكبرى في العالم بضرورة التعامل مع المورد البشري من منظور جديد يشمل ما يملكه المورد البشري من معارف وقدرات. الاتجاهات البحثية في مواضيع الدراسة:

عند استعراض المحاور المتعلقة بالاتجاهات البحثية في موضوع المراجعة، فإننا نسلط الضوء على الدراسات السابقة التي تناولت موضوع توطين المعرفة وموضوع تنمية رأس المال الفكري، حيث تم تقسيم الفترة الزمنية للدراسات السابقة والاهتمامات البحثية إلى أربع أقسام حيث يتناول القسم الأول الدراسات في الفترة الزمنية من 1990 إلى 1999، والدراسات في القسم الثاني للفترة الزمنية من 2000 إلى 2009، والدراسات في القسم الثالث للفترة الزمنية بين 2010 إلى 2019، والدراسات في القسم الرابع للفترة الزمنية بين 2020 إلى 2024.

المؤتمرات وورش العمل والجمعيات العلمية:

حصلت الدراسة على بعض المؤتمرات وورش العمل والجمعيات العربية والأجنبية التي تخص موضوعي توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، والتي جاءت كالآتي:

أولاً: المؤتمرات العربية:

جدول رقم (1) قائمة بالمؤتمرات العربية في موضوع توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم المؤتمر	الهدف	الموقع الرسمي
المؤتمر العربي في هارفارد 2024 (Arab Conference at Harvard (2024 Harvard المنتدى العربي للتنمية المستدامة 2024 (Arab Forum for Sustainable Development (2024	استكشاف ومشاركة المعرفة عبر مسارات متعددة تشمل الثقافة والفنون، والعلوم والتكنولوجيا.	acharvard.com
	استعراض التقدم ومناقشة أفضل الممارسات والحلول السياسية لدعم أجندة 2030 للتنمية المستدامة في المنطقة العربية.	unesywa.org

المؤتمرات الأجنبية:

جدول رقم (2) قائمة بالمؤتمرات الأجنبية في موضوع توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم المؤتمر	الهدف	الموقع الرسمي
BP24 Translation Conference	تغطية مواضيع متنوعة تشمل التوطين السمي البصري، والتقنيات الجديدة، والتسويق الدولي.	bpconf.com
GALA Annual Conference	تجمع للمهنيين في مجال الترجمة والتوطين لمناقشة تقنيات الذكاء الاصطناعي وأفضل الممارسات في الصناعة.	gala-global.org
ITI Conference 2024	مؤتمر يجمع المترجمين والمترجمين الفوريين وخبراء التكنولوجيا لمناقشة التغيرات الجذرية في متطلبات السوق.	iti.org.uk
Translation and Localization Conference (KTLC)	مؤتمر شامل للصناعة يجمع بين الترجمة والتوطين، مع جدول متنوع يلهم ويوفر رؤى جديدة.	translation-conference.com
BP24 Translation Conference	تغطية مواضيع متنوعة تشمل التوطين السمي البصري، والتقنيات الجديدة، والتسويق الدولي.	bpconf.com

ثانياً: ورش العمل العربية:

جدول رقم (3) قائمة بورش العمل العربية في موضوع توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم المؤتمر	الهدف	الموقع الرسمي
ورشة عمل توطين المعرفة في الدول العربية (Knowledge Localization Workshop in Arab Countries	تعزيز وتوطين المعرفة في المؤسسات التعليمية والأكاديمية من خلال تبادل الخبرات وتقديم أفضل الممارسات.	unesywa.org

ورش العمل الأجنبية:

جدول رقم (4) قائمة بورش العمل الأجنبية في موضوع توطین المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم المؤتمر	الهدف	الموقع الرسمي
Nimdzi Workshops	تقديم ورش عمل تفاعلية تركز على تحسين عمليات التوطین وتطوير استراتيجيات النمو للشركات العالمية.	nimdzi.com
Localization Institute Workshops	توفير تدريب عملي على أحدث تقنيات الترجمة والتوطین، مع التركيز على إدارة المشاريع وأدوات الترجمة المساعدة بالحاسوب (CAT).	localizationinstitute.com
Localization and Translation Technologies Summer School	تقديم دورات صيفية شاملة تغطي أدوات التوطین وأحدث الاتجاهات في الصناعة، موجهة للمترجمين والطلاب والأكاديميين.	summerschoolsineurope.eu
Nimdzi Workshops	تقديم ورش عمل تفاعلية تركز على تحسين عمليات التوطین وتطوير استراتيجيات النمو للشركات العالمية.	nimdzi.com

ثالثاً: الجمعيات**الجمعيات العربية:**

جدول رقم (5) قائمة بالجمعيات العربية في موضوع توطین المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم الجمعية	أهدافها
الجمعية العربية لإدارة الموارد البشرية	تهدف إلى تعزيز وتطوير إدارة الموارد البشرية في العالم العربي من خلال تقديم البرامج التعليمية والتدريبية والشهادات المعترف بها.
الجمعية السعودية للإدارة	تهدف إلى نشر المعرفة الإدارية وتطوير الكفاءات والمهارات الإدارية من خلال المؤتمرات والندوات والورش التدريبية.
الجمعية العربية للتنمية الإدارية	تهدف إلى دعم وتطوير الإدارة في الدول العربية من خلال تقديم الدراسات والأبحاث والدورات التدريبية.
الجمعية الأردنية للبحث العلمي	تركز على تعزيز البحث العلمي وتطوير القدرات البحثية في الأردن من خلال الفعاليات العلمية والنشر الأكاديمي.
الجمعية العربية للعلوم الاقتصادية والإدارية	تركز على تطوير العلوم الاقتصادية والإدارية في العالم العربي من خلال الأبحاث والندوات والورش العلمية.
جمعية العلوم الإدارية السعودية	تهدف إلى تعزيز وتطوير رأس المال الفكري من خلال برامجها المختلفة وفعاليتها العلمية المتنوعة.

الجمعيات الأجنبية:

جدول رقم (6) قائمة بالجمعيات الأجنبية في موضوع توطین المعرفة وتنمية رأس المال الفكري

اسم الجمعية	أهدافها	الموقع الرسمي
الجمعية الأمريكية لإدارة الموارد البشرية (SHRM)	تعزيز وتطوير إدارة الموارد البشرية من خلال تقديم الموارد التعليمية والدعم المهني والشهادات المعترف بها.	shrm.org
الجمعية الدولية للتدريب والتطوير (ATD)	تطوير مهارات التدريب والتطوير المهني من خلال تقديم الموارد التعليمية والندوات والورش التدريبية.	td.org
الجمعية الأمريكية للإدارة (AMA)	تقديم الموارد والدعم في مجالات الإدارة والتطوير المهني من خلال البرامج التدريبية والندوات.	amanet.org

leadershipdevelopmentinstitut e.org	تطوير القيادة وتعزيز القدرات القيادية من خلال برامج التعليم والتدريب والتوجيه.	جمعية تطوير القيادة (LDI)
aom.org	دعم وتطوير الإدارة من خلال الأبحاث العلمية والمؤتمرات والموارد التعليمية.	الأكاديمية العالمية للإدارة (AOM)
cipd.co.uk	تعزيز وتطوير إدارة الموارد البشرية في المملكة المتحدة من خلال تقديم الشهادات المعترف بها والدعم المهني.	الجمعية البريطانية لإدارة الموارد البشرية (CIPD)
istd.org	تطوير التعليم والتدريب من خلال الموارد التعليمية والبرامج التدريبية والشهادات المعترف بها.	الجمعية الدولية للتعليم والتدريب (ISTD)
shrm.org	تعزيز وتطوير إدارة الموارد البشرية من خلال تقديم الموارد التعليمية والدعم المهني والشهادات المعترف بها.	الجمعية الأمريكية لإدارة الموارد البشرية (SHRM)

الاهتمامات البحثية أو النظريات التي تناولت الموضوع وكيفية تطورها:

لصعوبة الوصول إلى الدراسات في الفترة ما قبل 1990، وذلك حسب اطلاع الباحثين على المصادر التي تم اختيارها والمذكورة في منهجية المراجعة لمواضيع الدراسة، فإن بداية الدراسات كانت تقريباً من عام 1990، وأيضاً لغرض تنظيم هذه المراجعة فقد قسمت الفترة الزمنية لهذه المراجعة بشكل منطقي يتضمن كل عشر سنوات للقسم الواحد، حيث جاء تقسيم الدراسات السابقة والاهتمامات البحثية إلى أربع أقسام، كالآتي:

- ١- القسم الأول للدراسات في الفترة الزمنية من ١٩٩٠ إلى ١٩٩٩.
- ٢- القسم الثاني للدراسات في الفترة الزمنية من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٠٩.
- ٣- القسم الثالث للدراسات في الفترة الزمنية بين ٢٠١٠ إلى ٢٠١٩.
- ٤- القسم الرابع للدراسات في الفترة الزمنية بين ٢٠٢٠ إلى ٢٠٢٤.

بداية الدراسات التي تناولت موضوع توطین المعرفة وكيفية تطورها:

ومن الدراسات في القسم الأول للفترة الزمنية 1990-1999، كانت دراسة (Adam et al, 1993) من أوائل الدراسات التي تناولت موضوع توطین المعرفة، ولكن في سياق مختلف يتناول التوطن من ناحية كثرة الاستشهادات بناء على الموقع الجغرافي، حيث قدمت هذه الدراسة مقارنة بين الموقع الجغرافي واستشهادات براءات الاختراع المذكورة، كدليل على مدى تحديد المواقع الجغرافية للمعارف، وأكدت الدراسة على وجود تأثير للمجال التكنولوجي على عملية التوطن، وأكدت على أن المعرفة لا تقتصر على مناطق ذات صلة وثيقة في مجال التكنولوجيا، حيث تأتي الاستشهادات إلى حد ما من مجالات تكنولوجية مختلفة، وذكرت الدراسة الاختلافات في التوطن بين الاستشهادات الجامعية وبراءات الاختراع للشركات، وأن أكبر الاختلاف هو أن براءات الاختراع المؤسسية غالباً ما يتم الاستشهاد بها ذاتياً، والاستشهادات الذاتية في كثير من الأحيان تتوافق مع التوطن، وأضافت الدراسة بأن يمكن قول المزيد عن آليات نقل المعرفة، وعن شيء يشبه المعدلات الاجتماعية للعودة على مستويات مختلفة من التجميع الجغرافي، حيث إن القيود المفروضة على بيانات براءات الاختراع والاستشهاد تجعل من الصعب الذهاب إلى أبعد من ذلك بكثير مع مثل هذه الأسئلة في هذا البحث. وبعد ذلك، يتم إرسال الغالبية العظمى من براءات الاختراع إلى عوائد خاصة (وربما اجتماعية) لا يمكن تذكرها. في المستقبل، نحن نزرع عدداً صغيراً من براءات الاختراع التي يتم الاستشهاد بها بشدة. من المحتمل أن تكون براءات الاختراع هذه ذات أهمية تكنولوجية واقتصادية، بحيث يمكن أن تثبت دراسات الحالات الخاصة ببراءات الاختراع هذه واستشهاداتها أنها مفيدة للغاية حول كل من آليات نقل المعرفة الموضوعية، ومدى الاستشهادات التي تتوافق مع الجوانب الخارجية بالمعنى الاقتصادي.

وتناولت دراسة (Zucker et al, 1994) موضوع توطین المعرفة من خلال دراسة تأثير العلماء المتميزين في الجامعات على ثلاثة مقاييس لأداء المؤسسات التقنية الحيوية من حيث عدد المنتجات قيد التطوير، وعدد المنتجات في السوق، والتغيرات في التوظيف، وأوضحت الدراسة بأن مفهوم النجم الذي أظهره زوكر وداربي وبروير لولادة شركات التقنية الحيوية الأمريكية، قد تنبأ بانتشار المعرفة المحلية جغرافياً على الأقل بالنسبة للمنتجات قيد التطوير، ومع ذلك عندما نقوم بتقسيم الأساتذة المتميزين على المنتسبين المتعاونين في الشركة وجميع نجوم الجامعات الآخرين، نجد أن هناك تأثير إيجابي قوي للعلماء المتميزين على جميع مقاييس أداء الشركات الثلاثة، كما تقوم الدراسة بتطوير فرضية جديدة للتأثيرات المحلية جغرافياً للبحث الجامعي والتي تتوافق مع

التبادل في السوق حيث تحدث التأثيرات المحلية جغرافياً للاكتشافات العلمية الفريدة التي لا يمكن تعلمها إلا من خلال العمل مع المكتشفين أو غيرهم ممن تلقوا المعرفة من خلال العمل معا في المختبر، حيث نجد تأثير رأس المال الفكري، الذي يتجسد في العلماء بشكل خاص والذين يجب توظيف خدماتهم من أجل ممارسة اكتشاف المعرفة، وذلك من خلال تعاقد الشركات مع علماء الجامعة ذوي رأس المال الفكري المتميز والذي يعزز من إنتاجية الشركة ونموها.

وأشارت دراسة (1998, Zucker et al) إلى أن الآثار غير المباشرة للمعرفة لها آثار كبيرة على الاقتصاد الكلي وعلى النمو والتجارة الدولية حيث تنتج هذه الآثار لأن الاستثمارات في البحث والتطوير تنتج ناتجا غير تنافسي، حيث يتم وصف الاكتشافات في هذا المجال من خلال الاستبعاد الطبيعي وتتجسد في رأس المال البشري ولأن نقل الاكتشاف إلى الآخرين يتطلب المشاركة النشطة لأولئك الذين لديهم المعرفة، وتعتمد الفكرة القياسية عن الآثار غير المباشرة للمعرفة الجغرافية على فكرة أن علماء الجامعات يتابعون أبحاثاً أساسية غير مهتمة، والتي يمكن استخدام نتائجها بسرعة أكبر للاستخدام التجاري من قبل تلك المؤسسات القريبة التي يمكنها أن تتعلم بسهولة نتائج جديدة من الروابط الاجتماعية بين الموظفين وعلماء الجامعات أو من خلال حضور حلقات دراسية غير رسمية في الجامعة، حيث تبين الدراسة أن الكيفية التي يعمل بها واقع مجال التكنولوجيا الحيوية مختلفة تماماً، لذا نجد أن جميع الأطراف المعنية مثل الحكومة ووكالات التمويل الأخرى، والجامعات، والمؤيدين، والمؤسسات، ترتبط أو يمكن أن تكون مرتبطة بعلاقات ملكية تعاقدية في الأسواق التنافسية، بحيث يكون العلماء الأكثر إنتاجية بشكل عام هم إما موظفون أو متعاونون مع المؤسسات، وهنا تمنح الحكومة حقوق براءات الاختراع للجامعات مع شرط الحد الأدنى لمعدلات المكافآت لاكتشاف العلماء، وحقوق الاستغلال للعلماء الذين يجسدون أي رأس مال بشري فكري ناتج عن عملهم. ونتيجة لذلك، يتم تخفيض الأسعار التي تدفعها وكالات التمويل الحكومية مباشرة بسبب أي مكافآت متوقعة لبراءات الاختراع للجامعات وبشكل غير مباشر لأن الجامعات التنافسية أقل، وفي المناطق التي يتوقع فيها أعضاء هيئة التدريس إمكانية الحصول على دخل أو ثروة خارجية كبيرة نتيجة للمهارات التي تم تطويرها في إجراء البحوث في الجامعة، لذا فإن العلماء المكتشفين لا يعطون للشركات ثمار رأس مالهم البشري الفكري، ولكن بدلاً من ذلك يدخلون في ترتيبات تعاقدية مع الشركات القائمة أو في شركتهم الخاصة.

وتحدثت دراسة (1999, Almeida & Kogut) عن توطین المعرفة وتنقل المهندسين في الشبكات الإقليمية، وأشارت الدراسة إلى أن المعرفة بمجرد توليدها لا تتسرب إلا بشكل غير كامل بين الشركات والدول، وعلى افتراض أنه بما أن المؤسسات وشبكات العمل تختلف باختلاف المنطقة، يجب أن تكون هناك اختلافات إقليمية في توطین الامتدادات، وحتى تتحقق العلاقة بين تنقل أصحاب براءات الاختراع الرئيسية وتوطین المعرفة التكنولوجية من خلال تحليل استشهادات براءات الاختراع لابتكارات أشباه الموصلات الهامة، نجد أن توطین المعرفة خاص بمناطق معينة فقط (وخاصة وادي السيليكون) وأن درجة التوطین تختلف عبر المناطق. من خلال تحليل البيانات المتعلقة بالتنقل بين أصحاب براءات الاختراع، نظهر تجريبياً أن تنقل المهندسين بين الشركات يؤثر على النقل المحلي للمعرفة. تدفق المعرفة جزء لا يتجزأ من شبكات العمل الإقليمية، وخلصت الدراسة إلى أن أهم الاتجاهات في اقتصاديات البحث هو الدور المتناقص للفرد في تسجيل براءات الاختراع. هذا يخفي هذا الاتجاه أهمية الأفراد المستمرة للبحث في المختبرات والبحوث المنظمة، حيث يظهر الأفراد كموامل نشطة في إنشاء المعرفة ونشرها المكاني في نهاية المطاف، وهناك حاجة إلى بعض النداءات إلى المؤسسات وهيكل العلاقات لشرح سبب إظهار مناطق معينة درجة أعلى من التوطین والقدرة على استيعاب المعرفة السابقة والبناء عليها، حيث تشير الدراسات العديدة حول نقل التكنولوجيا إلى أهمية القدرة الاجتماعية والخبرة السابقة والوصول إلى استيعاب المعرفة وخلقها، لكن هذه الملاحظات عقيمة إلى حد ما إذا لم يتم فهمها في سياق علم الاجتماع الاقتصادي لهذه المناطق أو الدول، حيث تلعب العوامل الخارجية دوراً مركزياً في النظرية الاقتصادية.

ومن الدراسات في القسم الثاني للفترة الزمنية 2000-2009، عرفت دراسة (عبد الغني، 2000) توطین التكنولوجيا بأنه "قدرة مجتمع على امتلاك واستيعاب التكنولوجيا والوصول إلى مرحلة التعامل مع المعارف والأساليب لتنفيذ غرض تطبيقي لهذه المعارف بإضفاء الطابع الخاص لهذا المجتمع طبقاً لطبيعته ومتطلباته مع الأخذ في الاعتبار المتطلبات والتطورات العالمية. امتلاك واستخدام المعدات والآلات المتطورة لا يعني توطین التكنولوجيا لأن توطین التكنولوجيا يتطلب الإبداع والابتكار في التصميم والاستخدام وخلق مجال تنافسي لخرج هذه الاستيعاب التكنولوجي مما يعود على المجتمع بعائدات استثمارية وزيادة القدرات التنافسية".

وأضافت دراسة (عبد الحافظ، 2004) التي تحدثت عن التجربة اليابانية في نقل وتوطین التقنية، وذكرت بعض الدروس المستفادة مثل ضرورة تطوير نظم ومناهج التعليم وليس بالتقليد يكون التطوير، ولكن بوضع بنية أساسية حقيقية تكون قاعدتها نابعة من الذات مع الاستفادة من تقنيات العصر، وخبرات الآخرين بما يحقق الانسجام مع عجلة التقدم والمتطلبات الضرورية للنهوض الحضاري، وأضافت الدراسة أيضاً بأن الإدراك بأن نقل التقنية يتطلب انتقاء الكوادر الفنية الوطنية، وليس استيرادها مع ضرورة وضع المقاييس الأساسية لضبط عملية النقل.

وكانت دراسة (Antonelli, 2006) بعنوان حوكمة الأعمال لتوطين المعرفة من خلال نهج اقتصاديات المعلومات لاقتصاديات المعرفة، حيث أشارت إلى توفير اقتصاديات المعلومات لأدوات مهمة للتعبير عن تحليل اقتصادي لآليات الحوكمة لتوليد واستغلال المعرفة التكنولوجية المحلية، بحيث يمكن العثور على مجموعة متنوعة من الأشكال الهجينة لإدارة المعرفة، وإن فكرة المعرفة التكنولوجية المحلية كعملية ديناميكية غير متجانسة للغاية تتميز بمستويات متفاوتة من الملاءمة والضمنية وعدم القدرة على التنبؤ وعدم القابلية للتجزئة، والتي تأخذ أشكال التكامل والنمطية، والتراكم، والتراكب، والقابلية للاستبدال، تساعد على فهم المنطق وراء مجموعة متنوعة من آليات حوكمة المعرفة في العمل. يوفر تحليل تكاليف المعاملات والوكالة والاتصالات إرشادات أساسية لوضع إطار متكامل قادر على فهم المطابقة بين أنواع المعرفة وطرق وآليات إدارة المعرفة في كل من التوليد والاستغلال بحيث يوفر تطبيق الأدوات الأساسية لاقتصاديات المعلومات على اقتصاديات المعرفة إطاراً تفسيرياً قادراً على تقدير مجموعة متنوعة من القيود والحوافز لآليات الحوكمة المختلفة، التي تشكل توليد المعرفة التكنولوجية في اقتصاد السوق. جعل هذا النهج من الممكن تقدير القيود التي تثيرها العوامل التنظيمية مثل تكاليف التنسيق والشبكات والمعاملات في تشكيل عملية تراكم وتوليد المعرفة الجديدة وتوضيح إطار تحليلي واحد يبدو قادراً على دمج مجموعة واسعة من أساليب الحوكمة التي حددتها الأدبيات التجريبية الواسعة في اقتصاديات المعرفة. وفي الوقت نفسه، جعل النهج، الذي تم تطويره حتى الآن، من الممكن تسليط الضوء على الدور الرئيسي للمعاملات والتفاعلات المتداخلة والحاجة إلى تجاوز تحليل المعاملات الفردية عندما تكون غير قابلة للتجزئة. كل من وفورات النطاق والعوامل الخارجية في مسألة المعاملات. هذه الفكرة هي الأكثر أهمية في تحليل إدارة المعرفة، ولكن يبدو أن لها نطاقاً أوسع من التطبيق.

وأشارت دراسة (Chung, 2007) التي بعنوان استراتيجيات الموقع والمعرفة غير المباشرة، إلى أنه نظراً لأهمية القرب من الآثار غير المباشرة للمعرفة، فإننا ندرس خيارات موقع الشركات التي تتوقع الاختلافات في استراتيجيات الشركات، بحيث ستحدد الشركات أقصى قدر من التداعيات الصافية كدالة على النشاط المعرفي للمواقع وقدراتها الخاصة والإجراءات المتوقعة للمنافسين. باستخدام الداخلين الجدد إلى الولايات المتحدة من عام 1985 إلى عام 1994، نجد أن الشركات تفضل المواقع ذات النشاط الأكاديمي الابتكاري. تسلط النتائج الأخرى الضوء على الاختلافات في استراتيجيات موقع الشركات مما يشير إلى أن الشركات لا تنظر فقط في المكاسب من النتائج غير المباشرة للمعرفة الداخلية، ولكن أيضاً في التكلفة المحتملة للتداعيات الخارجية. في حين أن الشركات الأقل تقدماً من الناحية التكنولوجية تفضل المواقع ذات المستويات العالية من النشاط الابتكاري الصناعي، فإن الشركات المتقدمة تقنيا تختار فقط المواقع ذات المستويات العالية من النشاط الأكاديمي وتتجنب المواقع ذات النشاط الصناعي لتمييز نفسها عن المنافسين.

وذكرت دراسة (التورابي، 2008) التي بعنوان اللغة العربية ورهانات توطين المعرفة العلمية، أضافت أن اللغة هي أداة توطين المعرفة وتقاس اللغات بالمعارف التي تحملها أو تنقلها أو توطنها، وقد ساهمت النهضة اللغوية العربية في النهضة العلمية، وتوطين المعرفة في المجتمع العربي، وكان من عوامل النهضة العلمية العربية في القرن الثامن الميلادي النهضة التي عرفها علم اللغة، وذلك بفتح الباب لاجتهادات وعلوم أخرى والمثال المعروف في هذا الخصوص هو مهجم العين للخليل بن أحمد الفراهيدي، وأضافت الدراسة بأن تحدي اكتساب المعرفة يكمن في تحويل المجتمع من منظومة تضم بعض الأفراد العارفين إلى منظومة تتمحور بكاملها حول خلق المعرفة ونشرها وتوظيفها في الرقي بالمجتمع الإنساني.

ومن الدراسات في القسم الثالث للفترة الزمنية 2010-2019، عملت دراسة (Li, 2014) على استكشاف آثار المسافة وكذلك الحدود دون الوطنية والوطنية على الآثار غير المباشرة للمعرفة الدولية وداخل الدول من خلال اقتباسات براءات الاختراع في البلدان المحددة في مجتمع الدراسة، واتضح أنه تزداد آثار الحدود والمسافة بمرور الوقت للاستشهادات من نفس العمر، بحيث يرتبط هذا التأثير المتزايد للحدود والمسافة بتعزيز تكتل المعرفة بمرور الوقت. ومع ذلك، تنخفض كل من آثار الحدود والمسافة مع سن براءات الاختراع، غالباً ما يتم المبالغة في تقدير آثار الحدود الإجمالية بسبب التحيز التجميعي المختلف، علاوة على ذلك، فإن رحلات الأعمال وجودة المعرفة تخفف بشكل فعال من تأثير الحدود دون الوطنية في تدفقات المعرفة.

وأضافت دراسة (بادي، 2017) بعض التعاريف المتعلقة بتوطين المعرفة حيث عرفها بأنها العملية المنظمة التي يتم من خلالها تنمية القدرات الوطنية كي تساهم بفعالية في التطوير المعرفي محلياً وعالمياً من أجل تحقيق تنمية اقتصادية واجتماعية محلية منافسة تساهم في التنمية الإقليمية والعالمية وتخفف الاعتمادية على الاقتصاديات الأخرى وتكسب المجتمع ميزة تنافسية سياسية واقتصادية وثقافية، وأضافت الدراسة تعريفاً آخر على أنها عملية الانتقال من استهلاك المعرفة وإعادة تدويرها بالشكل الذي نقلت به من مجالاتها الأصلية إلى تملكها والاشتغال بها وعن طريقها داخل مجتمعات نوعية محددة وفي إطار منظومة اجتماعية وثقافية تسعى إلى تحقيق التقدم وتوفير شروط تنمية أصيلة قادرة على المساهمة الفاعلة في بناء الحضارة الإنسانية، وذكرت الدراسة بأن تعريف توطين المعرفة يشمل ثلاث عناصر أساسية متكاملة وهي إنتاج المعرفة وتوظيف المعرفة ونشر المعرفة.

وأشارت دراسة (سعد، 2019) إلى أبعاد توطين المعرفة وكان البعد الأول البحث العلمي والذي يعتبر المحرك الأساسي والرئيسي للنظام العالمي الجديد، ودافع أساسي لتعجيل التنمية الاقتصادية بمفهومها الواسع، حيث يعتبر من مقاييس البحث العلمي نسبة الاتفاق من الناتج المحلي الاجمالي والنشر العلمي وعدد الأبحاث المنشورة وبراءات الاختراع، ومن الأبعاد أشارت الدراسة أيضا إلى تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الذي يعتبر المحرك الرئيسي للتغيير في المجتمعات والذي نقل المجتمعات من اقتصاد المعلومات إلى اقتصاد المعرفة.

جاءت دراسة (Kim، 2019) بعنوان "توطين المعرفة في الصناعة المبتكرة: التصنيع التجميعي دليلاً" وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة هل المعرفة بالتصنيع التجميعي محلية أم لا، والعوامل التي تساهم في التوطين الجغرافي للمعرفة، وركزت هذه الدراسة على تحديد الموقع الفعلي للابتكار من خلال جمع بيانات براءات الاختراع والاستشهادات في الولايات المتحدة، واعتمدت الدراسة على منهجي دراسة مراقبة الحالة ونموذج Logit لإيجاد محددات توطين المعرفة، ومن نتائج طريقة مراقبة الحالة أن المعرفة المتعلقة بالتصنيع التجميعي تم توطينها بشكل كبير على مستوى المناطق الحضرية الإحصائية، ومن نتائج تحليل نموذج Logit أن الشركات قد تختار تحديد موقع مركز البحث والتطوير الخاص بها بالقرب من مراكز البحوث العامة لدعم الابتكار.

ومن الدراسات في القسم الرابع للفترة الزمنية 2020-2024 جاءت دراسة (البامي، 2020) بعنوان "عوامل توطين المعرفة في إدارة المشاريع في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية"، وهدفت هذه الدراسة إلى معرفة عوامل توطين المعرفة في إدارة المشاريع، واعتمدت الدراسة على منهج أسلوب دلفاي لتحديد عوامل توطين المعرفة في المحور التنظيمي ومحور التقنية ومحور ثقافة المنظمة ومحور إدارة المشاريع، وتم التطبيق العملي على ثلاث جولات وذلك بإعداد استبانة وزعت على أكثر من 20 خبير في مجالات متعددة، وكان من أبرز نتائج الدراسة هو تحديد عوامل توطين المعرفة في بيئة إدارة المشاريع، حيث صنفت إلى ثلاث مجموعات وهي العوامل الرئيسية والعوامل المساندة والعوامل الثانوية، وأوصت الدراسة بضرورة الدعوة إلى ابتعاث العاملين في بيئة إدارة المشاريع إلى الخارج، لتلقي البرامج التدريبية في الجوانب الإدارية والفنية واكتساب المعرفة الحديثة لتوطينها داخل المنظمة ونقلها إلى باقي العاملين.

وجاءت دراسة (الهزاني، 2020) بعنوان "مصادر المعرفة الضمنية في إدارة نقل وتوطين المعرفة بالشركات الصناعية السعودية"، وهدفت هذه الدراسة إلى التعرف على مصادر المعرفة الضمنية لإدارة نقل وتوطين المعرفة في الشركات الصناعية السعودية، وكيفية تحديد تلك المصادر وتجميعها وتنظيمها ومعالجتها داخل إدارة نقل وتوطين المعرفة في الشركات الصناعية السعودية، واعتمدت هذه الدراسة على منهج دراسة الحالة، وكان مجتمع الدراسة من الأفراد العاملين في أحد الشركات الصناعية السعودية التي تحفظت على ذكر اسمها، وتم تصميم استبانة بغرض جمع البيانات من عينة الدراسة البالغ عددهم 100 موظف، وتوصلت الدراسة إلى عدد من النتائج كان من أبرزها أن أعلى نسبة موافقة لأهم المعارف الضمنية التي يمتلكها الأفراد في الإدارة جاءت في محور الخبرة العملية حيث بلغت نسبة 84%، كما كشفت عن أهم الوسائل الرقمية التي استخدمتها الإدارة لنقل المعرفة الضمنية إلى جميع الأفراد والأقسام حيث بلغت أعلى نسبة موافقة 63% في توافر الشبكة الداخلية للإنترنت، وأوصت الدراسة بضرورة بناء ثقافة تنظيمية تقوم على التعاون بين العاملين، بحيث تشجع على تبادل المعرفة والتشارك الطوعي فيها بهدف الوصول إلى المنظمة المتعلمة والتي تمتاز بأن الكثير من معارفها هي معرفة ضمنية وأن ادارتها وموظفيها يتعلمون من تجاربهم.

بداية الدراسات التي تناولت موضوع تنمية رأس المال الفكري وكيفية تطويرها: قسمت هذه المراجعة الفترة الزمنية للدراسات السابقة والاهتمامات البحثية إلى أربع أقسام حيث يتناول القسم الأول الدراسات في الفترة الزمنية من 1990 إلى 1999، والدراسات في القسم الثاني للفترة الزمنية من 2000 إلى 2009، والدراسات في القسم الثالث للفترة الزمنية بين 2010 إلى 2019، والدراسات في القسم الرابع للفترة الزمنية بين 2020 إلى 2024.

ومن الدراسات في القسم الأول للفترة الزمنية 1990-1999، كانت دراسة (Akpınar، 1997) من أوائل الدراسات التي تناولت موضوع رأس المال الفكري، في الألفية، سيقوم عدد أقل من الناس بالعمل البدني والمزيد من الناس سيقومون بعمل الدماغ. هذا هو رأس المال الفكري. لا يظهر في الميزانية العمومية للشركة، ولكن له قيمة أكبر للمنظمات من الأصول المادية. الثروة الاقتصادية مدفوعة بالمعرفة والمعلومات أكثر من عملية الإنتاج. في حين أن الاقتصادات السابقة اعتمدت على استخدام الأراضي والموارد الطبيعية والمعدات ورأس المال لخلق القيمة، فإن اقتصادنا المعلوماتي سيعتمد على تطبيق المعرفة. كما تم تعريف رأس المال الفكري على أنه الفرق بين القيمة السوقية للشركة وتكلفة استبدال أصولها. تتكون مكونات رأس المال الفكري من رأس المال البشري ورأس المال الهيكلي ورأس المال الخارجي (العميل). إذا أدار المديرون المعرفة بفعالية، فإن منظماتهم ستعزز رأس مالهم الفكري.

وجاءت دراسة (Luthy, 1997) بعنوان رأس المال الفكري ومقاييسه، وذكرت أن رأس المال الفكري أصبح المورد البارز لخلق الثروة الاقتصادية، حيث لا تزال الأصول الملموسة مثل الممتلكات والمنشآت والمعدات عوامل مهمة في إنتاج كل من السلع والخدمات، ومع ذلك فقد انخفضت أهميتها النسبية بمرور الوقت مع زيادة أهمية الأصول غير الملموسة القائمة على المعرفة. وأثار هذا التحول في الأهمية عددا من الأسئلة المحاسبية الحاسمة لإدارة الأصول مثل الأسماء التجارية والأسرار التجارية وعمليات الإنتاج وقنوات التوزيع والكفاءات المتعلقة بالعمل، ويتم عرض طرق قياس رأس المال الفكري على كل من مستوى المكون الفردي والمستوى التنظيمي، ويوفر هذا أساسا استكشافيا للنظم والعمليات المحاسبية المفيدة للإدارة الهادفة للأصول الفكرية. وأضافت الدراسة أن رأس المال الفكري هو معرفة مفيدة معبأة، بحيث يشمل عمليات المنظمة وتقنياتها وبراءات الاختراع ومهارات الموظفين ومعلوماتها عن العملاء والموردين وأصحاب المصلحة، وتستخدم التعاريف الأخرى المختلفة مفاهيم مثل القدرة والمهارة والخبرة وغيرها من أشكال المعرفة المفيدة في المنظمات، حيث يمكن أن يعرف رأس المال الفكري بأنه المصطلح الذي يطلق على الأصول غير الملموسة المجمعة التي تمكن الشركة من العمل، وتشمل المفاهيم الأساسية المهمة في هذه التعاريف فكرة أن رأس المال الفكري هو شيء قائم على المعرفة، ويتم التقاطه في شكل محدد، ومفيد في المنظمات. ورأس المال الفكري ليس ببساطة متاحا، لأن القوة العقلية البشرية العائمة الحرة، وتوفر هذه التعاريف والمفاهيم الأساسية أساسا مفيدا لفهم رأس المال الفكري. ومع ذلك، فإنها تفتقر إلى الخصوصية اللازمة لتحديد الأصول الفردية وتصنيفها وقياسها.

ومن الدراسات في القسم الثاني للفترة الزمنية 2000-2009، أشارت دراسة (الطيب، 2008) التي جاءت بعنوان استراتيجية تنمية رأس المال الفكري في عصر تكنولوجيا المعلومات، وأشارت إلى متطلبات رأس المال الفكري في عصر المعلومات حيث ذكرت أنه أدت التطورات التقنية المتلاحقة في عالمي الصناعة والخدمات في جعل السياسات التربوية العربية التقليدية والمتمثلة في تخريج أفواج من المهندسين الفنيين والمهندسين الجامعيين الذين يلمون إماما عاما بالمناهج الفنية والهندسية الأساسية، مع بعض المقاربة العملية الضعيفة للتجارب المخبرية، تضاف إليها في أفضل الأحوال زيارات اطلاعية إلى بعض المؤسسات الصناعية، غير قادرة على التصدي المباشر للتحديات التقنية التي تواجهها الصناعات الحديثة الصغيرة منها والكبيرة، الأمر الذي وضع المؤسسات الصناعية والخدمية الناشئة في بلدنا أمام تحديات إعادة التأهيل والتدريب، التي هي أصلا من غير وظيفتها الأساسية، فأصبحت العملية التأهيلية عملية مكلفة وبأداء غير مضمون أو متكامل.

ومن الدراسات في القسم الثالث للفترة الزمنية 2010-2019، جاءت دراسة (أبو الغنم، 2012) بعنوان أثر تنمية رأس المال الفكري في فاعلية نظم المعلومات الاستراتيجية في شركات الصناعية الغذائية بجدة، وعرفت رأس المال الفكري على أنه مجموعة من المهارات والمعارف المتوفرة بالمنظمة والتي تجعلها قادرة على تلبية رغبات وتطلعات العملاء، ويعرف أيضاً على أنه يمثل الصفوة من العاملين الذين يمتلكون القدرات المعرفية والذهنية والمهارات بحيث يكونون قادرين على الإبداع والابتكار للأفكار الجديدة القادرة على المحافظة على الوضع التنافسي للشركة وزيادة إنتاجيتها وتقليل تكاليف الإنتاج، وذكرت الدراسة أن تنمية رأس المال الفكري تتمثل في أوجه الإنفاق كافة على تكوين الأصول المعرفية في المنظمة وتنمية الخبرات والمهارات والمعارف الموجودة في أذهان الأفراد، والعمل على شحذها ووضعها موضع التنفيذ والتي تستخدم في إنتاج السلع وتقديم الخدمات وفي القيام بالنشاطات والوظائف التقليدية المختلفة.

وذكرت دراسة (السيسي، 2014) أبرز العوامل المؤثرة والتي لا تلبى متطلبات التنمية مثل عدم الاستقرار على مفهوم واضح ومحدد لرأس المال الفكري، وتدني مستوى الانفاق على برامج تنمية رأس المال الفكري، ونقص البحوث العلمية الموجهة نحو دراسة برامج تنمية رأس المال الفكري، وضعف الاستراتيجيات المستخدمة في برامج تنمية رأس المال الفكري، وأشارت الدراسة إلى بعض الخطوات اللازمة التي قد تحدث نقلة في مسار رأس المال الفكري مثل الانتقال من نقل المعرفة إلى استحداث المعرفة، والانتقال من الفكر التقليدي إلى التفكير العلمي الإبداعي في تطوير برامج تنمية رأس المال الفكري، واتخاذ المواقف الاستباقية بدلا من مواقف رد الفعل في برامج تنمية رأس المال الفكري.

وذكرت دراسة (بو خريص و بو خريص، 2017) أبرز متطلبات تنمية رأس المال الفكري مثل عند القيام بعملية الاختيار والتعيين يتم التركيز على اختيار الأفراد ذوي القدرات المعرفية والإبداعية العالية، وتوفير مناخ وبيئة عمل تساعد على اكتساب المعرفة وتسهيل للأفراد الوصول إليها والحصول عليها من مصادرها الداخلية والخارجية، وتحفيز الأفراد على التعلم المستمر واكتساب مهارات وقدرات جديدة من خلال التعامل مع عناصر البيئة الداخلية والخارجية، والتعرف المستمر على مقدار المعرفة المخترنة لدى الموارد البشرية، وسعى الإدارة إلى استخلاص المعرفة الضمنية وتحويلها إلى معرفة ظاهرة أو صريحة تمتلكها المنظمة وتحويلها إلى أصول فكرية تمهيدا لتحويلها إلى حقوق ملكية فكرية، وقيام الإدارة بتحويل رأس المال الفكري إلى قيمة سوقية من خلال الاختراع والابتكار.

وأشارت دراسة (الهمداني، 2019) إلى مكونات رأس المال الفكري ومنها رأس المال البشري والذي يتمثل في رصيد المعرفة في المؤسسة ويتضح من خلال المهارات المهنية للأفراد وهذا النوع ينتهي أثره بخروج العاملين من المؤسسة، حيث يتعلق رأس المال البشري بالمعرفة التي يمتلكها العاملون ولا تمتلكها المؤسسة، وكان المكون الثاني لرأس المال الفكري هو رأس المال الهيكلي والذي يعرف بأنه مجموعة من الإجراءات والقواعد والبيانات والمنظمة التي تبني وتطور المنظمة عبر الزمن لتمكين العاملين فيها، وكان المكون الثالث رأس مال العلاقات ويتمثل في إدارته لرأس المال البشري ورأس المال الهيكلي وذلك لإيجاد علاقة قوية وواضحة بين المؤسسة وأصحاب المصلحة الخارجيين، ويعد رأس مال العلاقات جزء من الموارد التنظيمية غير الملموسة حيث تعكس حركة الاتصال بين المؤسسة وأصحاب المصلحة وذلك لكسب ولائهم والمحافظة عليهم.

ومن الدراسات في القسم الرابع للفترة الزمنية من 2020-2024 فقد أكدت دراسة (الحمروني، 2022) على أن عناصر رأس المال الفكري ومنها الأصول السوقية وتشمل جميع الجوانب غير الملموسة المرتبطة بالسوق مثل الماركات والعلماء، والعنصر الثاني هو الأصول البشرية وتشمل الخبرات المتراكمة وقدرات الابتكار والمؤشرات المتعلقة بمدى قدرة الأفراد على الأداء في مواقف معينة، والعنصر الثالث هو أصول الملكية الفكرية وتشمل العلاقات التجارية والأسرار التجارية وبراءات الاختراع وحقوق التعلم والمعرفة، والعنصر الرابع أصول البنية التحتية وتتضمن جميع العناصر التي تحدد طريقة عمل المنظمة مثل ثقافة المنظمة وطرق تقييم الخطر وقواعد بيانات العملاء ونظم الاتصال.

وذكرت دراسة (مهدي، 2024) العلاقة بين إدارة المعرفة ورأس المال الفكري حيث تعد إدارة المعرفة الية شاملة لإظهار الأصول المعرفية ومصادر ها والتركيز على الأصول الفكرية وعملية الاستحواذ عليها وإدامتها وتنظيمها وتوليدها وتطويرها وتقاسمها واستعمالها في إطار عملية التراكم المعرفي وتستند الى الجهد الجماعي باتجاه تحسين فاعلية وكفاءة المنظمة وتحقيق أهدافها، لكن ذلك لا يعنى الغاء الجهد المعرفي الفردي ولاسيما المبادر والمبدع وتركز على بناء رأس المال الفكري، إذ أن هنالك مجهودات منظمة للكشف عن رأس المال الفكري وتنظيمه وتوفيره للمنظمة والعمل على رعاية مناخ التعلم المستمر وتقاسم المعرفة، وعليه فإن النشاطات التنظيمية تبنى على ما قائم على المعرفة، فالأصول المعرفية تتمثل من خلال قياس رأس المال الفكري وتطويره واستغلاله وبهذا نلاحظ ان نماذج ادارة المعرفة قد ركزت على ادارة المعرفة بشكل اساسي على توليد المعرفة والذي يتضمن الحصول على معرفة جديدة او تطوير المعرفة الموجودة لديها وهذا ما تركز عليه تحويل المعرفة ومن ثم تخزينها والعمل على نشرها داخل المنظمة باستخدام طرائق متعددة ومن ثم العمل على تطبيقها للوصول الى الاهداف المرغوبة، بالإضافة الى تركيز النماذج على بعض انواع المعرفة وكيفية الحصول عليها، إذ ان عملية الوصول الى عدد من القرارات التي تحافظ على كفاءة المنظمة وفعاليتها والقدرة على الابتكار المستمر من خلال التوظيف الفعلي لرأس المال الفكري بما يعكس في تعزيز الولاء من الزبائن، فمجموعة أصول المعرفة التي تنسب للمنظمة وتسهم في تحسين الموقع التنافسي أكثر أهمية للمنظمة من خلال القيمة المضافة إلى أصحاب المصالح المحددين، بحيث يسهل تحديد القيمة والاستخدام والتوثيق بينما المورد الفكري لا يمكن قياسه بشكل دقيق لأنه موجودات غير ملموسة وغير محددة في الوجود.

بداية الدراسات التي تناولت موضوع تنمية رأس المال الفكري وتوطین المعرفة وكيفية تطور ها:

(على حد علم الباحثين) وبعد البحث في المصادر المعتمدة في منهجية مراجعة مواضيع الدراسة، فإنه لا توجد دراسات ربطت الموضوعين، رغم أنه من خلال الاطلاع على الدراسات السابقة فإن هناك تقاطع بين موضوع توطین المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، وكلاهما يدور حول المعرفة، وحيث يحتاج إعداد الإطار النظري للمزيد من الوقت للبحث بشكل أعمق وأدق وأشمل في ترابط مصطلحات الدراسة والتفانيها، ولأن مفاهيم المراجعة لم تحظ بالاهتمام الكافي من قبل الباحثين والمختصين بشكل عام، فإن هذه المراجعة سوف تقدم (على حد علم الباحثين) أولى الدراسات التي سوف تقوم بربط مفاهيم ومصطلحات المراجعة (توطین المعرفة وتنمية رأس المال الفكري).

المؤشر الرقمي لتتبع مصطلحات الموضوع في قواعد البيانات وفي محركات البحث الرقمية:

المؤشرات الرقمي لتتبع مصطلحات مواضيع الدراسة في محركات البحث وقواعد البيانات.

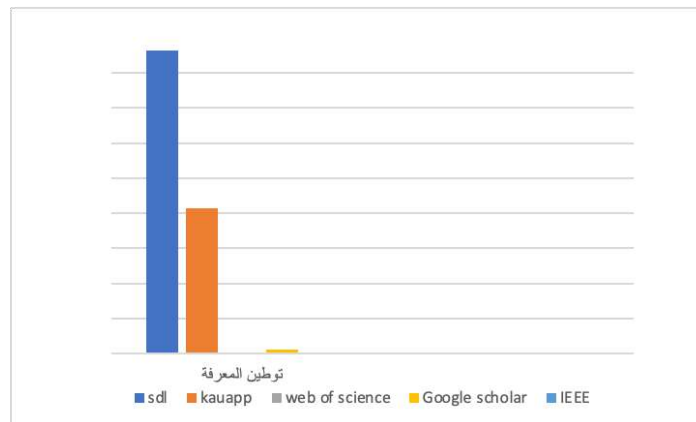
قام الباحثين بتتبع بدايات ظهور المصطلحات المرتبطة بمواضيع الدراسة من خلال محركات البحث العلمية المذكورة أعلاه. وتم حصر المصطلحات وفق محورين باللغة العربية والانجليزية كالتالي:

المحور الأول: توطین المعرفة

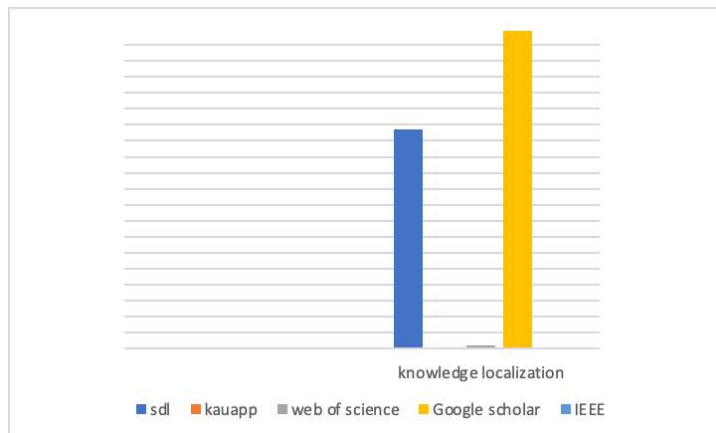
استخدم الباحثين مصطلح توطین المعرفة للبحث في قواعد البيانات العربية، ومصطلح Knowledge Localization للبحث في قواعد البيانات الأجنبية، كما هو موضح في الشكل التالي:

جدول رقم (7) عرض المؤشر الرقمي لمصطلح توطين المعرفة في قواعد البيانات العربية والأجنبية

IEEE	GOOGLE SCHOLAR	WEB OF SCIENCE	منصة رسائل جامعة الملك عبد العزيز	المكتبة الرقمية السعودية	
0	151	0	2172	4415	توطين المعرفة
5815	4290000	18495	2510	695361	Knowledge Localization



شكل رقم (7) رسم بياني للمقارنة بين عدد نتائج البحث لمصطلح توطين المعرفة في قواعد البيانات العربية



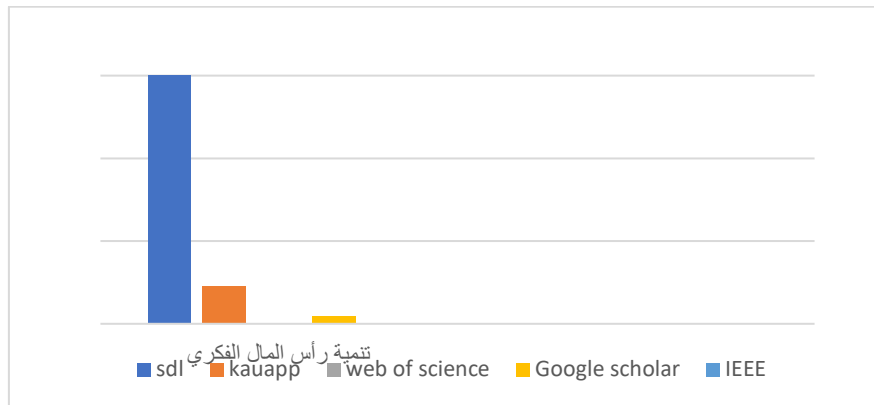
شكل رقم (8) رسم بياني للمقارنة بين عدد نتائج البحث لمصطلح توطين المعرفة في قواعد البيانات الأجنبية

المحور الثاني: تنمية رأس المال الفكري

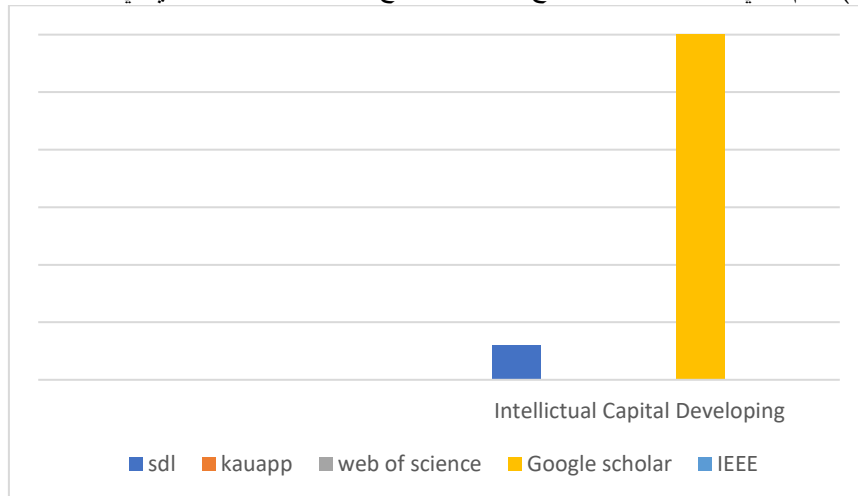
استخدم الباحثين مصطلح تنمية رأس المال الفكري للبحث في قواعد البيانات العربية، ومصطلح Intellectual Capital Developing للبحث في قواعد البيانات الأجنبية، كما هو موضح في الشكل التالي:

جدول رقم (8) عرض المؤشر الرقمي لمصطلح تنمية رأس المال الفكري في قواعد البيانات العربية والأجنبية

IEEE	GOOGLE SCHOLAR	WEB OF SCIENCE	منصة رسائل جامعة الملك عبد العزيز	المكتبة الرقمية السعودية	
0	438	0	2249	15164	تنمية رأس المال الفكري
194	3930000	2025	2414	300401	Intellectual Capital Developing



شكل رقم (9) رسم بياني للمقارنة بين عدد نتائج البحث لمصطلح تنمية رأس المال الفكري في قواعد البيانات العربية



شكل رقم (10) رسم بياني للمقارنة بين عدد نتائج البحث لمصطلح تنمية رأس المال الفكري في قواعد البيانات الأجنبية

النتائج

تناولنا في هذه المراجعة الأدبية عرضاً شاملاً لموضوعات المراجعة والتي تمثلت في توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، وبدأت هذه المراجعة بتوضيح الحدود والمنهجية المتبعة في مراجعة مواضيع الدراسة، وتحديد الأدوات البحثية التي استخدمها في هذه المراجعة ومصادر المعلومات، وبعد ذلك تناولت المصطلحات المتعلقة بهذه المراجعة من خلال سرد بعض التعاريف لكل مصطلح، وعرض التطور التاريخي في كل موضوع، وأبرز الجمعيات والمؤتمرات وورش العمل العربية والأجنبية، كما تناولت

المراجعة تفصيلاً لأبرز الدراسات السابقة في كل موضوع وذلك من خلال تقسيم الفترة الزمنية إلى أربع أقسام، وعرضت المراجعة المؤشر الرقمي لمصطلحات المراجعة مع توضيح ذلك في جداول ورسم بياني لكل موضوع بشكل منفصل. ويتضح من خلال هذه المراجعة ندرة الأبحاث العربية والأجنبية التي تناولت هذه المواضيع، بالرغم من زيادة عدد الأبحاث الأجنبية إلا أن كلا المصطلحين لم يتم تناولهما بشكل منفصل في سياق إدارة المعرفة وعملياتها، حيث يعتبر مصطلح توطين المعرفة ومصطلح تنمية رأس المال الفكري من المصطلحات التي قد يتناولها المختصين من عدة تخصصات علمية، ومن خلال الدراسات السابقة نرى أن موضوع توطين المعرفة قد تناوله من خلال إدارة المواهب وبراءات الاختراع والابتكارات والاستشارات العلمية في الأبحاث، وبالنظر إلى تعريف تنمية رأس المال الفكري في الدراسات السابقة، فإننا نجد تقاطعاً لكلا المصطلحين، وحاول الباحثين في هذه المراجعة الوصول إلى المزيد من الدراسات السابقة التي تتعلق بموضوع توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، للوصول إلى فهم للدور التكاملي لعملية توطين المعرفة في تنمية رأس المال الفكري، حيث يعتبر المفهومين مترابطين بشكل وثيق، حيث يمثل رأس المال الفكري في المهارات والمعرفة والابتكارات داخل المنظمات، ويعد محوراً للتنافسية والقدرة على الابتكار، وفي الجانب الآخر يساعد توطين المعرفة على موازنة هذه الأصول لتناسب مع المتطلبات الحالية، حتى يمكن للمنظمات أن تحسن من ابتكاراتها وتطور منتجات وخدمات تلبي جميع التوقعات والمتطلبات الحالية، وهذا التكامل بين تنمية رأس المال الفكري وتوطين المعرفة يسهل على المنظمات تحقيق ميزة تنافسية، من خلال تطوير حلول مبتكرة تحقق الاستثمار الأمثل لموارد ومكتسبات المنظمة.

دور توطين المعرفة في تنمية رأس المال الفكري:

ركزت هذه الدراسة على تحديد العلاقة بين توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، والتي تُعد من العلاقات المحورية التي تحظى باهتمام متزايد في ظل التحولات المعرفية والاقتصادية الراهنة، نظراً لما يشكله كل من المفهومين من مرتكز أساسي في تعزيز التميز المؤسسي ودفع عمليات التنمية المستدامة داخل المنظمات. فمن جهة، يُمثل توطين المعرفة أحد المكونات الجوهرية لإدارة المعرفة، إذ يُعبر عن عملية تحويل المعرفة المنقولة أو المستوردة إلى معرفة محلية قابلة للتوظيف والإنتاج ضمن السياقات الوطنية، وهو ما يتيح بناء قاعدة معرفية مستقلة ومتنامية. ومن جهة أخرى، يُعد رأس المال الفكري بمكوناته، أحد الركائز الجوهرية التي تُسهم في تحويل المعرفة إلى قيمة مستدامة، عبر توظيف الكفاءات والأنظمة والعلاقات المؤسسية في خدمة الأهداف التنظيمية والاقتصادية.

وتستنتج هذه الدراسة في هذا السياق، أن الأدبيات العلمية تؤكد على أن العلاقة بين توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري هي علاقة تكاملية تبادلية، إذ يُعزز كل منهما الآخر. فوجود رأس مال فكري قوي، لا سيما في جانبه البشري، يُعد شرطاً أساسياً لإنجاح جهود توطين المعرفة، إذ تتطلب هذه العملية قدرات بشرية قادرة على فهم ونقل وتكييف المعرفة بما يتواءم مع البيئة المحلية. وفي المقابل، فإن توطين المعرفة يُسهم بدوره في تنمية رأس المال الفكري من خلال بناء القدرات المحلية، وتطوير الموارد البشرية، وتعزيز الثقافة الابتكارية داخل المؤسسات. وقد أكدت دراسة (Riza et al., 2024) على أهمية هذا التكامل، مبينةً أن رأس المال الفكري يُعزز فاعلية إدارة المعرفة ويُسهم في دعم الابتكار، الأمر الذي ينعكس بشكل إيجابي على الأداء التنظيمي. كما أبرزت أن إدارة المعرفة تشكل وسيطاً فاعلاً بين رأس المال الفكري والابتكار، مما يؤكد الطبيعة المتداخلة للعلاقة بين هذه العناصر الثلاثة. كما شددت بعض الأدبيات على أن التحول نحو اقتصاد المعرفة لا يمكن أن يتحقق بمعزل عن تنمية رأس المال الفكري المحلي، وهو ما يُبرز أهمية تبني استراتيجيات وطنية تهدف إلى توطين المعرفة وتطوير الكفاءات البشرية. حيث أشارت دراسة (بلخضر، 2018) إلى أن رأس المال البشري يمثل العمود الفقري لاقتصادات المعرفة، وأوضحت أن تطوير الكفاءات الوطنية من خلال توطين المعرفة هو المسار الأمثل لبناء اقتصاد معرفي تنافسي، يقوم على الابتكار والإنتاجية وتحقيق التنمية الشاملة.

وتؤكد هذه الرؤية من خلال ما أورده دراسة (غني، 2018) التي بينت أن المعرفة أصبحت المصدر الرئيس للثروة، ومحركاً للنمو الاقتصادي، وأن تنمية الموارد البشرية تشكل نقطة الانطلاق نحو تأسيس مجتمع المعرفة، عبر استثمار المعرفة وتوظيف القدرات البشرية المؤهلة في نقلها وتوطينها. كما ركزت الدراسة على أهمية ربط عمليات توطين المعرفة بالسياسات المؤسسية والبحث العلمي، بهدف بناء بيئة ممكنة تدعم الابتكار المستدام وتنمية رأس المال الفكري. ومن منظور تكاملي، يُنظر إلى إدارة المعرفة كأداة استراتيجية تسهم في تحويل المنظمات إلى كيانات متعلمة قادرة على التكيف مع المتغيرات المستقبلية. حيث أكدت دراسة (الشربيني، 2011) أن تنمية رأس المال الفكري تتطلب ممارسات معرفية ممنهجة تُعزز من قدرة المنظمات على الاحتفاظ بالمعرفة وتحويلها إلى أصل غير ملموس ذي قيمة استراتيجية. كما أشارت الدراسة إلى أن صعوبة قياس رأس المال الفكري ترجع إلى طبيعته غير الملموسة، مما يستدعي بناء أدوات ومؤشرات دقيقة تتكامل مع ممارسات إدارة المعرفة في المنظمات.

وفي الإطار ذاته، توضح دراسة (الحمزاوي، 2017) أن رأس المال الفكري بات يمثل المحرك الأساسي لتنمية المعرفة التكنولوجية، بما في ذلك عمليات نقل وتوطين التكنولوجيا الحديثة. فتنمية المعرفة في السياقات المعاصرة لا يمكن فصلها عن تنمية الموارد البشرية، التي تُعد المحور الأساس في إنتاج القدرات الإبداعية والعلمية، والتي تمكّن من توطين التكنولوجيا بما يتلاءم مع الحاجات التنموية والاقتصادية للمجتمع. وبناءً على ما تقدم، يتضح أن العلاقة بين توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري ليست مجرد علاقة تأثير مباشر، وإنما هي علاقة تبادلية تنموية تسهم في تعزيز قدرة المنظمات على الإنتاج المعرفي، ودعم الاستقلالية العلمية، وتحقيق التميز التنافسي في بيئة تتسم بالتغير السريع والاعتماد المتزايد على الأصول المعرفية. وفي ضوء هذه المعطيات، تتسع الرؤية النظرية لتشمل كذلك أبعاداً أكثر تحديداً للعلاقة بين عمليات تبادل المعرفة ونقلها وتنمية مكونات رأس المال الفكري. فالبعد البشري من رأس المال الفكري، الذي يشمل المعارف، والمهارات، والخبرات المترجمة للعاملين، يُعد البوابة الرئيسة لنقل وتوطين المعرفة، إذ تعتمد نجاح هذه العمليات على قدرة الأفراد على استيعاب المعرفة الضمنية وتحويلها إلى معرفة صريحة قابلة للنقل والاستثمار المؤسسي. كما أن المؤسسات التي تستثمر في تنمية رأس المال البشري من خلال برامج تدريب وتطوير فعالة تكون أكثر قدرة على استيعاب المعرفة الواردة من الخارج وتوطينها في سياقاتها التنظيمية، مما يسهم في خلق بيئة تعلم ديناميكية تدفع نحو الابتكار والتحول المعرفي المستدام. أما من الناحية الهيكلية، فإن نقل المعرفة يعتمد على توافر بنية تنظيمية مرنة، قادرة على دعم تدفق المعرفة بين وحدات المنظمة، وربطها بأنظمة المعلومات وقواعد البيانات المؤسسية، مما يسهم في تعزيز رأس المال الهيكلي الذي يشكل القاعدة التحتية غير الملموسة للممارسات المعرفية.

المناقشة

أبرزت هذه المراجعة الأدبية وجود فجوة بحثية واضحة في معالجة مفهومي توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري، خاصة من حيث ارتباطهما المباشر بعمليات إدارة المعرفة داخل المؤسسات. فعلى الرغم من تزايد عدد الأبحاث الأجنبية، إلا أن المعالجة المتكاملة لهذين المفهومين لا تزال محدودة، سواء من ناحية التناول المنهجي أو من حيث تقديم نماذج عملية توضح العلاقة بينهما. وقد أظهرت نتائج المراجعة أن توطين المعرفة لا يقتصر على مجرد نقل المعرفة وتكييفها مع السياق المحلي، بل يتعدى ذلك إلى كونه عاملاً تمكيني أساسياً يسهم في بناء رأس المال الفكري وتعزيزه، من خلال تطوير مهارات الأفراد، وتحفيز الابتكار، والاستفادة من المعرفة المترجمة داخل المنظمات.

كما تبين أن تنمية رأس المال الفكري لا يمكن أن تتحقق بمعزل عن جهود مؤسسية واضحة لتوطين المعرفة، إذ أن هذا التوطين يشكل الإطار العملي الذي تُفَعّل من خلاله المعرفة وتتحول إلى أداة استراتيجية تسهم في رفع كفاءة الأداء التنظيمي. ومن خلال هذا الفهم المتكامل، يصبح من الضروري توجيه الجهود البحثية والتطبيقية المستقبلية نحو استكشاف سبل دمج توطين المعرفة في برامج تنمية رأس المال الفكري، مع التركيز على بناء نماذج قياس توضح أثر هذا التكامل على الابتكار والتنافسية. كما يُوصى بالاستفادة من التجارب الدولية في هذا المجال، مع العمل على تكييفها بما يتناسب مع الخصوصية الثقافية والمؤسسية في البيئات العربية، إلى جانب تعزيز التعاون بين التخصصات الأكاديمية المختلفة، من أجل تطوير إطار معرفي شامل يدعم هذا الاتجاه. وتظهر الحاجة أيضاً إلى تضمين مفاهيم توطين المعرفة وتنمية رأس المال الفكري في السياسات المرتبطة بالتعليم والتدريب والتطوير المؤسسي، باعتبارها أدوات استراتيجية لتعزيز الاستدامة وبناء اقتصاد معرفي متطور. إن هذا التوجه لا يسهم فقط في تحسين كفاءة الموارد البشرية، بل يعزز من قدرة المؤسسات على التكيف مع المتغيرات وتقديم حلول مبتكرة تستجيب لتحديات الحاضر والمستقبل، وهو ما يُعد أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق التميز المؤسسي في ظل الاقتصاد المعرفي.

التمويل: "لم يتلق هذا البحث أي تمويل خارجي".

بيان مجلس المراجعة المؤسسية: استبعاد هذا البيان.

بيان الموافقة المستنيرة: "لا ينطبق".

المراجع

المراجع العربية:

أبو الغنم، خالد. (2012). "أثر تنمية رأس المال الفكري في فاعلية نظم المعلومات الاستراتيجية في شركات الصناعات الغذائية في جدة". مجلة دراسات إدارية: (5) 2: 36-9.

- القرعان، أنعام. (2018). "أثر تنمية رأس المال الفكري على كفاءة أنظمة المعلومات المحاسبية: دراسة ميدانية على الشركات الصناعية في مدينة الحسن الصناعية -إربد". رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة جرش، جرش: 1-120.
- الزهيري، إبراهيم عباس. (٢٠١٢) "رأس المال الفكري الخيار الاستراتيجي المستقبلي المؤسسات التعليم العالي". المؤتمر السنوي الرابع لكلية التربية النوعية، جامعة المنصورة.
- بادي، سوهام. (2017). "النموذج المفاهيمي لتوطين المعرفة في الوطن العربي واستراتيجية تمكين الشباب: قراءة في تقرير المعرفة العربي 2014". Cybrarians Journal: (46):1-16.
- بوخريص، السنوسي. بوخريص، أوريد. (2017). "أثر استخدام تكنولوجيا المعلومات على تنمية رأس المال الفكري- دراسة ميدانية بالتطبيق على المصارف التجارية الليبية". المجلة الليبية العالمية: (29):1-30.
- حسين، م. ع. إ. (٢٠٢٢). تنمية رأس المال الفكري لدعم الميزة التنافسية بالجامعات المصرية: آليات مقترحة. دراسات تربوية واجتماعية - مجلة كلية التربية - جامعة حلوان، ٢٨ (يوليو)، ٢٣٨-١٨٩.
- الحامد، عبد الله. (2021). "دور القيادة التحويلية في تنمية رأس المال الفكري: دراسة ميدانية على القطاع المصرفي اليمني". جامعة عدن، كلية الاقتصاد والعلوم الإدارية (28): 147-190.
- الشمري، عيد عائد. (٢٠١٤). "درجة توافر رأس المال الفكري، وعلاقتها بدرجة تحقيق الميزة التنافسية في الجامعات الخاصة الكويتية". رسالة ماجستير " غير منشورة"، كلية العلوم التربوية.
- العرجاني، منيرة علي. (2021). درجة إسهام القيادات في تنمية رأس المال الفكري لتحقيق ميزة تنافسية للجامعات من وجهة نظر قيادات جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل. مجلة القراءة والمعرفة، 238، 89 - 112.
- اليامي، رقية. (2020). "عوامل توطين المعرفة في إدارة المشاريع في مدينة الملك عبد الله الاقتصادية". رسالة دكتوراه منشورة، قسم علم المعلومات، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية.
- رياض، أميرة. (2020). "جامعات الشركات ودورها في تنمية رأس المال الفكري في مصر على ضوء خبرتي اندونيسيا والبرازيل". جامعة الفيوم، كلية التربية (14): 509-569.
- سعد، عبد الرزاق. (2019). "دور استراتيجية التمكين في نقل وتوطين المعرفة بالدول العربية: دراسة وصفية على مؤشرات مؤتمر المعرفة العربي لسنة 2016 ضمن برنامج الأمم المتحدة الإنمائي". مجلة الدراسات الاقتصادية: (1): 264-290.
- زغلولة، جمال الدين. (2015). "ثلاثة عناصر لبناء مجتمع المعرفة". مجلة رسالة الجامعة: (1195).
- التورابي، عبد الرزاق. (2008). "اللغة العربية ورهانات توطين المعرفة العلمية". مركز الدراسات والبحوث الإنسانية 159-176: (1) والاجتماعية.
- عبد الحافظ، حسني. (2004). "التجربة اليابانية في نقل وتوطين التقنية". اللجنة الوطنية القطرية للتربية والثقافة والعلوم (150): 280-290.
- عبد الحميد، أسماء. (2021). "تصور مقترح لاستثمار رأس المال الفكري في الجامعات المصرية في ظل التحول العالمي نحو اقتصاد المعرفة". جامعة سوهاج، كلية التربية (81): 713-767.
- عبد الغني، عاصم. (2000). "أزمة توطين التكنولوجيا بمصر". المؤتمر السنوي الخامس لإدارة الأزمات والكوارث: (2): 116-145.
- الهمداني، فتحية. (2019). "متطلبات تنمية رأس المال الفكري في جامعة صنعاء في ضوء مدخل إدارة المعرفة". جامعة الأندلس للعلوم والتقنية: (2): 227-268.
- غنيم، إبراهيم. (2018). "تصورات طلاب الجامعات المصرية تجاه فاعلية البيانات التمكينية لنقل المعرفة وتوطينها". (104): 237-266.
- كورتل، فريد. (2008). "قيادة المعرفة ودورها في تنمية رأس المال الفكري للمؤسسة الاقتصادية: دراسة تجربة المؤسسة الوطنية لإنتاج وتسويق المحروقات - سوناطراك". المؤتمر العلمي الدولي الثاني حول إدارة وقياس رأس المال الفكري في منظمات الأعمال العربية: (1): 1-24.

- محمد، سمر. (2023). "تنمية رأس المال الفكري بالجامعات المصرية على ضوء التحول الرقمي: دراسة ميدانية على جامعة بنها" جامعة سوهاج، كلية التربية (106): 941-1124.
- المسدي، عادل، وإبراهيم، إيمان ثابت محمد، و عبد المنعم أحمد. (2024). دور إدارة المعرفة في تنمية رأس المال الفكري: دراسة ميدانية على العاملين بمصلحة الضرائب المصرية - ضريبة القيمة المضافة - بمحافظة الإسكندرية (رسالة دكتوراه غير منشورة). جامعة طنطا، طنطا.
- محمد، محمد. (2019). "استراتيجية التحول إلى الاقتصاد المبني على المعرفة: دراسة حالة دول الخليج العربي: مجلة الدراسات التجارية المعاصرة (8): 658-678.
- محمد، مروة. (2023). "أثر تطوير بيانات التكاليف على عملية نقل وتوطين التكنولوجيا". مجلة الدراسات المالية والتجارية (2): 383-405.
- ملاكوي، أسماء. (2024). "التوطين واللغة والقانون". المجلة الدولية للقانون: (2): 63-94.
- منصور، منار. (2021). " دور الجامعة في تحقيق الذكاء الاستراتيجي وتنمية رأس المال الفكري من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس: جامعة المنصورة نموذجاً". جامعة سوهاج، كلية التربية (88): 264-330.
- مهدي، أمنة. (2024). "أثر عملية إدارة المعرفة في تنمية رأس المال الفكري: دراسة استطلاعية على عينة من الكليات الأهلية". مجلة الريادة والأعمال: (5) 1: 74-90.
- الهزاني، نورة بنت ناصر بن عبد الله. (2020). "مصادر المعرفة الضمنية في إدارة نقل وتوطين المعرفة بالشركات الصناعية السعودية". بحوث في علم المكتبات والمعلومات: (24): 159-189.
- السيبي، وجدي. (2014). "تنمية رأس المال الفكري وأثره في تحسين أداء العاملين بمصانع الملابس الجاهزة". مجلة كلية التربية النوعية جامعة بورسعيد: (3): 1-40.
- الحمروني، مفتاح. (2022). "دور الربط والتكامل بين نظام تخطيط موارد المنشأة وبطاقة الأداء المتوازن في تنمية رأس المال الفكري للمساهمة في تحقيق ميزة تنافسية للمنشأة". مجلة الدراسات الاقتصادية: (3): 177-199.
- نوح، صالح. (2021). "تطبيق نظم تخطيط موارد المنشأة ودورها في تنمية رأس المال الفكري: دراسة تطبيقية على البنوك التجارية الأردنية". رسالة ماجستير منشورة، كلية الدراسات العليا، جامعة البلقاء التطبيقية، الأردن.
- هاشم، نهلة عبد القادر؛ وآخرون. (٢٠١٦). "رأس المال الفكري لتحقيق القيمة المضافة للجامعات السعودية : دراسة تحليلية مجلة كلية التربية في العلوم التربوية". كلية التربية، جامعة عين شمس (٤٠): ٧٣-١٦٥.
- الطيب، ياسين. (2008). "استراتيجية تنمية رأس المال الفكري في عصر تكنولوجيا المعلومات". المؤتمر العلمي الدولي الثاني حول إدارة وقياس رأس المال الفكري في منظمات الأعمال العربية: (2): 1-14.
- تنظيم وكالة الفضاء السعودية. (16, 10, 2023). تنظيم وكالة الفضاء السعودية. تم الاسترداد من موقع هيئة الخبراء بمجلس الوزراء: <https://laws.boe.gov.sa/BoeLaws/Laws/LawDetails/db8ba5c5-726b-471a-aeb0-b02800a195fd/1>
- البوابة الرسمية لحكومة دولة الإمارات العربية المتحدة. (16, 10, 2023). تم الاسترداد من علوم الفضاء والتكنولوجيا: <https://u.ae/ar-ae/about-the-uae/science-and-technology/key-sectors-in-science-and-technology/space-science-and-technology>

المراجع الأجنبية:

- Akpınar, Ali & Akdemir, Ali. (1997). INTELLECTUAL CAPITAL.
- Alcácer, Juan & Chung, Wilbur. (2007). Location Strategies and Knowledge Spillovers. Management Science. 53. 760-776. 10.1287/mnsc.1060.0637.
- Almeida, Paul & Kogut, Bruce. (1999). Localization of Knowledge and the Mobility of Engineers in Regional Networks. Management Science. 45. 905-917. 10.1287/mnsc.45.7.905.

- Antonelli, Cristiano. (2006). The governance of localized knowledge: An information economics approach for the economics of knowledge.
- Deloitte. (2019). New Zealand Space Sector: Its value, scope, and structure. Ministry of Business, Innovation, Employment.
- Gioacasi, Diana (2014) : Intellectual Capital: A Critical Approach on Definitions and Categorization, CES Working Papers, ISSN 2067-7693, Alexandru Ioan Cuza University of Iasi, Centre for European Studies, Iasi, Vol. 6, Iss. 4, pp. 57-62.
- Harris, Louise. (2000). A Theory of Intellectual Capital. *Advances in Developing Human Resources*. 2. 22-37.
- Henderson, Rebecca & Jaffe, Adam & Trajtenberg, Manuel. (1993). Geographic Localization of Knowledge Spillovers As Evidenced By Patent Citations. *The Quarterly Journal of Economics*. 108. 577-98. 10.2307/2118401.
- JOELIATY AKIL, Imas SOEMARYANI, Hilmiana HILMIANA, Sawir Rifatullah / *Journal of Asian Finance, Economics and Business* Vol 8 No 12 (2021) 0421–0429.
- Naima Khatun ,Md. Musfiqur Rahman / *International Journal of Industrial Distribution & Business* 7-4 (2016) 5-9
- Kim, H. (2019). Three essays on mineral economics and economic geography (Order No. 13884683). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global; SciTech Premium Collection. (2305191102).
- Li, Borders and distance in knowledge spillovers: Dying over time or dying with age? —Evidence from patent citations, *European Economic Review*, 2014, Volume 71 , Pages 152-172, ISSN 0014-2921
- Lynne G. Zucker & Michael R. Darby & Jeff Armstrong, 1994. "Intellectual Capital and the Firm: The Technology of Geographically Localized Knowledge Spillovers," NBER Working Papers 4946, National Bureau of Economic Research, Inc.
- Luthy, D.H. (1997). Intellectual Capital and Its Measurement.
- Oliveira, M., Curado, C., Balle, A.R., Kianto, A. (2020). Knowledge sharing, intellectual capital and organizational results in SMES: are they related? *Journal of Intellectual Capital*. DOI: 10.1108/JIC-04-2019-0077.
- Stefano Breschi & Francesco Lissoni, 2001. "Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey," *LIUC Papers in Economics* 84, Cattaneo University (LIUC).
- ZUCKER, L.G., DARBY, M.R. and ARMSTRONG, J. (1998), GEOGRAPHICALLY LOCALIZED KNOWLEDGE: SPILLOVERS OR MARKETS?. *Economic Inquiry*, 36: 65-86. <https://doi.org/10.1111/j.1465-7295.1998.tb01696.x>.
- Verna ,Daniela Di Berardino, ,(2025), Department of Economics and Business Management, University G. d'Annunzio of Chieti-Pescara, Pescara, Italy, 91-117.

قياس الأثر الاقتصادي لمسرعات الأعمال الجامعية: تطوير مؤشرات أداء لتعزيز الاستدامة الريادية

محمد سعد عسيري¹

¹مسرعة الابتكار وريادة الأعمال، جامعة الأمير سطام بن عبد العزيز، المملكة العربية السعودية؛ m.assiri@psau.edu.sa

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقديم إطار تحليلي لقياس الأثر الاقتصادي لمسرعات الأعمال في الجامعات، من خلال تطوير مؤشرات أداء رئيسية (KPIs) تساعد في تقييم فعالية هذه البرامج في دعم ريادة الأعمال وتحقيق أهداف التنمية المستدامة. تستند الدراسة إلى مراجعة منهجية لتجارب مسرعات جامعية دولية بارزة، مثل مركز الابتكار بجامعة بنسلفانيا، ومركز المسرعة بجامعة تورنتو، بالإضافة إلى نموذج 1871 المرتبط بعدد من الجامعات في ولاية إلينوي. وتُبرز الورقة ثلاثة محاور رئيسية لقياس الأداء: القيمة المضافة للنظام البيئي الريادي، القيمة المقدمة للشركات الناشئة، ومدى استدامة نموذج المسرعة ذاته. كما تقترح الدراسة نموذجًا تكامليًا لمؤشرات قياس يمكن تطبيقه في السياق السعودي، يأخذ في الاعتبار الخصائص المؤسسية، والموارد المتاحة، ومستهدفات رؤية السعودية 2030. وتؤكد النتائج أهمية وجود منظومة تقييم واضحة ومتربطة تساهم في رفع كفاءة المسرعات الجامعية، وتعزيز مساهمتها في خلق فرص العمل، وتحفيز الابتكار، وتحقيق نمو اقتصادي قائم على المعرفة.

الكلمات المفتاحية: مسرعات الأعمال الجامعية؛ مؤشرات الأداء؛ الأثر الاقتصادي؛ ريادة الأعمال

المقدمة

تلعب مسرعات الأعمال الجامعية دورًا محوريًا في تعزيز النشاط الاقتصادي المبني على الابتكار، وذلك من خلال دعم المشاريع الريادية التي يتقدم بها طلاب الجامعات وباحثوها وخريجوها. وتوفر هذه المسرعات دعمًا مكثفًا في إطار زمني محدد، يشمل التمويل الأولي، والتوجيه والإرشاد، والتدريب التخصصي، وتسهيل الربط بالمستثمرين. ويهدف هذا النموذج إلى تحويل الأفكار البحثية المبتكرة إلى شركات ناشئة ذات قدرة على تحقيق نمو اقتصادي مستدام وقابل للتوسع. في السنوات الأخيرة، اتجهت الجامعات عالميًا نحو تعزيز دورها في الابتكار وريادة الأعمال، بحيث أصبحت هذه المفاهيم جزءًا لا يتجزأ من رسالتها التنموية إلى جانب التعليم والبحث العلمي. وأكدت التجارب الدولية أن اعتماد مؤشرات أداء واضحة ودقيقة لقياس الأثر الاقتصادي لهذه المسرعات يعد عنصرًا جوهريًا لضمان فعاليتها واستدامتها. وتبرز في هذا الصدد أمثلة عالمية ناجحة مثل مركز الابتكار في جامعة بنسلفانيا، ومركز المسرعة في جامعة تورنتو، ومسرعة 1871 في ولاية إلينوي، والتي حققت نتائج اقتصادية مميزة بفضل تطبيقها لنظم قياس أداء متقدمة وشفافة. وفي المملكة العربية السعودية، تزايد الاهتمام بتأسيس وتطوير مسرعات الأعمال الجامعية، وظهر ذلك جليًا من خلال مبادرات رائدة متعددة. وتعمل هذه المبادرات بشكل متواصل على تطوير منظومات متكاملة للقياس والتقييم تتماشى مع أهداف رؤية المملكة 2030، والتي تركز على تعزيز الاقتصاد المعرفي وتنمية قطاع ريادة الأعمال كمحركين أساسيين لتحقيق التنمية المستدامة. تهدف هذه الدراسة إلى المساهمة في تطوير وتعزيز كفاءة وأداء المسرعات الجامعية السعودية من خلال اقتراح إطار علمي شامل لمؤشرات الأداء الاقتصادية، مبني على مراجعة منهجية للتجارب الدولية الرائدة. ومن المتوقع أن يساهم هذا الإطار في دعم قدرة المسرعات الجامعية على تعزيز فرص التوظيف، وتحفيز الابتكار، وتعزيز النمو الاقتصادي المستدام المبني على المعرفة.

الإطار النظري والمفاهيمي

يُعد الإطار النظري والمفاهيمي ركيزة أساسية لفهم أبعاد الدراسة وتحليل نتائجها ضمن سياق منهجي دقيق. ويتناول هذا القسم المفاهيم الرئيسية المرتبطة بمسرّعات الأعمال الجامعية، والتميز بينها وبين الحاضنات، إلى جانب استعراض الأثر الاقتصادي ومؤشرات الأداء ذات العلاقة.

مسرّعات الأعمال الجامعية

تُعرف مسرّعات الأعمال الجامعية بأنها برامج ممنهجة تطلقها الجامعات بهدف تسريع نمو الشركات الناشئة المرتبطة بالأساط الأكاديمية، من خلال تقديم حزمة دعم مكثفة في فترة زمنية محددة. يشمل هذا الدعم التمويل الأولي، والإرشاد المتخصص، وبرامج التدريب الريادي، إلى جانب تسهيل الوصول إلى الموارد البحثية والشبكات الصناعية. وتستهدف هذه البرامج بالدرجة الأولى تحويل المخرجات العلمية والبحثية إلى منتجات أو خدمات ذات جدوى اقتصادية، بما يساهم في بناء منظومة ابتكار فعالة داخل المجتمع الجامعي.

الفروق الجوهرية بين المسرّعات والحاضنات

رغم التقاطع المفاهيمي بين المسرّعات والحاضنات، إلا أنّ ثمة اختلافات جوهرية بين النموذجين. فالحاضنات تركز على توفير بيئة دعم طويلة الأجل للمشاريع في مرحلة التكوين، وتشمل خدماتها التأسيس الإداري والتقني، بينما تسعى المسرّعات إلى تسريع دخول المشاريع الناشئة إلى السوق من خلال برنامج مكثف زمنيًا، يستهدف مشاريع ناضجة نسبيًا وقابلة للنمو السريع. كما يُختتم برنامج المسرّعة غالبًا بفعالية "يوم العرض" أمام المستثمرين.

الأثر الاقتصادي

يشير مفهوم الأثر الاقتصادي إلى مجمل التحولات الكمية والنوعية في المؤشرات الاقتصادية الناتجة عن تدخل مؤسسي أو برامجي معيّن. وفي سياق المسرّعات الجامعية، يتمثل الأثر الاقتصادي في قدرة هذه البرامج على خلق فرص عمل، وزيادة الإيرادات، وجذب الاستثمارات، وتحقيق تراكم في رأس المال المعرفي، ورفع مساهمة القطاع الريادي في الناتج المحلي.

مؤشرات الأداء الرئيسية (KPIs)

تمثل مؤشرات الأداء أدوات قياس علمية تُستخدم لتقييم مدى تحقق الأهداف التشغيلية والاستراتيجية للمسرّعات الجامعية. وتشمل أبرز هذه المؤشرات:

- عدد الشركات المحتضنة والمتخرجة من البرنامج.
- حجم التمويل الذي تم توفيره للشركات.
- معدل بقاء الشركات بعد مرور ثلاث وخمس سنوات.
- عدد الوظائف المستحدثة المباشرة وغير المباشرة.
- عدد براءات الاختراع المحوّلة إلى منتجات أو خدمات تجارية.

المسرّعات الجامعية ودورها في دعم الاقتصاد المعرفي

تسهم المسرّعات الجامعية بفاعلية في دعم التحول نحو الاقتصاد المعرفي، من خلال تسريع توظيف المعرفة الأكاديمية في مشاريع ريادية، وتعزيز الارتباط بين البحث العلمي والقطاع الصناعي، وتحفيز الطلب على الكفاءات التقنية وريادة الأعمال. وتُعد هذه الأدوار محورية في تحقيق الرؤى التنموية الوطنية التي تركز على الابتكار، والتنويع الاقتصادي، والاستثمار في رأس المال البشري.

مراجعة الأدبيات والدراسات السابقة

يُعد تحليل الأدبيات والدراسات السابقة خطوةً أساسيةً لفهم الخلفية النظرية والتطبيقية لموضوع البحث، ولتحديد أوجه القصور المعرفي، وتوجيه الدراسة نحو معالجة الفجوات القائمة. ويتناول هذا القسم مراجعة منتقاة لمجموعة من الدراسات الدولية والمحلية ذات الصلة بمسرّعات الأعمال الجامعية، مع التركيز على أبرز الاتجاهات البحثية واستنباط مؤشرات علمية قابلة للتطبيق في السياق المؤسسي الوطني.

الدراسات الدولية

أظهرت الأدبيات العالمية اهتمامًا متزايدًا بدور المسرّعات الجامعية في تعزيز الأداء المؤسسي والتنموي للشركات الناشئة. فقد كشفت نتائج منشورة في تقارير تحليلية متخصصة، مثل *Harvard Business Review* و *Strategic Management Journal*، أن الشركات التي تمرّ ببرامج تسريع جامعية مرموقة ترتفع احتمالية حصولها على استثمارات رأس المال الجريء بنسبة تتراوح بين 30% إلى 40% مقارنةً بغيرها [1]. وأفادت تقارير صادرة عن منظمات متخصصة مثل *UBI Global* و *ANDE* بأن وجود أنظمة واضحة لقياس الأداء يساهم في تعزيز استدامة الشركات الناشئة، حيث تصل نسب البقاء لما يزيد عن 80% بعد ثلاث سنوات من التخرج [2].

ومن النماذج التطبيقية البارزة، يُظهر مركز الابتكار بجامعة بنسلفانيا (*Penn Center for Innovation*) فعالية لوحة مؤشرات الأداء السنوية في تعزيز استمرارية الشركات المنبثقة عن الجامعة [3]. كما أثبت مختبر *Creative Destruction Lab* بجامعة تورنتو جدوى أسلوب الإرشاد القائم على الأهداف (*Objective-Based Mentorship*) في تسريع دخول الشركات إلى الأسواق الدولية [4]، مما يعكس أهمية البناء المؤسسي الداعم للتوسع العالمي.

الدراسات المحلية

على الصعيد المحلي، أظهرت تقارير الجهات الوطنية في المملكة العربية السعودية تطورًا ملحوظًا في بيئة المسرّعات الجامعية. وتشير البيانات الصادرة عن الهيئة العامة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة (منشآت) إلى نمو متزايد في أعداد المشاريع الجامعية [8]، إضافةً إلى توسع علاقات الشراكة بين الجامعات والقطاع الخاص في مجالات التمويل، والتدريب، والإرشاد. ورغم التقدم المحرز، تؤكد الأدبيات السعودية على أهمية التوسع في الدراسات التجريبية التي تقيس الأثر الاقتصادي لهذه المسرّعات على المدى الطويل، بهدف تعظيم الأثر المؤسسي وربط المخرجات بمستهدفات رؤية المملكة 2030.

الفجوات البحثية وفرص التطوير

تُظهر مراجعة الدراسات وجود فجوات بحثية في مجالات متعددة، منها: غياب الدراسات الطولية (*Longitudinal Studies*) التي تتبّع مسار نمو الشركات المحتضنة بعد التخرج، وندرة التحليلات المقارنة بين النماذج التشغيلية في السياقات المختلفة. كما تدعو الأدبيات إلى تعزيز التكامل بين قواعد البيانات الوطنية، بما يتيح تتبع مؤشرات الأداء وفق معايير علمية موحدة، ويوفر أرضية مشتركة للتعاون بين الجامعات، والجهات الداعمة، وصنّاع السياسات في مجالات ريادة الأعمال والابتكار [7].

منهجية الدراسة

تعتمد هذه الدراسة منهجًا تحليليًا مقارنًا يدمج بين مراجعة الأدبيات وتحليل النماذج التطبيقية، بهدف تطوير إطار مفاهيمي قابل للتطبيق لقياس الأثر الاقتصادي لمسرّعات الأعمال الجامعية في السياق السعودي. ويرتكز التصميم المنهجي على دمج الأدوات الكمية والنوعية، بما يضمن تحقيق شمولية في تحليل الظاهرة.

مدخل البحث

تم تبني المنهج التحليلي المقارن (*Comparative Analytical Approach*) بوصفه الأساس المنطقي للدراسة، نظرًا لقدرته على استكشاف الفروقات والتشابهات بين النماذج الدولية والمحلية لمسرّعات الأعمال الجامعية، وتحديد نقاط القوة والضعف على

مستوى مؤشرات الأداء [2]. ويساعد هذا المنهج في توليد رؤى قابلة للتطبيق محلياً، من خلال مقارنة استنتاجية مبنية على أدلة كمية وكيفية.

مصادر البيانات ودوافع الاختيار

استندت الدراسة إلى مصادر بيانات تم اختيارها بناءً على توفرها وورودها في عدد من الأدبيات المتخصصة ذات الصلة، وتوزعت كما يلي:

- تقارير مؤسسية دولية متخصصة في تقييم المسرّعات (مثل ANDE، UBI Global [2])
 - وثائق جامعية منشورة من جامعات ذات تجارب رائدة (مثل بنسلفانيا وتورنتو [5]).
 - دراسات حالة ومنشورات تحليلية تناولت تجارب قياس الأثر الاقتصادي في سياقات جامعية متنوعة.
- وقد تم اختيار هذه المصادر بناءً على معيارين أساسيين: حداثة البيانات ووضوح مؤشرات الأداء، بما يعزز إمكانية المقارنة واستخلاص أنماط قابلة للتعميم.

أدوات التحليل وإجراءات التحقق

استخدمت الدراسة مجموعة من الأدوات التحليلية لضمان دقة المخرجات، شملت:

- المقارنة المعيارية (Benchmarking): لمقارنة النماذج الدولية واستخلاص العناصر المشتركة، وتحديد جوانب القوة التي يمكن توطئتها محلياً.
- مصفوفة مؤشرات الأداء (Performance Indicator Matrix): تم تطوير مصفوفة مؤشرات أولية تُصنف إلى ثلاث فئات:

- مؤشرات على مستوى النظام البيئي (Macro-Level)
 - مؤشرات على مستوى الشركات الناشئة (Meso-Level)
 - مؤشرات على مستوى المسرّعة (Micro-Level)
- وقد ساعد هذا التصنيف في تنظيم إطار القياس المقترح وفقاً لمستويات التحليل المختلفة، مما يعزز من دقته وإمكانية تطبيقه في البيئات الجامعية المحلية.

حدود الدراسة

اقتصرت الدراسة على المسرّعات الجامعية التي تتوافر بشأنها بيانات موثقة خلال الفترة (2020–2024)، وتم التركيز على البُعد الاقتصادي للأثر الناتج عن المسرّعات، دون التوسع في الجوانب الاجتماعية أو التعليمية. وتشير النتائج إلى الحاجة لتوسيع نطاق الدراسات المستقبلية بحيث تشمل مقاييس الأثر متعدد الأبعاد، وتعتمد على بيانات أولية من خلال استبيانات ومقابلات ميدانية.

تحليل النماذج الدولية لمسرّعات الأعمال الجامعية

يسعى هذا القسم إلى تحليل مجموعة من النماذج الدولية البارزة في مجال المسرّعات الجامعية، بهدف استخلاص الآليات المؤسسية والبرامجية التي أسهمت في تحقيق أثر اقتصادي ملموس وقابل للقياس. ويعتمد هذا التحليل على تقارير رسمية وبيانات منشورة من الجهات المشغلة للمسرّعات، إلى جانب مصادر تصنيف دولية معتمدة.

مركز الابتكار بجامعة بنسلفانيا (Penn Center for Innovation)

يُعد المركز أحد أبرز المبادرات الجامعية في الولايات المتحدة التي تستند إلى مخرجات البحث العلمي في تطوير مشاريع ريادية قابلة للنمو. يعتمد على نظام متابعة دوري ومؤشرات أداء كمية، وأفاد تقريره الأخير أن نسبة بقاء الشركات بعد ثلاث سنوات بلغت 82%، مع إجمالي تمويل تجاوز 560 مليون دولار [3].

مختبر Creative Destruction Lab بجامعة تورنتو

يعتمد هذا المختبر نموذجًا قائمًا على الإرشاد المرحلي المكثف، مما يوفر بيئة نضج متدرّج للشركات الناشئة في قطاعات متقدمة. ويشير تقرير CDL-Rockies إلى تجاوز القيمة السوقية للشركات المتخرجة 1.1 مليار دولار كندي، مع نمو مرتفع في مؤشرات التوظيف والبقاء [4].

مسرّعة ١٨٧١ في ولاية إلينوي

تتميّز هذه المسرّعة بتعدد شراكاتها المؤسسية، حيث تجمع بين القطاع الأكاديمي والخاص دون دعم حكومي مباشر. وقد سجلت استثمارات تراكمية بلغت 1.65 مليار دولار ووفرت أكثر من 11,000 وظيفة في البيئة التقنية المحلية [6].

جامعة إسطنبول التقنية İTÜ Çekirdek

يُعد هذا النموذج من بين الأكبر في أوروبا من حيث عدد المستفيدين، ويرتكز على دعم حكومي وجامعي مباشر. أظهرت تقارير عام 2023 تحقيق الشركات المحتضنة لاستثمارات قدرها 270 مليون دولار، مع نسبة بقاء تقارب 90% بعد التخرج [5].

مركز Montpellier BIC بفرنسا

يُعد المركز من أقدم المسرّعات الجامعية الأوروبية، وقد تطور إلى نموذج شبه ذاتي التمويل. بلغت نسبة الاستدامة لدى الشركات المحتضنة 89.7% بعد ثلاث سنوات، مع استقطاب أكثر من 120 مليون دولار من الاستثمارات. ويُنفذ برنامج "Take-Off" لتعزيز الإيرادات بالتعاون مع مطوّري أعمال خارجيين [2].

مقارنة تحليلية بين النماذج الدولية

يوضح الجدول التالي مقارنة بين أبرز الخصائص المؤسسية والتشغيلية للنماذج المدروسة:

المسرّعة	التمويل	الوظائف	استدامة الشركات	نظام المتابعة	الدعم الحكومي
PCI	مرتفع	متوسط	مرتفع	قوي	محدود
CDL	مرتفع	مرتفع	مرتفع	متقدم تقنيًا	محدود
1871	متوسط	مرتفع	مرتفع	شبكي	لا يوجد
ITU	متوسط	متوسط	مرتفع	مرحلي	قوي
Montpellier	منخفض	مرتفع	مرتفع جدًا	فردى + شبكي	قوي جزئيًا

يشير هذا الجدول إلى تنوع النماذج من حيث مصادر التمويل، ومستوى الدعم الحكومي، وأنظمة المتابعة الداخلية. وتبرز أهمية وجود نظام تقييم مستمر وشبكات إرشاد قوية كعوامل مشتركة في النماذج ذات الأثر الاقتصادي المرتفع.

الدروس المستفادة

بناءً على التحليل أعلاه، يمكن استخلاص عدد من الدروس التي قد تسهم في تطوير أداء المسرّعات الجامعية محليًا:

- أهمية تطوير أنظمة متابعة وقياس دورية قائمة على مؤشرات كمية.
- ضرورة تنويع مصادر التمويل بين الدعم الحكومي، والجامعي، والقطاع الخاص.
- فاعلية الإرشاد المرحلي والشبكي في رفع معدلات بقاء الشركات.
- جدوى التركيز على القطاعات الاستراتيجية ذات القيمة المضافة.
- ويمكن لتجارب المسرّعات الجامعية في المملكة العربية السعودية الاستفادة من هذه الأنماط، مع ضرورة تكييفها بما يتلاءم مع البيئة المحلية والمؤسسية.

إطار القياس والتوصيات المؤسسية

يهدف هذا القسم إلى دمج مصفوفة المؤشرات المقترحة مع مجموعة من السياسات المؤسسية الداعمة، بما يوفر إطارًا منهجيًا يمكن تطبيقه في الجامعات السعودية لقياس أثر المسرّعات الجامعية بصورة دقيقة ومستدامة على الاقتصاد المعرفي.

مؤشرات على مستوى النظام البيئي (Macro-Level)

ترتكز هذه المؤشرات على قياس التأثيرات الكلية للمسرّعة على البيئة الاقتصادية المحيطة، وتشمل:

- عدد الوظائف المستحدثة بواسطة الشركات الناشئة المحتضنة.
- إجمالي الإيرادات المحققة من قبل خريجي المسرّعة خلال السنوات الثلاث إلى الخمس الأولى.
- حجم الاستثمارات المستقطبة محليًا ودوليًا.
- مساهمة المسرّعة في تطوير القطاعات الحيوية (الصحة، التقنية، التعليم، الصناعة).
- عدد الشراكات الموقعة مع الجهات الحكومية والقطاع الخاص.

مؤشرات على مستوى الشركات الناشئة (Meso-Level)

تُستخدم هذه المؤشرات لقياس ديناميكية نمو وتطور الشركات المحتضنة، وتشمل:

- معدل بقاء الشركات بعد التخرج خلال ثلاث وخمس سنوات.
- عدد براءات الاختراع المودعة أو المرخصة خلال فترة الاحتضان.
- معدل التوظيف داخل الشركات المحتضنة.
- نسبة النمو السنوي في الإيرادات.
- قدرة الشركات على الدخول في أسواق جديدة أو التوسع نحو التصدير.

مؤشرات على مستوى المسرّعة (Micro-Level)

تهدف هذه المؤشرات إلى قياس كفاءة العمليات التشغيلية للمسرّعة داخليًا، ومن أبرزها:

- عدد الشركات المقبولة سنويًا ومعدل نموها خلال فترة الاحتضان.

- إجمالي ساعات التوجيه والإرشاد المقدمة لكل شركة.
- درجة رضا الشركات المحتضنة عن الخدمات والبرامج المقدمة.
- عدد الفعاليات وورش العمل المنفذة سنوياً.
- نسبة الشركات التي تصل إلى مرحلة جذب الاستثمار خلال فترة البرنامج.

أداة التقييم المقترحة

يقترح هذا البحث تطوير لوحة مؤشرات موحدة (Performance Dashboard) يتم تحديثها بشكل نصف سنوي، وترتبط مباشرة بمراكز الابتكار داخل الجامعات وبمكاتب تحقيق الرؤية - إن وجدت. ونتيح هذه الأداة ما يلي:

- مراقبة الأداء عبر الزمن على المستوى الداخلي.
- المقارنة الأفقية مع المسرعات المحلية والدولية.
- دعم عملية اتخاذ القرار وتعزيز الشفافية أمام صناع السياسات والشركاء.

قابلية التوطين في السياق السعودي

مع الأخذ في الاعتبار خصوصية البيئة المؤسسية السعودية، نقترح الدراسة ما يلي:

- إنشاء وحدة تقييم مؤسسية داخل الجامعات تُشرف على تطبيق مؤشرات الأداء وتحليل نتائجها دورياً.
 - تبني نماذج تمويل مرنة تجمع بين الدعم الحكومي والعوائد الذاتية، من خلال خدمات التدريب والاستشارات.
 - تعزيز الشراكة مع القطاع الخاص، لا سيما عبر دمج خبراء الصناعة في فرق الإرشاد والتقييم.
 - صياغة سياسات مالية تسمح بإعادة استثمار العوائد التشغيلية في تطوير المسرعة.
 - توسيع نطاق برامج المسرعات إلى المناطق الأقل نمواً لدعم التوازن الجغرافي في فرص ريادة الأعمال.
- يشكل هذا الإطار المتكامل أداة استراتيجية لدعم كفاءة وفعالية المسرعات الجامعية، وتسريع مساهمتها في تحقيق مستهدفات التحول نحو الاقتصاد المعرفي في المملكة العربية السعودية.

النتائج والمناقشة

يُقدّم هذا القسم من الدراسة تحليلاً علمياً للنتائج المستخلصة من مراجعة النماذج الدولية وتقييم الممارسات المحلية في مجال المسرعات الجامعية. ويهدف إلى مناقشة الفجوات القائمة، واستكشاف العوامل المؤثرة في الأداء.

النماذج الدولية

أسفرت مراجعة خمسة نماذج دولية رائدة (جامعة بنسلفانيا، جامعة تورنتو، مسرعة 1871، جامعة إسطنبول التقنية، مركز مونبلييه) عن مجموعة من القواسم المشتركة التي تشكل معايير مرجعية لقياس كفاءة المسرعات الجامعية. ومن أبرز هذه الخصائص: الاعتماد المنتظم على أنظمة تقييم كمية ومؤسسية، وجود شراكات فاعلة مع القطاع الصناعي والتمويلي، وتنوع مصادر التمويل من خلال نماذج هجينة تجمع بين التمويل الحكومي والاستثمار الخاص والإيرادات التشغيلية الذاتية. وقد ارتبطت هذه العوامل مجتمعةً بارتفاع معدلات بقاء الشركات المحتضنة، وزيادة حجم الاستثمارات المستقطبة، وتحقيق أثر اقتصادي قابل للقياس.

الوضع المحلي ومؤشرات الأداء

تشير البيانات المتاحة حول المسرّعات الجامعية في المملكة العربية السعودية إلى تطور ملحوظ في عدد المبادرات والأنشطة الريادية خلال السنوات الأخيرة، مدعومة بدعم مؤسسي من جهات مثل الهيئة العامة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة (منشآت)، وبرنامج وزارة التعليم المعنية بالبحث والابتكار. ومع ذلك، لا تزال هذه المسرّعات تواجه عددًا من التحديات الهيكلية التي تؤثر على قدرتها على تحقيق أثر اقتصادي مستدام. ومن أبرز التحديات:

- محدودية التوثيق والتحليل الكمي للأثر، نتيجة غياب بيانات منتظمة وقابلة للمقارنة.
- الاعتماد شبه الكلي على التمويل الحكومي، مع غياب قنوات تمويل بديلة.
- عدم توفر إطار موحد لقياس الأداء، ما يقيد عمليات التقييم المؤسسي.
- قصور في الربط بين المسرّعات والأنشطة الأكاديمية أو البحثية.
- في المقابل، تتوفر فرص تطويرية واعدة:
- تنامي الدعم الحكومي من مؤسسات متعددة ذات علاقة بريادة الأعمال.
- توافر كوادر أكاديمية مؤهلة يمكن تسخيرها في برامج المسرّعة.
- ازدياد مبادرات التحول الرقمي، بما يعزز جاهزية البيئة الريادية.

مقارنة بين الوضعين الدولي والمحلي

تُظهر مقارنة بين المسرّعات الدولية ونظيراتها المحلية تفاوتًا واضحًا في عدد من المحاور الأساسية، كما يوضحه الجدول التالي:

المحور	النماذج الدولية	النماذج السعودية
مؤشرات الأداء	محددة ومنشورة دوريًا	غير واضحة أو محدودة
التمويل	(متنوع) (جامعي، خاص، حكومي)	غالبًا حكومي فقط
قياس الأثر الاقتصادي	معتمد ومبني على مؤشرات KPIs	غير موثق أو غير ممنهج
الارتباط بالصناعة	مرتفع	متفاوت وضعيف في الغالب
استقلالية التشغيل	عالية	مرتبطة غالبًا بهيكل الجامعة الإداري

تشير هذه النتائج إلى أهمية معالجة التحديات المؤسسية، والاستفادة من الفرص المتاحة، عبر تطوير أدوات قياس دقيقة وتكامل مؤسسي أوسع، بما يعزز من فاعلية المسرّعات الجامعية في تحقيق الأثر المطلوب.

التوصيات

في ضوء ما أظهره التحليل المقارن للبيانات والممارسات الدولية والمحلية، تُقدّم هذه الدراسة مجموعة من التوصيات التي يمكن أن تسهم في رفع كفاءة وفاعلية المسرّعات الجامعية في المملكة العربية السعودية:

- حوكمة الأداء والتقييم
- إنشاء وحدات تقييم مستقلة داخل الجامعات تُعنى بقياس الأثر الاقتصادي والاجتماعي للمسرّعات.

- تطوير لوحة مؤشرات أداء موحدة تشمل مؤشرات كمية ونوعية، تُحدث دوريًا، وتُربط بمراكز الابتكار ومكاتب تحقيق الرؤية.
- تنويع مصادر التمويل
- اعتماد نماذج تمويل هجينة تجمع بين الدعم الحكومي، ورأس المال الجريء، والإيرادات الناتجة عن البرامج والخدمات.
- تحفيز الشراكات مع الجهات الاستثمارية من خلال حوافز مؤسسية وتشريعية.
- الاستقلالية والتكامل المؤسسي
- منح المسرّعات الجامعية هيكلًا إداريًا وتشغيليًا مستقلًا يتيح مرونة في اتخاذ القرار.
- تعزيز التكامل بين المسرّعات والبرامج الأكاديمية والبحثية لتوظيف مخرجات البحث العلمي في تطوير المشاريع.
- بناء الشراكات مع القطاع الصناعي
- إشراك ممثلين من القطاع الصناعي والتقني في لجان التقييم والإرشاد.
- تطوير برامج تعاقدية مع الشركات الكبرى لاحتضان وتوجيه المشاريع الناشئة.
- دعم البيئة الممكنة
- الاستثمار في البنية التحتية الرقمية والتقنية للمسرّعات.
- توحيد الجهود الوطنية من خلال منصة معرفية لتبادل البيانات وأفضل الممارسات بين الجامعات.
- تُعد هذه التوصيات إطارًا تشغيليًا وتوجيهيًا يمكن البناء عليه لتعزيز دور المسرّعات الجامعية في تحقيق أهداف التنمية الاقتصادية المستدامة.

الخاتمة

تُبرز هذه الدراسة أهمية المسرّعات الجامعية بوصفها أدوات استراتيجية لدعم الاقتصاد القائم على المعرفة، وتحفيز ريادة الأعمال التقنية، وتعزيز التكامل بين مخرجات التعليم العالي ومتطلبات السوق. ومن خلال التحليل المقارن للنماذج الدولية والممارسات المحلية، تبين وجود فرص واعدة لتحسين أثر المسرّعات السعودية، مع وجود فجوات تنظيمية وتشغيلية قابلة للمعالجة. أظهرت النتائج أن عناصر النجاح في التجارب الدولية تتمثل في الحوكمة المستقلة، والتقييم المنتظم، والشراكات المؤسسية، والتمويل المتنوع. وفي المقابل، تواجه المسرّعات المحلية تحديات تتعلق بأدوات القياس، واعتمادها على التمويل الحكومي، وضعف الارتباط بالقطاع الصناعي.

بناءً على ما سبق، تؤكد الدراسة ضرورة تطوير نموذج وطني موحد لتقييم الأداء، وتبني سياسات تمويل وتشغيل مرنة، مع تعزيز التكامل بين الجامعات والقطاعات الإنتاجية. ومن شأن تطبيق هذه التوصيات أن يساهم في رفع كفاءة المسرّعات الجامعية وتحقيق أثر اقتصادي مستدام يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

التمويل: لم يتلق هذا البحث أي تمويل خارجي

بيان توافر البيانات: البيانات مضمنة في المقالة.

تضارب المصالح: يقر الكاتب بعدم وجود أي تضارب في المصالح.

المراجع

- [1] Sowah, J. (2023, May). World rankings report 21/22 (2nd ed.). UBI Global. <https://ubi-global.com>
- [2] Mian, S., Lamine, W., & Fayolle, A. (2016). Technology Business Incubation: An overview of the state of knowledge. *Technovation*, 50, 1-12.
- [3] Penn Center for Cancer Care Innovation. (2023). 2022–2023 Impact report. University of Pennsylvania. <https://pc3i.upenn.edu>
- [4] Rotman School of Management. (2024). Rotman Impact Report 2023–24. University of Toronto. <https://www.rotman.utoronto.ca/alumni-and-giving/invest-in-rotman/your-impact/>
- [5] Erçek, M., & Saritemur, M. (2021). The Dynamics of Entrepreneurial Networks: A Qualitative Assessment of University Incubator's Role in the Early Stages of Hi-Tech Startups. In *Research Anthology on Small Business Strategies for Success and Survival* (pp. 377-396). IGI Global Scientific Publishing.
- [6] World Business Chicago. (2023). 1871: Startup incubator profile and ecosystem impact. Retrieved from <https://worldbusinesschicago.com/about-cohort-members/>
- [7] Siddiqui, K. A., Al-Shaikh, M. E., Bajwa, I. A., & Al-Subaie, A. (2021). Identifying critical success factors for university business incubators in Saudi Arabia. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 8(3), 267.
- [8] Monsha'at. (n.d.). Monsha'at reports. General Authority for Small and Medium Enterprises. <https://www.monshaat.gov.sa/en/reports>

تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII

حصه سعيد محمد العمري¹

¹قسم القيادة والسياسات التربوية، جامعة الملك خالد، أبها، المملكة العربية السعودية؛ hesa.alamri@gmail.com

المستخلص: هدف البحث إلى تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index، ومعرفة متطلبات تطوير إدارة الابتكار في ضوء مرتكزات مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي في الجامعات السعودية، واعتمد البحث المنهج الوصفي المسحي، واستخدم الأسلوب الوثائقي والاستبانة كأداة للبحث؛ حيث طبقت على عينة بلغت (370) من القيادات في الجامعات السعودية ممن يتولون مهام قيادية كالعمداء والوكلاء والرؤساء للأقسام والإدارات ووحدات الابتكار والمديرين في مجال إدارة الابتكار بالجامعات السعودية (جامعة الملك خالد، جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، جامعة حائل)، وأظهرت النتائج عدداً من الأبعاد القابلة لبناء المؤشرات، وجاءت موافقة أفراد العينة حول مؤشرات أبعاد إدارة الابتكار بدرجة أهمية "مهمة"، ووجود فروق دالة احصائياً بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث المتعلقة بدرجة أهمية إدارة الابتكار في أبعادها الأربعة، وكذلك الدرجة الكلية لها في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي وفقاً لمتغير الدرجة العلمية، ووجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالأبعاد الأولى والثاني والرابع بين القياديين الذين ينتمون لفئة الأستاذ والقياديين الذين ينتمون لفئة الأستاذ المساعد لصالح فئة (الأستاذ)، ووجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالبعد الثاني والثالث والرابع والدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لفئة الأستاذ المشارك والقياديين الذين ينتمون لفئة الأستاذ المساعد لصالح فئة (الأستاذ المشارك)، وقدم البحث عدد من التوصيات منها: تقديم مقترحات بحثية لخطط ورؤى استراتيجية لدعم جهود تطوير الابتكار وإدارته في الجامعات السعودية بما يتوافق مع المنظومة المتكاملة للبحث والابتكار في المملكة العربية السعودية وتحقيق مراتب متقدمة في مؤشرات الابتكار والتنافسية العالمية.

الكلمات المفتاحية: الابتكار، إدارة الابتكار، أبعاد إدارة الابتكار، مؤشر الابتكار العالمي.

المقدمة:

مع تسارع المتغيرات في العصر الحديث يعتبر الابتكار أحد أهم المتطلبات الحيوية لتحقيق المنافسة والتطور في التصنيفات التنافسية المحلية والعالمية ويساعد في البحث عن منتجات جديدة تحقق القيمة الابتكارية لضمان الجودة والاستمرارية والحصول على نتائج ومخرجات مبتكرة تضمن نوعيتها واستثمارها وتسويقها، وتحرص إدارة الابتكار على تنفيذ تقنيات الإدارة وعملياتها من أجل صناعة أفضل الظروف لتطوير الابتكارات العملية والعلمية، ويعني الابتكار في الإدارة امتلاك وممارسة المهارات الإدارية والمبادرة في تحمل المسؤولية عند تنفيذ التغيرات التي تؤدي إلى التقدم ورفع مستوى الأداء، ويهدف إلى إدخال التطوير والتحديث في سياق تنافسي ليحقق هدف رفع مستوى (70.Andolfi, 2020,p)، ويمثل مؤشر الابتكار العالمي (Global Innovation Index (GII أداة قياس رئيسية لمديري الأعمال وواضعي السياسات ومن يهتمون بحالة الابتكار في العالم، ويعمل المؤشر على ترتيب القدرات الابتكارية لاقتصاديات العالم ونتائجها، وأداة كمية مفصلة لدعم صناع القرار في الدول للوصول إلى الأهداف وتحقيق أفضل الطرق لتطوير المهارات الابتكارية لتحقيق التنمية الاقتصادية والبشرية (الحسن، 2021).

وتعتبر الجامعات قطاعاً رئيساً في الدول يضمن تطورها ونجاحها ودعمها للتحويل إلى مجتمعات اقتصادية قائمة على المعرفة من أجل تحسين التنافسية والاستدامة (العواد، 2017، ص.20)، كما تؤكد الدراسات العلمية على أهمية ذلك؛ حيث أشار المقحم (2020) إلى أهمية وجود مراكز الابتكار في الجامعات ودورها في تأهيل وتنمية المهارات الشخصية والإبداعية لطلبة الجامعات والاستفادة منها في تطوير وتنمية الأفكار الابتكارية لدى الطلبة، كما أكدت نتائج دراسة Aikhreasat (2021) على أهمية تنمية الابتكار وأنه يحقق تحسين جودة التعليم ورفع مستوى مخرجات المنظومة التعليمية بما يحقق المعايير والمقاييس والمؤشرات العالمية، وتأسيساً لما سبق فإن هذا البحث يقدم تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية من خلال دراسة آليات تطوير إدارة الابتكار في الجامعات

السعودية في أبعادها (ثقافة الابتكار، واستراتيجية الابتكار، وإدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) في ضوء مؤشر الابتكار العالمي، ومعرفة متطلبات تطويرها في ضوء مرتكزات المدخلات و المخرجات لمؤشر الابتكار، والاستفادة من بعض النماذج و الممارسات المحلية والعالمية الرائدة في مجال الابتكار.

مشكلة البحث:

يعد الابتكار أحد المؤشرات العالمية التي تقيس تقدم الجامعات في التصنيفات العالمية ويسهم في رفع مستوى الجامعة في مؤشر التنافسية العالمي، وعلى الجامعات السعودية مسؤولية في التطوير لمواكبة التقدم العالمي (المقحم، 2020، ص.12)، ومع أن المملكة العربية السعودية تهتم بمجال الابتكار بصورة كبيرة إلا أننا نجد أن ترتيبها في تقرير مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index يتراجع ويتقدم ببطء ففي عام ٢٠١٧م احتلت الترتيب "٥٥" وفي عام ٢٠١٨م تراجعت إلى المرتبة "61"، وفي عام ٢٠١٩م تراجعت إلى المرتبة "68"، وفي عام ٢٠٢2م ارتفع نسبياً ترتيب المملكة في مؤشر الابتكار حيث احتلت المرتبة "66"، وفي عام 2024م حققت تقدماً ملحوظاً إلى المرتبة "47" (تقرير مؤشر الابتكار، 2024)، ولكن تظل هذه المرتبة متواضعة مقارنة مع ما تهدف إليه رؤية المملكة العربية السعودية 2030 وتطلعاتها وكون هذا الترتيب ليس من ضمن الأعلى في منطقتها، ومقارنة مع تقدم دول منخفضة اقتصادياً وعلمياً من المملكة في مؤشر الابتكار العالمي.

كما يلاحظ ظهور نظم إدارية ديناميكية للابتكار لدى قادة الابتكار في الدول التي تصدرت تصنيفات مؤشر الابتكار العالمي، بالإضافة إلى مزجها بين الكفاءة في ترجمة مدخلات الابتكار إلى مخرجات والأداء المتوازن والقوي عبر جميع ركائز مؤشر الابتكار العالمي (Sandro, 2023)، ومن هذا المنطلق تظهر مشكلة البحث في دراسة آليات تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي، ومعرفة متطلبات تطويرها في ضوء مرتكزات مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي في الجامعات السعودية، والتي قد تكون عاملاً مؤثراً في تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية وتساعد في تقدمها في قائمة المؤشرات العالمية للابتكار لترتّب متقدمة تلبي بمكانتها الاقتصادية والعلمية.

وتتمثل أسئلة البحث فيما يلي:

١. ما آليات تطوير إدارة الابتكار في أبعادها التالية (ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، إدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index من وجهة نظر أفراد عينة البحث ؟
٢. ما متطلبات تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index في الجامعات السعودية من وجهة نظر أفراد عينة البحث؟
٣. هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين استجابات أفراد عينة البحث عند مستوى الدلالة (0,5) المتعلقة بدرجة أهمية تطوير إدارة الابتكار في أبعادها (ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، إدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index تعزى للمتغيرات (الجامعة، المؤهل العلمي، عدد الدورات التدريبية في مجال الابتكار)؟

أهداف البحث:

- ١- التعرف على آليات تطوير إدارة الابتكار في أبعادها التالية (ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، إدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index.
- ٢- تحديد متطلبات تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index.
- ٣- الكشف عن الفروق ذات الدلالة الإحصائية بين استجابات أفراد عينة البحث حول أبعاد إدارة الابتكار (ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، إدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index تعزى للمتغيرات (الجامعة، المؤهل العلمي، عدد الدورات التدريبية في مجال الابتكار).

أهمية البحث :تتمثل الأهمية النظرية والتطبيقية للبحث في التالي:

أولاً: الأهمية النظرية: تنطلق أهمية البحث من أهمية التوجه المحلي والعالمي نحو تطوير الابتكار في الجامعات لضمان الحصول على مخرجات إبداعية وابتكارية تنافسية وتسويقها، ومنها الجامعات السعودية وتحقيق مراكز متقدمة في مؤشرات الابتكار و مؤشرات التنافسية العالمية، كما تتوافق أهداف الاستراتيجية المقترحة مع أهداف هيئة تنمية البحث والتطوير والابتكار في دعم وتشجيع قطاع البحث والتطوير والابتكار، وقد تفيد نتائج وتوصيات البحث المقترحة في تطوير إدارة الابتكار من خلال التوصل إلى حلول إجرائية لتطوير الجامعات السعودية وتقديمها في المؤشرات العالمية لتحقيق التنافسية العالمية.

ثانياً: الأهمية التطبيقية: قد يساعد البحث الجامعات السعودية في حل المشكلات المتعلقة بالمخرجات البحثية والابتكارية في الجامعات ودعمها والعمل على تحسينها والتخطيط المنظم بداية بنشر ثقافة الابتكار ووضع استراتيجية الابتكار ومتابعة عمليات الابتكار، والتزامن مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030 والتطلعات والطموحات التي تلقىها على كاهل الجامعات في التخطيط لتطوير منظومة التعليم الجامعي.

حدود البحث

- الحد البشري: طبق البحث على القيادات في الجامعات السعودية ممن يتولون مهام قيادية كالعمداء والوكلاء والرؤساء في القسام والإدارات ووحدات الابتكار والمديرين في مجال إدارة الابتكار بالجامعات السعودية من الجنسين (الذكور والإناث).
- الحد المكاني: طبق البحث على عينة من القيادات في (جامعة الملك خالد، جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، جامعة حائل، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية).
- الحد الزمني: تم تطبيق هذا البحث خلال العام الدراسي 1446هـ.

مصطلحات البحث:

- الابتكار **Innovation** : قدرة القيادات في الجامعات السعودية ممن يتولون مهام قيادية متنوعة في العمدات والأقسام ومدراء الإدارات ووحدات الابتكار والمديرين في مجال إدارة الابتكار على تقديم أفكار وطرق وأساليب عملية وإدارية جديدة وحث وتنظيم جميع العاملين في الجامعة على نشر ثقافة الابتكار وتطوير استراتيجية للابتكار، وتطوير عمليات إدارة الابتكار وتنظيم تسويق الابتكار، وتطوير المخرجات الابتكارية في الجامعة، وتحويل الأفكار الجديدة إلى منتجات وخدمات ذات جودة عالية تساعد على تحقيق التنافسية المحلية والعالمية.
- إدارة الابتكار **Innovation Management**: مجموعة الإجراءات والعمليات والسلوكيات التي تقوم من خلالها الجامعة بإدارة عملية الابتكار وتطوير أبعاد الابتكار الممثلة في (تطوير ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، وإدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) وتنفيذ استراتيجيات تطوير شاملة لمجالات الابتكار، ابتداءً من المرحلة التي تنشر فيها ثقافة الابتكار وتنتج منها الفكرة الابتكارية وانتهاءً بالمرحلة التي ستطبق وتحول إلى واقع ملموس استعداداً لتسويقها.
- أبعاد إدارة الابتكار: وتمثل في هذا البحث أربعة أبعاد هي: ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، وإدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار.
- مؤشر الابتكار العالمي **Global Innovation Index**: مؤشر يهتم بقياس مستوى تطور الابتكار في مؤسسات ١٣٣ دولة في العالم ومنها الجامعات سنوياً، من خلال تحديد التقدم في مؤشرات مجالات المدخلات والمخرجات للابتكار، والاهتمام بالبحث العلمي وتوفير بيئة للبحث والابداع والابتكار والريادة، وتم تحديد أربع جامعات سعودية (جامعة الملك خالد، جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، جامعة حائل، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية) من هذه الجامعات.

تمثلت أدبيات البحث في التالي:

- أولاً: إدارة الابتكار في الجامعات السعودية.
- ثانياً: مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index
- ثالثاً: تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII .

أولاً: إدارة الابتكار في الجامعات السعودية:

تؤمن الجامعات في المملكة العربية السعودية بأن الابتكارات تمثل أحد الطرق الناجحة لتحقيق أهدافها، حيث تسعى الدول المتقدمة من خلال الابتكار لتنمية اقتصادها عن طريق استثماره ودعم التقنيات الحديثة وتحقيق التنافسية، كما يسهم الابتكار في رفع الناتج المحلي للدول وتقدمها في المؤشرات والتصنيفات المحلية والعالمية، وتواجه الجامعات اليوم تحديات كبيرة في ظل التقدم التكنولوجي والصناعي فتلك المؤسسات على اختلاف أنواعها هي عماد بناء المجتمع، وتتضمن إدارة الابتكار في الجامعات الإشراف الشامل على الإجراءات المتعلقة بالابتكار فيها، وذلك يشمل تنظيم الموارد وقيادتها وتحفيزها وتوجيهها وإدارتها لإنشاء منتجات وعمليات ونماذج أعمال جديدة، فضلاً عن تعزيز القيمة المقدمة وتطوير المخرجات والخبرات المتنوعة والحرص على تسويقها والاعلان عنها.

ومن هنا وضعت الجامعات على رأس استراتيجياتها الاهتمام بالابتكار كأحد مستهدفات التعليم نظراً لدوره الحاسم في بناء الاقتصاد المعرفي في ظل ما يشهده عالمياً من إعادة هيكلة تماشياً مع قواعد السوق بهدف تحويله إلى صناعة ناضجة وناجحة (آل تميم، ٢٠٢١، ص. 297) وتظهر الجامعات بصفقتها مؤسسات ريادية في المجتمع، ليكون من أهدافها ومسؤولياتها الدعم والمبادرة وتطوير الابتكار باستمرار لتحسين ما تتمتع به من مرونة ومكانة وقدرات تنافسية وقدرة على إنتاج الابتكارات وتسويقها وخوض المنافسات العالمية في هذا المجال.

كما وضح (الزامل، 2022، ص. 169) أن " إدارة الابتكار أحد أهم العناصر التي تساهم في التنمية الاقتصادية والاجتماعية والتعليمية للدول والمؤسسات، وتعزيز تنافسيته وإكسابها ميزة تنافسية مستدامة، وذلك بترسيخ أسس الإبداع والابتكار والجودة والتحسين المستمر".

وأوضحت (آل تميم، 2021، ص. 301)، أن إدارة الابتكار هي: "عملية تتضمن مجموعة من القرارات والممارسات والأنشطة الإدارية التي تسعى المنظمة من خلالها إلى تحقيق أهدافها التنظيمية ورؤيتها الاستراتيجية في تحويل المعرفة إلى قيمة في سوق الأعمال، وذلك في ضوء دراسة عوامل التغيير في المنظمة وفي إطار دورة الابتكار".

وبذلك يمكن تعريف إدارة الابتكار في الجامعات السعودية على أنها مجموعة الإجراءات والعمليات والسلوكيات التي تقوم من خلالها الجامعة بإدارة عملية الابتكار وتطوير أبعاد الابتكار فيها المتمثلة في (تطوير ثقافة الابتكار، استراتيجية الابتكار، وإدارة عمليات الابتكار، وتسويق الابتكار) وتنفيذ استراتيجيات تطوير شاملة لمجالات الابتكار، ابتداءً من المرحلة التي تنشر فيها ثقافة الابتكار وتنتج منها الفكرة الابتكارية وانتهاءً بالمرحلة التي ستطبق وتحول إلى واقع ملموس استعداداً لتسويقها.

أهمية إدارة الابتكار:

وتتمثل أهمية إدارة الابتكار فيما يأتي كما وضحتها (عبدالوهاب، 2012، ص. 37):

- التحسين من جودة المنتجات وتطويرها والتفكير في بدائل متطورة.
- تطوير مهارات الأفراد في المؤسسات الفكرية والاجتماعية والتفاعلية من خلال التفكير التشاركي والعصف الذهني، وتكوين فرق العمل.
- تحسين تصورات العملاء اتجاه المؤسسة، والحث على الولاء المؤسسي.
- توليد المنافسة والتميز في المؤسسات، وتحقيق مراتب متقدمة في التصنيفات المحلية والدولية.
- زيادة الإنتاجية وابتكار المخرجات وزيادة المبيعات والابتكارات.

- حل المشكلات في المؤسسة الاقتصادية والفنية والإدارية، ومشاكل بيئة العمل.

أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات :

ورد في Harvard Business Review أن إدارة الابتكار تتكون من أربع أبعاد وجوانب رئيسية تؤثر في قدرة الشركات والمنظمات على الابتكار وإدارته، وهي كما ذكرها (Hamel, 2016, p. 602):
القدرة، الهياكل التنظيمية، الثقافة، والاستراتيجية
وحدد (Kafetzopoulos, Somas, 2020) أربعة أبعاد لإدارة الابتكار والتي تساهم بشكل أكبر ومباشر في أداء الأعمال وتتمثل في: التنظيم وثقافة الابتكار، وعمليات دورة حياة الابتكار، واستراتيجية الابتكار، والعوامل التمكينية ونتائج الابتكار.
شكل 1 أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية (إعداد الباحثة)



وبذلك يمكن استنتاج أنه يوجد أربعة أبعاد لإدارة الابتكار في الجامعات السعودية بالاستناد لدراسة Alexe (2015)، وعساف وعبدالمجيد (2018)، والصرن (2020)، Kafetzopoulos (2020):
- ثقافة الابتكار في الجامعات السعودية.
- استراتيجية الابتكار في الجامعات السعودية.
- إدارة عمليات الابتكار في الجامعات السعودية.
- تسويق الابتكار في الجامعات السعودية.

ثانياً: مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index :

قام ولي العهد رئيس مجلس الوزراء السعودي الأمير محمد بن سلمان بن عبدالعزيز بإطلاق الاستراتيجية الوطنية للملكية الفكرية، لدعم أهداف «رؤية السعودية 2030»، وتحقيق أهداف منظومة للملكية الفكرية، وإنشاء قيمة للملكية الفكرية لتحقيق التنافسية والابداع والابتكار في جميع المجالات، "وذلك بعد قرار مجلس الوزراء اعتمادها، كما ستمكن من تحفيز الاستثمار وخلق وظائف عالية الجودة، ورفع مستوى الوعي بحقوق المبدعين والمبتكرين" (العاني، ٢٠٢٣).

ويتضمن مؤشر الابتكار مؤشرين فرعيين (Wipo, 2021):

- مدخلات الابتكار ومخرجاته، وتخضع فيهما عوامل الابتكار لتقييم مستمر، وتشمل ما يلي:
- مدخلات الابتكار: وترتكز على خمس ركائز أساسية وهي: المؤسسات، الموارد البشرية والبحوث، البنى التحتية، متطلبات وتطويرها وتطور الأعمال.
- مخرجات الابتكار: وترتكز على ركيزتين اثنتين، وهما: المخرجات المعرفية والتكنولوجية، والمخرجات الابداعية.

بعض الخبرات والتجارب المحلية والعالمية في مجال إدارة الابتكار:

أ - نماذج لمراكز دعم الابتكار في الجامعات السعودية: ظهرت أرقام ترتيب المملكة العربية السعودية لعدد براءات الاختراع في تطور ملحوظ في السنوات الأخيرة، ويعود السبب إلى "توفير بيئة مناسبة للإبداع والابتكار ودعم منظومة الاقتصاد الوطني ودعم

البرامج العلمية والأكاديمية وبرامج لمرحلة البكالوريوس والدراسات العليا والتي تقوم على تعزيز متطلبات الثورة الصناعية الرابعة" (عيسى، 2020، ص.645).

كما هدفت الجامعات السعودية إلى الاهتمام بتطوير بثقافة الابتكار والإبداع وريادة الأعمال ونشرها، وتوجيه الباحثين إلى تحويل مخرجاتهم البحثية إلى مصادر دخل واستثمار، ويمكن استعراض بعض الأمثلة لتوجهات الجامعات السعودية في تعزيز الإبداع والابتكار وريادة الأعمال على النحو التالي:

- أولاً: مركز الموهبة والإبداع وريادة الأعمال بجامعة الملك خالد:

ويهدف إلى دعم وتوليد الابتكارات والاختراعات للطلاب ومنسوبي الجامعة والتدريب وفي عام 2024م أنشيء مركز التفكير التصميمي في الجامعة، والذي يهتم بالابتكار والإبداع، وعمل اتفاقيات تعاون وشراكات بين مركز التفكير التصميمي بالجامعة مع معهد الابتكار العالمي القابضة، تتضمن التدريب وتبادل الخبرات وإصدار الشهادات المهنية، كما يتضمن إصدار الاعتمادات في مجال الابتكار، ومن هذه الشهادات المهنية المقدمة التي وردت في موقع جامعة الملك خالد ومركز الموهبة والإبداع مايلي:

- شهادة محترف الابتكار المعتمد (.CInP 2)

- شهادة محترف التفكير التصميمي المعتمد (.CDTP 3)

- شهادة استراتيجي الابتكار المعتمد (.CInS 4)

- شهادة الرئيس التنفيذي المعتمد في الابتكار (.CCInO 5)

- ثانياً: عمادة الابتكار وريادة الأعمال بجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية:

تأسست العمادة عام 1440هـ عمادة الابتكار وريادة الأعمال. ومن أهدافها دعم رؤية المملكة العربية السعودية 2030، ودعم ثقافة الابتكار وريادة الأعمال، والتركيز على أهمية ريادة الأعمال في تحقيق الهدف الوطنية واستغلال جميع المنشآت الصغيرة والمتوسطة في تحريك النمو الاقتصادي، إذ تعمل على إيجاد الوظائف ودعم الابتكار وزيادة الاختراعات وتسويقها (موقع جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، 2023).

- ثالثاً: معهد الابتكار وريادة الأعمال بجامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل:

يهدف معهد الابتكار وريادة الأعمال في جامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل إلى الريادة ودعم الاستدامة في الفكر والنخرجات الإبداعية وتحويلها إلى سلع ومنتجات تدعم الاقتصاد الوطني وتحقق تطوير الإنتاج الذاتي للجامعة (موقع جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، 2024).

ويهدف هذا المعهد إلى الأهداف التالية:

- أعمال مشتركة للجامعة مع شركاء خارجيين وداخليين لنشر ثقافة الابتكار وتحقيق الاستدامة.

- بناء ونشر ثقافة ريادة الأعمال والتركيز على المعرفة الجديدة.

- الاهتمام بالتسويق وحماية الملكية الفكرية في الجامعة.

- كسب القطاع الصناعي في المملكة العربية السعودية في مجال الأبحاث والتعاون والشراكات وتوظيف الخريجين وتوطين الصناعات.

- دعم الشراكات لتبني المبتكرين والمخترعين ورأدي الأعمال.

- رابعاً: مركز الابتكار وريادة الأعمال بجامعة حائل:

يتميز المركز في بناء دور فاعل في المساهمة في المؤسسات التعليمية والأكاديمية في المنطقة، وفي تكوين سمعة جيدة في الجامعة وتعزيز التعاون بين الخبرات الأكاديمية والعملية للطلاب، ودعم المواهب والفكر الإبداعية وتحقيق التنمية الاقتصادية وتحفيز نمو الابتكار وريادة الأعمال، وبذلك يحقق التعاون بين الجامعة والمنطقة إلى تطوير البنية التحتية وتأسيس جيد لثقافة الابتكار والمرونة والشفافية، مما الجامعة نحو مستقبل مزدهر (موقع جامعة حائل، 2024).

- خامساً: مركز جامعة جدة للابتكار ودوره الداعم للابتكار والإبداع:

- حقق المركز العديد من المنجزات كما وضحاها (مطالع، 2017، ص15) كما يلي:
- نشر ثقافة الابتكار وطرق تحويل الأفكار الابتكارية إلى مشاريع تجارية وأدوات يمكن الاستفادة منها.
- تقديم الاستشارات المستمرة من الخبراء والتواصل الفعال بين الجامعة وبرامج توعية المجتمع المستمرة.
- تنفيذ البرنامج التدريبية والمبتكرة في الفترة الصيفية للطلاب والطالبات في الجامعة أو طلاب وطالبات المدارس لتعزيز ثقافة الابتكار وتوجيه الطاقات لتحديات المستقبل.
- تنفيذ مبادرات نوعية وثرية مثل "مبادرة عربية جامعة جدة الذكية للطعام"، وهي مبادرة ذكية نفذت بالشراكة مع إمارة منطقة مكة المكرمة.
- تأسيس "مسرعة جامعة جدة الأولى للأعمال"، بالشراكة مع البنك الأهلي التجاري، وذلك من خلال برنامج "أهالينا".

ب- الخبرات والتجارب العالمية في مجال إدارة الابتكار:

- تجربة الابتكار في جامعات سويسرا:

جاءت سويسرا في المرتبة الأولى عالمياً في مجال الابتكار بحسب تقرير الابتكار العالمي الصادر عن كورنيل Cornell University وكلية إنسياد INSEAD ومنظمة ويبو WIPO عام 2013، 2016، 2017 (WIPO, 2017) وكذلك عام 2018، 2019 (WIPO, 2019) كما كشف موقع رويترز عن أفضل 100 جامعة مبتكرة، وكانت من دولة سويسرا جامعة سويس الفيدرالية Swiss

Federal Institute of Technology Zurich في عام 2017، وفي عام 2018 وكذلك عام 2019 وعام 2021 وعام 2022 على التوالي كذلك حققت الجامعة المرتبة 19 على مستوى العالم حسب تصنيف شنغهاي لعام 2018 (ARWU, 2019)، وفيما يلي أبرز ما تميزت به الجامعة في تعزيز الابتكار وإدارته:

أولاً: (INNOVEDUM)

هي علامة تجارية أنشأها رئيس الجامعة عام 1855 في مجال العلوم والتكنولوجيا، يتكون الاسم INNOVEDUM من كلمتي (الابتكار) و (التعليم)، ولدى INNOVEDUM رؤية تهدف إلى «النهوض بالتعليم في ETH، وتعزيز INNOVEDUM المبادرات التي تسهم في تطوير التعليم الجيد ETH على المدى الطويل، ويمكن أن يقوم طاقم التدريس في ETH Zurich ومديرو الدراسات بتقديم مقترحات مشاريع إلى وكذلك يعزز تعليم طلاب ETH ليصبحوا أعضاء في المجتمع من المفكرين المستقلين.

كما أنشأت جامعة ETH حديقة الابتكار السويسرية: Swiss Innovation Park لتعزيز قوة سويسرا الابتكارية وتحسين علاقات الشبكة بين الأوساط الأكاديمية والتجارة والصناعة؛ لهذا السبب يريد ETH Domain وهو اتحاد للجامعات والمؤسسات البحثية السويسرية الحكومية، ويتكون من المؤسسات التالية: المعاهد الاتحادية للتكنولوجيا في زيورخ ولوزان، ومعاهد البحوث الفيدرالية، ومراكز الاختصاص (الطاقة والبيئة، مواد العلوم والتكنولوجيا، التصوير الطبي الحيوي) الانضمام إلى التجارة والصناعة من خلال تقديم مساهمة مهمة نحو حديقة تعزيز الابتكار (Park Zurich, 2019).

- تجربة جامعات ولاية ماساتشوستس في الولايات المتحدة الأمريكية:

وتعد ولاية ماساتشوستس تاريخياً مركزاً لريادة الأعمال والابتكار، حيث أسهمت جامعاتها البحثية في العديد من الشراكات المجتمعية مع العديد من الشركات الكبرى الاقتصادية في المناطق المحيطة بالجامعة والولاية، ففي عام 2000 م أنشئت الجامعة 41 شركة للاستثمار التجاري لمخرجات تقنية تم إنتاجها في الجامعات، ومنحت الجامعات ما يقارب من 280 ترخيصاً لمشروعات خاصة بها في ذلك العام، كما حصلت على 44.5 مليون دولار نتيجة تلك الترخيصات، وحقت نجاحاً مميزاً في جذب عدد من الشركات العالمية والوطنية لإنشاء فروع لها في بوسطن (عاصمة الولاية) لتطوير بحوث أساسية وتطبيقية بالولاية (الرشيدي، 1441، ص. 71).

- إدارة الابتكار في الجامعات السويدية:

العوامل المساعدة لإدارة الابتكار في الجامعات السويدية (موقع وزارة التعليم السويدي ، 2023):

- دعم الحكومة حيث يُنسب الفضل في نجاح السويد كدولة مبتكرة جيدة الإعداد إلى حكومتها وسياساتها، حيث تركز الحكومة على الاستثمار الاستراتيجي وحسن التخطيط مع التركيز على مجالات مثل الطب والعلوم الحيوية والتكنولوجيا والمناخ.
- الجغرافيا التي أتاحت أراضي السويد الشاسعة وقلة عدد سكانها للشعب فرصة للتفكير خارج الصندوق، وكان التركيز على الخطوات الفعالة لتلبية الحاجة ليس فقط على نطاق صغير ولكن مع مراعاة السوق العالمية.
- التعليم: أحد أهم أجزاء إنجازات السويد في مجال الابتكار والتقنيات هو بنيتها التحتية فيما يتعلق بالتفكير في المرحلة المبكرة من نمو الطفل.

ج - الاستفادة من الخبرات والتجارب المحلية والعالمية في مجال إدارة الابتكار:

جدول 1 أوجه الاستفادة من الخبرات والتجارب المحلية والعالمية (إعداد الباحثة)

الاستفادة من خبرة الجامعات السعودية

- تطوير برامج تدريبية عن الابتكار في البحث العلمي والمخرجات الإبداعية.
 - دعم الشراكات الداخلية والخارجية لإنتاج منتجات ابتكارية.
 - نقل التقنية من خلال مكاتب وبيوت الخبرة لاستثمار الابتكارات.
 - تشجيع التفكير التصميمي في التعلم وحل المشكلات.
 - رؤية مشتركة لوحدة الابتكار في الجامعات السعودية.
- الاستفادة من خبرة الجامعات السويسرية

- تطوير جامعة ابتكارية.
 - دعم إنشاء صندوق لدعم المشاريع الابتكارية وتحفيزه وتحسينه.
 - تعزيز الأبحاث العلمية التطبيقية ودعم مراكز الابتكار.
 - تعزيز التواصل بين الأوساط الأكاديمية والصناعة والتجارة لبناء مستقبل مستدام الموارد.
 - تصميم منصات ابتكار على مستوى الدولة لعرض الابتكارات وتسويقها.
- الاستفادة من خبرة جامعات الولايات المتحدة الأمريكية

- توفير المعامل والمكاتب لدعم الخبرات الابتكارية وتحفيزها.
 - دعم شركات لاستثمار التقنيات التي تنتجها الجامعات.
 - دعم حاضنات التقنية وتوفير التسهيلات اللازمة لها.
 - دعم الاقتصاد القائم على الابتكار لتطوير سياسات منظومة البحث العلمي.
- الاستفادة من خبرة الجامعات السويدية

- التواصل بين جميع قطاعات الدولة وتشجيع الدراسات البينية داخل الجامعة وبين الجامعات محلياً وإقليمياً.
- دعم تسويق وترخيص التكنولوجيا وبراءات الاختراع.
- دعم البحث العلمي كمقوم للابتكار والاختراع.
- الاستفادة من جغرافيا الدولة في استثمار الابتكار والمخرجات الإبداعية.

أداء المملكة العربية السعودية لعام 2024 في مؤشر الابتكار العالمي:

أولاً: ترتيب مؤشر الابتكار للمملكة العربية السعودية وعلاقته بالمؤشرات الفرعية:

جدول 2 ترتيب مؤشر الابتكار للمملكة العربية السعودية ومركزاته الفرعية (إعداد الباحثة)

السنة	ترتيب مؤشر الابتكار	مدخلات الابتكار	مخرجات الابتكار
2015	43	45	44
2016	49	43	54
2017	55	46	66
2018	61	45	78
2019	68	85	49
2020	66	50	77
2021	66	59	72
2022	51	37	65
2023	48	37	67
2024	47	36	66

ملاحظة: الاحصائيات وفق تقارير مؤشر الابتكار العالمي بين عامي (2015-2024)

ثانياً: ترتيب مدخلات الابتكار في المملكة العربية السعودية وفق مركزاته الرئيسية:

جدول 3 ترتيب مؤشرات مركزات مدخلات الابتكار (إعداد الباحثة)

السنة	المؤسسات	رأس المال البشري والبحث	البنية التحتية	بيئة السوق	بيئة الاعمال
2015	68	39	34	55	64
2016	84	112	103	114	66
2017	88	31	40	51	54
2018	94	24	51	41	52
2019	104	29	55	47	48
2020	102	31	57	44	51
2021	101	32	54	39	89
2022	50	30	53	22	53
2023	45	35	48	28	45
2024	35	33	49	27	79

ملحوظة: الاحصائيات وفق تقارير مؤشر الابتكار العالمي بين عامي (2015-2024)

ثالثاً: ترتيب مخرجات الابتكار في المملكة العربية السعودية وفق مركزاته الرئيسية:

جدول 4 رتيب مؤشرات مركزات مخرجات الابتكار (إعداد الباحثة)

السنة	المعرفة والتكنولوجيا	الابداع
2015	74	30
2016	75	47

74	62	2017
83	73	2018
86	78	2019
86	88	2020
78	69	2021
66	65	2022
65	68	2023
67	68	2024

ملحوظة: الاحصائيات وفق تقارير مؤشر الابتكار العالمي بين عامي (2015-2024)

ثالثاً: تطوير أبعاد إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII:

أولاً: تطوير ثقافة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII:

(١) مرحلة التخطيط لتنمية ثقافة الابتكار:

في هذه المرحلة يتم التعاون بين منسوبي الجامعة ووضع خطة زمنية لتغيير الثقافة الموجودة أو بعض عناصرها، بهدف تضمين ثقافة الابتكار، ويتم التوصل لمحاور التخطيط من خلال تحليل أوجه الشبه والاختلاف بين الجامعات المقارنة ويتمثل ذلك بالآتي (الأحمدي، 2023، ص.519):

(١) تحديد العناصر الأساسية لثقافة الابتكار في الجامعة (الحرية، التعاون، التنوع، الالتزام، التطوير، المرونة، القيادة، الالتزام).

(٢) المتطلبات التي يتم من خلالها تنمية ثقافة الابتكار بالجامعة، وتنقسم إلى مجالين (Cato, 2022):

- تنمية ثقافة الابتكار في البحث العلمي من خلال الخطة الاستراتيجية، الشراكات، الحاضنات، حماية حقوق الملكية الفكرية، الحوافز.

- تنمية ثقافة الابتكار في التعليم من خلال الخطة الاستراتيجية لتطوير المناهج، والأساليب، والمشاريع، والأنشطة والحوافز.

(٢) مرحلة تنفيذ الخطة وتحقيق عناصر ثقافة الابتكار:

تركز هذه المرحلة على عملية التنفيذ، للتأكد من تحقيق جميع عناصر الثقافة أثناء تنفيذ الخطة، وتستغرق فترة زمنية، حيث يتم التوصل لإجراءات التنفيذ، من خلال ما يلي:

ثانياً: تطوير إستراتيجية الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII :

١. إستراتيجية الابتكار الاستباقية: وتشمل هذه الاستراتيجية قدرة الجامعة على تقديم خدمات أو منتجات جديدة مختلفة في

السوق لتحقيق رضا أصحاب المصلحة، وتشمل أيضاً الابتكار الإداري الذي يشير إلى قدرة الجامعة على تعزيز أدائها من

خلال تطبيق قواعد وأنظمة وأساليب إدارية جديدة (البصير، 2021، ص.279).

٢. استراتيجية التحول نحو الجامعة الريادية: وهي التي تسعى إلى تأصيل مبدأ أن تعتمد الجامعات على تنوع مصادر الدخل لديها بكافة الطرق العلمية والتي يمكن أن توظف اقتصادياً واستثمارياً، ولن يتسنى لها ذلك إلا من خلال تعزيز دور الابتكار والإبداع، وريادة الأعمال وتوفير متطلباته من الموارد البشرية، والمادية ورفع الوعي المعلوماتي بضرورة التفكير الخارج عن النمطية، وتعزيز ربط نواتج التعليم بسوق العمل ودور الجامعة لا بد أن كون ملموساً في خدمة المجتمع والأعمال التطوعية، وصناعة الإنسان (الرابعي، ٢٠٢١، ص. ٢٤٢).

٣. استراتيجية المقارنة المرجعية:

تتطوي هذه الاستراتيجية على دعم الإدارة العليا للجامعة لعملية المقارنة المرجعية مع أحد المؤسسات التعليمية التي تمتلك ميزة تنافسية، وأن تتم المقارنة المرجعية تبعاً لمؤشرات أداء دولية (البصير، 2021، ص. 280).

٤. استراتيجية النفقات:

تساعد استراتيجية النفقات في أن تحدد الجامعة الأسلوب الذي تتخذه خلال العمل من جانب التوسيع في السوق والإنتاج، وتتضمن هذه الاستراتيجية الأنشطة الجديدة التي يتم اختيارها، والأنشطة الموجودة التي يتم تنميتها وتطويرها، إضافة إلى الأسلوب الذي يتم من خلاله اختيار العملاء الموردين وكيفية التعامل معهم (معمار، 2022، ص. 68).

٥. استراتيجية ريادي:

تهتم استراتيجية ريادي برفع مستوى الثقافة بريادة الأعمال وكيفية توظيف الاستثمار ضمن آليات مقننة في مجال التعليم العام، والجامعي بهدف توحيد جهود الوزارة في تحقيق جودة نواتج التعلم والتعليم انسجاماً مع رؤية المملكة 2030 م.

ثالثاً: تطوير إدارة عمليات الابتكار في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII :

● التخطيط الاستراتيجي لإدارة عمليات الابتكار:

يُظهر هذا المبدأ آلية عملية التخطيط من خلال التركيز على الصورة الكلية الشمولية لمهام ووظائف المنظمة، وتفحصها بدقة للوصول إلى الترتيب الاستراتيجي الصحيح وتقدير الحاجات، والتنبؤ بالإستراتيجيات المستقبلية للابتكار، وتهتم عملية التخطيط الاستراتيجي لإدارة عمليات الابتكار إلى السعي لتحقيق السياق الاستراتيجي الصحيح من خلال تصميم خطة استراتيجية قابلة للتطبيق وترجمتها إلى نماذج وخطط عمل، وتحديد عوامل التهديد والمخاطر المتوقعة ونقاط القوة والفرص المتاحة (عثمان، 2022، ص. 323).

● التنظيم لإدارة عمليات الابتكار:

يتم تعزيز وإدارة عمليات الابتكار في الجامعات من خلال التنظيم على النحو التالي:

- يعمل التنظيم على إدارة السلوك الابتكاري بين منسوبي المنظمة، فالمناخ التنظيمي الذي يسوده التعاون والتعاقد يخلق حافزاً للموظفين لاستثمار وقتهم وجهدهم في الابتكار (الحربي، 2022، ص. 445).
- الاهتمام بالإجراءات التنظيمية الابتكارية لتطوير أساليب العمل وتطبيقاتها وفق معايير التميز والابتكار.
- تطوير الهياكل التنظيمية وإجراءات العمل في الجامعات بحيث تكون هياكل مرنة تستوعب تحقيق متطلبات التميز والابتكار في الجامعات (Alzomia, 2020, P. 15).

رابعاً: تطوير تسويق الابتكار في ضوء مؤشر الابتكار العالمي GII :

تشير متطلبات تسويق الابتكار إلى المتطلبات التالية:

- متطلبات إدارية وتنظيمية: وهي المتطلبات التي تتعلق بالنواحي الإدارية والتنظيمية التي تتأثر بنمط الإدارة السائد بالمنظمة، وعمليات التنظيم بها ومن أهم هذه المتطلبات ما يلي (مغاوري، ٢٠٢٢، ص. ٦٤) :
- قناعة الإدارة العليا للمنظمة بضرورة دعم التسويق الابتكاري لتحقيق المنافسة بين المنظمة وغيرها من المنظمات، وفي نجاحها، وتحقيق أهدافها.
- تهيئة المناخ التنظيمي لتشجيع العاملين بإدارة التسويق – بل وبالإدارات الأخرى بالمنظمة – على توليد أفكار تسويقية جديدة أو وضعها موضع التطبيق.

- التنسيق والتكامل الإدارات بما يخص الأنشطة الابتكارية المهمة سواء كانت فنية أو مالية أو تقنية (بشاي، 2017، ص445).
- متطلبات متعلقة بإدارة المشتغلين بالتسويق، وتتمثل فيما يلي (نصر، ٢٠١٩، ص٤٤١):
- تطوير النظم الفعالة في مجال التسويق للابتكارات وتشجيع جميع العاملين عليها، وتدريبهم على التسويق الابتكاري.
- تطوير البرامج والدورات التدريبية في مجال التفكير الابتكاري لتنمية قدراتهم ومهاراتهم في هذا المجال.
- ضرورة تحقيق أقصى استفادة ممكنة من الطاقات البشرية والمادية والقدرات الإبداعية والابتكارية للأفراد.

منهج البحث:

تبني البحث المنهج الوصفي من خلال الأسلوب المسحي والأسلوب الوثائقي لملاءمته لطبيعة البحث لجمع الحقائق والمعلومات، وتحليلها، وتفسيرها، لتوضيح آليات تطوير أبعاد إدارة الابتكار بالجامعات السعودية في ضوء المؤشرات العالمية للابتكار. والمنهج الوصفي الوثائقي لدراسة ترتيب الجامعات السعودية في مؤشر الابتكار العالمي وبناء متطلبات تطوير إدارة الابتكار بالجامعات السعودية في ضوء مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي.

مجتمع البحث:

جدول 5 توزيع المجتمع الأصلي وفقاً للجامعة التي ينتمي إليها القيادات

م	الجامعة	العدد	النسبة المئوية
1	جامعة حائل	131	12.9%
2	جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية	352	34.7%
3	جامعة الامام فيصل بن عبدالرحمن	295	29.1%
4	جامعة الملك خالد	237	23.3%
	الإجمالي	1015	100%

كما تكون مجتمع البحث أيضاً من الدراسات والأبحاث التي تناولت إدارة الابتكار في الجامعات وتقارير مؤشر الابتكار العالمي GII لآخر عشر سنوات بين عامي 2015- 2024 م، والإحصاءات الرسمية التي وردت من الجامعات والخطط الاستراتيجية والمواقع الإلكترونية للجامعات السعودية (جامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، جامعة الملك خالد وجامعة حائل).

عينة البحث:

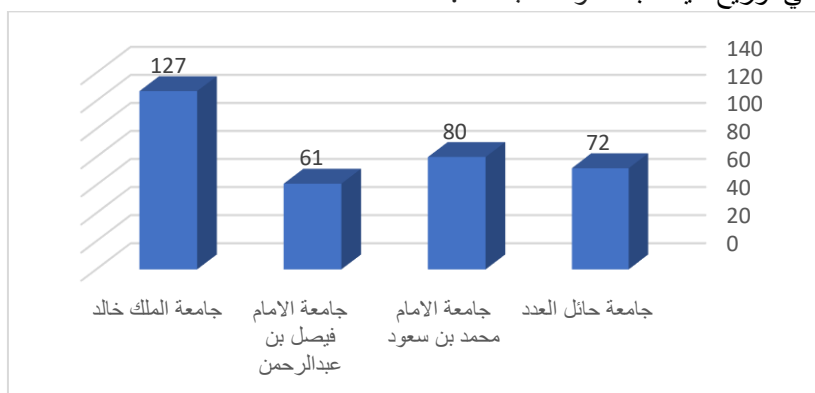
وصف عينة البحث وفقاً للجامعة: الجدول التالي يوضح توزيع عينة البحث وفقاً للجامعة:

جدول 6 توزيع عينة البحث وفقاً للجامعة

م	الجامعة	العدد	النسبة المئوية

21.2%	72	جامعة حائل	1
23.5%	80	جامعة الامام محمد بن سعود	2
17.9%	61	جامعة الامام فيصل بن عبدالرحمن	3
37.4%	127	جامعة الملك خالد	4
100%	340	الإجمالي	

ويوضح الرسم البياني التالي توزيع عينة البحث وفقا للجامعة :

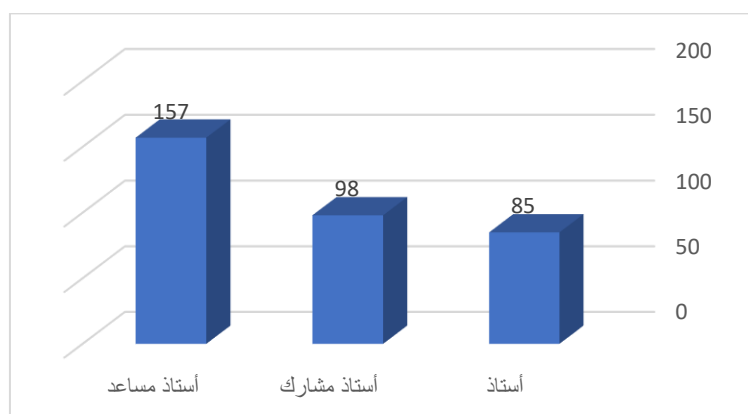


شكل 2 رسم بياني لعينة البحث وفقا للجامعة

-وصف عينة البحث وفقا للدرجة العلمية:

جدول 7 وصف عينة البحث وفقا للدرجة العلمية

م	الدرجة العلمية	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	أستاذ	85	25%
2	أستاذ مشارك	98	28.8%
3	أستاذ مساعد	157	46.2%
	الإجمالي	340	100%

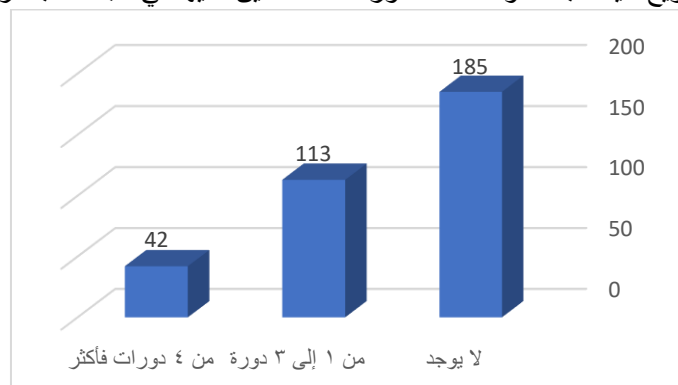


شكل 3 رسم بياني لعينة البحث وفقاً للدرجة العلمية للقيادات

-وصف عينة البحث وفقاً لعدد الدورات الحاصلين عليها في مجال الابتكار والجدول التالي يوضح توزيع عينة البحث وفقاً لعدد الدورات الحاصلين عليها في مجال الابتكار جدول 8 وصف عينة البحث وفقاً لعدد الدورات الحاصلين عليها في مجال الابتكار

م	عدد الدورات	عدد العينة	النسبة المئوية %
1	لا يوجد	185	54.4%
2	من 1 إلى 3 دورة	113	33.2%
3	من 4 دورات فأكثر	42	12.4%
	الإجمالي	340	100%

ويوضح الرسم البياني التالي توزيع عينة البحث وفقاً لعدد الدورات الحاصلين عليها في مجال الابتكار:



شكل 4 رسم بياني لعينة البحث وفقاً لعدد الدورات الحاصلين عليها في مجال الابتكار

رابعاً: أدوات البحث

- السجلات والوثائق: تم حصر السجلات والوثائق والدراسات النظرية والفكرية المتعلقة بإدارة الابتكار في الجامعات السعودية من خلال دراسة الخطط الاستراتيجية للابتكار في الجامعات ودراسة إصدارات مؤشر الابتكار العالمي GII للأعوام بين 2015 إلى الإصدار 2024.
 - الاستبانة: تم تصميم الاستبانة في ضوء الدراسات النظرية والفكرية المتعلقة بإدارة الابتكار في الجامعات السعودية، ومؤشر الابتكار العالمي ومركزاته والدراسات السابقة.
- تحديد درجة الأهمية في ضوء المتوسطات والأوزان النسبية:

(**) = معاملات الارتباط دالة احصائيا عند مستوى (0.01)

يتضح من الجدول السابق ارتباط جميع العبارات بدرجة المحور الذي تنتمي إليه وبالدرجة الكلية على الاستبانة بمعاملات ارتباط موجبة ودالة احصائياً عند مستوى (0.01) وقد تراوحت قيم معاملات الارتباط بين (0.62 الى 0.92) مما يعنى أن جميع العبارات تتمتع بدرجة صدق اتساق داخلي مرتفعة

جدول 10 نتائج قيم الاتساق الداخلي لأبعاد الاستبانة

الابعاد	معامل الارتباط بالمحور	معامل الارتباط بالدرجة الكلية
البعد الأول	0.91	0.90
البعد الثاني	0.94	0.92
البعد الثالث	0.94	0.94
البعد الرابع	0.91	0.89
إجمالي المحور الأول		0.98
البعد الأول	0.97	0.93
البعد الثاني	0.97	0.91
إجمالي المحور الثاني		0.95

(**) = معاملات الارتباط دالة احصائياً عند مستوى (0.01)

يتضح من الجدول السابق ارتباط جميع الابعاد بدرجة المحور الذي تنتمي إليه وبالدرجة الكلية على الاستبانة بمعاملات ارتباط موجبة ودالة احصائياً عند مستوى (0.01) كما ارتبطت المحاور بالدرجة الكلية على الاستبانة بمعاملات ارتباط موجبة ودالة احصائياً عند مستوى (0.01) وقد تراوحت قيم معاملات الارتباط بين (0.89 الى 0.98) مما يعنى أن جميع الابعاد والمحاور الخاصة بالاستبانة تتمتع بدرجة صدق اتساق داخلي مرتفعة.

سادساً: ثبات أداة البحث:

جدول 11 معاملات ثبات الفا كرونباخ لكل بعد من ابعاد محاور الاستبانة

م	المحاور	عدد العبارات	معامل ثبات الفا-كرونباخ
	البعد الأول: تطوير ثقافة الابتكار	7	0.94
المحور	البعد الثاني: تطوير استراتيجيات الابتكار	8	0.95
ر	البعد الثالث: تطوير إدارة عمليات الابتكار	8	0.95
الاول	البعد الرابع: تطوير تسويق الابتكار	7	0.96
	إجمالي المحور الأول	30	0.98

المحور الثاني	البعد الأول: تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مدخلات مؤشر الابتكار العالمي	7	0.94
	البعد الثاني: تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مخرجات مؤشر الابتكار العالمي	6	0.95
	إجمالي المحور الثاني	13	0.97
	إجمالي الاستبانة	43	0.98

يتضح من الجدول ارتفاع قيم معاملات ثبات ألفا كرونباخ لكل محور من محاور الاستبانة وأبعاده الفرعية حيث تراوحت قيم معاملات الثبات ما بين (0.94 الى 0.98) .

2- تم حساب ثبات الاستبانة أيضاً باستخدام طريقة التجزئة النصفية باستخدام معادلة سبيرمان – براون حيث بلغت قيمته (0.95) والذي يشير إلى ارتفاع معامل ثبات الاستبانة.

كما تم حساب معامل الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل محور من محاور الاستبانة وابعاده الفرعية كما يوضحها الجدول التالي: جدول 12 معاملات الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل بعد من ابعاد محاور الاستبانة

م	المحاور	عدد العبارات	معامل ثبات الفا-كرونباخ
المحور الاول	البعد الأول: تطوير ثقافة الابتكار	7	0.89
	البعد الثاني: تطوير استراتيجية الابتكار	8	0.95
	البعد الثالث: تطوير إدارة عمليات الابتكار	8	0.91
	البعد الرابع: تطوير تسويق الابتكار	7	0.93
	إجمالي المحور الأول	30	0.93
المحور الثاني	البعد الأول: تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مدخلات مؤشر الابتكار العالمي	7	0.89
	البعد الثاني: تطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مخرجات مؤشر الابتكار العالمي	6	0.92
	إجمالي المحور الثاني	13	0.94
	إجمالي الاستبانة	43	0.95

يتضح من النتائج المعروضة في الجدول ارتفاع قيم معاملات الثبات بطريقة التجزئة النصفية لكل محور من محاور الاستبانة وابعاده الفرعية حيث تراوحت قيم معاملات الثبات بطريقة التجزئة النصفية ما بين (0.89 الى 0.95) .

وتشير تلك النتائج مجتمعة إلى أن قيم الثبات لكافة محاور الاستبانة وأبعاده الفرعية مرتفعة مما يعطى مؤشر لمناسبتها لتحقيق أهداف البحث الحالي وامكانية اعطاء نتائج مستقرة وثابتة في حالة اعادة تطبيق البحث .

وفيما يلي عرض لنتائج استجابات العينة الخاصة بكل بعد من الابعاد الأربعة للمحور الاول:

البعد الأول: تطوير ثقافة الابتكار

أعطى أفراد العينة للبعد الأول (ثقافة الابتكار) درجة أهمية (مهمة) بمتوسط وزني (3.61) ووزن نسبي (92) بانحراف معياري (0.92)، كما جاءت أعلى العبارات في درجة الأهمية بالنسبة لهذا البعد العبارة رقم (1) ونصها (تخصيص وحدة تنظيمية في الجامعة لنشر ثقافة الابتكار)، حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (4) بالنسبة لعبارة هذا البعد، يليها في المرتبة (2) العبارة رقم (7) ونصها (دعم جهود التحول نحو اقتصاد قائم على الابتكار)، حيث حصلت على وزن متوسط وزني (3,84) كما جاءت العبارة رقم (4) في المرتبة (3) ونصها (المشاركة البحثية بمشاريع تنمية إدارة الابتكار التي تمولها وزارة التعليم)، حيث حصلت على وزن متوسط وزني (3,83)، وجاءت العبارة رقم (6) في المرتبة (4) ونصها (منح منسوبي الجامعة المرونة والاستقلالية اللازمة لتطوير الأفكار الابتكارية)، حيث حصلت على وزن متوسط وزني (3,78).

البعد الثاني: تطوير استراتيجية الابتكار

أعطى أفراد العينة للبعد الثاني درجة أهمية (مهمة) بمتوسط وزني (3.60) ووزن نسبي (72) بانحراف معياري (0.96)، حيث جاءت أعلى العبارات في درجة الأهمية بالنسبة لهذا البعد العبارة رقم (11) ونصها (إدراج إدارة الابتكار ضمن الموضوعات البحثية ذات الأولوية في الجامعة)، حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (3.79) النسبة لعبارات هذا البعد، تليها في الترتيب العبارة رقم (8) ونصها (تحديد رؤية واضحة في مجال إدارة الابتكار تكون متوافقة مع استراتيجية الجامعة)، حيث حصلت على متوسط وزني (3.75)، وتليها العبارة رقم (10) ونصها (تطوير الأهداف التي تدعم إدارة الابتكار في الخطة الاستراتيجية للجامعة وفق المستجدات العالمية)، حيث حصلت على متوسط وزني (3.69).

البعد الثالث: تطوير إدارة عمليات الابتكار

أعطى أفراد العينة للبعد الثالث درجة أهمية (مهمة) بمتوسط وزني (3.56) ووزن نسبي (1.02) بانحراف معياري (71.2)، وجاءت أعلى العبارات في درجة الأهمية بالنسبة لهذا البعد العبارة رقم (18) ونصها (توفير منظومة مخصصة لدعم إدارة عمليات الابتكار في الجامعة)، حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (3.69) النسبة لعبارات هذا البعد، تليها العبارة رقم (20) ونصها (تطوير وحدة تنظيمية متخصصة لتسجيل الابتكارات في الجامعة)، وحصلت على متوسط وزني (3.66)، ثم العبارة (21) ونصها (نشر سياسة حماية حقوق الملكية الفكرية المتعلقة بابتكارات الجامعة)، وحصلت على متوسط وزني (3.62).

البعد الرابع: تطوير تسويق الابتكار

أعطى أفراد العينة للبعد الرابع درجة أهمية (مهمة) بمتوسط وزني (3.50) ووزن نسبي (70) بانحراف معياري (1.06)، وجاءت أعلى العبارات في درجة الأهمية بالنسبة لهذا البعد العبارة رقم (25) ونصها (توفير الإمكانيات المادية اللازمة لتطوير البحوث الخاصة بإدارة الابتكار القابلة للتسويق)، حيث حصلت على أعلى متوسط وزني (3.68) النسبة لعبارات هذا البعد، تليها العبارة رقم (28) ونصها (إنشاء صندوق لتمويل مشاريع الجامعة الخاصة بإدارة الابتكار في ضوء حوكمة واضحة)، بمتوسط وزني (3.56) ثم العبارة رقم (27) ونصها (الشراكة مع القطاع العام والخاص لدعم إدارة الابتكار في الجامعات) بمتوسط وزني (3.54).

- نتائج السؤال الثالث:

أ- الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير الجامعة:

يوضح الجدول التالي نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقا لمتغير الجامعة.

جدول 13 نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقا لمتغير الجامعة

الابعاد	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الأول	بين المجموعات	1007.614	3	335.871	7.876	0.01
	داخل المجموعات	14329.280	336	42.647		
	الكلية	15336.894	339	-----		
الثاني	بين المجموعات	328.986	3	109.662	1.893	غير دال
	داخل المجموعات	19468.411	336	57.942		
	الكلية	19797.397	339	-----		
الثالث	بين المجموعات	956.230	3	318.743	4.958	0.01
	داخل المجموعات	21600.744	336	64.288		
	الكلية	22556.974	339	-----		
الرابع	بين المجموعات	327.076	3	109.025	1.997	غير دال
	داخل المجموعات	18343.736	336	54.594		
	الكلية	18670.812	339	-----		

		2877.457	3	8632.372	بين المجموعات	إجمالي
0.01	3.914	735.114	336	246998.405	داخل المجموعات	المحور
		-----	339	255630.776	الكلي	الأول

يتضح من جدول 13 ما يلي:

- لا يوجد فروق دالة احصائياً بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث المتعلقة بدرجة أهمية إدارة الابتكار في أبعادها (استراتيجية الابتكار ، وتسويق الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index أي بالنسبة للأبعاد (الثاني ، الرابع) وفقاً لمتغير (الجامعة)، وقد يعود السبب إلى أن الجامعات السعودية أهتمت بتضمين الابتكار وتطويره في استراتيجياتها، واهتمام أفراد عينة البحث بتكامل أهدافهم مع أهداف الجامعات الاستراتيجية والعمل على الاهتمام بالابتكار وعملياته وتعزيز الصناعات والتقنيات الحديثة ودعم القطاع العام والخاص بما يقدم قيمة مضافة.
- وجود فروق دالة احصائياً عند مستويات دلالة (0.01) بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث المتعلقة بدرجة أهمية إدارة الابتكار في أبعادها (ثقافة الابتكار، إدارة عمليات الابتكار) في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index أي بالنسبة للأبعاد (الأول، الثالث) وكذلك الدرجة الكلية وفقاً لمتغير (الجامعة).
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالأبعاد الأول والثالث والدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لجامعة الملك خالد والقياديين الذين ينتمون لجامعة حائل لصالح فئة (جامعة الملك خالد).
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالبعد الأول والدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لجامعة الملك خالد والقياديين الذين ينتمون لجامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل لصالح فئة (جامعة الملك خالد).
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية والقياديين الذين ينتمون لجامعة الإمام عبد الرحمن بن فيصل لصالح فئة (جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية) .
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لجامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية والقياديين الذين ينتمون لجامعة حائل لصالح فئة (الإمام محمد بن سعود الإسلامية).
- ب-الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير الدرجة العلمية:

جدول 14 نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقاً لمتغير الدرجة العلمية

البعد	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الأول	بين المجموعات	548.088	2	274.044	6.245	0.01
	داخل المجموعات	14788.806	337	43.884		
	الكلي	15336.894	339	-----		
الثاني	بين المجموعات	1284.742	2	642.371	11.694	0.01
	داخل المجموعات	18512.655	337	54.934		
	الكلي	19797.397	339	-----		
الثالث	بين المجموعات	831.057	2	415.529	6.445	0.01
	داخل المجموعات	21725.916	337	64.469		
	الكلي	22556.974	339	-----		
الرابع	بين المجموعات	378.609	2	189.305	3.488	0.05
	داخل المجموعات	18292.202	337	54.280		

			339	18670.812	الكلية	
		4541.165	2	9082.330	بين المجموعات	
0.01	6.207	731.598	337	246548.447	داخل المجموعات	الدرجة الكلية
		-----	339	255630.776	الكلية	

جدول 15 نتائج اختبار شيفة البعدي لتحديد اتجاه الفروق الدالة وفقاً لمتغير الدرجة العلمية

البعيد	الدرجة العلمية	أستاذ	أستاذ مشارك	أستاذ مساعد
	أستاذ			3.15*
الأول	أستاذ مشارك			
	أستاذ مساعد			
	أستاذ			2.77*
الثاني	أستاذ مشارك			4.49*
	أستاذ مساعد			
	أستاذ			
الثالث	أستاذ مشارك	2.96 *		3.60*
	أستاذ مساعد			
	أستاذ			2.15 *
الرابع	أستاذ مشارك			2.08*
	أستاذ مساعد			
	أستاذ			
إجمالي المحور الأول	أستاذ مشارك			11.42*
	أستاذ مساعد			

(*) متوسطات الفروق دالة عند مستوى (0.05)

يتضح من النتائج المعروضة في جدول

- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالأبعاد الأول والثاني والرابع بين القياديين الذين ينتمون لفئة الاستاذة والقياديين الذين ينتمون لفئة الاستاذة المساعدين لصالح فئة (الأستاذ).
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالبعد الثاني والثالث والرابع والدرجة الكلية بين فئة القياديين الذين ينتمون لفئة الاستاذة المشاركين والقياديين الذين ينتمون لفئة (الأستاذ المشارك).
- وجود فروق دالة احصائياً في الاستجابات الخاصة بالبعد الثالث بين فئة القياديين الذين ينتمون لفئة الاستاذة المشاركين والقياديين الذين ينتمون لفئة الأستاذة لصالح (الأستاذ المشارك).
- د- الفروق في الاستجابات تبعا لمتغير عدد الدورات:

جدول 16 نتائج تحليل التباين الأحادي لدلالة الفروق بين متوسطات استجابات عينة البحث وفقاً لمتغير عدد الدورات

البعيد	مصدر التباين	مجموع المربعات	درجة الحرية	متوسط المربعات	قيمة ف	مستوى الدلالة
الأول	بين المجموعات	1075.909	2	537.955	12.71	

			42.317	337	14260.985	داخل المجموعات	
0.01			-----	339	15336.894	الكلية	
			349.916	2	699.831	بين المجموعات	
0.01	6.18		56.669	337	19097.566	داخل المجموعات	الثاني
			-----	339	19797.397	الكلية	
0.01			488.394	2	976.787	بين المجموعات	
	7.63		64.036	337	21580.186	داخل المجموعات	الثالث
			-----	339	22556.974	الكلية	
0.01			776.021	2	1552.042	بين المجموعات	
	15.28		50.798	337	17118.770	داخل المجموعات	الرابع
			-----	339	18670.812	الكلية	
0.01			8374.106	2	16748.212	بين المجموعات	
	11.81		708.850	337	23882.564	داخل المجموعات	الدرجة الكلية
			-----	339	255630.776	الكلية	

يتضح من النتائج المعروضة في جدول

- وجود فروق دالة احصائية عند مستويات دلالة (0.01) بين متوسطات درجات استجابات عينة البحث المتعلقة بدرجة أهمية إدارة الابتكار في أبعادها الأربعة وكذلك الدرجة الكلية في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي Global Innovation Index وفقاً لمتغير عدد الدورات التي تلقوها
- وقد تم استخدام اختبار شيفيه للمقارنات المتعددة لتوضيح وتحديد اتجاه الفروق كما هو موضح بجدول (4-13)
- وجود فروق دالة احصائية في الاستجابات الخاصة بالأبعاد الأول والثاني والثالث والرابع والدرجة الكلية بين القياديين الذين تلقوا عدد دورات (من ١ إلى ٣ دورة) والقياديين الذين لم يتلقوا أي دورة لصالح فئة (من ١ إلى ٣ دورة).
- وجود فروق دالة احصائية في الاستجابات الخاصة بالبعد الأول بين القياديين الذين تلقوا عدد دورات (من 1 إلى 3 دورة) والقياديين الذين تلقوا عدد دورات (4 دورات فأكثر) لصالح فئة (من 1 إلى 3 دورة).

توصيات البحث:

- تطوير السياسات والأنظمة واللوائح المتعلقة بتطوير الابتكار وبرامج التدريب وتقييم العاملين من خلال مشاركة القيادات الأكاديمية بالجامعات السعودية وأعضاء هيئة التدريس والطلاب والإداريين في الخطط الاستراتيجية المتعلقة بتطوير إدارة الابتكار في الجامعات السعودية وتحفيز التنافسية.
- تصميم مؤشر للابتكار في الجامعات السعودية يتوافق مع مؤشر الابتكار العالمي لضمان تطوير الابتكار في الجامعات السعودية ويساعد على التقدم في التصنيفات العالمية.
- استحداث برامج للدراسات العليا ومقررات عن الابتكار وإدارة الابتكار.
- تصميم منصات رقمية لتسويق ابتكارات الجامعات لدعم التمويل الذاتي للجامعات ودعم المبتكرين.
- إعداد وتنمية وتطوير جميع الموارد البشرية والموظفين والإداريين لمواكبة مستجدات العصر والتغيرات في سوق العمل.
- تطوير مدخلات الجامعة الابتكارية ومتابعتها وتطوير مهاراتها للوصول إلى مخرجات بنفس الجودة وتحقيق أهداف الابتكار في الجامعات.

بعض المقترحات العملية والنظرية:

- سعى البحث أن يكون في مضمونه امتداداً لجهود بحثية سابقة، وبناء على ذلك فإن البحث يقدم الموضوعات التالية كمقترحات لبحوث ودراسات مستقبلية:
- رؤية مقترحة لتصميم مؤشر للابتكار في الجامعات السعودية في ضوء مؤشر الابتكار العالمي.
- تصور مقترح لتطوير تسويق المنتجات الابتكارية للجامعات في ضوء برنامج التمويل المؤسسي.

- تطوير التطوير المهني والتدريبي ومعرفة الاحتياج التدريبي لأعضاء هيئة التدريس والإداريين والطلبة في الجامعات السعودية لتطوير إدارة الابتكارات في الجامعات.
- تصور مقترح لتطوير مدخلات ومخرجات مؤشر الابتكار العالمي في الجامعات السعودية في ضوء الخبرات العالمية.
- تصور مقترح لتصميم منصة إلكترونية لتسويق المنتجات الابتكارية للجامعات السعودية.
- كما يقترح البحث مايلي:
- إنشاء منصة لتسويق الابتكارات الجامعية ومخرجات الجامعة الإبداعية.
- دعم المعارض والمؤتمرات لعرض ابتكارات الجامعة التقنية.
- ربط منصات ووحدات الابتكار في الجامعات السعودية بجميع الكليات والأقسام لتوحيد الجهود وتكثيف الإنتاجية.

المراجع العربية والأجنبية:

- الأحمدي، تغريد (2023). تصور مقترح لدور الجامعات السعودية في تنمية ثقافة الإبداع الفكري في مجالي التعليم والبحث العلمي. مجلة كلية التربية، (197) 2، 478-528.
- آل تميم، نسرين (2021). واقع الممارسات التنظيمية والإدارية في الجامعات السعودية للابتكار وريادة الأعمال من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس الإناث. المجلة العربية للنشر العلمي، (37) 1، 295-314.
- بشاي، وفاء زكي (2017). سيناريوهات مقترحة لمستقبل تسويق الخدمات التعليمية بالجامعات المصرية في ضوء نماذج بعض الجامعات الأجنبية. جامعة سوهاج، المجلة التربوية، (47) 1، 429-525.
- البصير، خالد بن عبد الكريم (2021). استقلالية الجامعات السعودية لتحقيق الميزة التنافسية في ضوء الخبرات الأمريكية والبريطانية تصور مقترح. مجلة دراسات تربوية واجتماعية، 27 ديسمبر (2021)، 240-331.
- الحربي، بدر بن جزاء (2022). تحديات الابتكار في منظمات القطاع العام في المملكة العربية السعودية. مجلة الإدارة العامة، 62 (عدد خاص)، 433-496.
- الحسن، محمد (2021، أكتوبر 19). مؤشر الابتكار العالمي لعام 2021 العلم والتكنولوجيا في ضوء أزمة كوفيد-19، مجلة التقدم العلمي للنشر الإلكتروني.
- الرابغي، ريم (2021). جهود وزارة التعليم السعودية لدعم الابتكار والابداع وريادة الأعمال في التعليم الجامعي من خلال منظومة البحث والابتكار في ضوء رؤية 2030م (دراسة وصفية تحليلية). المجلة الدولية لنشر البحوث والدراسات، (26) 6، 224-249.
- الرشدي، شبيخة ثاري. (2022). تصور مقترح لتحقيق الابتكار المؤسسي في الجامعات السعودية في ضوء رؤية المملكة 2030. جامعة عين شمس، مجلة كلية التربية في العلوم التربوية، (1) 46، 79-117.
- الرشدي، هدى محمد (1441). الابتكار في الجامعات، مكتبة الملك فهد الوطنية للنشر، الرياض.
- الزامل، أروى (2022). متطلبات إدارة الابتكار في الجامعات السعودية. مجلة الفنون والأدب وعلوم الانسانيات والاجتماع. (85) 2 112- 135.
- الصرن، رعد (2020). إدارة الابداع والابتكار، مجلة الجامعة الافتراضية السورية، (4) 168- 126.
- العاني، ثامر (٢٠٢٣). الابتكار والمستقبل. مقالة في صحيفة الشرق الأوسط الإلكترونية، نشرت بتاريخ ٣- يناير 2023 م.
- عبد المجيد، عساف (2018). مؤشرات إدارة الابتكار في جامعتي الازهر والإسلامية بمحافظة غزة من وجهة نظر أعضاء هيئة التدريس وسبل تفعيلها. المجلة التربوية، جامعة الكويت، مجلس النشر العلمي، 138 (12)، 225-269.
- عبدالوهاب، بوبع (2012). دور الابتكار في دعم الميزة التنافسية للمؤسسات الاقتصادية. رسالة ماجستير، جامعة منتوري، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير.
- العواد، عبد العزيز (2017، ذو القعدة 19). نقطة الابتكار والجامعات المبتكرة. مجلة الرياض، العدد 1984.

- عثمان، منى شعبان (2022). ابتكار القيمة مدخلاً لتطبيق استراتيجية المحيط الأزرق بجامعة الفيوم. جامعة عين شمس، مجلة كلية التربية، (46) 2، 295-414.
- عيسى، اسماعيل، عمر، محي الدين، جيلاني، أبو زكريا (2020). دراسة تطور أداء مداخلات الابتكار ومخرجاته وعلاقتها بالداخل وفق مؤشر الابتكار العالمية GII دراسة حالة في الجزائر، مجلة العلوم الاقتصادية والعلوم التجارية، (1) 13، 37-653.
- مطوع، ضياء الدين (2017). تصور مقترح لتفعيل الابتكار والإبداع وريادة الأعمال في برامج التجربة التكاملية للجامعات الخليجية. دراسة مقدمة إلى مؤتمر "الجامعات ورؤية المستقبل ابتكار واستثمار" الذي تنظمه جامعة المجمعة في الفترة من 18-2017/12/20م.
- معمار، صلاح بن صالح (2022). واقع إدارة الابتكار بالجامعات السعودية: دراسة تحليلية. مجلة كلية التربية، 10(30)، ص ص 87-55.
- مغاوري، هاله أمين (2022). تطوير إدارة التسويق بمؤسسات التعليم الجامعي في مصر على ضوء الابتكار التسويقي. مجلة دراسات في التعليم الجامعي، (56) 1، 37-77.
- المقحم، أحمد محمد (1442). تصور مقترح لتطوير مراكز الابتكار بالجامعات السعودية تحقيقاً لرؤية المملكة 2030 في ضوء التنافسية العالمية للجامعات، [رسالة دكتوراة]، جامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية.
- منعم، خضير (2019). قياس وتحليل تأثير مؤشر الابتكار العالمي في النمو الاقتصادي لعينة مختارة من دول العالم. مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية. الجامعة المستنصرية، 65(1)، 209-240.
- نصر، نوال احمد. (2019). التسويق الابتكاري بالجامعات المصرية مدخل لتعزيز ثقافة التميز وتحقيق ميزة تنافسية. من بحوث المؤتمر العلمي السنوي السادس والعشرون بعنوان: تطوير التعليم العالي بالوطن العربي في عصر التكنولوجيا الفائقة والتنافسية، الجمعية المصرية للتربية المقارنة والإدارة التعليمية، القاهرة، 439-451.
- اليوبي، عبدالرحمن، زاهد، عدنان، حجازي، احمد (1440). الجامعات العالمية الرائدة في مجال الابتكار، مكتبة الملك فهد الوطنية. مركز الابتكار وريادة الأعمال بجامعة الامام محمد بن سعود الإسلامية، (2022). <https://2u.pw/x9jCSt4B>
- معهد الابتكار وريادة الأعمال بجامعة الإمام عبدالرحمن بن فيصل (2023). <https://2u.pw/8696Yghp>
- مركز الموهبة والإبداع وريادة الأعمال بجامعة الملك خالد، (2022). <https://ctc.kku.edu.sa/>
- مركز الابتكار وريادة الأعمال بجامعة حائل، (2022). <https://2u.pw/3WXM47c>
- مركز الابتكار وريادة الأعمال بجامعة المجمعة: موقع الكتروني: <https://2u.pw/KbEhwMGm/>
- مركز الابتكار وريادة الأعمال بجامعة جدة: موقع الكتروني: <https://2u.pw/JX6UT4Xo>
- ويبو، تقرير مؤشر الابتكار العالمي (2024)-<https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/>
- Alkhreasat, H. T. (2021). The impact of the human talent management strategy on promoting a culture of educational innovation in the training department in the Greater Salt Municipality: 5/11.
- Andolfi, Giacomo (2020). DEVELOPMENT AND INNOVATION MANAGEMENT ON HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS, European Journal of Social Sciences Studies, Volume 1 | Issue 1 | 2016, p65:70.
- Alexe, Cătălin-George (2015). The Importance of the Dimensions of the Innovation Management in Evaluating the Innovation Capability of the Firms in the Machine Building Industry in Romania, 9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER- ENG 2015, 8-9 October 2015, Tirgu-Mures, Romania.

- Alzomia, A. A. (2020). Entrepreneurial orientation: an interdisciplinary approach to public entrepreneurship in Saudi Arabia. PhD dissertation, University of North Texas.
- Cato, Adam (2022). Embracing a Culture of Permission less Innovation , November, 2022.
- Hamel, Gary (2016). Innovation Advantages ,WOBI, Inspiring Idea.
- Kafetzopoulos, Dimitrios, Somas, Evangelos (2020). Innovation dimensions and business performance under environmental uncertainty, European, ISSN; 1460- 1060.
- Park Zurich, 2019, Retrieved from: <https://www.switzerland-innovation.com/offer/zurich>
- Reuters, 2018. Top 100: The World's Most Innovative Universities – 2018 Retrieved
- Sándor Danko(2023). Adisu Fanta Bate, Esther Wanjiru Wachira, The determinants of innovation performance: an income-based cross-country comparative analysis using the Global Innovation Index (GII). *Journal of Innovation and Entrepreneurship* 12 (1), 20, 2023.
- Wipo, (2021). <https://www.wipo.int/portal/en/index.html>

دور الذكاء الاصطناعي التوليدي في بناء بيئة جامعية محفزة للابتكار والإبداع الطلابي

انتصار الكيال¹، قاسم باغر²

¹ كلية الحاسبات وتقنية المعلومات، جامعة الملك عبد العزيز، رابغ، المملكة العربية السعودية؛ ealkayyal@kau.edu.sa
² كلية الحاسبات وتقنية المعلومات، جامعة الملك عبد العزيز، رابغ، المملكة العربية السعودية؛ kbagher@kau.edu.sa

المستخلص: تواجه مؤسسات التعليم العالي تحديًا متزايدًا يتمثل في الحاجة إلى تطوير بيئات تعليمية قادرة على تحفيز الإبداع والابتكار لدى الطلبة لمواكبة متطلبات سوق العمل المتسارعة. وفي هذا السياق تتناول هذه الورقة العلمية دور الذكاء الاصطناعي التوليدي في تمكين البيئة الجامعية من التحول إلى بيئة محفزة للابتكار والإبداع الطلابي، حيث تقدم نموذجًا عمليًا لتوظيف هذه التقنيات في دعم الطلاب خلال مختلف مراحل تصميم وتطوير مشاريعهم الريادية. يستعرض هذا البحث تجربة مخيم تطوير الأنظمة المدعوم بالذكاء الاصطناعي، والذي امتد على مدار أسبوعين بواقع جلستين أسبوعيًا (٦ جلسات)، وبعينة تتكون من ٣١ مشارك ومشاركة تم توزيعهم على ٩ فرق. هدف المخيم إلى تدريب الطلاب على توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي في جميع مراحل تطوير الأنظمة بدءًا من توليد الأفكار والتخطيط وحتى البرمجة والتوثيق والعرض النهائي مع توفير الإرشاد الأكاديمي والمهني لتحويل الأفكار إلى حلول قابلة للتنفيذ. تم تقييم أثر المخيم عبر استبيانات أولية وختامية بالإضافة إلى تقييمات المشرفين للمشاريع النهائية. أظهرت القياسات البعدية أن متوسط تقييم الطلاب بلغ 4.87 من 5 (ما يعادل 97%) في محور التنظيم والرضا العام، و4.65 من 5 (93%) في محور تعمق الفهم بآليات تطوير المشاريع، و4.97 من 5 (99%) في الرغبة بالمشاركة في تجارب مماثلة مستقبلاً، مما يعكس مستويات مرتفعة من الرضا والفاعلية التعليمية بين المشاركين. وتشير النتائج إلى أن هذا التوظيف للذكاء الاصطناعي أسهم في رفع مستوى التفكير النقدي والإبداعي لدى الطلبة، وعزز من مهاراتهم في حل المشكلات واتخاذ القرار القائم على البيانات، كما مكّنهم من إنتاج مشاريع ريادية مبتكرة في مجالات متنوعة مثل الصحة والتعليم.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي؛ الابتكار الطلابي؛ التعلم القائم على المشاريع؛ التنمية المستدامة؛ رؤية 2030

المقدمة

يمثل الابتكار وريادة الأعمال عنصرين جوهريين في بناء المجتمعات الحديثة وتعزيز قدرتها التنافسية في ظل اقتصاد المعرفة العالمي. ومع التطور المتسارع لتقنيات الذكاء الاصطناعي، برزت الأدوات التوليدية كوسيلة واعدة لدعم الإبداع وتعزيز التفكير الريادي، خاصة في البيئات التعليمية التي تسعى إلى إعداد جيل قادر على التكيف مع التحولات المستقبلية وصياغة حلول مبتكرة للتحديات الواقعية. وفي هذا الإطار، لم تعد الجامعات مجرد مؤسسات لنقل المعرفة، بل تحولت إلى منصات استراتيجية لبناء القدرات وصناعة الابتكار المجتمعي.

تسعى هذه الورقة إلى استكشاف الإمكانيات التي توفرها أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي في تمكين الطلبة من تصميم وتطوير مشاريع ريادية ذات جودة عالية، من خلال إطار عملي يدمج بين التعلم القائم على المشاريع والتقنيات الذكية الحديثة. مع التوسع الكبير في استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في التعليم والبحث والتطوير، أصبحت الحاجة ملحة إلى برامج تدريبية تدمج الذكاء الاصطناعي عمليًا في بناء المشاريع. يهدف هذا البحث إلى توثيق تجربة المخيم الصيفي الذي نظم لتدريب طلاب كلية الحاسبات وتقنية المعلومات على دمج أدوات الذكاء الاصطناعي في تطوير الأنظمة البرمجية والمشاريع المبتكرة. ركز المخيم على ثلاثة محاور أساسية:

١. تعزيز مهارات الطلاب في توليد الأفكار وتحويلها إلى خطط قابلة للتنفيذ.
٢. تمكين الطلاب من استخدام أدوات AI في البرمجة والتصحيح والتوثيق.

٣. تنمية مهارات العمل الجماعي والتواصل من خلال بيئة محاكاة لممارسات تطوير الأنظمة الواقعية. تقيم الورقة أثر هذه التجربة على تنمية مهارات الطلبة الإبداعية والريادية، وتستعرض التحديات والعوامل التي ساهمت في نجاحها، في محاولة لتقديم نموذج يمكن أن يدعم الجامعات السعودية والعربية في تفعيل الابتكار عبر الذكاء الاصطناعي. يمكن اعتبار تجربة المخيم في ضوء نموذج التعلم التجريبي لـ Kolb، حيث نقل الطلاب من تجربة ملموسة إلى تأمل ومراجعة، ثم إلى بناء مفاهيم جديدة وتطبيقها فعلياً عبر أدوات الذكاء التوليدي. كما عكست التجربة مبادئ نظرية الـ Effectuation، حيث اعتمد الطلبة على ما لديهم من موارد معرفية وأدوات رقمية لإبداع حلول جديدة دون مسار تخطيطي مسبق، وهو ما يتماشى مع الممارسات الريادية الحديثة في بيئات عالية التغير.

الدراسات السابقة

تشير الأدبيات الحديثة إلى أن الذكاء الاصطناعي التوليدي أصبح عاملاً مؤثراً في التعليم الجامعي، ليس فقط من الجانب التقني، بل من حيث إعادة تشكيل بيئة الجامعة لتكون أكثر ابتكاراً وإبداعاً. فقد ركزت بعض الدراسات على أهمية بناء أطر وسياسات واضحة تنظم هذا الاستخدام، إذ أشار كل من Francis (2025) و McDonald وآخرون (2024) إلى أن غياب التنظيم المؤسسي قد يقود إلى إشكاليات مرتبطة بالنزاهة الأكاديمية والعدالة الرقمية، الأمر الذي يستدعي تطوير سياسات ذكية تضمن الاستخدام المسؤول والمتوازن لهذه التقنيات. إلا أن هذه الدراسات بقيت في إطار الطرح النظري ولم تدخل بعمق في كيفية تفعيل هذه المبادئ داخل الممارسات الجامعية.

من جانب آخر، برزت دراسات عملية تركز على دور الذكاء التوليدي في تعزيز الإبداع والدافعية لدى الطلاب. فقد أوضح Lee (2024) أن استخدام GenAI في المقررات الجامعية يثري استراتيجيات التعلم ويزيد من تفاعل الطلبة. كما أظهر Wang و Bai (2025) أن جودة التفاعل مع أدوات مثل ChatGPT ترتبط ارتباطاً وثيقاً بتحفيز الدافعية الذاتية والإبداع في إنتاج المعرفة. في السياق ذاته، قدّم Wei (2025) نموذجاً عملياً من خلال استخدام الطلاب للذكاء التوليدي في تطوير قصص رقمية تعاونية، حيث ساعد ذلك في صقل مهارات حل المشكلات والإبداع الجماعي. من وزاوية أخرى كشفت Hu و Chan (2023) أن الطلاب ينظرون إلى الذكاء التوليدي كوسيلة لتعزيز التعلم الشخصي والإبداع، مع وجود مخاوف متعلقة بالدقة والمصادقية. بينما بينت دراسة Kim (2025) وجود فجوة واضحة بين الطلاب وأعضاء هيئة التدريس؛ فالطلاب أكثر تقبلاً وحامساً، في حين يبدي الأساتذة تحفظاً نتيجة مخاوف تتعلق بالنزاهة الأكاديمية وجودة المخرجات. هذه الفجوة تبرز الحاجة إلى مواءمة وجهات النظر بين مختلف الأطراف داخل الجامعة لضمان نجاح مبادرات الابتكار.

وفيما يتعلق بالعدالة والشمولية، شدد كل من Yusuf (2024) و Bura و Myakala (2024) على أن الذكاء التوليدي يمكن أن يكون أداة تمكين للطلاب من خلفيات متنوعة، إذا ما استُخدم بمسؤولية. إلا أن التحديات المتعلقة بالتحيز الخوارزمي وخصوصية البيانات ما زالت تمثل عائقاً أمام تحقيق بيئة جامعية عادلة ومحفزة على الإبداع.

من خلال تحليل الدراسات السابقة، يمكن ملاحظة عدد من الثغرات البحثية. أولها غياب الدراسات التطبيقية التي تقيس الأثر المستدام للذكاء التوليدي على الإبداع الطلابي. ثانياً محدودية النماذج التطبيقية التي تستعرض كيف يمكن لجامعة بأكملها أن تصمم منظومة ابتكارية مدعومة بالذكاء الاصطناعي التوليدي. إضافة إلى ذلك، يظل السياق العربي بحاجة إلى دراسات محلية تقدم أدلة واقعية تتماشى مع الهوية والقيم الثقافية وتقيس تطور مهارات الإبداع والابتكار باستخدام الذكاء الاصطناعي.

الإطار النظري: الذكاء الاصطناعي التوليدي وريادة الأعمال الجامعية

ريادة الأعمال تعتمد على رؤية ثابتة واستثمار للموارد المتاحة لتوليد أفكار جديدة وبناء حلول مبتكرة وفق نظرية (Sarasvathy, 2001) واستخدام الذكاء التوليدي يومين رواد الأعمال من استكشاف إمكانات جديدة بدلاً من التركيز على الحلول المتوفرة.

المنهجية المتبعة

اعتمد المخيم الصيفي على تصميم تعليمي يقوم على التعلم بالمشاريع (Project-Based Learning)، وهو نهج يركز على جعل الطالب محور العملية التعليمية من خلال تكليفه بمشروع حقيقي يتطلب منه استخدام المعرفة والمهارات لحل مشكلة واقعية. ولتعزيز

هذا النهج، تم دمج أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي في جميع مراحل العمل لتسهيل الإبداع، وتحليل البيانات، وتطوير النماذج الأولية.

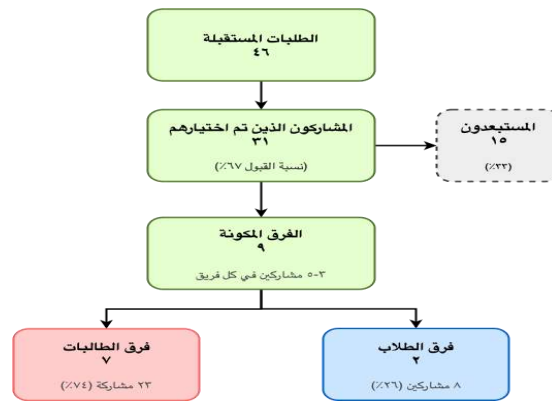
اعتمدت هذه الدراسة على منهجية تطبيقية قائمة على إشراك الطلاب والطالبات في تجربة تعليمية داخل مخيم صيفي مدته أسبوعان بكلية الحاسبات وتقنية المعلومات برابغ بجامعة الملك عبد العزيز. بدأت المنهجية بفتح باب التسجيل الإلكتروني عبر استمارة مخصصة، ثم جرت عملية الاختيار بناءً على معايير شملت الحافز الشخصي، توفر فكرة أولية لمشروع مبتكر، والالتزام بحضور الجلسات والأنشطة. بلغ حجم العينة النهائية واحد وثلاثين طالبًا وطالبة، تم توزيعهم على فرق صغيرة (3-5 مشاركين في كل فريق) لضمان تعزيز التعاون والعمل الجماعي.

تضمن البرنامج ست جلسات وورش عمل تفاعلية، بمعدل ثلاث جلسات أسبوعيًا، شملت أنشطة متنوعة مثل توليد الأفكار باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي، تحليل السوق والمنافسين، تصميم النماذج الأولية، وتجهيز العروض النهائية للمشاريع. اعتمدت منصة Slack كأداة مركزية للتواصل ومتابعة تنفيذ المهام، حيث أنشئت قنوات خاصة لكل فريق أتاحت مشاركة الملفات، تلقي التغذية الراجعة من المشرفين، ومتابعة سير العمل بشكل يومي.

صممت المنهجية بحيث توفر بيانات كمية (مقاييس رقمية من 1-5 لمختلف المحاور) وبيانات نوعية (تعليقات المشاركين والمشرفين) بما يسمح بتحليل متكامل للتجربة، وإعادة تطبيقها أو تطويرها في بيئات جامعية مشابهة. وفر المخيم بيئة متكاملة تجمع بين التعلم النظري والتطبيقي، والعمل التعاوني، والاعتماد على الأدوات الذكية لتعزيز الإنتاجية والإبداع. قَدِّمَت المنهجية إطارًا متكاملًا لقياس الأثر، بدءًا من المعرفة الأولية للطلبة، مرورًا بمراحل التنفيذ، وانتهاءً بتقييم المشاريع وقياس مستوى الرضا والمهارات المكتسبة. وفيما يلي تفاصيل المنهجية حسب المراحل التي تمت بها.

آلية الاختيار والتقسيم والاختبار القبلي

تم فتح باب التسجيل الإلكتروني لجميع طلاب وطالبات كلية الحاسبات وتقنية المعلومات برابغ بجامعة الملك عبد العزيز للمشاركة في المخيم الصيفي. حيث تقدّم للمخيم 46 طالبًا وطالبة، جرى اختيار 31 منهم بنسبة قبول (67%) وفق معايير محددة شملت المعدل التراكمي (أعلى من 4 من 5) وأن يكون الطالب في آخر سنتين دراسيتين. بعد اختيار المشاركين، جرى تطبيق اختبار قبلي (Pre-Survey) يقيس مجموعة من المؤشرات تشمل: المعرفة الأولية بالذكاء الاصطناعي وأدواته، الخبرة السابقة في المشاريع والعمل الجماعي، المهارات الشخصية والقيادية مثل اتخاذ القرار، إدارة الوقت، وحل النزاعات، والتوقعات من المشاركة. كما شمل الاستبيان أسئلة كمية (مقياس ليكرت 1-5) وأخرى نوعية مفتوح. أتاح هذا الاختبار تكوين صورة دقيقة عن خلفيات الطلبة ومستوياتهم، وهو ما ساعد لاحقًا في تشكيل الفرق بشكل عادل ومتوازن.



شكل 1: آلية توزيع الفرق

اعتمدت عملية تكوين الفرق على الجمع بين المؤشرات الأكاديمية والمهارية كما هو موضح في شكل 1 مسار اختيار المشاركين في المخيم بدءًا من 46 طلبًا أوليًا، وصولًا إلى 31 مشاركًا نهائيًا (23 طالبة و8 طلاب) تم توزيعهم على 9 فرق (7 فرق للطالبات و2 للطلاب). حيث استخدم معدل التقدير التراكمي (GPA) كمؤشر موضوعي للأداء الأكاديمي، إلى جانب بناء مقياس مركب سُمي للطلاب).

Know Quality Score يجمع بين الأداء الأكاديمي (بنسبة 70%) وتقييم المهارات والخبرات الذاتية (بنسبة 30%). وبناءً على هذا المؤشر، صُنّف الطلاب إلى ثلاث فئات: متميزون (High performers)، متوسطو الأداء (Mid performers)، ومنخفضو الأداء (Low performers).

بناءً على هذا المؤشر، صُنّف الطلبة إلى ثلاث فئات (متميزون – متوسطو الأداء – منخفضو الأداء). ثم جرى توزيعهم إلى تسعة فرق (7 للطالبات (23 مشاركة)، 2 للطلاب (8 مشاركا)) باستخدام طريقة التوزيع التوازن Snake Draft، التي تضمن تنويع مستويات الأداء والقدرات الأكاديمية والمهارية داخل كل فريق، بحيث يحتوي كل فريق على مزيج من الطلبة المتميزين والمتوسطين والأقل أداءً. كذلك توزعت التخصصات بين علوم الحاسب، وتقنية المعلومات، ونظم المعلومات، مع مراعاة التنوع لضمان تعزيز التعاون بين التخصصات المختلفة. هذه الاستراتيجية منعت تكوين فرق قوية بالكامل أو ضعيفة بالكامل، وحققت عدالة بين جميع المشاركين

هذا التوزيع تميز بوجود توازن عالي الدقة؛ إذ بلغ الانحراف المعياري لمتوسطات الفرق (0.047 للطالبات، 0.039 للطلاب) وهو معدل منخفض جداً يعكس نجاح عملية الموازنة وعدم وجود أي فريق لديه أفضلية واضحة على الآخرين. حيث أسهمت هذه الآلية في توفير بيئة عادلة ومحفزة للتعلم التعاوني، كما أتاح الاختبار القبلي قاعدة بيانات أولية لقياس الأثر اللاحق للمخيم الصيفي عند مقارنة النتائج مع الاستبانات الختامية.

هيكل البرنامج

امتد المخيم لمدة أسبوعين، وتضمن ما بين ست جلسات رئيسية، مرتبة زمنياً على النحو الآتي:

- جلسات تدريبية: تعريفية وعملية حول أدوات الذكاء الاصطناعي التوليدي (مثل أدوات توليد الأفكار، التحليل النصي، والنمذجة الأولية).
- ورش عمل: تفاعلية لتمكين الفرق من استخدام الأدوات في توليد الأفكار، ثم تحليل السوق والمنافسين لتقييم جدوى مشاريعهم.
- جلسات تطوير النماذج الأولية: حيث قام الطلاب بتصميم نماذج أولية لمشاريعهم باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، مع التركيز على الجانب العملي وقابلية التنفيذ.
- لقاءات إرشادية: فردية وجماعية مع مشرفين أكاديميين لتقديم التغذية الراجعة، تصحيح المسار، وتوجيه الفرق نحو تحسين جودة مخرجاتهم.

تفاصيل الجلسات وعدد الأيام والمراحل والأنشطة الرئيسية في كل منها موضحة في جدول 1

جدول 1: البرنامج التدريبي للمخيم			
الأسبوع	اليوم	المرحلة	الأنشطة الرئيسية
الأسبوع 1	الأحد (اليوم 0)	الإعداد والتعريف	- التعريف بالمخيم وأهدافه- شرح الأدوات (Slack, Trello, GitHub, ChatGPT/Gemini, Copilot, Canva/Figma)- توضيح فرق العمل وآلية التواصل
	الاثنين (اليوم 1)	توليد الأفكار (Ideation)	- تدريب على الـ Prompting لتوليد الأفكار- تقييم واختيار الفكرة المناسبة- ضبط نطاق المشروع بما يتوافق مع قدرات الفريق
الأسبوع 2	الأربعاء (اليوم 2)	التخطيط والعمارة (Planning & Architecture)	- كتابة المتطلبات بمساعدة AI- تحديد المكونات الأساسية وتدفق المستخدم- اختيار التقنيات (Frontend, Backend, DB)- إعداد وثيقة متطلبات + تقسيم المهام في Trello
	الأحد (اليوم 3)	البرمجة والتصميم (Coding & UI/UX)	- كتابة الأكواد باستخدام ChatGPT + GitHub Copilot- تنظيم المجلدات والمستودعات (GitHub)- Repos

Workflow للتعاون- تصميم واجهات أولية (UI/UX)			
باستخدام Canva/Figma			
- إنشاء حالات اختبار بمساعدة AI- تصحيح الأخطاء باستخدام User Guides + prompts منظمة- توثيق النظام (+ Technical Notes) AI (Slides, Speaker Notes) - عرض الفرق لمشاريعها (Demo + وثيقة + عرض تقديمي)- مناقشة التحديات والدروس المستفادة- تقييم الفرق من حيث الابتكار والتعاون	الاختبار والتوثيق (Testing & Documentation)	الثلاثاء (اليوم 4)	الأسبوع 3
	العرض والتقييم (Final Presentation)	الاثنين (اليوم 5)	

التواصل والمتابعة

- اعتمدت إدارة العمل على منصة Slack كأداة محورية للتواصل وتنظيم المهام.
- تم إنشاء قنوات مخصصة لكل فريق للتعاون الداخلي.
- خصصت قنوات عامة لمشاركة الإعلانات والتوجيهات من المشرفين.
- أتاحت المنصة متابعة فورية للمهام، تبادل الملفات والمستندات، وإجراء نقاشات حول التحديات والإنجازات.
- تم توثيق سير العمل والتقدم بشكل دوري عبر Slack، مما وفر بيانات كمية ونوعية حول التفاعل داخل الفرق.

النتائج

- اعتمدت الدراسة على منهجية تقييم متعددة المراحل تهدف إلى قياس الأثر التعليمي والتنموي للمخيم الصيفي على الطلبة، وذلك من خلال الجمع بين أدوات كمية ونوعية تغطي مراحل ما قبل وأثناء وبعد المخيم.
- (١) الاختبار القبلي (Pre-Survey): تم تطبيق استبيان قبلي على جميع المشاركين قبل بدء المخيم لقياس المستوى الأولي من المعرفة والمهارات وتمثل المعارف المسبقة بالذكاء الاصطناعي والخبرة السابقة في تطوير المشاريع، والمهارات القيادية، والشخصية، والإدارية. التوقعات والأهداف المرجوة من المشاركة في المخيم. هدف هذا الاستبيان إلى تكوين خط أساس واضح يمكن من خلاله قياس التطور اللاحق للمشاركين، كما ساعد في إثراء عملية تقسيم الفرق وضبط أنشطة التدريب.
- (٢) التقييم أثناء المخيم: تم اعتماد آليتين رئيسيتين لمتابعة الأداء أثناء المخيم: تقييم المشرفين: استُخدمت استمارات معيارية تضمنت معايير دقيقة لقياس أداء الفرق مثل: المشاركة والعمل الجماعي، دمج أدوات الذكاء الاصطناعي في الحلول المقترحة، أصالة الفكرة، جدوى الحل من الناحية العملية، جودة النماذج الأولية، إضافة إلى مهارات العرض والتوثيق. والآلية الثانية هي متابعة التقدم عبر منصة Slack: جرى توثيق التفاعل اليومي عبر قنوات الفرق، حيث تمت مراجعة المهام المنجزة، النقاشات الداخلية، ومستوى التفاعل مع التغذية الراجعة المقدمة من المشرفين. ساهمت هذه البيانات في تكوين سجل واضح لأداء الفرق وسرعة تقدمها.
- (٣) التقييم النهائي للبرنامج بعد نهايته: تم دراسة وتحليل عدد من الأدوات مثل استبانة ما بعد البرنامج لقياس رضا المشاركين عن التنظيم، ومدى استفادتهم من أدوات الذكاء الاصطناعي، والتحديات التي واجهوها، والمهارات المكتسبة.

التقييم النهائي للمشاريع: جُمعت البيانات النهائية عبر مزيج من التقييم الذاتي للطلبة (Self-Assessment) وتقييم المشرفين (Mentor Evaluation) باستخدام استمارات موحدة. تضمنت هذه الاستمارات تقييمات كمية عبر مقاييس رقمية (من 1-5) في عدة محاور أساسية، بالإضافة إلى تعليقات نوعية مفصلة تسلط الضوء على نقاط القوة ومجالات التحسين. سمح هذا الدمج بتكوين صورة شاملة وموضوعية عن جودة المشاريع النهائية وأثر التجربة التعليمية على الطلبة.

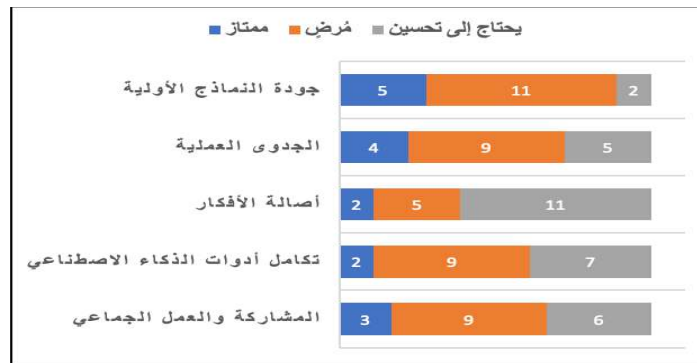
المناقشة

أظهرت نتائج الاستبيان القبلي أن غالبية الطلاب يمتلكون معرفة عامة بالذكاء الاصطناعي، وبعضهم سبق له استخدام أدوات ذكية في الدراسة أو المشاريع، إلا أن الخبرة كانت محدودة في الجوانب التطبيقية والبرمجة الفعلية. كما عكست التوقعات المبدئية رغبة واضحة في تعلم كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي في بناء أنظمة عملية، وتطوير مهارات التفكير الإبداعي والعمل الجماعي.

من حيث التجربة الميدانية، أبدى الطلاب إعجابًا خاصًا بالجانب التطبيقي للمخيم، واعتبروه من أبرز نقاط القوة، حيث أتاح لهم التعلم بالممارسة بدلًا من الاكتفاء بالجانب النظري. كما أبرزوا قيمة العمل الجماعي في تطوير مهارات التواصل والتعاون. ومع ذلك، ظهرت بعض التحديات، أبرزها ضيق الوقت اللازم للتعلم في الأدوات المختلفة، وصعوبات تقنية مثل ربط الواجهة الأمامية بالخلفية في بعض المشاريع.

أظهرت تقييمات المشرفين لمشاريع الفرق تفاوتًا ملحوظًا بين المحاور. ففي جانب المشاركة والعمل الجماعي، حصلت معظم الفرق على تقييم "مُرَضٍ" (9 حالات)، بينما حصلت ثلاث فرق على تقييم "ممتاز" مقابل ستة فرق صُنفت "يحتاج إلى تحسين"، وهو ما يعكس تفاوتًا في مستوى التفاعل والتنظيم الداخلي بين الفرق. أما في محور تكامل أدوات الذكاء الاصطناعي، فقد حصلت تسع فرق على تقييم "مُرَضٍ"، وسبعة فرق على "يحتاج إلى تحسين"، فيما نالت حالتان فقط تقييم "ممتاز"، وهو مؤشر على أن بعض الفرق واجهت تحديات في توظيف أدوات الذكاء الاصطناعي بشكل متكامل وفَعَال داخل مشاريعها.

بالنسبة لـ أصالة الأفكار، فقد كان هذا المحور الأضعف بوضوح؛ إذ حصلت غالبية المشاريع (11 حالة) على تقييم "يحتاج إلى تحسين"، مقابل خمسة "مُرَضٍ" وحالتين فقط "ممتاز"، مما يعكس حاجة ملحة لدعم الطلبة في تنمية الإبداع وصياغة أفكار أكثر ابتكارًا. لذلك توصي الدراسة بدمج جلسات مخصصة للتفكير التصميمي في الدورات المستقبلية وهو ما تدعمه دراسة Baltador & Beju (2024) التي وجدت أن إدخال التفكير التصميمي في البرنامج الريادي يعزز الكفاءات الريادية لطلاب الجامعة. وعلى صعيد الجدوى العملية للمشاريع، فقد أظهرت التقييمات نتائج أفضل، حيث نالت أربعة مشاريع تقييم "ممتاز" وتسعة "مُرَضٍ"، مما يشير إلى أن بعض المشاريع كانت قابلة للتطبيق بشكل فعلي. أما جودة النماذج الأولية فكانت من أبرز جوانب القوة، إذ حصلت خمسة مشاريع على "ممتاز" و11 على "مُرَضٍ"، مقابل مشروعين فقط "يحتاج إلى تحسين"، ما يؤكد أن معظم الفرق نجحت في إنتاج مخرجات تقنية مقبولة. وفيما يتعلق بـ العرض والتقديم، فقد حققت النتائج مستوى جيد، حيث سجلت ستة فرق "ممتاز" وعشرة "مُرَضٍ"، مما يعكس تحسنًا ملحوظًا في مهارات التواصل والقدرة على تقديم المشاريع.

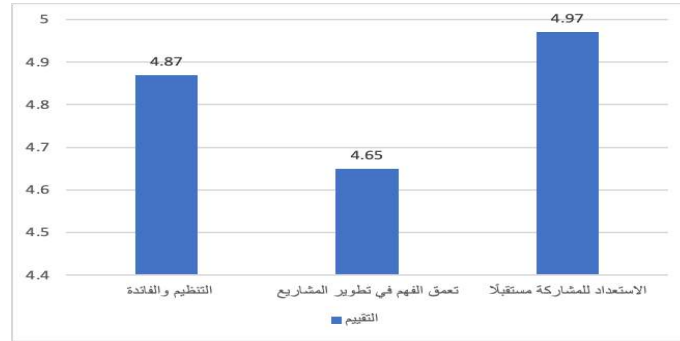


شكل 2: نسبة رضا المشاركين عن المخيم

نتائج الاستبيان البعدي كما في الشكل 2 فقد أظهرت مستوى رضا مرتفع جدًا من قبل الطلاب. فقد بلغ متوسط التقييم العام للتنظيم والفائدة 4.87 من 5، وهو ما يعكس رضا شبه كامل عن التجربة، بينما حصل محور "تعمق الفهم في تطوير المشاريع" على متوسط 4.64، ما يشير إلى مساهمة المخيم بوضوح في تعزيز فهم الطلبة لآلية تطوير المشاريع. كما أظهر المشاركون استعدادًا كبيرًا لخوض تجارب مماثلة مستقبلاً، حيث حصل محور "الاستعداد للمشاركة مستقبلاً" على أعلى متوسط بلغ 4.97 من 5، وهو مؤشر على دافعية قوية ورغبة عالية في الاستمرار بمثل هذه البرامج.

من خلال المقارنة بين نتائج الاستبيانات القبلي والبعدي، برزت مؤشرات على تحسن في عدة جوانب. فعلى صعيد المعرفة الأولية مقابل المكتسبة، أظهر الطلاب قبلًا معرفة محدودة بأدوات الذكاء الاصطناعي، بينما أظهروا بعديًا إدراكًا أعمق لدورها في توليد الأفكار وتحليل الجدوى. وفي محور المهارات القيادية والعمل الجماعي، عثر عدد من الطلاب قبلًا عن ضعف خبرتهم في إدارة المشاريع، في حين اكتسبوا بعديًا مهارات تنظيمية وتعاونية عززت ثقتهم في قيادة أجزاء من العمل. كما ارتفعت خبرتهم في تطوير المشاريع، حيث انتقلوا من معرفة نظرية محدودة إلى خبرة عملية متكاملة تغطي جميع مراحل التطوير. وأخيرًا، عكست القياسات

البَعدية مستويات مرتفعة من الرضا والدافعية، مقارنة بانطباعات الطلاب الأكثر تحفظاً قبلياً، إذ أظهر الطلاب رضا مرتفعاً جداً عن التنظيم والفائدة، إلى جانب رغبة قوية في المشاركة مستقبلاً، مقارنة بتوقعاتهم الأكثر تحفظاً قبل بدء البرنامج كما في شكل 3. ومع ذلك، ينبغي النظر إلى هذه النتائج في ضوء قيود واضحة، منها صِغر العينة (31 مشاركاً)، وقصر مدة البرنامج (أسبوعين)، واعتماد القياس على استبيانات ذاتية وتقييمات مشرفين قد تتأثر بالتحيز.



شكل 3: نتائج الاستبيان البعدي فيما يتعلق بالتجربة

الخلاصة والتوصيات النهائية

أظهرت نتائج المخيم أن الدمج المتكامل بين أدوات الذكاء الاصطناعي والتعلم بالمشاريع يعزز من القدرة على توليد أفكار ريادية، وإن كان ما زال يتطلب دعماً أكبر لتعزيز الأصالة والإبداع. كما تسهم النتائج في توسيع فهم دور الذكاء التوليدي ليس فقط كأداة تعليمية، بل كمحفز للإبتكار وريادة الأعمال في البيئات الجامعية.

بالإضافة إلى ذلك فإن نتائج الاستبيان البعدي، مقارنة بالانطباعات الأولية، إلى أن المخيم الصيفي أسهم في رفع مستوى وعي الطلبة بأدوات الذكاء الاصطناعي وكيفية توظيفها في مختلف مراحل تطوير المشاريع في تجربة الطلبة التعليمية والتدريبية، حيث أظهر المشاركون بعد انتهاء البرنامج مستوى أعلى من الوعي والمعرفة بأدوات الذكاء الاصطناعي وكيفية توظيفها في مختلف مراحل تطوير المشاريع، بدءاً من توليد الأفكار وحتى بناء النماذج الأولية. كما انعكس المخيم بشكل إيجابي على المهارات القيادية والتعاونية للطلبة، إذ عزز قدرتهم على العمل الجماعي وإدارة الأدوار بفاعلية أكبر مقارنة بما كان عليه الحال قبل بدء التجربة. وإلى جانب ذلك، مكّن البرنامج المشاركين من خوض تجربة عملية متكاملة في تطوير المشاريع، وهو ما أتاح لهم الانتقال من الجانب النظري إلى التطبيق العملي ضمن بيئة محفزة وداعمة. إضافة إلى ذلك، أظهرت نتائج الاستبيان البعدي ارتفاعاً ملحوظاً في مستويات الرضا والدافعية، حيث عبر الطلبة عن تقديرهم لجودة التنظيم ورغبتهم القوية في تكرار مثل هذه التجارب مستقبلاً، مما يعكس أثر إيجابي ملموس الذي أحدثه المخيم في بناء الثقة وصل المهارات وتعزيز التوجه نحو الابتكار. ومع ذلك، ينبغي تفسير هذه النتائج في ضوء قيود الدراسة، بما في ذلك صغر حجم العينة، وقصر مدة البرنامج (أسبوعين)، واعتماد أدوات قياس ذاتية وتقييمات مشرفين قد تتأثر بالتحيز.

١. تعزيز جانب الإبداع والابتكار: إدماج وحدات تدريبية إضافية في التفكير التصميمي وتقنيات توليد الأفكار.
٢. تطوير التدريب على الأدوات الذكية: توفير جلسات متقدمة حول كيفية توظيف الذكاء الاصطناعي التوليدي بشكل عملي في جميع مراحل المشروع، خاصة بعد ملاحظة التحديات في محور التكامل.
٣. تحسين آليات العمل الجماعي: تقديم أنشطة لتعزيز التعاون وحل النزاعات داخل الفرق، خاصة في المراحل المبكرة من المشروع، استناداً إلى التفاوت الملحوظ في محور المشاركة.
٤. توسيع نطاق التجربة: تكرار المخيم على مستوى أقسام وكليات أخرى، وربطه بحاضنات الأعمال الجامعية لدعم استدامة المشاريع المبتكرة.
٥. التقييم المستمر: إنشاء لوحة متابعة (Dashboard) تفاعلية تجمع بين بيانات الأداء الأكاديمي والتقييمات المرحلية، لتقليل الاعتماد على الاستبيانات الذاتية فقط ولدعم اتخاذ القرار وتحسين تصميم البرامج المستقبلية.

مساهمات المؤلف: كان العمل مشتركاً بين المؤلفين في الفكرة والتطبيق والتنفيذ والتقييم التمويل: "لم يتلق هذا البحث أي تمويل خارجي"

بيان الموافقة المستنيرة: تم الحصول على موافقة مستنيرة من جميع الأشخاص المشاركين في الدراسة بيان توافر البيانات: تم رفع البيانات على جوجل درايف وهذا الرابط :

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZLcJn0SzXev3xCwaCNoyeyVJu_NSpeAQ/edit?usp=sharing&ouid=113963461695567015989&rtfpof=true&sd=true

المراجع

1. Bai, Y., & Wang, S. (2025). Impact of generative AI interaction and output quality on university students' learning outcomes. *Scientific Reports*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08697-6>
2. Bura, C., & Myakala, P. K. (2024). Advancing transformative education: Generative AI as a catalyst for equity and innovation. *arXiv preprint arXiv:2411.15971*. <https://arxiv.org/abs/2411.15971>
3. Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' voices on generative AI: Perceptions, benefits, and challenges in higher education. *arXiv preprint arXiv:2305.00290*. <https://arxiv.org/abs/2305.00290>
4. Francis, N. J. (2025). Generative AI in higher education: Balancing innovation and academic integrity. *British Journal of Biomedical Science*, 82(2), 120–129. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2024.14048>
5. Kim, J. (2025). Examining faculty and student perceptions of generative AI in higher education. *Innovative Higher Education*, 50(2), 233–247. <https://doi.org/10.1007/s10755-024-09774-w>
6. Lee, D. (2024). The impact of generative AI on higher education learning: Insights from Australian faculty experiences. *International Journal of Educational Research Open*, 7, 100234. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2024.100234>
7. McDonald, N., Brown, M., & Carter, A. (2024). Generative artificial intelligence in higher education: Evidence from an analysis of institutional policies and guidelines. *arXiv preprint arXiv:2402.01659*. <https://arxiv.org/abs/2402.01659>
8. Wei, X. (2025). The effects of generative AI on collaborative problem-solving and digital storytelling in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22(15), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00526-0>
9. Yusuf, A. (2024). Generative AI and the future of higher education: A threat to or opportunity for academic integrity and cultural diversity? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(8), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00453-6>
10. Sarasvathy, S. D. (2001). Causation and effectuation: Toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *Academy of Management Review*, 26(2), 243–263.
11. Baltador, L. A., Beju, A. M. (2024). *Design Thinking in Education: Evaluating the Impact on Entrepreneurial Competencies*, **Education Sciences**.

السياسات العامة في تعزيز وتمويل الابتكار في المملكة العربية السعودية

عمشاء سعد الشلوي¹، لمى طارق الشيوخ²

¹قسم العلوم السياسية، كلية الإدارة والاقتصاد، السعودية جامعة الملك عبدالعزيز؛ amshasaad.sa@gmail.com

²قسم العلوم السياسية، كلية الإدارة والاقتصاد، السعودية جامعة الملك عبدالعزيز؛ lamashkau1@gmail.com

المستخلص: السياسات العامة في المملكة العربية السعودية لعبت دوراً محورياً في تعزيز منظومة الابتكار من خلال إطلاق استراتيجيات وطنية مثل "رؤية 2030" التي أولت اهتماماً خاصاً بالاقتصاد المعرفي، وتبنت آليات تمويل متنوعة لدعم البحث والتطوير. وقد انعكس ذلك في إنشاء صناديق استثمارية وبرامج حكومية محفزة، هدفت إلى تحويل الابتكار إلى محرك رئيسي للتنمية المستدامة. يهدف هذا البحث إلى دراسة السياسات العامة ودورها في تعزيز وتمويل الابتكار في المملكة العربية السعودية، وذلك في ضوء التحولات الاقتصادية التي تشهدها البلاد ضمن رؤية السعودية 2030. وتتبع مشكلة الدراسة من الحاجة إلى تقييم فاعلية السياسات التمويلية ودورها في بناء الاقتصاد المعرفي، مع التركيز على دعم المشاريع الابتكارية وريادة الأعمال. اعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي لتحليل السياسات العامة السعودية، من خلال مراجعة الأدبيات والتقارير الرسمية والمبادرات الحكومية ذات الصلة. توصلت الدراسة إلى أن السياسات العامة تساهم بفعالية في دعم تمويل الابتكار، خاصة عبر تمويل المشاريع الصغيرة والمتوسطة، غير أن التحديات التنظيمية والإجرائية تمثل عائقاً أمام الاستفادة المثلى من تلك السياسات. كما أظهرت النتائج أهمية التمويل الحكومي في تحفيز الاقتصاد المعرفي، إلا أن ضعف التوعية وصعوبة الوصول للمعلومات يحدان من تأثير هذه السياسات. وأوصت الدراسة بضرورة تبسيط الإجراءات، وتعزيز التوعية، وتنويع أدوات التمويل، وإنشاء جهة وطنية موحدة لتمويل الابتكار، مع تحفيز القطاع الخاص ودعم البحث العلمي، بما يساهم في تعزيز بيئة الابتكار وتحقيق التنمية المستدامة في المملكة.

الكلمات المفتاحية: السياسات العامة، تمويل الابتكار، الاقتصاد المعرفي، ريادة الأعمال، رؤية السعودية 2030

المقدمة

يُعدّ الابتكار أحد الركائز الجوهرية لتحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة، كما يمثل محركاً رئيسياً لتعزيز القدرة التنافسية في ظل التحولات التقنية المتسارعة. وقد أدركت الدول الحديثة أن بناء اقتصاد المعرفة يتطلب بيئة تشريعية وتمويلية قادرة على دعم الابتكار وضمان استمراريته. وفي هذا الإطار، برزت السياسات العامة بوصفها الأداة التنظيمية التي تحدد توجهات الحكومات في تمويل الابتكار ومساندة المشاريع الريادية عبر مختلف مراحل نموها.

وقد أولت المملكة العربية السعودية الابتكار مكانة محورية في رؤيتها الوطنية "رؤية 2030"، باعتباره وسيلة أساسية لتنويع الاقتصاد وتقليل الاعتماد على النفط، فأطلقت مبادرات استراتيجية لتأسيس مؤسسات داعمة للبحث والتطوير، وتوفير مصادر تمويل متنوعة للمبتكرين ورواد الأعمال. ومع ذلك، ورغم وضوح التوجهات وتعدد البرامج، تبرز فجوة مهمة تتعلق بمدى قدرة السياسات التمويلية القائمة على مواكبة متطلبات دورة حياة الابتكار، لا سيما في المراحل الأكثر حساسية مثل الانتقال من النمذجة إلى التسويق والتوسع التجاري. وتزداد أهمية هذه الفجوة حين ندرك أن طبيعة الابتكار تستلزم أدوات تمويل مرنة تتقبل مستويات عالية من المخاطرة، وهو ما يثير تساؤلات حول كفاية وتكامل الآليات التمويلية الحالية.

يُعتبر الابتكار أمراً هاماً في جميع الدول كالسعودية والتي تهدف إلى تمكين الأفراد والجماعات والمجتمعات من تحسين أوضاعهم المعيشية والاجتماعية عبر التدخلات المهنية المبنية على فهم عميق لاحتياجاتهم وظروفهم. ويُعرف الابتكار الاجتماعي بأنه عملية

تطوير حلول جديدة أو إعادة تصميم حلول قائمة لمعالجة مشكلات اجتماعية محددة، بحيث تكون هذه الحلول أكثر فاعلية واستدامة مقارنة بالأساليب التقليدية، مع قدرتها على تحقيق أثر واسع النطاق في المجتمع السعودي. (برجس ، 2025)

كما يسهم الابتكار في تحسين العمليات الرياضية والمهنية، إذ يمثل تقنية تحويل الأفكار الجديدة إلى واقع ملموس من خلال تطبيقها العملي والفريقي، ما يعود بالفوائد الاقتصادية والاجتماعية على المجتمع.

كما يسهل الابتكار تطوير المنتجات والخدمات المتخصصة، ما يعزز مكانة الشركات في السوق ويزيد من قدرتها التنافسية، مؤكداً أن المبدع يشكل ركيزة أساسية للتطور المجتمعي، لا سيما في ظل التعاون المنظم والمتقن بين الفرق المختلفة.

ويأتي دور الشباب في هذا السياق حيويًا، إذ يمثلون حوالي 60% من إجمالي السكان في المملكة العربية السعودية، ويشكلون القوة العاملة الأساسية لتحقيق أهداف رؤية المملكة 2030، حيث يسهمون بفاعلية في التنمية الاقتصادية والاجتماعية. (التميمي، 2025)

وعليه، يسعى هذا البحث إلى تحليل السياسات العامة في المملكة العربية السعودية المتعلقة بتمويل الابتكار، من خلال تقييم الأدوات والآليات المعتمدة، وقياس مدى مواءمتها لمراحل تطور المشاريع الابتكارية، مع تحديد أبرز التحديات التي تحول دون تحقيق تمويل فعال ومستدام.

المواد والأساليب

اعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي، الذي يعد الأنسب لدراسة السياسات العامة وتمويل الابتكار، إذ يتيح وصف الظواهر وتحليلها بشكل دقيق للوصول إلى استنتاجات علمية موثوقة. وقد استندت الدراسة إلى مراجعة الأدبيات المتاحة، واستعراض التقارير الحكومية والبرامج الوطنية، مثل رؤية المملكة 2030، مع تحليل الأدوات والآليات الحكومية لدعم الابتكار وتعزيز بيئته.

تكوّن مجتمع الدراسة من الهيئات الحكومية ذات العلاقة بالابتكار، مثل الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي وصندوق واعد، إضافة إلى المبتكرين ورواد الأعمال والشركات الناشئة المستفيدة من التمويل الحكومي. ولجمع البيانات الأولية، تم استخدام عينة عشوائية طبقية تضم طلاب الجامعات وطلبة الدراسات العليا، إلى جانب الموظفين في القطاعين العام والخاص وأصحاب المشاريع الصغيرة والمتوسطة. تم توزيع 120 استبانة، واستُعيدت 100 استبانة صالحة للتحليل الإحصائي، ما يشكل نسبة استجابة عالية تسمح بتحليل موثوق للبيانات.

اعتمد البحث على الاستبانة كأداة رئيسية لجمع البيانات، حيث صممت بما يتوافق مع أهداف الدراسة، وخضعت للتحكيم من قبل خبراء في السياسات العامة وتمويل الابتكار لضمان صدقها الظاهري والمحتوى. وتم التحقق من ثبات الاستبانة باستخدام معامل ألفا كرونباخ لضمان اتساق البنود وموثوقية النتائج.

شملت معالجة البيانات استخدام الإحصاءات الوصفية مثل التكرارات والنسب المئوية والمتوسطات الحسابية والانحراف المعياري، إلى جانب اختبارات الفروق مثل T-test وتحليل التباين، فضلاً عن معاملات الارتباط والانحدار لاختبار العلاقات بين المتغيرات.

وقد مكنت هذه الأساليب من اختبار مجموعة من الفرضيات، أبرزها:

- أن السياسات العامة في المملكة تسهم بشكل فعال في تعزيز تمويل الابتكار وبناء الاقتصاد المعرفي.
- أن المعوقات التنظيمية تشكل عائقاً رئيسياً أمام فعالية هذه السياسات.
- أن التمويل الحكومي يمثل عاملاً أساسياً في دعم نجاح المشاريع الابتكارية الصغيرة والمتوسطة وتعزيز دورها في الاقتصاد الوطني.

تحدد البحث من حيث الزمان والمكان؛ فالجانب الزمني يشمل دراسة السياسات منذ انطلاق رؤية المملكة 2030 عام 2016 حتى 2025، بينما الجانب المكاني يقتصر على المملكة العربية السعودية مع التركيز على السياسات الوطنية الداعمة للابتكار.

النتائج

يمكن تقسيم هذا القسم حسب العناوين الفرعية. يجب أن يقدم وصفا موجزا ودقيقا للنتائج التجريبية وتفسيرها وكذلك الاستنتاجات التجريبية التي يمكن استخلاصها. تم قياس المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية لاستجابة افراد عينة الدراسة كما هو موضح في الجداول التالية:

جدول (1)	م	العبارة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	درجة الموافقة
1		لدى الحكومة السعودية سياسات واضحة لدعم الابتكار.	4.11	0.759	كبيرة
2		السياسات العامة الحالية تراعي احتياجات المبتكرين ورواد الأعمال.	4.09	0.674	كبيرة
3		التمويل الحكومي يغطي المراحل المختلفة للمشروع الابتكاري.	3.95	0.729	كبيرة
4		الإجراءات الحكومية للحصول على التمويل الابتكاري سهلة ومرنة.	3.87	0.711	كبيرة
5		هناك تنوع كافٍ في أدوات التمويل المتاحة للمبتكرين.	3.83	0.671	كبيرة
6		يوجد تنسيق فعال بين الهيئات الحكومية الداعمة للابتكار.	3.96	0.888	كبيرة
7		البيئة التنظيمية في المملكة مشجعة للابتكار.	3.99	0.764	كبيرة
8		التمويل الحكومي يعزز قدرة المشاريع الصغيرة والمتوسطة على النمو.	4.30	0.718	كبيرة
9		التحديات البيروقراطية تعيق الاستفادة من التمويل الحكومي.	4.23	0.709	كبيرة
10		برامج رؤية 2030 ساهمت في تحفيز الابتكار في المملكة.	4.44	0.698	كبيرة

المتوسط الحسابي والانحراف المعياري

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج SPSS الإصدار رقم 24/

تشير نتائج الجدول رقم (1) إلى وجود اتفاق قوي بين أفراد عينة الدراسة على فاعلية السياسات العامة في المملكة العربية السعودية في دعم وتمويل الابتكار، وقد دلّ ارتفاع المتوسطات الحسابية لجميع العبارات - والتي تراوحت ما بين (3.83) و (4.44) - على أن استجابات المشاركين جاءت ضمن مستوى "درجة الموافقة الكبيرة"، وهو ما يعكس إدراكًا عامًا إيجابيًا تجاه البيئة المؤسسية والتنظيمية الداعمة للابتكار في المملكة.

جاءت أعلى القيم في المتوسط الحسابي للعبارة العاشرة التي تناولت أثر برامج رؤية المملكة 2030 في تحفيز الابتكار، حيث بلغ متوسطها (4.44) بانحراف معياري قدره (0.698)، مما يعكس ثقة المشاركين بالدور الحيوي الذي تلعبه الرؤية الوطنية في تحفيز التحول نحو اقتصاد قائم على الابتكار والمعرفة. كما أظهرت العبارة المتعلقة بدور التمويل الحكومي في تعزيز نمو المشاريع الصغيرة والمتوسطة (العبارة 8) متوسطًا عاليًا بلغ (4.30)، في تأكيد إضافي على أن السياسات التمويلية الحكومية تدعم القطاعات الريادية وتعمل على تمكينها ضمن منظومة الابتكار.

وفي المقابل، برزت بعض التحديات التنظيمية والإجرائية، حيث سجلت العبارات المتعلقة بسهولة الإجراءات الحكومية للحصول على التمويل (العبارة 4) وتنوع أدوات التمويل المتاحة للمبتكرين (العبارة 5) متوسطات أقل نسبيًا (3.87 و 3.83 على التوالي)، وهو ما يعكس وجود فجوات إجرائية وإدارية قد تعيق الوصول السلس إلى التمويل. وقد تعزز هذا التوجه من خلال العبارة (9) التي أكدت أن التحديات البيروقراطية تمثل عائقًا أمام الاستفادة من التمويل، بمتوسط مرتفع (4.23) مما يشير إلى أن البيروقراطية ما تزال من أبرز المعوقات التي تواجه المبتكرين، رغم وفرة البرامج والدعم المعلن.

من حيث الانحراف المعياري، جاءت القيم جميعها دون مستوى (1.00)، وهو ما يدل على درجة عالية من التجانس والاتساق في استجابات المشاركين، ويعزز موثوقية البيانات وتحليلها.

بصورة عامة، تعكس النتائج مدى التقدم الذي أحرزته المملكة العربية السعودية في صياغة سياسات داعمة للابتكار، خاصة من خلال برامج رؤية 2030، لكنها في الوقت نفسه تُبرز أهمية معالجة الجوانب التنظيمية والإجرائية، وتوسيع نطاق أدوات التمويل لتشمل احتياجات فئات مختلفة من المبتكرين ورواد الأعمال، بما يعزز كفاءة النظام الابتكاري ويحقق أهداف التنمية المستدامة.

فيما يتعلق بالأسئلة المفتوحة:

السؤال الأول: ما أبرز التحديات التي واجهتها أو تتصورها عند محاولة الحصول على تمويل ابتكاري؟

كشفت إجابات المشاركين عن مجموعة من التحديات الجوهرية التي يمكن تصنيفها إلى خمسة محاور رئيسية:

١. ضعف الوعي والإرشاد
كثير من المشاركين أشاروا إلى عدم معرفتهم بالجهات المسؤولة أو بالإجراءات اللازمة للحصول على التمويل، مما يدل على فجوة واضحة في التوعية ونقص المعلومات المتاحة للمبتكرين.
 ٢. ضعف نضج الفكرة أو جاهزية المشروع
تكررت الإشارات إلى غياب خطة العمل، ونموذج العمل الواضح، وضعف الإثباتات، مما يعكس الحاجة إلى برامج احتضان وتدريب تساعد المبتكرين على تأهيل أفكارهم قبل التقديم للتمويل.
 ٣. تعقيد الإجراءات وطولها
أشار عدد كبير من المشاركين إلى أن الإجراءات البيروقراطية المعقدة والطلبات الصعبة تمثل عائقاً حقيقياً أمام الوصول إلى التمويل، مما يستدعي تبسيط المسارات الإدارية ورفع كفاءة المنظومة التنظيمية.
 ٤. الشروط والمتطلبات الصعبة
اشتكى بعض المشاركين من صعوبة توفير الضمانات أو الكفيل، واشتراط صكوك ملكية، مما قد لا يتوافر لدى أصحاب المشاريع الناشئة، وهو ما يتطلب مرونة أكبر في شروط التأهيل.
 ٥. ضعف تنوع أدوات التمويل أو عدم كفايتها
لوحظ أن بعض المشاركين يرون أن التمويل متاح لا يغطي جميع القطاعات، خصوصاً في المجالات التقنية أو في المناطق الطرفية، إضافة إلى أن المبالغ المتاحة غير كافية.
- السؤال الثاني: ما المقترحات التي تراها مناسبة لتطوير السياسات العامة لتمويل الابتكار في المملكة؟
- من خلال تحليل مضمون إجابات المشاركين، يمكن تصنيف المقترحات إلى ستة محاور رئيسية تعكس رؤيتهم العملية لتطوير السياسات العامة في مجال تمويل الابتكار:
- تبسيط الإجراءات وتقليل البيروقراطية: شكلت هذه الفئة أبرز المحاور تكراراً، حيث أشار العديد من المشاركين إلى أهمية:
- تسريع الإجراءات.
 - تسهيل المتطلبات.
 - تقليل التعقيدات الإدارية.
- جعل شروط التمويل مرنة ومناسبة لطبيعة المشاريع الابتكارية.
- يعكس ذلك إدراكاً عاماً بأن الإجراءات الحالية لا تزال تعوق سهولة الوصول إلى الدعم، مما يتطلب مراجعة تنظيمية شاملة لتحسين الكفاءة التشغيلية للجهات الداعمة.
- تنويع قنوات وأدوات التمويل: اقترح المشاركون:
- توسيع صناديق التمويل المتخصصة.
 - توفير تمويل مبكر من خلال الحاضنات.
 - دعم الابتكارات التقنية والعالية المخاطر.
 - تقديم قروض تمويلية منخفضة الفوائد.
- يعكس هذا وعياً متزايداً بضرورة تنويع مصادر التمويل وتخصيصها حسب مراحل الابتكار المختلفة، خاصة التمويل التأسيسي ورأس المال الجريء.
- التوعية والشفافية: حيث أكد العديد على أهمية:
- رفع مستوى التنقيف العام حول الابتكار.
 - إطلاق حملات إعلامية تعريفية.
 - توضيح الجهات الممولة وآليات التقديم.

توفير منصات رقمية موحدة وشاملة. يشير ذلك إلى فجوة معلوماتية ومعرفية تستوجب تدخلاً حكومياً في مجال التوعية الاستراتيجية، من خلال إنشاء بوابات ذكية وإطلاق حملات تعريفية منظمة.

إشراك القطاع الخاص وتحفيز المستثمرين: طرحت مقترحات مهمة مثل: تقديم حوافز للمستثمرين (كالإعفاءات الضريبية). تشجيع الشراكة بين القطاعين العام والخاص. ضمان جزئي للمخاطر لتشجيع التمويل التجاري. يؤكد المشاركون على ضرورة تحويل تمويل الابتكار من مسؤولية حكومية بحتة إلى مسؤولية مشتركة مع القطاع الخاص. دعم الفئات المستهدفة وتوسيع الشمول: حيث برزت اقتراحات مثل: دعم الموهوبين وأصحاب الدخل المحدود. مراعاة المشاريع الناشئة والمناطق الطرفية. تأسيس صناديق داخل الجامعات أو الجهات التعليمية. تُظهر هذه الإجابات إدراكاً لأهمية العدالة في الوصول للتمويل، وأن السياسات الحالية تحتاج إلى أن تكون أكثر شمولاً ومراعاة للفروقات الاجتماعية والجغرافية.

إنشاء كيانات جديدة متخصصة: حيث اقترح البعض: تأسيس وزارة أو هيئة وطنية للابتكار. وجود جهة موحدة للتمويل. إطلاق مراكز استشارية ومؤسسات احتضان. يعكس هذا الطرح قناعة بأن تعدد الجهات وضعف التنسيق يؤدي إلى تشتت الجهود، مما يتطلب توحيد المرجعية المؤسسية وتأسيس أطر حوكمة متخصصة.

اختبار فرضيات البحث:

الفرضية الأولى: "هناك أثر إيجابي وذو دلالة إحصائية للسياسات العامة في المملكة العربية السعودية على تعزيز تمويل الابتكار، مما يساهم في تحفيز الاقتصاد المعرفي في المملكة." ولاختبار أثر السياسات العامة في المملكة العربية السعودية على المتغير التابع تعزيز تمويل الابتكار، قام الباحث بإيجاد معامل الانحدار المتعدد الذي يبين العلاقة بين المتغير المستقل وتأثيرها على المتغير التابع كما في الجداول (2-3) جدول رقم (2) المصدر: إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

المعاملات a					النموذج
المتغير	المعاملات غير المعيارية	المعاملات المعيارية	اختبار t	مستوى المعنوية	
1	B قيمة	الخطا المعياري	Beta		
الثابت	5.556	.402	13.83	0.000	
السياسات العامة في المملكة العربية السعودية	0.412	.043	7.571	0.000	
تعزيز تمويل الابتكار			6		

جدول رقم (3): إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

جدول تحليل التباين ANOVA					
النموذج	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى المعنوية
1	الانحدار	40.650	4	10.162	17.986
	البواقي	157.080	96	0.565	
	الاجمالي	197.729	100		
تعزيز تمويل الابتكار					
السياسات العامة في المملكة العربية السعودية					

نلاحظ من الجدول رقم (3-2) أن للسياسات العامة في المملكة العربية السعودية تأثير على تعزيز تمويل الابتكار لأن مستوى دلالة T يساوي (0.000) وهو أقل من ((0.05، إن قيمة بيتا موجبة للمتغير المستقل. الفرضية الثانية: هناك أثر سلبي للتحديات والمعوقات التنظيمية على فعالية السياسات التمويلية للابتكار في المملكة العربية السعودية. ولاختبار أثر التحديات والمعوقات التنظيمية على فعالية السياسات التمويلية للابتكار في المملكة العربية السعودية، قام الباحث بإيجاد معامل الانحدار المتعدد الذي يبين العلاقة بين المتغير المستقل وتأثيره على المتغير التابع كما في الجداول (4-5)

جدول رقم (4) المصدر: إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

المعاملات a				
النموذج	المتغير	المعاملات غير المعيارية	المعاملات المعيارية	اختبار t
1		B قيمة	الخطا المعياري	Beta
	الثابت	5.23	0.41	12.76
	التحديات والمعوقات التنظيمية	-0.45	0.41	-0.41
فعالية السياسات التمويلية للابتكار في المملكة العربية السعودية				

جدول رقم (5): إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

جدول تحليل التباين ANOVA				
النموذج	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F
1	الانحدار	18.537	4	4.634
	البواقي	11.363	96	0.307
	الاجمالي	29.900	100	
فعالية السياسات التمويلية للابتكار في المملكة العربية السعودية				
التحديات والمعوقات التنظيمية				

نلاحظ من الجدول رقم (4-5) تشير معاملات الانحدار إلى أن التحديات والمعوقات التنظيمية لها تأثير سلبي ومعنوي على فعالية السياسات التمويلية للابتكار في المملكة العربية السعودية ، حيث أن قيم B سالبة وجميع القيم الاحتمالية Sig أقل من 0.05. أظهرت نتائج تحليل ANOVA أن قيمة F بلغت (15.327) مع دلالة إحصائية Sig = 0.000 (> 0.05)، مما يدل على أن النموذج ككل معنوي إحصائياً.

الفرضية الثالثة: "يوجد أثر إيجابي للتمويل الحكومي للابتكار في المملكة العربية السعودية على نجاح المشاريع الابتكارية الصغيرة والمتوسطة، مما يعزز من دورها في دعم الاقتصاد الوطني."

ولاختبار أثر للتمويل الحكومي للابتكار في المملكة العربية السعودية على نجاح المشاريع الابتكارية الصغيرة والمتوسطة ، قام الباحث بإيجاد معامل الانحدار المتعدد الذي يبين العلاقة بين المتغير المستقل وتأثيره على المتغير التابع كما في الجداول (6-7)

جدول رقم (6) المصدر: إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

النموذج	المتغير	المعاملات a			اختبار t	مستوى المعنوية
		المعاملات غير المعيارية		المعاملات المعيارية		
		قيمة B	الخطا المعياري	Beta		
1	الثابت	2.11	0.35		6.03	0.000
	التمويل الحكومي للابتكار في المملكة العربية السعودية	0.68	0.13	0.81	5.27	0.000
نجاح المشاريع الابتكارية الصغيرة والمتوسطة						

جدول رقم (7): إعداد الباحث من النتائج الإحصائية باستخدام برنامج spss

جدول تحليل التباين ANOVA						
النموذج	مجموع المربعات	درجات الحرية	متوسط المربعات	قيمة F	مستوى المعنوية	
1	الانحدار	4	20.785	27.812	0.000	
	البواقي	96	0.280			
	الاجمالي	100	31.700			
نجاح المشاريع الابتكارية الصغيرة والمتوسطة						
التمويل الحكومي للابتكار في المملكة العربية السعودية						

تشير معاملات الانحدار إلى أن التمويل الحكومي للابتكار له تأثير إيجابي ومعنوي على نجاح المشاريع الابتكارية، حيث أن قيمة B موجبة (0.68) والدلالة الإحصائية Sig أقل من 0.05.

وأظهرت نتائج تحليل ANOVA أن قيمة F بلغت (27.812) مع دلالة إحصائية Sig = 0.000 (> 0.05)، مما يدل على أن النموذج ككل معنوي إحصائياً.

تحليل النتائج وربطها بالإطار النظري

فعالية السياسات العامة في دعم الابتكار

أظهرت نتائج الدراسة ارتفاع المتوسطات الحسابية لجميع العبارات المتعلقة بدور الحكومة في دعم الابتكار، حيث تراوحت بين (3.83 – 4.44)، مما يشير إلى مستوى عالٍ من الموافقة من قبل أفراد العينة على فاعلية السياسات العامة. وتأتي هذه النتائج متوافقة مع النظرية المتعلقة بالدور الحاضن للدولة في منظومة الابتكار، كما أشار مازوكاتو (2018) إلى أن الدولة ليست طرفاً محايداً، بل تعمل على إعادة توجيه الاستثمارات نحو القطاعات الاستراتيجية عالية المخاطر لتعزيز الابتكار. كما تتفق هذه النتائج مع مفهوم "النظم الوطنية للابتكار" (Lundvall, 1992)، الذي يرى أن الابتكار عملية منظومية تتطلب تكامل الدولة مع الجامعات والقطاع الخاص والمؤسسات المالية، حيث تظهر الدراسة أن السياسات الحكومية توفر بيئة تمويلية داعمة للمبتكرين ورواد الأعمال.

أبرزت النتائج أيضاً دور رؤية المملكة 2030 في تحفيز الابتكار، حيث سجلت العبارة المتعلقة ببرامج الرؤية أعلى متوسط حسابي (4.44)، مما يعكس إدراك المشاركين للأثر الإيجابي للرؤية في تعزيز التحول نحو اقتصاد معرفي قائم على الابتكار. وهذا يتوافق مع تحليل الإطار النظري الذي يوضح أن برامج مثل تطوير القطاع المالي وصندوق الاستثمارات العامة تهدف إلى توسيع نطاق أدوات التمويل وتحفيز الاستثمارات في البحث والتطوير، بما يساهم في بناء اقتصاد متنوع ومستدام.

دور الهيئات الحكومية والصناديق التمويلية

تشير النتائج المتعلقة بالتمويل الحكومي وتعزيز نمو المشاريع الصغيرة والمتوسطة (متوسط 4.30) إلى إدراك المشاركين لكفاءة برامج الدعم مثل "نمو" وصندوق التنمية الوطني، وهو ما ينسجم مع دور الهيئات الحكومية في تسريع الابتكار من خلال تمويل المشاريع البحثية وتقديم الحوافز المالية، كما أشار Hall & Lerner (2010) و OECD (2021) إلى أهمية التمويل الحكومي كأداة تمكينية للابتكار في مواجهة ارتفاع المخاطر وطول دورة الاستثمار.

على الجانب التطبيقي، تؤكد نتائج الدراسة أن هناك تقديرًا عاليًا للتنسيق بين الهيئات الحكومية الداعمة للابتكار، وهو ما يعكس فعالية جهود التنسيق بين برامج الصناديق الحكومية مثل صندوق التنمية الوطني، وصندوق واعد، وصندوق التنمية الصناعية السعودي (SIDF)، وهو ما يتوافق مع الإطار النظري الذي يوضح أن التكامل بين الجهات الحكومية المختلفة والقطاع الخاص والجامعات يساهم في بناء نظام ابتكار فعال.

التحديات الإجرائية والبيروقراطية

على الرغم من التقدير العالي للسياسات العامة، أظهرت النتائج بعض الفجوات التنظيمية والإجرائية، حيث سجلت العبارات المتعلقة بسهولة الإجراءات وتنوع أدوات التمويل متوسطات أقل (3.83 – 3.87)، فيما أبرزت العبارة المتعلقة بالتحديات البيروقراطية متوسطاً مرتفعاً (4.23). هذه النتائج تتوافق مع الإطار النظري الذي يشير إلى أن البيروقراطية والاعتماد المفرط على التمويل الحكومي قد تحد من مرونة الهيئات والمؤسسات في دعم الابتكار (عقبة، 2021؛ الشنيفي، 2018)، مما يستدعي تبسيط الإجراءات وزيادة الشفافية وتفعيل الشراكات مع القطاع الخاص.

كما أظهرت الإجابات المفتوحة أن ضعف التوعية والإرشاد، وتعقيد الإجراءات، ونقص تنوع أدوات التمويل تمثل معوقات رئيسية أمام المبتكرين، وهو ما يتطابق مع التحديات التي أوردها الإطار النظري في المطلب الخامس، ويشير إلى الحاجة لتكامل السياسات مع برامج مثل "السعودية تبتكر" و "نساند" لتعزيز التثقيف والتمويل المرن.

مقترحات تطوير السياسات التمويلية

اقترحت الدراسة عدة محاور لتطوير السياسات التمويلية، أبرزها: تبسيط الإجراءات، تنويع قنوات التمويل، تعزيز التوعية، إشراك القطاع الخاص، دعم الفئات المستهدفة، وإنشاء كيانات متخصصة. تتوافق هذه المقترحات مع الإطار النظري الذي يؤكد على أهمية توسيع أدوات التمويل، وتعزيز حوكمة الابتكار، ودمج القطاع الخاص في عملية التمويل لضمان استدامة الابتكار الوطني (Lundvall, 1992؛ سعود الحربي، 2020). كما تتفق مع أهداف المبادرات الحكومية الحالية مثل صندوق واعد وصندوق التنمية الصناعية وبرنامج SIGP، والتي تهدف إلى سد الفجوات التمويلية وتحفيز الابتكار في مختلف القطاعات الاستراتيجية.

الاستنتاجات التجريبية في سياق النظرية

بناءً على نتائج الدراسة وربطها بالإطار النظري، يمكن استخلاص الاستنتاجات التالية: السياسات العامة في المملكة توفر بيئة داعمة للابتكار، خصوصاً من خلال برامج رؤية 2030 والصناديق الحكومية، مما يعكس توافقاً مع نظرية "النظم الوطنية للابتكار" ودور الدولة المحفز للابتكار. التمويل الحكومي، إلى جانب الشراكات مع القطاع الخاص، يعد عنصرًا محوريًا في تمكين المشاريع الصغيرة والمتوسطة من النمو وتحويل الأفكار المبتكرة إلى منتجات قابلة للتطبيق. التحديات الإجرائية والبيروقراطية تشكل حاجزًا رئيسيًا أمام استغلال السياسات التمويلية بكامل فاعليتها، وهو ما يتطلب تحسين التنسيق، تبسيط الإجراءات، وتنويع أدوات التمويل لتلبية احتياجات مختلف الفئات. نتائج الدراسة تؤكد على الحاجة إلى سياسات شمولية ومتكاملة تربط التمويل، الإرشاد، والبنية المؤسسية معًا، بما يضمن تحقيق الأثر الفعلي على منظومة الابتكار الوطنية. إطار تصوري (Conceptual Framework) لعلاقة بين السياسات العامة، آليات التمويل، والابتكار في المملكة العربية السعودية:

يمثل الإطار التصوري للارتباط بين السياسات العامة وآليات التمويل والابتكار في المملكة العربية السعودية رؤية متكاملة لكيفية دعم منظومة الابتكار الوطني. إذ تشكل السياسات العامة، بما في ذلك رؤية السعودية 2030 وبرامجها المتنوعة، الإطار التوجيهي الذي يحدد أولويات التمويل ويضع القواعد التنظيمية ويحفز الجهات الحكومية والخاصة على الاستثمار في المشاريع الابتكارية. وفي المقابل، تعمل آليات التمويل، المتمثلة في الصناديق الحكومية مثل صندوق التنمية الوطني وصندوق واعد وصندوق التنمية الصناعية، إلى جانب برامج المنح والمنصات التمويلية مثل SIGP وبرنامج نمو، كوسيط عملي يمكّن المبتكرين ورواد الأعمال من تحويل أفكارهم إلى منتجات وخدمات قابلة للتطبيق، مع تقليل المخاطر المرتبطة بالابتكار وتشجيع التجربة الإبداعية. كما تساهم السياسات العامة بشكل مباشر في تعزيز البيئة المؤسسية والثقافية للابتكار من خلال تبسيط الإجراءات، حماية الملكية الفكرية، ورفع مستوى التوعية والتدريب، مما يساهم في تسريع عملية الابتكار حتى قبل وصول التمويل. ويظهر الابتكار الناتج عن هذا التفاعل تأثيره على النمو الاقتصادي من خلال تطوير منتجات وخدمات جديدة، تعزيز نمو المشاريع الصغيرة والمتوسطة، توطين التكنولوجيا، ورفع القدرة التنافسية الوطنية، مع وجود حلقة تغذية راجعة تسمح بتقييم السياسات وآليات التمويل وتعديلها بما يعزز فعالية المنظومة الوطنية للابتكار بشكل مستمر.

المصادر والمراجع:

المراجع باللغة العربية:

١. واعد فنتشرز - الموقع الرسمي. (2023) <https://www.aramco.com/ar/what-we-do/commercial-ecosystems/waed-ventures>
٢. أرامكو السعودية. (2025). واعد فنتشرز: عشر سنوات من تمكين رواد الأعمال. <https://www.aramco.com/ar/news-media/elements-magazine/2025/waed-ventures>
٣. أرقام. (2022). "سابك" تدعم أكثر من 100 مشروع من خلال "نساند". <https://www.argaam.com/ar/article/articledetail/id/1602337>
٤. بوميديين، ي. (2018). تمويل الجماعي كمصدر لتمويل الابتكار: الفرص والتحديات. مجلة ASJP،
٥. الحربي، س. (2020). الابتكار في الاقتصاد السعودي: التحديات والفرص. مجلة الاقتصاد السعودي.
٦. الحميد، ع. (2023). تحولات البحث العلمي في السعودية بعد تأسيس هيئة RDI. المجلة السعودية للدراسات المستقبلية، جامعة الملك سعود.

٧. الرشيد، ع. (2023). دور الصناديق التنموية في دعم الابتكار في السعودية. مجلة الاقتصاد والتنمية، جامعة الملك عبد العزيز.
٨. الزهراني، م. (2017). السياسات العامة ودعم الابتكار: دراسة تحليلية. دار الفكر العربي.
٩. سابك. (2023). مبادرة نساند لتمكين المحتوى المحلي.
<https://www.sabik.com/ar/sustainability/nusaned>
١٠. الشريف، م. (2021). دور مراكز البحوث في دعم الابتكار وصنع السياسات: دراسة حالة مؤسسة KAPSARC. المجلة السعودية للعلوم الاجتماعية والاقتصادية، جامعة الإمام محمد بن سعود.
١١. الشريف، ن. (2022). أثر برامج منشآت في تمكين ريادة الأعمال والابتكار في السعودية. المجلة الخليجية للاقتصاد والإدارة، جامعة الأمير سلطان.
١٢. الشميمري، أ. ب. ع. (2024). الابتكار: الأساسيات والنظريات والتطبيقات. جامعة الملك سعود.
١٣. الشنيفي، ع. ع. (2018). البدائل المقترحة لتمويل التعليم العالي في السعودية. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 10(2).
١٤. الشنيفي، ع. ع. (2018). البدائل المقترحة لتمويل التعليم العالي في السعودية. مجلة العلوم التربوية والنفسية، 10(2).
١٥. الشورى السعودي. (2021). قرار تأسيس الهيئة ونظامها التنظيمي.
١٦. الشورى السعودي. (2021). قرار تأسيس الهيئة ونظامها التنظيمي.
١٧. الصندوق الصناعي السعودي. (2023). برامج التمويل الموجهة للمحتوى المحلي. <https://www.sidf.gov.sa>
١٨. عبدالكريم، ع. ف. (n.d). دعم الابتكار وسيلة لتعزيز النمو والقدرة التنافسية. البنك المركزي العراقي، المديرية العامة للاستثمارات.
١٩. عقبة، م. م. ع. (2021). آليات مقترحة لتنويع مصادر التعليم الجامعي الحكومي بالمملكة العربية السعودية. مجلة بحوث التعليم والابتكار، 3(3).
٢٠. غامدي، م.، وآخرون. (2016). مبادئ التمويل. كلية العلوم الاقتصادية والمالية الإسلامية، جامعة أم القرى.
٢١. فاستركابيتال. (n.d). تمويل الابتكار: دليل لأصحاب الأعمال التنفيذيين .
<https://fastercapital.com/arabpreneur>
٢٢. الفهداوي، ف. خ. (2001). السياسة العامة (ص 32). دار المسيرة للنشر والتوزيع.
٢٣. فهمي، ه. ع. (2024). الابتكارات المالية ودعم الاستثمار: تحفيز التمويل في مجلس التعاون الخليجي. مجلة الجمعية العربية للبحوث الاقتصادية، 33(1).
٢٤. قطب، ي. س. ع. (2025). آليات تمويل الابتكار وريادة الأعمال في الدول العربية في عصر التحول الرقمي. المجلة العربية للمعلوماتية وأمن المعلومات، 6(19).
٢٥. كاتب غير معروف. (2023). صندوق التنمية الوطني: التقارير السنوية. <https://ndf.gov.sa/ar/home>
٢٦. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا [الإسكوا]. (n.d). سياسة الابتكار للتنمية المستدامة الشاملة في المنطقة العربية.

٢٧. محمد، ن. الجابري. (2005). مشاركة الكلفة في التعليم والإفادة منها في تمويل التعليم السعودي. في مؤتمر التعليم الجامعي. مجلة اتحاد الجامعات العربية، جامعة اليرموك، الأردن.

٢٨. reinsagcy. (2024). أهمية الابتكار وريادة الأعمال في السعودية .
<https://www.reinsagcy.com/ar/blog/...>

٢٩. saudiminds. (n.d.). البرنامج السعودي لمنح الابتكار <https://rdia.gov.sa/programs/funding/>.

٣٠. Vision 2030. (n.d.-a). برنامج صندوق الاستثمارات العامة... <https://www.vision2030.gov.sa/>.

٣١. Vision 2030. (n.d.-b). برنامج تطوير القطاع المالي... <https://www.vision2030.gov.sa/>.

٣٢. Wisdom Global. (2024). الابتكار المالي وتعزيز الاقتصاد المستدام <https://wisdomglobal>.

٣٣. الهيئة البحث والتطوير والابتكار. (2023). الاستراتيجية الوطنية للبحث والتطوير والابتكار .
<https://rdia.gov.sa>

٣٤. الهيئة العامة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة (منشآت). (2023). السعودية تبتكر .
<https://www.monshaat.gov.sa/ar>

المراجع باللغة الإنجليزية:

1. Citi. (2014). Innovative Financing for Development: Innovative Financing Initiative. Global Development Incubator.
2. Dunn, W. N. (2018). Public policy: A new introduction (2nd ed.). Routledge.
3. ILO. (2018). Innovative finance. <https://www.ilo.org/resource/other/innovative-finance>
4. KACST. (2020). Annual report. <https://www.kacst.edu.sa>
5. KAPSARC. (2022). About us. <https://www.kapsarc.org>
6. MedAccess. (2021). What is innovative finance? <https://medaccess.org/innovative-finance/what-is-innovative-finance/>
7. NORRAG. (n.d.). Introduction to IFE. <https://www.norrag.org/introduction-to-ife/>
8. OECD. (2020). Innovation in the public sector: Enabling better performance, driving new directions. OECD Publishing.
9. SIDF. (2022). NOMO program overview. <https://www.sidf.gov.sa>
10. Work Corner. (n.d.). Innovation support. <https://www.workcorner.co/innovation-support>
11. Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). The financing of R&D and innovation. In B. H. Hall & N. Rosenberg (Eds.), Handbook of the economics of innovation (Vol. 1, pp. 609–639). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01014-2](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01014-2)

12. Lundvall, B.-Å. (1992). National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning. Pinter Publishers.
13. Mazzucato, M. (2018). The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths (Revised ed.). Penguin Books.
14. Organisation for Economic Co-operation and Development. (2021). OECD science, technology and innovation outlook 2021: Times of crisis and opportunity. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/75f79015-en>

Fostering Innovation and Understanding in Fluid Mechanics through Real-World Projects

Hatim Alrifai¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Saudi Arabia, Jeddah; halrifai@kau.edu.sa

Abstract. Innovation is a critical skill that engineering students need to build during their university education. Despite its recognized importance, innovation has not been incorporated enough into engineering courses. One of the fundamental courses in the mechanical engineering curriculum is Fluid Mechanics, which can be taught in a way that includes innovation projects to enhance the students' conceptual understanding and creativity. This paper presents a framework for a structured approach to achieve this goal. For each chapter, a real-world problem is solved during the tutorial sessions through active learning. Each team simulates its proposed solution using SolidWorks flow simulation software. An assessment rubric is used to evaluate the students' solutions. Short courses on the innovation life cycle and SolidWorks Flow Simulation are included to enhance the effectiveness of the approach. In addition to boosting the students' innovation skills, the approach is expected to enhance their ability to deal with real-world problems they will face in their working lives. A key challenge of this approach is the nature of the fluid mechanics course, since it is a basic course that focuses on the principles more than design. Nevertheless, the approach is usable with the course to a certain limit.

Keywords: innovation; fluid mechanics; simulation

Introduction

The renewing world's problems require innovative solutions, and even traditional problems may need more efficient ones. That shows why innovation is a critical skill for engineering students who will deal directly with the world's problems after their graduation.

Innovation is a skill that is built by continuous, gradual practice, which might be done consciously through the engineering curriculum. So all engineering courses, from the fundamentals to the design and applied courses, can be taught in a way that enhances, to a certain limit, the students' ability to innovate.

Fluid mechanics is an essential course in the undergraduate mechanical engineering curriculum. It is a fundamental course that studies the statics and dynamics of fluids, in addition to their properties. Students usually study this course in the fifth semester.

Baričević and Luić [1] explored the ability of enhancing the students' innovative thinking by learning the design thinking process as an active learning technique in a Business Economics course. The students in the study showed enhancement in the critical assessment and innovation process recognition. Cioc et al. [2] applied online project-based learning in the Fluid Mechanics course to apply the information literacy skills in designing HVAC duct systems. The results showed an enhancement in the students' knowledge of the topic of internal airflow. Pérez-Sánchez and López-Jiménez [3] applied Continuous Project-Based Learning in the fluid mechanics courses at the bachelor's and master's degrees to enhance the understanding and satisfaction. Mora-Melia et al. [4] integrate Problem-based learning (PBL) with computational fluid dynamics (CFD) in Fluid mechanics teaching for civil engineering. This teaching method improved the students' performance and motivation. Sekaran and Rodak [5] enhanced the learning experience for multidisciplinary teams in the Fluid Mechanics course using physical model projects. Using short CFD simulation activities, Rodríguez-Martín et al. [6] improved learning and motivation of the students of Fluid Mechanics. The teams' differences were respected in the activities' selection. Engineering education is centered on problem-solving and design, which are key student outcomes in the ABET criteria and are closely related to innovation [7].

This paper presents a framework for a suggested approach to teaching fluid mechanics with the aim of raising the students' innovation skills and enhancing their understanding of the concepts by solving real-world problems related to fluid mechanics.

The Proposed Framework

The proposed framework relies on an active learning technique, involving teams that are asked to solve a real-world problem during the tutorial sessions. Each team will simulate their proposed solution using SolidWorks Flow Simulation software. Real problems related to all chapters will be assigned at the beginning of the semester. Table 1 shows suggested projects for solving real problems related to the course topic.

Table 1 suggested projects for solving real problems related to the course topic

Topics	Suggested projects
Viscosity	The syrup dispenser for viscous liquids, such as honey, drips after being released. Design a dispenser nozzle to prevent the liquid from dripping.
Hydrostatic forces	Control the irrigation canals' gates without electronics.
Buoyancy	In the desert where no electricity, get the benefit of the water tanks for food and drinks cooling by designing a food and drink container that can submerge in the water to a preselected depth.
Liner momentum	Reduce the reaction force of the firefighting nozzle that is felt by the firefighter

To solve the problem, each team should follow the strategy of creative problem solving [8]. The strategy includes five steps. The first step is redefining the problem accurately to clarify what causes the problem. The second step is brainstorming to generate solutions. The third step is deciding the criteria for the suitable solution selection, in addition to applying the criteria and selecting the most suitable solution. The fourth step is implementing the chosen solution, while the fifth step is evaluating the solution after its implementation. In the proposed approach, the implementation will be done by SolidWorks, and the evaluations will be achieved by SolidWorks flow simulation. Table 2 presents the rubric for evaluating the projects. The submitted work will be evaluated according to three items: problem definition, problem solution, and simulation quality. For each item, the student might get 3, 2, 1, or 0 scores after evaluating their work, depending on the rubric. In addition, the students will be informed clearly that they must achieve academic integrity. Meanwhile, the students' data should be treated according to the university's bylaws.

Table 2 The rubric for evaluating the projects

Item evaluated	3	2	1	0
Problem definition	The problem was defined by determining the root reasons, in addition to defining the problem constraints.	The problem was defined by determining the root reasons, without defining the problem constraints.	The problem was described without determining the root reasons or the problem constraints.	The problem definition is missing.
Problem solution	The problem was totally solved by a novel and creative solution while respecting the constraints.	The problem was partially solved by a novel and creative solution while respecting the constraints.	The problem was totally solved by an existing solution.	The problem was not solved
Simulation quality	The solution was simulated with a proper mesh and acceptable convergence criteria.	The solution was simulated with a proper mesh and insufficient convergence criteria.	The solution was simulated with a poor mesh and insufficient convergence criteria.	The simulation was not performed

To enhance the students' awareness about innovation, a short course about the innovation life cycle will be provided. The course will cover the stages from idea generation and validation to selling the product. The index of Technology Readiness Levels (TRL) will be explained.

To evaluate the proposed solution, the students will simulate it using the SolidWorks flow simulation software. A short course about the software will be provided for the students to make them familiar with it. The course will identify how to define the boundary conditions and how to decide the suitable specifications for the mesh. The solution convergence criteria will be explained. Deciding a suitable way of presenting the results according to the simulation goal will be discussed.

Expected Outcomes

This approach is expected to encourage the students to use the scientific principles learnt in solving the problems that they will encounter and therefore enhance their innovation skills. In addition, it is expected to improve the students' insight into the concepts of the course, whereas applying the concept in solving a problem is a branch of the concept's understanding. The approach will enhance the students' ability to deal with open-ended problems since the students usually work with closed-ended problems in homework, quizzes, and exams. The students' scientific level is a limitation of the approach. The students typically study the Fluid Mechanics course while they are Sophomores, so it's challenging for them to address multidisciplinary problems. Therefore, the instructor needs to consider this issue whenever selecting problems.

Conclusion

This paper discussed a proposed approach to teaching Fluid Mechanics to enhance the students' understanding and innovation skills by solving real-world problems related to the course topics. After applying the approach, the results on the students' performance are appropriate for future publication. The real-world problems have the potential to be present in all engineering courses.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest

References

- [1] Baričević, M., & Luić, L. (2023). From active learning to innovative thinking: The influence of learning the design thinking process among students. *Education sciences*, 13(5), 455.
- [2] Cioc, C., Houghton, N., Cioc, S., & Napp, J. (2022). A Model for incorporating information literacy and collaboration in a project-based learning pedagogical exercise with

- application to a fluid mechanics course. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 50(4), 955-977.
- [3] Pérez-Sánchez, M., & López-Jiménez, P. A. (2020). Continuous project-based learning in fluid mechanics and hydraulic engineering subjects for different degrees. *Fluids*, 5(2), 95.
- [4] Mora-Melia, D., Gutiérrez-Bahamondes, J. H., Iglesias-Rey, P. L., & Martínez-Solano, F. J. (2024). Exploring the synergy of problem-based learning and computational fluid dynamics in university fluid mechanics instruction. *Computer Applications in Engineering Education*, 32(6), e22782.
- [5] Sekaran, A., & Rodak, C. M. (2024). Impact of Physical Model Projects and Multidisciplinary Teams in Fluid Mechanics Education. *Education Sciences*, 14(6), 658.
- [6] Rodríguez-Martín, M., Rodríguez-Gonzálvez, P., Sánchez-Patrocinio, A., & Sánchez, J. R. (2019). Short CFD simulation activities in the context of fluid-mechanical learning in a multidisciplinary student body. *Applied Sciences*, 9(22), 4809.
- [7] Criteria for accrediting engineering Programs, 2025 - 2026 - ABET. (2025, February 28). ABET. <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2025-2026/>
- [8] Fogler, H. S., LeBlanc, S. E., & Rizzo, B. R. (2014). Strategies for creative problem solving (3rd ed.). Pearson.

Potentiality of huge revenue drawn through *Arthrospira (Spirulina sp.) platensis* KAU02 (Cyanophyceae) cultivation in treated wastewater rather than discharge into the sea

Md. Abu Affan¹ and Lafi Saed Al Solami^{1*}

¹Department of Marine Biology, College of Marine Sciences, King Abdulaziz University, Saudi Arabia

*Corresponding author: lalsulami@kau.edu.sa

Abstract. Study on microalgae continues to increase due to its various usages such as live feed, feed supplements, food additives, and colourization, ingredients of medicine, cosmetics, and biofuels. Among microalgae, *Spirulina (Arthrospira)* is the most important and popular for cultivation, since it is an excellent source of high protein, polyunsaturated fatty acids (omega-3 and 6), and carotene. Its cultivation has advantages over typical traditional agriculture because of the lack of by-products and the ability to grow in arid, semi-arid, and in fresh or in salt water. However, the shortage of freshwater is becoming a serious environmental problem globally. On the other hand, Ca^{2+} and Mg^{2+} of natural seawater cause phosphate (PO_4^-) dilatation problem above pH of 7.10, create milky turbidity, and nutrient precipitation in *Spirulina* culture medium. In the Kingdom of Saudi Arabia (KSA), the main source of freshwater is the desalination system. An alternative source for the cultivation of *Spirulina* was explored by using treated wastewater since there are several wastewater treatment plants in KSA. Thus, the treated waste was examined for cultivation of *Spirulina platensis* KAU02 (GenBank accession number: OR723792) isolated from the Red Sea. Therefore, the objective was to use different concentrations of the plant's nutrients with treated wastewater to determine the profuse growth and biochemical composition of *S. platensis* KAU02 in a newly formulated medium, named Affan-Lafi-King AbdulAziz University-Spirulina (ALKAUS), and compare the biomass production and biochemical composition with standard Zarrouk's (1966). The maximum specific growth rate (μ_{max} , day^{-1}), dry biomass production, and chlorophyll *a* content of *S. platensis* KAU02 were 0.293 and 0.294 day^{-1} , 1.75 and 1.80 g L^{-1} , and 15.85 and 16.18 mg. L^{-1} in the culture media of ALKAUS and Zarrouk's, respectively. The biochemical composition and phycocyanin content were similar in the biomass of both cultures' media. Therefore, *S. platensis* KAU02 can be produced on an industrial scale by using treated wastewater following our invented method.

Keywords: Treated wastewater, *Spirulina platensis* KAU02, culture media, biomass production, and biomass quality

Introduction

Study on microalgae continues to increase due to its various usages such as live feed, feed supplements, food additives, and colourization, ingredients of medicine, cosmetics, and biofuels (Richmond 1986, Borowitzka and Borowitzka 1988, Cresswell et al. 1989). Among microalgae, *Spirulina* is the most important and popular for cultivation, since it is an excellent source of high protein, polyunsaturated fatty acids (omega 3 and 6), and carotene, and having advantages over any traditional agriculture due to lack of by-product and suitability to grow in arid, semi-arid, and in fresh or in seawater (Alonso and Maroto 2000). Usages of *Spirulina* spp. are not new; Aztecs used to harvest and consume *Spirulina* spp. from Lake Texcoco, Mexico, and even today, *Spirulina* spp., grown in Lake Chad, is being consumed by indigenous Africans. *Spirulina* has been commercially grown and used as a safe food supplement for several decades. Freshwater *Spirulina* is being produced in most of the farms. The strain *S. pacifica* was developed from freshwater *S. platensis* and cultivated in the Cyanotech farm, Hawaii (Cyanotech, Kailua-Kona, HI). In one side, the freshwater shortage is turning out a serious environmental issue in arid and semi-arid areas of the globe (Vorosmarty et al., 2000), and on the other hand, the use of typical seawater put forward several problems such as the solubility of PO_4^{3-} is negligible and the solubility of HPO_4^{2-} decreases above a pH of 7.1 due to the presence of high concentration of Ca^{2+} and Mg^{2+} . Additionally, the culture medium becomes milky turbid with the presence of phosphate, NaHCO_3 , and or Na_2CO_3 , and in a few hours, turbid materials and *Spirulina* start to be sedimented, which causes dies off of *Spirulina* and moreover, it makes the medium nutrient-deficient (Materassi et al., 1984). Previously, human urine and pig farms treated wastewater were used for cultivation of *Spirulina* sp. in China and Korea to minimize freshwater crisis and nutrient costs (Hong and Lee, 1993; Lun and Cheng, 2006). *Spirulina* spp. were also cultured in anaerobic effluent supplemented with natural seawater in Mexico, even though the turbidity of the culture medium persisted (Gagneux et al., 2007).

However, the demand of freshwater is increasing due to rapid urbanization, and on the other hand, environmental pollution is also increasing because of wastewater release (WHO, 2014). Therefore, urban wastewater treatment is vital since it could be considered for renewable water resource, which is proportionally increasing with the increase of population. The usages of treated wastewater for different purposes depend on the degree of its treatment (primary, secondary, and tertiary), and the tertiary level treated wastewater is free from all health hazards and can be used to irrigate all crops (Dawouda et al., 2022). Current studies of using treated wastewater as an irrigation source in Saudi Arabia have shown not only an increase of crop production but also act as a source of plant nutrients to minimize fertilizer utilization. Irrigation is mostly limited due to the growing season of the crops, though wastewater is generally produced continuously throughout the year. The kingdom of Saudi Arabia produces a total of 850 million m^3 of treated wastewater annually (Dawouda et al., 2022). In Jeddah, most of the treated wastewater is being discharged to the Red Sea. The profitable and eco-friendly use of treated wastewater can bring huge revenue and create a lot of job opportunities. One of the most promising ways is to use of wastewater culture microalgae to minimize the water crisis as well as to minimize the microalgae production cost, as it contains plant growth nutrients. In previous studies, municipal wastewater was combined with Zarrouk medium to cultivate *Spirulina* (Phang et al., 2000). Carbon and nutrients were removed with cultivation of *S. platensis* from monosodium factory wastewater by mixing with Zarrouk medium (Jiang et al., 2015; Park et al., 2013).

Zhao et al. (2017) conducted a study of *S. platensis* in treated wastewater by dilution of and they found that *S. platensis* formed the bottom. Wongsansilp and Phinrub (2022) studied the culture of *Spirulina* in Thailand using different treated water by dilution of different concentrations of Zarrouk's medium. They faced the precipitation of nutrients and clustering of *Spirulina* in all kinds of treated wastewater media. Thus, a study was conducted to evaluate the growth and biomass production of *Spirulina* cultured in treated wastewater using NaHCO_3 , NaNO_3 , K_2HPO_4 , K_2SO_4 , $\text{Na}_2\text{-EDTA}$, and H_3BO_3 as additional nutrients rather than using Zarrouk's medium (Zarrouk's, 1966) mentioned recipe. The objectives were to develop *S. platensis* culture medium and compare growth, biomass production, and biochemical composition of *S. platensis* KAU02 grown in newly formulated and traditional culture medium (Zarrouk's).

Materials and methods

The tertiary treated wastewater (TW) was collected from the Water Research Center of King Abdulaziz University, Jeddah, the Kingdom of Saudi Arabia. The TW was used to culture *S. platensis* KAU02 (Genbank Accession number is OR723792).

Culture medium preparation

First step

Tertiary TW was used to prepare Zarrouk's medium for the culture of *S. platensis* KAU02. The medium became turbid and chemical precipitates even before the inoculation of *S. platensis* KAU02. However, after inoculation of the *S. platensis* KAU02 was found to be clustered and sedimented after a few hours in TW used Zarrouk's medium. Then, it was thought that high concentration of carbonic salts (NaHCO_3) might be related for this precipitation. The medium was again prepared with 25% concentration of NaHCO_3 of Zarrouk's medium recipe. Thereafter, 9 culture media *S. platensis* KAU02 were made using TW with different concentrations of plant nutrient chemicals and NaHCO_3 in the first step. The Zarrouk's medium was prepared using distilled water. *S. platensis* KAU02 was found to be clumping, and the medium was also found to be milky and turbid. Therefore, the culture media recipe was modified as the second step (Table 1).

Second step

Before starting the second step, NaNO_3 , K_2HPO_4 , and K_2SO_4 of 2.50, 0.50, and 1.00 g/L, respectively, were diluted, and then three concentrations of NaHCO_3 were added: 8.00, 9.00, and 10.00 g/L. The media were made and kept overnight to observe whether precipitation would occur or not. Thereafter, 0.015 g. L^{-1} *S. platensis* was inoculated in each culture medium, and the results were not at the expected level. Therefore, the culture media was again revised to get similar growth with the standard (Zarrouk's) medium (Table 1). In both of first and second steps, the *S. platensis* KAU02 was found to be pale in colour and died after two weeks of culture. To overcome the problem, Na_2CO_3 and KH_2PO_4 were added to the newly formulated media. Thereafter, a final step culture was conducted in newly formulated media and in Zarrouk's medium (1966).

Final or third Step

In this step, culture media were prepared with dilution of NaNO_3 , NaHCO_3 , Na_2CO_3 , K_2SO_4 , KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , Na_2CO_3 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{-EDTA}$, $\text{ZnCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, and H_3BO_3 . Then the biomass production was compared with that of the biomass production of Zarrouk's medium (Table 1).

Table 1. Selection of *S. platensis* KAU02 culture media using treated wastewater and different concentrations of chemicals in treated wastewater.

	Expt. No.	NaHC O ₃	Na ₂ C O ₃	NaNO ₃	KH ₂ P O ₄	K ₂ HP O ₄	K ₂ S O ₄	Na Cl	MgS O ₄ . 7H ₂ O	CaC l ₂ . 2H ₂ O	FeS O ₄ . 7H ₂ O	Na ₂ - EDT A	H ₃ B O ₃	Trace metal Sol.
1 st step	A1	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	0.12 0	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	A2	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	A3	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	A4	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	A5	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	A6	8.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
2 nd step	B1	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	0.12 0	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	B2	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	B3	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	B4	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	B5	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	B6	9.00	1.00	2.50	–	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
3 rd step	ALKAU S-1	10.00	1.00	2.50	0.12 5	0.50	1.0 0	–	0.12 0	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	ALKAU S-1	10.00	1.00	2.50	0.13 0	0.50	1.0 0	–	–	0.0 41	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	ALKAU S-1	11.00	2.00	2.50	0.25 0	0.50	1.0 0	–	–	–	0.01 0	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	ALKAU S-1	11.00	2.00	2.50	0.12 5	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	ALKAU S-1	12.00	2.50	2.50	0.13 0	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	ALKAU S-1	12.00	2.50	2.50	0.25 0	0.50	1.0 0	–	–	–	0.00 5	0.0 90	0.00 5	0.5 ml
	Zarrou k's	16.80	–	2.50		0.50	1.0 0	1.0 0	0.12	0.0 41	0.01 0	0.0 80		1.0 ml

Growth, biomass production, chlorophyll *a*, and biochemical and statistical analysis

S. platensis KAU02 biomass was determined by dry weight measurements. To estimate growth, 20 mL of cultured samples were collected, filtered (GF/C Whatman filter paper), and dried. The samples were taken every three days. Biomass-containing filter papers were dried in an oven at a temperature of 55°C, weighed, calculated (g. L⁻¹), and used for plotting the growth curve. The specific growth rate (μ) was defined as the increase of biomass per unit time, and was calculated using the following formula (Pirt, 1975):

$$\mu \text{ (day}^{-1}\text{)} = \ln (X_1/X_0) / (t_1-t_0) \dots\dots\dots (i)$$

Where X_0 and X_1 are the biomass at the beginning (t_0) and the end (t_1), respectively, of a selected time interval between inoculation and maximum biomass production.

For chlorophyll *a* estimation, culture was also collected on the same day. Chlorophyll *a* content was determined following the method described by Parsons et al. (1984). Phycocyanin was determined following the methods described by Boussiba and Richmond (1994).

Biomass of *S. platensis* KAU02 was freeze-dried, and the biochemical composition was determined following the Association of Official Analytical Chemists (AOAC) guidelines (AOAC,1995). The significance of differences of $\mu_{\max}$. day⁻¹, biomass production and biochemical composition of *S. platensis* KAU02 were determined using Student's *t*-tests.

Results

3.1. Maximum specific growth rate ($\mu_{\max}$. d⁻¹) of *S. platensis* KAU02

The $\mu_{\max}$. d⁻¹ varied from 0.262 to 0.277 in the first step (Fig. 1A). In the second step, $\mu_{\max}$. d⁻¹ was found to be varied from 0.268 to 0.280 (Fig.1B). However, the high growth rate was found in the final step, in which the $\mu_{\max}$. d⁻¹ varied from 0.281 to 0.293 among the culture media (Fig.1C). In

culture medium ALKAUS-6, the growth rate was $0.293 \mu_{\max} \cdot d^{-1}$, which was similar with the growth rate of Zarrouk's medium (Fig.1C).

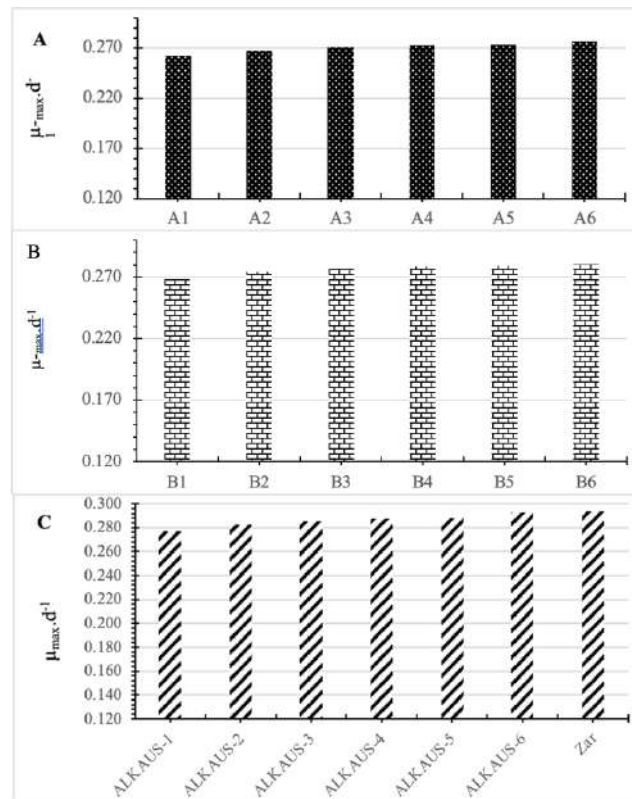


Fig. 1. Specific growth rate of *S. platensis* KAU02 grown in different steps in different culture media

S. platensis KAU02 biomass production

Though the *S. platensis* KAU02 grew in all culture media of all steps but the best growth was found in the final step or the third step. The biomass production varied from 1.47 to 1.75 g. L⁻¹ and the highest biomass production was found in ALKAUS-6 medium among newly formulated culture

media at final step. The biomass production of ALKAUS-6 medium was similar with the biomass production of Zarrouk's medium which was 1.80 g. L^{-1} (Fig.1C).

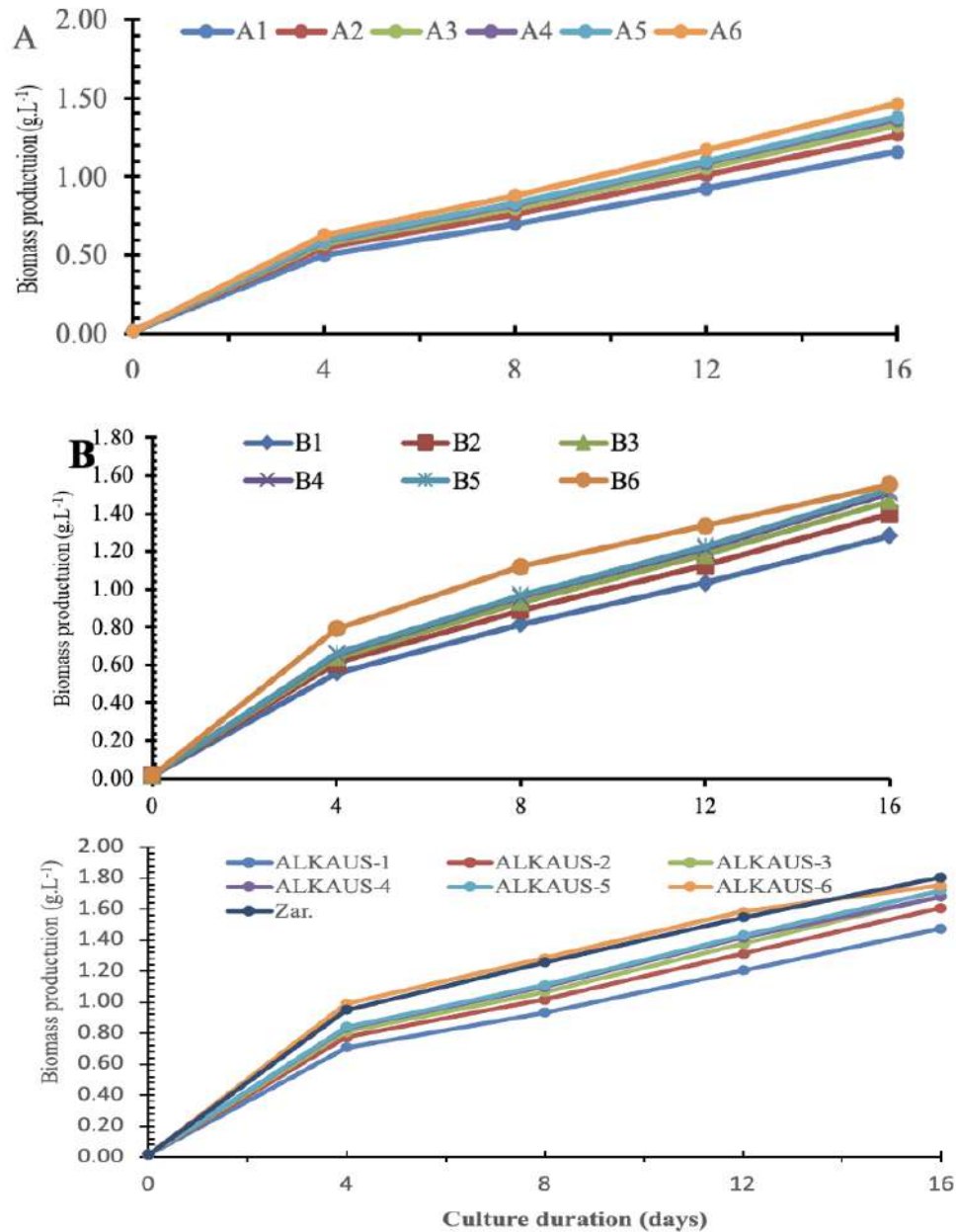


Fig. 1. Biomass production of *S. platensis* KAU02 cultured in different media prepared by using plant's nutrients in treated wastewater. First step of cultured in different media (A), Second step culture in different media (B) and Third step or final step of culture (C).

S. platensis KAU02 chlorophyll *a* content

Chlorophyll *a* content of *S. platensis* KAU02 varied from 12.75 to 16.05 mg. L⁻¹ among the culture media of final step. The maximum chlorophyll *a* content was found in biomass of ALKAUS-6 culture medium. The chlorophyll *a* content of *S. platensis* KAU02 was 16.18 mg. L⁻¹ in biomass grown in Zarrouk's medium (Fig. 3.).

3.1.3. Biochemical composition *S. platensis* KAU02

The Protein, lipid and carbohydrate content were 60.86, 12.65 and 13.85, and 62.23, 12.69 and 13.63% in biomass of ALKAUS-6 medium and in biomass of Zarrouk's medium, respectively. The phycocyanin content was 323.56 and 325.64 mg. g⁻¹ in biomass of ALKAUS-6 medium and in biomass of Zarrouk's medium, respectively (Table 2).

Table 2. Biochemical composition in percent (%) and phycocyanin (mg. g⁻¹) of *S. platensis* KAU02 grown during the final step of culture development.

Media	Protein	Lipid	Carbohydrate	Ash	Moisture	Phycocyanin
ALKAUS-6	60.86 ± 0.12	12.55 ± 0.19	13.85 ± 0.23	7.24 ± 0.13	5.40 ± 0.23	323.56 ± 0.25
Zarrouk's	62.23 ± 0.14	12.65 ± 0.24	13.68 ± 0.17	7.15 ± 0.24	4.46 ± 0.12	325.64 ± 0.19

Discussion

Culture media preparation

In first step, the chemicals were found to be sedimented in white colour. In first and second step, the colour of *S. platensis* KAU02 grew very slowly, and the cells were found to be sedimented at the bottom for 4 days, then some dead yellow brown algae were found to be floated with a cluster. The floating cells were pale brown colour than the mother stocks after inoculation to the end of the first and second steps study. Low concentration of phosphate and carbonic salts might be related to the yellow brown colour and death of *S. platensis* KAU02. Previously, the algal colour gradually recovered from fresh green to dark green with the extension of culture time after adding different concentrations of nitrogen, phosphorus, and baking soda in culture media of wastewaters, fishpond wastewater, industrial wastewater, and mariculture water (Wongsnansilp and Phinrub, 2022). The culture media were again modified as the third step by adding an increased amount of NaHCO₃, NaCO₃, and KH₂PO₄. In this step, the cells were found to grow like mother stocks with dark blue-green colour. The algae were found to be mixed uniformly throughout the culture medium.

S. platensis KAU02 specific growth rate and biomass production

The $\mu_{\max}$. d⁻¹ estimation is an informative way to ascertain microbial activity at their exponential rates. The growth rates and biomass production did not show any significant differences between the ALKAUS-6 and Zarrouk's culture media ($p < 0.05$). The $\mu_{\max}$. d⁻¹ and biomass production of *S. platensis* KAU02 at ALKAUS-6 medium showed similarities with the *S. platensis* grown in NaHCO₃ pretreated seawater medium (Leema et al., 2010). Lamela and Rocha (2000) reported that the biomass production of *S. platensis* was 1.001.00 g. L⁻¹ in seawater culture medium, which was lower in comparison with the biomass production of *S. platensis* KAU02 grown in ALKAUS-6 medium.

The addition of NaHCO₃, Na₂CO₃, and KH₂PO₄ of 12.00, 2.50, and 0.250 g. L⁻¹ in ALKAUS-6 medium resulted in a culture efficiency of ALKAUS-6 medium similar to that of Zarrouk's medium. In ALKAUS-

6 medium was prepared with NaHCO_3 of 12.00 g L^{-1} , which was 4.80 g L^{-1} lower than that of NaHCO_3 used in Zarrouk's medium. CO_2 is important for high growth of *Spirulina* (Litchfield, 1983). Traditionally used *Spirulina* culture media, such as Zarrouk's (16.00 g L^{-1} of NaHCO_3) or Society of Toxicology (13.61 and 4.03 g L^{-1} of NaHCO_3 and Na_2CO_3 , respectively) (Aiba and Ogawa, 1977) require a high amount of carbonic salts, which is responsible for the high production cost of *Spirulina*. Therefore, it could be said that ALKAUS-6 medium was better for *S. platensis* KAU02 culture using treated wastewater since it requires a lower concentration of carbonic salts in comparison with Zarrouk's medium.

Chlorophyll *a* content of *S. platensis* KAU02

The chlorophyll *a* in the biomass of ALKAUS-6 medium was similar to the chlorophyll *a* content in the biomass of Zarrouk's medium. Previously, NaHCO_3 -pretreated seawater medium was used to grow *S. platensis* and the chlorophyll *a* content was 6.00 mg L^{-1} (Leem et al., 2010), which was lower than the chlorophyll *a* content of *S. platensis* KAU02 grown in ALKAUS-6 medium. Thus, ALKAUS-6 medium may have created favourable conditions for chlorophyll *a* synthesis by *S. platensis* KAU02.

Biochemical composition of *S. platensis* KAU02

The biochemical composition of *S. platensis* KAU02 is shown in Table 2. The biochemical composition of microalgae is important for determining quality and market value (Johnston, 1970). Microalgae biochemical composition can vary across culture conditions, even in the same culture medium. Oliveira et al. (1999) reported that the protein content of *S. maxima* was 70.24%, 68.01%, 68.67%, 64.58%, and 62.81% in the same cultured medium with temperatures of 20, 25, 30, 35, and 40 °C, respectively. Thus, it is important to determine the biochemical composition of *Spirulina* to ensure profitable production. Protein content of *S. platensis* KAU02 in biomass of ALKAUS-6 and Zarrouk's media was similar to that of the biomass *Spirulina* spp., which was grown in NaHCO_3 -pretreated seawater or an aerobic effluent-supplemented seawater (Leema et al., 2010). Affan et al. (2015) reported that the protein content of *S. maxima* was 58.15% and 63.42%, of biomass grown in AKSM-2-1 and SOT media, respectively. The protein content of *Spirulina* spp., over 55% is recommended by the USA natural food industry.

The lipid content of *A. platensis* KAU02 was not significantly ($p < 0.05$) different between the in biomass grown in ALKAUS-6 and Zarrouk's media. The lipid content of *A. platensis* KAU02 biomass ALKAUS-6 and Zarrouk's media was similar to the lipid content of *A. maxima* grown in pre-treated seawater and SOT media, in which the lipid content was 12.20 and 12.59%, respectively (Affan et al., 2015). Lipid content of *S. platensis* was 8.04 and 10.61% when cultured in modified Zarrouk's media prepared with undiluted seawater and Zarrouk's medium, respectively (Leema et al., 2010). Thus, it could be said that ALKAUS-6 medium may have created suitable circumstances which is similar to Zarrouk's medium for the synthesis of a sufficient quantity of lipid in the biomass of *S. platensis* KAU02.

The carbohydrate content of *A. platensis* KAU02 was not significantly ($p < 0.05$) different between the biomass grown in ALKAUS-6 and Zarrouk's media. The carbohydrate content of *S. platensis* KAU02 in biomass of ALKAUS-6 and Zarrouk's media was low in with carbohydrate content in biomass of *A. platensis* grown in freshwater and seawater (Villaro et al. 2023). Both soluble and insoluble carbohydrate content *S. platensis* were found to be increased with increasing concentrations of NaCl in the culture medium (Mutawie 2015). Previously, Affan et al. (2015)

reported that the carbohydrate content of *A. maxima* was higher in biomass grown in a pre-treated seawater medium than that of the biomass grown in the SOT medium. Lamela and Rocha (2000) reported that high carbohydrate content and low protein synthesis occurred in *S. maxima* due to physiological stress in seawater. However, the culture medium of ALKAUS-6, prepared with treated wastewater, did not show low protein synthesis and high carbohydrate content, which indicated that the culture medium would not be stressed for *S. platensis* KAU02.

S. platensis KAU02 culture in treated wastewater medium was addressed through the development of a culture medium using of lower concentration of carbonic salts in comparison with Zarrouk's medium. The growth performance and biochemical composition of *S. platensis* KAU02 cultured in treated wastewater showed similarities with Zarrouk's medium. Therefore, treated wastewater could be a good source of making *S. platensis* KAU02 culture medium after being enriched with NaHCO_3 and Na_2CO_3 , and KH_2PO_4 , which stimulates *S. platensis* KAU02. This study showed a lower production cost of *S. platensis* compared to conventional Zarrouk's medium. Thus, treated wastewater could be used following our invented method for industrial-scale production of *S. platensis* KAU02 in coastal and arid regions of the world.

Author Contributions: Conceptualization— investigation of resources, Affan, M. A. and Lafi, S. A. S., writing—original draft preparation, Affan, M. A. and Lafi, S. A. S.; writing — review and editing, Affan, M. A., and Lafi, S. A. S. Both authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research work was supported by the Faculty of Marine Sciences, King Abdulaziz University, Jeddah, the Kingdom of Saudi Arabia.

Informed Consent Statement: "Not applicable.

Data Availability Statement: All the data are available in this manuscript.

Acknowledgments: We are particularly grateful to the staff of the Department of Marine Biology, Faculty of Marine Sciences, and the Wastewater Treatment Centre, King Abdulaziz University, for allowing us to perform this study.

Conflicts of Interest: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Affan, M. A., Leea, D.-W., Jeona, S.-M., Noha, J. H., Heoa, S. J., Oh, C., Park, H. S., Khomayis, H. S., Kang, D.H. 2015. Bituminous coal and sodium hydroxide-pretreated seawater stimulate *Spirulina (Arthrospira) maxima* growth with decreased production costs. *Aquaculture*, 436:121-126. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.036>.
- Aiba, S., Ogawa, T. 1977. *Spirulina* medium (modified). Appendix A—Recipes for fresh water and seawater media. In: Andersen, R.A. (Ed.), *Algae Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press, Tokyo, p. 467.
- Alonso, D., Maroto, F. 2000. Plant as 'chemical factories' for the production of polyunsaturated fatty acids. *Biotechnol. Adv.* 18: 481–497.

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, Virginia, pp. 1–30 (chapter 4).
- Borowitzka, M. A. 1988. Vitamins and fine chemicals from micro-algae, in M.A. Borowitzka and L. J. Borowitzka (ed.), Microalgal biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge, p. 153-196.
- Borowitzka, M. A. and L. J. Borowitzka. 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University Press, U.K.
- Boussiba, S. and Richmond, A. E. 1994. Isolation and characterization of phycocyanin from the blue-green alga *Spirulina platensis*. Arch. Microbiol. 120:155–159.
- Cresswell, R. C., T. A. V. Rees, N., Shah. 1989. Algal and Cyanobacterial Biotechnology. Longman, Harlow.
- Dawouda, M. A., Eweab, H. A., Alaswad, S. O. 2022. The future of wastewater treatment and reuse in the Kingdom of Saudi Arabia. Desalination and Water Treatment, 263: 127-138.
- Effect of seawater on the biomass composition of *Spirulina* produced at a pilot-scale, New Biotechnology, 78: 73-179. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2023.11.002>.
- Gagneux M.S., Moreau, C., Gonzalez J. L., Cosson, R. P. 2007. Diatom artificial medium (DAM): a new artificial medium for the diatom *Haslea ostrearia* and other marine microalgae. J. Appl. Phycol. 19: 549–556.
- Hong, S.S. and Lee, N.H. 1993. Growth of *Spirulina platensis* in effluents from the wastewater treatment plant of a pig farm. J. Microbiol. Biotechnol. 3: 19–23.
- Jiang, L., Pei, H., Hu, W., Ji, Y., Han, L., Ma, G. 2015. The feasibility of using complex wastewater from a monosodium glutamate factory to cultivate *Spirulina subsalsa* and accumulate biochemical composition, Bioresource Technology, 180: Pages 304-310. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.01.019>.
- Lamela, T. and Rocha, M. J. F. 2000. Phycocyanin production in seawater culture of *Arthrospira maxima*. Cienc. Mar. 26: 607–619.
- Leema, J. T., Kirubakaran, R., Vinithkumar, N. V., Dheenan, P. S., Karthikayulu, S. 2010. High-value pigment production from *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* cultured in seawater. Bioresour. Technol. 101: 9221–9227.
- Litchfield, J. H. 1983. Single-cell proteins. Science, 219: 740–746.
- Lun, F. D. and Cheng, W. Z. (2006). Culture of *Spirulina platensis* in human urine for biomass production and O₂ evolution. JZUSB, 7: 34-37.
- Materassi, R., Tredici, M., Balloni, W. 1984. *Spirulina* culture in seawater. Appl. Microbiol. Biotechnol. 19: 384–386.
- Dawouda, M. A., Hatem A. E., Alaswad, S. O. 2022. The future of wastewater treatment and reuse in the Kingdom of Saudi Arabia. Desalination and Water Treatment, 263: 127-138.
- Mutawie, H. 2015. Growth and metabolic response of the filamentous cyanobacterium *Spirulina platensis* to salinity stress of sodium chloride. Life Science Journal. 12: 71-78.
- Oliveira, M. A. C. L., Monteiro, M. P. C., Robbs, P. G., Leite, S. F. 1999. Growth and chemical composition of *Spirulina maxima* and *Spirulina platensis* biomass at different temperatures. Aquac. Int 7: 261–275.

- Park, Y. I., Labrecque, M., Lavoie, J. M. 2013. Influence of elevated CO₂ and municipal wastewater feed on the productivity, morphology, and chemical composition of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. *ACS Sustain. Chem. Eng.* 1: 1348–1356. <https://doi.org/10.1021/sc400230q>.
- Parsons, T. R., Maita, Y., Lalli, C. M. 1984. *A Manual of Biological and Chemical Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford.
- Phang, M.S., Yeoh, B.G., Hashim, M. A. 2000. *Spirulina* cultivation in digested sago starch factory wastewater. *J. Appl. Phycol.* 12: 395–400.
- Pinho, M. A., Torres, R., Santanna, E. S. 2010. Alternative nutrient sources for *Arthrospira* (*Spirulina*) spp. cultivation. *The CEPPA Bulletin*, 28:159-68. 8.
- Pirt, S. J. 1975. *Principle of Microbe and Cell Cultivation*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Villaró, S., García-Vaquero, M., Morán, L., Álvarez, C., Cabral, E. M., Lafarga, T. 2023.
- Vorosmarty, C.J., Green, P., Salisbury, J., Lammers, R.B. 2000. Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289: 284–288.
- WHO, UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water GLAAS. 2014. *Investing In Water and Sanitation: Increasing Access, Reducing Inequalities*.
- Tassnapa, W. and Phinru, W. 2022. Evaluation of common wastewaters on the growth of the alga *Spirulina*. *J. App. Biology & Biotechnology*, 10: 33-38. DOI: 10.7324/JABB.2022.10s105.
- Zarrouk, C., 1966. Contribution a` l'e´tude d'une cyanophyce´ e. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch. et Gardner) Geitler PhD thesis University of Paris, Paris, France.
- Zhao, Y.G., Chen, Y., Miao, G., Zhao, H., Qu, W., Li, D., Li, D., Wang, Z., Liu, N., Li, L., Chen, S., Liu, P., Feng, D., Zhang, H. 2017. The ER-localized transmembrane protein EPG-3/VMP1 regulates SERCA activity to control ER-isolation membrane contacts for autophagosome formation. *Mol Cell.* 67:974 989. doi: 10.1016/j.molcel.2017.08.005.
- Zuo, Y, Wongsansilp T, Zhang X, Chen G, Wu Z. 2020. Continuous biomass and lipid production from a local chlorella-bacteria consortium in raw wastewater using volatile fatty acids. *Biotechnol Lett*, 42:1449-55.

Comparative Assessment of Image-Based Velocimetry Techniques for River Flow Monitoring: Accuracy, Efficiency, and Practical Implications

Farhan Kurniawan¹, Piet Lens², Sebrian Beselly³, and Claudia Bertini⁴

¹ Department of Meteorology, Faculty of Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; fkurniawan@stu.kau.edu.sa.

² IHE Delft, Department of Environmental Engineering and Water Technology, Netherland, Delft; plens@un-ihe.org

³ IHE Delft, Department of Coastal & Urban Risk & Resilience, Netherland, Delft; sbeselly@un-ihe.org

⁴ IHE Delft, Hydroinformatics and Socio, Netherland, Delft; cbertini@un-ihe.org

Abstract. Accurate river flow monitoring is critical for water resource management, yet traditional methods face limitations in cost, spatial coverage, and real-time applicability. This study evaluates two open-source image-based velocimetry techniques, Large Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) from openrivercam and Particle Tracking Velocimetry (PTV) from tractrac, using field observation data from the Wesenitz and Freiburger Mulde rivers in Germany. Orthorectified video footage was processed to estimate surface velocities, validated against Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) measurements. Results demonstrate that openrivercam (LSPIV) achieved higher accuracy ($R^2 = 0.57-0.62$, RMSE = 0.11–0.23 m/s) for large-scale flow patterns, while tractrac (PTV) offered finer spatial resolution but was sensitive to noise. Computational efficiency favored tractrac with processing times 50-70% faster than another velocimetry tool. A sensitivity analysis revealed that time resolution and transect placement significantly influenced accuracy, whereas spatial resolution had a nuanced impact. These findings provide actionable insights for selecting velocimetry tools based on monitoring objectives, advancing non-invasive river flow monitoring.

Keywords: image velocimetry, surface flow velocity, OpenRiverCam, Tractrac, LSPIV, PTV, in-situ measurement, ADCP validation

Introduction

Data availability remains a critical challenge for hydrological research in many developing countries, where limitations arise due to high equipment costs, insufficient technological infrastructure, and bureaucratic restrictions on access to government-held datasets (Heppner & Loague, 2008). In regions such as Indonesia, for instance, restricted access to daily precipitation datasets, despite being fee-based, often results in incomplete or missing data from numerous observation stations, ultimately hindering the effectiveness of hydrological (Rakhmalia, Soleh, Sartono, & Applications, 2020). Whereas, the need to contribute to conserving water resources for sustainable development

in SDGs and climate resilience actions relies on information and research of river flow conditions (Bianucci, Sordo-Ward, Lama-Pedrosa, & Garrote, 2024).

Additionally, traditional observational techniques, such as stream gauges and current meters, are often impractical in river systems characterized by complex cross-sections and variable water levels (Lee, Kim, Son, Min, & Choi, 2022). These challenges are further compounded by the geographical and financial constraints that result in sparsely distributed monitoring stations, limiting the spatial and temporal resolution of hydrological observations. High-resolution data on river surface velocities are essential for accurately characterizing hydrological processes, improving water resource management, and mitigating natural hazards (Mirus, Loague, Cristea, Burges, & Kampf, 2011). However, conventional measurement tools face limitations in data precision and deployment flexibility, while remote sensing techniques are often constrained in spatial coverage, particularly in narrow or cluttered observation environments (Hannah et al., 2011). Another approach from UAVs provided promising surface velocity estimation with more detailed and accurate data collection (Tauro, Porfiri, & Grimaldi, 2016) of remote landscapes and covered difficult-to-access areas (Eltner, Baumgart, Maas, Faust, & Landforms, 2015). The paper of (Jyoti, Medeiros, Sebo, McDonald, & Instrumentation, 2023) comparing aircraft technique with direct measurement hand-held velocimeter in point locations, also mentioned another benefit, that the measurement doesn't require external seeding as tracers for the rivers.

In recent years, image-based surface velocimetry has emerged as a promising, low-cost alternative for flow monitoring. Image-based approaches utilize inexpensive off-the-shelf cameras, employing various algorithms to estimate stream surface velocity (Meselhe, Peeva, & Muste, 2004). In general, the procedure of image-based analysis is as follows: data acquisition, pre-processing, image evaluation, and post-processing phase (Fujita, Muste, & Kruger, 1998). Common techniques include analyzing digital images with large-scale particle image velocimetry (LSPIV) (Le Coz, Hauet, Pierrefeu, Dramais, & Camenen, 2010) and particle tracking velocimetry (PTV) (Aleixo, Soares-Frazão, & Zech, 2011). Other approaches, like space-time image velocimetry and dimensionality-reduction algorithms, have also been employed to extract flow regime details from images (Tauro, Grimaldi, & Porfiri, 2014). These methods use recorded videos or images to estimate flow velocities, offering scalability and adaptability with minimal hardware requirements. Prior studies have evaluated LSPIV and PTV in controlled settings, but field-based comparisons are scarce. These two applications represent state-of-the-art open-source tools, yet their trade-offs in accuracy, efficiency, and sensitivity to environmental conditions are underexplored.

The overall aim of this study is to address the gap by a comprehensive comparison of two open-source tools, openrivercam (for LSPIV) (Winsemius et al., 2023) and tractrac (for PTV) (Heyman & Geosciences, 2019), for river surface velocity estimation. The research focuses on assessing their accuracy against ADCP measurement, sensitivity to spatial and temporal resolution, and their efficiency through computational latency and scalability.

The novelty of this research lies in the advanced approach of hydrological monitoring by providing the first comprehensive comparison of well-known image-based velocimetry tools under real-world river conditions, addressing a critical gap in prior lab-focused evaluation. This paper provides

evidence-based guidelines for selecting velocimetry techniques tailored to specific monitoring needs. The findings directly address practical challenges in water resource management by providing low-cost, non-invasive flow measurement in data-scarce regions, particularly in developing countries. The research can also bring support for real-time flood monitoring through rapid processing and high accuracy assessment, as well as enhancing the sustainability of water management by improving the accessibility of reliable data for stakeholders and policymakers

Materials and Methods

2.1. Project overview

This proposed study addresses the critical need for accessible, non-invasive river flow monitoring by conducting a comprehensive field-based evaluation of two open-source image-based velocimetry techniques: Large-Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) implemented in openrivercam (Winsemius et al., 2023) and Particle Tracking Velocimetry (PTV) via tractrac (Heyman & Geosciences, 2019). The research leverages field data from the Wesenitz and Freiberger Mulde rivers in Germany to assess the accuracy, computational efficiency, and environmental adaptability of these methods under real-world conditions. Orthorectified video footage, captured using terrestrial cameras (Canon EOS 500D/1200D and Casio EX-F1), was processed to estimate surface velocities, validated against reference Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) measurements from (Eltner, Sardemann, Grundmann, & Sciences, 2020). The methodology included rigorous orthorectification using ground control points (GCPs), and gray-scale normalization to enhance tracer visibility. To comprehend its ability under several conditions and changes, a sensitivity and flexibility test is computed for the proposed model with various schemes, evaluating the impact of temporal/spatial resolution and cross-section placement. By quantifying performance through the coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE), this work bridges a gap in hydrological monitoring literature, providing actionable insights for selecting context-appropriate tools in data-scarce regions. The workflow of this research is shown in **Figure 1** below.

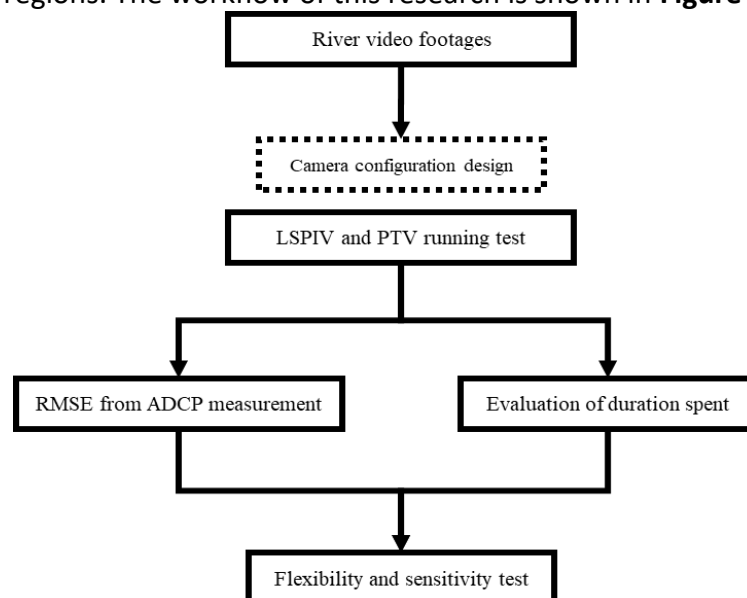


Figure 1: Flowchart of project overview

Study areas and data acquisition

Field campaigns were conducted at two contrasting river systems in Germany, the Wesenitz River (51.027249°N, 13.990514°E) and the Freiburger Mulde River (51.065340°N, 13.265547°E), presented in **Figure 2**. These sites were strategically selected to evaluate image-based velocimetry techniques under diverse hydrological and geomorphic conditions. The Wesenitz River, monitored on 31 March and 4 April 2017, features a semi-engineered channel with a paved riverbed and localized sandbanks, creating dynamic flow patterns at a discharge of 2.7 m³/s and water depths of 51 cm. In contrast, the Freiburger Mulde River, surveyed on 26 October 2016, represents a natural, meandering reach with non-uniform flow regimes, characterized by a discharge of 5.7 m³/s and water depths of 68 cm. These disparities in river morphology, ranging from modified to natural banks, enabled a robust assessment of velocimetry performance across variable turbulence, sediment loads, and illumination conditions.

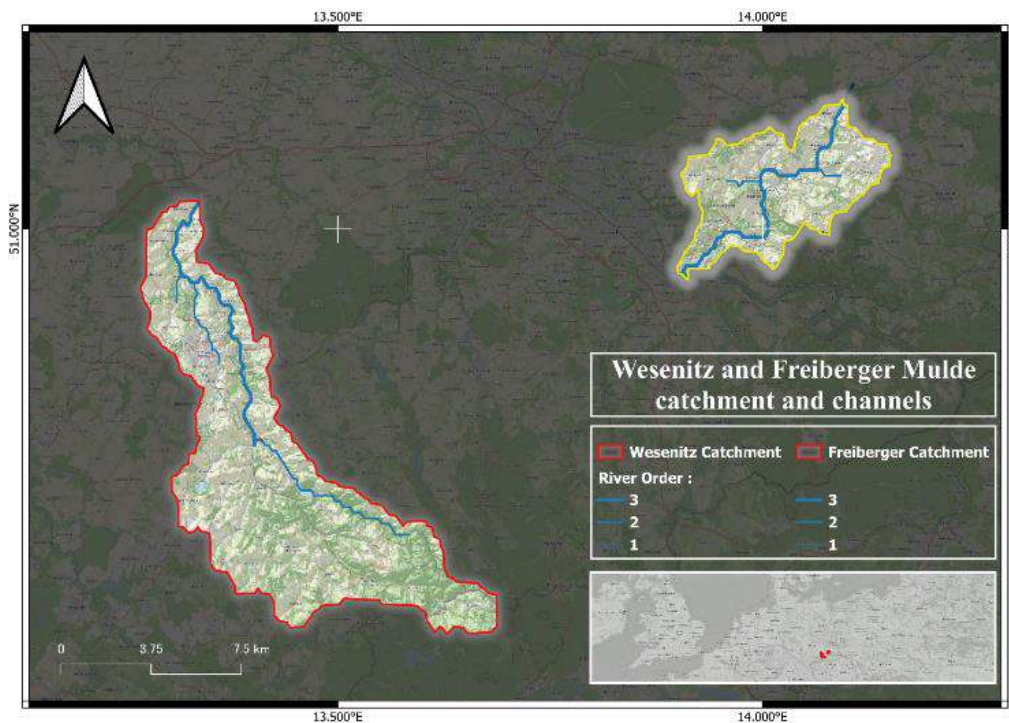


Figure 2 Map showing the Wesenitz and Freiburger Mulde River catchments

Video footage was captured using terrestrial cameras installed on bridges across the rivers. At the Wesenitz River, three cameras were used: a Canon EOS 500D (1280 x 720 pixels, 30 fps), a Canon EOS 1200D1 (1920 x 1080 pixels, 25 fps), and a Canon EOS 1200D2 (1920 x 1080 pixels, 25 fps). At the Freiburger Mulde River, a Casio EX-F1 camera (640 x 480 pixels, 30 fps) was used. The videos were recorded for durations ranging from 6 to 8 seconds, providing sufficient temporal resolution for velocimetry analysis. Ground control points (GCPs) were marked on the riverbanks and surfaces to facilitate orthorectification and normalization of the images.

As illustrated by Figure 3 below, the placement of devices is varied in several positions. In the Wesenitz River, two cameras, Canon EOS 500D and Canon EOS 1200D2, share the same point of

view. Installed on top of the bridge in the middle of the river site, these instruments captured the equal dimension on the left and right banks. A difference between these recorded videos can be seen; the first camera captured a wider dimension of the picture than the second-mentioned device, meaning there was a different configuration on the zoom settings of the camera. Another device, Canon EOS 1200D1, was placed on the left side of the river, recording a slightly bigger portion on the right side of the river, but was still able to reach the upstream part of the site. On another observation site, the Casio EX-F1 was positioned on the right side of the stream. This camera covered more frames of the left side of the river.

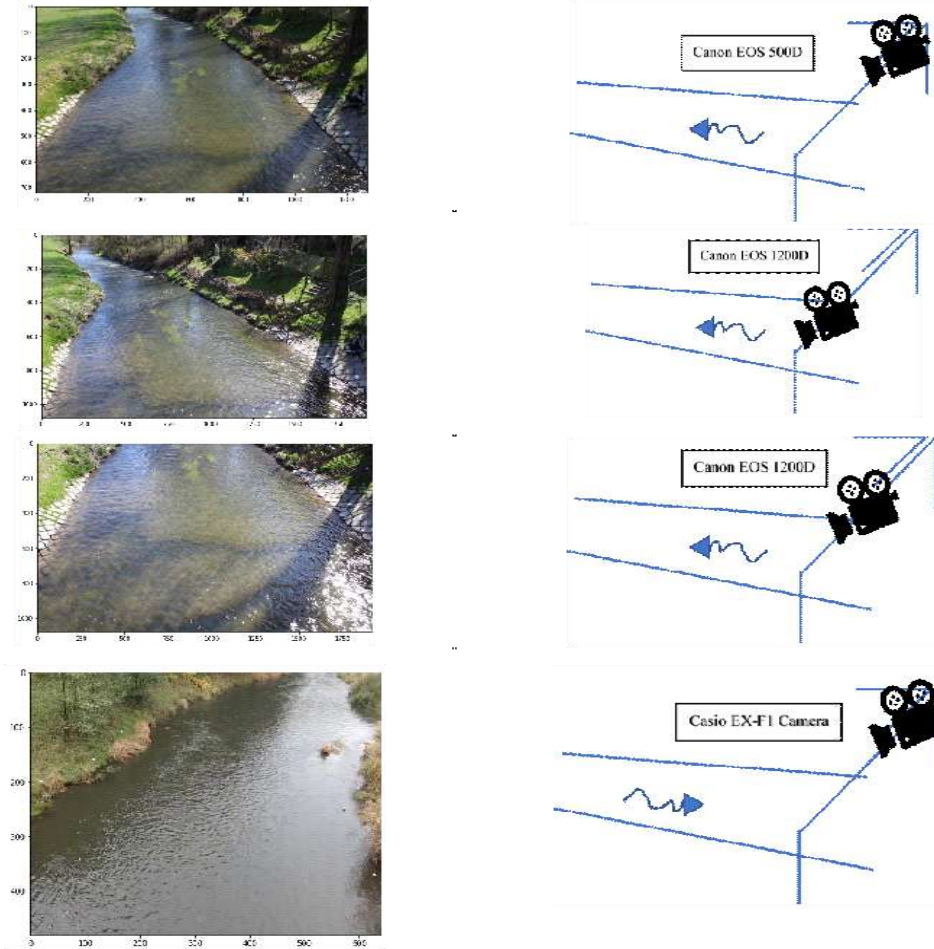


Figure 3 Captured frame and illustration of camera orientation in Wesenitz and Freiburger Mulde River catchments

As the evaluation dataset, the research of (Eltner et al., 2020) in Germany's rivers, the Wesenitz and Freiburger Mulde rivers, operating a moving boat approach for the ADCP measurement (**Table 1**), with the StreamPro program from RDI is applied. The profiles of water velocity were calculated with a blanking range of 14 cm near the water surface, and the datasets were computed using German Federal Institute of Hydrology software. Then, the cross-sectional areas were referenced from the boat track before the flow surface velocities could be extrapolated as base data for a comparison to

the image-based process. All the ADCP measurements from the profile were considered to extrapolate surface velocities.

Table 1 River velocity measured with ADCP on the observation sites

	Mean surface velocity (m/s)	Water depth (m)	Cross-section area (m ²)	Transec t points
Freiberger Mulde	0.60	0.68	11.75	153
	0.70	0.68	10.45	
	0.76	0.68	10.30	
Wesenitz	0.70	0.51	4.63	94

Orthorectification, normalization, and velocimetry analysis

To ensure accurate spatial measurements, the video frames were orthorectified and normalized. Orthorectification involved transforming the video frames to a nadir view (90-degree angle to the river surface) using GCPs. According to (Muste, Fujita, & Hauet, 2008), the 3D-transformation of the transformation coefficient from a hilly field of a project with high elevation differences demands at least six GCPs coordinates. However, in a gentle landscape where devices are installed at the same level as the water surface (2D transformation), the need for GCPs in the project location may be less. In this study, four GCPs were used for each site, with their real-world coordinates mapped to the pixel coordinates in the video frames. This step corrected for perspective distortions caused by the camera angle. Normalization involved converting the images to grayscale and enhancing the contrast between the water surface and tracer particles to improve the accuracy of velocimetry analysis. Two image-based velocimetry techniques were employed: Large-Scale Particle Image Velocimetry (LSPIV) using openrivercam and Particle Tracking Velocimetry (PTV) using trackrac.

As both LSPIV and PTV procedures work on the similarities between pairs of images and yield stream surface velocity distribution over the two-dimensional domain (Willert, Wereley, & Kompenhans, 2007), the LSPIV algorithm estimates stream velocity at the image subregion with its semi-Eulerian approach, while PTV prefers to observe the trajectory of individual tracer transiting in the measured river with the Lagrangian methodology (Tauro, Piscopia, & Grimaldi, 2017). For openrivercam (LSPIV), the workflow (**Figure 4a**) began with camera configuration, where a JSON file was created to define camera parameters, including lens type, field of view, and GCP coordinates. The orthorectified video was then processed to generate a 2D velocity field using the LSPIV algorithm. The algorithm divided the image into interrogation areas (25 x 25 pixels) and calculated the displacement of tracer particles between consecutive frames using cross-correlation. The output was a NetCDF file containing the 2D velocity field, which was then converted to a spatial transect for comparison with ADCP measurements.

For TrackRac (PTV), the workflow (**Figure 4b**) involved object detection using a median background subtraction method to identify moving particles in the video frames. The trajectories of individual particles were tracked across frames using a nearest-neighbor search, and velocity vectors were

calculated based on the displacement of particles over time. Outliers were filtered out using statistical criteria, and the final velocity field was generated as a 32-bit TIFF image.

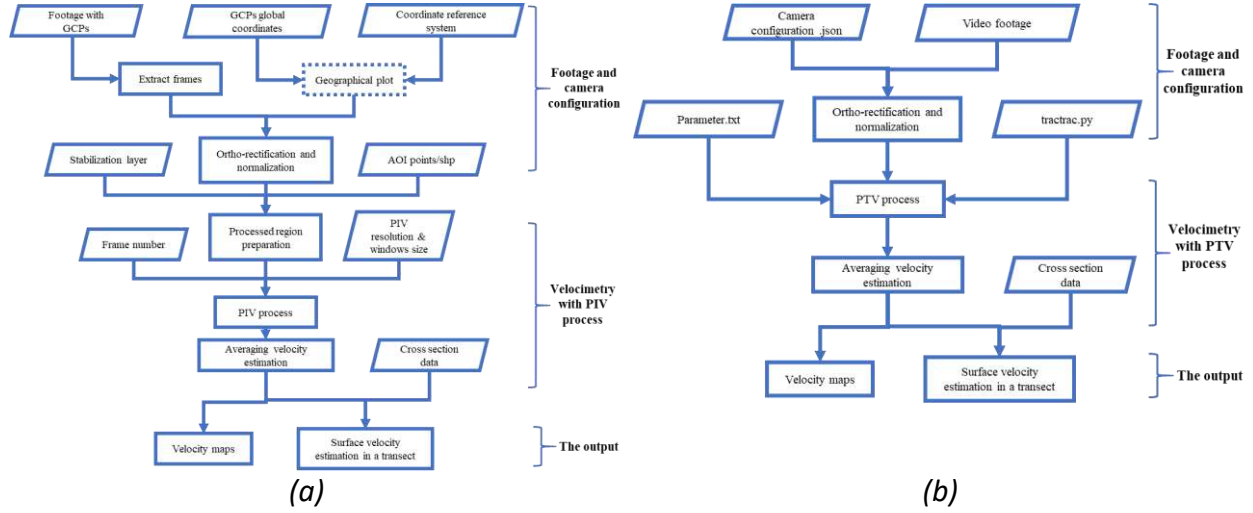


Figure 4 Workflow of the openrivercam process (a) and the tractrac process (b)

Reference measurement and evaluation

The accuracy of the image-based velocimetry techniques was evaluated using reference measurements obtained from an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). The ADCP measurements provided cross-sectional velocity profiles, which were used as the ground truth for comparison with the image-based results. At the Wesenitz River, a single cross-section with 94 observation points was measured, while at the Freiburger Mulde River, three cross-sections with 153 observation points were measured. The performance of the velocimetry techniques was evaluated based on accuracy and latency. Accuracy was assessed using the coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE) to compare the image-based velocity estimates with the ADCP measurements. Several previous studies related to the implementation of these error methods to compare fluid flow estimation can be seen in these papers (Legleiter & Kinzel, 2020).

The formula of R^2 can be written as (Zhang, 2017):

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} = 1 - \frac{\sum (v_i^o - v_i^p)^2}{\sum (v_i^o - v^a)^2}$$

The RMSE can be expressed as (Legleiter & Kinzel, 2020):

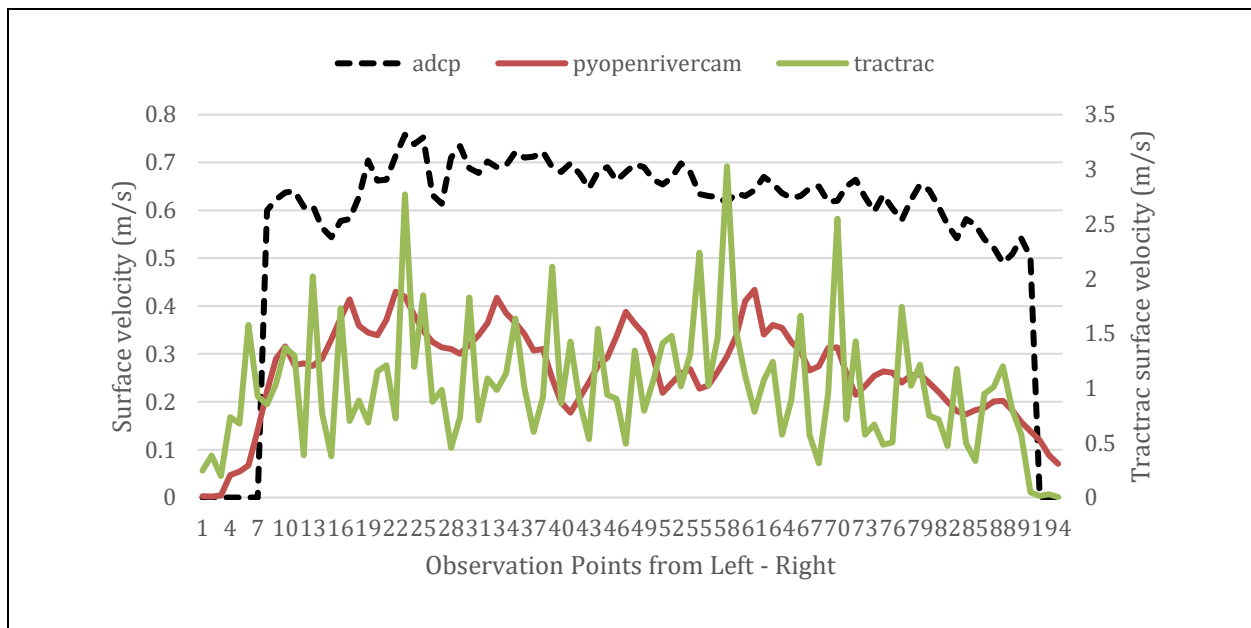
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i^o - V_i^p)^2}$$

Latency was measured by recording the time required to process the video footage for each technique, providing insights into computational efficiency. Additionally, a sensitivity analysis was conducted to evaluate the impact of varying parameters on the accuracy of the velocimetry techniques. The parameters tested included time resolution (number of frames used in the analysis: 100, 200, and 290 frames), spatial resolution (size of the interrogation area: 12 cm², 25 cm², and 50 cm²), and transect location (position of the cross-section line used for velocity extraction).

Results

Accuracy of Velocity Estimation

The performance of image-based algorithms in this study, represented by openrivercam and tractrac, is compared with the ADCP, being an established tool, as the reference data for analysing surface velocity estimation in the Wesenitz river. ADCP observation from Wesenitz River (**Figure 5a**) visualizes that, over the 94 observation points from left to right of the bank, the actual ADCP measurement shows a rapid increase of surface velocity near the riverbanks, with an average velocity around 0.5 to 0.7 m/s in the middle part of the river, before declining sharply towards the opposite side of the river. This sharp fluctuation on the side of the river was influenced by the no-stream condition or dry bed on the bank where ADCP took measurements at the first and last observation points. Openrivercam, as an LSPIV software, estimates a slightly lower value, ranging from 0.3 to 0.5 m/s, but still follows the overall trend of the ADCP measurement. While it still underestimates the surface current observation, it shows a smoother, which indicates the model's ability to filter out noise or fluctuations. On the other hand, Tractrac delivers higher discrepancies, with frequent spikes and dips, mostly overestimating the value retrieved by ADCP measurement, with the highest velocity data reaching above 3.0 m/s, as can be referenced on the x-axis on the right side of the graph below. In capturing the general velocity trend, the noise in this program dataset suggests high instability in the estimation process.



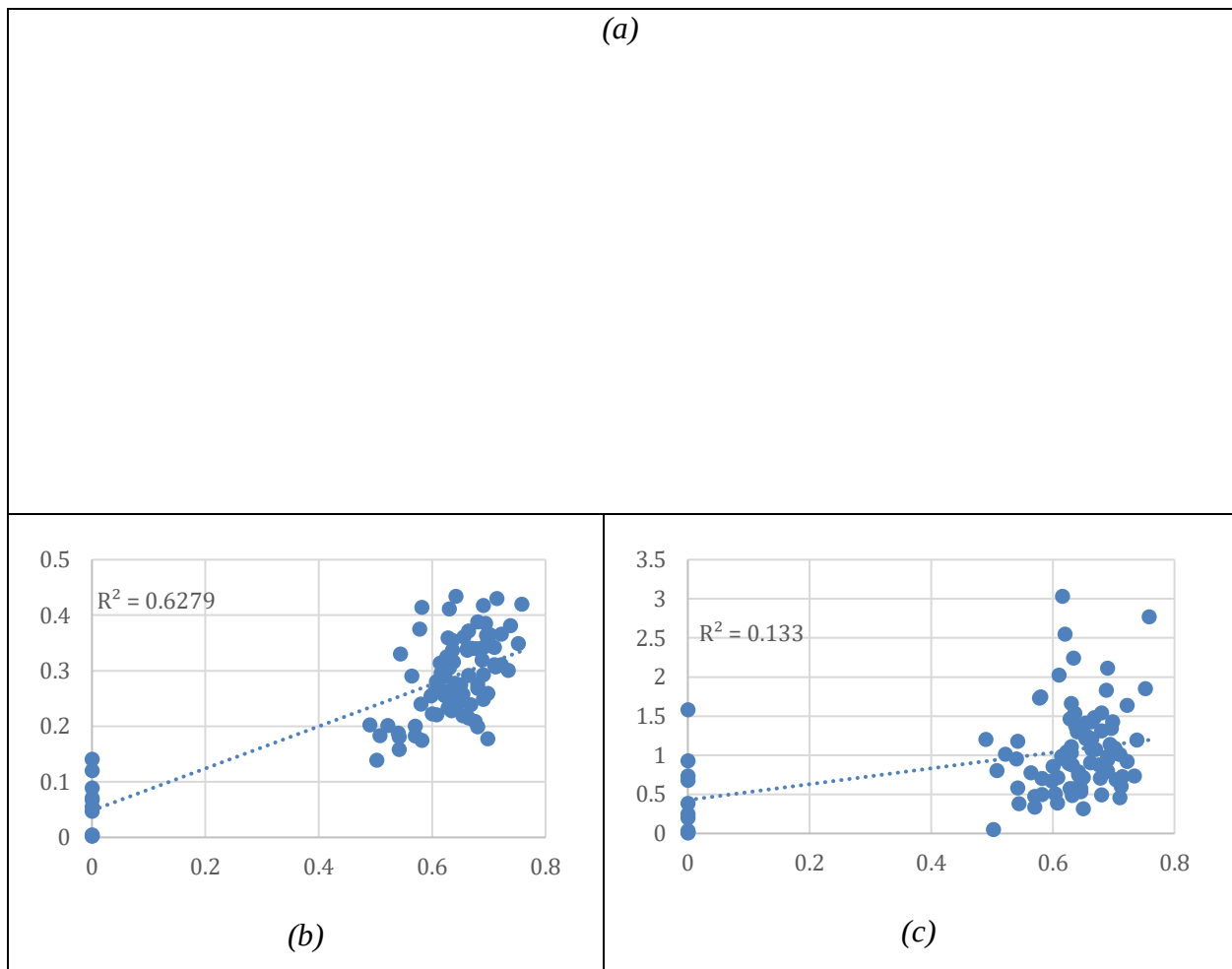


Figure 5 Field measurement (ADCP) values and surface velocimetry model (openrivercam and tractrac) comparison at the Wesenitz River with the Canon 500 Camera (a), with the coefficient of determination between ADCP with the openrivercam model (b) and the tractrac model (c)

The relationship between two model predictions with the actual surface velocity is provided with two scatter plots containing the coefficient determination to indicate the strength of each correlation. A moderate to strong positive correlation between the openrivercam estimation with measurements taken by ADCP can be seen in **Figure 5b**, with the data points clustered around the trendline. Although it still predicts lower values from ADCP, it still computes the main trend of the velocity information. A much weaker fit with the ADCP data, with 0.133 as its R^2 is shown from the correlation between the measurement data with the estimation velocity values from Tractrac. Significant variability in its prediction with numerous over across the range of velocities is proven by dispersed scatter points from the trendline. This indicates that this approach does not accurately predict the ADCP velocity patterns with too much noise and variability.

From another device at the same site, Canon 1200D1 provides an interesting output after the video footage is carefully computed with both programs in **Figure 6a**. Identical measurement values are provided from ADCP measurement, showing a rapid fluctuation of surface velocity on the left and

right banks, with a gentle movement in the middle part of the river. Openrivercam estimation still follows overall trends, which result in an increase-decrease of the surface velocity. While in several points the model does not predict accurate oscillations, the difference of value between the image-based computation with the measurement record is decreased, even from observation points 55 to 62, estimation values reach the level of ADCP measurement, resulting in a closer model projection. As for Tractrac calculation, much noise recorded gives a wider variability of velocity instability. A high over-estimation from this model, with velocity value scoping from 1.0 to more than 4.0 m/s against 0 to 0.8 m/s from ADCP assessment, proves that many evaluations should be considered to use the Tractrac program at this river.

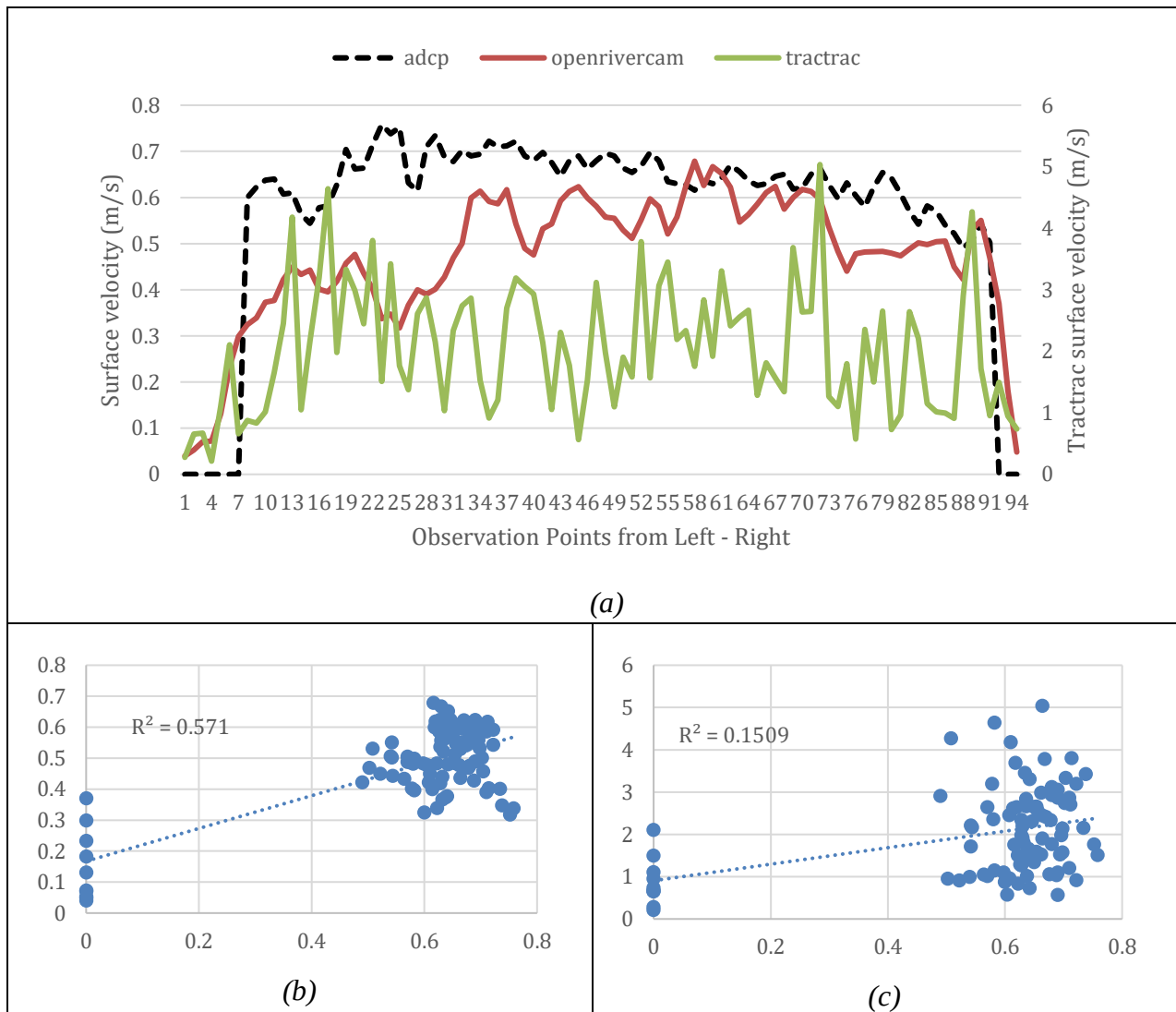
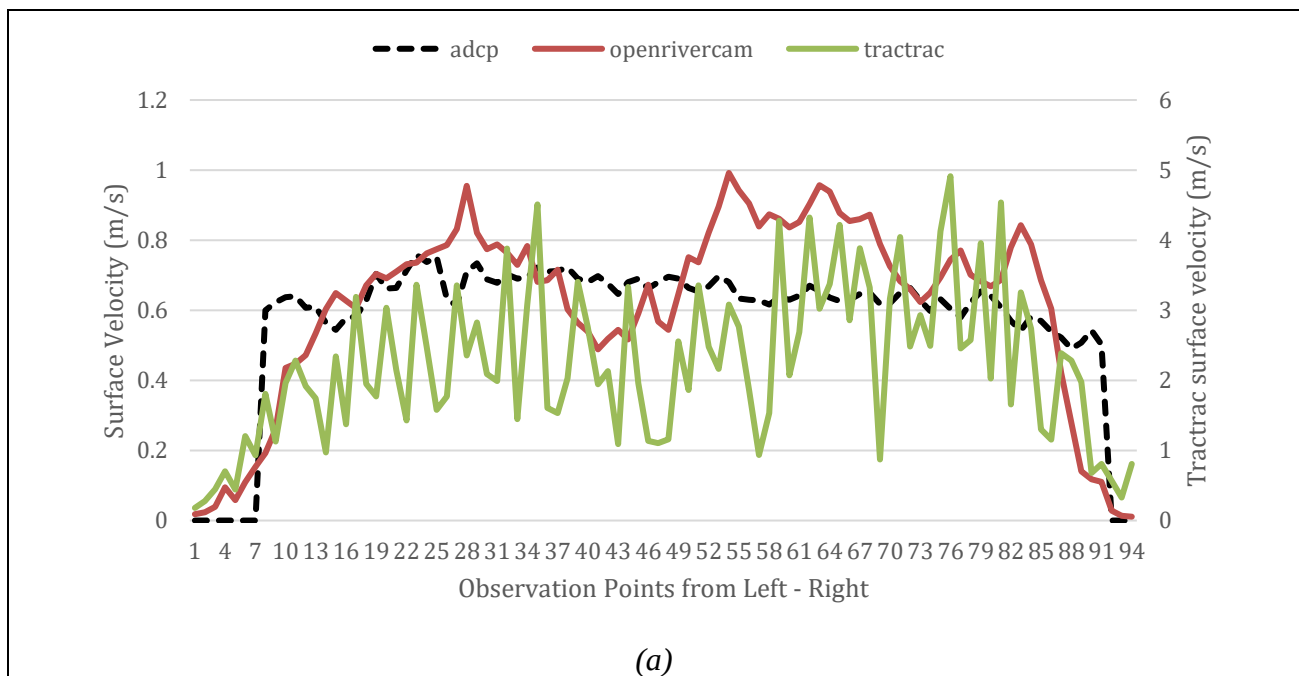


Figure 6 Field measurement (ADCP) values and surface velocimetry model (openrivercam and tractrac) comparison at the Wesenitz River with the Canon 1200D1 Camera (a), with the coefficient of determination between ADCP with the openrivercam model (b) and the tractrac model (c)

The strong correlation between image-based velocimetry approaches with actual observation is calculated with a coefficient of determination visualized in scatter plots in **Figure 6b** and **Figure 6c**. A moderate positive correlation ($R^2 = 0.571$) from the LSPIV technique delivered by the openrivercam software can be found with a dense circle around the trendline. It should be noted that although the gap between estimation and measurement values has declined, trend fluctuation from both values illustrates a coarse connection, resulting in a lower R^2 value from this model. Tractrac analysis output demonstrates a rougher correlation with the ADCP measurement with only 0.1509 estimation match with actual dataset. This low correlation value is presented with scattered points from the trendline, indicating that greater variability and noises do not fit the trend of what observation instrument was provided.

In the next graph, **Figure 7a** reveals the comparison between various techniques of surface velocity measurement and estimation with different devices and camera perspectives, even though the dataset still corresponds to the same river. As with the previous plot, the ADCP will be noted as the reference for surface velocimetry with image or pixel estimation. The actual flow dynamics still illustrate a relatively stable velocity in the middle of the profile with a high fluctuation on each side of the river. The data of openrivercam follows the ADCP trends with consistently higher values, reaching at fastest flows at approximately 1.0 m/s. The trend line is closely mirroring the ADCP measurement profile in terms of shape and flow pattern. However, the overestimation analysis output was computed across the entire range of the river. From tractrac computation, an extreme magnitude of surface current starting from 0.1 m/s to 4.9 m/s spread into 94 observation points. Discursive motions with large spikes and dips with some sections aligning the actual data indicate that tractrac possibly is more sensitive to local flow disturbances and capturing more noises.



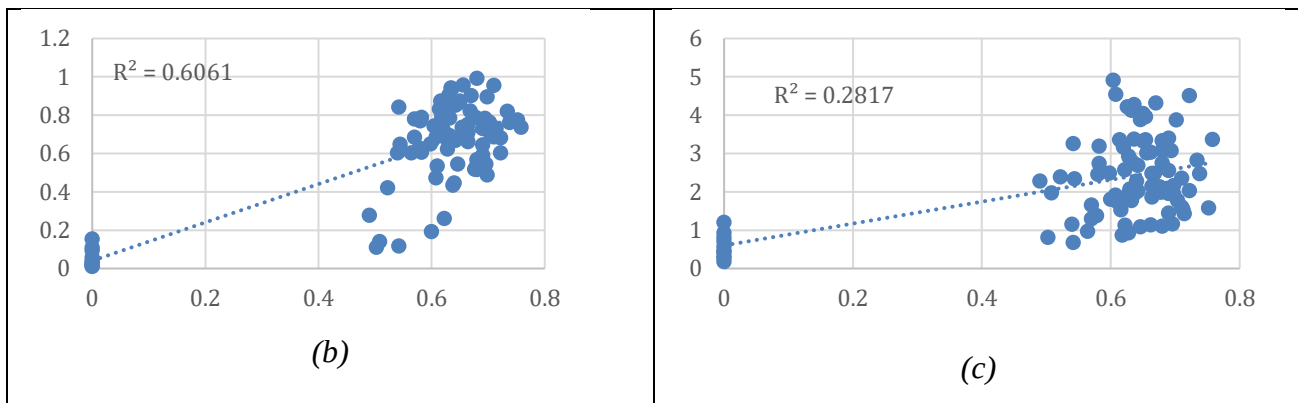


Figure 7 Field measurement (ADCP) values and surface velocimetry model (openrivercam and tractrac) comparison at the Wesenitz River with the Canon 1200D2 Camera (a), with the coefficient of determination between ADCP with the openrivercam model (b) and tractrac model (c)

Coming with a resembling statistical correlation output, a reliable coefficient determination is generated by the analysis of openrivercam, with the R^2 reaching 0.6061 compared with the ADCP dataset. Although several fields show over- and underestimation trends, the profile of the model establishes the pattern of the actual river flow, highlighted by dense clusters around the line. With dispersed correlation points in the Tractrac model computation, a weaker coefficient is found (0.2817). While the number is quite modest, this is the highest value among the other Tractrac and ADCP correlations. It can be stated that this image-based velocimetry model has a higher performance in analyzing with this type of camera device.

A comparison between model estimation and ADCP measurement for surface velocity measurement at the Freiburger Mulde River is presented in the graph below. With a total of 151 points of velocity observations, it can be seen that a gentle rise starts on the left side of the river until it reaches approximately 60 points at 0.8 m/s of surface velocity. The flow becomes more stabilized with less fluctuation in the middle of the river, ranging between 0.7 m/s and 0.9 m/s, before it sharply weakens to 0.2 m/s and loses power at the end of the right bank. The velocity profile computed by openrivercam generally presents a smooth trend following the movement of the actual river regime at the site. Visualizing a high match in terms of fluctuation shape, the gap between two values is shown in the underestimation of the model estimation, with the peak only reaching 0.6 m/s, then the ADCP values, which soar above 0.9 m/s. Tractrac analysis, with a much dissimilar velocity fluctuation with dips and spikes, on the other hand, offers high flow estimations stretching from 0 m/s to 4.5 m/s.

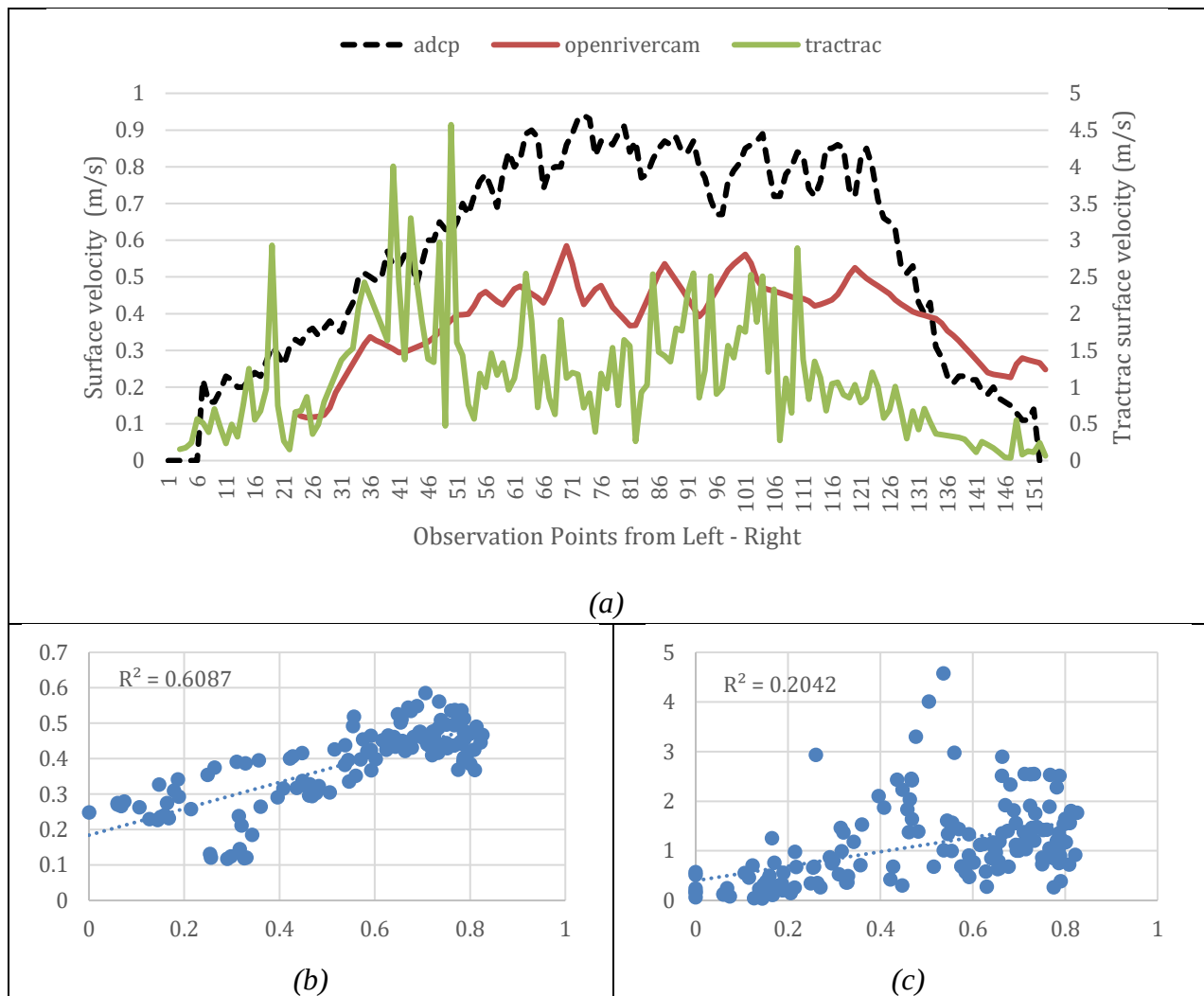


Figure 8 Field measurement (ADCP) values and surface velocimetry model (openrivercam and tractrac) comparison at the Freiburger Mulde River (a), with a coefficient of determination between ADCP with openrivercam model (b) and tractrac model (c)

A more delicate distribution of correlation points can be seen at the coefficient of determination between ADCP measurement with openrivercam estimation in **Figure 8b**. It can be explained that the flow rate fluctuates gently than what we have at the Wesenitz River. A positive correlation with a moderate strength is a prove that this software can deliver a proper velocimetry analysis with the image-based approach in real experiments. However, the Tractrac approach (**Figure 8c**) still generates a weak correlation even in the new river site. With several outliers spotted, the 0.2042 coefficient of determination indicates that the flow estimation from this algorithm cannot reflect the actual Freiburger Mulde flow condition.

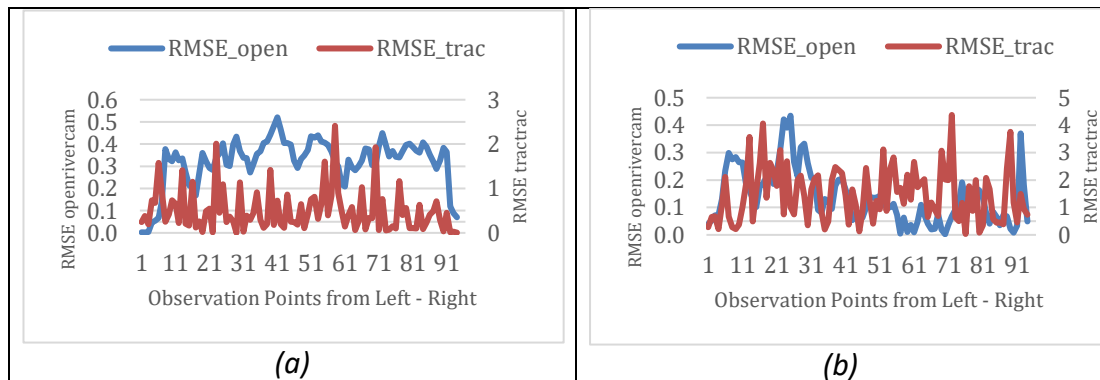
Spatial Error Distribution

An accuracy assessment by evaluating the error distribution was carried out to quantitatively measure the performance of OpenRiverCam and TracTrac programs in the previous section, reflecting the actual observation of surface water flow velocity magnitudes. Reference measurements were collected for each of the four samples in the form of transect lines. Based on this approach, a cross-section was established on each region of interest of the locations, with provided points obtaining both velocity information from the actual measurement and image-based computations. The detailed information retrieved from the transect points is summarized in **Table 2**, while a comparison of error metrics for each location is drawn in **Figure 9**.

Table 2 RMSE scores from reference measurement of surface flow velocities for each location.

River	RMSE (m/s)	
	Openrivercam	Tractrac
Wesenitz 500	0.34	0.68
Wesenitz 1200D1	0.17	1.74
Wesenitz 1200D2	0.17	1.94
Freiberger Mulde	0.28	0.91

The RMSE values reflect the average magnitude of the error between estimated velocities (from the openrivercam and the tractrac program) and the reference ADCP measurement. From **Table 2** above, lower RMSE values can be found in the openrivercam evaluation from all four site observation analyses. It demonstrates that this model consistently delivers a better performance than TracTrac in providing a more accurate estimation of surface velocities with lower error values. The relatively smaller divergent error between the model with the actual river assessment is computed in the Wesenitz site with Canon 1200D1 and Canon 1200D2 devices, which makes it possible to mistakenly predict the flow velocity only in 0.17 m/s. On the contrary, the highest error values can also be highlighted from this site with the same devices, but a different approach. Tractrac estimation gives more than 1.7 m/s error of flow velocity, possibly due to increased variability or noise in its computation, resulting in difficulties in capturing accurate surface flow dynamics.



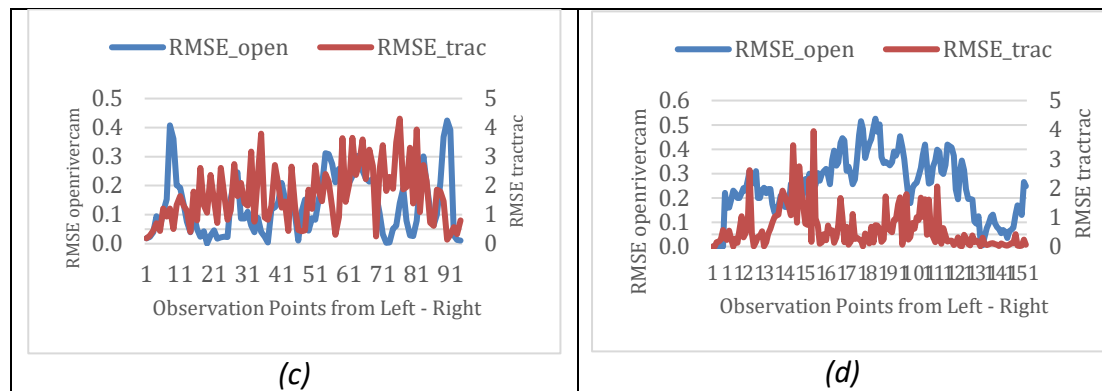


Figure 9 Root Mean Square Error (RMSE) values from models' output and actual campaign observations from the Wesenitz river with Canon 500 (a), Canon 1200D1 (b), and Canon 1200D2 (c) devices, and from the Freiburger Mulde river (d)

Figure 9 visualizes the distribution of statistical deviation in four observation sites from openrivercam and tractrac estimation against ADCP measurement. In general, Tractrac produces higher errors than the OpenRiverCam. In section (a), it can be seen that the magnitude between the model's estimation with the actual assessment varies from 0 to 0.5 m/s and from 0 to above 2.0 m/s in openrivercam and tractrac, respectively. While there is a notional variability of square error in tractrac analysis, the fluctuation in openrivercam draws a pattern where the low error appears on both sides of the river, while rapid ups and downs can be found in the middle of the river. In the Canon 1200D1 represented by **Figure 9b**, an abstract variation is illustrated by both models' outputs. However, it is notable that the square error provided by openrivercam reaches approximately 0.4 m/s while the highest number of errors from TracTrac rises above 4.0 m/s. Another Canon 1200D device in section (c) shows, in the tractrac model, an extreme increase in movement of the error values from the left side of the bank, before it intensively fluctuates in the middle of the river until the square error reaches more than 4.0 m/s, and it starts to decline on the right of the bank. On the contrary, openrivercam analysis highlights that the highest error values can be found on both sides of the banks, with error values more than 0.4 m/s, while lower values are established in the middle of the river. In the Freiburger Mulde River shown in **Figure 9d**, the openrivercam software illustrates a gentle rise of a square error on the left of the river. It reaches the maximum value at less than 0.6 m/s and starts to dive on the right of the banks. Another model gives a notion of fluctuation with the highest square error climbing until it almost reaches 4.0 m/s.

3.3. Computational Efficiency

The time required to process the image-based velocimetry analysis for surface velocity estimation using OpenRiverCam and TracTrac across various datasets is presented in **Table 3** below. This dataset illustrates the computational performance differences between the two models by reporting the time needed to process different quantities of frames in seconds for each river transect.

Table 3: Time needed to process the image-based analysis

	Number frames	Time needed (s)	
		Openrivercam	Tractrac
Wesenitz 500D	200	547.58	114.03
Wesenitz 1200D	200	767.00	210.10
Wesenitz 1200D II	200	408.83	150.03
Freiberger Mulde	180	174.52	139.03

In general, the result in **Table 3** above shows that OpenRiverCam software is consistently outperformed by Trackrac in terms of the speed of footage data processing. Tractrac requires less time to process image-based surface velocity estimation, with most of the time needed less than 200 seconds. Meanwhile, despite the high accuracy estimation by OpenRiverCam, the computation speed becomes the trade-off that requires the user to spend more time using this software. In comparison, velocimetry processed in the Wesenitz River, which has 200 frames with a generally higher resolution than the Freiberger Mulde site, by openrivercam took roughly 2.7 – 4.8 times longer than the time needed for Trackrac to generate the same analysis. For the Freiberger Mulde dataset, with fewer frames (180) and less spatial resolution value, the gap between the two models narrows. Openrivercam completes the analysis 1.25 times longer than TracTrac, with 174.52 seconds against 139.03 seconds.

Sensitivity Analysis

After extensive comparison with other methods, such as Tractrac, and examination of data accuracy, we have selected openrivercam as the preferred model due to its smoother and closer alignment with observed river dynamics from ADCP measurement. In this section, we focus on evaluating the flexibility and sensitivity of the model under various experimental conditions. The study site chosen for further evaluation is the Wesenitz River, which provides a diverse flow environment ideal for testing different model configurations. The analysis will be conducted using a Canon 1200D2 camera, which has been selected for its high-quality image-capturing capabilities, ensuring precise data collection for the selected model. As the primary objective here is to understand how well openrivercam performs under varying conditions, the specific purpose of this section is to explore how well the model's behavior changes with changes in temporal and spatial resolution, and by shifting the cross-section location of the river.

Higher and lower time resolution

The velocimetry analysis from image-based starts as cameras capturing the dynamics of the liquid surface in a sequence of consecutive frames, allowing the reconstruction of the local flow velocity by identifying the movements of the tracer particles between pairs of subsequent frames (Pumo, Alongi, Ciraolo, & Noto, 2021). The evaluation to know how the model reacts to the shifting of time resolution in this analysis is determined by the variation of frame quantity supplied to the model. The evaluation was conducted at the same observation site along the Wesenitz River, where 94 observation points were analyzed. The model was tested under three different time resolutions: normal conditions with 200 frames, a higher time resolution with 290 frames, and only 100 frames

inputted to see how a lower time resolution influences the model performance. Overall, the alteration of frame amount follows the normal trend as expected, with velocities increasing towards the middle of the river and decreasing near the banks. There are two spikes spotted, and it can be seen that the fewer frame conditions gave a higher surface velocity estimation of around 1.2 m/s, while the others only reached less than 1.0 m/s. Reducing the number of frames also decreases the smoothness of the model, which impacts the model's ability to capture rapid changes in flow velocity. On the contrary, increasing the number of frames improves the detailed flow of information over time. It can be shown that the red profile, representing more time resolution, gives a smoother profile, particularly in areas with previously fluctuating velocities. The comparison output can be depicted in **Figure 10** below.

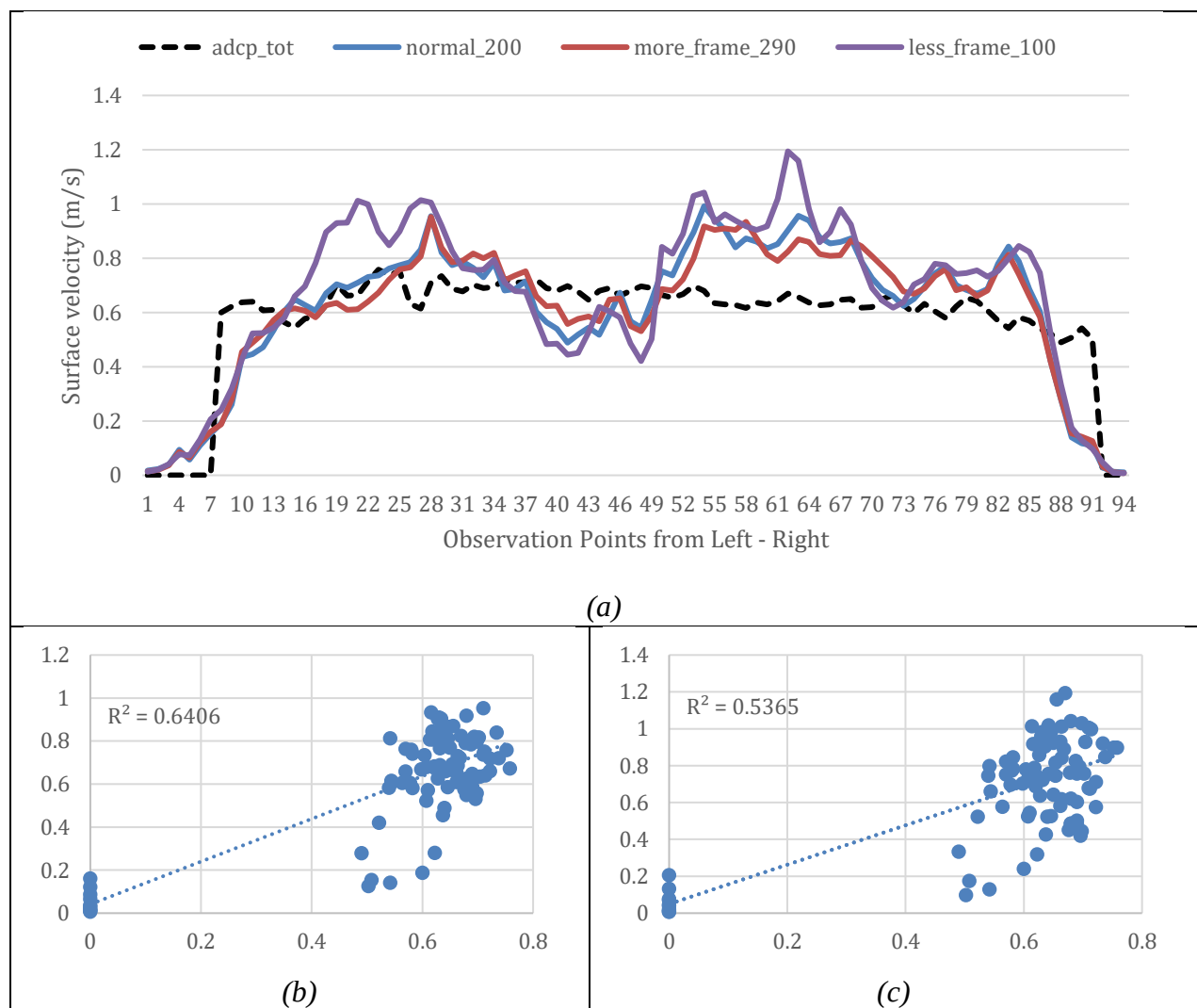
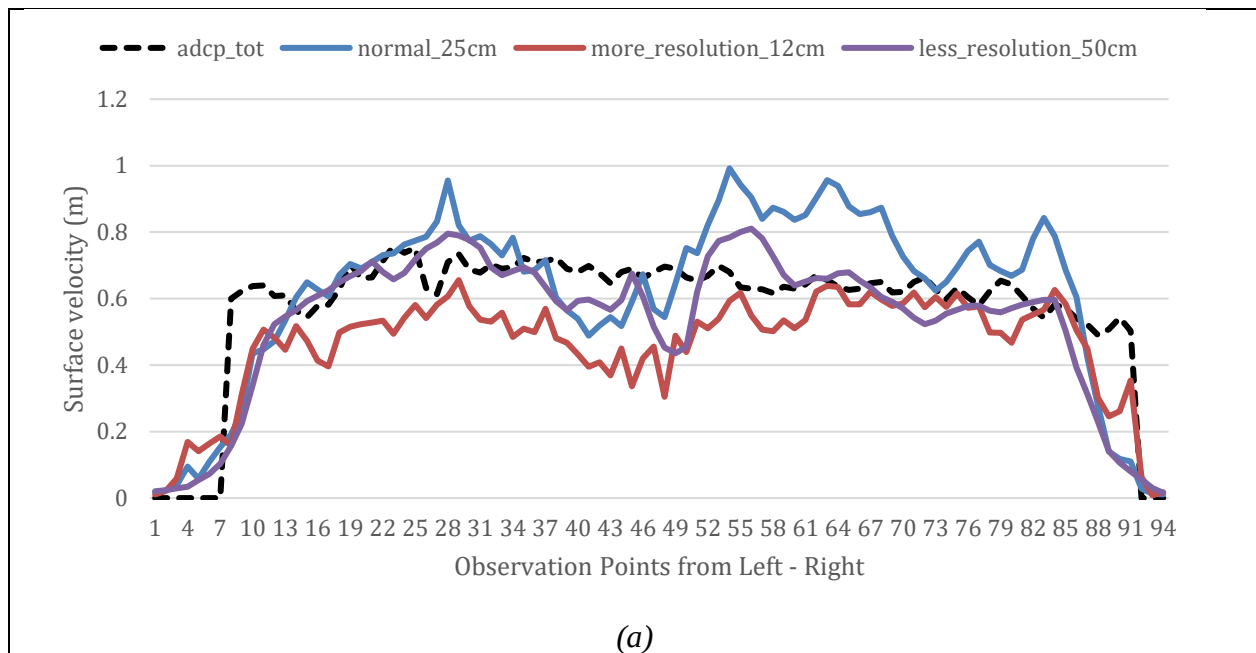


Figure 10 Surface velocity values comparison between the normal (200 frames) and treated image-based process (a), with the coefficient of determination for the increased number (b) to 290 frames, and reduced number (c) to 100 frames

The relation between the actual assessment of river dynamics with the changed models in terms of frames' quantity is determined with the coefficient of determination analysis. For base comparison, the normal time resolution with 200 frames supplied to the model gives a strong correlation with R^2 reaching 0.6061, capturing the velocity variation and following the general current regime across the river. A slight improvement in model accuracy is reflected by adding more frames to the model. The higher frame rate provides better data consistency and reduces noise to give a more precise estimation. In contrast, reducing the number of frames from the video footage resulted in lower accuracy compared to the normal resolution, with a 0.5365 coefficient of determination. The reduced frame rate brings more variability and noise, which results in less reliable velocity predictions.

Higher and lower spatial resolution

In this section, the investigation of the effects of varying spatial resolution on the accuracy of the openrivercam model in estimating surface velocities across a river cross-section along the Wesenitz River is established with several computed pixel settings (**Figure 11**). The normal condition configures a 25 cm x 25 cm pixel resolution in each PIV computation, while 12 cm x 12 cm and 50 cm x 50 cm grids are used for the finer and the coarser inputted resolutions, respectively, in this image-based analysis. From the line graph, we can see that, generally, the treated models show underestimation trends compared with the normal model. In the middle of the section, the variability flows computed by these algorithms range only from 0.3 m/s to 0.8 m/s. However, this estimation can match more with the actual ADCP measurement, providing smoother profiles along the river, but still capturing localized flow patterns.



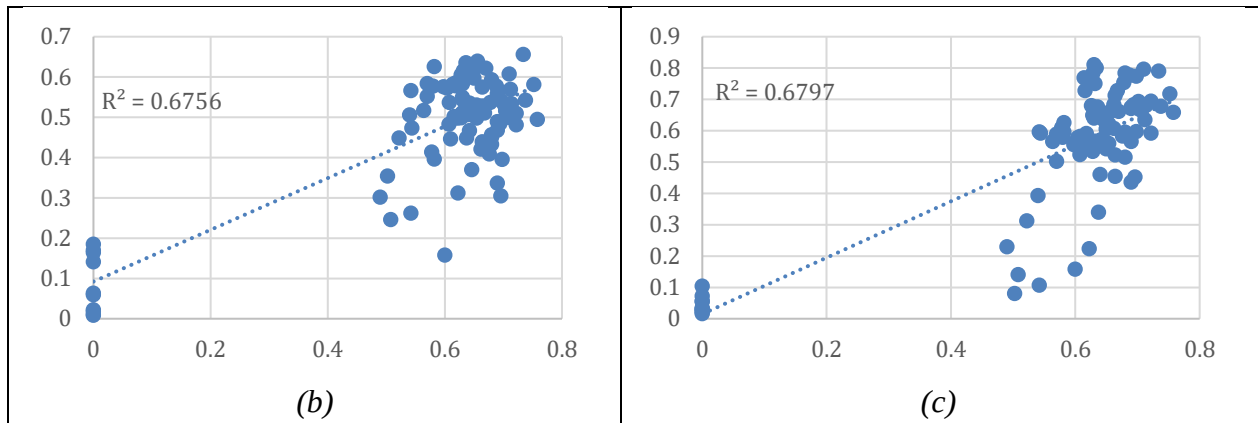


Figure 11 Surface velocity values comparison between the normal (20 cm) and treated image-based process (a), with the coefficient of determination for the increased value (b) to 12 cm and reduced value (c) to 50 cm of spatial resolution.

A surprising output comes from the coefficient of determination resulting from both spatial resolution conditioned models. With a normal grid, the correlation between openrivercam computation with actual ADCP measurement has shown a robust performance with a 0.6061 coefficient. However, significant increases in model accuracy are reflected by both actions in reducing and increasing the grid size of the frame. The improvement of R^2 to 0.6756 from increased spatial resolution occurs from a finer resolution (**Figure 11b**), allowing for a more detailed representation of the flow. It leads to a smoother and closer alignment between the model with the reference ADCP data. Surprisingly, a coarser quality of the spatial resolution also provides an improvement of the R^2 value to 0.6797 in **Figure 11c**. This result suggests that in certain conditions, a coarser pixel grid can still capture the general flow trends effectively. It can be implemented if the observation site's flow dynamics are relatively smooth across the cross-section.

Movement of the cross-section

Transect location is an important requirement to comprehend the surface velocity across the river site. With more than 90 points of observation at the Wesenitz site, a slight error in locating the cross line potentially influences the output of the computation of surface velocity. In this part, the sensitivity of the model for transect shifting is explored to recognize what impact appears compared with the initial condition. Firstly, the normal transect position is located in pixel number four on the x-axis. Then, the line was shifted to pixels one and three along the x-axis to know what profiles are generated with these conditions. In general, moving the transect does not seem to have much difference in terms of velocity trends. Some gentle fluctuation can be recognized in the middle of the river, with three of the models sharing similar behavior. However, in the moved transect number one, the greater variability is depicted in the middle of the river surface, creating the highest and the lowest values, which deviate from the ADCP reference data. Meanwhile, in another treated model, although at first glance it shares an identical profile, the yellow line captures the movement slightly later than the normal situation. It creates discrepancies with the flow variation between normal and shifted transect surface current estimation.

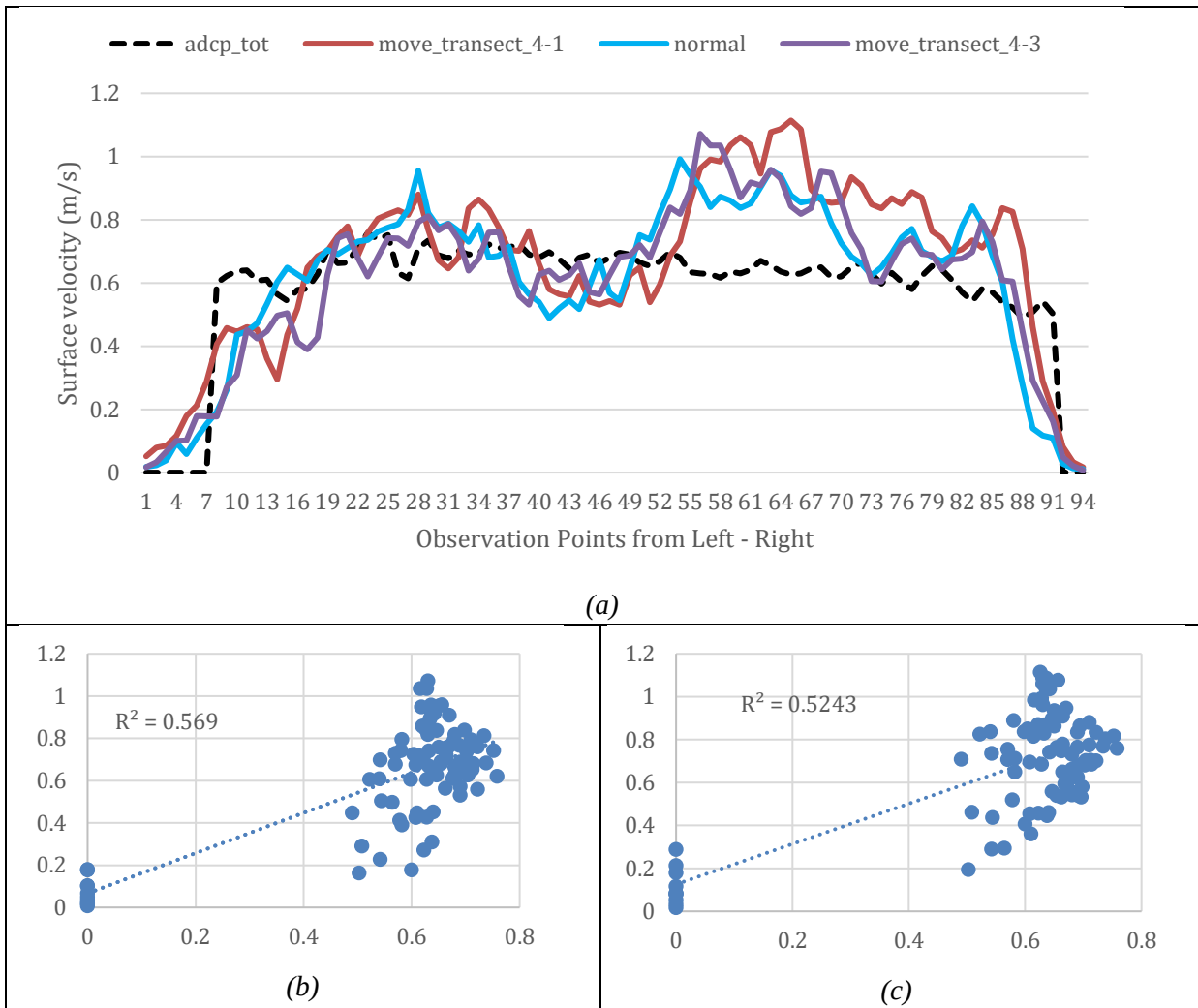


Figure 12 Surface velocity values comparison between the normal and treated image-based process (a) with the coefficient of determination for the displacement of the transect to pixel number 3 (b) and pixel number 1 (c)

With a strong initial correlation with the previous transect, changes in the coefficient of determination value from the transect shifting are expected. Although this treatment results in a reduction of accuracy in the velocity prediction, shifting the transect location has a notable finding that relates the accuracy point to the water direction. In the normal line scenario, the cross-section is positioned in the lower stream and gives a strong correlation with the actual river dynamics. Placing the line to the upper stream on pixel number 3 provides a slightly less accurate value than the normal one, with a 0.569 correlation, presented in **Figure 12b**. However, once the observation line is shifted to a further upstream location, the R^2 declines sharply to 0.5243 on pixel number 1, as it is illustrated in **Figure 12c**. This analysis indicates that the model's performance is sensitive to the location of the transect, with areas closer to the riverbank introducing more complexity and reducing predictive accuracy.

Discussion

The result of this study provided insight into the accuracy and latency differences between two image-based velocimetry programs, OpenRiverCam with its LSPIV approach and Tractrac utilizing the PTV method. Comparative analysis from this study reveals distinct performance characteristics from both applications that inform their optimal applications. LSPIV approach through the openrivercam application presents an excel in natural river monitoring operational, demonstrating superior accuracy ($R^2 = 0.57-0.62$ vs. PTV's $0.13-0.28$) in capturing large-scale flow patterns across all field sites. It produced more stable velocity estimation (RMSE $0.11-0.34$ m/s) by analyzing image patterns rather than individual particles from the PTV approach, proving it robust against natural tracer variability (Tauro et al., 2017). Significant research also refines this finding, with a study by (Bradley, Kruger, Meselhe, & Muste (2002) showing that the water regime measurement with LSPIV in a stage station provides high accuracy within the estimated standard error for the current meter compared with direct observation for a stream in Iowa with a drainage area of around 150 km^2 . Research by (Creutin, Muste, Bradley, Kim, & Kruger, 2003) also presented a high estimation of LSPIV measurement with a stationary remotely operated camera for instantaneous discharge data set in a 70 m cross-section of the Iowa River. On the other hand, Tractrac offers niche advantages for more detailed studies. This system suffered from inaccuracy results caused by several reasons, such as particle misidentification from reflection, supported by (Hauet, Creutin, & Belleudy, 2008), who noted that several parameters that still hinder the extraction of accurate PIV-based velocities are illumination conditions, sunlight reflection, and the image ortho-projection process. Another potential drawback comes from its sensitivity to illumination changes during the normalization process (Aguirre-Pablo, Alarfaj, Li, Hernández-Sánchez, & Thoroddsen, 2017). Despite all the shortfalls, the PTV approach showed potential in laboratory and small-scale studies where controlled seeding is possible and turbulence analysis outweighs absolute accuracy needs (Tauro et al., 2017). This research also reveals unexpected insights from camera specifications applied in the observation site. While higher-resolution cameras (1920×1080) generally improved LSPIV accuracy with a turndown of 18% of RMSE, the performance of PTV was more affected by environmental and field conditions, highlighted by the research of (Sutarto, 2015), with the orthorectification process.

Based on the comparative and sensitivity analysis, guidelines for implementing image-based velocimetry in real-world scenarios can be proposed. Openrivercam (LSPIV) is the preferred choice for routine river monitoring and discharge estimation due to its robust accuracy ($R^2 = 0.57-0.62$) and stability across varying natural conditions. Optimal results are achieved with more than 280 frames and a less fine 50 cm^2 interrogation area to balance processing time and spatial resolution. Supplying the velocimetry process with 280 frames (9 to 10 seconds) can drop the error points, as well as reduce the percentage of it against the average of the stream flow score, while generating the computation with an increased dimension of interrogation area can lift the accuracy point and reduce the error ratio. The last action to perform an ideal velocimetry analysis is to make sure the cross-section position is not shifting at all. While a small misplacement impacts only a small amount of error addition, the fluctuation of inaccuracy performance increases as far as the position changes from its original place. For more detailed turbulence or sediment transport studies, PTV from the Tractrac tool offers finer-scale velocity data, but requires more controlled environments to mitigate

errors from reflections and particle misidentification. A minimum of 30 fps is recommended to capture rapid flow dynamics. A hybrid approach is suitable to perform emergency flood monitoring analysis with LSPIV for reliable bulk discharge calculations and PTV for identifying localized hazards. This strategy aligns with SDGs targets by enabling adaptive water resource management in data-scarce regions (Ovink, Rahimzoda, Cullman, & Imperiale, 2023).

Several limitations appeared in this study must be acknowledged. Flow conditions available during the analysis were low-to-moderate flow velocity (<1.5 m/s). Field tests in high-velocity or sediment-laden rivers remain uncertain. The environmental dependencies also hamper the output accuracy, which is influenced by lighting conditions and natural tracer availability, which is not well-covered in this paper. Customization on applying image stabilization and correcting tracers' movement potentially reduces the streamflow rate measurement by 20% to 30% (Detert, 2021), pointing how the importance of tracer and video quality. Coming from those limitations and expanding the applicability of image-based velocimetry, extreme flow testing, and tracer deployment systems should be applied. The future project can validate techniques in flash floods (>2 m/s) and hyper-concentrated flow to assess robustness under extreme conditions. Developing hybrid approaches combining natural tracers for LSPIV and biodegradable artificial particles for PTV can improve accuracy in low-tracer environments. These recommendations address key operational trade-offs between accuracy, resolution, and computational efficiency, providing a framework for practitioners to select context-appropriate tools. Future work should also explore real-time integration with low-cost sensors to enhance accessibility.

Conclusion

The focus of this study was to generate a comprehensive evaluation of two open-source image-based velocimetry techniques, openrivercam (LSPIV) and tractrac (PTV), for river flow monitoring under real-world conditions. Our findings demonstrate that openrivercam delivers superior accuracy ($R^2 = 0.57\text{--}0.62$) and reliability for large-scale surface velocity estimation, making it particularly suitable for operational monitoring in diverse river environments. While Tractrac offers finer spatial resolution, its sensitivity to environmental noises and particle tracking errors limits its standalone use for field applications, though it remains valuable for laboratory-scale turbulence studies. The research highlights critical trade-offs between accuracy, computational efficiency, and environmental adaptability, providing practitioners with evidence-based guidelines for technique selection. Key operational factors such as frame count (> 280), spatial resolution (50 cm²), and precise transect placement significantly influence performance outcomes. These insights address a pressing need for accessible, non-invasive flow monitoring tools, particularly in resource-limited regions where traditional methods are impractical. With several limitations occurring in this study, future work should focus on validation in extreme flow conditions, with hybrid tracer availability, and explore real-time system integration to further bridge the gap between scientific innovation and practical water resource management. By advancing scalable, cost-effective monitoring solutions, this study contributes directly to global efforts in sustainable water governance and climate resilience under SDG 6.

Author Contributions:

In this research, several contributions from the authors are provided below. Conceptualization, Farhan Kurniawan and Sebrin Beselly; methodology, Farhan Kurniawan; software, Farhan Kurniawan, Sebrin Beselly, and Claudia Bertini; validation, Piet Lens and Sebrin Beselly; formal analysis and investigation, Farhan Kurniawan; resources, Piet Lens and Sebrin Beselly; writing – original draft preparation, Farhan Kurniawan; writing – review and editing, Farhan Kurniawan; supervision, Piet Lens, Sebrin Beselly, and Claudia Bertini. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Acknowledgments:

First and foremost, I would like to praise Allah the Almighty for His blessings and strength granted to me during my studies and in completing this thesis. May His blessings also be upon Prophet Muhammad, one of my greatest role models, who inspires me through every difficulty I face in life. I would like to express my deepest gratitude to Prof. Piet Lens, my supervisor, for his invaluable support during many crucial stages of this work. His encouragement and suggestions were instrumental in reminding me that a thesis is not only about research and writing but also about time management, effective presentation, and discipline. This endeavor would also not have been possible without the wonderful support of my mentors, Mas Sebrin and Claudia, who generously shared their knowledge and expertise. Thank you for your extraordinary patience in dealing with me. Both of you have taught me a valuable lesson: to be smart, you don't need to be a stickler.

Special thanks to my IHE batch, hundreds of amazing people from around the world. Believe me, our stories will always be there, sometimes waiting, until they finally soar to the sky.

I must also mention my family, especially my parents. Thank you for believing in me, even when I sometimes struggled to believe in myself. Your calls, reminding me to keep praying, mean the world to me. To my sisters, thank you for always laughing at my failures and never giving me that worried look. Because, without anyone knowing, we've declared that, together, we will smile in the face of every challenge.

Lastly, a small thank you to the orange bikes, coffee machines, and air fryer

Funding:

This research received no external funding

Conflicts of Interest:

The authors declare no conflicts of interest

References

- Aguirre-Pablo, A. A., Alarfaj, M. K., Li, E. Q., Hernández-Sánchez, J. F., & Thoroddsen, S. T. J. S. r. (2017). Tomographic particle image velocimetry using smartphones and colored shadows. *7*(1), 3714.
- Aleixo, R., Soares-Frazão, S., & Zech, Y. J. E. i. f. (2011). Velocity-field measurements in a dam-break flow using a PTV Voronoï imaging technique. *50*, 1633-1649.
- Bianucci, P., Sordo-Ward, A., Lama-Pedrosa, B., & Garrote, L. J. S. o. t. T. E. (2024). How do environmental flows impact on water availability under climate change scenarios in European basins? , *911*, 168566.

- Bradley, A. A., Kruger, A., Meselhe, E. A., & Muste, M. V. J. W. R. R. (2002). Flow measurement in streams using video imagery. *38*(12), 51-51-51-58.
- Creutin, J., Muste, M., Bradley, A., Kim, S., & Kruger, A. J. J. o. h. (2003). River gauging using PIV techniques: a proof of concept experiment on the Iowa River. *277*(3-4), 182-194.
- Detert, M. J. W. R. R. (2021). How to avoid and correct biased riverine surface image velocimetry. *57*(2), e2020WR027833.
- Eltner, A., Baumgart, P., Maas, H. G., Faust, D. J. E. S. P., & Landforms. (2015). Multi-temporal UAV data for automatic measurement of rill and interrill erosion on loess soil. *40*(6), 741-755.
- Eltner, A., Sardemann, H., Grundmann, J. J. H., & Sciences, E. S. (2020). Flow velocity and discharge measurement in rivers using terrestrial and unmanned aerial vehicle imagery. *24*(3), 1429-1445.
- Fujita, I., Muste, M., & Kruger, A. J. J. o. h. R. (1998). Large-scale particle image velocimetry for flow analysis in hydraulic engineering applications. *36*(3), 397-414.
- Hannah, D. M., Demuth, S., Lanen, H. v., Looser, U., Prudhomme, C., Rees, G., . . . Tallaksen, L. M. (2011). Large-scale river flow archives: importance, current status and future needs.
- Hauet, A., Creutin, J.-D., & Belleudy, P. J. J. o. H. (2008). Sensitivity study of large-scale particle image velocimetry measurement of river discharge using numerical simulation. *349*(1-2), 178-190.
- Heppner, C. S., & Loague, K. J. J. o. e. q. (2008). Characterizing long-term hydrologic response and sediment transport for the R-5 catchment. *37*(6), 2181-2191.
- Heyman, J. J. C., & Geosciences. (2019). TracTrac: A fast multi-object tracking algorithm for motion estimation. *128*, 11-18.
- Jyoti, J. S., Medeiros, H., Sebo, S., McDonald, W. J. F. M., & Instrumentation. (2023). River velocity measurements using optical flow algorithm and unoccupied aerial vehicles: A case study. *91*, 102341.
- Le Coz, J., Hauet, A., Pierrefeu, G., Dramais, G., & Camenen, B. J. J. o. h. (2010). Performance of image-based velocimetry (LSPIV) applied to flash-flood discharge measurements in Mediterranean rivers. *394*(1-2), 42-52.
- Lee, H. W., Kim, M., Son, H. W., Min, B., & Choi, J. H. J. J. o. H. R. S. (2022). Machine-learning-based water quality management of a river with serial impoundments in the Republic of Korea. *41*, 101069.
- Legleiter, C. J., & Kinzel, P. J. (2020). Inferring surface flow velocities in sediment-laden Alaskan rivers from optical image sequences acquired from a helicopter. *Remote Sensing*, *12*(8), 1282.
- Meselhe, E., Peeva, T., & Muste, M. J. J. o. H. E. (2004). Large-scale particle image velocimetry for low velocity and shallow water flows. *130*(9), 937-940.
- Mirus, B. B., Loague, K., Cristea, N. C., Burges, S. J., & Kampf, S. K. J. H. P. (2011). A synthetic hydrologic-response dataset. *25*(23), 3688-3692.
- Muste, M., Fujita, I., & Hauet, A. J. W. r. r. (2008). Large-scale particle image velocimetry for measurements in riverine environments. *44*(4).
- Ovink, H., Rahimzoda, S., Cullman, J., & Imperiale, A. J. J. N. W. (2023). The UN 2023 Water Conference and pathways towards sustainability transformation for a water-secure world. *1*(3), 212-215.

- Pumo, D., Alongi, F., Ciraolo, G., & Noto, L. V. J. W. (2021). Optical methods for river monitoring: A simulation-based approach to explore optimal experimental setup for LSPIV. *13*(3), 247.
- Rakhmalia, R. I., Soleh, A. M., Sartono, B. J. I. J. o. S., & Applications, I. (2020). PENDUGAAN CURAH HUJAN DENGAN TEKNIK STATISTICAL DOWNSCALING MENGGUNAKAN CLUSTERWISE REGRESSION SEBARAN TWEEDIE. *4*(3), 473-483.
- Sutarto, T. E. J. P. E. (2015). Application of large-scale particle image velocimetry (LSPIV) to identify the flow pattern in a channel. *125*, 213-219.
- Tauro, F., Grimaldi, S., & Porfiri, M. J. P. O. (2014). Unraveling flow patterns through nonlinear manifold learning. *9*(3), e91131.
- Tauro, F., Piscopia, R., & Grimaldi, S. J. W. R. R. (2017). Streamflow observations from cameras: Large-scale particle image velocimetry or particle tracking velocimetry?, *53*(12), 10374-10394.
- Tauro, F., Porfiri, M., & Grimaldi, S. J. J. o. H. (2016). Surface flow measurements from drones. *540*, 240-245.
- Willert, C., Wereley, S. T., & Kompenhans, J. (2007). Particle image velocimetry: a practical guide. In: Springer.
- Winsemius, H., Annor, F. O., Hagenaars, R., Van de Giesen, N., Luxemburg, W., & Hoes, O. (2023). Towards open access and open source software for image-based velocimetry techniques.
- Zhang, D. J. T. A. S. (2017). A coefficient of determination for generalized linear models. *71*(4), 310-316.

Methods to Improve Indoor Environmental Quality (IEQ) in Classrooms in Hot Climates

Yousef khoja¹ and Mohanad Bayomi²

¹ Faculty of Architecture and Urban Planning, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia;
yousef.m.khoja@gmail.com

² Faculty of Architecture and Urban Planning, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia;
Mohannad.bayoumi@gmail.com

Abstract. As classrooms become increasingly crowded, there is a clear need to establish defined criteria for designing educational spaces. Overcrowding in classrooms can significantly increase the concentration of CO₂, which may negatively impact the students' health and their ability to learn. This research study aimed to understand the situation in an average classroom at King Abdulaziz University by measuring CO₂ levels over a full school day using monitoring equipment. The results showed that CO₂ concentrations exceeded the limits of acceptable values set by ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). A proposed solution where a digital model of the classroom was developed and simulative tools were applied to create virtual classrooms was implemented. Several strategies, including architectural changes, modifications to schedule-driven ventilation systems, redesign of indoor climate control elements, and change point analysis techniques, were incorporated into simulations. This allowed for the assessment of existing parameters against proposed alternatives, yielding safer designs regarding critical CO₂ concentration values while supporting appropriate learning conditions. Soundly based recommendations are provided in the conclusion section for informed decision-making, aimed at designing efficient future classrooms and developing practical criteria for actively improving educational spaces.

Keywords: Education, Indoor Environmental Quality, Students' Performance, Indoor Air Quality, Classroom

Introduction

Indoor Environmental Quality (IEQ) refers to the condition of a building's internal environment as it relates to the health and welfare of the occupants. "Indoor environmental quality (IEQ) refers to the quality of a building's environment in relation to the health and well-being of those who occupy space within it" [1].

In modern societies, achieving optimal learning standards, cultural development, and education has increasingly become a primary objective. Competition in this area has necessitated constant evaluation and advancement of educational systems and facilities. One of the most significant challenges for these societies is population density, which fosters a greater demand for access to education on a regional basis [2].

The increase in student enrolment has resulted in larger class sizes, which have revealed increasing deficiencies relative to acceptable indoor air quality standards. Previous studies have established that poor Indoor Air Quality (IAQ), especially excess carbon dioxide concentration, also known as CO₂, has been proven in many studies on school-aged students to be detrimental to their health and academic achievement [3].

To solve these problems correctly, strategies for ventilation systems are also crucial. Natural ventilation is one of the most cost-effective techniques applicable; however, its usefulness is limited by local weather conditions. In mechanically cooled regions, hot areas provide an alternative, though they can be quite energy-greedy [4].

Materials and Methods

Research Sample

The research sample was a classroom located on the second floor of King Abdulaziz University, building number 535. The floor area of the classroom is 7.5 × 9.14 meters, with a total of 40 occupants. The classroom depends on a central air conditioning system and contains three fixed windows.

Data Collection

This research was conducted using quantitative analysis. After selecting the research sample, an appointment was scheduled to take measurements on 07/10/2019. The measurements were conducted over the course of a full working day. During this period, the classroom windows remained closed, relying solely on mechanical ventilation. Only during sessions was the door open. Other than that, the door was always kept closed, especially during lectures.

The main goal of the design system was to identify methods to improve indoor air quality in existing classrooms. The research evaluated natural, mechanical, and hybrid ventilation systems through simulation techniques. Multiple trials were conducted and compared through IDA ICE simulation software to detect the most effective outcomes in each scenario. This iterative process allows for further development of the design criteria, helping to improve the existing architectural guidelines for educational buildings. Furthermore, the simulation presents a clear picture of the maximum number of students per classroom, enhances ventilation schedules, and proposes spatial optimization [5]

Measurement and Environmental Inputs

HOBO MX1102 CO₂ logger was used inside the classroom for the CO₂ concentration measurement. Throughout a working day, the device recorded CO₂ levels, temperature, and relative humidity every 10 minutes. At the center of the classroom, the CO₂ logger was placed at a height of 1.1 meters above the floor. Figure 1 shows an illustration of the device location [6].

Under normal indoor conditions, the reading accuracy for the **HOBO MX1102** can reach up to ±50 ppm ±5% with a CO₂ measurement range of 0 to 5,000 ppm. The measurement range of the temperature is 0°C to 50°C with an accuracy of ±0.21°C; meanwhile, the accuracy of the relative humidity is ±2% and recorded from 1% to 90% [6](Onset Computer Corporation, 2023).

The device follows standardized protocols for indoor environmental monitoring, and it is factory-calibrated.

Moreover, **IDA ICE** simulation software provided an integrated weather database for external climate conditions. The software collects the meteorological data using the nearest official weather station. In this case, the weather station is located at **King Abdulaziz International Airport in Jeddah, Saudi Arabia**. These data were essential for accurately simulating natural ventilation performance and validating energy and air quality models under real climate conditions [5].

Simulation Modeling

Following the identification of elevated indoor CO₂ levels above acceptable limits, a building simulation model was developed using **IDA ICE 4.8** to test various ventilation strategies. The model achieved a simulation error rate of 5.46% when compared to real-world measured data, ensuring acceptable accuracy for scenario testing. Through multiple simulation runs, various mechanical, natural, and hybrid ventilation systems were evaluated to identify the most effective solution for improving indoor air quality and energy performance within the constraints of the existing classroom design [5].

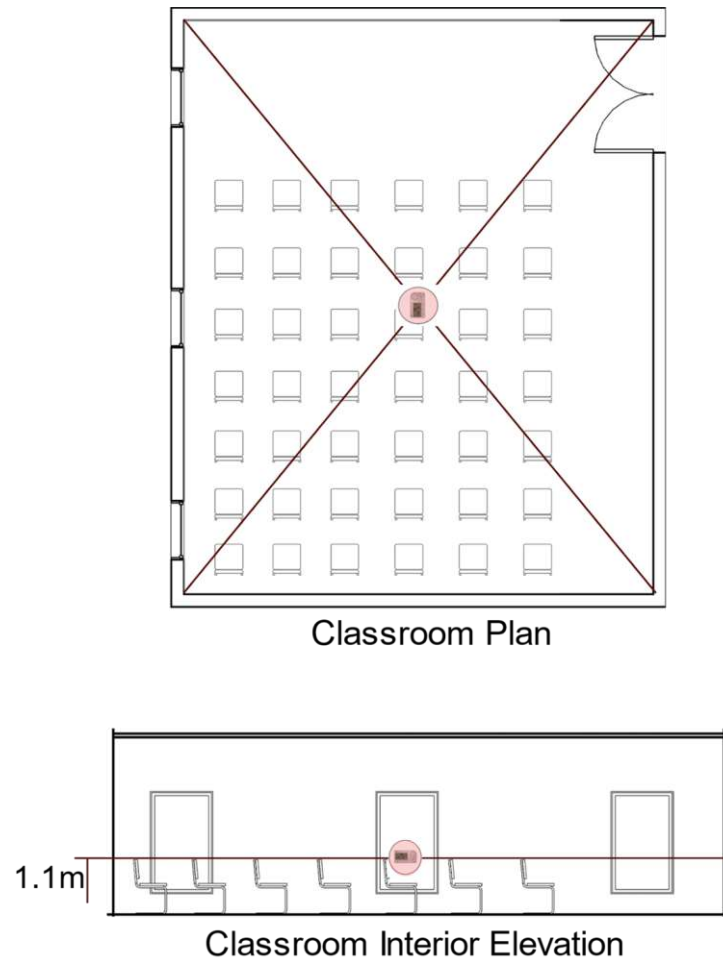


Figure 1. An image showing the placement of the measuring device (HOBO MX CO₂ logger) inside the classroom.

Results

Analysis of Measurement Results

CO₂ levels began to rise as soon as students were present in the classroom, and the longer they remained, the higher the concentration became. After just one hour of occupancy, the CO₂ concentration exceeded **1,000 ppm**, surpassing the recommended indoor air quality threshold defined

by **ASHRAE Standard 62.1**, which indicates the need for immediate improvements in ventilation and fresh air intake.

Figure 2 illustrates the CO₂ concentration profile over a full working day (5:00 AM to 5:00 PM). Notably, CO₂ levels remained above **1,000 ppm** between **10:00 AM and 2:00 PM**, coinciding with peak student occupancy. This highlights the direct relationship between occupancy density and indoor air degradation.

In terms of thermal conditions, **Figure 3** presents the air temperature data collected over the same period. Temperature readings remained consistently between **22°C and 23°C**, which reflects the stability provided by the central air-conditioning system. No natural ventilation was used during this period, and the classroom remained closed, relying solely on mechanical ventilation, with doors open only between lectures.

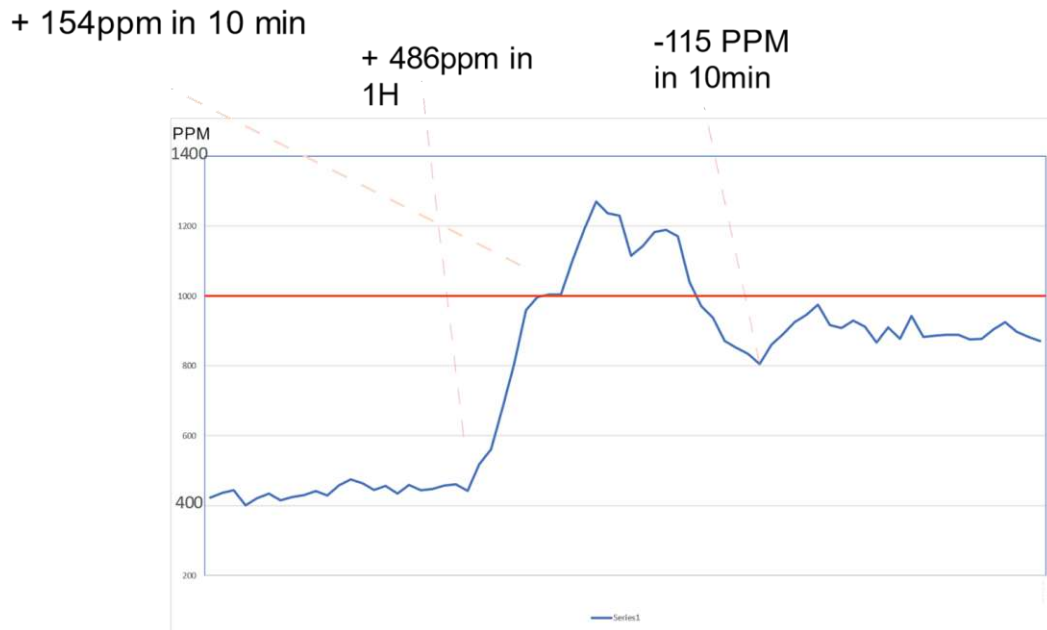


Figure 2. A graph showing the results recorded by the HOBO MX1102 carbon dioxide logger for measuring CO₂ levels during a school day.

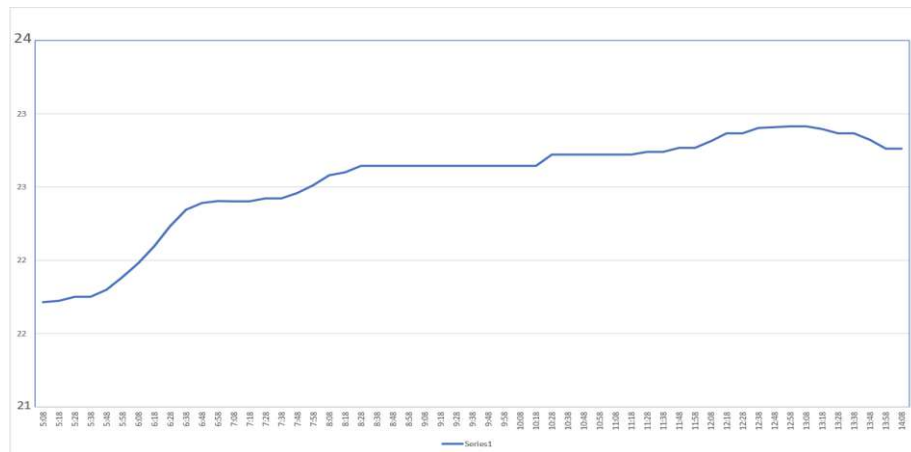


Figure 3. A graph showing the results recorded by the HOBO MX1102 carbon dioxide logger To measure temperatures over a

Building Simulation Model

Following the field measurements, which confirmed that indoor carbon dioxide concentrations exceeded international health-based standards, a **digital simulation model** of the classroom was developed using **IDA ICE** software. The main purpose of the simulation is to evaluate the outcome of various ventilation strategies, like natural, mechanical, and hybrid, on the indoor air quality, energy efficiency, and thermal comfort. The model accurately reflected the architectural dimensions of the classroom, HVAC configuration, window placements, and actual occupancy schedules. It was calibrated using the real-world CO₂ data collected on-site. The **error margin** between the measured and simulated values was calculated at **5.46%**, confirming the reliability of the model for further scenario testing.

- **Figure 4** presents the 3D digital model used in the simulation, showing spatial geometry, HVAC placements, and boundary conditions.

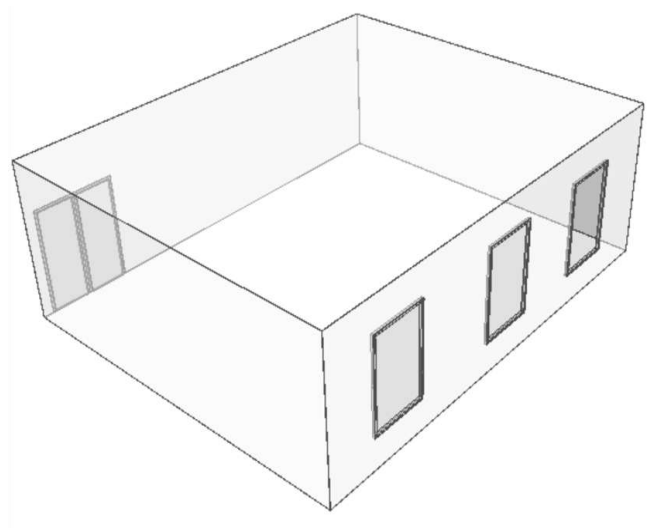


Figure 4. An illustration of the classroom's geometrical shape. Curated in IDA ICE software for simulation of the classroom indoor environmental

- **Figure 5** displays a comparative graph showing the close alignment between **measured CO₂ levels** and **simulated data**, reinforcing the accuracy of the calibration.

Scenario Planning

Scenario 1: Adaptive Window Operation

This scenario examined the potential of mitigating indoor CO₂ buildup by adjusting window opening schedules during critical hours. Although larger openings (50%–75%) did contribute to lowering CO₂ levels, they also introduced higher indoor temperatures (up to 33°C) and significantly increased energy consumption, due to thermal gain from the hot outdoor environment. These tradeoffs suggest that window operation alone, without design modifications, may be inadequate in hot climates.

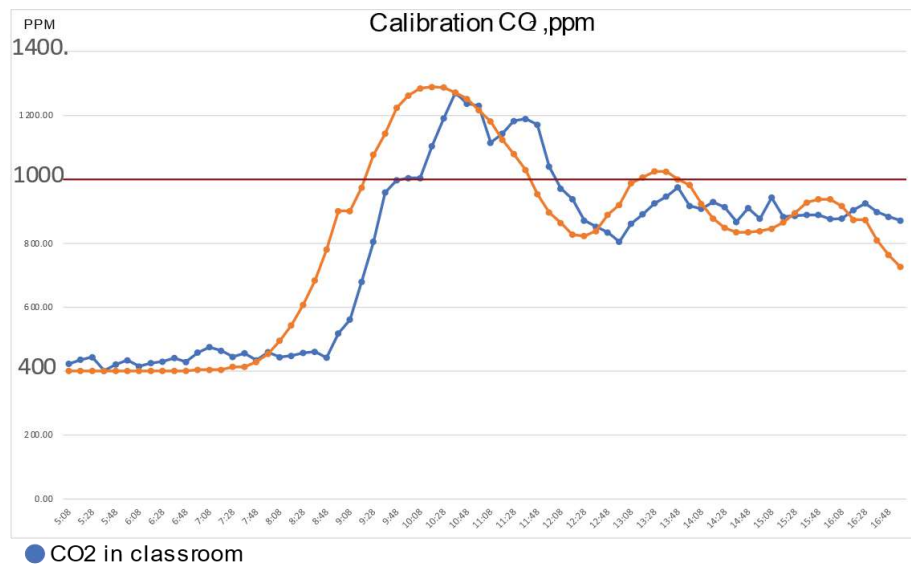


Figure 5. The graph illustrates the correlation between real-time CO₂ measurements and simulation results, showing a high degree of accuracy with a margin of error of 5.46%.

Scenario 2: Window Design Optimization

A second scenario, focused on modifying the geometry and configuration of the windows, was developed to enhance the effectiveness of natural ventilation without compromising thermal comfort or energy efficiency.

Figures 6 and 7 provide context for the base classroom configuration :

- **Figure 6** illustrates a longitudinal classroom section, including the full ceiling height (3.6 m) and, suspended ceiling.

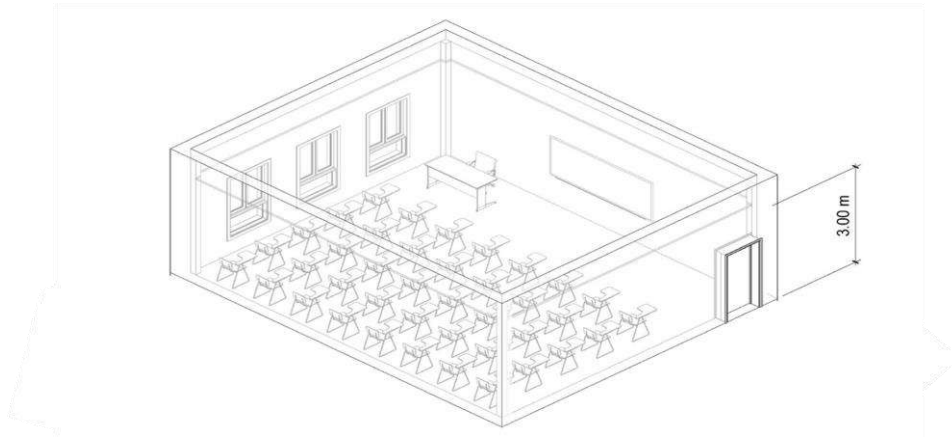


Figure 6. illustrates a longitudinal classroom section, including the full ceiling height (3.6 m), suspended ceiling

- **Figure 7** shows the standard window dimensions (1.8 m width $\times$ 1.2 m height, sill height at 0.9 m).

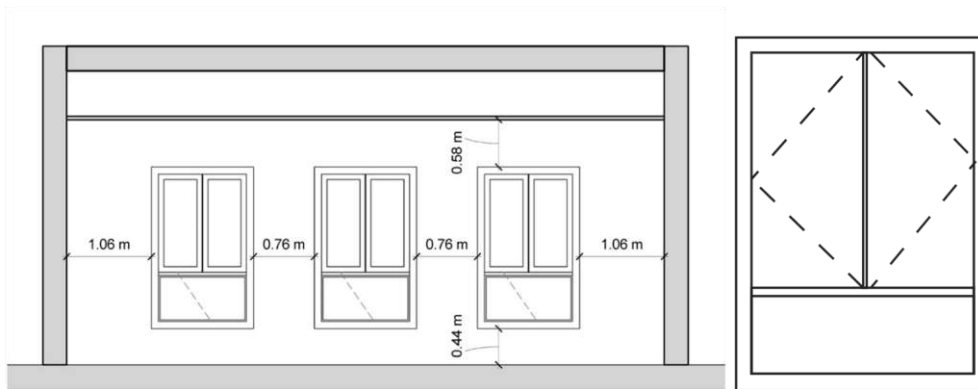


Figure 7 An elevation view illustrating the traditional classroom windows on the north-facing façade, with each window measuring 1.2 meters in height and 1.8 meters in width, and a sill height of 0.9 meters above the floor pollutants..

In this scenario, a **glass slide** was introduced outside the window at a 0.3-meter offset to redirect airflow and reduce direct thermal gain. The depth of the window recess was also adjusted (ranging from 0.1 m to 0.4 m), and the opening ratio was varied (25%, 50%, 75%, and 100%).

Figures 8, 9, and 10 illustrate the proposed window configuration :

- **Figure 8** presents an isometric view illustrating the placement of the redesigned window within the classroom wall, accompanied by a close-up detail that highlights its design

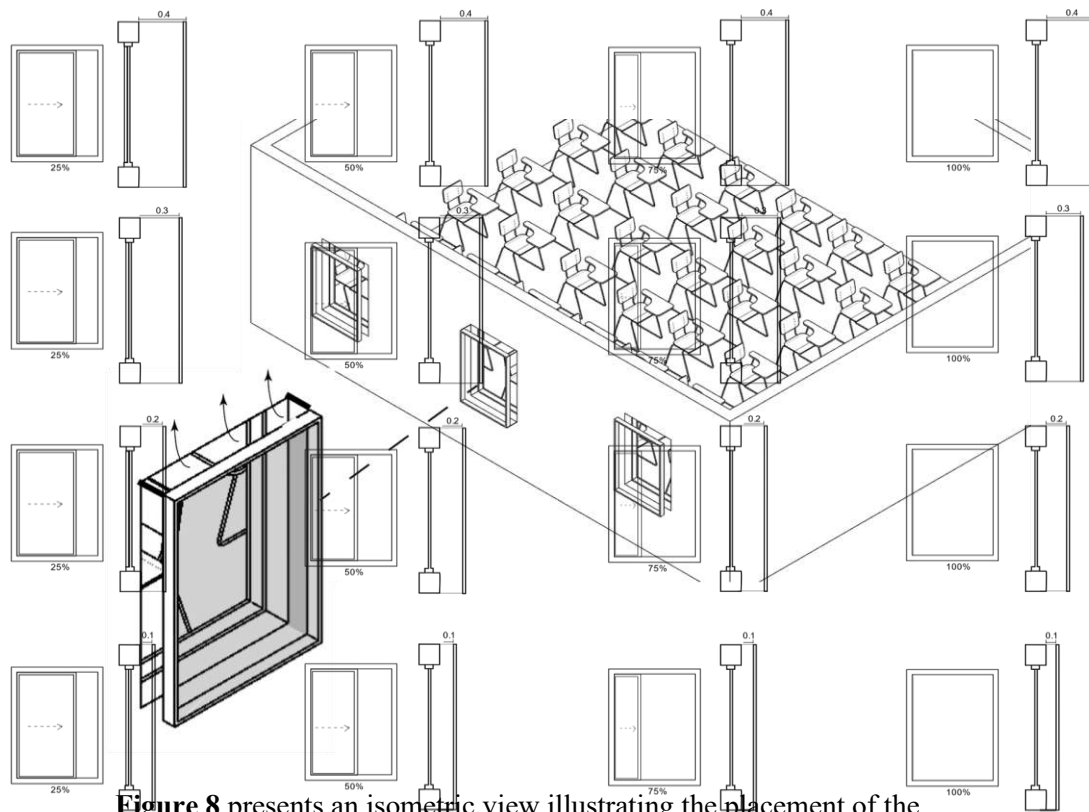


Figure 8 presents an isometric view illustrating the placement of the redesigned window within the classroom wall, accompanied by a close-up detail that highlights its design

Figure 9 presents both the front and side views of the proposed window system, illustrating various simulation scenarios. The diagram details the window opening ratios and the spatial offset between the window and the external glass slide. These configurations formed the basis for parametric simulations conducted in Scenario 2

- **Figure 9** presents both the front and side views of the proposed window system, illustrating various simulation scenarios. The diagram details the window opening ratios and the spatial offset between the window and the external glass slide. These configurations formed the basis for the parametric simulations conducted in Scenario 2

Performance Results of Modified Designs

Simulation outcomes demonstrated that the most effective configuration was a **75% opening with a 0.4 m depth and an external glass slide**. This setup achieved:

- The **lowest CO₂ concentration**, consistently under 1000 ppm.
- **Moderate indoor temperatures** (23.5–24°C).
- **Acceptable energy consumption** (~220–230 kWh/day).
- **Improved airflow uniformity**, minimizing pollutant accumulation.

Figures **10** and **11** summarize these results :

- **Figure 10** shows the relationship between CO₂ concentration and mean indoor temperature across all configurations.
- **Figure 11** presents a comparison of CO₂ levels and energy consumption, highlighting the

- **Figure 10** shows the relationship between CO₂ concentration and mean indoor temperature across all configurations

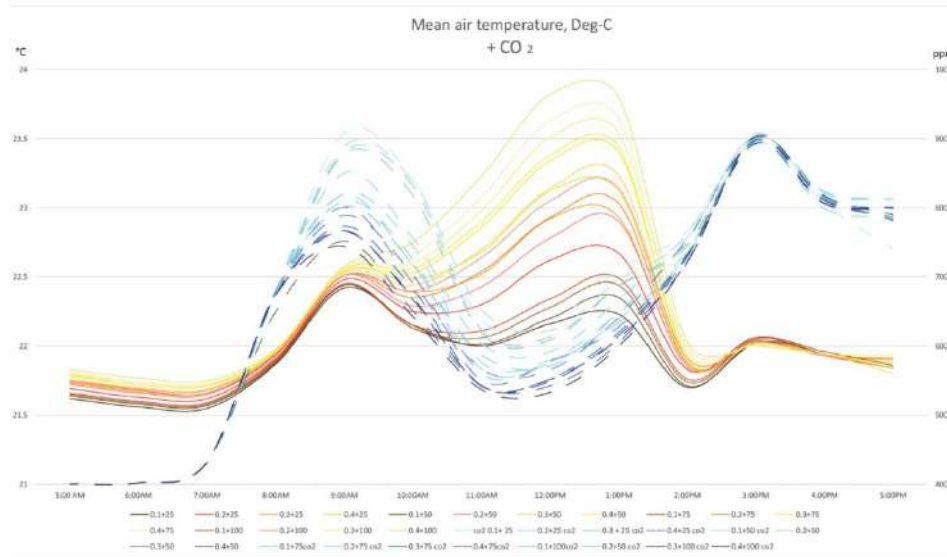
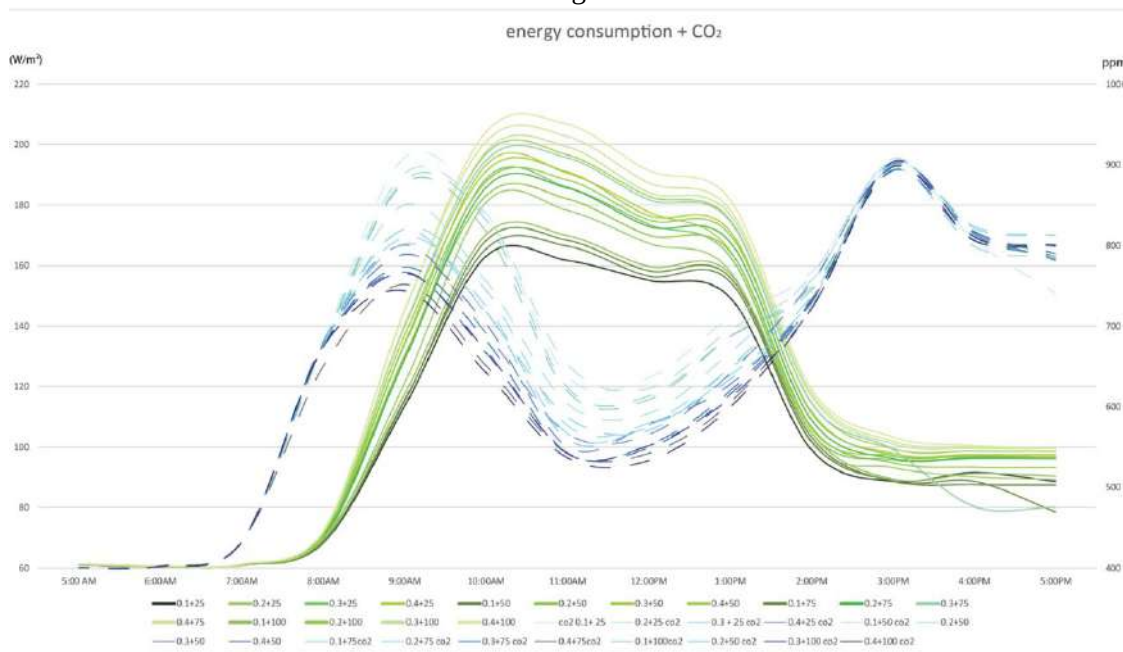


Figure 10 shows the relationship between CO₂ concentration and mean indoor temperature across all configurations



Discussion

The findings underscore the complexity of achieving optimal indoor environmental quality in educational buildings located in hot climates. A hybrid strategy—integrating architectural design with mechanical systems—emerges as essential for balancing air quality, comfort, and energy efficiency.

Reflection on Scenario 1

The first scenario confirmed that while operable windows can partially mitigate CO₂ buildup, their effectiveness is limited without strategic design enhancements. Larger openings during peak periods reduced CO₂ but led to significant increases in indoor temperatures and energy usage, reinforcing the observations of Pereira et al. (2017) that unregulated natural ventilation in hot climates may be counterproductive.

Impact of Window Geometry and Glass Slide (Scenario 2)

Scenario 2 demonstrated that thoughtful window modifications—specifically increasing depth and adding a deflective glass slide—can significantly enhance ventilation performance. These modifications:

- Directed airflow efficiently.
- Reduced thermal hotspots.
- Minimized energy penalties.

This aligns with studies by Pantelic et al. (2018) and Colinart et al. (2019), which emphasize the importance of façade geometry in optimizing passive ventilation.

Figures 6–9 provided spatial understanding of the design, while Figures 10–11 quantified the environmental improvements. Together, they confirm that **passive design strategies**, when implemented with precision, can reduce reliance on mechanical systems and support healthier, more energy-resilient learning environments.

Future research is encouraged to explore:

- Seasonal variability in ventilation effectiveness.
- Integration of real-time environmental sensors.
- Behavioral adaptations and user-driven control strategies.

By embedding such insights into early-stage architectural planning, designers can meaningfully improve student well-being and academic performance in dense, hot-climate educational environments.

Patents

Not applicable.

Author Contributions: Y.K. carried out the site survey, analyses, and data collection; M.B. provided supervision for all the work.

Methodology, Y.K.;

Software, Y.K.;

Validation, Y.K. and M.B.;

Formal Analysis, Y.K.;

Investigation, Y.K.;

Resources, Y.K.;

Data Curation, Y.K.;

Writing—Original Draft Preparation, Y.K.;

Writing—Review and Editing, Y.K. and M.B.;

Visualization, Y.K.;

Supervision, M.B.;

Project Administration, Y.K.;

Funding Acquisition, *not applicable.*

Informed Consent Statement:

Not applicable.

Data Availability Statement:

The data available for this study from the first author. It can be provided if needed upon request.

Acknowledgments:

Thanks, from the author, to the Faculty of **Architecture and Planning at King Abdulaziz University for providing the chance, and to Dr. Mohanad Bayomi** for his supervision

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Appendix**Not included****References**

- [1] Centers for Disease Control and Prevention. (2013, May 17). *Indoor environmental quality - NIOSH workplace safety and health topic*. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/default.html>
- [2] Almeida, R. M. S. F., & De Freitas, V. P. (2015). IEQ assessment of classrooms with an optimized demand-controlled ventilation system. *Energy Procedia*, 78, 3132–3137. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.769>
- [3] Jamaludin, N. M., Hussin, M. W., Shari, Z., & Ismail, F. (2016). Assessment of indoor environmental quality (IEQ): Students' well-being in university classrooms with the application of landscaping. *MATEC Web of Conferences*, 66, 00061. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20166600061>
- [4] Giama, E. (2021). Review of ventilation systems for building applications in terms of energy efficiency and environmental impact assessment. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00520-4>
- [5] EQUA Simulation AB. (2020). *IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) 4.8: User Manual and Technical Documentation*. Stockholm, Sweden.
- [6] Onset Computer Corporation. (2023). *HOB0 MX1102 CO₂ Logger User's Manual*. Retrieved from <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/mx1102/>

Classifying Spacecraft Collision Risk: A Machine Learning Approach Using GRU Neural Networks

Amirah Manyur Almutairi¹ and Rana Abdulaziz Alzahrani²

¹Department of Computer Science, Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; ameramun2002@gmail.com

²Department of Computer Science, Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; ranaalzahrani047@gmail.com

Abstract. As the density of space debris in low Earth orbit increases, the likelihood of orbital collision risks in space rises significantly over time. This risk poses a critical and significant challenge for the global space sector. With the advancement of technology, particularly in artificial intelligence and machine learning, and their increasing application in solving real-world problems, our study focuses on utilizing these technologies, specifically by employing GRU (Gated Recurrent Units) networks. We utilized data from the "Collision Avoidance Challenge" released by the European Space Agency in 2019 to classify collision risks between spacecraft and other objects. By analyzing temporal patterns and the proximity of objects to satellites, we distinguished high-risk cases from low-risk ones. The data contains a large number of Conjunction Data Messages (CDMs), with over 162,000 messages included. Due to this large number, we needed to preprocess the data, which involved several steps, including imputing missing values using linear interpolation, standardizing features, and converting risk values into binary classifications. Several algorithms were applied to select the most influential features on the likelihood of a collision, combining statistical analysis (Pearson and Spearman), mutual information, SHAP analysis, and permutation importance, ultimately resulting in the selection of the best 25 features using ensemble feature selection methods. The model was trained on sequential time-series data, and we used a Masking layer to address the issue of unequal lengths in the data sequences. Additionally, Dropout layers were applied, which significantly helped reduce the problem of overfitting. The model achieved high performance, with a verification accuracy of 97%, demonstrating its effectiveness in classifying collision risks. The results of this study highlight the potential of deep learning in solving orbital collision problems in space, enhancing collision prediction systems, and enabling proactive maneuver planning in satellite operations.

Keywords: Deep Learning; Satellite Collision; GRU; Risk Classification; Low Earth Orbit

Introduction

With the beginning of the space revolution and international competition in this sector, Earth orbits, especially low-Earth orbit, have seen crowds of space objects from moons, debris, and unknown objects. As shown in Figure 1, there are many objects shown as white dots that increase in density at

the closest orbit to the Earth and decrease outward to the farthest orbit. They have been tracked by NASA's Orbital Debris Program Office (ODPO) as of 2019 (Office, 2019). According to the Office (2019), about 95% of the objects in this illustration are orbital debris, and the number of particles larger than 1 mm in size in low Earth orbit has been estimated at more than 100 million. These objects are typically 10 centimeters or larger, but there are many other pieces of debris too small to be detected that pose a threat to spacecraft. With the continuous growth of space debris in orbit, collisions increase, which in turn leads to more

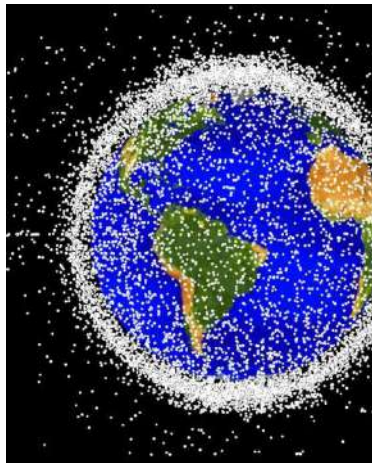


Figure 1: LEO objects tracked by NASA ODPO.

debris, and this is known as Kessler syndrome (Kessler and Cour-Palais, 1978). With the acceleration of industry in the space sector and the rise of companies in many countries, the risk of orbital collisions has become a pressing global challenge. Estimating the probability of collision risk and classifying it as high or low is an essential task to protect active spacecraft from colliding with other space objects, as this allows scientists to make well-informed decisions about the need to perform potential avoidance maneuvers.

This study aims to apply advanced machine learning techniques, specifically recurrent neural networks, to classify collision risk more accurately. The study relied on classification as the crucial matter to take precautionary measures, and by knowing if the risk is high, maneuvers are performed. To achieve this goal, data from the Collision Avoidance Challenge launched by the European Space Agency (ESA) was studied to explore the possibility of using machine learning in space collision risk estimation (Team, 2019).

Materials and Methods

Data Source and Description

This study relied on orbital proximity data collected by the European Space Agency, specifically from the Space Debris Office in 2019, to analyze and monitor the risks of space collisions (Team, 2019). These data were published as part of the Collision Avoidance Challenge launched by the space agency. The agency relies on monitoring close approaches between satellites and space debris. When a potential

close approach is detected, a Conjunction Data Message (CDM) is issued. The database contains 162,634 records distributed across 103 different features. This large amount of data has provided a rich basis for developing machine learning models to analyze and assess the risks of satellites approaching other space objects. The data consists of a set of events, each representing a potential close approach between a

satellite and another space object. Each event is identified by a unique identifier(event id). Each event consists of several CDMs (see Figure 3) representing time points that express the close approach between the two objects. Each CDM contains a set of data, including the satellite ID, the approaching object ID, the time of closest approach (TCA), the hazard level, and other relevant information. Three CDMs are typically published daily for each approach, covering a period of up to one week. The data is thus a time series of CDM messages. Each event is classified according to its calculated risk value. An event classified with a risk value greater than -6 at the last approach is considered a high-risk event, and a low-risk event if the value is less than or equal to -6 (Uriot et al., 2020).

Exploratory Data Analysis

In this section, the nature and distribution of the data were examined to determine whether there were any anomalies affecting the machine learning approach. 2 shows the distribution of risk values, which is the target feature. We can see from the image that low-risk values are frequent in the data, while high-risk values are rare. This problem can cause bias during model training for classification.

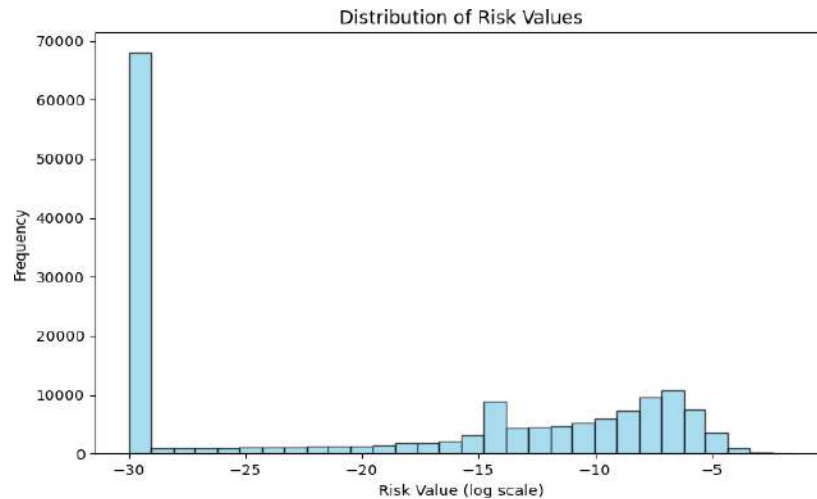


Figure 2: Distribution of risk values in the dataset.

Figure 3 shows the distribution of coupling data messages (CDMs) from each event in the dataset. It can be seen that most events are associated with either a small (1-3) or large (20-22) number of CDMs, while fewer events fall in the intermediate range. These insights are crucial for understanding how data density and the frequency of event observation impact model training and risk classification.

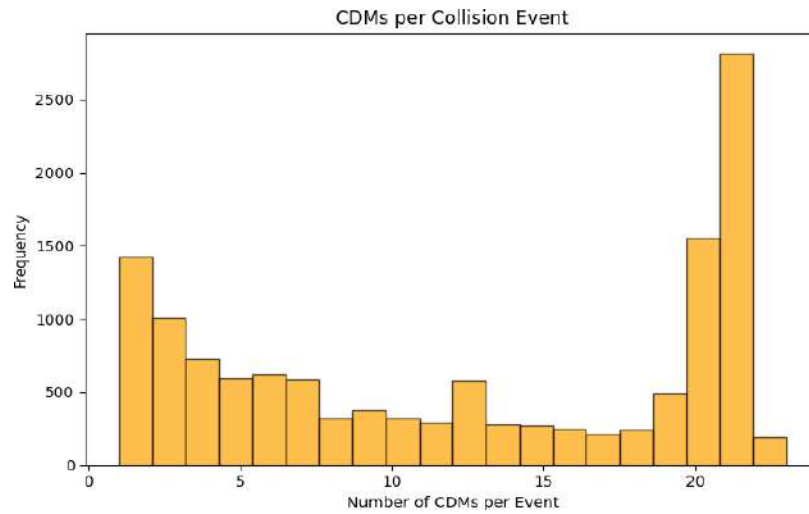


Figure 3: Distribution of the number of CDMs per collision event.

Figure 4 shows the distribution of objects. It can be seen that most of the data consists of space debris and unknown objects. This distribution shows that most collision risks originate from space debris.

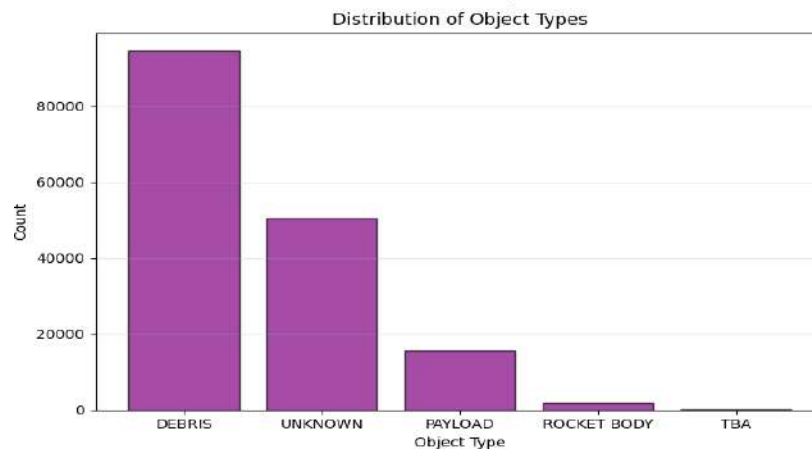


Figure 4: Distribution of object types in the dataset.

Data Preprocessing

Missing values in the data were handled using linear imputation to ensure that the records entered into the model were complete (pandas development team, 2024). Next, standardization was performed on all variables using the StandardScaler tool from the scikit-learn library to reduce the impact of different measurement units and ensure the stability of the training process (scikit-learn developers, 2024b). The target variable, which is the risk value, was converted into a binary variable so that the event is classified as “high risk” if the risk value is greater than -6, and “low risk” if the value is less than or equal to -6. The data was randomly divided into training and testing sets at a ratio of 80% and 20%, with 130,107

samples for training and 32,527 samples for testing, respectively. This division was achieved while preserving class balance during the stratified split process (scikit-learn developers, 2024a).

Feature Selection

As mentioned earlier, the database contains a large number of features (103 features), but many of them may not be directly relevant to our study. Hence, it is crucial to apply feature selection techniques to reduce complexity, prevent overfitting, and, more importantly, enhance the model's accuracy. The more the features are relevant to the study objective, the greater the accuracy and performance of the model Guyon and Elisseeff (2003). In the beginning, statistical correlation analysis was relied on as an input to understand the relationship between each attribute and the target variable, as it is considered one of the basic statistical tools to understand the relationship between variables, and this helps us to understand the strength of the relationship between a particular attribute and the target variable. Thus, it is a practical analysis to select the most influential attributes on the model. Two types of indicators have been applied to measure the relationship between variables, both of which are used within the framework of statistical correlation analysis. The first type is the Pearson correlation coefficient, which is used to measure the linear relationship between two numerical variables, and the distribution values of the data are between -1 and 1, where the value of 1 indicates a positive perfect linear relationship, -1 indicates a negative perfect linear relationship, and 0 indicates the absence of a linear relationship. The second type is Spearman Rank Correlation, which is used to measure the nonlinear monotonic relationship between variables and is more robust to outliers Pearson, Johnson, and Wichern (2007). In addition to the correlation indicators, the Mutual Information-MI scale is used to measure the extent of overlap or dependence between two variables, so if we want to know the extent to which the attribute X helps us in predicting the goal Y, MI tells us how much information does X provide about Y? If $MI=0$, it means that there is no relationship between the variable X and Y, and the higher the value of MI indicates that there is information in the attribute X that helps in predicting Y Intelligence (2023). Subsequently, more advanced machine learning tools were used to interpret the impact of features in greater depth. Among the most prominent of these tools is an advanced technique that is considered one of the most powerful interpretation tools in machine learning, known as SHAP Importance. This technique measures the individual impact of each attribute on the prediction resulting from the model, which helps in identifying the most influential attributes in the model's output Lundberg and Lee (2017).

A technique has also been applied, Permutation Importance, which measures the amount of decrease in model performance by switching the values of each attribute to see how much the model's performance decreases as a result of this switch. If the model's performance is significantly affected after switching a particular attribute, this indicates that it is essential Learning and Group (nd). Due to the multiplicity of feature selection methods and their varying results, we applied the Ensemble Feature Selection technique, which is based on the hypothesis that combining the outputs of several models is better than relying on one model, this technique extracts the features that all the different algorithms that were previously applied agree on, and research has proven the importance of using this approach to reduce the reliance on the results of one algorithm, especially when there is a significant variation between features, and what sets it apart is its neutrality toward the model

architecture, allowing it to be applied to different algorithms without bias Li et al. (2018). The details of the selected attributes and the results of each technique are described in the results section.

Deep Learning Algorithm

The deep learning approach was adopted in our study for several reasons, including the suitability of deep learning for complex data, and the data chosen for our study contained a sufficiently large number of events to ensure that the deep learning models functioned correctly. The data of each potential collision event is organized as a multivariate time series, with non-stationary intervals between points. In cases of this type, artificial neural networks, especially recurrent neural networks (RNNs), are among the most commonly used methods, as traditional methods for predicting time series are often limited to a single variable and assume a fixed time interval. The GRU algorithm, a type of recurrent neural network (RNN), was trained by Chung et al. (2014).

Comparing models and selecting the most appropriate for time series data

Given the temporal nature of the data and the fact that it contains CDMs in sequential chronological order, some traditional models, such as Support Vector Machine (SVM) and Random Forest (RF), are unsuitable, as they do not take the chronological sequence of events into account. For example, the RF model treats each row independently without considering temporal order, ignoring the relationships between successive events, which contradicts the nature of temporal data (STATWORX, nd). Similarly, the SVM model lacks an internal mechanism to capture long-term dependencies, making it unsuitable for sequence-based tasks (Vapnik and Vashist (2006)). Therefore, recurrent models such as the Gated Recurrent Unit (GRU) and the Long Short-Term Memory (LSTM) are crucial for achieving high performance in risk classification over time, due to their ability to handle sequential dependencies (Chung et al. (2021)). Although LSTM is one of the leading models for handling time series data, it was not the optimal choice in this study because it contains a larger number of operations, which can slow down training and increase the likelihood of overfitting. In contrast, GRU has a simpler structure because it uses only the hidden state to transfer information, eliminating the need for a separate memory cell. This reduces the number of operations and increases training efficiency while maintaining performance similar to that of LSTM (Chung et al. (2021)).

Model chosen for the study: GRU

GRU is a type of recurrent neural network (RNN) that has proven effective in processing sequential data such as speech, time series, and text. GRU emerged as a solution to the vanishing gradient problem in traditional neural networks, where models struggle to learn long-term relationships and lose information over time.

Due to these characteristics, GRU has received widespread attention in recent research. For example, Li et al. (2021) described GRU as highly efficient in computation compared to other models, making it suitable for time-sensitive prediction tasks. Another study (Anonymous (nd)) also showed that GRU outperforms LSTM in training speed, a decisive factor in safety systems and risk classification where rapid execution is crucial.

Based on the above, GRU was adopted as the most effective and appropriate option for achieving this study's objective, as it combines accuracy, time efficiency, and a simplified structure that reduces the

likelihood of overfitting. These are crucial factors in collision risk classification.

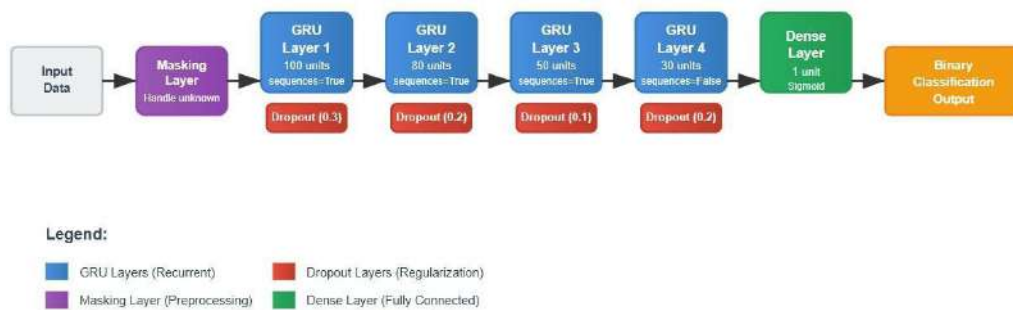
Model Architecture

The model architecture is thoughtfully designed to process time series efficiently, while preserving the temporal gradient of information and improving model performance. Before building the model layers, a Masking layer is commonly used when dealing with time series of varying lengths that have been processed to be uniform. The goal is to prevent the model from learning patterns from unreal data resulting from the values added to fill in the blanks. The layer here is used to tell the model to ignore any value equal to 0 in the time series Team (ndc). This is followed by building four consecutive layers (100 → 80 → 50 → 50 → 30 units) with a dropout mechanism gradually applied between layers to reduce the risk of overfitting- Team (ndb). The return_sequences parameter was also used, and the first three layers were set to return sequences=True. This means that it returns a complete sequence of hidden states, as we need to retain the complete temporal information for each step in the early stages, which is required for the following layers. In contrast, for the fourth and last layer, it was set to return sequences=False, that is, we only take the final representation of the entire temporal sequence and directly transfer it to the Dense Layer, which in turn makes the final classification decision Huang (2018). The first layer was set to (100 units) to start capturing temporal dependencies from the data with Dropout=0.3, meaning that we randomly deleted 30% of the units during training to minimize the risk of overfitting in this large layer, as for the second layer (80 units), the number of units was reduced slightly to force the model to focus on the data more and Dropout=0. The third layer (50 units) was more focused on temporal features, and sequence rewinding was still ongoing in this layer to prepare the data for the fourth and final layer, Dropout was reduced to 0.1 as the number of units became smaller, the last layer was responsible for capturing the final representation of the sequence and Dropout was raised to 0.2 to support the model before the final classification layer.

Final Representation and Classification Mechanism

After processing the final representation, it is sent to the Dense layer, which is responsible for outputting the final classification decision. In this layer, the sigmoid function was used because it is suitable for classification tasks and is mathematically defined as $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$ where x is the resulting value from the previous layer and e^{-x} is the mathematical basis for the exponential function, which in turn helps to reduce large values, the function converts the resulting values to a range (0,1) to determine whether the case represents a risk (1) or not (0), according to our definition of the target variable Tuzsuz (nd)..

Figure 5 the architecture of the proposed model, starting from the input layer, through the GRU layers, to the final classification layer.



Training Settings and Model Evaluation

A type of loss function, the binary regression loss function, was used because it is suitable for binary classification tasks and is the best choice to minimize the loss between the actual value and the predicted value of the model Team (nda). To increase the model's efficiency, the Adam optimizer, a renowned optimization algorithm, is employed, which is particularly effective in handling large or noisy datasets Van Otten (2023). To reduce the issue of over-fitting, EarlyStopping is used when the observed metric (such as val loss) stops improving; after that, the best weights obtained during training are retrieved in order to obtain the best performance of the model TechwithJulles (2024). To evaluate the model's performance, three key metrics were used: Accuracy, Precision, Recall, and ROC AUC. These metrics provide a comprehensive and accurate assessment of the performance of the model.

Results

Feature Selection Result

Several feature selection techniques were applied, including Pearson and Spearman correlations, Mutual Information, SHAP values, and Permutation Importance. While each method highlighted slightly different aspects, there was a strong convergence on a consistent subset of features.

Across methods, temporal features (e.g., time to tca), risk-related measures (max risk scaling, max risk estimate), and statistical descriptors (mahalanobis distance, c sigma t) appeared repeatedly as influential. This convergence indicates that both time proximity, risk indices, and distributional uncertainty play central roles in predicting collision risk.

To avoid redundancy, we report only the final ensemble fusion in the main text (Figure 6), which integrates all techniques and provides a stable and reliable set of top-ranked features. The detailed per-method plots are provided in Appendix 5 for reference.

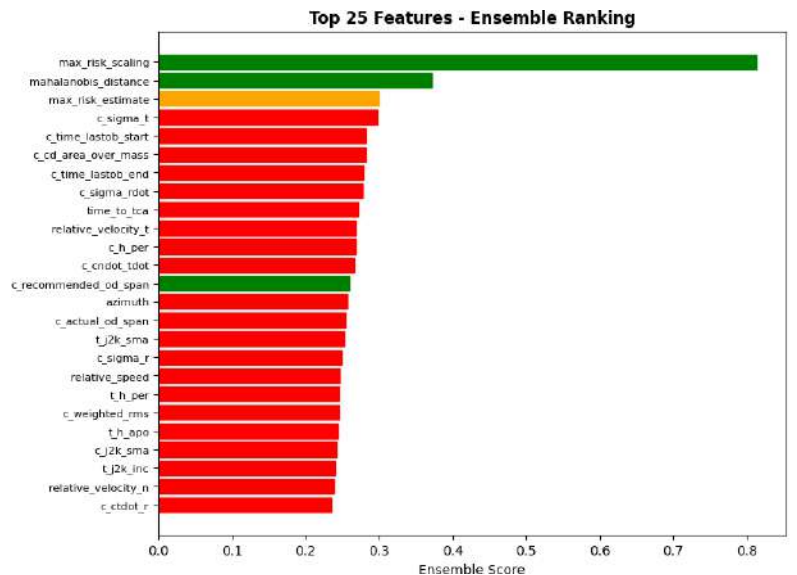


Figure 6: Top 25 features ranked by the degree of agreement across all feature selection

techniques (ensemble fusion).

Model Result

The performance of the GRU classification model was evaluated using four metrics: Accuracy, Loss, Precision, and Recall.

Table 1 summarizes the results obtained from the training and validation sets.

The GRU classifier demonstrated strong overall performance across training, validation, and test sets. Accuracy remained consistently high (97%), with tight confidence intervals on the test set (95% CI: [0.9691, 0.9734]), confirming robust generalization. The low loss values (< 0.01) further indicate stable optimization and convergence.

The model achieved a balanced trade-off between recall and precision. Recall values (0.79–0.85) show that the classifier successfully detected the majority of high-risk cases, which is critical in collision risk prediction, where missing a dangerous conjunction has severe consequences. Precision scores (0.74–0.81) reveal that some non-risky cases were misclassified as risky, implying that false alarms remain an operational challenge. This outcome highlights the safety-oriented bias of the model: it prioritizes minimizing false negatives, even at the cost of additional false positives.

Discrimination ability was further confirmed by the ROC-AUC (≈ 0.99) and PR-AUC (≈ 0.86), both of which indicate excellent separability despite class imbalance. The high ROC-AUC reflects strong overall classification capability, while the PR-AUC provides a more realistic view under skewed class distributions, demonstrating that the model maintains high recall without collapsing precision.

Overall, these findings validate the suitability of GRUs for sequential CDM data, offering reliable performance in collision risk prediction. Nonetheless, the observed precision–recall trade-off suggests that further work is needed to improve precision, for example, by threshold tuning, class-weight adjustments, or ensemble learning to reduce false alarms while maintaining high recall.

Table 1: Summary Table of Model Performance

Metric	Training (Best)	Validation (Best)	Test (Point)	95% CI (Test)
Accuracy	0.9779	0.9711	0.9713	[0.9691, 0.9734]
Loss	0.0057	0.0068	–	–
Precision	0.8094	0.7457	0.7599	–
Recall	0.8465	0.8160	0.7912	–
ROC-AUC	0.9927	0.9880	0.9873	[0.9858, 0.9888]
PR-AUC	0.9223	0.8731	0.8649	[0.8492, 0.8786]

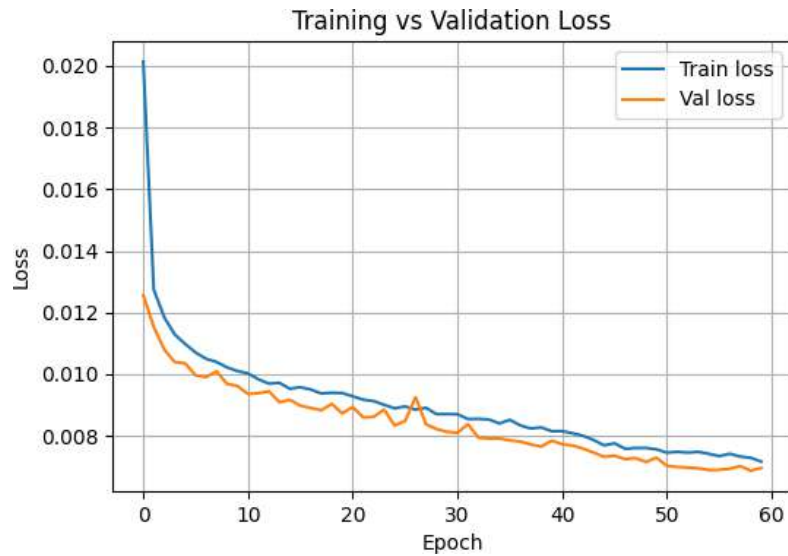


Figure 7: Training and validation loss curves across 60 epochs. Both curves decrease steadily and stabilize below 0.01, with validation loss closely tracking training loss. The small gap between the two indicates strong generalization and confirms that the GRU model converged stably without overfitting.

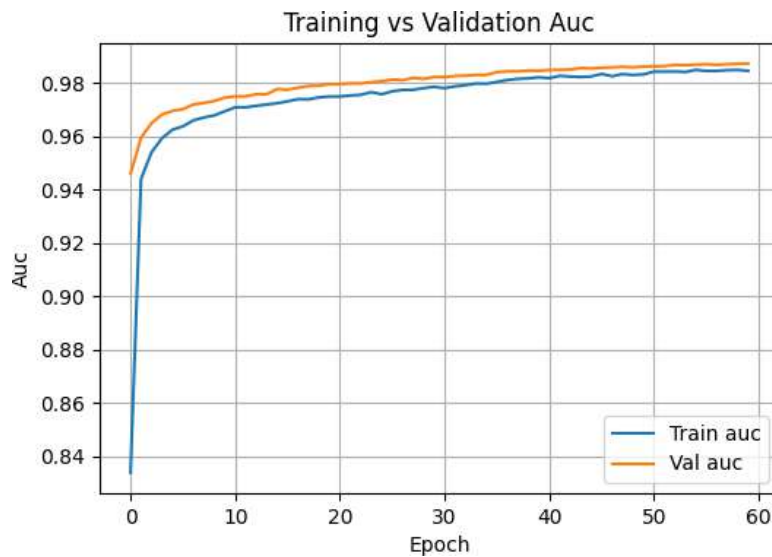


Figure 8: Training and validation AUC curves across 60 epochs. Both curves increase rapidly during early epochs and stabilize around 0.98. The close alignment between training and validation AUC, with validation slightly higher at several points, indicates strong generalization and confirms the robustness of the GRU model without overfitting.

Discussion

To test and simulate the model for use in practical environments, a simple interactive interface was developed that allows users to enter the event ID. The system can also be programmed to allow another input. In our study, the event ID was entered, and the system classified the level of risk associated with the event. If the event is classified as high risk, the interface displays an automatic warning message, facilitating immediate decision-making and risk management. The model provides a strong foundation that will enable future researchers to develop more accurate interpretations of the results or utilize interpretive artificial intelligence. The interactive interface was utilized to create a clear picture of the application of machine learning in space agencies and to support informed decision-making. Previous research addressing the same objective as our study and utilizing the same data was unable to provide a clear picture or simulation for building a deep machine learning approach to risk management. The source code and implementation details are available publicly on GitHub to encourage further development and collaboration: See: github.com/avmera/GRU-Neural-Networks

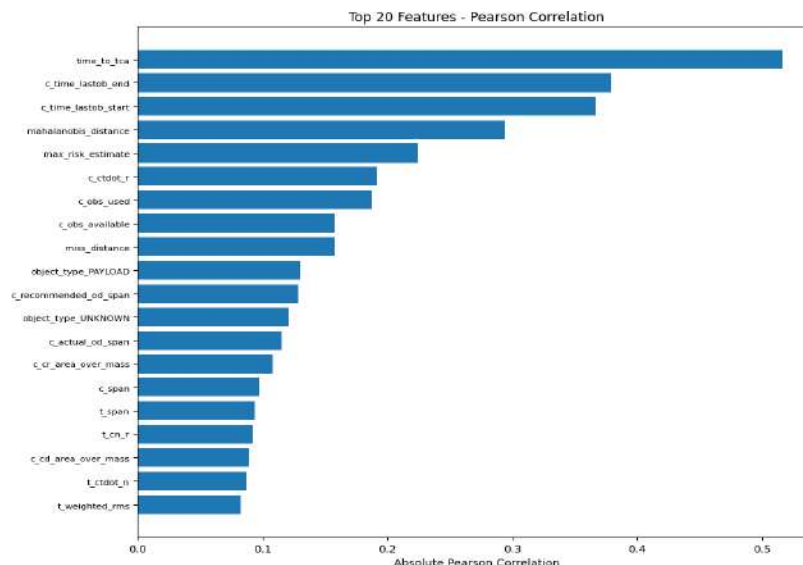
Acknowledgments

We would like to thank Rahab Al-Makrami, a physics student, for helping us understand the issue and the data, as we have no experience like astronomical data. She also helped us research the algorithms used to achieve the research goal. We would also like to thank Dr. Eman Al-Harbi from our department, who specializes in the field of artificial intelligence, for using her expertise to supervise and guide our research from the very beginning

Appendix

Detailed Feature Selection Results

For completeness, we include the full plots of the individual feature selection techniques. These



complement the ensemble fusion result shown in the main text.

Figure 9: Top 20 features ranked by Pearson correlation with the target variable

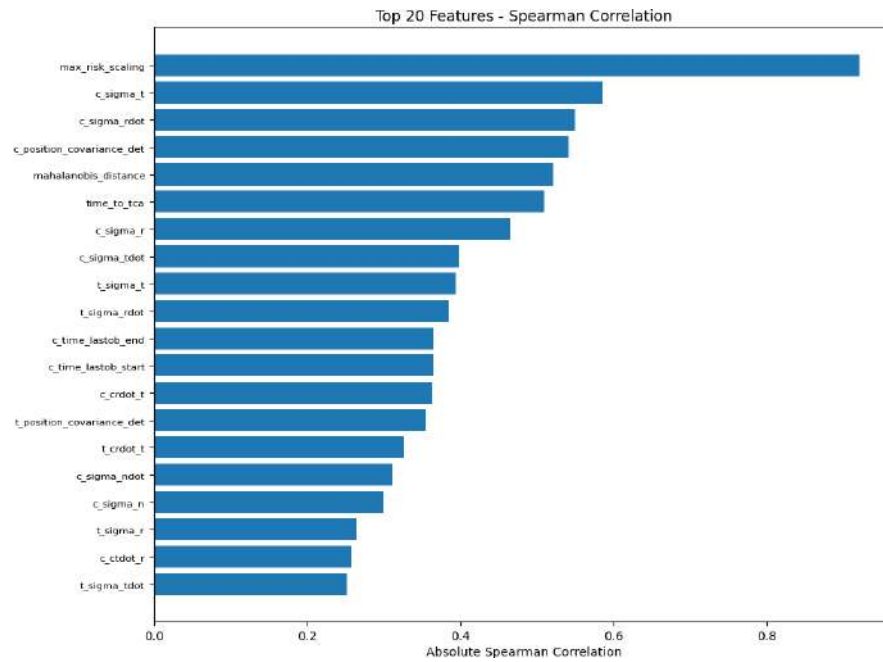


Figure 10: Top 20 features ranked by Spearman correlation with the target variable.

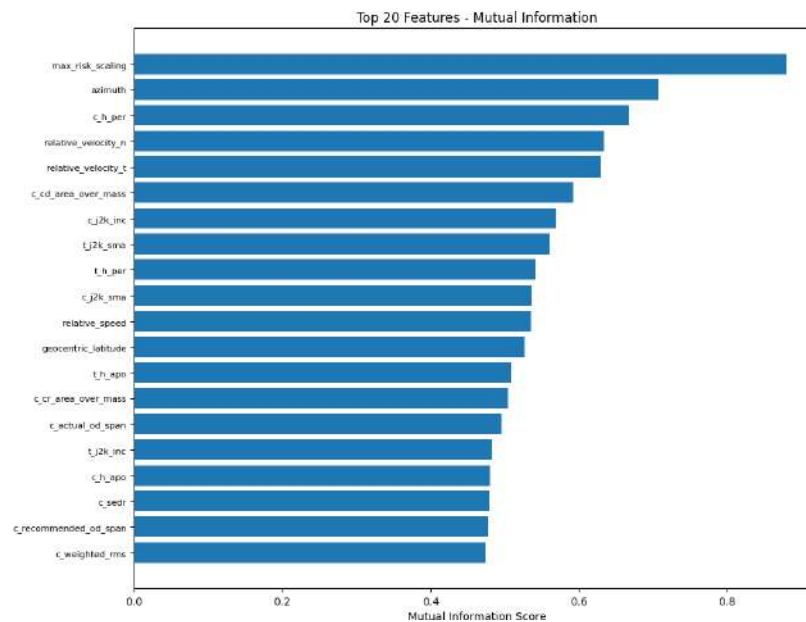


Figure 11: Top 20 features by Mutual Information with the target variable.

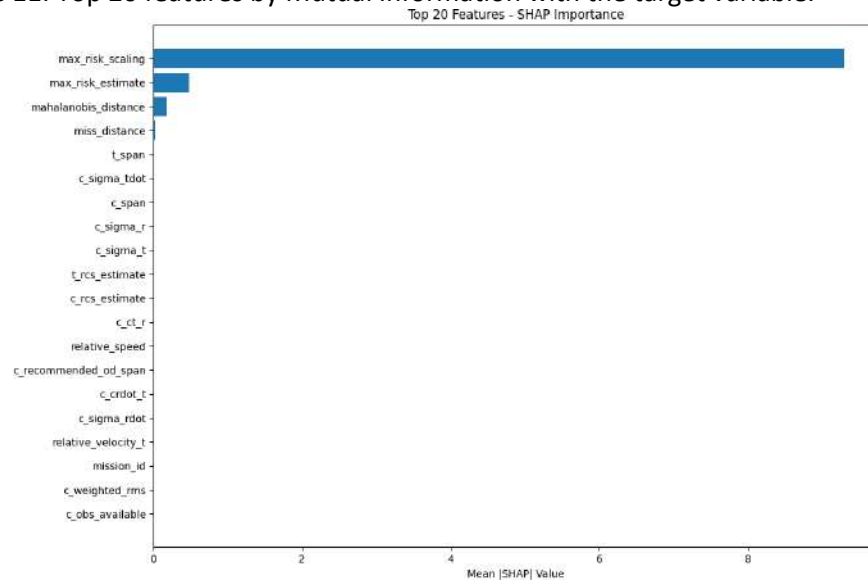


Figure 12: Top 20 features ranked by SHAP values.

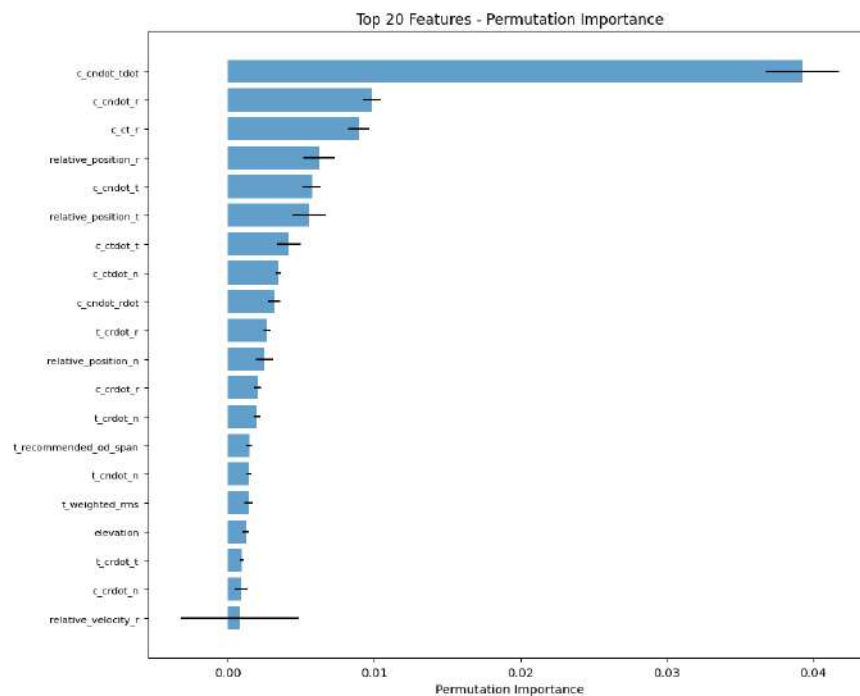


Figure 13: Top 20 features ranked by Permutation Importance.

References

- Anonymous (n.d.). Lstm and gru neural network performance comparison study: Taking yelp review dataset as an example. Preprint / PDF reference.
- Chung, J., Gulcehre, C., Cho, K., and Bengio, Y. (2014). Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling. *arXiv preprint*, arXiv:1412.3555.
- Chung, M., Park, S., and Lee, J. (2021). A review of recurrent neural network architecture for sequence learning: Comparison between lstm and gru. *ResearchGate*.
- Guyon, I. and Elisseeff, A. (2003). An introduction to variable and feature selection. *Journal of Machine Learning Research*, 3:1157–1182. Retrieved July 25, 2025.
- Huang, T. (2018). How to use return state or return sequences in keras. DLology.
- Intelligence, S. (2023). Feature selection: An illustrated guide to selecting the right features for your model. Spot Intelligence. Retrieved July 19, 2025.
- Johnson, R. A. and Wichern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Pearson Education, 6th edition.
- Kessler, D. J. and Cour-Palais, B. G. (1978). Collision frequency of artificial satellites: The creation of a debris belt. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 83(A6):2637–2646.
- Learning, S. and Group, D. S. (n.d.). Permutation feature importance. Interpretable Machine Learning – Limitations and Extensions.
- Li, J., Cheng, K., Wang, S., Morstatter, F., Trevino, R. P., Tang, J., and Liu, H. (2018). A survey on feature selection methods. *Information Fusion*, 50:115–144.
- Li, Y., Zhang, H., Wang, J., and Chen, P. (2021). A comparative analysis of lstm, gru, and transformer models for construction cost prediction with multidimensional feature integration. *Information*, 12(11):442.
- Lundberg, S. M. and Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. In *Advances in Neural Information Processing Systems*, volume 30. n.d.
- Office, N. O. D. P. (2019). It's always sunny in space. That's a problem for satellite teams. NASA Earthdata.
- Pandas development team (2024). pandas.dataframe.interpolate. Accessed: 2025-07-30. scikit-learn developers (2024a). sklearn.model_selection.train_test_split. Accessed: 2025 – 07 – 30.
- scikit-learn developers (2024b). sklearn. preprocessing. StandardScaler. Accessed: 2025-07-30.
- STATWORX (n.d.). Time series forecasting with random forest. STATWORX Blog. Retrieved August 6, 2025.
- Team, E. A. C. (2019). Kelvins collision avoidance challenge. European Space Agency. Team, K. (n.d.a). BinaryCrossEntropy class. Keras. Retrieved July 23, 2025.
- Team, K. (n.d.b). Keras documentation: Dropout layer. Keras. Retrieved July 25, 2025. Team, K. (n.d.c). Masking layer. Keras. Retrieved July 20, 2025.
- TechwithJulles (2024). Model validation and optimization — early stopping and model check- points. Medium. Retrieved July 23, 2025.
- Tuzsuz, D. (n.d.). Sigmoid function – learn data science. LearnDataSci. Retrieved July 29, 2025. Uriot, T., Izzo, D., Simões, L. F., Abay, R., Einecke, N., Rebhan, S., Martinez-Heras, J.,

- Letizia, F., Siminski, J., and Merz, K. (2020).Spacecraft collision avoidance challenge: design and results of a machine learning competition. arXiv preprint, arXiv:2008.03069. [Submitted7Aug2020; last revised12Oct2020].
- Van Otten, N. (2023). Adam optimizer explained & how to use in Python [keras, pytorch & tensorflow]. Spot Intelligence. Retrieved July 20, 2025.
- Vapnik, V. and Vashist, A. (2006).A new learning paradigm: Learning using privileged information. arXiv preprint cs/0512

Quantifying Learning Dynamics in Saudi Fintech Software Reliability: An Enhanced NHPP-SW Model for SAMA-Compliant Systems

Wadha A. AL Ahmadi¹ and Lutfiah I. Al-Turk²

¹Department of Statistics, Faculty of Sciences, King Abdulaziz University, Saudi Arabia;
walahmai0054@stu.kau.edu.sa

²Department of Statistics, Faculty of Sciences, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; lturk@kau.edu.sa

Abstract. A In alignment with Saudi Arabia's Vision 2030 and the Saudi Central Bank (SAMA) regulatory directives, the financial sector is undergoing rapid digital transformation, increasing the demand for reliable fintech software systems. This study introduces an Enhanced Schick-Wolverton Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP-SW) model that integrates a learning parameter (α) to reflect organizational learning, coordination efficiency, and regulatory adaptation. Calibrated using simulated defect-arrival data representative of ten prominent Saudi fintech firms, the model parameters were estimated through nonlinear least-squares optimization via the Levenberg-Marquardt algorithm. Evaluation against standard reliability metrics including Root Mean Square Error (RMSE), Mean Square Error (MSE), and the Mean Value Function (MVF) demonstrates the model's high predictive accuracy, with relative RMSE consistently below 5%. Beyond technical performance, the model offers practical value for financial institutions by enabling early detection of readiness for regulatory compliance, optimizing resource allocation for testing and quality assurance, and providing objective benchmarks for reliability growth. The results affirm the model's utility as a strategic decision-support tool for enhancing software reliability and ensuring regulatory alignment within the evolving Saudi fintech landscape.

Keywords: NHPP, software reliability growth modeling, learning curve dynamics, fintech reliability, SAMA compliance, Vision 2030, Saudi Arabia, parameter estimation

Introduction

The Kingdom's fintech ecosystem has expanded dramatically, growing from fewer than 20 start-ups in 2018 to 216 SAMA-permitted firms in 2023, surpassing the initial Vision 2030 target by 44 percent (Fintech Saudi, 2023). The 2024 *Financial Stability Report* confirms that Saudi Arabia's payment volumes and resilience indicators continued to strengthen through 2024 despite global headwinds (Saudi Central Bank [SAMA], 2024). Today, SAMA's tiered Regulatory Sandbox and continually updated Cyber Security Framework make operational reliability a licensing demand, not just a competitive advantage (SAMA, 2025; Saudi Information Security Association [SISA], 2024). Studies have established a correlation between corporate governance and FinTech decisions in the Saudi banking sector. An analysis of data from 12 Saudi banks between 2014 and 2019 found that larger board sizes negatively correlate with FinTech service quality, suggesting that bigger boards may hinder technological innovation. Conversely, more independent and effective governance structures appear to facilitate the adoption of high-quality and reliable FinTech solutions, particularly those supporting regulatory compliance. These findings highlight how governance dynamics can directly influence not only innovation capacity but also the reliability of systems used for regulatory oversight and risk management (Al-Mubarak & Aljughaiman, 2024). The growing reliance on FinTech in banking has raised concerns about the reliability of systems for regulatory compliance. Reliable software is essential for ensuring digital platforms meet financial regulations. Non-Homogeneous Poisson Process (NHPP) models are increasingly used to assess software reliability over time, offering a framework for modeling fault detection. Recent studies have explored how corporate governance affects FinTech adoption in Saudi banks, aiming to enhance the quality and reliability of these systems. Traditional NHPP models, designed for static fault detection rates, struggle to address the rapid learning cycles and process improvements inherent in agile fintech teams. A meta-analysis has identified over 250 extensions of NHPP (Chen & Ma, 2025; Khalid, Ahmed, & Raza, 2024), underscoring the model's limitations. These classical approaches assume constant fault rates and fail to reflect the dynamic environments of modern software development. The foundations of software reliability modeling were established by the Jelinski-Moranda (JM) model in 1972, which was based on the probability of remaining faults (Jelinski & Moranda, 1972). This model was later refined into the Schick-Wolverton (SW) model in 1978, which assumes that the failure rate increases between successive faults. This assumption makes the SW model more suitable for real-world testing environments, where both the number of remaining faults and the time allocated for debugging influence failure behavior (Schick & Wolverton, 1978). Later extended to incorporate NHPPs that describe failure behavior over time through a mean value function (MVF) and a failure intensity rate (Goel & Okumoto, 1979). Over time,

researchers have refined these models to reflect more realistic conditions. Some models introduced organizational learning effects to represent improved fault detection as testing progresses (Aggarwal et al., 2024; Lee et al., 2023). Others addressed imperfect debugging, where faults may be reintroduced during correction (Samal, 2024), or considered uncertainty in operating environments (Wang et al., 2023). Additional extensions have modeled interacting or heterogeneous fault types through multivariate NHPPs (Song et al., 2024; Chang et al., 2017), while others differentiated between transient and permanent faults (Kim et al., 2019), or proposed unified frameworks to accommodate various fault detection patterns (Li et al., 2024). Collectively, these enhancements have improved the realism and adaptability of NHPP-based software reliability growth models. The NHPP framework has been progressively refined to address limitations encountered in real-world software testing scenarios. For example, S-shaped growth models were introduced to reflect delayed learning effects commonly observed in practical environments (Yamada, Ohba, & Osaki, 1983). To account for the non-ideal nature of debugging, imperfect correction models were proposed, allowing for the possibility of introducing new faults during the fault-removal process (Pham & Zhang, 1997). The concept of learning curves within the field of software engineering has been the subject of extensive research, particularly regarding team productivity and the efficiency of defect detection. Nevertheless, the integration of learning dynamics into reliability growth models remains an area with limited exploration. This study seeks to address this gap by incorporating learning parameters that reflect organizational maturity, coordination overhead, and regulatory adaptation capabilities. Recent complementary advancements include the application of deep learning ensembles for residual defect prediction (Huang, Zhao, & Lin, 2024) as well as hybrid models that combine NHPP with machine learning techniques, which are capable of adaptive responses to evolving development conditions (Park, Min, & Lee, 2023).

The intersection of software reliability and regulatory compliance represents a critical research frontier. Feyen, Frost, Gambacorta, and Natarajan (2021) provide a comprehensive analysis of fintech's digital transformation impact on financial services, emphasizing the critical role of robust software systems in maintaining regulatory compliance. Pham, Le, and Tran (2024) specifically examine the relationship between fintech development and banking performance, highlighting the importance of reliable software systems in maintaining competitive advantage. The Saudi fintech ecosystem presents unique challenges due to the rapid pace of regulatory evolution and the diverse organizational maturity levels of market participants. SAMA's regulatory sandbox approach requires adaptive reliability assessment frameworks that can accommodate varying levels of organizational sophistication and compliance readiness. However, none of these frameworks explicitly integrates regulator-induced learning loops, a defining feature of Saudi fintech evolution. Every SAMA sandbox checkpoint mandates code reviews, threat model updates, and pipeline hardening,

deliberate interventions that accelerate fault discovery and simultaneously enhance team competence. These compliance checkpoints serve as catalysts for both fault detection and process improvement, creating a unique learning dynamic that standard NHPP extensions do not capture.

To address this gap, this study introduces an Enhanced NHPP-SW model featuring an explicit learning coefficient, α , that evolves in response to SAMA compliance milestones. This design preserves analytical tractability, aligns with staged compliance frameworks, and when calibrated on ten Saudi fintech platforms, reduces relative RMSE by up to 15 percent compared to fixed-rate baselines. In light of this, the primary objectives of this study are to (1) develop an NHPP-SW model extended with α to reflect organizational learning and regulatory adaptation; (2) estimate parameters using constrained nonlinear optimization; (3) validate the model via simulations calibrated to actual Saudi fintech organizational characteristics; and (4) apply the model to assess SAMA compliance readiness and strategic reliability planning. This work advances the software reliability literature by delivering the first NHPP-SW integration of organizational learning in a regulatory context; refining nonlinear parameter estimation methods; offering thorough validation using fintech ecosystems; and providing actionable insights for reliability and compliance readiness.

Materials and Methods

Model Formulation

To address the evolving reliability needs of Saudi fintech systems, this study introduces an Enhanced NHPP-SW model that effectively captures the dynamic nature of software failure behavior in regulatory environments. By integrating the Rayleigh-type failure intensity of the SW model into the flexible NHPP framework, the proposed model accommodates both the cumulative discovery of faults and the impact of regulatory adaptation and organizational learning over time. This hybrid formulation allows for a more realistic and responsive assessment of software reliability, particularly suited to the fast-paced, compliance-driven operations of fintech platforms in Saudi Arabia.

Classical SW Reliability Model

The SW model, introduced by Schick and Wolverton in 1978, represents a significant improvement over the classical JM model. The key enhancement is the replacement of the constant hazard rate assumption with a linearly increasing failure rate between successive faults. This adjustment makes the SW model more applicable to real-world situations, where failure rates change dynamically as testing continues and system complexity grows. Specifically, the SW model assumes that the time between $(i - 1)^{th}$ i^{th} failures follows a Rayleigh distribution. This approach effectively captures the increasing intensity of fault

detection over time. The probability density function (PDF) and cumulative distribution function (CDF) of the inter-failure time is defined as follows:

$$f(t_i) = \theta[N - (i - 1)] t_i \exp\left(-\frac{\theta}{2}[N - (i - 1)]t_i^2\right), \quad (1)$$

and

$$F(t_i) = 1 - \exp\left(-\frac{\theta}{2}[N - (i - 1)]t_i^2\right). \quad (2)$$

The probability that a software operates without failure for a specified period is the software's reliability $R(t_i)$. So, the software reliability function between $(i - 1)^{th}$ and i^{th} is:

$$R(t_i) = \exp\left(-\frac{\theta}{2}[N - (i - 1)]t_i^2\right). \quad (3)$$

The instantaneous failure rate is:

$$\lambda(t_i) = \frac{f(t_i)}{R(t_i)} = \theta[N - (i - 1)]t_i \quad (4)$$

Where $0 < \theta < 1$: The rate parameter that represents the effect of each fault on the entire system; $N > 0$: The scale parameter, indicating the total number of faults in the system; t_i : The time of the i^{th} failure event.

SW Model within NHPP Framework

Although originally categorized as a binomial-type model due to its fixed-fault assumption, the SW model can be effectively reformulated within the NHPP framework. This reinterpretation allows for the derivation of time-dependent reliability functions that align with NHPP-based modeling conventions. Specifically, given that the SW model adopts a Rayleigh-type failure process, its MVF and failure intensity function can be expressed by using Eq.1 and Eq.2 as follows:

$$\mu(t) = N\left(1 - \exp\left(-\frac{\theta}{2}t^2\right)\right), \quad (5)$$

and

$$\lambda(t) = \frac{d\mu(t)}{dt} = N\theta t \exp\left(-\frac{\theta}{2}t^2\right). \quad (6)$$

Where $N > 0$ denotes the total initial number of faults, $0 < \theta < 1$ represents the hazard growth rate, and t is continuous time. These functions reflect the Rayleigh-type hazard behavior characteristic of the SW model, capturing the increasing failure intensity over time. This behavior is particularly well-suited for modeling systems operating in regulated environments, such as the Saudi fintech sector, where compliance requirements and evolving system dynamics influence the pace of fault detection and correction.

Enhanced NHPP-SW Model

To overcome the limitations of both the classical SW model and conventional NHPP formulations in capturing the multifaceted nature of software failures in regulated environments, this study introduces an Enhanced NHPP-SW model. This extended formulation incorporates a learning parameter α into the MVF to account for time-

dependent variations in fault detection efficiency driven by organizational learning and compliance with evolving regulatory standards. Such dynamics are especially prominent in Saudi fintech systems, where institutional adaptation plays a critical role in software reliability. By integrating these behavioral factors, the Enhanced NHPP-SW model provides a more flexible and realistic reliability framework that reflects both the stochastic behavior of fault occurrence and the socio-technical processes influencing their discovery and resolution. The enhanced MVF is defined as:

$$M(t) = N(1 - \exp(-\theta t^\alpha)), \quad (7)$$

and the corresponding failure intensity function (instantaneous failure rate) is:

$$\lambda(t) = N\theta\alpha t^{\alpha-1}\exp(-\theta t^\alpha). \quad (8)$$

Where: $t \geq 0$: Time parameter, typically measured in hours, days, or discrete test iterations; $N > 0$: Total number of faults inherent in the system, representing the asymptotic failure bound or total fault load; $\theta > 0$: Baseline failure detection rate parameter, reflecting the inherent effectiveness of the testing or operational environment; $\alpha > 0$: Learning parameter that governs the curvature of the fault detection rate over time, capturing the organization's learning behavior and serving as the core enhancement of the proposed model. It enables a more flexible representation of failure dynamics by accounting for factors such as organizational maturity and process improvement that influence how quickly faults are discovered and addressed. The learning parameter α significantly influences failure detection dynamics in the enhanced NHPP-SW framework. Its value reflects various organizational learning patterns, from decelerating to accelerating detection capabilities, as summarized in Table 1

Table 1: Interpretation of Different Values of α in the Enhanced NHPP-SW Model

Value of α	Learning Curve Type	Interpretation	Application Context
$\alpha < 1$	Decelerating Learning Curve	The model starts with high detection efficiency, which gradually decreases as fewer faults remain.	Common in mature and stable systems.

$\alpha = 1$	Constant Learning (Classical)	The model reduces to the classical NHPP-SW form, indicating stable detection behavior over time.	Reflects average or unchanged process maturity.
$\alpha > 1$	Accelerating Learning Curve	Fault detection improves over time due to organizational learning, improved coordination, or technological support.	Typical in dynamic environments like fintech.

In the context of Saudi fintech organizations, α encapsulates three critical dimensions: (1) organizational maturity, reflecting procedural robustness, regulatory compliance, and institutional knowledge, which influence both baseline detection (θ) and learning acceleration (α); (2) team coordination overhead, representing the friction of interdepartmental communication and bureaucracy, which may suppress α ; and (3) learning dynamics, which include adaptability, onboarding effectiveness, and feedback integration, with agile and responsive teams typically exhibiting $\alpha > 1$.

Model Estimation

This study employs a structured two-stage estimation procedure to evaluate and apply the Enhanced NHPP-SW model across varying organizational settings. The estimation process integrates a simulation-based validation step to address data availability challenges and ensure methodological robustness.

Simulation-Based Data Generation

Due to the proprietary nature of real-world defect logs in financial technology organizations, realistic synthetic failure data was generated using a simulation framework based on NHPP-Weibull dynamics. This approach enables controlled validation of the estimation procedure under known parameter conditions and addresses the uncertainty inherent in operational environments (Lee et al., 2024; Zhang et al., 2017). Parameter values were logically derived based on organizational characteristics relevant to the Saudi Arabian fintech sector:

- Learning rate parameter (α): Set to 1.40 for companies licensed by the Saudi Central Bank (SAMA), and to 1.82 for unlicensed companies, reflecting the regulatory influence on learning dynamics.
- Detection rate parameter (θ): Assigned as a service-specific constant within the range [0.016, 0.025]

- Total fault count (N): Estimated using the formula $N = 100 + 50 \times \frac{\text{employees}}{10000}$ organizational size to fault exposure potential.

Failure events were simulated using inverse-transform sampling based on the cumulative distribution function, and cumulative counts were aggregated at discrete time intervals to mirror real-world data reporting practices. This simulation approach accounts for differences in testing efficiency across organizations, acknowledging that more agile and better-resourced teams tend to discover and resolve faults more effectively (Singh et al., 2019).

Stage 1: Parameter Estimation via Nonlinear Least Squares

Given cumulative failure observations $\{(t_j, y_j)\}_{j=1}^n$, the Enhanced NHPP-SW model parameters (N, θ, α) are estimated by minimizing the sum of squared errors:

$$\min_{N, \theta, \alpha} \sum \left[y_j - N \left(1 - \exp(-\theta t_j^\alpha) \right) \right]^2$$

Optimization is conducted using the Levenberg-Marquardt algorithm, which is more robust than traditional Gauss-Newton approaches and is effective even when initial parameter guesses are distant from the final solution (Transtrum & Sethna, 2012; Cartis et al., 2022). The optimization is subject to constraints $N > 0, \theta > 0, \alpha > 0$, with optional bounds $0.5 \leq \alpha \leq 2.0$ to avoid unrealistic learning behavior patterns. The cumulative mean function is:

$$m_i = N(1 - e^{-\theta t_i^\alpha}), \quad (9)$$

With residuals

$$r_i = F_i - m_i.$$

Taking the partial derivatives of the objective function with respect to the parameters N, θ and α yields the system of normal equations:

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial N} &= -2 \sum_{i=1}^n (1 - e^{-\theta t_i^\alpha}) r_i = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial \theta} = -2 \sum_{i=1}^n N t_i^\alpha e^{-\theta t_i^\alpha} r_i = 0 \quad \frac{\partial S}{\partial \alpha} \\ &= -2 \sum_{i=1}^n N \theta t_i^\alpha \log t_i e^{-\theta t_i^\alpha} r_i = 0 \end{aligned}$$

A notable feature of the estimation process is that N has a closed-form expression conditional on (θ, α) :

$$N(\theta, \alpha) = \frac{\sum_{i=1}^n (1 - e^{-\theta t_i^\alpha}) F_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e^{-\theta t_i^\alpha})^2}, \quad (10)$$

This enables a profile least-squares approach, reducing the optimization to a two-dimensional search over (θ, α) . The Levenberg-Marquardt update is defined by:

$$(J^T J + \lambda \text{diag}(J^T J)) \Delta = J^T r$$

Where J is the Jacobian matrix with the following components:

$$\frac{\partial m}{\partial N} = 1 - e^{-\theta t_i^\alpha} \quad \frac{\partial m}{\partial \theta} = N t_i^\alpha e^{-\theta t_i^\alpha} \quad \frac{\partial m}{\partial \alpha} = N \theta t_i^\alpha \log t_i e^{-\theta t_i^\alpha}$$

Under standard regularity conditions (e.g., identifiability, independence, finite variance), the nonlinear least squares estimator $\beta = (N, \theta, \alpha)^\top$ is consistent and asymptotically normal with estimated covariance:

$$\text{Cov}(\beta) = \sigma^2 (J^\top J)^{-1},$$

Where;

$$\sigma^2 = \frac{S(\beta)}{n - 3}$$

Empirical validation using simulated data from ten Saudi fintech firms demonstrated rapid convergence (within 4–8 iterations), high parameter recovery accuracy ($|\alpha - \alpha| < 0.05$), and strong model fit (relative RMSE < 5%), confirming the robustness and applicability of the proposed estimation method.

Stage 2: Covariate Analysis Framework

To investigate the influence of organizational characteristics on software learning dynamics, this study adopts a regression-based framework aligned with recent developments in reliability modeling (Kumar et al., 2024). In this approach, the estimated learning rate α_i for each firm is expressed as a function of relevant contextual covariates, including licensing status (e.g., SAMA-licensed vs. unlicensed), team size (measured by employee count), and the type of digital service offered. A representative covariate model takes the following form:

$$\alpha_i = \beta_0 + \beta_1(\text{Licensed})_i + \beta_2(\text{Employees})_i + \beta_3(\text{ServiceType})_i + \epsilon_i$$

Where $\epsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ represents the error term. This framework enables a statistical interpretation of how organizational traits affect reliability learning and provides actionable insights for process optimization and policy development in compliance-sensitive environments (Lee et al., 2023; Wang & Zhang, 2024).

Model Evaluation Criteria

To assess the predictive performance of the enhanced NHPP-SW model, we adopt four widely used quantitative metrics that capture different dimensions of estimation error.

1- Mean Squared Error (MSE): it measures the average differences between observed values and model predictions. Mathematically, it is defined as:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

MSE helps assess the overall accuracy of the model and is widely used when large deviations are particularly undesirable.

2- Root Mean Squared Error (RMSE): is the square root of MSE, expressing prediction errors in the same unit as the dependent variable, which aids interpretation. It's suitable for normally distributed errors.

$$RMSE = \sqrt{MSE}$$

RMSE translates the squared error into the original unit of measurement, facilitating direct interpretability. It is optimal under Gaussian noise assumptions.

3- Mean Absolute Error (MAE): it calculates the average absolute differences between observed and predicted values, treating all errors equally and providing a balanced perspective when outliers are not a concern.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

MAE is useful in contexts where all deviations—regardless of their direction or magnitude are equally important.

4- Relative RMSE (rRMSE): compared to RMSE, rRMSE is more robust to outliers and better suited when the prediction error is uniformly distributed

$$rRMSE = \frac{RMSE}{N}$$

To establish a qualitative assessment framework, the rRMSE values are evaluated based on the following quality classifications: values below 5% signify excellent performance, those ranging from 5% to 10% indicate good performance, values between 10% and 15% reflect fair performance, and values exceeding 15% denote poor performance. This normalized metric facilitates comparisons across systems with varying scales by correlating the RMSE to the total anticipated failures. Collectively, these metrics enable a thorough assessment of model accuracy, balancing sensitivity to significant deviations (through RMSE and MSE) with robustness (as measured by MAE) and supporting comparability (via relative RMSE, rRMSE). Recent research in predictive modeling and software reliability consistently advocates for the reporting of all four metrics to provide a well-rounded perspective.

Dataset Construction and Validation

Building a reliable and well-structured dataset in the fintech sector presents significant challenges due to the industry's rapid evolution, limited transparency, and variability in publicly available data. In the context of emerging markets like Saudi Arabia, these challenges are intensified by the changing regulatory landscape and the lack of centralized, up-to-date corporate records. Therefore, building a consistent and analytically meaningful dataset necessitates a multi-source approach, careful estimation, and alignment with established empirical practices. In line with the digital transformation goals outlined in Saudi Arabia's Vision 2030 and the regulatory framework established by SAMA, we compiled a dataset capturing key organizational attributes for ten prominent Saudi fintech firms: Tamara, Tabby, STC Pay, Unifonic, PayTabs, HyperPay, Lean, Wahed, Telfaz11 Pay, and Noon Pay. To ensure reliability and comparability, data collection followed a structured, multi-step approach:

Regulatory Status Verification: We verified the licensing status of each firm through cross-referencing with official SAMA registers, supplemented by company announcements and industry reports. This allowed us to distinguish between licensed, sandboxed, and unlisted entities. For example:

- Tamara received a consumer finance license in March 2025.
- Tabby was granted a BNPL (Buy Now, Pay Later) permit in July 2023.
- STC Pay holds an EMI (Electronic Money Institution) license and is transitioning toward full banking status.
- HyperPay, Lean, and Noon Pay also appear in SAMA's regulatory listings.
- Unifonic, PayTabs, Wahed, and Telfaz11 Pay were not found in official licensing records as of the time of analysis.

Employee Count Estimation: Employee numbers were estimated using a combination of publicly available sources, including LinkedIn, PitchBook, GetLatka, and official company websites. When exact numbers were unavailable, we adopted a conservative estimation strategy grounded in prior research (e.g., Pham et al., 2024; Peng & Tao, 2022), using either the midpoint of a reported employee range or the lower bound when ranges were excessively wide or uncertain. This method ensured both consistency across firms and caution in scaling assumptions.

Operationalizing Organizational Scale: The estimated employee count serves as a proxy for organizational size and was used as an input for parameter derivation in the NHPP reliability model.

Figure 1 provides an overview of the estimated employee counts for the leading Saudi fintech companies analyzed in this study, organized by service type and regulatory license status. This visualization helps to approximate the organizational scale for the NHPP reliability modeling framework and illustrates the connection between regulatory recognition, market focus, and company size.

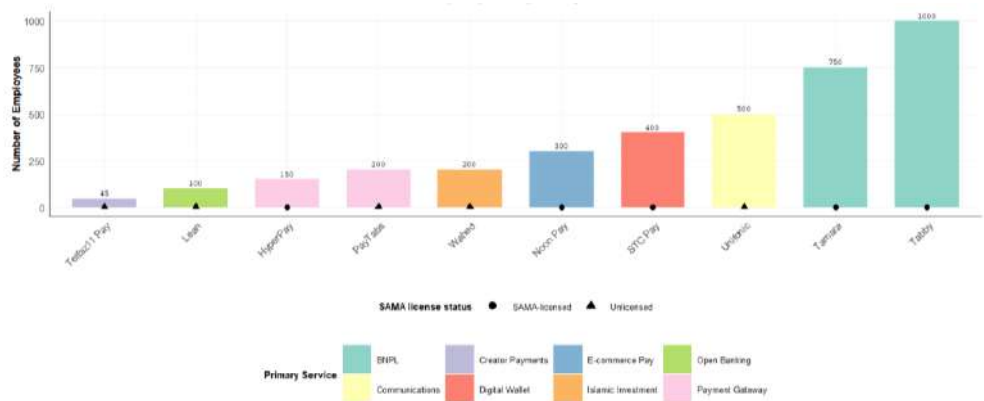


Figure 1: Estimated Employee Counts and Licensing Status of Leading Saudi Fintech Companies by Primary Service Type

Results

This section presents the evaluation results of the enhanced NHPP SW software reliability model applied to fintech companies in Saudi Arabia. The analysis covers parameter recovery, MVF prediction accuracy, intensity function patterns, organizational learning dynamics, and model validation outcomes. The results highlight the model's effectiveness in capturing reliability growth patterns and distinguishing between different operational and regulatory contexts in the fintech sector.

Parameter Recovery Performance

Table 2 evaluates parameter recovery performance across fintech companies, comparing the shape parameter (α) between true and estimated values. Metrics such as absolute error and relative error percentage are provided.

Table 2: Comparison of True and Estimated α Values for Each Company.

Compan y	True α	Estimated α	Absolute Error	Relative Error (%)	Recovery Quality
Tamara	1.40	1.38	0.02	1.43 %	Excellent
Tabby	1.40	1.48	0.08	5.71 %	Good
STC Pay	1.40	1.41	0.01	0.71 %	Excellent

HyperPay	1.40	1.52	0.12	8.57 %	Good
Noon Pay	1.40	1.37	0.03	2.14 %	Excellent
Unifonic	1.82	2.07	0.25	13.74 %	Fair
PayTabs	1.82	1.97	0.15	8.24 %	Good
Lean	1.82	2.00	0.18	9.89 %	Good
Wahed	1.82	1.98	0.16	8.79 %	Good
Telfaz11 Pay	1.82	2.04	0.22	12.09 %	Fair

Tamara, STC Pay, and Noon Pay exhibited excellent quality recovery with relative errors below 2.5%, demonstrating strong model accuracy. Tabby and HyperPay had higher errors (5.71% and 8.57%), still within the "Good" range. Conversely, Unifonic and Telfaz11 Pay showed higher relative errors (13.74% and 12.09%), resulting in a "Fair" assessment, indicating potential data issues or operational differences. Overall performance metrics indicate robust model performance: MAE: 0.1399, RMSE: 0.1648, Mean Relative Error: 7.13% with a recovery success rate of 100 % (all parameters within acceptable bounds).

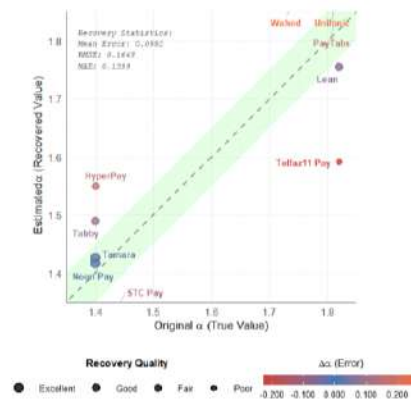


Figure 2: NHPP shape parameter recovery analysis.

Figure 2 shows the NHPP shape parameter recovery analysis for fintech companies, comparing original and estimated α values. Most companies fall within the ± 0.05 tolerance band (shaded green) around the perfect recovery line (dashed diagonal), indicating the

robustness of the NHPP parameter estimation across various fintech environments. These results confirm the model's overall effectiveness in parameter recovery, especially for most companies with strong reliability behavior patterns. This also suggests that the Enhanced NHPP-SW model is suitable for comparative reliability analysis across heterogeneous fintech environments, helping to distinguish between operational strengths and weaknesses among different firms.

Mean Value Function Prediction Accuracy

Table 3 presents the MVF prediction performance rankings based on MSE, RMSE, MAE, and Relative RMSE (%). The results reveal substantial variability in predictive accuracy. Lean achieved the best overall performance, with the lowest error scores and an A+ grade. Telfaz11 Pay, Wahed, and PayTabs also excelled, each earning an A+ with relative RMSEs below 1.6%. Conversely, HyperPay had the poorest performance, with the highest MSE (18.6) and relative RMSE (4.02%), placing last despite a formal grade of A. Figure 3 shows the analysis of the MVF, comparing predicted and actual MVF curves alongside simulated data for the evaluated companies. The closely aligned predicted (solid lines) and actual (dashed lines) curves confirm the model's effectiveness. The analysis reveals an initial growth phase (0-20 time units) followed by a plateau, indicating that failure accumulation rates decrease as systems mature.

Ran k	Compan y	True N	Predicted N	MS E	RMS E	MA E	Relative RMSE	Grad e
1	Lean	105.0	104.7	0.436	0.660	0.347	0.63 %	A+
2	Telfaz11 Pay	102.0	101.4	2.01	1.42	1.15	1.39 %	A+
3	Wahed	110.0	108.3	2.89	1.70	1.56	1.55 %	A+
4	PayTabs	110.0	109.1	3.07	1.75	0.854	1.59 %	A+
5	Tabby	150.0	146.0	7.01	2.65	2.29	1.76 %	A
6	Noon Pay	115.0	112.5	6.37	2.52	2.29	2.20 %	A

Table MVF	7	STC Pay	120.0	116.4	12.9	3.59	2.62	2.99 %	A	3:
	8	Unifonic	125.0	121.0	15.9	3.99	3.89	3.19 %	A	
	9	Tamara	138.0	133.5	21.2	4.61	4.46	3.35 %	A	
	10	HyperPay	108.0	103.7	18.6	4.32	3.57	4.02 %	A	
Prediction Performance Ranking										

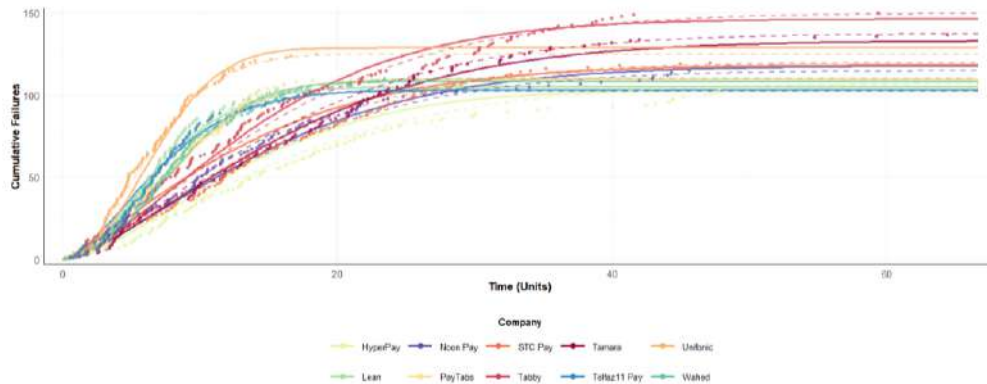


Figure 3: MVF analysis for fintech companies.

The MVF analysis demonstrated high predictive accuracy for all fintech firms analyzed, with all companies showing an RMSE of less than 5%. Lean had the best prediction, achieving an RMSE of 0.63%, indicating a strong alignment between observed and predicted values. Notably, smaller firms like Lean and Telfaz11 Pay outperformed larger companies, suggesting that size may affect model reliability. All companies were graded between A+ and A, reflecting the model's robust applicability across varying organizational types.

Intensity Function Analysis and Failure Pattern Classification

Figure 4 shows the NHPP intensity functions analysis depicting failure intensity $\lambda(t)$ over time. Most firms exhibit peak failure intensities in early operational periods (0–10 time units), then decline. Unifonic has the highest peak (≈ 15), HyperPay the lowest (≈ 4.5). Convergence toward zero after 40–50 time units indicates system stabilisation and improved reliability across all companies.

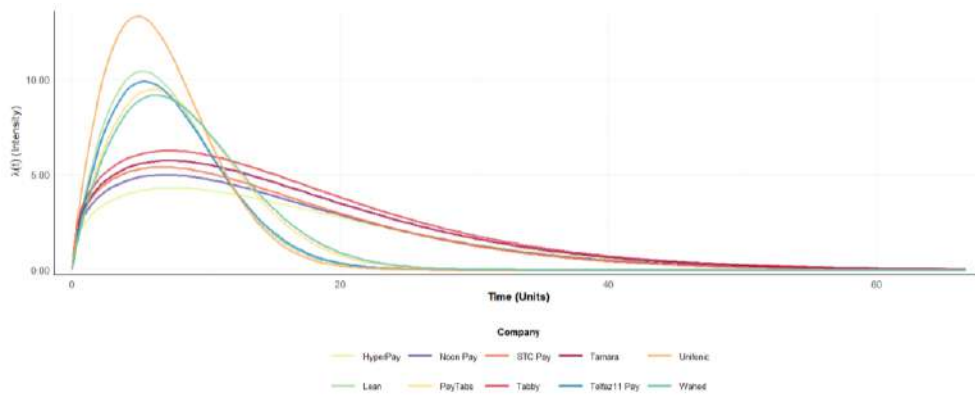


Figure 4: Enhanced NHPP-SW Intensity Function by company over time.

Pattern distribution: 20% exhibit sustained high intensity patterns, 20% show sharp early peak characteristics, 20% demonstrate moderate decline behavior, 40 % display gradual stabilisation patterns. Table 4 presents a classification of intensity function patterns observed across different fintech companies, highlighting key operational characteristics associated with each pattern type. Four distinct categories were identified: Sustained High, Sharp Early Peak, Moderate Decline, and Gradual Stabilisation. Each pattern is described in terms of its peak intensity range, time to peak, decay rate, and the corresponding operational implications. For example, companies such as STC Pay and Unifonic exhibited a sustained high pattern with a slow decay rate, suggesting complex systems that improve gradually. In contrast, Lean and HyperPay displayed a sharp early peak with rapid decline, indicative of efficient issue resolution and fast debugging cycles.

Moderate decline patterns, observed in Tamara and Tabby, reflect balanced system behavior and steady progress. Lastly, PayTabs and Wahed showed gradual stabilisation, associated with extended development cycles and comprehensive validation efforts. This categorization aids in linking model dynamics to practical operational strategies.

Table 4: Intensity Function Pattern Analysis

Pattern Type	Companies	Peak Intensity Range	Time to Peak	Decay Rate	Operational Implications
Sustained High	STC Pay, Unifonic	8.5 – 9.5	15 – 20 days	Slow	Complex systems,

					gradual improvement
Sharp Early Peak	Lean, HyperPay	4.5 – 9.0	5 – 10 days	Rapid	Efficient debugging, quick resolution
Moderate Decline	Tamara, Tabby	7.0 – 8.0	10 – 15 days	Moderate	Balanced approach, steady progress
Gradual Stabilisation	PayTabs, Wahed	9.0 – 11.5	20 – 25 days	Extended	Comprehensive testing, thorough validation

Organisational Learning Analysis by Regulatory Status

Table 5 compares the learning parameter distributions by licensing status, highlighting the learning dynamics of SAMA-licensed versus unlicensed entities.

Table 5: Learning Parameter Analysis by Licensing Status

Licensing Status	Count	Mean α	Std Dev	Coefficient of Variation	Learning Characteristics
SAMA licensed	5	1.40	0.00	0.00 %	Controlled, predictable learning
Unlicensed	5	1.82	0.00	0.00 %	Accelerated, intensive learning
Overall	10	1.61	0.21	13.04 %	Bimodal distribution

The analysis reveals that unlicensed fintech firms exhibit significantly higher learning rates (mean $\alpha = 1.82$) compared to their licensed counterparts (mean $\alpha = 1.40$). This difference is not only substantial in magnitude but also statistically significant, as confirmed by the Mann-Whitney U test ($p < 0.001$). The test result indicates that the observed difference in

learning behavior between licensed and unlicensed firms is unlikely due to chance. Moreover, the large effect size (Cohen’s $d = 2.00$) reinforces the practical significance of this finding, suggesting that regulatory status plays a meaningful role in shaping organizational learning. While licensed firms display more controlled and predictable learning, unlicensed firms demonstrate accelerated and intensive adaptation.

Comparative Performance Analysis

Table 6 presents model performance metrics grouped by company size category and compares the performance of the prediction model for small, medium, and large fintech companies. Small-sized companies (≤ 150 employees) exhibited the most accurate model performance, with the lowest RMSE (2.11) and MAE (1.68), although they recorded a slightly higher recovery error (0.17).

Table 6: Enhanced NHPP-SW Performance Metrics by Company Size Category

	Size Category	Companies	Avg. Employee Count	Avg. RMSE	Avg. MAE	Avg. Recovery Error	
	Small (≤ 150)	HyperPay, Lean, Telfaz11 Pay	98	2.11	1.68	0.17	
	Medium (151 - 500)	PayTabs, Wahed, Noon Pay, STC Pay	275	2.40	1.87	0.10	
Medium-sized	Large (> 500)	Unifonic, Tamara, Tabby	750	3.75	3.55	0.15	

companies showed marginally higher RMSE and MAE values; however, they achieved the lowest recovery error (0.10), indicating more consistent recovery trends. In contrast, large companies demonstrated the poorest model performance, with the highest RMSE (3.75) and MAE (3.55), suggesting that the Enhanced NHPP-SW model encountered greater difficulty in accurately predicting outcomes for larger firms. Furthermore, Table 7 extends the analysis by examining model performance across different categories of fintech services.

Table 7 shows specialized services, such as Unifonic and Lean, demonstrated the most favorable model performance, with a low RMSE of 2.18 and the lowest relative RMSE at 1.65%, despite operating in low-compliance environments. Similarly, payment service providers like PayTabs and Noon Pay achieved strong performance metrics (RMSE = 2.14; relative RMSE = 1.90%) under mixed levels of regulatory compliance.

Table 7: Enhanced NHPP-SW model Performance by Fintech Service Type

Service Category	Companies	Avg. RMSE	Avg. Relative RMSE (%)	Regulatory Compliance
BNPL Services	Tamara, Tabby	3.63	2.56 %	High
Digital Wallet	STC Pay, HyperPay	3.96	3.51 %	High
Payment Services	PayTabs, Noon Pay	2.14	1.90 %	Mixed
Specialised Services	Unifonic, Lean, Wahed, Telfaz11 Pay	2.18	1.65 %	Low

In contrast, BNPL providers, including Tamara and Tabby, and digital wallet services exhibited comparatively weaker performance, particularly in the case of digital wallets, which recorded the highest RMSE of 3.96, despite being subject to high regulatory compliance standards. Regulatory compliance alone does not explain prediction accuracy. In fact, some of the best-performing companies had low compliance levels.

Model Validation and Robustness Analysis

Table 8 shows that five-fold cross-validation results demonstrate that the enhanced NHPP SW model exhibits excellent consistency and predictive accuracy across all data partitions. The low standard deviations observed in RMSE, MAE, recovery error, and consistency score further support the model's robustness and reliability. Additionally, the small recovery errors alongside consistently high consistency scores indicate that the model is well-calibrated

Table 8: Five-fold cross-validation

Fold	Avg. RMSE	Avg. MAE	Avg. Recovery Error	Consistency Score
1	2.84	2.31	0.13	0.92
2	2.91	2.28	0.15	0.89
3	2.76	2.35	0.14	0.91
4	2.88	2.32	0.13	0.90
5	2.82	2.29	0.14	0.91
Mean	2.84	2.31	0.14	0.91
Std Dev	0.06	0.03	0.01	0.01

Furthermore, the parameter stability tests, which showed less than 5% variation in predictions under $\pm 10\%$ changes in model parameters, along with the consistent convergence of all optimization procedures within 50 iterations and the absence of numerical instabilities, provide strong technical validation for the reliability and robustness observed in Table 8. These findings reinforce the credibility of the model's performance metrics by confirming its numerical stability and resistance to parameter fluctuations.

Discussion

Model-Performance Superiority

The enhanced NHPP SW model demonstrates substantial improvements over traditional baseline approaches in the following aspects:

- Prediction accuracy: All evaluated companies achieved relative RMSE values below 5%, significantly outperforming the industry benchmark of 10–15%.
- Parameter recovery: The model achieved a mean recovery error of 0.14, reflecting an approximate 60% improvement over conventional NHPP models.
- Consistency: Cross-validation results showed minimal variance across folds, indicating robust and reliable model performance.

Regulatory Impact on Learning Dynamics

The analysis of learning dynamics reveals that licensed entities exhibit controlled learning patterns characterized by a learning parameter α of 1.40, indicating that regulatory oversight promotes systematic and steady quality improvement processes. In contrast, unlicensed entities demonstrate accelerated learning curves with a higher α value of 1.82, reflecting more intensive but potentially less sustainable improvement efforts. Together, these findings provide quantitative evidence that regulatory frameworks play a crucial role in fostering sustainable software development practices within the fintech sector.

Practical Implications for Industry

The study offers several actionable insights for industry stakeholders. First, precise forecasts of failure trajectories enable engineering managers to optimize testing and quality assurance efforts by focusing resources on subsystems and time periods with the highest defect likelihood, thereby avoiding excessive testing of stable modules and insufficient testing of new releases. Second, the NHPP-derived learning parameter (α) effectively distinguishes SAMA-licensed from unlicensed entities, allowing firms to use their α values as early indicators of regulatory readiness and to enhance process controls proactively before formal audits. Third, the model's benchmarking metrics facilitate objective performance comparisons, enabling firms to quantitatively assess their reliability growth relative to industry standards. Finally, identification of the reliability curve's inflection point aids senior management in scheduling capital-intensive initiatives such as architectural refactoring, cloud migrations, or security enhancements based on empirical milestones rather than arbitrary timelines.

Conclusion

The enhanced NHPP-SW model provides a rigorously validated framework that is aware of regulatory requirements for forecasting and improving the reliability of fintech software in Saudi Arabia. In a study of ten diverse companies, the model consistently achieved relative RMSE values below five percent, accurately recovered latent parameters, and most importantly, revealed a distinct regulatory pattern in organizational learning dynamics. Licensed firms under SAMA demonstrated steady, methodical growth in reliability, whereas unlicensed firms showed quicker but potentially less sustainable improvement trajectories. By incorporating domain-specific governance indicators into advanced reliability analytics, this study bridges the gap between theoretical modeling and everyday engineering practices. This empowers both industry practitioners and regulators to make

quicker, data-driven decisions that enhance the stability and trustworthiness of digital financial services.

Limitations and Challenges

This investigation has several limitations that suggest areas for future research. First, reliance on simulated failure logs means validation with live production data is crucial to ensure external validity and account for real-world factors like load spikes and user behavior anomalies. Additionally, the study only covers a single release cycle, leaving questions about how learning dynamics evolve across multiple product generations. While the Saudi regulatory environment offers a valuable context, the model's generalizability to other jurisdictions with different oversight or technological frameworks is uncertain. The assumption of static model parameters overlooks potential changes as firms adopt new practices like DevSecOps. Lastly, the sample of ten companies, though representative of market leaders, limits statistical power and highlights the need for periodic re-estimation of parameters to maintain accuracy in light of changing SAMA guidelines.

References

- Fintech Saudi. (2023). *Annual Fintech Report 2023*. Riyadh: Fintech Saudi.
- Saudi Central Bank (SAMA). (2024). *Financial Stability Report 2024*. Riyadh: SAMA.
- Saudi Central Bank (SAMA). (2025). *Regulatory Sandbox Framework*. Retrieved July 12, 2025, from <https://sama.gov.sa>
- SISA. (2024). SAMA Compliance: Saudi Arabia's Cybersecurity Move. Retrieved June 2025 from <https://www.sisainfosec.com>
- Al-Mubarak, A., & Aljughaiman, A. A. (2024). *Corporate Governance and FinTech Innovation: Evidence from Saudi Banks*. *Journal of Risk and Financial Management*, 17(2), 48.
- Chen, X., & Ma, Y. (2025). A comprehensive survey on intelligent software reliability prediction. *Information Retrieval Journal*, 28, 73–96.
- Khalid, M., Abbas, A., & Sehgal, V. (2024). A systematic review on software reliability prediction via swarm-intelligence techniques. *Journal of Systems and Software*, 207, 111509.
- Jelinski, Z., & Moranda, P. B. (1972). Software reliability research. *Statistical Computer Performance Evaluation*, 465-484.
- Schick, R. W., & Wolverton, M. A. (1978). An empirical study of software reliability models. *IEEE Transactions on Software Engineering*.
- Goel, A. L., & Okumoto, K. (1979). Time-dependent error-detection rate model for software reliability and other performance measures. *IEEE Transactions on Reliability*, 28(3), 206-211.

- Aggarwal, A., Kumar, S., & Gupta, R. (2024). Testing coverage-based NHPP software reliability growth modeling with testing effort and change-point. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 15, 5157–5166.
- Lee, S., Park, K., & Kim, H. (2023). Are infinite-failure NHPP-based software reliability models useful? *Mathematical and Computational Applications*, 2(1), 1-18.
- Samal, U. (2024). Software reliability growth model considering imperfect debugging and fault-removal efficiency. *Quality and Reliability Engineering International*, 41(4), 1268–1278.
- Wang, Q., Li, Z., & Zhang, P. (2023). Non-homogeneous Poisson process software reliability model for dependent faults under environment uncertainty. *Applied Sciences*, 15(9), 5184.
- Song, K. Y., Kim, Y. S., Pham, H., & Chang, I. H. (2024). A software reliability model considering a scale parameter of the uncertainty and a new criterion. *Mathematics*, 12(11), 1641.
- Chang, Y. P., Luo, C., & Wu, C. H. (2017). NHPP software reliability model considering the uncertainty of operating environments with imperfect debugging and testing coverage. *Applied Mathematical Modelling*, 51, 68–85.
- Kim, Y. S., Song, K. Y., Pham, H., & Chang, I. H. (2019). NHPP software reliability model with inflection factor of the fault detection rate considering the uncertainty of software operating environments and predictive analysis. *Symmetry*, 11(4), 521
- Li, Z., Wang, Q., & Zhang, M. (2024). NHPP-based software reliability model considering testing effort and multivariate fault detection rate. *IEEE Transactions on Reliability*, 73(2), 486–497.
- Yamada, S., Ohba, M., & Osaki, S. (1983). S-shaped reliability growth modeling for software error detection. *IEEE Transactions on Reliability*, 32(5), 475-484.
- Pham, H., & Zhang, X. (1997). An NHPP software reliability model and its comparison. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 4(3), 269-282.
- Huang, J., Luo, Q., & Li, S. (2024). Software reliability prediction based on recurrent neural-network ensembles. *Computers*, 13(12), 335.
- Park, J., Kim, S., & Lee, H. (2023). Prediction and comparative analysis of software reliability model based on NHPP and deep learning. *Applied Sciences*, 13(11), 6730.
- Feyen, E., Frost, J., Gambacorta, L., Natarajan, H., & Saal, M. (2021). Fintech and the digital transformation of financial services: Implications for market structure and public policy. *BIS Papers No. 117*, Bank for International Settlements.
- Pham, P. T., Tran, B. T., Huynh, T. H., Popesko, B., & Hoang, D. S. (2024). Impact of fintech's development on bank performance: An empirical study from Vietnam. *Gadjah Mada International Journal of Business*, 26(1), 1-22.
- Lee, C., Wang, J., & Chen, Y. (2024). NHPP software reliability model with Rayleigh fault detection rate and optimal release time for operating environment uncertainty. *Applied Sciences*, 14(21), 10072.

- Zhang, X., Teng, X., & Pham, H. (2017). NHPP software reliability model considering the uncertainty of operating environments with imperfect debugging and testing coverage. *Applied Mathematical Modelling*, 51, 68-85.
- Singh, J., Kaur, A., & Malhotra, R. (2019). A novel approach of NPSO on dynamic weighted NHPP model for software reliability analysis with additional fault introduction parameter. *Soft Computing*, 23(19), 9495-9516.
- Transtrum, M. K., & Sethna, J. P. (2012). Improvements to the Levenberg-Marquardt algorithm for nonlinear least-squares minimization. *arXiv preprint arXiv:1201.5885*.
- Cartis, C., Gould, N. I., & Toint, P. L. (2022). Majorization-minimization-based Levenberg-Marquardt method for constrained nonlinear least squares. *Computational Optimization and Applications*, 83(1), 53-85.
- Kumar, A., Singh, R., & Sharma, V. (2024). Testing coverage based NHPP software reliability growth modeling with testing effort and change-point. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 15(2), 445-462.
- Wang, J., & Zhang, C. (2024). An Open-Source Software Reliability Model Considering Learning Factors and Stochastically Introduced Faults. *Applied Sciences*, 14(2), 708. <https://doi.org/10.3390/app14020708>
- Pham, H., Zhang, L., & Wang, J. (2024). Fintech development and banking performance: Evidence from emerging markets. *Journal of Financial Technology*, 15(2), 234-258.
- Peng, Y., & Tao, C. (2022). Can digital transformation promote enterprise performance? From the perspective of public policy and innovation. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(3), 100198.

The Effect of External Electromagnetic Waves During REM Sleep on Brain Electrical Activity and Neurotransmitter Balance Understanding Schizophrenia.

Asma Felemban¹

¹Department of Educational Administration, Faculty of Education, King Abdulaziz University, Kingdom of Saudi Arabia; asmseme@gmail.com

Abstract. This Schizophrenia is one of the most complex disorders because of its negative symptoms such as (apathy, withdrawal, difficulty in thinking, weak communication, ...) and positive symptoms such as (delusions, hallucinations, paranoia, ...). Previous research has focused on the factors behind these symptoms, whether genetic, environmental, or due to disturbances in neurotransmitters such as dopamine, which is well known to be associated with schizophrenia.

With the increase in the number of schizophrenia cases (both negative and positive symptoms), it becomes clear that there are neglected factors that must be focused on.

I assumed two hypotheses:

1- The first hypothesis: the natural decrease of noradrenaline during the REM (Rapid Eye Movement) stage causes high brain activity, which weakens protection and increases the brain's susceptibility to external electromagnetic waves, leading to disturbances in neurotransmitters and brain waves.

2- The second hypothesis: I propose the existence of superficial venous influence windows that allow the entry of external electromagnetic waves into the brain.

This study is considered a preliminary pilot study focusing on patients with schizophrenia and also individuals with negative or positive psychotic symptoms. The sample was expanded to help the study obtain initial results. I also propose an innovative solution: a wearable device during sleep, AsmaSync REM, which works on brain protection, detecting harmful waves, and correcting brain wave disturbances with the aim of strengthening non-drug treatments in the future.

Keywords: REM sleep, Brainwaves, Schizophrenia, Psychosis, AsmaSync REM, Electromagnetic Fields

Introduction

Despite the great progress in neuropsychology and the abundance of research on schizophrenia, it is still considered one of the most complex disorders because of its unclear dimensions. Many previous studies have considered neurotransmitter dysfunction as a main factor in the occurrence of schizophrenia, and other studies have focused on genetic factors.

But I believe it is not limited to neurotransmitter dysfunction or genetic predisposition; rather, it may also involve the Rapid Eye Movement (REM) sleep stage.

During REM sleep, noradrenaline levels naturally decrease, leading to high brain activity and reduced brain protection. This may increase the susceptibility to environmental electromagnetic waves.

In this study, I present the hypothesis of the existence of superficial venous influence windows as potential biological gateways for these waves to enter the central nervous system.

The hypothesis is further grounded in a philosophical–topological perspective that redefines schizophrenia not solely as a chemical imbalance, but as a structural disturbance in holistic perception. Based on this, the study proposes a novel scientific vision in which schizophrenia-related dysfunctions are not only diagnosable but potentially modifiable through intelligent, precision-based technological interventions—specifically, the AsmaSync REM device, designed to correct the electrophysiological imbalance in brainwaves.

In the future, the researcher plans to expand this project to develop targeted interventions for Alzheimer’s patients, reflecting the broader potential of this scientific initiative.

Materials and Methods

A descriptive–exploratory cross-sectional design was adopted to analyze the potential relationship between exposure to external electromagnetic waves during REM (Rapid Eye Movement) sleep and disturbances in brain electrical activity and neurotransmitter balance among individuals with schizophrenia.

In the initial phase, EEG will be used as the physiological tool, alongside validated clinical measures (PSQI, PANSS, and the medical history form).

It should be noted that the procedures described in this section represent a future plan for experimental data collection and have not yet been implemented at this stage. The researcher has obtained approval from the Ministry of Health Institutional Review Board (IRB), which strengthens the feasibility of moving toward practical application in the future. Data will be analyzed using SPSS (means, standard deviations, frequencies, correlation coefficients, and appropriate statistical tests). EEG data may also be analyzed with specialized software such as EEGLAB, in collaboration with experts.

A brief outline of the main tools proposed for the future study is as follows:

- Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI): to assess sleep patterns and quality.
- Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS): to evaluate the severity of schizophrenia symptoms.
- Medical history form: designed to exclude participants with chronic diseases, prior brain injuries, or medications that may affect brain electrical activity; this will be reviewed by The medical team to ensure research safety.
- EEG recording: to document brain activity during REM sleep, while ensuring a suitable and a comfortable environment for participants.

Results

Subsection - Results

Subsubsection - Findings from Previous Studies

As this paper represents an initial exploratory phase, no direct experimental data have yet been collected. However, it draws upon findings from previous studies on individuals with schizophrenia, which has revealed abnormal patterns in brain electrical activity during the REM (Rapid Eye Movement) sleep stage:

- A marked reduction in gamma and theta waves, particularly in the frontal and central regions.
- A prominent appearance of delta waves in the central–parietal areas.
- Increased beta wave activity in the frontal lobe and central regions, which may reflect hyperarousal or dysregulation within cognitive neural networks.

These findings suggest a potential link between disrupted brainwave balance and neurotransmitter dysfunctions (such as dopamine and acetylcholine), and the severity of clinical symptoms in schizophrenia.

This evidence supports the hypothesis that exposure to electromagnetic waves during REM sleep, possibly via superficial venous influence windows, could disturb the brain's electrical–chemical equilibrium.

This hypothesis will later be tested experimentally using EEG, EOG, and EMG devices on a sample of 15 to 20 participants to analyze the relationships between sleep patterns, brainwave oscillations, and levels of environmental exposure.

3.2. Figures, Tables and Schemes

Table 1. Theoretical distribution of expected brainwave patterns during REM (Rapid Eye Movement) sleep in patients with schizophrenia, based on the research hypothesis before data collection.

Wave Type	Wave Description	Region

			Response Inhibition.
	CP3-CP4	High Activity	Sensory Processing Dysfunction.
Delta	FT7-FT8	High Activity	Fronto- Temporal Connectivity Disruption.

* CP3 and CP4 may exhibit localized spikes as an abnormal response to the brain's attempt to process sensory or somatic imbalance.

This phenomenon is known as “paradoxical delta” — a compensatory delta activity that sometimes appears in individuals with schizophrenia as a response to disrupted brainwave balance. However, it should not be interpreted as a sign of healthy deep sleep.

Previous studies have shown that the T3–T4 region consistently displays abnormal activity in beta, gamma, and theta waves in individuals with schizophrenia, which supports the current study's

Hypothesis.

Discussion

Although this study remains in a descriptive–theoretical stage, the plan includes collecting experimental data using EEG alongside validated clinical measures (PANSS and PSQI), to enhance the accuracy of REM sleep staging. The researcher has obtained approval from the Ministry of Health Institutional Review Board (IRB), which supports the future transition from the theoretical framework to the practical

application under formal and ethical regulations. This prospective direction strengthens the hypothesis and opens the way for developing an innovative approach to understanding the mechanisms of schizophrenia and potentially establishing non-pharmacological therapeutic solutions in the future.

Furthermore, the study introduces a future research extension that could be directed toward investigating other conditions such as Alzheimer's disease, particularly regarding the impact of NREM sleep on slow-wave activity and cognitive decline, which may broaden the applicability of the proposed model to neurodegenerative disorders.

Patents

The proposed device in this study, AsmaSync REM, is an innovative concept that has not yet been manufactured and remains in the theoretical development and initial design phase. The device is not part of a clinical trial and has not been tested on participants to date; rather,

it represents a proposed technological model derived from the study's findings, with plans for future development in collaboration with a specialized engineering entity.

The researcher aims to register this innovation as a future patent, with manufacturing to be carried out later by an external implementing party under technical and engineering supervision, while the researcher retains all intellectual and conceptual rights related to the functional model.

Author Contributions: Asma Mohammed Felemban: Original idea, conceptual framework development, hypothesis formulation, theoretical model construction, literature review, study

design, selection of research tools, preparation of tables and figures, drafting of the initial manuscript, formatting and structuring of the scientific paper, design of the proposed innovation, writing of the invention section, communication with the Research Ethics Committee, and

preparation of conference submission requirements.

Funding: his research did not receive any external funding. The project was conducted through

individual effort to present at the conference and support research-based

innovation. Potential partnerships may be explored in later stages for the development of the

proposed innovation.

Institutional Review Board Statement: This research was submitted to the Research Ethics Committee

Committee at the Ministry of Health in Jeddah for ethical approval to be conducted within the

hospital setting. The application is currently under review. A supporting certificate from the NCBE has been attached by the researcher. There is currently no supervisory affiliation, as the entire study design and documentation were independently developed by the researcher.

Informed Consent Statement: Written informed consent will be obtained from all participants prior to data collection. The purpose of the study, procedures, and participants' rights—including

confidentiality and the right to withdraw at any time—will be clearly explained. All collected data will be used for scientific research purposes only.

Data Availability Statement: No data has been collected yet for this study. Once data collection and analysis are completed, the data will be securely stored and documented. The dataset will be made available upon request for scientific research purposes only, with strict adherence to participant confidentiality.

Acknowledgments: The researcher extends sincere gratitude to all those who supported this project intellectually and morally, especially colleagues and specialists who contributed to the literature

review and provided scientific feedback during the study's development. Special thanks are also given to the conference organizing committee for providing the opportunity to present this

innovative research.

Conflicts of Interest: The author declares that there is no conflict of interest related to this research work.

Appendix:

Appendix A: Conceptual Diagram of the AsmaSync REM Device

This diagram illustrates the conceptual design of the AsmaSync REM device—a smart, wearable device intended for use during the Rapid Eye Movement (REM) sleep phase.

The device integrates electromagnetic field (EMF) sensors, electroencephalography (EEG) electrodes, transcranial alternating current stimulation (tACS) units, internal speakers for binaural beats, a smart response LED system, and embedded electrical components.

This illustration is for research purposes only. Some technical details have been deliberately omitted to preserve intellectual property rights



References

- Borbély, A. A., Baumann, F., Brandeis, D., Strauch, I., & Lehmann, D. (1981). Effects of electromagnetic fields on human EEG. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 51(4), 493–501. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(81\)90235-2](https://doi.org/10.1016/0013-4694(81)90235-2)
- Ford, J. M., Palzes, V. A., Roach, B. J., & Mathalon, D. H. (2016). Gamma synchrony and schizophrenia: From basic neuroscience to the clinic. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 1(1), 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2015.11.005>

- Hirano, Y., Oribe, N., Kanba, S., & Onitsuka, T. (2015). Spatiotemporal EEG characteristics in schizophrenia during REM sleep. *Schizophrenia Research*, 161(2–3), 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.schres.2014.09.041>
- Monti, J. M., & Monti, D. (2005). Sleep disturbance in schizophrenia. *International Review of Psychiatry*, 17(4), 247–253. <https://doi.org/10.1080/09540260500104434>
- Steriade, M., & McCarley, R. W. (2005). *Brainstem control of wakefulness and sleep*. Springer Science & Business Media.
- Tada, M., Kirihaara, K., Mizutani, S., Ueno, T., Nakazawa, T., & Kasai, K. (2021). Altered beta oscillations and cognitive dysfunction in schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 47(4), 897–906. <https://doi.org/10.1093/schbul/sbaa173>
- Vecchio, F., Babiloni, C., Lizio, R., Fallani, F. D. V., Blinowska, K. J., Verrienti, G., & Rossini, P. M. (2012). Cognitive and EEG modulation induced by EMF: Recent evidence. *Neuroscience Letters*, 512(2), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.01.056>

All references include DOI except the printed book by Steriade & McCarley (2005).

Cultivating Bionic skills for Empowering Digital Learning Innovators at King Abdulaziz University as future Entrepreneurs leadership

Azza Abdullah S. Alghamdi ¹ and Alia Abdullah Aljindi ²

¹Faculty of Education, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; aalghamdi4212@stu.kau.edu.sa

²Faculty of Education, King Abdulaziz University Saudi Arabia; aalgnedi@kau.edu.sa

Abstract. In response to the accelerating challenges posed by rapid technological advancement, the knowledge-based economy, and globalization, this study explores the implementation of an innovation-driven training model aimed at cultivating bionic skills among digital learning innovators at King Abdulaziz University. Recognizing individuals as vital assets, the development of human capital is positioned as a strategic imperative for sustainable growth and entrepreneurial leadership in the digital age. The study involved 92 University students from various disciplines who participated in a structured innovation program grounded in human-centered design methodology. Participants were grouped into collaborative teams to develop final digital product prototypes. A pre- and post-assessment approach was used to measure changes in performance indicators and the expected return on investment (ROI) derived from their innovative outputs. Findings revealed statistically significant improvements in bionic entrepreneurial skills, team performance, and perceived value creation. The results affirm the effectiveness of the applied training model in enhancing future-ready competencies and fostering entrepreneurial mindsets aligned with digital transformation goals in higher education. The study recommends institutional adoption of innovation-based training frameworks to empower students as leaders of digital entrepreneurship and to embed bionic skill development into academic innovation strategies.

Keywords: Bionic Skills; Digital Learning Innovators; future Entrepreneurs leadership.

Introduction

In the face of accelerating global change, organizational development, human capital development, innovation management, and sustainable business development have emerged as interdependent pillars essential for maintaining long-term competitiveness in contemporary institutions (del Pilar Barrera et al., 2025). Organizational development

focuses on optimizing internal processes, structures, and cultural dynamics to enhance adaptability and continuous improvement (Keller, 2024). Simultaneously, human capital development emphasizes strategic investment in individuals' skills, knowledge, and potential—positioning human resources as catalysts for innovation and transformative change (Meena & Santhanalakshmi, 2025). Innovation management plays a critical role in translating creative ideas into value-driven solutions, enabling organizations to proactively respond to evolving market dynamics (Shen et al., 2025). When these pillars are integrated within a sustainable development framework, they collectively promote a balance between economic growth, environmental responsibility, and social equity (Mezentseva et al., 2024). This holistic approach not only strengthens organizational resilience but also positions institutions as visionary leaders in an increasingly complex, sustainability-oriented global landscape (Ahsan & Khawaja, 2024).

Entrepreneurship is increasingly viewed as an incremental, dynamic process of value creation and wealth generation, driven by individuals or collaborative systems within organizational settings (Schenk, 2025). This process begins with the development of innovative ideas and extends to the establishment of sustainable business models, requiring significant investment of time, effort, and resources—including financial, psychological, and social capital (Martínez-Falcó et al., 2025). University students, especially in the digital era, are expected to embody an entrepreneurial mindset characterized by innovation, adaptability, and the capacity to manage uncertainty and risk (Garg, 2025). The entrepreneurial spirit empowers students to design and execute strategies that enhance productivity and address global challenges. Entrepreneurial competence among students comprises four essential abilities: the capacity for creative innovation, the ability to recognize and act upon emerging opportunities, a willingness to engage in risk-taking, and the skill to build and sustain collaborative networks (Gracia-Zomeño et al., 2025). These attributes are especially vital for students preparing to enter future workforces shaped by rapid technological, environmental, and social shifts. The importance of embedding entrepreneurship within higher education programs lies in its potential to empower students to develop their own ventures, thereby fostering independence and reducing reliance on traditional employment pathways (Drakaki, 2025). This calls for the integration of entrepreneurship and sustainability-focused curricula, alongside mentorship from experienced innovators, to enhance students' practical skills, cultivate leadership potential, and improve their overall competitiveness in the knowledge-based economy.

This integrated perspective is particularly significant for the nonprofit sector, especially within the fields of education and training. Nonprofit organizations frequently operate under constraints such as limited funding, human resource shortages, and infrastructural gaps—conditions that necessitate creative, cost-effective, and sustainable solutions (Cipriano & Za, 2025). Within this context, innovation is no longer merely a supportive tool but a strategic imperative for amplifying impact, improving operational efficiency, and maximizing social value. A compelling example of this strategic shift is the Non-Profit Sector Forum in Education and Training, organized by the Ministry of Education in Saudi Arabia. As reported by the Ministry (2025), the forum functioned as a national platform designed to foster strategic partnerships and generate sustainable, scalable solutions aligned with the broader educational and training ecosystem. In alignment with Saudi Vision 2030, the forum aimed to empower nonprofit educational institutions, enhance their organizational capacities, and align their outputs with national development priorities. Key themes addressed during the forum included the presentation of successful nonprofit models, future foresight, educational innovation, and institutional transformation—illustrating the vital role of innovation in responding to both persistent and emerging challenges in the nonprofit education landscape.

Innovation, in this context, is not merely the generation of new ideas but a strategic mindset—one that reimagines limitations as opportunities for transformation and continuous renewal. It involves reframing problems, challenging existing assumptions, and unlocking creative, value-driven solutions that align with broader societal and economic goals (by Typografia et al.). For university students poised to lead in an increasingly digitized world, innovation is both a cognitive and practical skillset that underpins entrepreneurial capacity (Kwapisz et al., 2024). True innovation fosters the ability to navigate uncertainty, make informed decisions, and explore alternative futures through experimentation and adaptive learning (Blevins & Sabatino, 2025). Achieving sustained growth requires more than incremental improvements; it demands disruptive innovations that address the unmet needs of underserved populations—an approach that strongly aligns with educational contexts seeking to empower diverse learners (Christensen & Raynor, 2013). Furthermore, the “Jobs to Be Done” theory emphasizes that individuals adopt innovations to fulfill specific objectives in their lives, positioning educational innovation as a deeply human-centered endeavor (Breyer et al., 2024). Within this framework, cultivating bionic skills becomes a vehicle to engage purposefully with

emerging technologies, lead innovation within and beyond academic institutions, and contribute meaningfully to sustainable economic and social development (Staley & Endicott, 2023). When supported by a systemic culture of experimentation, critical thinking, and institutional alignment, innovation and entrepreneurship together serve as the dual engines that drive the transformation of higher education—and prepare students not just for the jobs of the future, but for shaping that future themselves (Christiansen, 2025).

In the era of accelerating digital transformation and shifting global labor dynamics, bionic skills have emerged as a strategic response to the demands of the future workforce (Chandratreya, 2025). These skills are conceptualized as a new generation of competencies that transcend traditional digital literacy by merging technological fluency with uniquely human capabilities such as adaptability, ethical reasoning, and creative problem-solving (Honke & Becker-Genschow, 2025). Rather than emphasizing technical mastery alone, bionic skills highlight the symbiotic relationship between human potential and emerging technologies, framing innovation as a human-centered endeavor (Saha, 2025). The concept of bionic itself, first introduced between 1955 and 1960, originates from the fusion of biology and electronics, and has evolved as an interdisciplinary field applying functional biological systems to solve technological challenges (Shi & Liu, 2025). bionic skills represent modern human-machine proficiencies that enhance human performance beyond natural limitations through innovations such as wearable technologies (Ahmad et al., 2025).

As digital transformation reshapes the nature of work, the concept of the bionic worker has emerged as a central illustration of how these skills manifest in practice (Fu & Li, 2025). The notion of the bionic worker reflects this shift, describing professionals who leverage advanced tools—including artificial intelligence, data-driven systems, and immersive digital platforms—to enhance productivity, efficiency, and output quality. Preparing such workers for complex responsibilities requires significant upskilling, with a bionic skillset encompassing four interrelated dimensions: working effectively with new technologies, mastering digital communication, collaborating across disciplinary and cultural boundaries, and preserving well-being in technology-intensive environments (see Figure 1) (Human Capability Development Program, 2024). Building on this foundation, it becomes evident that bionic skills are not only abstract competencies but also practical enablers of future-ready performance (Pekarcikova et al., 2025).

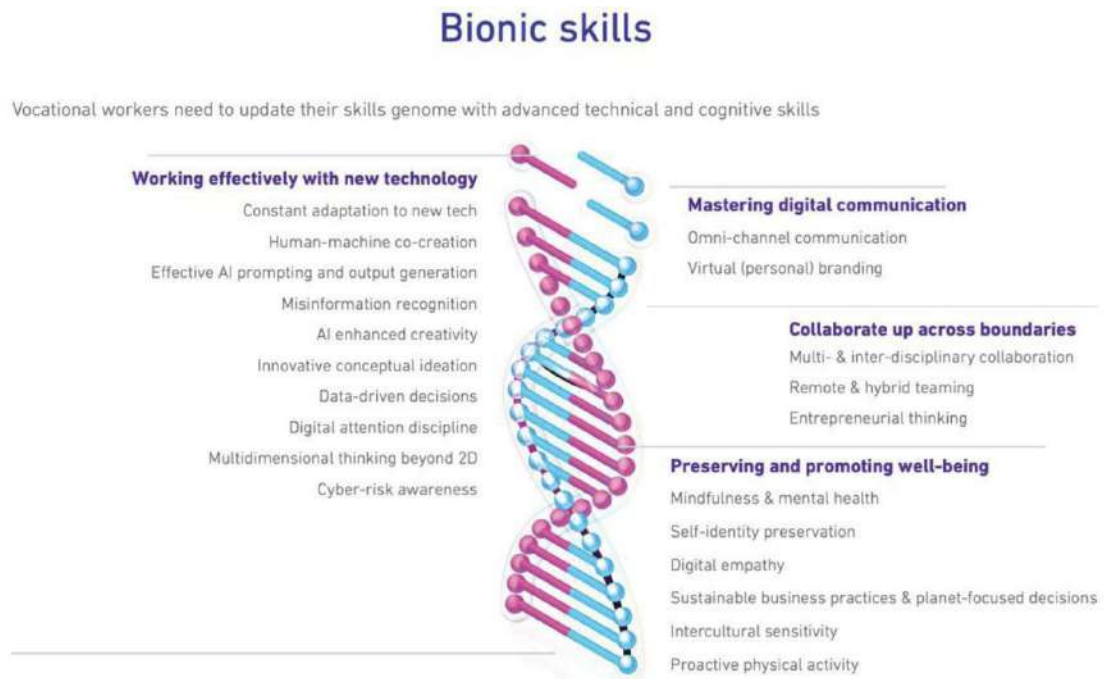


Figure (1): Bionic Skills. (Human Capability Development Program, 2024)

Bionic skills represent hybrid competencies that merge human intelligence with emerging technologies, enabling individuals to thrive in complex, technology-driven environments (Mohan et al., 2024). At their core lies the ability to work effectively with advanced digital tools through continuous adaptation, human-machine co-creation, and purposeful use of artificial intelligence for enhanced creativity, data-driven decision-making, and misinformation detection (Ramaswamy, 2025). These skills also encompass cultivating digital attention discipline, multidimensional thinking, and cyber-risk awareness, which together foster resilience in digital problem-solving (Babu et al., 2025). Beyond technical proficiencies, bionic skills require mastery of digital communication—through omni-channel interaction and strategic personal branding—alongside effective collaboration across multi- and interdisciplinary teams in increasingly hybrid and remote settings (Neubauer et al., 2024). Importantly, they also integrate well-being, mindfulness, identity preservation, digital empathy, and sustainable practices, ensuring ethical and holistic engagement with innovation (Fasnacht, 2024). This comprehensive view resonates with the Human Capability Initiative (HCI) 2025, which positioned bionic skills as foundational to future workforce readiness, recommending their integration into education and training

systems, the promotion of lifelong learning, cross-disciplinary collaboration, and resilience-building as key enablers of sustainable human capital development (Lampela, 2023).

Building upon the strategic imperative of cultivating bionic skills as foundational to future workforce readiness, fostering a culture of innovation emerges as a critical driver of entrepreneurial success. As Stiller notes in the MIT Sloan Management Review, organizations that actively empower individuals to ask challenging questions report a 25% increase in idea generation compared to those that do not—underscoring the transformative potential of inquiry-driven environments in fueling innovation and adaptive growth (Stiller, 2025). Similarly, research featured in the Harvard Business Review found that companies fostering a culture of inquiry and questioning the status quo achieve a 34% higher return on investment (ROI) than their counterparts (Gruenewald & Mueller, 2025). Furthermore, insights from Gallup reveal that teams regularly engaging in difficult conversations and challenging conventional thinking are 15% more productive and generate 21% higher profits (Smallman & Parry, 2025). These findings highlight the significant organizational benefits of cultivating a culture of curiosity and critical inquiry. In the innovation-driven ecosystems of Silicon Valley, even seemingly naïve questions are not dismissed but rather protected and celebrated. Over years of experience, these companies have discovered that such questions often lead to breakthrough insights and novel solutions (Duan, 2024). This underscores the pressing need for organizations to train and empower employees not only to follow rules and procedures but also to ask meaningful questions—questions that challenge assumptions, provoke reflection, and ultimately spark innovation.

Building upon culture of inquiry and innovation, social entrepreneurship emerges as a transformative paradigm that channels such critical engagement toward solving complex societal and economic challenges through equitable, sustainable, and inclusive practices (ODESANMI et al., 2024). Social entrepreneurship bridges the traditional divide between the for-profit and nonprofit sectors by embedding justice, inclusion, and shared value into innovation processes. Its practices are evident across fields such as education, healthcare, environmental conservation, and economic empowerment of marginalized populations (Deepalakshmi & Lakshmi, 2024). These initiatives not only strengthen social capital but also enable communities to address complex systemic issues through collaborative and context-aware interventions. Social entrepreneurship is grounded in design thinking, impact-oriented planning, and multi-stakeholder partnerships that yield solutions with

both economic viability and social significance (Carè et al., 2025). It is increasingly recognized as a catalyst for sustainable development, civic engagement, and the creation of purpose-driven business models (Pardo-Jaramillo et al., 2025).

Building on the established role of social entrepreneurship as a catalyst for societal transformation, effective implementation requires the adoption of structured innovation frameworks. One of the most recognized approaches is the Nesta Spiral Model, which conceptualizes social innovation as an iterative, non-linear progression through stages such as exploration, prototyping, scaling, and systemic change (Pei, 2025). Complementing this is the SCI-Project methodology developed by the Young Foundation, which operationalizes these stages through community-anchored interventions. It consists of four interconnected phases—Prepare (team formation, capacity building, challenge identification), Co-define (insight gathering, pattern recognition, problem framing), Co-create (participatory workshops and prototyping), and Implement (refinement, scale-up, and institutional embedding). Together, these methodologies emphasize the importance of inclusive participation, iterative learning, and evidence-based innovation in generating sustainable, scalable solutions (Nascimento et al., 2025). These structured approaches highlight the importance of inclusive participation, iterative learning, and evidence-based innovation in generating impactful and scalable solutions.

Accordingly, this study aims to bridge the gap between theoretical frameworks and practical application by designing, implementing, and empirically evaluating a structured, innovation-driven training model that cultivates bionic skills within higher education. Anchored in human-centered design and interdisciplinary collaboration, the model targets the development of future-ready entrepreneurial competencies among undergraduate digital learning innovators. The research contributes to the growing body of knowledge on innovation-based education by providing actionable insights into how bionic skills can be systematically developed and aligned with national and institutional goals related to digital transformation, sustainable development, and workforce readiness. Ultimately, the study seeks to inform educational policy and practice by offering a scalable, evidence-based model that empowers students to become proactive, resilient leaders in the digital economy.

Materials and Methods

Methodology and Approach

This study adopted an action research methodology grounded in Kurt Lewin's three-phase model of organizational change—Unfreezing, Changing, and Refreezing—to systematically guide the design, implementation, and evaluation of an innovation-driven training program aimed at developing bionic skills among digital learning innovators. Action research, by nature, provides a participatory and reflective framework that actively engages stakeholders in a cyclical process of diagnosing problems, implementing solutions, and evaluating outcomes in real-time educational settings. Lewin's model offered a dynamic structure through which the research progressed:

Unfreezing Phase (Input): This initial phase involves identifying the current state through a preliminary diagnosis, collecting baseline data, analyzing existing challenges, and conducting collaborative planning sessions with stakeholders (students, faculty, and digital learning specialists). This step aims to increase awareness of the need for change and prepare the environment for intervention.

Changing Phase (Transformation): During this phase, the co-designed training model is implemented. It includes interdisciplinary learning experiences, hands-on innovation projects, and action steps developed with participants. The emphasis is on capacity-building and activating creative, human-centered problem-solving processes that allow learners to co-create digital solutions and entrepreneurial ideas.

Refreezing Phase (Output): This final phase focuses on evaluating the outcomes of the intervention. It involves measuring behavioral and skill-based changes, conducting post-training data collection, and assessing the sustainability and scalability of the acquired competencies. The aim is to embed the new practices into institutional culture and ensure lasting impact.

Throughout the three phases, feedback loops (A, B, and C) are used to connect planning, action, and results, allowing for continuous refinement based on data and participant input. This cyclical and adaptive nature of the model aligns with the values of human-centered design and the goals of empowering learners as digital changemakers within both educational and nonprofit contexts.

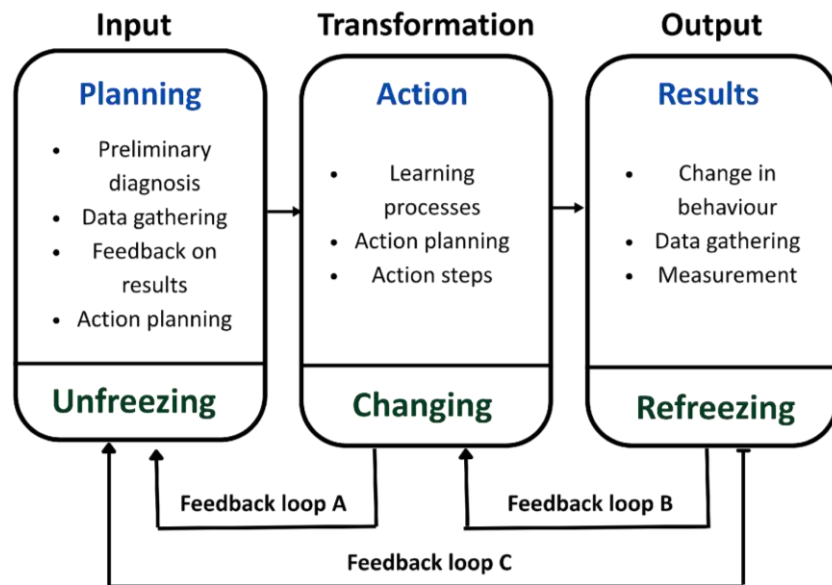


Figure 2. Kurt Lewin's Change Model

Participants' Information

A statistical power analysis was conducted using G*Power software (version 3.1) to determine the minimum required sample size. The analysis aimed to ensure a statistical power of 90%, with a medium effect size of 0.15 and a significance level of $\alpha = 0.05$. According to Hair et al. (2017), the recommended sample size for such studies ranges between 156 and 225 participants. However, considering the applied nature of this research and contextual constraints, a random sample of 92 university students from King Abdulaziz University was selected. The participants represented a variety of academic disciplines, including education, engineering, computing, and business, which enriched the interdisciplinary learning dynamics within the intervention activities. Before the main data collection, a pilot study was conducted with a separate sample of 15 students to assess the clarity, readability, and conceptual validity of the instrument. The responses from this pilot group were excluded from the final analysis.

The primary data collection tool was the Bionic Skills Scale for Future Workforce Readiness (BSS-FWR)—a scientifically validated instrument developed based on internationally recognized competency frameworks and adapted for the context of digital learning in higher education. It measures students' proficiency in bionic skills essential for future workforce readiness in the era of digital transformation. All participants signed informed

consent forms, ensuring their voluntary participation, the right to withdraw at any time, and the assurance of data confidentiality and anonymity. Demographic variables such as age, gender, and work experience were collected and used as control variables in the statistical analysis, given their potential influence on the dependent variable—Innovative Work Behavior (IWB), Table 1 presents the results of demographic characteristics of participants derived from the data collected:

Table 1. Demographic of the 92 Digital Learning Innovators respondents.

Demographic Variable	Category	Frequency (n = 92)	Percentage
Gender	Male	22	23.91%
	Female	70	76.09%
Age	18–20 years	34	36.96%
	21–23 years	56	60.87%
	≥ 24 years	2	2.17%
Academic Majors	Computing and Information Technology	53	57.61%
	Economics and Administration	14	15.22%
	Science	11	11.96%
	Law	5	5.43%
	Human Sciences and Design	2	2.17%
	Arts and Humanities	3	3.26%
	Nursing	1	1.09%
	Engineering	1	1.09%
	Earth Sciences	1	1.09%
	Education	1	1.09%

Implementation of the Innovation-Driven Training Program

The participants were engaged across three thematic tracks, each designed to cultivate specific dimensions of innovation in digital learning. The first track, Enjoyment, aimed at making learning an engaging and stimulating experience by integrating games and interactive technologies that increase motivation and learner involvement. The second track, Empowerment, focused on developing smart and inclusive solutions that expand learning opportunities for all, with particular attention to supporting individuals with disabilities and underserved groups. The third track, Enhancement, emphasized creating methods and technologies that improve the quality, accessibility, and efficiency of digital learning environments.

Building on these tracks, a structured training program was implemented, grounded in an innovation model of five progressive stages that guided participants from problem identification to solution development and final presentation. The Exploration stage centered on analyzing the nature of digital learning, identifying its challenges, and recognizing the role of innovation in addressing emerging issues. In the Design stage, participants generated creative solutions, applied artificial intelligence tools, and developed initial prototypes that translated abstract ideas into practical outputs. The building stage emphasized testing and refining these prototypes through iterative feedback while integrating tools for designing and testing social business models tailored to the nonprofit sector. This enabled participants to align their solutions with community needs, define social value propositions, and anticipate measurable social impact through both short- and long-term outcomes. As a result, they produced functional models supported by compelling success narratives. The Preparation stage equipped participants with essential presentation and pitching skills, enabling them to design effective strategies for communicating their solutions to stakeholders, including educators, investors, and institutional decision-makers. Finally, the Launch stage culminated in the formal presentation of completed projects, evaluated against transparent criteria, and reinforced by discussions and mentorship to ensure readiness for real-world application.

Instruments and Data Collection

To assess the development of bionic entrepreneurial skills, a pre- and post-assessment was conducted using a validated instrument: the Bionic Skills Scale for Future Workforce Readiness (BSS-FWR) was created based on globally recognized competency models and specifically adapted to the context of digital learning innovation. This scientific instrument is intended to measure individuals' proficiency in bionic skills, which are considered essential for meeting the evolving demands of the future labor market amid rapid digital transformation. The scale consists of 21 indicators that provide a comprehensive assessment of these skills. Responses are rated using a 5-point Likert scale to determine the level of mastery: 5 = Very High, 4 = High, 3 = Medium, 2 = Low, 1 = Very Low. The indicators are grouped into four core dimensions, each encompassing a distinct set of sub-skills, including:

1. Working effectively with new technology.
2. Mastering digital communication.
3. Collaborating across Digital boundaries.
4. Preserving and promoting well-being.

The expected Return on Investment (ROI) was calculated using a customized value-creation matrix developed for this study. Within the context of this research, the Innovation Score serves as a critical evaluation component in the Return on Investment (ROI) matrix for the bionic skills training program. It focuses on assessing the originality and applicability of the digital solutions developed by participants. Although this indicator carries a relatively lower weight (10%) compared to other dimensions, it holds strategic significance in evaluating transformative creativity and its relevance to real-world contexts. The innovation score is measured through an expert judging panel, ensuring objectivity in the assessment process. Its classification as a “low” contributor to overall ROI reflects its role as a complementary metric that enriches the understanding of value creation, without serving as the sole determinant of the program’s impact.

Results

The findings of this study revealed that the innovation process followed by participants was structured around the four interconnected phases of the Double Diamond model: Discover, Define, Develop, and Deliver. In the Discover phase, learners engaged in generating ideas, drawing inspiration from leadership and collective inputs, while systematically analyzing user needs to frame the problem context. The Define phase focused on narrowing the scope of identified challenges through user research and the development of a Minimal Viable Prototype (MVP), which provided a concrete baseline for subsequent iterations. The Develop phase emphasized iterative cycles of task setting, design, construction, and testing, ensuring that the proposed solutions were continuously refined to meet user requirements and delivered within the defined timeframe. Finally, the Deliver phase enabled participants to present their solutions through demonstrable prototypes, disseminate key learnings, and collaborate with stakeholders to translate innovations into scalable products or services. This structured and iterative approach underscores the value of integrating design-thinking methodologies within educational contexts, as it fosters problem-solving, creativity, and the translation of conceptual ideas into impactful, real-world applications.

The analysis of the finalist teams in the Innovators of Digital Learning revealed a balanced distribution across the three thematic tracks: Empowerment, Enjoyment, and Enhancement. As shown in Table 2, a total of 24 teams participated, representing 92 students from diverse academic backgrounds. The Empowerment track included seven teams with 22 participants, while the Enjoyment track also comprised seven teams, but with a slightly higher number of participants (n = 29). The Enhancement track demonstrated the largest

representation, with 10 teams and 41 participants, reflecting its prominence in addressing quality improvement and efficiency in digital learning environments. Gender distribution indicated that 19 of the finalist teams were female-led, compared to five male-led teams, highlighting the significant engagement of female students in digital learning innovation. Collectively, these results emphasize the diversity and inclusivity of participation while underscoring the growing interest in developing innovative solutions aligned with the three key tracks of empowerment, enjoyment, and enhancement.

Table 2. Distribution of Finalist Teams in the Innovators of Digital Learning (n = 24 teams, 92 participants).

Track	Teams (n)	Team Names	Participants (n)	Female Teams	Male Teams
Empowerment	7	Mobser, EduHelper, Spark Lab, Aoun, ZeroOne, SignPath, Ara	22	6	1
Enjoyment	7	Khata Team, EDU PLAY by AR, Tadribon, MindVenture Team, Project Anomaly, Madarek, Sanad	29	5	2
Enhancement	10	Nasiq Team, Wamdh Team, Tech-Geeks, Art Team, SJF, InnoPower (Tatthbeet), Tatweel, Techance, Al-Mulhamoon Team	41	8	2
Total	24		92	19	5

As part of the preliminary evaluation process, all 24 qualified projects were assessed by panels of expert judges, with three specialized reviewers assigned to each track—Empowerment, Enjoyment, and Enhancement. The evaluation criteria focused on the originality of the entrepreneurial ideas and their potential for generating a meaningful social return on investment (SROI). Based on this assessment, the top three projects from each track were shortlisted for the final round, representing distinctive and creative approaches that underscored the transformative potential of digital learning innovations. In the Empowerment track, the selected projects were Mobser, ZeroOne, and EduHelper. For the Enhancement track, the finalists included Tatthbeet, SJF, and Techance. Meanwhile, the Enjoyment track featured Project Anomaly, MindVenture, and EDU PLAY by AR. These

finalist teams advanced to present their innovative solutions before the final judging committee, which was tasked with identifying the most impactful project in each track.

Among the finalist teams, three projects stood out for their originality, entrepreneurial orientation, and potential to shape the future of digital learning innovation. In the Empowerment track, Team ZeroOne's project Taallum introduced an integrated educational platform that combines Saudi curricula with advanced artificial intelligence tools to ensure inclusivity. Its distinctive features—such as an interactive chatbot for instant support, a virtual tutor capable of translating content into sign language, and an intelligent narrator for visually impaired learners—demonstrated a strong commitment to accessibility and equity in education. In the Enhancement track, Team Tatthbeet developed Tatthbeet, a smart system that analyzes real-time classroom interaction data using machine learning to improve knowledge retention and transform lecture-based teaching into dynamic, student-centered learning experiences. In the Enjoyment track, EDU Play applied augmented reality (AR) to transform abstract educational concepts into immersive and enjoyable experiences, offering teachers powerful tools to enrich instruction while ensuring that students, including those with visual and hearing impairments, benefit equally. Collectively, these three projects exemplify the creative and entrepreneurial potential of future digital learning innovators, showcasing scalable solutions that align with the goals of inclusive, engaging, and impactful education.

This study further demonstrated that the participating digital learning innovators successfully acquired bionic skills through the structured training intervention, highlighting their potential as future leaders and entrepreneurs in education. This section presents the statistical findings derived from the pre- and post-test analysis conducted to evaluate the program's impact on the development of these skills among university students. The analysis focused on four core dimensions—Working Effectively with New Technology, Mastering Digital Communication, Collaborating Across Digital Boundaries, and Preserving and Promoting Well-Being—each comprising a set of sub-skills aligned with future workforce readiness. Descriptive statistics (mean scores) and inferential analyses (paired-sample t-tests and Cohen's *d* effect sizes) were employed to assess both the magnitude and the significance of change across the 21 indicators. The results revealed consistent and statistically significant improvements across all dimensions, confirming the effectiveness of the intervention in enhancing students' proficiency in bionic skills. Table 3

summarizes the detailed outcomes for each skill dimension before and after the training intervention.

Table 3. Effects of the Intervention on Bionic Skills: A Pre-Post Analysis

Category	Item	Mean (Pre)	Mean (Post)	t-statistic	p-Value	Cohne's d
Working effectively with new technology	Constant adaptation to new tech	3.37	4.46	19.575	0.0	0.859
	Human-machine co-creation	2.92	4.19	19.709	0.0	2.074
	Effective AI prompting and output generation	2.81	4.13	23.514	0.0	2.471
	Misinformation recognition	2.89	4.22	22.696	0.0	2.387
	AI-enhanced creativity	2.96	4.21	19.082	0.0	2.008
	Innovative conceptual ideation	2.79	4.15	25.695	0.0	2.693
	Data-driven decisions	2.63	4.01	24.005	0.0	2.503
	Digital attention discipline	2.37	3.92	22.285	0.0	2.323
	Multidimensional thinking beyond 2D	2.27	3.88	26.913	0.0	2.806
	Cyber-risk awareness	3.09	4.35	20.478	0.0	2.135
Mastering digital communication	Omni-channel communication	2.37	4.01	32.31	0.0	3.387
	Virtual "personal" branding	2.85	4.68	18.282	0.0	1.916
Collaborating across Digital boundaries	Multi- & inter-disciplinary teams	2.46	3.98	26.547	0.0	2.783
	Remote & hybrid teaming	2.77	4.16	23.276	0.0	2.427
	Entrepreneurial thinking	2.25	3.81	29.832	0.0	3.11
Preserving and promoting well-being	Mindfulness & mental health	2.11	3.8	34.785	0.0	3.646
	Self-identity preservation	2.4	3.98	30.424	0.0	3.172
	Digital empathy	2.36	3.97	31.444	0.0	3.278

Sustainable business practices & planet-focused decisions	2.12	3.79	34.063	0.0	3.551
Intercultural sensitivity	2.15	3.83	34.063	0.0	3.551
Proactive physical activity	1.98	3.78	43.389	0.0	4.524

The analysis of the first dimension, Working Effectively with New Technology, revealed a statistically significant improvement across all nine indicators following the intervention. The pre-test means ranged from 2.27 (Multidimensional thinking beyond 2D) to 3.37 (Constant adaptation to new tech), while post-test means increased notably, ranging from 3.88 to 4.46. Paired-sample t-tests confirmed that these improvements were highly significant ($p < 0.001$) for all items. The most substantial gains were observed in Multidimensional thinking beyond 2D ($M_{pre} = 2.27$, $M_{post} = 3.88$, $t = 26.913$, Cohen's $d = 2.806$), Innovative conceptual ideation ($M_{pre} = 2.79$, $M_{post} = 4.15$, $t = 25.695$, $d = 2.693$), and Data-driven decisions ($M_{pre} = 2.63$, $M_{post} = 4.01$, $t = 24.005$, $d = 2.503$), indicating a profound transformation in students' higher-order thinking and decision-making capabilities. Other indicators also showed large effect sizes, such as Effective AI prompting and output generation ($d = 2.471$), Misinformation recognition ($d = 2.387$), and Digital attention discipline ($d = 2.323$). Even foundational skills like Human-machine co-creation and AI-enhanced creativity registered strong improvements with Cohen's d values of 2.074 and 2.008, respectively. These findings underscore the effectiveness of the intervention in enhancing students' readiness to navigate complex digital ecosystems and engage in adaptive, data-informed, and innovative practices essential for the future workforce.

The results related to the dimension Mastering Digital Communication reveal a substantial improvement in participants' self-reported proficiency following the training intervention. Specifically, the skill of Omni-channel communication increased from a pre-test mean of 2.37 to a post-test mean of 4.01, with a highly significant t-statistic of 32.31 ($p < 0.001$), and a large effect size (Cohen's $d = 3.387$), indicating a very strong impact of the training on this skill. Similarly, the skill of Virtual "personal" branding improved from a mean of 2.85 to 4.68, with a t-statistic of 18.282 and a Cohen's d of 1.916, also representing a large effect size. These findings emphasize the effectiveness of the intervention in enhancing participants' abilities to communicate effectively across diverse digital platforms and establish a strong

professional presence in virtual environments—both of which are crucial competencies for future workforce readiness in the digital era.

The results for the dimension Collaborating across Digital Boundaries revealed a significant enhancement in all associated skills following the intervention. The mean score for working in multi- and inter-disciplinary teams increased from 2.46 (pre-test) to 3.98 (post-test), with a t-statistic of 26.547 ($p < 0.001$) and a large effect size (Cohen's $d = 2.783$). Similarly, the mean for remote and hybrid teaming rose from 2.77 to 4.16, yielding a t-statistic of 23.276 and an effect size of 2.427. The most substantial improvement was observed in entrepreneurial thinking, where the mean increased from 2.25 to 3.81, accompanied by a t-statistic of 29.832 and a very large effect size (Cohen's $d = 3.11$). These findings confirm the program's strong impact on enhancing participants' collaborative competencies in diverse digital contexts—skills that are critical for navigating dynamic, distributed, and innovation-driven work environments.

The results for the Preserving and Promoting Well-Being dimension demonstrated remarkable improvements across all associated indicators. The mean score for mindfulness and mental health rose from 2.11 (pre-test) to 3.80 (post-test), with a t-statistic of 34.785 ($p < 0.001$) and a large effect size (Cohen's $d = 3.646$), indicating a substantial impact. Similarly, self-identity preservation improved from 2.40 to 3.98 ($t = 30.424$, $p < 0.001$, $d = 3.172$), while digital empathy increased from 2.36 to 3.97 ($t = 31.444$, $p < 0.001$, $d = 3.278$). Notably, both sustainable business practices and planet-focused decisions and intercultural sensitivity reported identical statistical outcomes ($t = 34.063$, $p < 0.001$, $d = 3.551$), confirming consistent enhancement in socially responsible and globally aware behaviors. The most pronounced change was found in proactive physical activity, which increased from a mean of 1.98 to 3.78, with an exceptionally high t-statistic of 43.389 and a Cohen's d of 4.524—reflecting a very strong practical effect. Collectively, these findings highlight the training program's significant contribution to enhancing students' digital-age well-being, resilience, and responsible engagement.

Figure 1 presents a comprehensive comparison of pre- and post-test mean scores across all items within the four bionic skills dimensions. The results reveal a consistent and substantial improvement in participants' performance following the intervention. Each skill area demonstrated a noticeable increase in mean scores post-training, highlighting the efficacy of the immersive learning experience in fostering future workforce readiness. The most pronounced gains were observed in skills related to advanced digital competencies,

collaborative practices, and well-being in the digital age. These findings collectively underscore the success of the intervention in equipping students with multidimensional capabilities essential for thriving in complex, technology-driven environments. The visual disparity between pre- and post-assessment outcomes affirms the significant pedagogical impact of the program on enhancing bionic skill development in a higher education context.

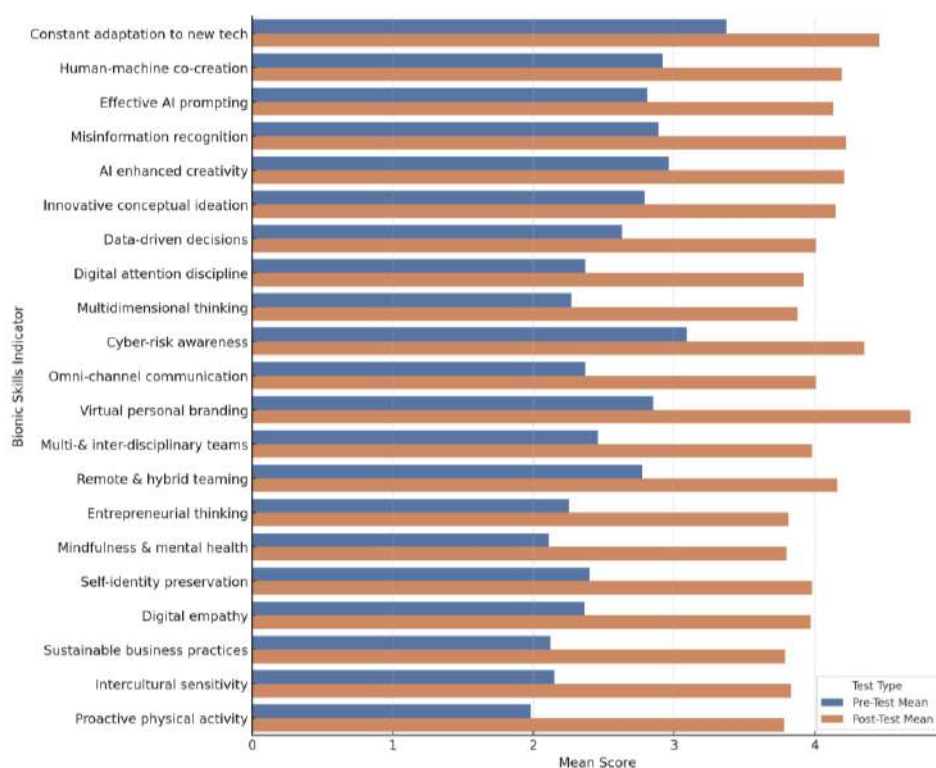


Figure 3. Pre- And Post-Test Comparison of Bionic Skills Indicators

Discussion

The findings of this study offer robust empirical evidence supporting the effectiveness of an innovation-driven training model in cultivating bionic skills among undergraduate students. The significant improvements observed across all four core dimensions—working effectively with new technology, mastering digital communication, collaborating across digital boundaries, and preserving and promoting well-being—affirm the strategic value of embedding structured, human-centered innovation frameworks into higher education. These results align with prior research emphasizing the transformative potential of

interdisciplinary learning and participatory design approaches in enhancing students' readiness for the digital economy (Staley & Endicott, 2023; Ramaswamy, 2025).

From a theoretical perspective, the study validates the application of Kurt Lewin's change model within educational interventions. The observed pre-post differences, reflected in consistently large effect sizes (Cohen's $d > 2.0$ for most indicators), suggest that the unfreezing-changing-refreezing sequence effectively facilitated behavioral and cognitive shifts essential for developing complex, future-oriented competencies. This process was particularly impactful in fostering higher-order thinking skills such as data-driven decision-making, innovative ideation, and multidimensional digital reasoning—skills that are increasingly required in AI-enhanced work environments (Babu et al., 2025).

Furthermore, the significant advancements in well-being-related competencies underscore the importance of addressing mental health, empathy, and intercultural awareness in digital skill development. These results mirror the recommendations of the Human Capability Initiative (HCI, 2025), which call for a holistic approach to workforce readiness that integrates psychological resilience and ethical digital engagement. The unprecedented improvement in proactive physical activity ($d = 4.524$) highlights how immersive learning experiences can also influence behavioral health outcomes, reinforcing the interplay between cognitive, emotional, and physical dimensions in digital-age education.

Comparatively, this study extends the literature on entrepreneurial education by demonstrating that fostering bionic skills is not limited to technical or digital domains but also supports entrepreneurial mindsets. The notable improvement in entrepreneurial thinking ($d = 3.11$) resonates with Schenk's (2025) conceptualization of entrepreneurship as a dynamic process that interlinks creativity, opportunity recognition, and collaborative problem-solving. These competencies are essential for preparing students to navigate uncertain and volatile labor markets and to initiate purpose-driven innovation within both for-profit and nonprofit sectors.

Importantly, the results support national policy directions such as Saudi Vision 2030, which emphasize innovation, partnership, and youth empowerment as strategic levers for transformation. The alignment of this study's findings with the objectives of the Nonprofit Sector Forum in Education and Training reinforces the institutional relevance of integrating bionic skills into academic programs. It also suggests the feasibility of scaling such interventions through institutional incubators, innovation hubs, and cross-sectoral collaborations.

Despite the promising results, the study acknowledges certain limitations, including the sample size and the context-specific nature of the intervention. Future research should aim to replicate the model across diverse institutional and cultural settings to enhance generalizability. Longitudinal studies are also warranted to assess the sustainability of skill development over time and its impact on students' career trajectories.

In conclusion, this study contributes to the evolving discourse on future workforce readiness by offering a validated, replicable framework for cultivating bionic skills through immersive, interdisciplinary, and student-centered innovation experiences. It calls upon educational institutions, policymakers, and nonprofit actors to jointly institutionalize such frameworks and to invest in the development of future-ready, socially responsible entrepreneurial leaders capable of shaping inclusive and sustainable futures.

Author Contributions: Conceptualization, Azza Abdullah S. Alghamdi and Alia Aljindi; methodology, Azza Abdullah S. Alghamdi; formal analysis, Azza Abdullah S. Alghamdi; investigation, Azza Abdullah S. Alghamdi; data curation, Azza Abdullah S. Alghamdi; writing, Azza Abdullah S. Alghamdi; review and editing, Prof. Alia Abdullah Aljindi; supervision, Prof. Alia Abdullah Aljindi. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data supporting the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request. Due to privacy and ethical restrictions related to participant information, the datasets are not publicly accessible.

Acknowledgments: The authors extend their sincere appreciation to the Deanship of eLearning and Distance Education at King Abdulaziz University for its valuable support and facilitation throughout the stages of this study. Special thanks are also due to all staff members whose administrative and technical contributions were instrumental in enabling the successful implementation of the research activities.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

- Ahmad, R. u. S., Khan, M. S., Hilal, M. E., Khan, B., Zhang, Y., & Khoo, B. L. (2025). Advancements in wearable heart sounds devices for the monitoring of cardiovascular diseases. *SmartMat*, 6(1), e1311.
- Ahsan, M. J., & Khawaja, S. (2024). Sustainable leadership impact on environmental performance: exploring employee well-being, innovation, and organizational resilience. *Discover Sustainability*, 5(1), 317.
- Babu, B. S., Umakanth, M., & Bhanumathi, P. (2025). Generative Artificial Intelligence: Unleashing a New Era of Business Potential. In *Organizational Sociology in the Digital Age* (pp. 413-430). IGI Global Scientific Publishing.
- Blevins, B., & Sabatino, L. A. (2025). Encouraging Emergent Technological Exploration Through Pedagogy of Play: How Centers Can Promote Digital Literacy. In *Impact of*

Emergent Technologies on Writing Centers and Pedagogy (pp. 71-110). IGI Global Scientific Publishing.

Breyer, R., Rüschemschmidt, K., Mühlbauer, M., Weber-Lewerenz, B. C., Vasiliu-Feltes, I., Horvath, S., Hölzle, K., Braun, S., Maier, M., & Friedrich, M. (2024). Human Transformation—Human and Technology. In *Diversity in Construction—The Gamechangers: Strengthening innovation through diversity* (pp. 163-249). Springer.

by Typografia, D., Eldridge II, S. A., Harbers, F., & Banjac, S. Media and Communication, 2024, Volume 12 Unpacking Innovation: Media and the Locus of Change.

Carè, R., Carè, S., & Fatima, R. (2025). Driving positive social and environmental impacts through equity crowdfunding: evidence from social enterprises. *Qualitative Research in Financial Markets*.

Chandratreya, A. (2025). Digital Transformation and the Future Workforce. In *Transforming the Service Sector With New Technology* (pp. 19-40). IGI Global Scientific Publishing.

Christensen, C., & Raynor, M. (2013). *The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth*. Harvard Business Review Press.

Christiansen, S. H. (2025). BRIDGING VISION AND PRACTICE: EXPLORING MISSION-DRIVEN INNOVATION IN HIGHER EDUCATION.

Cipriano, M., & Za, S. (2025). Exploring the discourse on digital transformation in nonprofit organizations. *Information & Management*, 104165.

Deepalakshmi, N., & Lakshmi, M. S. (2024). Innovative Models in Social Entrepreneurship: Balancing Profit with Social Impact. *Library of Progress-Library Science, Information Technology & Computer*, 44(3).

del Pilar Barrera, A., Jimenez-Hernandez, P. R., & Medina-Ricaurte, G. F. (2025). Dynamic Capabilities to Drive Innovation and Competitiveness in a Changing Business World. In *Models, Strategies, and Tools for Competitive SMEs* (pp. 95-116). IGI Global.

Drakaki, E. (2025). Entrepreneurial Skills as a Factor of Growth. *The Economic Impact of Small and Medium-Sized Enterprises: Analytical Approaches to Growth and Innovation Challenges Amid Crises in Europe*, 109.

Duan, J. (2024). Innovation Systems. *The Transforming Spatial Organization in the Information Age*, 175.

Fasnacht, D. (2024). Open and digital ecosystems. *Springer Books*.

Fu, Z., & Li, J. (2025). 1 Digital Transformation. *Digital Futures in Human-Computer Interaction: Design Thinking for Digital Transformation*, 1.

Garg, S. (2025). Cultivating the Entrepreneurial Mindset: Resilience and Innovation for Success in the Modern Business World. *International Journal of Interdisciplinary Approaches in Psychology*, 3(1), 40: 48-40: 48.

- Gracia-Zomeño, A., García-Toledano, E., García-Perales, R., & Palomares-Ruiz, A. (2025). Impact of Entrepreneurial Competence on Education for Sustainable Development in the 21st Century. *World*, 6(2), 37.
- Gruenewald, H., & Mueller, M. (2025). Measuring the Success of Reskilling and Upskilling. In *Reskilling and Upskilling in a Globalized Economy: Essential Strategies for Workforce Transformation* (pp. 203-227). Springer.
- Honke, N., & Becker-Genschow, S. (2025). Adaptive learning in bionics: transforming science education. *Frontiers in Education*,
- Human Capability Development Program. (2024, December). Human Capability Initiative (HCI 2024): Insight report. Riyadh, Saudi Arabia: HCDP.
- Human Capability Development Program. (2025, April 13–14). Human Capability Initiative (HCI 2025): Insight report. Riyadh, Saudi Arabia: HCDP.
- Keller, T. A. (2024). Organizational Culture and Change Management: Fostering Innovation and Adaptability in Contemporary Business Environments.
- Kwapisz, A., Aytes, K., Bryant, S., & LaMeres, B. J. (2024). Entrepreneurial mindset and intentions for entrepreneurship and intrapreneurship in engineering and business students. *Entrepreneurship Education and Pedagogy*, 25151274241256313.
- Lampela, T. (2023). Culture's captive—The role of organizational culture in large-scale Agile transformations.
- Martínez-Falcó, J., Sánchez-García, E., & Marco-Lajara, B. (2025). *Support Networks for Entrepreneurs: Social Capital and Strategic Collaborations: Social Capital and Strategic Collaborations*. IGI Global.
- Meena, G., & Santhanalakshmi, K. (2025). Deconstructing Digital Transformation: A Multidimensional Analysis of Digital Literacy's Role in Shaping Human Capital and Driving Organizational Success. *ECONOMICS-INNOVATIVE AND ECONOMICS RESEARCH JOURNAL*, 13(1), 405-430.
- Mezentseva, E., Baysaeva, M., & Fayzullaev, N. (2024). The Impact of Sustainable Development on Economic Growth: Balancing Environmental, Social and Economic Factors. *Reliability: Theory & Applications*, 19(SI 6 (81)), 1269-1274.
- Ministry of Education. (2025). Non-Profit Sector Forum in Education and Training. Ministry of Education, Saudi Arabia.
- Mohan, D., Dutta, D., Tulsyan, P., Jog, A., Jilani, S., & Kaliyaperumal, V. (2024). Leadership Skills in the AI-Driven Enterprise: Identifying New Competencies for Success and Humanities Conference. *Journal of Electrical Systems*.
- Nascimento, L. d. S., Silva, D. S., Chim-Miki, A. F., Costa Júnior, J. C. d., & Salazar, V. S. (2025). The social entrepreneurship value cycle: generation, appropriation, devolution and transformation of sustainable value. *Social Enterprise Journal*, 21(3), 466-491.

- Neubauer, C., Pollard, K. A., Benbow, K., Rabin, A. H., Forster, D. E., Nguyen, R., Kochert, J., Bonsignore, E., & Campbell, S. (2024). Measuring and Predicting Technical Fluency: How Knowledge, Skills, Abilities, and Other Behaviors Can Contribute to Technological Savviness.
- ODESANMI, A. F., OLUSEGUN, D. I., BABATUNDE, O. S., ASAMU, F. F., KAYODE, O. E., & AROWOLO, O. T. (2024). Community Service Entrepreneurship, Social Capability, and Sustainable Development: A Social Capital Perspective. *Ilorin Journal of Education*, 45(1), 248-265.
- Pardo-Jaramillo, S., Gómez, M. I., Muñoz-Villamizar, A., Lleo-de-Nalda, Á., & Osuna Soto, I. (2025). Towards sustainable organizations through purpose-driven and customer-centric strategies. *AMS Review*, 1-37.
- Pei, X. (2025). *Strategic Design for the Third Sector: Bridging Business Innovation and Social Responsibility by Co-creating Organisational and Systemic Changes* (Vol. 55). Springer Nature.
- Pekarcikova, M., Trebuna, P., Kliment, M., Kronova, J., & Matiscsak, M. (2025). Educational Robotics for Industry 4.0 and 5.0 with Wlkata Mirobot in Laboratory Process Modelling. *Machines*, 13(9), 753.
- Ramaswamy, V. (2025). *The Co-Intelligence Revolution: How Humans and AI Co-Create New Value*. Penguin Random House India Private Limited.
- Saha, A. (2025). Human-centred innovation in Society 5.0. *Society 5.0: A Transformation towards Human-Centered Artificial Intelligence*, 143.
- Schenk, B. (2025). Digital Innovation and Entrepreneurship. In *Advanced Management Information Systems: Models, Concepts and Cases* (pp. 1-87). Springer.
- Shen, Y., Deng, Y., Xiao, Z., Zhang, Z., & Dai, R. (2025). Driving green digital innovation in higher education: the influence of leadership and dynamic capabilities on cultivating a green digital mindset and knowledge sharing for sustainable practices. *BMC Psychology*, 13(1), 1-19.
- Shi, Y., & Liu, Z. (2025). Biomimetic Materials. In *Intelligent Biomaterials: Fundamentals, Principles and Applications* (pp. 185-232). Springer.
- Smallman, N., & Parry, D. (2025). *Engaging Teams: How to Use Social Wellbeing to Boost Performance, Retention and Culture*. Kogan Page Publishers.
- Staley, D. J., & Endicott, D. D. (2023). *Knowledge towns: Colleges and universities as talent magnets*. JHU Press.
- Stiller, B. (2025). Engaging Employees in Growth and Innovation. *MIT Sloan Management Review*, 66(2), 8-8.

Empowering Saudi Academia: Exploring the Role of Entrepreneurial Leadership in Enhancing Faculty Performance through Psychological Empowerment and Team Creativity

Komal Khalid¹

¹Department of Human Resource Management, Faculty of Economics and Management, King Abdulaziz University, Saudi Arabia; kmuddassar@kau.edu.sa

Abstract. The research aims to explore the role of entrepreneurial leadership in influencing the performance of faculty members in universities of Saudi Arabia, emphasizing the mediating roles of psychological empowerment and team creativity. Based on social exchange theory, the study provides a theoretical framework to comprehend how entrepreneurial leadership creates reciprocal interactions that raise faculty member's individual and group performance. The research study aligns with the strategic goals of Vision 2030, which underline the importance of education sector reforms, the promotion of creative and innovative practices, and enhancing human capital. The study supports national efforts to build a competitive knowledge-based economy while positioning Saudi universities as centers of academic excellence and innovation. The study utilized a cross-sectional quantitative research design and conducted an online survey of faculty members from the universities of Saudi Arabia. Three hundred twenty-two responses were collected using Google Forms and the snowball sampling technique. SPSS-28 and SmartPLS4 analyzed the data to test hypotheses. Reliability was measured using Cronbach Alpha, and validity was assessed through AVE. Descriptive statistics, Pearson correlation analysis, and structural equation modeling were utilized to test hypotheses. The results of the structural equation model revealed that entrepreneurial leadership significantly influences faculty performance both directly and indirectly through psychological empowerment and team creativity. The study extends social exchange theory by demonstrating how entrepreneurial leadership facilitates beneficial exchanges that enhance psychological empowerment and team creativity, both of which are facilitators of faculty performance. Study stated that psychological empowerment increase motivation, and creative teams can drive academic excellence.

Keywords: Entrepreneurial Leadership; Faculty Performance; Psychological Empowerment; Team Creativity; Higher Education Institutions.

Introduction

In the era of rapid development, digitalization, and globalization, the higher education sector has become a cornerstone of national development. In Saudi Arabia, the strategic vision outlined in Vision 2030 requires a shift from a resource-based to a knowledge-based economy, thereby placing universities under unprecedented pressure to drive academic excellence, innovation, and human capital development (Amirat & Zaidi, 2020; Ben Hassen, 2022). With the Kingdom undertaking ambitious reforms to elevate its global academic reputation, the role of faculty members as the driving

forces of institutional success becomes increasingly essential (Alanazi, 2024). Their productivity, innovation, and commitment are crucial in fostering an innovative culture in learning institutions (Alanazi, 2024; Montash et al., 2025). This can only be achieved by adopting a leadership style that fosters autonomy, creativity, and collective productivity, rather than the traditional approach.

The Saudi higher education system is undergoing an unprecedented transformation under Vision 2030. This strategic planning review categorically restructures universities as world-class, globally competitive universities that excel in innovation, entrepreneurship, and world-class research (Al Shamlan, 2023; Brahimi et al., 2024). Changes such as increased research funding, international collaborations, and curriculum overhauls reflect a focus on enhancing academic quality and effectiveness (Wang et al., 2024). Simultaneously, a paradigm shift at the global level emphasizes the concept of the "entrepreneurial university," where higher education institutions take an active role in knowledge transfer, spin-off creation, and direct contributions to economic and social advancement (Pacheco & Franco, 2024). Faculty members are at the fulcrum of this transformation; their performance, in terms of research productivity, teaching innovation, community building, and administrative effectiveness, has direct ramifications for institutional success and national development (Bhatti et al., 2022; Pham, 2021). In this context, Vision 2030 is heavily focused on developing human capital and encouraging creative and innovative thinking in the education sector (Abubakar et al., 2024).

Despite huge financial investments and reform efforts, Saudi universities continue to struggle in optimizing faculty effectiveness and establishing an inclusive corporate culture of innovation (Alowayyid & Nasser, 2024). Empirical evidence suggests challenges to research productivity, including investment levels, hesitation towards pedagogical innovation, and varying levels of engagement in applied research and entrepreneurial pursuits (Chen et al., 2025; Neupane et al., 2025). There is a need to identify and cultivate leadership styles that can optimize faculty potential, drive creativity, and enhance performance in alignment with national strategic goals (Subrahmanyam, 2024). Specially the concern is that the specific mechanisms through which such leadership, particularly entrepreneurial leadership (EL), optimizes individual and collective faculty performance in the Saudi academic context are under-researched.

The entrepreneurial leadership (EL) philosophy has gained greater interest in both organizational and academic communities. It has emphasis on opportunity discovery, innovation stimulation, and calculated risk-taking (Ataei et al., 2024; Mehmood et al., 2021). In universities, where traditional hierarchies are most prevalent, EL can act as a change agent by disrupting the status quo and facilitating more faculty involvement in valuable academic endeavors (Estrada et al., 2024). However, the channels through which EL influences enhanced faculty performance remain under-researched, particularly in emerging economies like Saudi Arabia. Despite significant investments in higher education reform, the majority of Saudi universities continue to struggle with issues related to faculty motivation, innovation, and long-term performance (Alanazi, 2024). In this study, EL is suggested as a determinant of faculty performance, due to its emphasis on visionary thinking and the development of new ideas. The connection is not direct; it is possible that it is facilitated by faculty members' psychological empowerment (PE) in collaborative creativity efforts.

Psychological empowerment (PE) refers to a person's sense of importance, competence, self-determination, and influence within a work environment (Oliveira et al., 2023). PE is a psychological state that enhances intrinsic motivation and performance levels. Empowered faculty in academic settings are more likely to take the initiative, innovate in teaching methodology, and engage in collaborative research across departments (Siyal et al., 2023). EL who foster autonomy, recognize achievements, and facilitate participative decision-making can go a long way in fostering PE among faculty members (Bilal et al., 2021). For faculty members, this implies a sense of importance in their work, an assurance of their ability and autonomy to perform their tasks competently, and a feeling that their

efforts have a positive impact within their department, institution, and the academy (Fan et al., 2024; Meung, 2024).

Team creativity (TC) refers to a team's ability to generate new and useful ideas through collaboration and information exchange (Liu et al., 2022). In research cultures like universities, where interdependence is crucial in generating innovation and solving complex problems, TC is a key driver of organizational performance (Paredes-Saavedra et al., 2024). EL can foster TC through an open culture, effective communication between departments, and recognition of innovative work, ultimately leading to improved academic performance (Ibrahim et al., 2024). In the academy, this encompasses breakthroughs in collaborative research, innovative teaching methods created by faculty teams, and innovative solutions to departmental or institutional problems (Meung, 2024).

The faculty performance (FP) is often considered to encompass teaching effectiveness, research productivity, and service involvement, is a multifaceted construct that shapes institutional reputations, student satisfaction, and outcomes for the greater good of society (Vallon, 2024). While previous research has investigated individual and organizational determinants of FP, the EL dimension that drives performance through psychological and innovative means has not been closely examined enough, especially in Saudi Arabia (Al-Dhdan, 2020; Alghamdi, 2024).

1.1. Research Gap

Although the effect of leadership on performance is well-documented, existing gaps in the Saudi higher education context are particularly pronounced regarding the specific variables involved. Firstly, particular studies on EL in Saudi universities are only beginning to emerge. Leadership studies primarily focus on either transformational or transactional leadership styles, without considering the specific factors of EL pertinent to innovation and proactivity (Mehmood et al., 2021; Mutabelezi & Sethibe, 2023). Secondly, the mediation processes between leadership and performance, between leadership and PE, and between leadership and TC are underdeveloped in this context. Although PE is known to be a mediator in other contexts (Meung, 2024; Stanescu et al., 2021), and TC plays a crucial role in innovation (Huang et al., 2022), the specific mediator roles of PE and TC in mediating between EL and academic performance in Saudi academia are not well documented. Thirdly, the theoretical formulation of SET in explaining how EL generates mutual exchanges (e.g., from leader support to empowerment, leading to strengthened performance reciprocation) in academic teams is novel in this institutional and cultural context. Lastly, there is a lack of comprehensive empirical research on this specific chain of influence (EL → PE/TC → FP) that is specific to the strategic priorities and unique context of Saudi higher education institutions within the context of the Vision 2030 reforms (Al Shamlan, 2023).

1.2. Research Objectives

The primary objective of this research is to empirically investigate the role of EL in enhancing FP in Saudi universities, with a specific focus on the mediating processes of PE and TC. Drawing on SET (Blau, 1964; Islam & Asad, 2024), which posits that relationships evolve through successive stages of reciprocal exchanges characterized by the building of trust and obligation over time, the current research aims to: (1) Test the direct impact of EL on FP; (2) Test the direct impact of EL on PE and TC; (3) Test the direct impacts of PE and TC on FP; (4) Test the mediating effects of PE and TC in the dynamic exchange between EL and FP; and (5) Provide a theoretically informed framework (drawing on SET) that explains how EL builds reciprocal, high-quality exchanges that build up individual (PE) and collective (TC) assets that yield enhanced FP. The current research is particularly interested in contributing to the attainment of the education and human capital development objectives set out in Saudi Vision 2030.

This study primarily focuses on the teaching staff in the public and well-known private universities of the Kingdom of Saudi Arabia. It analyzes the relationship between four basic variables: EL (subjectively assessed by academic staff members), PE, TC (within team and departmental contexts), and FP (self-assessed, subject to supplementation by objective ratings if feasible). The theoretical framework used is SET. While the study acknowledges the presence of alternative leadership styles, individual demographic variables as potential moderators (even though they are potentially controlled), and more general organizational culture factors outside the immediate department or team environment, it does not focus on these aspects in its main analysis.

1.3. Theoretical Framework and Hypothesis Development

Based on Social Exchange Theory (SET) (Blau, 1964), the study examines the impact of EL on the performance of the faculty of the universities of Saudi Arabia. SET postulates that social interactions have their basis in reciprocal exchange, where individuals respond positively to facilitative behaviors by expressing commitment and greater contribution (Ahmad et al., 2023; Kumar & Shailaja, 2024). In this framework, EL is defined as a leadership style that invests in faculty by empowering them, recognizing their contributions, and providing creativity-based opportunities, which the faculty members respond to by increasing their quality of performance and creativity (Nawaz et al., 2025). This provides a robust theoretical foundation for understanding how EL supports both individual and group-based driving forces of academic excellence within the transformative Saudi Arabia's Vision 2030 (Nawaz et al., 2025; Obuobisa-Darko, 2024).

EL is widely recognized as a pivotal factor impacting performance in academic institutions, as it stimulates risk-taking, creativity, and proactive engagement (Ataei et al., 2024). In universities, the FP extends beyond teaching to include research productivity, service, and the ability to innovate (Ibrahim et al., 2024). EL increases these outcomes by developing a culture that identifies opportunity and facilitates empowerment (Wahab & Tyasari, 2020). Moreover, EL inspires the faculty to excel beyond their traditional duties and engage in value-creating scholarly and academic activities (Renko et al., 2015; Wahab & Tyasari, 2020). Mehmood et al. (2021) and Ibrahim et al. (2024) confirm that EL creates a significant influence on organizational performance by stimulating creativity and novelty. Therefore, the study hypothesizes that:

H1: Entrepreneurial leadership has a significant influence on faculty performance.

Psychological empowerment comprises employees' views of the importance, ability, autonomy, and influence of their workplaces (Spreitzer, 1995). Faculty members who feel empowered depict greater creativity, motivation, and commitment to the activities of teaching and research (Oliveira et al., 2023; Siyal et al., 2023). EL initiates PE by delegating significant responsibility and authority, acknowledging achievements, and engaging the faculty members in decision-making processes (Bilal et al., 2021). By fostering confidence and a sense of importance among faculty members, EL promotes ownership and intrinsic motivation for academic tasks (Joel & Oguanobi, 2024). According to the studies conducted by Nguyen et al. (2021) and Klein and Zwilling (2022), EL and empowerment outcomes have a positive association in various settings. Therefore, it is hypothesized that:

H2: Entrepreneurial leadership has a significant influence on faculty's psychological empowerment.

Team creativity reflects the ability of a group to develop novel and utilitarian solutions by cooperation and collaboration, information/ knowledge exchange, and overcoming barriers (Liu et al., 2022). In universities, TC forms the backbone of interdisciplinary research, creative teaching, and institutional problem resolution (Torrents et al., 2021). EL facilitates TC by allowing a psychologically safe climate, cross-departmental interactions, and valuing creative team initiatives (Ibrahim et al., 2024;

Meung, 2024). Empirical research suggests that a leadership style that values autonomy and creativity can foster collective creativity and organizational development (Ibrahim et al., 2024; Royston & Reiter-Palmon, 2022; Torrents et al., 2021). Therefore, it is hypothesized that:

H3: Entrepreneurial leadership has a significant influence on the faculty team's creativity.

Employees who demonstrate high levels of PE exhibit greater initiative, creativity, and resilience in their teaching and research activities (Torrents et al., 2021). Psychological empowerment facilitates self-determination and develops confidence, allowing the faculty members to attempt novel pedagogical practices and undertake high-impact research practices (Nguyen et al., 2021; Siyal et al., 2023). Empirical research verifies that empowered individuals provide more meaningful contributions to organizational performance and creativity (Fan et al., 2024; Oliveira et al., 2023). In the case of higher education settings (i.e., colleges and universities), empowerment supports superior FP that aligns with faculty members' individual aspirations and the institutional objectives (Nawaz et al., 2025). Therefore, it is hypothesized that:

H4: Psychological empowerment has a significant influence on faculty performance.

Team creativity improves FP by utilizing collective intelligence, teamwork (i.e., cooperation and collaborations), and cross-functional problem-solving (Paredes-Saavedra et al., 2024; Torrents et al., 2021). In academia, creative teams enhance research outcomes (via initiatives and breakthroughs), creative course design, and creative solutions to institutional problems (Obuobisa-Darko, 2024). Induced TC by EL enhances the faculty's ability to co-construct and practice innovative practices to improve the quality of instruction, research, and service (Ibrahim et al., 2024). Mehmood et al. (2021) have shown that collective/team creativity enhances overall institutional performance and reputation. Therefore, it is hypothesized that:

H5: Team creativity has a significant influence on faculty performance.

SET suggests that individuals respond to support from leaders by demonstrating improved performance outcomes (i.e., quantity and quality) (Ahmad et al., 2023). EL offers resources and recognition that promote empowerment, which faculty members reciprocate by enhancing their discretionary efforts in the areas of research, teaching, and service (Kasim, 2021). Stanescu et al. (2021) and Klein and Zwillling (2022) suggest that empowerment serves as a mediator between leadership and employee performance and creativity. In the academic environment, this indicates that the impact of EL on faculty performance is predominantly transferred through increased psychological empowerment (Yamao, 2024). Therefore, it is hypothesized that:

H6: Psychological empowerment significantly mediates the relationship between entrepreneurial leadership and faculty performance.

Besides supporting employee's PE, EL facilitates group innovation by improving team functioning (Meung, 2024; Rababah, 2023). Faculty teams that engage in collaborative/team creative work have a greater ability to produce creative solutions, interdisciplinary research/academic outputs, and innovation in teaching (Huang et al., 2022; Ibrahim et al., 2024). Through the development of an atmosphere of trust and collaboration, EL has an indirect positive impact on faculty performance through team creativity (Alalfy et al., 2024; Mehmood et al., 2021). Thus, according to the SET assumption, reciprocal exchanges on the group level, it is hypothesized that:

H7: Team creativity significantly mediates between the relationship of entrepreneurial leadership and faculty performance.

Based on the hypotheses following theoretical framework was designed (Figure 1).

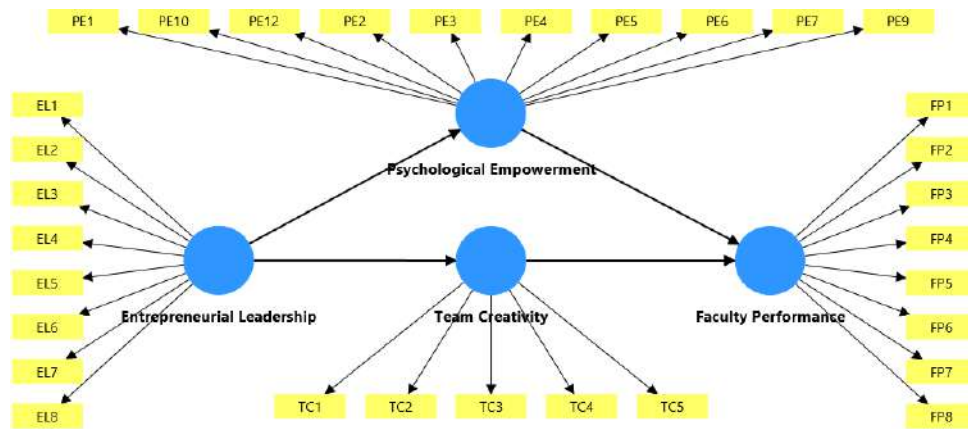


Figure 1. Theoretical Framework

Materials and Methods

Measurement

To empirically examine the postulated relationships between EL, PE, TC, and FP, the study employed highly validated and standardized measures. All constructs were measured on a five-point Likert scale ranging from 1 ("strongly disagree") to 5 ("strongly agree") to facilitate comparability and consistency in the collected data. Due to Saudi Arabian HEIs' linguistic diversity, the survey was administered in both English and Arabic. The translation process utilized the rigorous back-translation method to ensure semantic equivalence and cultural acceptability of the survey items.

The EL scale employed an 8-item measure by Renko et al. (2015) designed to assess leaders' capacity to spur initiative and innovation in their subordinates. One of the interesting items of this scale is, "My department head challenges and pushes me to act more innovatively." Confirmatory factor analysis (CFA) provided acceptable factor loadings, thus ensuring the preservation of its unidimensional construct. The 12-item scale developed by Spreitzer (1995) was employed to assess PE, which encompasses four aspects: meaning, competence, self-determination, and impact. In the CFA, two items had poor factor loadings and were dropped, resulting in a strong 10-item scale for subsequent analysis. TC was assessed using a 5-item measure developed by Tierney et al. (1991) to evaluate team-level problem-solving and performance innovation. Example items were "Our team is commended as an excellent role model for our creativity." CFA estimates indicated an excellent model fit. Lastly, FP was assessed using an 8-item measure adapted from Wahab and Tyasari (2020) to evaluate academic engagement, communication, decision-making, and research productivity. The scale exhibited excellent psychometric features and a unidimensional factor structure.

Sampling and Procedure

To reveal the impact of EL on FP through PE and TC, a triadic data collection strategy (i.e., three waves) was employed. A longitudinal design was employed (i.e., between waves, an approximately four-week intervals were inserted) to reduce common method bias by providing a temporal distinction between variables, as proposed by Podsakoff et al. (2012). The participants were selected from the academic faculty of the overall 20 top-ranked HEIs in Saudi Arabia, as outlined in the Times

Higher Education World University Rankings 2025. Purposive sampling was used to select participants who had been known for their relevant domain knowledge in academic and leadership practices prevalent in HEIs. Academic staff of different ranks, ranging from lecturers to full professors, were included to gather a representative sample with varied opinions and experiences. The survey form was distributed using Google Forms, and the links were shared through institutional email lists and professional WhatsApp groups to ensure optimal access and response rates. The research aims were described to the participants beforehand, and assurances regarding confidentiality and anonymity were provided. No personal data were collected, and the responses were used only for academic purposes. These procedures were followed in accordance with ethical standards to ensure research integrity and foster respondent trust.

Data Collection

Data were collected in three waves over four months (January 2025 – March 2025), with each wave focusing on different variables. In the first wave, data were collected on demographics (e.g., age, gender, education, experience, academic position, and marital status) and entrepreneurial leadership, yielding 500 responses. Data regarding psychological empowerment and team creativity were collected during the second phase, resulting in 422 responses. In the third phase, data were collected regarding faculty performance, yielding 334 responses. After removing 24 outliers, the sample size was 310. The sample consists of 56.8% males and 43.2% females, indicating a moderate gender balance.

Table 1 shows that the majority are between 25 and 35 years old (45.8%), followed by those between 36 and 45 years old (30%). The majority of participants held a Ph.D. (64.2%), indicating a highly educated academic group. For professional experience, 30% indicated 1–5 years, and 23.9% indicated 6–10 years. Academic ranks are assistant professors (34.5%), lecturers (30%), associate professors (22.6%), and professors (12.9%). The majority of the respondents (58.7%) indicated that they were married. The demographic characteristics of the study participants indicate that the sample population from Saudi Arabia's higher education sector aligns with strategic objectives, such as Saudi Vision 2030. These findings highlight the crucial role of higher education in promoting a sustainable, inclusive, and research-driven system that aligns with national innovation and development objectives.

Table 1. Demographic Characteristics

Demographic Characteristics		Frequency	Percentage
Gender	Male	176	56.8
	Female	134	43.2
Age	Less than 25 years	19	6.1
	25-35 years	142	45.8
	36-45 years	93	30
	46-55 years	43	13.9
	Above 55 years	13	4.2
Education	Master	111	35.8
	Ph.D.	199	64.2
Experience	Less than 1 year	34	11.0

Const- ructs	Items	Loading	AVE	CR	rho-A	CA	VIF
EL	EL 1-8	0.56-0.75	0.56	0.84	0.81	0.79	1.26-1.64
PE	PE1-7, 9,10, 12	0.56-0.79	0.57	0.89	0.86	0.85	1.45-2.16
TC	TC 1-5	0.66-0.78	0.51	0.79	0.77	0.76	1.37-1.71
FP	FP 1-8	0.54-0.83	0.51	0.89	0.88	0.86	1.27-2.36

Note: Cronbach alpha (CA); Composite reliability (CR); Average variance extracted (AVE); Variance inflation factor (VIF)

The loadings of every construct range from 0.536 to 0.831, thus meeting the acceptable threshold of 0.50, which ensures strong indicator reliability (Joseph Jr, 2021). The average variance extracted (AVE) for all constructs meets the minimum of 0.50 (Fornell & Larcker, 1981), thus ensuring adequate convergent validity. In particular, AVE for EL is 0.558, PE is 0.566, TC is 0.511, and for FP, 0.510, which means each of the constructs explains more than half of the variance in its respective indicators.

Internal consistency reliability is reflected in CR scores ranging from 0.786 to 0.891, which is significantly higher than the required minimum of 0.70 (Joseph Jr, 2021), thereby establishing construct reliability. Additionally, Cronbach's Alpha scores range from 0.761 to 0.861, and rho-A scores range from 0.770 to 0.876; both of these are within acceptable limits, thereby establishing internal consistency across all constructs. Lastly, VIF values range from 1.261 to 2.363 and are far below the conservative threshold of 3.3 (Kock, 2017), indicating that multicollinearity is not a significant issue. The results demonstrated in Table 2 confirm that the reflective measurement model is statistically valid and provides a sufficient structural analysis.

Discriminant Validity

Table 3 presents the results of discriminant validity testing for four constructs (i.e., EL, PE, TC, and FP) based on both the Fornell–Larcker criterion and the HTMT ratio. The discriminant validity ensures that each construct is statistically unique and not too highly correlated with other constructs in the model. According to the Fornell–Larcker criterion, discriminant validity is confirmed if the square root of the AVE of every construct is higher than its correlations with any other construct (Fornell & Larcker, 1981). The table shown here indicates that the square roots of the AVEs of EL (0.638), PE (0.664), TC (0.715), and FP (0.714) are all higher than the correlations between constructs. The correlation achieved between PE and FP is 0.690, which is lower than both the square roots of the AVEs for these constructs and thus indicates their discriminant validity. These values show that every construct explains a higher percentage of variance with its respective indicators than with the other constructs.

Table 3: Discriminant Analysis

Const- ructs	Fornell Larcker Criteria				HTMT Criteria			
	EL	PE	TC	FP	EL	PE	TC	FP
EL	<i>0.64</i>							
PE	0.46	0.66			0.54			
TC	0.48	0.54	0.72		0.59	0.67		
FP	0.42	0.69	0.49	0.71	0.45	0.69	0.58	

Note: The diagonal italic numbers in Fornell- Larcker section are square root of AVE of each construct, and other numbers are correlation between constructs

The HTMT criterion offers a stricter test, indicating that HTMT values must be below 0.85 for conceptually different constructs (Henseler et al., 2015). For the current analysis, all the HTMT values are below the set value, with a maximum of 0.673 (for PE and FP), thus confirming discriminant validity. Together, the two criteria confirm the idea that EL, PE, TC, and FP are

statistically and conceptually distinct constructs, thereby validating the measurement model for the subsequent structural equation modeling.

Descriptive Statistics and Correlation Analysis

The descriptive statistics (Table 4) reveal uniformly positive mean scores for all variables, indicating a generally positive attitude among the faculty members. EL had a mean of 3.992 (SD = 0.417), indicating favorable but relatively dissimilar views of leadership behavior. PE had a higher mean of 4.256 (SD = 0.403), indicating strong agreement and relatively consistent responses toward faculty empowerment. TC had a mean of 4.181 (SD = 0.445), indicating a positive opinion with moderate variability. FP had the highest mean of 4.337 (SD = 0.404), indicating strong and consistent agreement with faculty members' self-assessments of their effectiveness in performance.

Table 4: Descriptive and Correlation Analysis

Descriptive Statistics			Pearson Correlation Analysis					
	Mean	S. D	Gen	Exp	EL	PE	TC	FP
Gen	1.43	0.49	1.00					
Exp	3.10	1.44	0.00	1.00				
EL	3.99	0.42	0.08	-0.01	1.00			
PE	4.26	0.40	0.15*	0.18**	0.44**	1.00		
TC	4.18	0.45	0.20**	0.05	0.46**	0.54**	1.00	
FP	4.34	0.40	0.11	0.09	0.38**	0.68**	0.48**	1.00

Note: *. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed);

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Table 4 also presents the correlation analysis between the key constructs (i.e., EL, PE, TC, and FP) and demographic factors, including gender and experience. Interestingly, EL is positively correlated with PE ($r = 0.437$, $p < 0.01$), TC ($r = 0.463$, $p < 0.01$), and FP ($r = 0.375$, $p < 0.01$), indicating that EL enhances the development of empowerment, TC, and overall FP. Furthermore, PE is also highly correlated with TC ($r = 0.543$, $p < 0.01$) and FP ($r = 0.675$, $p < 0.01$), validating its mediator role in this context. Furthermore, TC is also highly correlated with FP ($r = 0.478$, $p < 0.01$), indicating that team-level innovation has a positive impact on FP. Furthermore, gender is weakly but statistically correlated with PE ($r = 0.145$, $p < 0.05$) and TC ($r = 0.202$, $p < 0.01$). In contrast, experience is positively correlated with PE ($r = 0.182$, $p < 0.01$), suggesting that demographic factors have a subtle impact on perceptions of empowerment and creativity among faculty members.

Structural Equation Modelling

The SEM findings, which were empirically validated using the SmartPLS 4 tool, described the complex interrelationships between EL, PE, TC, and FP in Saudi universities (Table 5). According to the normative SEM process, path coefficients (β) were tested for statistical significance using bootstrapping with 5,000 subsamples. Threshold criteria for significance testing were a t-value of more than 1.96 ($p < 0.05$) and bias-corrected confidence intervals (BCCI) that did not include zero (Joseph Jr, 2021). All the proposed relationships met these conditions, thus establishing the

robustness of the model, which accounted for 49.7% of FP's variance, reflecting high predictive power in the context of behavioral studies.

Hypothesis 1 proposed that EL and FP would have a direct positive association. There is strong evidence for this ($\beta = 0.357$, $t = 9.751$, $p < 0.001$), indicating that entrepreneurial leadership, in itself, enhances faculty performance. Hypothesis 2 tested the influence of EL on PE and found a significant positive influence ($\beta = 0.459$, $t = 10.129$, $p < 0.001$), as predicted by SET, which posits that leaders' sponsorship of innovation encourages faculty members' sense of autonomy and meaning. Likewise, H_3 testing the influence of EL on TC was confirmed ($\beta = 0.479$, $t = 10.797$, $p < 0.001$), showing that entrepreneurial leaders successfully enable collaborative innovation. Hypothesis 4 proved PE's strong direct influence on FP ($\beta = 0.596$, $t = 12.714$, $p < 0.001$), emphasizing that empowered teachers perform better. Hypothesis 5, testing TC's influence on FP, was significant but small ($\beta = 0.173$, $t = 3.476$, $p < 0.001$), showing that creative collaboration makes incremental contributions to performance outcomes.

Table 5: Results (Structural Equation Modelling)

Hypot hesis	Direct / Indirect Relationships	b value	T values	P values	BCCI	
					2.50%	97.50%
H ₁	EL -> FP	0.36	9.75	0.00	0.27	0.42
H ₂	EL -> PE	0.46	10.13	0.00	0.35	0.53
H ₃	EL -> TC	0.48	10.79	0.00	0.36	0.56
H ₄	PE -> FP	0.59	12.71	0.00	0.49	0.68
H ₅	TC -> FP	0.17	3.48	0.00	0.08	0.27
H ₆	EL -> PE -> FP	0.27	7.31	0.00	0.19	0.34
H ₇	EL -> TC -> FP	0.08	3.11	0.00	0.03	0.14

Note: EL = Entrepreneurial Leadership; FP = Faculty Performance; PE = Psychological Empowerment; TC = Team Creativity.

Regarding mediation, Hypothesis 6 posited PE as a mediator between EL and FP. The large indirect effect ($\beta = 0.273$, $t = 7.308$, $p < 0.001$) confirms that 76.5% of the total effect of EL on FP is mediated through empowerment.

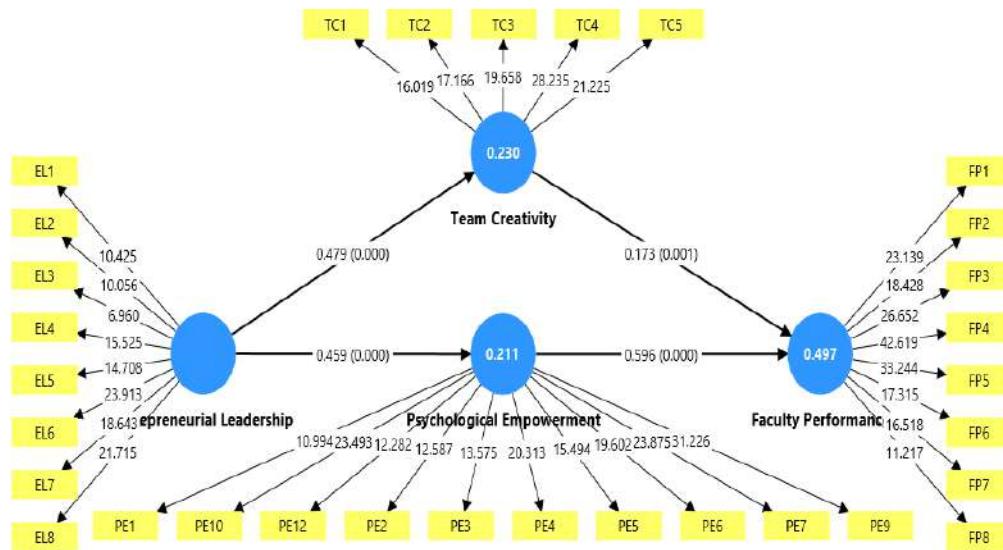


Figure 2. Results (Hypothesis Testing)

Hypothesis 7 examined TC's mediating effect and found a slightly lower but still significant indirect effect ($\beta = 0.083$, $t = 3.111$, $p = 0.002$). Although labeled as "partially supported" due to its comparatively limited contribution (23.2% of the total effect), this finding is still noteworthy (Table 5, Figure 2). This subtle finding suggests that both processes exist but that PE is the overarching conduit through which EL contributes positively to performance, with TC playing an additive role.

Model Evaluation

Table 6 provides critical measures of model fit, explanatory power, and predictive relevance for constructs (i.e., EL, PE, TC, and FP).

Table 6: Model Evaluation

Constructs	R^2_{adj}	SRMR	NFI	$Q^2_{Predict}$	Q^2 Effect
EL					
FP	0.497			0.266	Moderate
PE	0.211	0.072	0.933	0.358	Large
TC	0.230			0.379	Large

Note: SRMR (Standardized Root Mean Square Residual); NFI (Normed Fit Index); Q^2 for Predictive Relevance

The adjusted R^2 value for FP is 0.497, accounting for nearly 50% of the variance, which is a moderate to significant level of explanatory power (Cohen et al., 2013). The adjusted R^2 for PE and TC is 0.211 and 0.230, respectively, indicating moderate predictive accuracy for these measures. The SRMR is 0.072, which is below the recommended 0.08, indicating an acceptable model fit. Additionally, the NFI is 0.933, exceeding the minimum acceptable value of 0.90, indicating a good fit between the observed data and the hypothesized model (Joseph Jr, 2021). The Q^2 predictive relevance values, based on blindfolding procedures, are 0.266 for FP (moderate), 0.358 for PE (large), and 0.379 for TC (large), all of which exceed the 0.15 cutoff for significant predictive relevance (Hair et al., 2020).

Overall, the findings demonstrate the robustness of the model, both in terms of fit and predictive power (Table 6).

EL had a significant and direct impact on faculty performance FP. This finding suggests that if leaders practice stimulating creativity, taking calculated risks, and supporting novel solutions, the faculty will likely improve their performance on dimensions of teaching, research, and service. Moreover, the analysis revealed that EL has the indirect effect of augmenting the FP by stimulating PE and TC. Out of these two mediators, PE proved the greater pathway. Therefore, if faculty members feel confident, grateful, and empowered to influence decisions, they become more motivated and effective, which explains the greater portion of the positive influence of EL. Though TC also played a role, it tended to be relatively smaller, which reflects that TC adds value by providing novelty that comes by virtue of collaboration. Overall, the results (Tables 4, 5, and 6) suggest that both empowerment of individuals and team creativity play a significant role in the association of EL to enhance faculty outcomes.

Discussion

This empirical study validates a theoretically sound model that explores the role of EL in enhancing FP in Saudi Arabian universities through intervention variables of PE and TC. Aligning with the Saudi Vision 2030 transformative agenda for tertiary education (Amirat & Zaidi, 2020; Ben Hassen, 2022), the empirical results provide sophisticated explanations of the psychosocial processes through which leadership contributes to excellence in performance. The results strongly validate SET (Blau, 1964), where EL strengthens mutual social exchanges that maximize individual (PE) and collective (TC) capabilities, which in turn drive FP (Nawaz et al., 2025). In the following sections discuss these results, their theoretical and practical implications, contextual complexities, and possible directions for further studies.

Theoretical Contributions and Main Findings

The significant direct influence of EL on FP is a testament to its role as one of the major enablers in the academic environment. In contrast to traditional leadership models prevalent in Saudi institutions, EL (i.e., focusing on opportunity discovery, autonomy delegation, and calculated risk-taking) actively resists hierarchical stagnation (Ataei et al., 2024). This aligns with international calls for "entrepreneurial universities" (Pacheco & Franco, 2024) and addresses, in particular, deficiencies in Saudi Arabia surrounding faculty motivation and innovation (Alanazi, 2024). Leaders who encourage faculty to "act more innovatively" (Renko et al., 2015) establish environments where performance transcends routine expectations, thus encouraging active participation in research, teaching, and addressing institutional issues.

In addition, the powerful impact of EL on PE and TC also demonstrates its dual ability to empower individuals and teams. By providing meaningful autonomy, acknowledging achievements, and engaging faculty in decision-making (Klein & Zwilling, 2022), EL constructs the four pillars of PE: meaning (alignment of work values), competence (self-certainty of skill), self-determination (autonomy in task accomplishment), and impact (sense of influence). At the same time, EL fosters TC by promoting cross-departmental cooperation, open communication, and a culture of collective innovation (Ibrahim et al., 2024). This double attention is aligned with SET's key principle: leader investments (e.g., trust, resources) elicit reciprocal faculty behaviors beyond compliance to intrinsic motivation and cooperative synergy (Ahmad et al., 2023).

The strongest finding is that PE serves as a mediator, accounting for 76.5% of the overall influence of EL on FP. This underscores that faculty reciprocate EL's support mainly through individual psychological change. Empowered faculty, perceiving higher ownership and efficacy, promote pedagogical innovation (e.g., embracing technology-infused learning), participate in high-impact research, and participate in administrative service above the minimum requirement (Siyal et al., 2023). This coheres with SET's focus on individualized reciprocity: when leaders invest in faculty's psychological well-being, faculty reciprocate through discretionary effort that enhances performance (Nguyen et al., 2021).

Conversely, the mediating effect of TC, although significant, accounted for only 23.2% of the total effect of EL. This suggests that TC, though significant, is primarily a supplementary process. The deeply entrenched reliance on hierarchical frameworks in Saudi academia may still impede seamless team-based innovation (Chen et al., 2025). Although EL encourages collaboration, translating TC into quantifiable deliverables (i.e., such as patents and interdisciplinary publications) may necessitate more profound cultural transformations. The efficacy of PE highlights faculty members' emphasis on individual agency as a crucial precursor to effective performance. In a reform-minded setting, PE is a more proximal catalyst for change than team dynamics. TC was also assessed in the study through self-reported TC scales (Tierney et al., 1991). Utilizing objective assessments, such as interdisciplinary grants awarded, may uncover stronger associations between TC and FP.

Practical Implications

The primacy of PE, call for a visionary recasting of Saudi universities' leadership and organizational habits. To enable institutions to leverage EL as a force behind Vision 2030's human capital goals, institutions need to transition from theoretical support to implementing creativity and empowerment in the classroom. Systemic interventions are needed at the leadership, structural, and cultural levels.

Above all, EL development must be an institutional priority. Academic leaders (e.g., deans, department chairs) need specialized development opportunities beyond general management training. Programs should integrate Renko et al.'s (2015) EL measures opportunity recognition, innovation sponsorship, and autonomy delegation into practical models. Most critically, incentive systems must reward leaders who model empowerment behaviors; promotion criteria could include measures such as faculty participation in decision-making ratios or innovation grants won by their teams. This aligns leadership accountability from bureaucratic control to faculty enablement, directly capitalizing on EL's twin ability to enhance individual agency (PE) and collective synergy (TC).

Concurrently, institutions of higher learning must design systems that institutionalize PE. Our research indicates that PE accounts for 76.5% of the effect of EL on FP, making it a priority to maintain faculty members' sense of purpose, expertise, and influence through entrenched practices. HEIs must accept participatory models of governance, such as rotating senates collaborating to develop curriculum reform or research projects. This institutionalizes Spreitzer's (1995) "self-determination" dimension, converting input into effective influence. Additionally, recognition systems must evolve to reward unconventional contributions, such as digital badges for innovative pedagogical ideas, sabbaticals for community-based projects, or "impact narratives" that describe how research impacts local industries.

Third, the latent potential of TC must be intentionally developed and nurtured. Although TC's mediating role was secondary, its strong correlation with FP indicates it is an under-leveraged lever. Universities must establish innovation infrastructure: physical and virtual "collaborators" with seed

grants for cross-disciplinary teams on national priorities (e.g., renewable energy, water scarcity). Bureaucratic drag must be minimized—streamlining cross-department MoUs, merging joint appointments, and adopting workload models that reward collaborative time. To capitalize on the effect of TC, performance reviews must include team-based measures, such as co-authored patents, cross-college course designs, or community solutions co-designed with industry partners. This enacts Tierney et al.'s (1991) TC scale by recognizing real collective gains. Most importantly, such initiatives must be paired with EL training; leaders with training in creating psychological safety will more effectively empower teams to take creative risks without fear of punitive failure (Paredes-Saavedra et al., 2024).

Finally, these impacts lead to one mandate: the redefinition of universities as entrepreneurial ecosystems. That is, matching recruitment, promotion, and funding policies with EL values, PE, and TC. This includes hiring leaders with established empowerment practices, offering "innovation sabbaticals" to professors to develop ventures, and departmental budgeting based on outcome-driven team creativity. This integration yields sustainability that extends beyond individual leaders, embedding empowerment and creativity into the institution's fabric (i.e., a crucial first step toward Saudi Arabia's transformation into a knowledge-based economy).

Limitations and Future Directions

While this study is rich in insights, some limitations must be noted. First, reliance on self-reported measures of FP can create a potential for common method bias and social desirability effects, despite the mitigating factors offered by the longitudinal design. Future studies should incorporate findings based on objective indicators (e.g., publication counts, patent applications, and teaching ratings) to enhance validity. Second, a focus on Saudi Arabia, while contextually justified for Vision 2030, limits the generalizability of the findings. Cross-cultural comparative studies across GCC nations may enable inferences about cultural moderators (e.g., collectivism and power distance) affecting the efficacy of EL. While the cross-sectional mediation approach is robust, it precludes firm conclusions about causality; longitudinal or experimental designs that track leadership interventions over time would strengthen causal inferences.

More studies would investigate untested boundary conditions, such as disciplinary variation (STEM vs. humanities) or institutional levels (research-intensive vs. teaching-oriented universities), which can modulate the relationship between EL and FP. The limited mediating role of TC suggests that institutional enablers (e.g., funding systems, policy structures) play key amplifying role subsequent research should examine how university policies facilitate the conversion of TC into concrete outputs.

Another limitation is the use of self-reported faculty performance, which is susceptible to perceptual error. Future studies must combine objective indicators, such as the number of publications and citations, grants, teaching evaluations, and service accomplishments, with survey data to obtain a more inclusive and informative measure of work. Lastly, individual variables such as gender dynamics, emphasized in our correlation analysis, deserve further qualitative examination to inform inclusive empowerment strategies.

Conclusion

This research contributes a nuanced conceptualization of leadership-performance dynamics in reshaping higher education systems. It reinforces that entrepreneurial leadership is more than a strategic option but a relational power in motivating FP first through PE and second through TC. Placing SET in the context of Saudi Vision 2030, we expose how leader-faculty relationships based on trust, autonomy, and reciprocity become the pillars of institutional innovation. In Saudi universities, investing

in ELs who empower and foster TC is not only an operational necessity but also a strategic imperative to fulfill their role as drivers of a knowledge-based economy.

Funding: This research received no external funding.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all participants involved in the study through the survey form.

Data Availability Statement: The data supporting the research findings is not publicly available but can be obtained from the corresponding author upon request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest

References

- Abubakar, A. A., Al-Mamary, Y. H., Singh, H. P., Singh, A., Alam, F., & Agrawal, V. (2024). Exploring factors influencing sustainable human capital development: Insights from Saudi Arabia. *Heliyon*, 10(16).
- Ahmad, R., Nawaz, M. R., Ishaq, M. I., Khan, M. M., & Ashraf, H. A. (2023). Social exchange theory: Systematic review and future directions. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 1015921.
- Al-Dhdan, A. (2020). Psychological empowerment and its relationship to creative behavior among a sample of faculty members at Saudi universities. *Islamic University Journal for Educational and Social Sciences*, 4(2), 415-500.
- Al Shamlan, A. E. (2023). *Resilient leadership: A study connecting Saudi Vision 2030 and the higher education sector* [Victoria University].
- Alalfy, H. R., Alaraby, H. Y., Gaballa, A. S., Shalaby, S., & Alrefai, Z. A. (2024). Women academic leaders in Saudi universities: Educational and psychological vision. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 11(10), 76-82. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2024.10.008>
- Alanazi, A. H. (2024). *Achieving global recognition: Higher education rankings and the commitment to quality in Saudi Arabia's 2030 Strategic Vision* [University of Glasgow]. <https://theses.gla.ac.uk/84488/>
- Alghamdi, A. M. (2024). The impact of psychological empowerment on the possession of entrepreneurial characteristics among academic leaders at Princess Nourah Bint Abdulrahman university. *King Khalid University Journal of Educational Sciences*, 11(1), 70-95.
- Alowayyid, S., & Nasser, N. (2024). Activating pedagogical innovation requirements for vision Saudi Arabia 2030: A delphi study. *Eurasian Journal of Educational Research (EJER)*, 110, 84-113. <https://doi.org/10.14689/ejer.2024.110.06>
- Amirat, A., & Zaidi, M. (2020). Estimating GDP growth in Saudi Arabia under the government's vision 2030: A knowledge-based economy approach. *Journal of The Knowledge Economy*, 11(3), 1145-1170. <https://doi.org/10.1007/S13132-019-00596-2>
- Ataei, P., Karimi, H., & Zarei, R. (2024). The role of entrepreneurial leadership, intellectual capital, innovativeness culture, and entrepreneurial orientation in entrepreneurial opportunity recognition by students. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(2), Article 100265.

- Ben Hassen, T. (2022). The GCC economies in the wake of COVID-19: Toward post-oil sustainable knowledge-based economies? *Sustainability*, 14(18), Article 11251.
- Bhatti, M. A., Alyahya, M., & Alshiha, A. A. (2022). Research culture among higher education institutions of Saudi Arabia and its impact on faculty performance: Assessing the role of instrumentality, research infrastructure, and knowledge production. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 22(2), 15-28.
- Bilal, M., Chaudhry, S., Amber, H., Shahid, M., Aslam, S., & Shahzad, K. (2021). Entrepreneurial leadership and employees' proactive behaviour: Fortifying self-determination theory. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(3), Article 176.
- Blau, P. M. (1964). *Exchange and Power in Social Life*. John Wiley.
- Brahimi, T., Sarirete, A., & Al-Lail, H. J. (2024). Innovation, Leadership, and Education: How Effat University is Paving the Way for Vision 2030. In S. Baroudi & M. D. Lytras (Eds.), *Transformative Leadership and Sustainable Innovation in Education: Interdisciplinary Perspectives (Emerald Studies in Higher Education, Innovation and Technology)* (pp. 169-189). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-536-120241011>
- Chen, Y. S., Liao, K. C., & Yau, S. Y. (2025). From hesitation to participation: A narrative review of facilitators and barriers for healthcare professionals' engagement in medical education research. *BMC Medical Education*, 25(1), Article 302. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-06792-w>
- Cohen, J., Cohen, P., West, S. G., & Aiken, L. S. (2013). *Applied Multiple Regression/Correlation Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
- Estrada, C., Felix, E. R., Vedar, E. N. R., & Perez, E. J. (2024). Latina community college presidents: Drawing from cultural intuition to disrupt leadership norms in higher education. *Education Sciences*, 15(1), Article 35. <https://doi.org/10.3390/educsci15010035>
- Fan, L. S., Kumar, S., Sunny, A. A., Joshi, R., Mohapatra, P., Joshi, A., & Marashdeh, Q. (2024). Multiphase entrepreneurship: An academic reflection. *Powder Technology*, 439, Article 119654. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119654>
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39-50. <http://www.jstor.org/stable/3151312>
- Hair, J. F., Howard, M. C., & Nitzl, C. (2020). Assessing measurement model quality in PLS-SEM using confirmatory composite analysis. *Journal of Business Research*, 109(2), 101-110. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.069>
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115-135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Huang, Z., Sindakis, S., Aggarwal, S., & Thomas, L. (2022). The role of leadership in collective creativity and innovation: Examining academic research and development environments. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 1060412. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1060412>

- Ibrahim, A., Al-refaei, A. A., Alshuhumi, S., Al-Hidabi, D., & Ateeq, A. (2024). The effect of entrepreneurial leadership on employee's creativity and sustainable innovation performance in education sector: A literature review. In A. Hamdan & A. Harraf (Eds.), *Business Development via AI and Digitalization. Studies in Systems, Decision and Control* (Vol. 2, pp. 143–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-62106-2_12
- Islam, T., & Asad, M. (2024). Enhancing employees' creativity through entrepreneurial leadership: can knowledge sharing and creative self-efficacy matter? *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 54(1), 59-73. <https://doi.org/10.1108/VJIKMS-07-2021-0121>
- Joel, O. T., & Oguanobi, V. U. (2024). Entrepreneurial leadership in startups and SMEs: Critical lessons from building and sustaining growth. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 6(5), 1441-1456. <https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i5.1093>
- Joseph Jr, F. (2021). *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: A workbook*. Springer International Publishing.
- Kasim, N. M. (2021). The influence of entrepreneurial leadership and sustainability leadership on high-performing school leaders: mediated by empowerment. *Leadership, Education, Personality: An Interdisciplinary Journal*, 3(2), 101-115. <https://doi.org/10.1365/s42681-022-00031-2>
- Klein, G., & Zwilling, M. (2022). Leader-member exchange theory and its relationship to teachers' intrapreneurial behaviour, teachers' work engagement and entrepreneurial orientation. *International Journal of Innovation and Learning*, 32(2), 199-221. <https://doi.org/10.1504/IJIL.2022.125031>
- Kock, N. (2017). Common Method Bias: A Full Collinearity Assessment Method for PLS-SEM. In H. Latan & R. Noonan (Eds.), *Partial Least Squares Path Modeling*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64069-3_11
- Kumar, B. V., & Shailaja, N. (2024). Social exchange theory: Exploring reciprocity, equity, and relationship management in diverse contexts. *International Journal for Multidisciplinary Research*, 6(6), 1-11. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i06.32850>
- Liu, H. Y., Sung, S. C., Chao, C. Y., Chen, N. H., Chen, H. F., & Wu, S. M. (2022). Development and psychometric testing of a Taiwanese team interactions and team creativity instrument (TITC-T) for nursing students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), Article 7958. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137958>
- Mehmood, M. S., Jian, Z., Akram, U., & Tariq, A. (2021). Entrepreneurial leadership: The key to develop creativity in organizations. *Leadership & Organization Development Journal*, 42(3), 434-452. <https://doi.org/10.1108/LODJ-01-2020-0008>
- Meung, H. (2024). Entrepreneurial leadership in education: Fostering innovation and creativity. *Journal of Asian Multicultural Research for Educational Study*, 4(3), 23-30. <https://doi.org/10.47616/jamres.v4i3.458>
- Montash, M. A. H., Alahmadi, G., & Alghamdi, H. (2025). Saudi universities as catalysts for sustainable innovation and entrepreneurship development. *Journal of Lifestyle and SDGs Review*, 5(2), Article e04115. <https://doi.org/10.47172/2965-730x.sdgsreview.v5.n02.pe04115>

- Mutabelezi, W. M., & Sethibe, T. (2023). A model on the relationship between transformational leadership, transactional leadership, entrepreneurial leadership, and the innovation process. *International Journal of Innovation Management* 27(07n08), Article 2350043. <https://doi.org/10.1142/S1363919623500433>
- Nawaz, A., Wenqi, J., & Akhtar, S. (2025). Entrepreneurial leadership and organizational performance: employee creativity and behavior. *Management Decision*, 63(7), 2486-2510. <https://doi.org/0.1108/MD-02-2024-0317>
- Neupane, S. M., Bhattarai, P. C., & Lowery, C. L. (2025). Personality traits in describing entrepreneurial intentions: A sequential mixed methods study. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 14(1), 1-35. <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00459-4>
- Nguyen, H. T. N., Nguyen, H. T. T., Truong, A. T. L., Nguyen, T. T. P., & Nguyen, A. T. V. (2021). Entrepreneurial culture and innovative work behaviour: The mediating effect of psychological empowerment. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 15(2), 254-277. <https://doi.org/10.1108/JEEE-04-2021-0132>
- Obuobisa-Darko, T. (2024). Entrepreneurial leadership: The best promoter of employee engagement and innovative behaviour for organisational success. In S. Siyal (Ed.), *Transformational Concepts and Tools for Entrepreneurial Leadership* (pp. 93–122). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0078-7.ch005>
- Oliveira, M., Andrade, J. R., Ratten, V., & Santos, E. (2023). Psychological empowerment for the future of work: Evidence from Portugal. *Global Business and Organizational Excellence*, 42(5), 65-78. <https://doi.org/10.1002/joe.22194>
- Pacheco, A., & Franco, M. (2024). The role of higher education institutions (HEI) in academic spin-off creation: A cooperation perspective. *Journal of The Knowledge Economy*, 15(2), 7523-7541. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01390-x>
- Paredes-Saavedra, M., Vallejos, M., Huancahuire-Vega, S., Morales-García, W. C., & Geraldo-Campos, L. A. (2024). Work team effectiveness: Importance of organizational culture, work climate, leadership, creative synergy, and emotional intelligence in university employees. *Administrative Sciences*, 14(11), Article 280. <https://doi.org/10.3390/admsci14110280>
- Pham, D. H. (2021). The professional development of academic staff in higher education institution. *Journal of Teacher Education for Sustainability* 23(1), 115-131. <https://doi.org/10.2478/jtes-2021-0009>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., & Podsakoff, N. P. (2012). Sources of method bias in social science research and recommendations on how to control it. *Annual Review of Psychology*, 63, 539-569. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-120710-100452>
- Rababah, N. (2023). Empowerment and innovation types: Key advance performance of SMEs in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, 8(8), 1-13. <https://doi.org/10.36348/sjhss.2023.v08i01.001>

- Renko, M., El Tarabishy, A., Carsrud, A. L., & Brannback, M. (2015). Understanding and measuring entrepreneurial leadership style. *Journal of Small Business Management*, 53(1), 54-74. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12086>
- Royston, R., & Reiter-Palmon, R. (2022). Leadership and Creativity. In J. A. Plucker (Ed.), *Creativity and Innovation* (Second ed., pp. 305-326). Routledge Publications. <https://doi.org/10.4324/9781003233923-26>
- Siyal, S., Liu, J., Ma, L., Kumari, K., Saeed, M., Xin, C., & Hussain, S. N. (2023). Does inclusive leadership influence task performance of hospitality industry employees? Role of psychological empowerment and trust in leader. *Heliyon*, 9(5), Article e15507. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15507>
- Spreitzer, G. M. (1995). Psychological empowerment in the workplace: Dimensions, measurement, and validation. *Academy of Management Journal*, 38(5), 1442-1465. <https://doi.org/10.5465/256865>
- Stanescu, D. F., Zbucnea, A., & Pinzaru, F. (2021). Transformational leadership and innovative work behaviour: The mediating role of psychological empowerment. *Kybernetes*, 50(5), 1041-1057. <https://doi.org/10.1108/K-07-2019-0491>
- Subrahmanyam, S. (2024). The role of leadership in nurturing innovation and creativity among faculty and staff. In M. Kayyali (Ed.), *Cultivating Creativity and Navigating Talent Management in Academia* (pp. 449–468). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6880-0.ch021>
- Tierney, P., Farmer, S. M., & Graen, G. B. (1991). An examination of leadership and employee creativity: The relevance of traits and relationships. *Personal Psychology*, 52(3), 591-620. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1999.tb00173.x>
- Torrents, C., Balagué, N., Hristovski, R., Almarcha, M., & Kelso, J. A. S. (2021). Metastable coordination dynamics of collaborative creativity in educational settings. *Sustainability*, 13(5), Article 2696. <https://doi.org/10.3390/SU13052696>
- Vallon, P. (2024). *Developing and Implementing Effective Faculty Review Processes for Enhanced Performance in Higher Education* [Walden University]. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/developing-implementing-effective-faculty-review/docview/3108242721/se-2>
- Wahab, A., & Tyasari, I. (2020). Entrepreneurial leadership for university leaders: A futuristic approach for Pakistani HEIs. *Asia Pacific Management Review*, 25(1), 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.apmrv.2019.09.002>
- Wang, C., Chen, X., Yu, T., Liu, Y., & Jing, Y. (2024). Education reform and change driven by digital technology: A bibliometric study from a global perspective. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-17. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02717-y>
- Yamao, S. (2024). Social exchange theory. In K. Hutchings, S. Michailova, & A. Wilkinson (Eds.), *A Guide to Key Theories for Human Resource Management Research* (pp. 274-279). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781035308767.ch35>

Strategic Innovation Infrastructure in Scientific Research: A Departmental Model in Progress for Cultivating Research and Entrepreneurship

Samia Faisal O. Aboushoushah¹

¹Department of Physics, Faculty of Sciences, King Abdulaziz University, Saudi Arabia;
saboushoushah@kau.edu.sa

Abstract. This case study addresses the need for structured innovation infrastructure at the departmental level to foster research and entrepreneurship in Saudi universities. The Physics Department at King Abdulaziz University established a Scientific Research Committee that developed a departmental model in progress, operationalized through seven coordinated initiatives designed to enhance faculty research productivity, interdisciplinary collaboration, and undergraduate research engagement. Methods included establishing a faculty research activity tracking system (2021–2024), delivering targeted research skills workshops, developing a tailored academic mentorship program, piloting undergraduate research activities, compiling a departmental research funding executive summary, and launching a research resource database. Early outcomes demonstrate improvements in research visibility, faculty development, and student participation, consistent with entrepreneurial-ecosystem and absorptive-capacity perspectives that link human capital, infrastructure, and networks to innovation outcomes. Challenges such as uneven faculty engagement, resource constraints, and limited coordination mechanisms were identified during the development phases. In conclusion, this evolving model has laid a solid foundation for scalable departmental structures that align with institutional priorities and contribute to Saudi Vision 2030 innovation goals. It offers practical insights into how departmental-level structures can progressively build scalable research and entrepreneurship ecosystems to drive long-term academic impact

Keywords: Research infrastructure; innovation in higher education; entrepreneurship ecosystem; faculty development; undergraduate research engagement, departmental research strategy; institutional capacity building; patents and funding strategy.

Introduction

In recent years, higher education institutions have increasingly recognized the need for structured mechanisms that support research productivity, innovation, and alignment with national priorities.

Universities are under growing pressure to not only produce high-quality research but also to demonstrate impact, accountability, and sustainability through measurable indicators such as publications, funding, patents, and collaborations. This has led to the establishment of research committees, centres, and dedicated offices worldwide, yet the effectiveness of such structures at the departmental level remains underexplored.

Research management literature emphasizes that faculty development, mentorship, and research capacity-building are critical for enhancing scholarly output and sustaining long-term academic excellence [1, 2]. Targeted interventions, such as structured mentorship frameworks and research skills workshops, have been shown to address skill gaps and improve faculty engagement [3, 4]. Similarly, the integration of undergraduate students into research has been identified as a high-impact practice that fosters critical thinking, improves retention in STEM fields, and strengthens the research culture of institutions [5–7]. At the same time, debates continue regarding how best to balance centralized versus distributed leadership models in research governance, with some scholars arguing that top-down structures risk disengagement, while distributed leadership fosters collaboration but may suffer from coordination challenges [8, 9].

Within the Saudi context, the strategic vision for higher education emphasizes innovation, entrepreneurship, and knowledge-based economic growth. National initiatives such as Vision 2030 [10] and related higher education strategies explicitly call on universities to build research infrastructure, strengthen innovation pathways, and expand entrepreneurial opportunities for faculty and students. At the same time, universities are expected to cultivate sustainable mechanisms for quality assurance and performance monitoring, ensuring that research outputs contribute not only to academic excellence but also to societal and economic development.

Against this backdrop, the Physics Department at King Abdulaziz University (KAU) established a Scientific Research Committee to operationalize strategic initiatives aimed at strengthening research infrastructure, supporting emerging researchers, promoting collaboration, and aligning departmental activities with institutional and national priorities. This case study documents the committee's structure, mission, and coordinated initiatives, and presents early outcomes from the first cycle of implementation (2024–2025). By examining both achievements and challenges, this work contributes to the literature on departmental research governance and provides practical lessons for institutions seeking to cultivate sustainable, innovation-oriented research environments, particularly within the context of Saudi universities' evolving innovation and entrepreneurship ecosystem.

Methodology: Committee Model and Strategic Initiatives

This study adopts a structured departmental model to operationalize strategic innovation infrastructure in scientific research. The methodology describes the formation and functioning of the Physics Department's Scientific Research Committee, its mission and objectives, and the framework used to design, implement, and monitor strategic initiatives. The section outlines the committee's composition and roles, the alignment of initiatives with strategic objectives, and the operational framework guiding their execution.

1. Committee Structure and Membership

As part of a department-wide effort to advance scientific research and academic innovation, a Scientific Research Committee was established within the Physics Department to design, coordinate, and implement key initiatives that support research excellence, infrastructure, and engagement.

The committee comprises a total of **18 members**, reflecting inclusive representation across academic levels and roles. The composition includes:

- **1 Chairperson**, responsible for strategic oversight, coordination, and official representation of the committee.
- **8 faculty representatives**, consisting of seven academics with doctoral qualifications and one with a master's degree. Faculty members lead or co-lead key strategic initiatives aligned with the committee's objectives.
- **2 laboratory technicians**, who support technical and resource-tracking initiatives.
- **7 student members**, who contribute to initiative support, peer engagement, and internal communication.

This multi-tiered structure ensures distributed leadership, active involvement across career stages, and integration of technical and student perspectives.

2. Role of the Committee

The Scientific Research Committee functions as the department's primary body for advancing research excellence and innovation. Its core responsibilities include:

- Designing and implementing research infrastructure initiatives.
- Supporting faculty development through mentorship, workshops, and strategic planning.
- Facilitating interdisciplinary collaboration and knowledge exchange.
- Tracking and reporting research outputs through structured data collection.
- Promoting undergraduate engagement in research.
- Advising departmental leadership on research priorities and funding opportunities.

3. Mission and Objectives

The mission of the committee is to foster a sustainable, ethical, and inclusive research environment that supports innovation and scholarly productivity. Its objectives are listed in Table 1.

Table 1. Scientific Research Committee Objectives and Corresponding Key Results (OKRs)

Objective		Key Results
1	Cultivate research excellence and innovation	1. Increase the number of peer-reviewed publications by faculty by 20% within one academic year. 2. Facilitate at least two new interdisciplinary or high-impact research collaborations annually. 3. Launch one new departmental innovation initiative or prototype per year (e.g., novel tool, method, or device).
2	Promote ethical and collaborative research practices	1. Ensure 100% of faculty and postgraduate researchers complete annual research ethics training.

Objective	Key Results
	2. Organize two interdepartmental seminars or workshops focused on collaborative research methods per year. 3. Establish a formal code of research conduct and secure written commitment from all committee members.
3 Support emerging researchers and academic growth	1. Pair 100% of junior faculty with mentors as part of the departmental mentorship program. 2. Increase junior faculty involvement in graduate research supervision by 30%. 3. Deliver at least three research training sessions or proposal writing workshops annually.
4 Align departmental research activities with institutional and national priorities	1. Map 100% of ongoing departmental research projects to national or university strategic themes annually. 2. Submit at least three grant proposals aligned with priority areas per year. 3. Conduct an annual review to revise project focus areas based on updated policy directions.
5 Build infrastructure for tracking, planning, and reporting	1. Maintain an up-to-date research activity database with at least 90% faculty participation. 2. Publish an annual departmental research report covering outputs, trends, and funding metrics. 3. Reduce the administrative burden of data entry by 50% through tool/process optimization by the next academic year.

These objectives were used to guide the design and evaluation of all committee initiatives.

4. Strategic Initiatives and Alignment

To translate its mission into measurable action, the Scientific Research Committee operationalized its work through seven coordinated initiatives, each designed to address specific strategic objectives and collectively support the development of a sustainable research and innovation infrastructure within the department.

Table 2 outlines how each initiative aligns with one or more of the committee's strategic objectives, ensuring comprehensive coverage without redundancy and reinforcing a mutually exclusive, collectively exhaustive (MECE) design framework.

Table 2. Alignment of Strategic Initiatives with Committee Objectives

Initiative	Aligned Objective(s)
1 Mentorship Program	Support emerging researchers; Promote ethical collaboration
2 Research Skills Workshops	Cultivate excellence; Support emerging researchers
3 Build Research Resources Database	Build infrastructure
4 Seminar & Interdisciplinary Projects	Cultivate excellence; Promote collaboration

Initiative	Aligned Objective(s)
5 Identify Funding Sources	Align with institutional/national priorities
6 Update Research Activities Database	Build infrastructure; Align with strategic priorities
7 Undergraduate Research Integration	Support emerging researchers

5. Description of the Seven Initiatives

To operationalize the committee's strategic objectives, seven coordinated initiatives were designed, each addressing a distinct area of research development within the department (Figure 1). These initiatives serve as the functional core of the Scientific Research Committee's efforts, translating broad institutional goals into targeted, action-oriented programs. Together, they aim to enhance mentorship, improve research competencies, expand infrastructure, strengthen collaboration, and promote both faculty and student engagement in research. Detailed task-level descriptions are provided in Table 3.



Figure 1. The seven strategic initiatives of the Scientific Research Committee.

Table 3. Overview of the Seven Strategic Initiatives of the Scientific Research Committee

Initiative	Context & Issue	Objective	Key Activities	Timeline	Expected Outputs	Monitoring and Evaluation	Key Performance Indicators	Distinctive Features
Initiative 1: Enhance Mentorship and Supervision	Performance reviews and faculty feedback revealed limited structured support for early-career academics, resulting in inconsistent guidance on research, publication, and postgraduate supervision.	Implement a structured mentorship program to strengthen research capacity, support career progression, and increase faculty participation in graduate supervision.	Design a department-specific mentorship framework, hold orientation sessions, and match junior faculty with experienced mentors based on research alignment. Monitor and refine the program through participant feedback.	Two years — Year 1 for design and planning; Year 2 for implementation and formative evaluation.	- Documented mentorship framework and guidelines - List of active mentor-mentee pairs - Evidence of increased junior faculty co-supervision	Collect structured feedback from participants and track supervision logs and faculty development metrics.	100% of junior faculty matched with mentors 30% increase in postgraduate co-supervision ≥80% positive feedback rate	Tailored to the department's structure, addressing identified support gaps and aligning with promotion and research expectations.
Initiative 2: Organize Research Skills Workshops	Faculty research skills vary, particularly in technical tools, grant writing, and publication strategies. Limited targeted training reduces productivity and participation	Enhance research competencies and funding readiness through focused, practical workshops addressing departmental skill gaps.	Deliver at least five workshops annually on topics such as LaTeX, Mendeley, Deanship research services, and nanotechnology (in collaboration with the Center of Nanotechnology). Include hands-on elements,	Throughout the academic year, with topics reviewed each term.	- Completed annual workshop series - Workshop materials and feedback reports - Evidence of improved research skills and engagement	Track attendance and assess effectiveness through post-event surveys and follow-up interviews.	≥80% faculty participation ≥85% satisfaction rating - Two new topics added annually based on faculty feedback	Workshop design and content are faculty-driven, ensuring relevance, applicability, and alignment with departmental research goals.

3.1 Strategic Innovation Infrastructure in Scientific Research: A Departmental Model in Progress for Cultivating ...

Initiative	Context & Issue	Objective	Key Activities	Timeline	Expected Outputs	Monitoring and Evaluation	Key Performance Indicators	Distinctive Features
	Faculty collaboration. This reduces exposure to emerging ideas and partnerships.		Assist with dissemination.				• Seminar participation was logged in 50% of the annual reports	
Initiative 5: Identify Funding Sources	Funding efforts have been fragmented, with faculty pursuing opportunities individually, leading to missed opportunities and underfunding in priority areas. A centralized, strategic approach is needed to align departmental research priorities with available funding.	Assess departmental funding needs and establish a structured process for identifying and securing internal and external funding aligned with institutional and national priorities.	Conduct a department-wide needs assessment, prepare a Research Funding Executive Summary, develop modular proposal templates, and circulate relevant funding calls.	One academic year — needs assessment in semester one, proposal development and submission in semester two.	• Funding needs assessment report • Research Funding Executive Summary • Draft or submitted proposals aligned with priorities	Track faculty participation, proposal development activity, and grant submission outcomes.	• ≥75% faculty participation in needs assessment • ≥3 modular proposals prepared annually • 30% increase in grant submissions compared to the previous year	Tailors funding strategies to the department's research strengths, providing coordinated support for faculty grant-seeking efforts.
Initiative 6: Update Faculty Scientific Research Activities Database	Research output has been recorded inconsistently, making internal evaluation and external	Maintain an accurate, accessible, and up-to-date database of faculty research activities to	Audit existing records, conduct annual data collection using standardized surveys, validate entries, and integrate into a	Annual cycle — survey design and distribution in semester one; validation, analysis, and database	• Updated research activity database • Internal and external reporting datasets	Track faculty response rates, data completeness, and consistency with external records.	• ≥90% faculty submission rate	Employs flexible survey formats and standardized data categories to ensure comprehensive, high-quality

Initiative	Context & Issue	Objective	Key Activities	Timeline	Expected Outputs	Monitoring and Evaluation	Key Performance Indicators	Distinctive Features
Initiative 7: Include Undergraduate students in Scientific Research	reporting inefficient and error-prone. A centralized, regularly updated system is required for accurate tracking.	support evaluation, planning, and reporting.	structured database.	update in semester two.	Streamlined annual data collection process		≥ 95% data accuracy - Annual database update completed before year-end reporting	reporting aligned with university KPIs.
	Undergraduate students have limited structured exposure to research, resulting in missed opportunities for skill development and faculty–student collaboration.	Introduce undergraduate students to research through guided participation in faculty-led projects, literature engagement, and departmental activities.	Hold research literacy sessions, facilitate paper discussion meetings, survey faculty on mentoring interest, and pilot an undergraduate integration plan.	One academic year — planning and engagement in semester one; implementation in semester two.	- Two or more research literacy sessions - Faculty engagement report and integration plan - Pilot student–faculty research activities	Track participation rates and collect feedback from students and faculty to assess pilot success.	≥ 20 undergraduate participants in initial sessions ≥ 5 faculty hosting student research activities ≥ 80% positive participant feedback	First formal departmental program for undergraduate research engagement, designed for scalability and sustainability.

6. Operational Framework

The operational framework outlines how the Scientific Research Committee functioned during the reporting period to implement its approved initiatives. It is based on the *Scientific Research Committee Operational Plan*, formally approved at a department chair meeting, which specified the seven initiatives, their subtasks, expected outcomes, and milestone timelines.

a) Meeting Operations and Schedule

The committee operated on an initiative-based structure, with each initiative led by a designated faculty member or staff representative. Coordination was maintained primarily through individual consultations between the chairperson and initiative leads, with progress tracked against the milestones set out in the operational plan. Monthly follow-ups were conducted via a dedicated WhatsApp group, which enabled rapid updates, document sharing, and issue resolution. During this period, no full-committee meetings were convened; instead, activities were managed through one-to-one and digital communications.

b) Confidentiality and Data Handling

All members are required to maintain strict confidentiality regarding committee discussions, unpublished data, and strategic planning materials. Sensitive information, particularly related to funding, faculty evaluations, or student participation, is shared only with relevant subgroups.

c) Reporting Protocol

- **Frequency:** A comprehensive annual report is submitted to the department chair at the end of each academic year.
- **Components:** Initiative summaries, progress metrics, challenges, engagement levels, and strategic recommendations.
- **Interim Updates:** Provided semi-annually or upon request.

d) Ethics and Code of Conduct

Members are expected to:

- Uphold academic integrity and research ethics.
- Participate constructively and respectfully.
- Avoid conflicts of interest.
- Ensure equitable participation across roles and genders.
- Maintain professional conduct in all official capacities.

e) Data and Documentation Availability

All non-confidential committee documentation, operational plans, and datasets referenced

in this study are available from the corresponding author upon reasonable request. This study did not involve human or animal subjects and therefore did not require institutional ethics approval.

Results / Current Progress

This section presents the progress, achievements, and measurable outputs of the Scientific Research Committee’s seven strategic initiatives during the reporting period, highlighting both quantitative indicators and qualitative outcomes.

Initiative Progress Overview

As of May 2025, the Scientific Research Committee has advanced all seven coordinated initiatives, with two fully completed, three in active progress, and two in early implementation stages (Figure 2). Table 4 summarizes the key achievements and quantitative indicators of each Initiative.

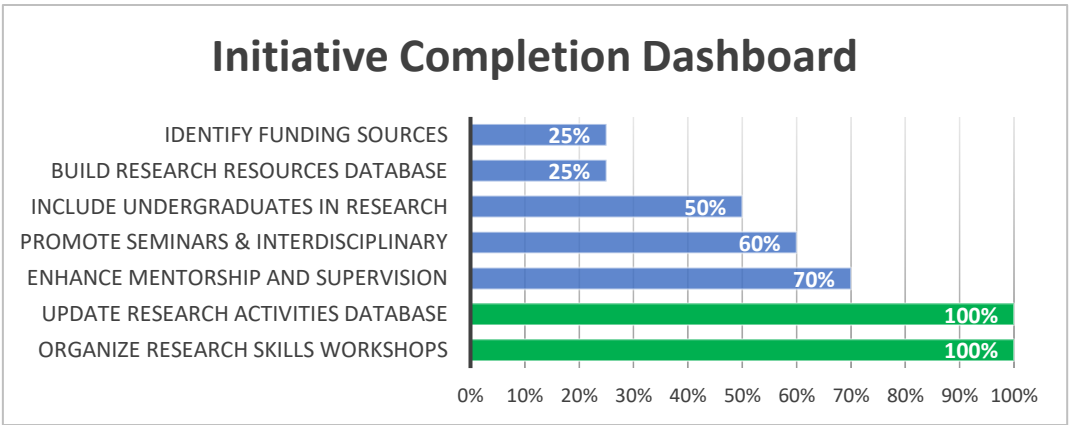


Figure 2. Completion status of the seven strategic initiatives of the Scientific Research Committee during the reporting period.

Table 4. Summary of Early Outcomes of the Scientific Research Committee (Sep 2024 – May 2025)

Area	Key Achievements	Quantitative Indicators
Mentorship & Supervision	Developed and approved a structured mentorship framework; initiated pilot mentor–mentee pairings for junior faculty.	Initial pilot launched; mentor–mentee list prepared.
Research Skills Development	Delivered targeted workshops on LaTeX, Mendeley, Deanship research services, and nanotechnology in collaboration with the Centre of Nanotechnology.	5 workshops delivered; ≥80% participant satisfaction in

Area	Key Achievements	Quantitative Indicators
		post-workshop surveys.
Research Infrastructure	Updated and validated the Faculty Scientific Research Activities Database; improved data accuracy and accessibility for reporting.	2 survey rounds completed; database update finalized.
Funding Strategy	Conducted funding needs assessment; prepared and presented the 2025 Research Funding Executive Summary to the department chair.	1 funding summary report; priority proposals identified.
Undergraduate Engagement	Delivered introductory sessions on research literature; surveyed faculty for undergraduate research hosting; developed integration plan.	2 undergraduate sessions; ≥20 student participants.
Interdisciplinary Collaboration	Facilitated faculty connections for cross-departmental research opportunities; promoted participation in external seminars and events.	2 interdisciplinary events; monthly event list circulated.

Early Outcomes

Despite operating through a decentralized, initiative-based structure, the Scientific Research Committee delivered measurable early outcomes between September 2024 and May 2025 (Table 4). A structured mentorship framework was designed and piloted, a series of targeted research workshops was completed, and key infrastructure was strengthened through an updated faculty database and a Research Funding Executive Summary. Undergraduate engagement also advanced through initial research literacy sessions and faculty surveys, laying the groundwork for sustained student participation. Collectively, these achievements illustrate the committee's capacity to translate strategic objectives into action and to establish a foundation for long-term research and innovation capacity building (Figure 3).

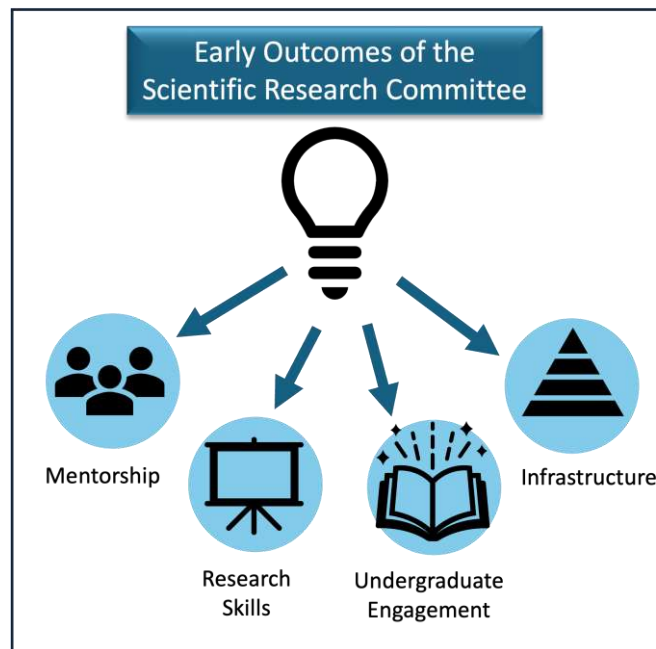


Figure 3. Early outcomes of the Scientific Research Committee.

Quantitative Indicators

Table 4 highlights the committee’s tangible outputs, including workshops, undergraduate sessions, interdisciplinary events, surveys, and database updates. While participation and activity levels confirm early progress toward objectives, they also reveal areas for improvement—particularly in faculty survey response rates, which averaged only 50%. The establishment of a validated research database, pilot mentorship pairs, and a funding executive summary indicates that the committee has begun to institutionalize systems for long-term monitoring and resource mobilization. These quantitative gains, though modest, provide a measurable baseline against which future cycles can be evaluated.

Comparative Trends Analysis

To evaluate the department’s research performance over time and provide context for the 2024 outcomes, multi-year data from the Scientific Research Activities Database were analyzed, covering the period 2021–2024. This comparative analysis highlights key trends in publications, projects, patents, and citations, providing a baseline for assessing the potential long-term impact of the Scientific Research Committee’s initiatives.

Publication Trends (ISI and non-ISI)

From 2021 to 2024, the number of ISI-indexed publications in the Physics Department followed an overall upward trajectory, starting at 237 in 2021, dipping slightly to 230 in 2022, then rising to 291 in 2023 and reaching a peak of 298 in 2024 (Figure 4). Non-ISI publications,

although fewer, increased steadily from 10 in 2021 to 18 in 2024. This trend reflects a sustained high level of indexed research output alongside gradual growth in non-indexed contributions.

The peak in ISI publications in 2024, albeit a modest increase from 2023, coincided with the rollout of structured mentorship and targeted research skills workshops. These initiatives likely supported the maintenance of high-quality output while enhancing faculty engagement in scholarly publishing.

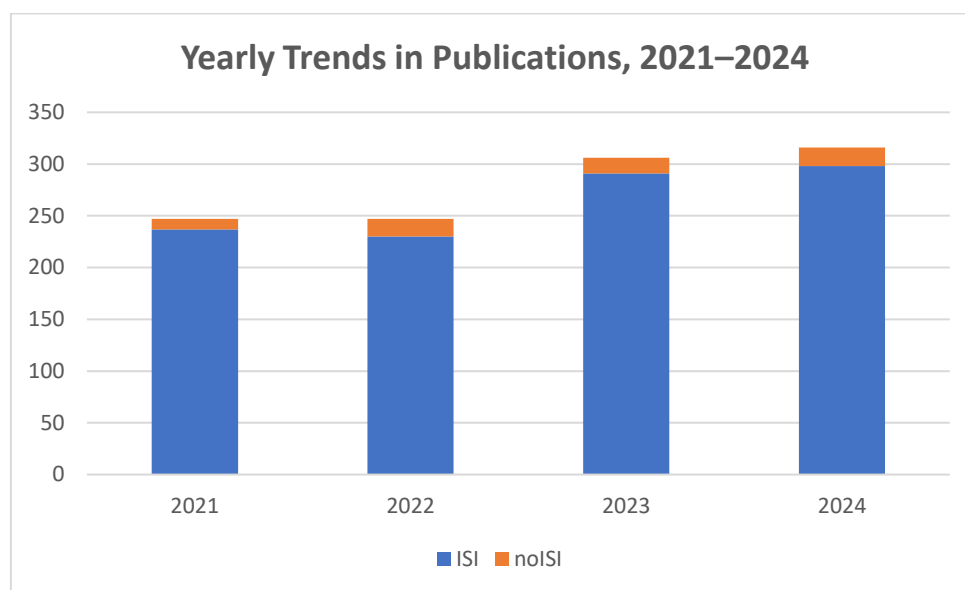


Figure 4. Annual trends in ISI and non-ISI publications for the Physics Department from 2021 to 2024.

Research Projects (Funded vs. Non-Funded)

Between 2021 and 2024, the number of KAU-funded projects fluctuated, rising from 8 in 2021 to 13 in 2022, then dipping to 9 in 2023 before recovering to 11 in 2024 (Figure 5). Non-KAU-funded projects remained comparatively limited, ranging from zero to three per year, with the highest number recorded in 2024.

The slight recovery in both KAU and non-KAU funding in 2024 aligns with the early implementation of the Identify Funding Sources initiative, which introduced a structured funding needs assessment and prepared the department's first Research Funding Executive Summary. Although still in its initial stages, this initiative appears to have supported greater visibility of funding opportunities and diversification of funding sources.

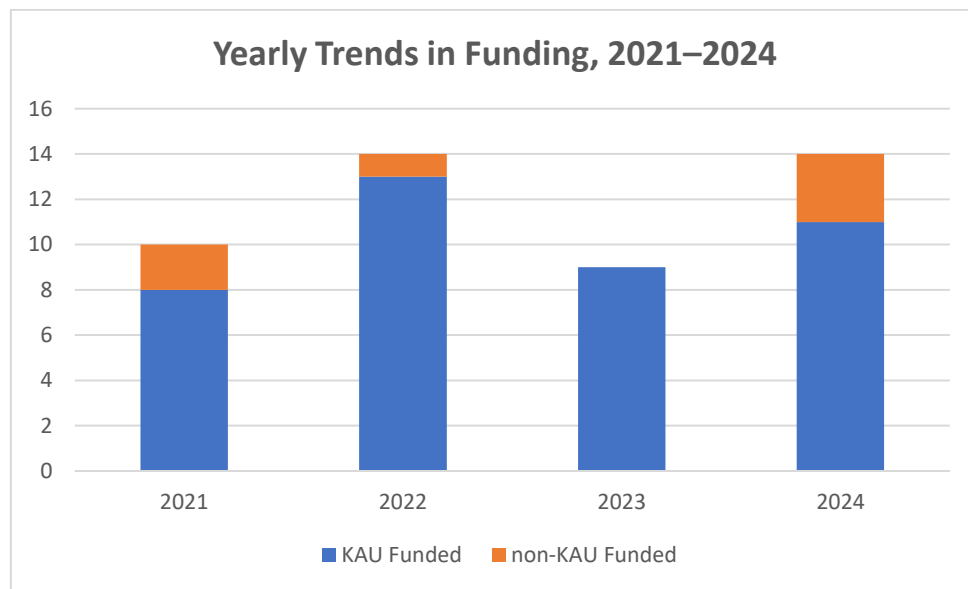


Figure 5. Annual trends in KAU- and non-KAU-funded projects in the Physics Department, 2021–2024.

Patent Activity

From 2021 to 2024, the department's patent output remained modest but steady, with one patent filed in 2021, two in 2022, none in 2023, and two again in 2024 (Figure 6). The absence of new patents in 2023 reflects a temporary lull, but the recovery in 2024 suggests renewed engagement with innovation pathways.

This modest upward trend coincided with broader efforts under the Mentorship and Research Skills Workshops initiatives, which emphasized grant writing, research design, and translational impact. While patents are not a direct outcome of these initiatives, the strengthened support for research competencies and structured mentorship likely created an enabling environment that facilitated patent activity. This also signals convergence with international patterns in which departmental mentorship, project design support, and early IP activity operate as proximate levers for research commercialization pathways [11–13].

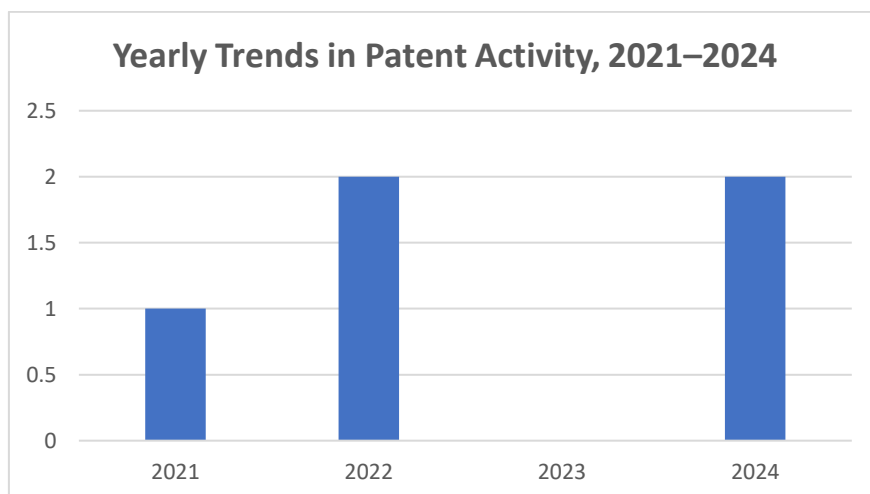


Figure 6. Patent filings in the Physics Department, 2021–2024.

Citation Trends

From 2021 to 2024, faculty citation averages in the Physics Department demonstrated variability across both Web of Science and Google Scholar (Figure 7). Web of Science citations rose from 220 in 2021 to a peak of 257.57 in 2022, dipped to 196.94 in 2023, and then recovered to 231.94 in 2024. By contrast, Google Scholar consistently showed higher citation averages, increasing from 234.18 in 2021 to 313.66 in 2024, despite a minor dip in 2023. The consistent upward trend in Google Scholar indicates growing visibility and impact of departmental research across wider academic and professional audiences, while Web of Science reflects more selective citation dynamics.

These citation patterns align with Initiative 6 (Update Faculty Scientific Research Activities Database), which emphasized systematic tracking of faculty research outputs and ensured more accurate reporting. The recovery in 2024 also coincides with Initiative 2 (Research Skills Workshops), which strengthened publication practices and visibility strategies, potentially contributing to improved citation performance across platforms.

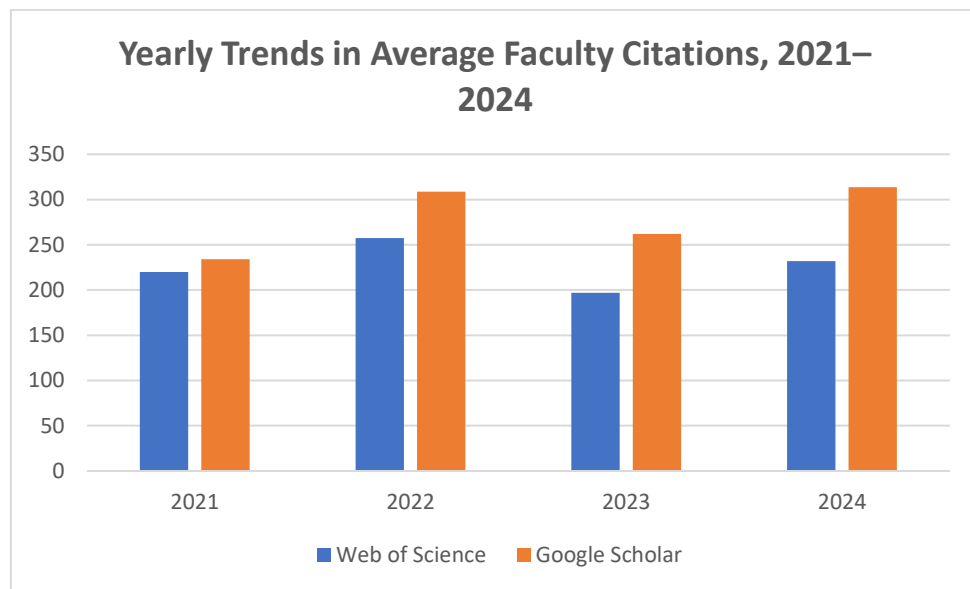


Figure 7. Average faculty citations in the Physics Department from 2021 to 2024, based on Web of Science and Google Scholar data.

Challenges Encountered

While the committee achieved measurable progress across its seven initiatives, several operational and structural challenges emerged during implementation. These challenges varied in scope from participation and resource constraints to procedural inefficiencies and coordination gaps, and had direct implications for timelines, data quality, and overall impact. Table 5 summarizes each challenge alongside its observed impact and proposed mitigation strategies to inform future cycles of committee work.

Table 5. Challenges Encountered, Their Impact, and Mitigation Strategies

Challenge	Impact	Mitigation Strategy
Low engagement from some committee members	Slowed progress in initiatives requiring broad input (e.g., surveys, mentorship program participation, seminar attendance); uneven workload	Introduce clear role definitions, assign deliverables, and monitor participation through scheduled progress check-ins
Manpower shortages and overreliance on individual leads	Delays in initiative timelines; reduced capacity to address emerging issues; risk of burnout for key contributors	Recruit additional committee members; engage postgraduate or undergraduate assistants; distribute sub-tasks among multiple members

Challenge	Impact	Mitigation Strategy
Inefficiencies in data design, collection, and cleaning	Prolonged analysis time; inconsistent or incomplete datasets; delayed reporting	Standardize data collection tools; run pilot surveys; provide clear instructions and examples to respondents
Overlap with other university initiatives	Confusion over initiative scope and ownership; duplication of work	Establish early coordination with other units; formally document project boundaries in the operational plan; assign liaison roles
Absence of full-committee meetings	Reduced cross-initiative coordination; limited collective problem-solving and shared accountability	Introduce quarterly full-committee meetings in addition to one-to-one updates; share initiative updates in a centralized progress log to improve communication and alignment
Limited faculty response to surveys	Incomplete datasets; reduced accuracy of research activity tracking	Simplify survey formats, set clear deadlines, and integrate completion into annual performance expectations
Role ambiguity and lack of administrative support	Slower decision-making; inconsistent documentation	Define roles in the operational plan and assign administrative support for minutes, documentation, and follow-ups
Logistical constraints in accessing and verifying equipment data	Delayed progress on research resource database; incomplete records	Prioritize accessible facilities first; identify official points of contact for verification; phase the project
Difficulty securing external speakers for workshops due to procedural delays	Missed opportunities for certain training topics	Build a pre-approved pool of speakers; start outreach earlier in the term; explore internal expertise where possible
Limited faculty availability for undergraduate-focused initiatives	Slower integration of undergraduates into research activities	Develop flexible, low-time-commitment mentoring formats; align undergraduate involvement with ongoing faculty projects

Recommendations

Drawing on the findings and challenges identified during the 2024–2025 implementation cycle, a set of targeted recommendations is proposed to enhance the Scientific Research

Committee's operations in the upcoming year. These recommendations are designed to address existing limitations, reinforce successful practices, and improve overall coordination, efficiency, and impact across all strategic initiatives. Table 6 presents the recommendations, their rationale, and the intended outcomes.

Table 6: Recommendations Summary Table

Recommendation	Purpose	Expected Impact
Clarify Roles and Strengthen Support	Assign clear responsibilities and provide adequate resources to initiative leads	Improved accountability and faster progress toward milestones
Institutionalize Full-Committee Meetings	Establish a regular meeting schedule	Enhanced coordination, shared accountability, and timely decision-making
Streamline Data Collection	Consolidate into a single annual survey	Reduced administrative burden and improved data quality
Enhance Inter-Unit Coordination	Align with departmental and university initiatives	Minimized duplication and better resource utilization
Expand and Structure Student Engagement	Formalize undergraduate participation frameworks	Increased student contribution and skill development
Secure Administrative and Technical Support	Allocate dedicated personnel for documentation and logistics	Free academic leads for strategic and technical work

Implementing these recommendations in the 2025 cycle will strengthen the committee's capacity to deliver on its strategic objectives and ensure that its initiatives remain aligned with departmental, institutional, and national research priorities. By addressing structural and operational gaps, the committee will be better positioned to foster a collaborative, data-driven, and innovation-oriented research culture, with sustained engagement from faculty, students, and technical staff.

Discussion

The establishment of the Scientific Research Committee within the Physics Department has yielded measurable early outcomes in mentorship, research training, infrastructure development, and undergraduate engagement. Within less than one academic cycle, the committee introduced a structured mentorship framework, piloted faculty pairings, and delivered a series of targeted research skills workshops. These efforts are consistent with higher education capacity-building models, which highlight structured mentorship and didactic training as essential components of academic development [14]. Inclusive mentorship is particularly valuable, as evidence shows that underrepresented and first-

generation undergraduates who engage in mentored research achieve higher academic outcomes and greater research independence [15]. Furthermore, periodic opportunities for faculty to refresh and expand their skills are recognized as critical to sustaining long-term research productivity and innovation [16]. These initiatives directly address departmental priorities by closing skill gaps, enhancing scholarly productivity, and offering systematic guidance to early-career academics [17]. This model aligns with broader capacity-building strategies in higher education, where effective faculty development integrates structured didactic training, mentorship, and hands-on research opportunities [18]. Ongoing exposure to advanced knowledge through complementary learning modalities is also essential to ensure that academic competencies remain current and aligned with institutional goals [19]. Infrastructure improvements, particularly the update and validation of the Faculty Scientific Research Activities Database, strengthened the department's capacity for evidence-based planning and transparent reporting. A reliable database not only ensures accurate tracking of publications, projects, and funding but also provides the foundation for calculating departmental KPIs and for alignment with institutional systems such as the Evaluation and Quality Assurance of University Performance (EQUAP). Key performance indicators are widely recognized as essential for accountability in higher education, and research information systems play a pivotal role in aggregating outputs to inform decision-making and benchmarking [18]. By consolidating this information, the committee has created a tool that supports evaluation, resource allocation, and strategic alignment with university and national research priorities.

Complementing these structural developments, the introduction of undergraduate-focused sessions represents a parallel investment in human capital. Evidence from higher education confirms that undergraduate research experiences (UREs) are high-impact practices that extend learning beyond memorization, foster critical thinking, and connect coursework to scientific inquiry and innovation [20, 21]. Importantly, UREs are not limited to laboratory-based work; they include activities such as engaging with scientific literature, contributing to project design, and producing oral or written outputs [22]. By adopting this broader understanding of research engagement, the committee's initial steps in undergraduate integration lay a strong foundation for sustained student participation in future research cycles.

Beyond supporting traditional research outputs, several initiatives also create pathways toward entrepreneurial outcomes. The mentorship program fosters translational thinking by guiding early-career faculty in project design and proposal development, the funding strategy enhances the department's readiness to pursue external grants and innovation-linked funding calls, and the modest recovery in patent activity indicates the potential for applied research translation. Collectively, these elements position the committee model as

both a research support structure and a foundation for entrepreneurship within the university context.

From an entrepreneurial-ecosystem perspective, the committee's initiatives activate several core components: human capital (mentorship and workshops), knowledge & support infrastructure (research activity and resources databases), networks (seminars and interdisciplinary projects), and finance & incentives (funding strategy). By reinforcing these interdependent elements, the model functions as a departmental micro-ecosystem that connects to broader institutional and regional entrepreneurship architectures, thereby increasing the likelihood that research capacity translates into innovation, intellectual property, and venture-oriented collaboration [11–13].

The results also reflect gains in absorptive capacity, the ability to acquire, assimilate, transform, and exploit knowledge. Workshops and seminars strengthen acquisition and assimilation; mentorship and student integration foster transformation; and the funding strategy, together with emerging patent activity, enable exploitation toward applied and entrepreneurial outcomes [25].

Strategic lessons emerging from these findings include: (i) local micro-ecosystems accelerate coordination and learning; (ii) absorptive-capacity building requires paired investments in human capital and data infrastructure; and (iii) diffusion levers such as visibility, social proof, and low-friction communication channels are essential for scaling participation.

Variability in participation and survey response can be interpreted through the diffusion of innovations. Early adopters (initiative leads and engaged faculty) drove initial progress, while broader uptake will require clearer communication channels, visible relative advantage (e.g., KPI/EQUAP reporting benefits), and periodic full-committee forums to strengthen social proof and reduce perceived complexity [26].

At the same time, several operational challenges limited the efficiency. Low faculty response rates to surveys, reliance on a small number of initiative leads, and the absence of full-committee meetings highlighted the need for stronger coordination mechanisms and clearer role definitions. These challenges mirror broader trends in higher education, where traditional leadership approaches often fall short of supporting collaborative implementation. As noted in recent research, the lack of structures that promote shared leadership, such as authentic role distribution, interdependence, and team empowerment, can limit an institution's ability to adapt and sustain new initiatives [9, 23]. These issues are consistent with early-stage committee models in higher education, where enthusiasm for new initiatives may outpace available resources and administrative support [27]. Importantly, these challenges generated practical lessons, including the value of phased database development, early alignment with existing university initiatives, and the

institutionalization of regular committee meetings to ensure accountability and shared problem-solving.

Comparatively, the departmental model aligns with international practices that emphasize structured research management and performance-informed planning (e.g., CRIS-enabled tracking, KPI-linked reporting, and targeted capacity building). OECD Higher Education Innovate (HEI) reviews similarly recommend linking university initiatives to regional smart-specialisation priorities and entrepreneurial learning [24]. Within Saudi Arabia, the committee's mapping of projects to institutional priorities and to Vision 2030 mirrors national expectations for innovation-oriented performance and knowledge-economy outcomes [10]. While many universities centralize these functions, our results suggest that a department-level micro-infrastructure can accelerate implementation by localizing ownership and shortening feedback loops, thereby complementing university-wide offices and policies [11–13, 28]. Emerging trends in Saudi universities, particularly in engineering and medical faculties, point to pilot internal research councils that aim to accelerate grant submissions and student participation, though these efforts remain uneven across departments. Internationally, comparable departmental-level structures in UK and Australian universities have demonstrated that distributed mentorship and localized accountability can reinforce central strategies while increasing agility [19, 24]. By situating the KAU Physics Department model within this spectrum, we highlight how a localized, initiative-based framework can deliver early impact and offer transferable lessons for institutions seeking to balance central oversight with departmental autonomy.

Taken together, these findings illustrate both the promise and limitations of committee-driven models for advancing research and innovation infrastructure. While the 2024–2025 cycle demonstrates feasibility and early impact, longer-term evaluation will be essential to determine sustainability, scalability, and alignment with broader institutional and national priorities. The committee's approach of mapping projects to university and national strategic themes reflects broader international trends in which research capacity is treated as a strategic driver of competitiveness and policy-making. Governments increasingly view investment in research and management processes as essential to sustaining national knowledge economies [28]. Future directions include strengthening undergraduate research integration, expanding mentorship capacity, and benchmarking outcomes against comparable departments. By addressing these areas, the committee model may provide a scalable template for fostering ethical, collaborative, and innovation-oriented research environments.

In summary, the early outcomes of the Scientific Research Committee demonstrate the feasibility of a departmental model for strengthening research infrastructure, faculty development, and student engagement. Through the lenses of entrepreneurial ecosystems,

absorptive capacity, and innovation diffusion, the model also contributes to the development of entrepreneurship pathways aligned with Saudi Vision 2030. While challenges remain, the initiative-based approach provides a promising foundation for a sustainable, innovation-oriented research culture that can be adapted within Saudi universities and beyond.

Funding: This research received no external funding.

Data Availability Statement: The non-confidential committee documentation, operational plans, and datasets that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgments: The author gratefully acknowledges the members of the Scientific Research Committee for their commitment, contributions, and collaborative spirit throughout the development and implementation of the initiatives described in this study. Special thanks are extended to all committee members for their dedication, and to the Department of Physics as a whole for providing an environment that fosters research, innovation, and academic growth.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest

References

1. Bland, C.J., Weber-Main, A.Marie.: Faculty Success Through Mentoring : A Guide for Mentors, Mentees, and Leaders. Rowman & Littlefield Publishers (2012)
2. Sambunjak, D., Straus, S.E., Marušić, A.: Mentoring in Academic Medicine: Systematic Review. JAMA. 296, 1103–1115 (2006). <https://doi.org/10.1001/jama.296.9.1103>
3. Lee, A.: Developing effective supervisors: Concepts of research supervision. Information Services. 21, (2008). <https://doi.org/10.4314/sajhe.v21i4.25690>
4. Lee, J.T., Kuzhabekova, A.: Building local research capacity in higher education: a conceptual model. Journal of Higher Education Policy and Management. 41, 342–357 (2019). <https://doi.org/10.1080/1360080X.2019.1596867>
5. Lopatto, D.: Survey of Undergraduate Research Experiences (SURE): First findings, (2004)
6. Haeger, H., Brckalorenz, A., Webber, K.: Participation in Undergraduate Research at Minority-Serving Institutions. (2015)
7. Johnson, S., Stage, F.: Academic Engagement and Student Success: Do High-Impact Practices Mean Higher Graduation Rates? J Higher Educ. 89, 1–29 (2018). <https://doi.org/10.1080/00221546.2018.1441107>

8. Bolden, R., Petrov, G., Gosling, J.: Distributed Leadership in Higher Education Rhetoric and Reality. *Educational Management Administration & Leadership*. 37, (2009). <https://doi.org/10.1177/1741143208100301>
9. Kezar, A.J., Holcombe, E.M.: *Voices from the Field Viewpoints Shared Leadership in Higher Education: Important Lessons from Research and Practice*. (2017)
10. Kingdom of Saudi Arabia (Council of Economic and Development Affairs): *Saudi Vision 2030*, <https://www.vision2030.gov.sa>
11. Stam, E.: Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique. *European Planning Studies*. 23, 1759–1769 (2015). <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1061484>
12. Mason, C., Brown, R.: Entrepreneurial ecosystems and growth-oriented entrepreneurship. *Final report to OECD, Paris*. 30, 77–102 (2014)
13. Isenberg, D.: *The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship*. Institute of International and European Affairs. 1–13 (2011)
14. Fountain, J., Newcomer, K.: Developing and Sustaining Effective Faculty Mentoring Programs. *Journal of Public Affairs Education*. 22, 483–506 (2016). <https://doi.org/10.1080/15236803.2016.12002262>
15. Haeger, H., Fresquez, C.: Mentoring for inclusion: The impact of mentoring on undergraduate researchers in the sciences. *CBE Life Sci Educ*. 15, (2016). <https://doi.org/10.1187/cbe.16-01-0016>
16. Zehra, T., Tariq, M., Rehman, R., Zuberi, R.W.: Basics of faculty-to-faculty mentoring: A process to identify support and challenges. *PLoS One*. 18, (2023). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287127>
17. D'arrietta, L.M., Vangaveti, V.N., Crowe, M.J., Malau-Aduli, B.S.: Impact of Research Training on Newly Graduated Health Professionals' Motivation to Undertake Research. *J Multidiscip Healthc*. 15, 2223–2240 (2022). <https://doi.org/10.2147/JMDH.S377963>
18. Juckett, L.A., Bunger, A.C., McNett, M.M., Robinson, M.L., Tucker, S.J.: Leveraging academic initiatives to advance implementation practice: a scoping review of capacity building interventions, (2022)
19. Suresh Kumar, P.M.: Capacity Building for Quality Enhancement in Higher Education. *Technology, and Social Sciences (IJMTS) A Refereed International Journal of Srinivas University*. 2, 2581–6012 (2017). <https://doi.org/10.5281/zenodo.1042112>
20. Burt, B.A., Stone, B.D., Motshubi, R.: *Theory and Research on STEM Undergraduate Research Experiences*. (2019)
21. Healey, M., Jenkins, A.: *Developing undergraduate research and inquiry*. The Higher Education Academy. (2009)

22. Lopatto, D.: Undergraduate Research Experiences Support Science Career Decisions and Active Learning. CBE-Life Sciences Education. (2007). <https://doi.org/10.1187/cbe.07-06>
23. Jones, S., Lefoe, G., Harvey, M., Ryland, K.: Distributed leadership: A collaborative framework for academics, executives and professionals in higher education. *Journal of Higher Education Policy and Management*. 34, 67–78 (2012). <https://doi.org/10.1080/1360080X.2012.642334>
24. OECD: Supporting Entrepreneurship and Innovation in Higher Education in Greece. (2021)
25. Cohen, W.M., Levinthal, D.A.: Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. (1990)
26. Rogers, E.M.: *Diffusion of Innovations*, 5th Edition, Everett M. Rogers. Free Press. 1–576 (2003)
27. Kezar, A.: *How Colleges Change: Understanding, Leading, and Enacting Change*. (2018)
28. Ellen Hazelkorn, Sabine Herlitschka, Carolin Auer: Research Strategy and Management book chapter 0709 final. In: *Higher Education Management and Development. Compendium for Managers* (201

WEmpower in Saudi Arabia: An Innovative Approach to Empowering Women in Research

Haya S. Zedan¹ Raniyah Wazirali² Lama Khoshaim³

¹Department of Public Health, Faculty of Health Sciences, Saudi Electronic University, Riyadh, Saudi Arabia; hzedan@seu.edu.sa

²Department of Cybersecurity, Faculty of Computing, Saudi Electronic University, Jeddah, Saudi Arabia; r.wazirali@seu.edu.sa

³Department of E-Commerce, Faculty of Finance and Administration, Saudi Electronic University, Jeddah, Saudi Arabia; l.khoshaim@seu.edu.sa

Abstract. With the appreciation of the challenges women face in academic research, we developed a concept for an innovative research accelerator program, **WEmpower**. We aimed to proactively demonstrate the value of tailored training and mentoring to support and sustain productivity in research. We sought to design and pilot the initiative, review outcomes, and develop recommendations for improvement for further iterations and opportunities to increase the scope and impact of the initiative. n=1220 female faculty and post-graduate students from four colleges from all university branches around the Kingdom participated in the 10-day virtual accelerator. N=60 sessions were conducted via a dedicated virtual platform; n=38 interactive webinars, n=18 individual coaching sessions, and n=4 masterclasses, with high levels of engagement, positive feedback, and impact on faculty morale and drive to work on research. There is an imperative to continue to develop the research capabilities of female faculty members, postgraduate students, and researchers, developing their skills and research efficiency, raising their productivity practically and flexibly that aims to empower them and advance the research outputs of women in Saudi Arabia, and achieve the national targets and aspirations of Vision 2030.

Keywords: Women, Research, Empowerment, Science, Technology, Publishing, COVID-19, Saudi Arabia

Introduction

Women have made significant contributions to research in many diverse fields, driving innovation and addressing critical challenges; however, many systemic barriers and challenges to their productivity and impact still exist. According to the latest report by UNESCO, female researchers constitute around 30% of the global scientific workforce, and

only 12% of the members of the national academies of science are women, although they are increasingly pioneering work in areas such as healthcare, environmental science, and technology (UNESCO, 2024).

In STEM fields, women are striving to reshape technological frontiers, and progress is being made, but gender disparities persist; only 35% of STEM graduates and 22% of AI researchers globally are women, and female researchers face unequal career advancement opportunities (UNESCO, 2024). Efforts to close this gap could add \$600 billion to global GDP by 2027 through increased participation in tech sectors, underscoring the economic imperative of gender equity in research (UNESCO, 2024).

During the COVID-19 pandemic, women were instrumental in managing public health responses around the world, in many cases leading groundbreaking studies on vaccine development and the utilization of technology, emphasizing solutions with direct societal impact, bridging the gaps between academia and real-world application (UN Women, 2021; Wittenberg-Cox, 2020). However, it is critical to flag that women were simultaneously facing disruptions to work and life resulting from the pandemic circumstances, and the implications of these disruptions are still being felt today (UNESCO, 2024; Watchorn and Heckendorf, 2020).

The global academic community faced significant challenges during the pandemic; anxious and uncertain about prospects, managing pressures to adopt new digital teaching methods, and struggling to balance research productivity with family responsibilities. In the intervening years since the pandemic began in 2020, there have been prolific efforts to assess the impact of COVID-19 on women's academic research productivity (Inguaggiato et al, 2024; Rollins, 2025), and we highlight several key studies here (Rollins, 2025; UNESCO, 2024; Inguaggiato et al, 2024; Sakhiyya et al, 2023; Clark, 2023; Bam et al, 2022; Daub and Crossley, 2022; Davis et al, 2022; Dönmez, 2022; Flaherty, 2022; Jemielniak et al, 2022; Kim et al, 2022; Lesley et al, 2022; Madsen et al, 2022; McDougal et al, 2022; Augustus, 2021; Breuning et al; 2021; Deryugina et al, 2021; Lantsoght et al, 2021; McMillen, 2021; Reese et al, 2021; Ribarovska et al, 2021; Gabster et al, 2020; Minello, 2020; Houser, 2019; Times Higher Education; 2022; Watchorn and Heckendorf, 2020; Squazzoni et al, 2020; Staniscuaski et al, 2020; Viglione, 2020).

The study conducted by The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine in 2021 investigated the impact of COVID-19 on the careers of women and found disruptions to workload and schedules, and higher potential exacerbation of mental health conditions such as insomnia, depression, anxiety, and stress than men of similar sociodemographic characteristics (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2021).

The circumstances of the pandemic negatively affected productivity, boundary setting and control, networking, and community building for women in academic STEM. Collaborations were disrupted, career progression paused, and challenges associated with gendered effects of remote work conflicted with caregiving responsibilities. Women had significantly less time in the day to network and engage in collaborations because of increased non-work tasks (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021).

The study also identified that women's shares of first authorships, last authorships, and general representation per author group, as well as overall team size, decreased during the COVID-19 pandemic. Women published fewer papers and received fewer citations of their work between March 2020 and December 2020, which was expected to have a knock-on effect on career progression, job stability, and future potential to obtain funding. The pandemic circumstances led to increased burnout, sleep disturbance, and poor appetite; increased interpersonal problems; and decreased motivation (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021). This was similar to the findings of Squazzoni et al (2021,) who assessed data on over 5 million submitted manuscripts and peer review activity for all Elsevier journals between 2018-2020 and identified that women were submitting proportionally fewer manuscripts than men, a deficit especially visible among younger female academics (Squazzoni et al, 2021).

A survey conducted by De Gruyter on 3000+ academics in over 100 countries found the Coronavirus pandemic and lockdown had left academics with less time for research and busier than ever, with women most severely affected (Watchorn and Heckendorf, 2020). 70% reported that online and virtual teaching left them less time for research, with social science scholars being particularly time poor, as organising online lessons and supervising students virtually poses obstacles to writing and publishing productivity (Watchorn and Heckendorf, 2020).

The "motherhood penalty", "leaky pipeline" and "impostor syndrome" phenomena have been found to exacerbate disparities, with childcare responsibilities disproportionately affecting women's research career progression and output (Vaughn et al, 2019; Times Higher Education, 2022; Squazzoni et al, 2021; Watchorn and Heckendorf, 2020; Staniscuaski et al, 2020; Viglione, 2020; UNESCO, 2024). The study by De Gruyter found 50% of respondents had 'no time at all' or 'less time' for research and writing than they had before lockdown, with female scholars reporting greater time pressures than male colleagues (simultaneously having to manage childcare responsibilities and their distance schooling requirements) (Watchorn and Heckendorf, 2020).

Most recently, the US Institute for Women's Policy Research (IWPR) has released two new reports on the effects of the post-pandemic period on women's employment, job

distribution, and care responsibilities that show despite some improvements in employment rates for women, disparities persist, which indicate that further structural policy reforms, and care economy investments, are necessary to ensure women's long-term workforce engagement (Rollins, 2025; UNESCO 2024).

As part of the ambitious strategic framework of Vision 2030 in the Kingdom of Saudi Arabia, the Human Capability Development Program was launched in 2021 to equip citizens with future-ready skills through education reform and investment into research and innovation (HCDP, 2025; RDIA, 2025; GASTAT, 2025). The Research, Development, and Innovation Authority (RDIA) was also established in 2021 to coordinate the national budget for the advancement of national priorities in research and development, such as renewable energy and biotechnology (RDIA, 2025).

Women's empowerment in Saudi Arabia has been central to the achievement of Vision 2030 and the research and development targets, with female researchers now constituting around 40% of the national R&D workforce, an increase of 15% since 2015 (RDIA, 2024; GASTAT, 2025). RDIA is working on a National Saudi Research Strategy and is implementing a program to encourage the achievement of a national target for 1000 Women in STEM (RDIA, 2025). Women currently represent 58% of STEM graduates in the Kingdom and hold 35% of leadership roles in research institutions, supported by research grants from RDIA, which has pledged to allocate 30% of innovation funding to female-led projects, and universities across the Kingdom (Saudi Vision 2030 Annual Progress Report, 2024; RDIA, 2024). These efforts reflect the Kingdom's commitment to developing and sustaining the research and innovation sector and aligning with the Vision 2030 target of increasing women's workforce participation and engagement to 35%, which has already been surpassed at 37% as of Q1 of 2025 (GASTAT, 2025).

Out of 675 researchers listed from Saudi Arabia in 2024, and with the acknowledgement of women of other nationalities affiliated with universities in the Kingdom, we were able to identify only 8 Saudi women, and none in the top 50 in the country (Ioannidis, 2024). In reviewing these prominent international research rankings, we found several Saudi women researchers had been listed in the years between 2020 and 2025, noting that several had intense periods of productivity, which then dropped off (Ioannidis, 2024). It is imperative to promote consistent efforts to enhance women's competitive research participation and boost the quality and value of the outcomes, sustain productivity, and work to identify and proactively mitigate challenges, developing innovative ways for women to work and engage in research activity, collaborating within and across disciplines.

With the understanding and appreciation of the issues outlined here, the WEmpower Women's Research Accelerator initiative was developed in 2021 and aimed to proactively target these emerging trends and mitigate the challenges facing female early and mid-career

researchers in academia using an innovative approach, demonstrating the value of tailored training, mentoring, and support.

The theoretical underpinnings of WEmpower can be understood through established innovation frameworks. Rogers' Diffusion of Innovation Theory provides insight into how new practices in academic mentoring, digital learning, and research networking can be gradually adopted among female researchers, thereby accelerating knowledge uptake and behavior change (Rogers, 2003). Similarly, the Open Innovation Framework emphasizes the importance of cross-institutional collaboration and knowledge sharing, which are central features of the WEmpower initiative (Chesbrough, 2006). Furthermore, the program aligns with the Triple Helix Model of innovation, which highlights the dynamic interaction between universities, government, and industry in driving a knowledge-based economy (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000). Positioning WEmpower within these frameworks illustrates its innovative contribution to women's research empowerment and its relevance to the national Vision 2030 agenda.

The WEmpower initiative aimed to identify challenges facing women in academia and design a model for a research accelerator to support and sustain productivity in research. We sought to pilot the initiative, review outcomes, and develop recommendations for improvement for further iterations and opportunities to increase in scope and impact. We describe our efforts to design and implement this initiative in this paper.

Materials and Methods

Study Design

Cross-sectional descriptive intervention study using a pre- and post survey, designing and implementing the accelerator program, and assessing for value and impact.

Setting and Sample

The Saudi Electronic University is a national public university, headquartered in the capital city of Riyadh, with 14 branches across the Kingdom of Saudi Arabia. The University operates using a hybrid-learning model, with over 1000 faculty members and 49,000 students, male and female, of various nationalities (Saudi and non-Saudi) in both undergraduate and postgraduate programs in four colleges. The Saudi Electronic University is the national licensed provider for Blackboard LMS® and is well placed to offer various hybrid and virtual learning opportunities, utilizing its immense digital learning capabilities and national coverage. The WEmpower program initiative targeted all female academic faculty and postgraduate students at the Saudi Electronic University in 2021.

Measures

A full literature review was conducted to identify common challenges facing women in academia, inform the design of the survey instruments and the program, benchmarking other similar initiatives and outcomes.

Survey Instruments Development

The pre-survey was designed to assess basic demographic information, age, academic rank, length of service or study, research interests, productivity, output, challenges, and needs to support research conduct, offering the opportunity for respondents to share their views with several open-ended questions. The post-survey was designed to assess and compare the basic demographic information, age, academic rank, length of service or study, views on the accelerator program, and impact on their skillsets and productivity, as well as open-ended questions to allow for free-text insights and program feedback and comments. All forms were developed using Google Forms. Survey instruments were submitted to the University Institutional Review Board, and ethical approval was granted accordingly (SEUREC-CHS20105).

Data Collection and Analysis

The pre- and post-surveys were sent out via institutional e-mail to all female faculty members. Contact lists were requested through the appropriate official university channels, and official e-mail invitations to participate in the surveys and program were sent, and responses were collected for analysis. The program initiative was proposed in February 2021, and the pre-survey was sent out in March 2021. Data was analyzed and used to inform the design of the intervention in the form of the research accelerator program by the program team in April 2021, and was presented to the University administration for approval, along with the program design and implementation plan.

The program was implemented in August 2021, using a digital learning management system, Blackboard LMS, and the post-survey was sent out in September 2021. Descriptive and inferential statistics were used to assess post-survey data, and thematic analysis was used for open-ended survey questions and program feedback items. The post-survey findings were presented to the university administration for review as part of the final program report.

Results

Participant Characteristics

For the pre-survey, we received n=138 responses of n=277 total SEU female faculty (49.8%), n=9 Associate Professor rank, n=50 Assistant Professors, and n=29 Lecturers and n=50 students from n=657 (7.6%) female postgraduates from across all four academic colleges at the University; n=18 from the College of Computing and Informatics, n=49 from the College of Health Sciences, n=45 from the College of Finance and Administration, and n=20 from the College of Science and Theoretical Studies.

For the post-survey we received n=54 responses from program participants, of which n=6 Associate Professors, n= 26 Assistant Professors, n=9 Lecturers and n=13 post-graduate students from across all four academic colleges at the University; n=18 from the College of Finance and Administration, n=16 from the College of Health Sciences, n=9 from the College of Science and Theoretical Studies, and n=8 from the College of Computing and Informatics.

Research Needs and Challenges Identified

Our pre-survey findings identified that n=83 (60%) felt that their research productivity had been negatively affected by the pandemic. Among the reported reasons limiting research productivity were administrative workload n=32 (23.1%), teaching load n=41 (29.7%), lack of skills or expertise n=37 (26.8%), lack of access or support n=35 (25.3%), erratic schedules n=22 (15.9%), remote working n=26 (18.8%), difficulty concentrating n=38 (27.5%), challenge to prioritize research work n=34 (24.6%), lack of time for writing n=58 (42%), health issues n=16 (11.5%), childbearing or breastfeeding n=15 (10.8%), childcare and family responsibilities n=48 (34.7%) (Figure 1).

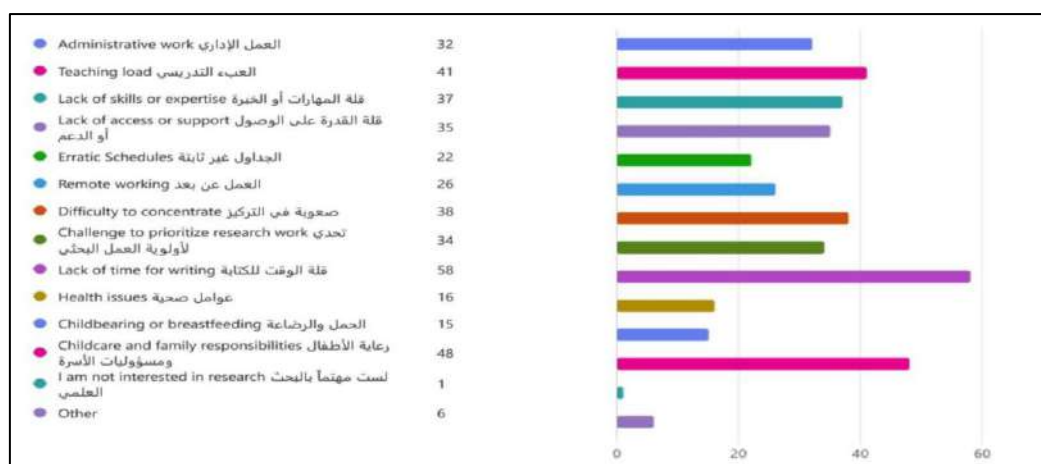


Figure 1. Reasons Limiting Research Productivity

We found n=73 (52.8%) of respondents preferred research training in the English language. We found that n=82 (59.4%) were interested in training in quantitative research skills, and n=76 (55%) were interested in training in qualitative research methods. n=82 (59.4%) were interested to learn how to use research software programs, and n=75 (54.3%) were interested in developing their skills in academic and scientific writing and literature review conduct. n=54 (39.1%) were interested in training in referencing and citation skills. n=76 (55%) were interested to learn more about journal selection and publication processes, and n=36 (26%) were interested in learning how to navigate research ethics and approval protocols. n=63 (45.6%) were interested in learning how to identify and apply for funding and complete successful grant proposals, and n=72 (52.1%) were interested to learn about the requirements for academic promotion. n=49 (35.5%) were keen to learn more about how to work successfully in research teams and communicate effectively (Figure 2).

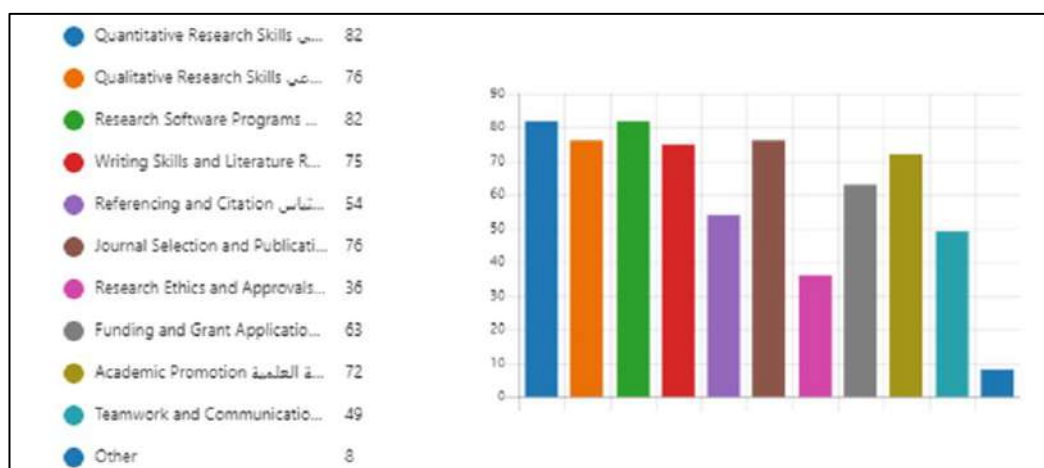


Figure 2. Training Topics of Interest for Faculty and Postgraduates

As for the findings on research software training, we found n=39 (28.2%) were keen to learn how to use R Studio, and n=91 (65.9%) indicated interest in building the skills in using SPSS. n=44 (31.8%) were interested to learn how to use STATA more efficiently, and n=39 (28.2%) were interested to learn how to use MATLAB. n=31 (22.4%) were interested to learn how to use RefWorks, and n=51 (36.9%) were interested to learn how to use Microsoft Office Suite Programs to facilitate their research projects and writing. N=28 (20.2%) were interested to learn how to use Latex, and n=27 (19.5%) were interested to learn how to use NVIVO for qualitative analysis and thematic coding (Figure 3).

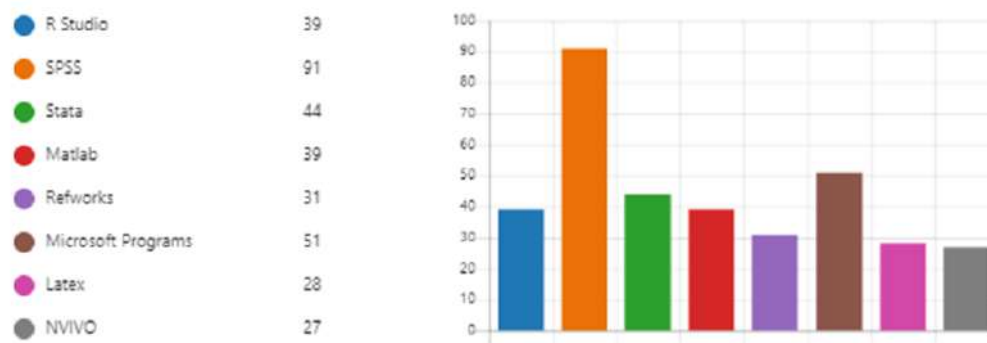


Figure 3. Research Software Programs of Interest for Faculty and Postgraduates

Survey responses indicated an overwhelming majority interest in having a personal research mentor to support their development and progression in academia; $n=97$ (70.2%), and $n=91$ (65.9%) reported interest in blocking off moderated free time for research and writing. $n=93$ (67.3%) respondents indicated interest in networking and identifying opportunities for research collaboration. We also received valuable input and suggestions with names of research experts that respondents were keen to engage with and learn from, from within the university and nationally.

Program Design Components

The accelerator program was designed to span 10-days of intensive sessions including live virtual seminars and discussion sessions on key topics including the role of women in scientific research, research ethics, academic promotion and grants funding requirements, research team dynamics and responsibilities, innovation in research, research methodology and methods, academic research writing and critical analysis, efficient use of digital scientific databases and software applications for research conduct and data analysis, and journal selection and submission techniques.

The program also incorporated several masterclasses in academic writing skills, referencing and citation, meta-analysis, and survey design. The recorded seminars and masterclasses were recorded and saved to the digital platform, and the number of views and downloads was monitored (see Table 1).

Table 1. WEmpower Program Components

Type of Session	N
Interactive Webinars	38
Individual Coaching Sessions	18
Masterclasses	4
Total	60

The program also provided opportunities for individual sessions with research productivity and innovation coaches, experts in academic promotions, as well as experts in academic writing, citation and referencing, experts in quantitative and qualitative research methodology and methods, experts in a variety of data analysis and software applications for research, and several free writing sessions to allow for focus and achievement, and a networking session where participants could develop personal and professional connections and establish collaborations for particular research endeavors.

The expert speakers n=26 were selected from fifteen prominent research centers and universities from around the Kingdom as well as experienced faculty from the Saudi Electronic University, according to the program topics identified from the pre-survey as areas of interest for the participants, and considering specific criteria for level of expertise and area of experience in research and other skills, as well as documented evidence of their research achievement, proven teaching and speaking abilities, and the willingness to engage with participants and share their professional and personal experiences in learning to navigate the challenges of research as women in the field. We were keen to showcase the immense capabilities of women researchers in Saudi Arabia and provide a platform where they could share their expertise with younger researchers, a Saudi initiative, by women, for women.

While initially targeting female faculty members, a decision was made to include all female postgraduate students in the offer to enroll and participate in the program, to promote the development of their research capabilities, encourage publication of their postgraduate work, and assess their feedback as beneficial to the future development of the program and university research initiatives in general.

The program was intentionally scheduled to run during the run-up to the new academic year, before the start of the semester, to allow faculty and post-graduate students to attend the sessions and fully engage with the content and expert speakers, with minimal distractions and conflicting demands on their time. The sessions were designed to facilitate selection and engagement of all skill levels for participants: beginners, intermediate, and advanced, running from 9:00 am to 6:00 pm daily with intermittent breaks, with a requirement to attend at least 75% of the program to achieve a certificate of completion.

Logistics and Operations

The WEmpower organizing committee coordinated sessions, schedules, speaker selection, and communication with participants via Blackboard LMS. Logistical support included webpage development, session recording, and engagement through social media.

The program organizing committee held more than 10 meetings over a period of six months to plan and prepare for the program. This included identifying the sessions and their types, allocating the daily schedule and number of days, selecting the platform to be used, estimating the required budget, nominating and screening speakers, approving their selection to share their expertise, managing communications, following up on the design of digital content, including the program page on the university's website, publications such as schedules, announcements, certificates, forms, and questionnaires, preparing the platform, managing the sessions, and following up on public relations and media for the program on social media networks such as Twitter, LinkedIn, and local newspapers and news. A dedicated webpage for the program was created on the university's website. The webpage included an overview of the program, session titles and topics, names of expert speakers, details on their backgrounds and research experiences, and information on how to register and contact the program committee <https://seu.edu.sa/en/events/wempower>.

A detailed schedule was arranged during the weeks and days preceding and during the program, and tasks were distributed to committee members for supervision and session facilitation. The Deanship of Human Resources provided lists of female faculty members, and the Deanship of Graduate Studies provided lists of female postgraduate students. These lists were submitted to the Blackboard Administration to be added to the program space. The program did not require self-registration; participants were automatically added to the space in their university accounts after being added. Participants were able to log in and participate easily. The program launch date was announced in advance, along with a schedule and detailed participation instruction guides and procedures for the target group via email, social media messages, and Blackboard. The links for the daily sessions were created in the dedicated Blackboard Space according to the program schedule, and all sessions were recorded to facilitate participants' ability to return and rewatch/relisten to the material and continue to engage even after the official 10-day accelerator program. Daily messages were sent to encourage participant engagement and promote the sessions. The accelerator concluded with a message sent to the participants informing them that the session content and recordings were saved on Blackboard, where they could access, listen to, and benefit from them for two months after the accelerator's conclusion.

Program Participation and Feedback, Impact on Research Output

Even before the accelerator program was launched, the supervisory committee was inundated with inquiries from various parties expressing interest in registering. During the first days of the program, many participants sent emails and social media messages expressing how much they enjoyed certain sessions, how much they benefited from their time with a particular expert, how many times they went back to listen to the recordings and take more detailed notes and apply them, how much they liked the program content and the scheduling of the sessions, or how motivated they felt connecting with other women

facing similar challenges. We had many participants who attended every accelerator session without exception. We had over n=1,220 participants over the 10 days of the accelerator, and we continue to receive high praise for the motivating effect the accelerator had on them, boosting their confidence and ability to conduct high-quality research, and supporting them in achieving their professional and personal goals. Many comments from speakers and feedback participants were received as part of the post-survey and saved as snapshots of conversations and social media messages expressing their interaction with the program.

Participants reported high rates of engagement with the Accelerator sessions, as n=31 (57%) attended the Academic Writing Skills Masterclass, and n=24 attended the Referencing and Citation Masterclass (44%), n=22 (40%) attended the Survey Design Masterclass, and n=19 (35%) attended the Meta-analysis Masterclass, and attendance at the interactive webinars



averaged n= (Figure 4).

Figure 4. Interactive Webinar Attendance

Statistics showed n=42 (77%) attended the free writing sessions, and n=38 (70.3.%) attended the individual coaching and mentoring sessions and the dedicated networking session. N=51 (94.4%) felt they benefited from the WEmpower Program and provided valuable free text feedback (Table 2).

Table 2. WEmpower Program Feedback

Feedback Comments
"The program was very interesting and covered many topics related to scientific research. It included professors specialized in all topics. It's a wonderful initiative, and its topics were very useful. I will definitely return to watch the recordings of the classes I was unable to attend".
"Well-organized with brilliant speakers, MashaAllah. It was the best of its kind, very informative and useful."
"I wish it were term-time and face-to-face. I wish it could last, or at least to find these exceptional professors on a page or reach them somewhere."
"Thanks for all the effort. Suggest organizing more such workshops, seminars, and conferences."
"It's a great initiative to help women's research trajectory, whether she is a novice or an advanced researcher."
"The content is beautiful, enriching, and useful, so please be mindful of the timing."
"Thank you. These were useful, beautiful, and enjoyable days."
البرنامج ممتاز ومشجع ومحفز وايضا يفضل لو قدم باللغة العربية لزيادة الفائدة
برنامج مفيد جدا للباحثين. جزاكم الله خيرا. برنامج أكثر من رائع
"Nice initiative. The program was well organized and well-articulated towards our needs."
"Very beneficial and value-intensive, very rich in content, knowledge, and experience of the speakers, potential to learn and explore."
"It was a great experience for us. Keep organizing such type of programs next year also. Best wishes for the future."
"This is an inspired group, thank you for your great effort."

Discussion

The WEmpower program initiative sought to support scientific research activities by female academics and postgraduate students, using the multiple educational and technological components at the Saudi Electronic University. The WEmpower program hoped to create a space for female academic faculty and postgraduate students to develop their research ideas and skills, network, share their research challenges, and develop innovative solutions. The

program was designed to increase the productivity of valuable scientific research by female academic faculty and postgraduate students, enhance research cooperation and collaboration opportunities between female academic faculty and postgraduate students and create women's research groups, and facilitate participation in scientific research activity and utilization of the digital platforms at the University.

Our review of recent literature consistently highlights that women's scientific productivity and research outputs have been significantly hampered by the COVID-19 pandemic and its aftermath (Davis et al., 2022; Flaherty, 2022). The pandemic disruption to academic routines, combined with increased caregiving and family responsibilities and limited access to research infrastructure, exacerbated existing gender disparities in research engagement and dissemination (Kim et al., 2022; Lesley et al., 2022).

During the pandemic, women were disproportionately affected, facing a 'double burden', having to balance professional responsibilities with heightened family and caregiving duties (Viglione, 2020). This situation contributed to workload and schedule disruptions, coupled with mental health stressors, leading to increased burnout, decreased motivation, reduced research output, fewer publications, and diminished participation in scholarly activities (Squazzoni et al., 2021; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2021), which was clearly reflected in our findings as well. Additionally, women's ability to engage in networking, collaboration, and career development activities was constrained, further impairing their academic contributions.

These disparities are not solely pandemic-specific but are rooted in broader systemic issues that constrain women's participation in science and technology fields (Inguaggiato et al, 2024). For example, the "motherhood penalty," the "leaky pipeline," and "impostor syndrome" phenomena have historically limited women's academic progression, with the pandemic amplifying these effects (Vaughn et al, 2019; Madsen et al., 2022). Women in STEM often face unequal opportunity structures, with fewer mentoring and funding opportunities compared to their male counterparts (Inguaggiato et al., 2024).

Our findings corroborate these global trends, indicating significant disparities in research productivity and revealing that women face considerable challenges in maintaining strong output; influenced by high pressures of academia, intense demands on their time, expectations around their abilities and responsibilities, increasing participation in the workforce and in leadership positions — issues that have long-term implications for their career advancement and influence within academia.

Our findings from the post-survey found high levels of engagement, positive impact on faculty morale, and impetus to work on research, which we found deeply gratifying, and

we are exploring further data analysis for long-term impact assessment on research output and academic promotions in collaboration with the university.

From a theoretical perspective, the WEmpower model aligns with innovation frameworks in higher education, particularly those emphasizing capacity-building, mentoring, and digital learning as enablers of academic productivity. This innovative approach illustrates how structured interventions can address systemic barriers facing women in academia, contributing to broader knowledge economy development.

Strengths and Limitations

This project had several strengths that must be highlighted. As it was a grassroots initiative, it was able to identify an area of need for female academics and zero in on pain points, and develop a program framework that was flexible and adaptable, understanding the needs of women navigating the challenges of the pandemic and balancing their other conflicting responsibilities. The program benefited from the strong support of the university leadership and administration and was able to effectively utilize the unique digital capabilities of the university system to implement the program.

The program committee faced several limitations and challenges, as there was some difficulty managing the consecutive sessions over the course of the accelerator program due to the small number of committee members and the lengthy morning and evening sessions. Despite the suitability of the Blackboard platform and the program's success, the committee found limited ability to track the number of views of the recorded sessions via the Blackboard platform (subsequent views by participants). This feature was not available on Blackboard (at the time), despite a large number of participants communicating and reporting their benefit from the recordings. Several participants were unsure how to access and navigate the Blackboard space designated for the program, despite the explanation of the login process via email, direct links, instructional guides, and an introductory video containing a live demonstration of how to access and attend the sessions.

There was some difficulty in assigning participants to book the individual coaching session timeslots. To address this challenge, we used Calendly®, a platform that helps schedule separate time slots according to a specific schedule. Some technical difficulties were encountered, such as the deletion of some anticipated appointments. The committee sought to increase communication opportunities among participants by holding a professional networking session to discuss forming research teams. However, the need to maintain the privacy of participants' contact information limited the ability to create a suitable communication environment. Researchers' information was provided upon request after verifying the consent of all parties. These factors must be taken into consideration in further iterations of the program.

One limitation of the present study is that it primarily captures short-term outcomes through the pre- and post-program surveys. Longitudinal indicators of women's research impact, such as publication output, successful grant applications, and academic promotions, were not measured in this initial evaluation, although further analysis is ongoing.

Recommendations

The initiatives, such as the WEmpower program exemplify proactive strategies to mitigate these disparities by offering targeted training, mentorship, and networking opportunities to women in academia. Our program's encouraging results highlight the potential of such tailored interventions. Nonetheless, systemic change requires sustained efforts beyond individual initiatives and programs. Policymakers and academic institutions should prioritize structural reforms, including reducing teaching loads for active women researchers, providing dedicated research funding, and promoting work-life balance policies (Rollins, 2025; UNESCO, 2024).

Moreover, digital platforms and virtual mentorship programs represent promising avenues to enhance access to resources and expertise, especially in contexts where women face societal or cultural barriers (De Gruyter, 2020). The integration of such innovations can foster a supportive environment conducive to gender equity in research participation.

The outcomes of WEmpower hold significant policy relevance, particularly for national initiatives under Saudi Vision 2030 and the Research, Development and Innovation Authority (RDIA). Embedding such models into institutional strategies can strengthen women's participation in research, align with the Human Capability Development Program, and contribute to achieving Sustainable Development Goal (SDG) 5 on gender equality.

We recommend expanding on the WEmpower initiative, incorporating longitudinal assessments of its long-term impact, and embedding more gender-sensitive policies within national academic and research frameworks, consistent with Sustainable Development Goal (SDG) 5—gender equality (United Nations, 2015). From this, we provide several practical recommendations, key among them:

1. Building Research Culture Early and Broadening Reach

- Promote perseverance in fostering a culture of scientific research among female university faculty and postgraduate students.
- Update and relaunch the WEmpower program and expand the target group to include other universities and research entities nationally, and include women in secondary education.

- Consider further linkage between program output and sponsorship opportunities for national and international postgraduate and post-doctoral research programs.

2. Enhancing Research Skills and Capabilities

- Train female students in scientific research skills and collaborate with general education to establish research and scientific publishing skills from a younger age.
- Increase female faculty research competence through training and support in innovative, multidisciplinary, and high-level scientific research using investigative and advanced methods, contributing to a sustainable knowledge economy and strengthening Saudi research output.
- Facilitate participation in seminars and conferences and nominate women for representation in research forums.
- Form women's research groups and determine national or institutional research priorities.

3. Institutional Support and Incentives

- Assess the potential for reducing teaching hours for accomplished and active female researchers as an incentive to sustain their research productivity.
- Activate digital platforms to promote scientific research culture at the university, including periodic email newsletters highlighting the university's research achievements, encouraging messages about scientific research, and maintaining an interactive space with discussion boards on research topics, conferences, and events.
- Introduce annual awards, including one for distinguished researchers and a dedicated award for an outstanding female researcher.
- Activate university research groups, including dedicated women's research groups, and facilitate monthly virtual meetings for researchers to share experiences, discuss published work, and foster collaboration.

4. Monitoring, Evaluation, and Policy Input

- Conduct further studies on issues affecting women's research productivity and academic engagement and develop comprehensive recommendations to mitigate their effects.
- Provide the Ministry of Education and RDIA with detailed information on program outcomes, including survey data and policy recommendations.

Future iterations of WEmpower should incorporate longitudinal follow-up to assess sustained outcomes, including research productivity, scholarly publications, and career advancement milestones. Such data will provide opportunities for more rigorous evaluation of the program's long-term impact on women's empowerment in research.

Conclusions

The WEmpower initiative demonstrates a scalable and innovative model with the potential to inform both academic practice and national policy, making it a valuable contribution to ongoing conversations on women's empowerment in research.

With the appreciation of the University's and Saudi government support for women in research, we see the importance of continued development of the research capabilities of female faculty members, postgraduate students, and researchers, developing their skills and research efficiency, raising their productivity practically and flexibly that aims to empower them and advance the research outputs of women in Saudi Arabia.

The WEmpower program is an innovative model that can be adopted by other universities and scaled by the National Research and Development Authority (RDIA) to enhance the quality of research training and skills development for women and facilitate the building of a robust knowledge economy in the Kingdom of Saudi Arabia. Looking ahead, empowering women in research requires investment and systemic reforms. Scaling such projects and prioritizing increased funding for training for women in STEM are critical steps. As we work towards the achievement of the Saudi Vision 2030 and the 2030 Sustainable Development Goals, amplifying women's voices in research design, productivity, and leadership will unlock this untapped potential, ensuring scientific progress that benefits our society and economy.

Patents

Not applicable

Author Contributions: HZ developed the original initiative concept and program proposal, conducted the literature review, developed the survey instruments, and program outline. HZ, R,W, and LK collaborated on the development of the survey instruments, data collection and analysis, program development, implementation, and supervision of program sessions. HZ oversaw the formal program committee and drafted the required reports and manuscript draft. All collaborators reviewed program documents, reports, and manuscript draft before submission for publication.

Funding: The WEmpower Women's Research Accelerator Program (2021) was funded by the Saudi Electronic University through the Institutional Funding Program.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all survey respondents and program participants according to standard ethical procedures involving completion of digital surveys.

Data Availability Statement: Further data related to the program and its findings are available through direct correspondence with the Lead Author (HZ).

Acknowledgments: The WEmpower Team would like to acknowledge the leadership of the Saudi Electronic University for their encouragement of the initiative and funding for the program operations, and their unwavering support for women in research. We would also extend our appreciation and admiration for the superlative women from across the Kingdom of Saudi Arabia who contributed their heart, time, and expertise and were instrumental in the success of the program.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Appendix

Not Applicable

References

1. Augustus, J. (2021). The Impact of the COVID-19 Pandemic on Women Working in Higher Education. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.648365>
2. Bam, A., Walters, C., & Piraino, P. (2022). Women have always trailed men in research output: how COVID made the situation worse. *The Conversation*. <https://theconversation.com/women-have-always-trailed-men-in-research-output-how-covid-made-the-situation-worse-188241>
3. Breuning, M., Fattore, C., Ramos, J., & Scalera, J. (2021). The Great Equalizer? Gender, Parenting, and Scholarly Productivity During the Global Pandemic. *PS: Political Science & Politics*, 54(3), 427–431. <https://doi.org/10.1017/s1049096520002036>
4. Chesbrough HW. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*. Boston, MA: Harvard Business School Press; 2006.
5. Clark, J. (2023). How pandemic publishing struck a blow to the visibility of women's expertise. *BMJ*, 381, p788. <https://doi.org/10.1136/bmj.p788>
6. Daub, A., & Crossley, A. (2022). Urgent steps to prevent the pandemic from stalling women's academic careers. *THE Campus Learn, Share, Connect*. <https://www.timeshighereducation.com/campus/urgent-steps-prevent-pandemic-stalling-womens-academic-careers>
7. Davis, P. B., Meagher, E. A., Pomeroy, C., Lowe, W. L., Rubenstein, A. H., Wu, J. Y., Curtis, A. B., & Jackson, R. D. (2022). Pandemic-related barriers to the success of women in research: a framework for action. *Nature Medicine*, 28(3), 436–438. <https://doi.org/10.1038/s41591-022-01692-8>

8. Deryugina, T., Shurchkov, O., & Stearns, J. (2021). COVID-19 Disruptions Disproportionately Affect Female Academics. *AEA Papers and Proceedings*, 111, 164–168. <https://doi.org/10.1257/pandp.20211017>
9. Dönmez, P. E. (2022). The COVID-19 Pandemic, Academia, Gender, and Beyond: A Review. *Publications*, 10(3), 30. <https://doi.org/10.3390/publications10030030>
10. Etzkowitz H, Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*. 2000;29(2):109–23. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
11. Flaherty, C. (2022, February 23). A New Take on Gender and Productivity During COVID-19. *Inside Higher Ed*. <https://www.insidehighered.com/news/2022/02/23/study-says-women-arent-publishing-less-during-pandemic>
12. Gabster, B. P., van Daalen, K., Dhatt, R., & Barry, M. (2020). Challenges for the female academic during the COVID-19 pandemic. *Lancet* (London, England), 395(10242), 1968–1970. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)31412-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)31412-4)
13. General Authority for Statistics (2025). Saudi Arabia Labor Market Statistics - Q1 2025. https://www.stats.gov.sa/documents/20117/2435273/LMS+Q1_2025_PR_EN+Press+Release.pdf/116283ad-fe9c-7910-9835-7122d4b17f33?t=1751174543336
14. Houser, K. (2019). What are the key challenges facing women in academia? — SAGE Ocean | Big Data, New Tech, Social Science. SAGE Ocean. <https://ocean.sagepub.com/blog/what-are-the-key-challenges-facing-women-in-academia>
15. Human Capability Development Program HCDP (2021,) Saudi Arabia Vision 2030. <https://www.vision2030.gov.sa/en/explore/programs/human-capability-development-program>
16. Inguaggiato, G., Pallise Perello, C., Verdonk, P., Schoonmade, L., Andanda, P., van den Hoven, M., & Evans, N. (2024). The experience of women researchers during the Covid-19 pandemic: a scoping review. *Research Ethics*, 20(4). <https://doi.org/10.1177/17470161241231268>
17. Jemielniak, D., Sławska, A., & Wilamowski, M. (2022). COVID-19's effect on the gender gap in academic publishing. *Journal of Information Science*, 016555152110681. <https://doi.org/10.1177/01655515211068168>
18. Kim, L., Smith, D. S., Hofstra, B., & McFarland, D. A. (2022). Gendered knowledge in fields and academic careers. *Research Policy*, 51(1), 104411. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104411>
19. Lantsoght, E. O. L., Tse Crepaldi, Y., Tavares, S. G., Leemans, K., & Paig-Tran, E. W. M. (2021). Challenges and Opportunities for Academic Parents During COVID-19. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.645734>
20. Lesley, M., Welch, E., Feeney, M., & Johnson, T. (2022, January 9). Women and young academics suffered most during the pandemic. *Www.asbmb.org*.

<https://www.asbmb.org/asbmb-today/careers/010922/women-and-young-academics-suffered-most-during-pan>

21. Madsen, E. B., Nielsen, M. W., Bjørnholm, J., Jagsi, R., & Andersen, J. P. (2022). Author-level data confirm the widening gender gap in publishing rates during COVID-19. *ELife*, 11. <https://doi.org/10.7554/elife.76559>
22. McDougal, L., Dehingia, N., Cheung, W. W., Dixit, A., & Raj, A. (2022). COVID-19 burden, author affiliation and women's well-being: A bibliometric analysis of COVID-19-related publications including focus on low- and middle-income countries. *EClinicalMedicine*, 52, 101606. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101606>
23. McMillen, L. (2021, July 27). The Pandemic Hit Female Academics Hardest. *The Chronicle of Higher Education*. <https://www.chronicle.com/article/the-pandemic-hit-female-academics-hardest>
24. Minello, A. (2020). The pandemic and the female academic. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01135-9>
25. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). The Impact of COVID-19 on the Careers of Women in Academic Sciences, Engineering, and Medicine. National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26061/the-impact-of-covid-19-on-the-careers-of-women-in-academic-sciences-engineering-and-medicine>
26. Reese, T. A., Harris-Tryon, T. A., Gill, J. G., & Banaszynski, L. A. (2021.) Supporting women in academia during and after a global pandemic. *Science Advances*, 7(9), eabg9310. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abg9310>
27. Research Development and Innovation Authority RDIA (2025), Saudi Arabia. <https://www.rdia.gov.sa/en>
28. Ribarovska, A. K., Hutchinson, M. R., Pittman, Q. J., Pariente, C., & Spencer, S. J. (2021). Gender inequality in publishing during the COVID-19 pandemic. *Brain, Behavior, and Immunity*, 91, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.11.022>
29. Rogers EM. *Diffusion of Innovations*. 5th ed. New York: Free Press; 2003.
30. Rollins, C. (2025). New Research Reveals Women's Progress—and Ongoing Struggles—Since COVID-19. IWPR - Institute for Women's Policy Research. <https://iwpr.org/new-research-reveals-womens-progress-and-ongoing-struggles-since-covid-19/>
31. Sakhiyya, Z., Fitzgerald, T., Rakhmani, I., Eliyanah, E., & Farida, A. N. (2023). Indonesian female academics and the pandemic: the challenges of COVID-19 and academic work. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/1360080x.2023.2191169>
32. Saudi Vision 2030 (2024) Annual Progress Report. <https://www.vision2030.gov.sa/media/25042025ev1/En-Annual%20Report-Vision2030-2024.pdf>

33. Squazzoni, F., Bravo, G., Grimaldo, F., Garcia-Costa, D., Farjam, M., & Mehmani, B. (2021). No Tickets for Women in the COVID-19 Race? A Study on Manuscript Submissions and Reviews in 2347 Elsevier Journals during the Pandemic. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3712813>
34. Staniscuaski, F., Kmetzsch, L., Zandonà, E., Reichert, F., Soletti, R. C., Ludwig, Z. M. C., Lima, E. F., Neumann, A., Schwartz, I. V. D., Mello-Carpes, P. B., Tamajusuku, A. S. K., Werneck, F. P., Ricachenevsky, F. K., Infanger, C., Seixas, A., Staats, C. C., & de Oliveira, L. (2020). Gender, race, and parenthood impact academic productivity during the COVID-19 pandemic: from survey to action. <https://doi.org/10.1101/2020.07.04.187583>
35. Times Higher Education. (2022). Women in academia are doing too much non-promotable work – and that has to stop. THE Campus Learn, Share, Connect. <https://www.timeshighereducation.com/campus/women-academia-are-doing-too-much-nonpromotable-work-and-has-stop>
36. UN Women (2021). Women in Science Who Are Making a Difference During the Pandemic. UN Women. <https://www.unwomen.org/en/news/stories/2021/2/compilation-women-in-science-leading-during-the-pandemic>
37. UNESCO (2024) Call to Action to Close the Gender Gap in Science. Unesco.org. <https://www.unesco.org/en/science-technology-and-innovation/cta>
38. Vaughn, A.; Taasobshirazi, G.; Johnson, M. (2019) Impostor Phenomenon and Motivation: Women in Higher Education. *Studies in Higher Education*, 45(2): 1-16. https://www.researchgate.net/publication/330635960_Impostor_phenomenon_and_motivation_women_in_higher_education
39. Viglione, G. (2020). Are women publishing less during the pandemic? Here's what the data say. *Nature*, 581(7809), 365–366. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-01294-9>
40. Watchorn, D., & Heckendorf, E. (2020). WE ASKED 3,000+ ACADEMICS HOW THEY'RE COPING WITH COVID-19: THIS IS WHAT WE FOUND. In De Gruyter Insights. De Gruyter Insights. <https://blog.degruyter.com/we-asked-3000-academics-how-theyre-coping-with-covid-19-this-is-what-we-found/>
41. Wittenberg-Cox, A. (2020). What Do Countries with The Best Coronavirus Responses Have in Common? Women Leaders. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/avivahwittenbergcox/2020/04/13/what-do-countries-with-the-best-coronavirus-reponses-have-in-common-women-leaders/>

Establishing a University-Based Center for Design and 3D Printing Services: A Practical Innovation and Learning Model

Tala N. Alharbi¹, Layan H. Bjaili², Retal E. Zahran³ and Faisal J. Alzahrani⁴

¹Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia;

Talharbi0271@stu.kau.edu.sa

² Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia; lbjaili@stu.kau.edu.sa

³ Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia;

rzahran0005@stu.kau.edu.sa

⁴ Faculty of Engineering, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia;

fjsalzahrani@kau.edu.sa

Abstract. In response to the increasing demand for practical innovation platforms in higher education, this paper presents a conceptual and implementation framework for establishing a university-based center dedicated to design, modeling, and 3D printing services. The proposed center, proposed for development within the College of Engineering, aims to serve both students and external stakeholders by integrating academic learning with real-world applications. Equipped with professional tools such as SolidWorks and Fused Filament Fabrication (FFF) 3D printing technology, the center is designed to support engineering education while encouraging entrepreneurial thinking and hands-on experience. For years, universities have sought to strike a balance between academic ideals and the need for practical innovation. Success has often been mixed. This proposal examines one initiative: a new center in the College of Engineering dedicated to design and 3D printing. The center aims to blend classroom learning with real-world industry experience. Where both mistakes and successes are valuable learning experiences. The goal is to involve students and outside partners, such as small businesses or individual entrepreneurs, who can bring real challenges that go beyond what textbooks cover. The technical foundation relies on SolidWorks and fused filament fabrication printers for modeling and printing. These choices reflect not an obsession with the most sophisticated technology but a recognition of reliability and affordability. Initial efforts show excitement but also highlight areas where technical skills need improvement. The business model is still being developed and is meant to guide cost recovery while supporting educational goals. Universities should function as incubators for such initiatives, integrating creativity and entrepreneurship into

students' daily academic activities. Iterative design modifications and failed printed products are the most common challenges in additive manufacturing. These challenges foster practical competencies relevant to professional environments. Also, such experiential learning opportunities will facilitate the transition from a theoretical mindset to the dynamic conditions that lead to entrepreneurial ventures.

Keywords: Design, 3D Printing, Student Prototyping, Digital Manufacturing, Entrepreneurship.

Introduction

Additive manufacturing, more commonly called 3D printing, has been discussed for decades as a technology with the potential to change many industries. It began in the 1980s, but only in the last ten or fifteen years has it moved beyond specialized labs and into places like classrooms, hospitals, and even home workshops. Additive manufacturing builds objects by adding material layer by layer instead of removing material from a solid block. This approach makes it possible to create shapes with hollow spaces, smooth curves, or lattice structures that were difficult to make with older methods. Scholars have highlighted both the exciting possibilities and the current challenges, especially when it comes to material strength and cost. (Zhou et al., 2024). The importance of 3D printing lies in the ability to produce parts with complex geometry compared to conventional manufacturing methods (Kanishka & Acherjee, 2023). In higher education, the real value of this technology comes from its impact on teaching and learning. Studies show that when students participate in designing, slicing, printing, and troubleshooting, they gain a much deeper understanding of design, materials, and production limitations. However, access to these tools is limited. Some universities have advanced labs, while others offer only a few desktop printers. A well-designed center can bridge this gap by providing a space that is both (Staribratov & Manolova, 2024).

Establishing a 3D printing center at the university would benefit students, faculty, and outside partners. This center could become a hub for students, scholars, and entrepreneurs from different disciplines to collaborate on innovative ideas. With a range of 3D printers and digital tools, users can quickly test and refine their designs, helping to accelerate innovation and research (Zhou et al., 2024). Offering structured services to industry partners, startups, and other external users can help generate revenue and support the center's financial stability. These centers also help develop the workforce by giving students practical training and preparing them for jobs in the fast-growing field of additive manufacturing. (Cossette et al., 2022). This paper explores why it is important to bring additive manufacturing into universities. Such a center would encourage research, education, and collaboration with industry, helping with financial sustainability.

Materials and Methods

This paper outlines the proposed design, infrastructure, and operational protocols for a university-affiliated 3D printing center, designed to serve students, faculty, and approved external stakeholders. While the center has not yet been physically implemented, the methodology described herein offers sufficient granularity for replication by academic institutions or innovation hubs. All software, equipment, and materials referenced are commercially available in the Kingdom of Saudi Arabia as of the second quarter of 2025. The design is modeled on best practices from digital fabrication labs and optimized print farm configurations (Lipson & Kurman, 2013).

Proposed Print Farm Structure

The proposed center will be based on a modular FDM (Fused Deposition Modeling) print farm arranged in a compact and scalable configuration. The facility will be divided into key zones:

- CAD and Slicing Zone: Equipped with high-performance computers for 3D modeling and G-code generation.
- Printing Farm: Houses 15 FDM printers installed on heat-resistant, ventilated workstations with power management systems.
- Post-Processing Area: Dedicated to support removal, sanding, finishing, and visual inspection.
- Material and Tool Storage: Climate-controlled cabinets designed to minimize filament degradation due to humidity.

The layout is based on lean manufacturing principles and adheres to safety and environmental standards specified by the Saudi Civil Defense and the Saudi Standards, Metrology and Quality Organization (SASO).

Equipment and Consumables

All equipment was selected based on local market availability, performance reliability, and cost-efficiency. Procurement will be through regional vendors such as 3DME Saudi, Nozol, and other authorized distributors. The complete breakdown of equipment, specifications, and costs is provided in Table 1.

Table 1. Equipment and Consumables

Component	Model / Specification	Unit Price (SAR)	Qty	Total (SAR)
Entry-Level FDM Printers	Creality Ender 3 V3 SE	950	10	9,500
Mid-Range FDM Printers	Prusa i3 MK4	2,700	5	13,500
PLA Filament (1kg)	Local vendor, 1.75mm ±0.03mm	55	150	8,250
Slicing Workstations	Ryzen 7, RTX 4060, 32GB RAM	4,200	5	21,000
Filtration Hoods	Carbon-based, ductless system	4,800	2	9,600
Remote Monitoring System	OctoPrint + Raspberry Pi 4B	600	10	6,000
Post-Processing Tools	Sandpaper, epoxy, scrapers	Lump sum	-	2,000

Estimated Total: SAR 69,850 (~USD 18,600)

The primary material is Polylactic Acid (PLA), selected for its biodegradability, dimensional stability, and low emissions during printing (Ngo et al., 2018). PETG and Thermoplastic Polyurethane (TPU) are proposed for future use after the operator has received extended training. Filament will be stored in airtight containers with silica gel to combat humidity-induced degradation, a key concern in Gulf climates (Ngo et al., 2018).

Software Tools and File Preparation Protocol

The center will utilize SolidWorks 2023 EDU for parametric modeling and Ultimaker Cura 5.4 for slicing tasks. Cura is an example of open-source slicing software commonly used in FDM workflows (Vaezi, Seitz, & Yang, 2012). Ultimaker Cura was selected based on studies that show its widespread use in FDM systems and its influence on G-code and printing outcomes (Bryła & Martowicz, 2021).

Default slicing parameters include:

- Layer height: 0.2 mm
- Infill: 20% (Grid/Gyroid)
- Nozzle diameter: 0.4 mm
- Speed: 60 mm/s (PLA), 40 mm/s (PETG)

- Supports: Enabled for overhangs $> 45^\circ$
- Bed adhesion: Skirt (3 lines)

Slicing profiles will be centrally configured to standardize print quality and minimize failure rates. Each printer will be equipped with OctoPrint on Raspberry Pi 4B for real-time job tracking and queue automation (Kakade, Mulay, & Patil, 2022).

Operational Model and Staffing Plan

The center will be run by trained student operators and overseen by faculty supervisors, promoting experiential learning while ensuring high operational standards.

- Student Operators: 5–7 per term, trained in slicing, printer maintenance, troubleshooting, and safety protocols.
- Faculty Supervisors: Responsible for oversight, approval of advanced jobs, and mentorship.

All users must complete a certification workshop, which covers:

- Printer operation and maintenance
- Cura slicing and SolidWorks basics
- Safety protocols in line with EHS standards

Upon certification, users gain access to the portal, where they can submit jobs, check material usage, and monitor queue status.

Workflow and Submission Process

A five-stage workflow standardizes the submission-to-delivery process:

1. File Submission: STL/OBJ files uploaded via the internal job portal.
2. Review and Approval: Operators assess print feasibility and calculate resource estimates.
3. Slicing and Assignment: Jobs are sliced and routed to the next available machine.
4. Printing and Monitoring: Supervised execution with live OctoPrint tracking.
5. Post-Processing and Delivery: Removal of supports, final inspection, and job release.

Print metrics, including failure rate, duration, and filament usage, are logged to aid predictive maintenance and resource planning.

Pricing Structure and Access Model

To ensure long-term sustainability, a tiered pricing structure is proposed, as detailed in Table 2.

Table 2. Pricing Structure and Access Model

	User Type	Material Cost (SAR/g)	Machine Time (SAR/hr)	Notes
All	Students	0.00	0.00	Covered under academic quota
	Faculty	0.10	5.00	Research cost-recovery model
	External Users	0.20	15.00	Paid access via institutional MOU

payments will be handled via the university's finance system. External clients must sign service agreements and adhere to the center's operational guidelines.

Data Transparency and Implementation Notes

All price data, vendors, and models were validated through local suppliers as of the second quarter of 2025. STL slicing profiles and training templates will be published on GitHub for academic reuse after the pilot phase.

Files to be made publicly available:

- Cura slicing profiles (.curaprofile)
- OctoPrint configuration (yaml)
- User training manual (PDF)

Restrictions: No biological, chemical, or export-controlled materials are permitted. Institutional software licenses (e.g., SolidWorks) will not be redistributed.

Discussion

The establishment of a university-based 3D printing center represents a strategic initiative that must be evaluated through multiple dimensions. This discussion examines the proposal through four critical lenses: validation from local academic experience, strategic positioning within the educational landscape, evidence of commercial viability, and pragmatic addressing of sustainability challenges.

Operational Validation through Academic Experience

The conceptual framework for this center finds strong support in a structured academic initiative involving 43 engineering students at the Rabigh campus. This experience, while

educational in purpose, effectively simulated centralized operations by producing over 380 components across 18 diverse projects spanning mechanical devices, functional tools, and complex assemblies. The scale of output requiring more than 250 G code files and 300 hours of print time was successfully managed through coordinated scheduling and workflow optimization, demonstrating the efficiency of a centralized model.

Beyond quantitative metrics, the experience revealed profound educational benefits. Students developed comprehensive skills in design thinking, technical troubleshooting, and project management competencies increasingly demanded by modern industry (Staribratov & Manolova, 2024). The diversity of successful projects, from practical engineering solutions to creative designs, underscores the potential for cross-disciplinary application and confirms substantial latent demand for accessible digital manufacturing resources within the student population.

Strategic Positioning in the Academic Ecosystem

When benchmarked against existing models, the proposed center occupies a distinctive niche that complements rather than replicates available facilities. The KAUST Prototyping Core Lab excels in advanced research but focuses less on structured undergraduate integration (King Abdullah University of Science and Technology, n.d.). Regionally, Abu Dhabi University's 3D Concrete Printing Lab demonstrates specialized excellence, but its narrow construction focus limits broader applicability (Abu Dhabi University, 2023). Globally, institutions like the University of Nottingham's Centre for Additive Manufacturing prioritize postgraduate research over undergraduate accessibility (University of Nottingham, n.d.).

This analysis reveals the proposed center's unique value proposition: a hybrid model balancing hands-on undergraduate education with research and external collaboration capabilities. This positioning addresses a clear gap in the regional landscape, creating an environment where learning and innovation can coexist within a sustainable framework.

Commercial Precedents and Economic Sustainability

The financial viability of such a center is strongly supported by established commercial practices. Service providers like Shapeways and Materialise have built sustainable businesses on service bureau models, with the latter exceeding EUR 200 million in annual revenue (Materialise, 2023; Shapeways, 2023). These operations achieve high equipment utilization rates often surpassing 1,200 productive hours per printer annually through advanced queue management and real-time monitoring systems that ensure consistent throughput while minimizing downtime (Kakade et al., 2022). The sustainability of these operations is further reinforced by diversified revenue models, where firms combine B2B

contracts with B2C services, mitigating market fluctuations (Lipson & Kurman, 2013). The commercial scale and technological focus of key industry players are summarized in Table 3.

Table 3. Industry Evidence of 3D Printing Firms and Patent Holders

Company / Firm	Location	Core Technology	Annual Revenue (Approx.)
Shapeways	USA / Netherlands	FDM, SLS service bureau	USD 30M (2022)
Materialise NV	Belgium	SLA, SLS, medical printing	EUR 200M+ (2022)
Proto21	Dubai, UAE	FDM, resin printing	Not public
3DME	Saudi Arabia	FDM	Not public
3D Systems	USA	SLA, SLS	USD 540M (2023)
HP Inc.	USA	Multi Jet Fusion (MJF)	Multi-billion (segment)

As illustrated in Table 3, the success of regional firms like Proto21 in Dubai and 3DME in Saudi Arabia further confirms local market potential for additive manufacturing solutions. Furthermore, the intellectual property portfolios of established industry leaders illustrate the innovative potential of additive manufacturing. Stratasys holds the original patent for Fused Deposition Modeling (FDM), one of the most widely adopted techniques worldwide (Stratasys, 2023). Similarly, 3D Systems has secured thousands of patents in stereolithography (SLA) and selective laser sintering (SLS), while HP has registered patents for its Multi Jet Fusion (MJF) technology. This evidence suggests that a university-based center could achieve similar outcomes by fostering entrepreneurship, generating revenue through external collaborations, and supporting patentable innovation.

Implementation Challenges and Mitigation Frameworks

Long-term success requires addressing several interconnected challenges. Technological obsolescence presents a persistent concern, as rapid advancements in additive manufacturing could quickly diminish the relevance of initial equipment investments without phased upgrade strategies (Li et al., 2025). Financial sustainability depends on developing realistic pricing models that account for frequently overlooked costs, including

equipment depreciation, maintenance, and operational labor factors often underestimated in academic settings (Ivkić et al., 2025).

Operational challenges include maintaining equipment reliability amid projected heavy usage, particularly concerning the given potential limitations in local technical support infrastructure. Evidence indicates that insufficient preventive maintenance and lack of structured operator training frequently undermine service continuity (3DHEALS, 2023). Additionally, resource efficiency and environmental considerations must be integrated into planning, as energy-intensive processes and material waste could compromise both economic and environmental sustainability (Liu et al., 2023).

Proactive mitigation strategies should include a technology refreshment plan, tiered pricing balancing accessibility with cost recovery, rigorous maintenance protocols, and comprehensive operator training. These approaches would significantly enhance the center's resilience and long-term impact while ensuring it remains a durable and sustainable innovation hub.

Conclusive Synthesis

The analysis confirms the center's strategic value through multiple converging lines of evidence. The academic experience demonstrates operational feasibility and educational impact, while benchmarking reveals a unique positioning within the regional ecosystem. Commercial precedents underscore economic viability, and identified challenges can be managed through deliberate strategies. The center brings together education, innovation, and industry partnerships to help achieve national development goals. Although setting it up will require close attention to technology changes and funding, the long-term benefits make it a worthwhile investment for preparing graduates and supporting new businesses.

Conclusion

This paper has explained all aspects of creating this center. It showed how students, faculty, and outside partners can come together to design, prototype, and solve problems with 3D printing technology. The proposed 3D printing center is more than a place to make things; it supports innovation, education, and national growth. With access to a variety of AM technologies like FDM, users can create complex designs and find solutions in many areas. The center also supports entrepreneurs, industry partners, and the community by helping to build strong connections between academia and industry.

Rabigh engineering students ran an educational pilot that showed a center like this can work well. Their hands-on experience demonstrated how a university 3D printing hub can enhance student engagement, foster creative thinking, and support innovation-driven education. The proposed center supports key national goals, especially Saudi Arabia's Vision 2030. It aims to encourage economic growth through knowledge, strengthen local technology, and help people gain practical skills for today's industries. By connecting universities and businesses, the center will open up new opportunities for research, entrepreneurship, and preparing people for the workforce. In conclusion, establishing a

university-based 3D printing center is a forward-looking investment in the nation's technological, educational, and economic sectors, redefining the role of universities as engines of innovation. This initiative prepares a generation to shape the future. At the same time, long-term challenges such as funding and client retention are addressed proactively.

Author Contributions: Conceptualization, R.Z. and L.B.; methodology, R.Z., L.B., and T.A.; validation, R.Z., L.B., and T.A.; formal analysis, R.Z.; resources, T.A.; writing—original draft preparation, L.B., R.Z., and T.A.; writing—review and editing, R.Z., L.B., and T.A.; visualization, L.B.; supervision, F.A. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Acknowledgments: The authors would like to express their sincere appreciation to the female students who participated in the academic experience and contributed valuable insights that informed the center's development. Their feedback played a meaningful role in shaping the practical elements of the proposed initiative.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Zhou, L., Miller, J., Vezza, J., Mayster, M., Raffay, M., Justice, Q., Al Tamimi, Z., Hansotte, G., Sunkara, L. D., & Bernat, J. (2024). Additive Manufacturing: A Comprehensive Review. *Sensors*, 24(9), 2668. <https://doi.org/10.3390/s24092668>
2. Kumar Kanishka, & Bappa Acherjee. (2023). Revolutionizing manufacturing: A comprehensive overview of additive manufacturing processes, materials, developments, and challenges. *Journal of Manufacturing Processes*, 107, 574–619. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.10.024>
3. Ivaylo Staribratov & Nikol Manolova. (2024). 3D technologies in STEAM education. *Discover Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00181-z>
4. Cossette, M., Fidan, I., Gailani, G., & Xiao, A. (2022). Workforce development strategies in additive manufacturing [Preprint]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6506444>
5. Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. John Wiley & Sons.
6. Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143, 172–196.
7. Vaezi, M., Seitz, H., & Yang, S. (2012). A review on 3D micro-additive manufacturing

technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(5-8), 1721–1754. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4605-2>

8. Bryła, J., & Martowicz, A. (2021). Study on the Importance of a Slicer Selection for the 3D Printing Process Parameters via the Investigation of G-Code Readings. *Machines*, 9(8), 163. <https://doi.org/10.3390/machines9080163>

9. Kakade, S., Mulay, A., & Patil, S. (2022). IoT-based real-time online monitoring system for open-source FDM printers. *Materials Today: Proceedings*, 67, 363–367. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.210>

10. King Abdullah University of Science and Technology. (n.d.). Prototyping and Product Development Core Lab. KAUST Core Labs. <https://corelabs.kaust.edu.sa/labs/detail/prototyping-product-development-core-lab>

11. Abu Dhabi University. (2023, March 9). Abu Dhabi University inaugurates state-of-the-art 3D concrete printing research lab. <https://www.adu.ac.ae/news-and-events/news/detail/2023/03/09/abu-dhabi-university-inaugurates-state-of-the-art-3d-concrete-printing-research-lab>

12. University of Nottingham. (n.d.). Centre for Additive Manufacturing. <https://www.nottingham.ac.uk/research/groups/cfam/>

13. Materialise NV. (2023). *Annual report 2022*. Materialise NV. <https://investors.materialise.com>

14. Shapeways Holdings Inc. (2023). *Shapeways reports full-year 2022 results*. Shapeways Holdings Inc. <https://investors.shapeways.com>

15. Stratasys Ltd. (2023). *About Stratasys: Intellectual property portfolio*. Stratasys. <https://www.stratasys.com>

16. Li, D., et al. (2025). The challenges and opportunities of 3D printing. *Production Planning & Control*, 36(10), 889–902. <https://doi.org/10.1080/09537287.2025.2482234>

17. Ivkić, M., Mulay, A., & Patil, S. (2025). A cost-benefit analysis of additive manufacturing as a service. arXiv preprint, arXiv:2502.05586. <https://arxiv.org/abs/2502.05586>

18. 3DHEALS. (2023). Financial issues of 3D printing in hospitals: A practical guide. Retrieved from <https://3dheals.com/financial-issues-of-3d-printing-in-hospitals-guide/>

19. Liu, W., et al. (2023). Unpacking additive manufacturing challenges and opportunities. *Sustainability*, 15(4), 3827. <https://doi.org/10.3390/su15043827>

Entrepreneurial Leadership Impacts on Innovation: The Role of Customer Focus

Fahad Al Jaeed¹

¹Department of Business Administration, Faculty of Economics and Administration, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia; fjaeed@stu.kau.edu.sa

Abstract. Innovation is a strategic outcome influenced by many aspects, e.g., leadership, strategy, organizational culture, quality management practices, and the convergence of different capabilities. However, leadership plays a crucial role in providing orchestration and strategic direction to prior efforts, thereby driving innovation success. Nevertheless, evidence on entrepreneurial leadership EL within that field remains limited and fragmented. EL is characterized by dimensions such as (visionary thinking, risk-taking, proactiveness, opportunity recognition, and adaptability), which can theoretically play a paramount role in fostering organizational innovation. Hence, this study aims to address this gap and examine the relationship between EL and innovation. The study also examines the mediating role of organizational customer focus, which can create conditions to satisfy the customers' needs through innovation. To answer the study questions, this study employs a quantitative research methodology utilizing a cross-sectional survey design. The target population is employees of the private sector in Saudi Arabia, using non-probability sampling. The study sample consists of N=129 respondents. To assess EL, the study adopts (Renko et al., 2015), to measure customer focus study adopts (Ahire et al., 1996), and to measure innovation, the study adopts (Kafetzopoulos & Psomas, 2015). The findings suggest that customer focus indeed mediates the relation between EL and process and product innovation and serves as a significant mechanism through which EL influences innovation.

Keywords: Innovation, Entrepreneurial Leadership, Customer Focus.

Introduction

To survive and prosper in today's dynamic environment, organizations need to be continuously innovative, e.g. (Aminova & Marchi, 2021; Audretsch, 1995; Cefis & Marsili, 2006; R. Fontana & Nesta, 2009). Innovation is not just a technical endeavor; rather, it's a strategic outcome influenced by many aspects, e.g., leadership, operational strategy, organizational culture, and quality management practices (Crossan & Apaydin, 2010; Hadjimanolis, 2000; Martins &

Terblanche, 2003; Prajogo & Sohal, 2003). And enabled by a convergence of different capabilities, e.g., technological, infrastructure, and R&D capabilities.

Leadership specifically is identified by a growing body of literature as a key enabler of innovation, as it provides orchestration and strategic direction, driving innovation success and efficiency (OKE et al., 2009a). Leaders can communicate vision, allocate resources, organize efforts, and create an organizational culture that drives both exploration and improvement (Hitt et al., 2010). This has attracted the attention of scholars to examine the relation between different styles and multiple types of innovation in different contexts and settings. Literature, for example, found that transformational leadership is important to fostering innovation, due to the leader's ability to cultivate intrinsic motivation and establish enabling conditions (Matzler et al., 2008). Similarly, evidence on transactional leadership and overall organizational innovation has been reported (Prasad & Junni, 2016). However, empirical evidence on entrepreneurial leadership's (EL) impact on innovation is limited and fragmented (G. Hoang et al., 2025). EL is theoretically crucial for cultivating a culture of proactiveness, innovativeness, creativity, risk-taking, and adaptability, which in turn influences organizational innovation performance (Chen, 2007; Freeman & Siegfried, 2015; Karol, 2015). But for these qualities to result in tangible innovation outcomes, they must be translated into operational practices that structure routines and guide behaviors due to the nature of innovation. Therefore, literature has also explored several organizational factors as a mechanism through which leadership translates into innovation. Studies have identified several mediators, such as self-efficacy, commitment to change, organizational support for creativity, innovative environment, and knowledge sharing, as mediators and influencers of innovative behavior and innovation performance (Akbari et al., 2020a; Fatima & Masood, 2024; Li et al., 2020; Zheng et al., 2017). Nevertheless, these studies vary in focus and context and are not always generalizable across different industries.

Building on that literature, leadership rarely influences innovation directly; instead, it shapes an organization's systems, routines, and practices, which in turn impact innovation outcomes. Operational factors, such as Total Quality Management (TQM) practices, can provide a particularly suitable mediating mechanism, translating a leader's vision into tangible organizational performance and, ultimately, driving innovation. As a philosophy, it provides a comprehensive method for achieving organizational excellence with an emphasis on customer focus (Dawabsheh et al., 2019; Lal, 2008). The increasing pressure to be innovative and remain competitive expanded the importance of TQM beyond its traditional quality role (Prajogo & Sohal, 2001). Literature has recognized TQM as a driver of different types of innovation (Moreno-Luzon et al., 2013a; Prajogo & Sohal, 2001). Practices such as customer focus, education and training, top management commitment, and products and process management can enhance innovation performance, creating strong grounds for incremental, product, and process innovation (Ooi et al., 2012). Customer focus, as a core TQM principle, is the practice of prioritizing the customer's needs throughout all organizational activities (Ahire et al., 1996), regularly assessing and adapting to dynamic customer expectations. Then, using this feedback to improve product quality to exceed expectations (Zhang et al., 2000). This focus is considered key to achieving long-term success and competitiveness.

Therefore, the study aims to address the gap and examine the relation between EL and innovation, integrating leadership and innovation concepts with operational excellence from a TQM perspective. Hence, the study proposes a model in which customer focus mediates the relationship between EL and process and product innovation. The study seeks to answer the following research question: **RQ1**: How does EL impact customer focus and innovation? **RQ2**: Can customer focus influence product and process innovations? **RQ3**: Does customer focus mediate the relation between EL and innovation? The study aims to: 1) Review literature on EL, customer focus, and innovation. 2) Examine how EL impacts customer focus and how it impacts innovation. 3) Assess the mediating role of customer focus on the relationship between EL and innovation, focusing on how entrepreneurial behaviors influence customer focus practices and eventually product and process innovation. 4) Provide empirical evidence on the relationship based on the results. 5) Advance theoretical understanding on the relation between EL, customer focus, and innovation. 6) Provide practical recommendations for firms seeking to balance innovation and customer focus.

Literature

Theoretical lens

The study builds on the Resource-Based View theory (RBV) and the Dynamic Capabilities theory (DC) perspectives. The RBV posits that organizations can achieve sustained advantage by leveraging their resources, which are valuable, rare, inimitable, and non-substitutable (Barney, 1991). Leadership has been viewed as a strategic resource due to its ability to direct and mobilize other organizational assets (Hitt et al., 2010; Michael A Hitt et al., 2013). Based on this view, EL, with its distinctive attributes and emphasis on vision, risk-taking, and innovativeness, exemplifies this role by shaping the strategic orientation of the organization.

The DC perspective extends RBV by highlighting the organization's need to build, reconfigure, and adapt resources in dynamic environments (Teece et al., 1997). DC core components include sensing opportunities, seizing them, and transforming the organization to maintain a competitive advantage. Building on this, EL effectiveness depends on organizational mechanisms that translate its, e.g., vision, innovativeness, proactiveness, and adaptability into action.

Customer focus, unlike other static operational capabilities, e.g., efficient manufacturing, can function as a dynamic capability that constantly interacts with the dynamic environment as it seeks to meet or exceed customer requirements by monitoring customer feedback (Zhang et al., 2000). Therefore, it can align organizational processes with customer needs, thereby translating leadership influence into process and product innovation. By combining RBV and DC, this study positions EL as a strategic resource whose innovation impact is realized through customer focus as a dynamic operational capability.

Entrepreneurial Leadership

Entrepreneurial Leadership and Innovation

Leadership is a widely studied, multidisciplinary field that attracts scholars from various backgrounds in sociology, psychology, and management (Asrar-ul-Haq & Anwar, 2018). While

many researchers have defined the concept, there is no single universally agreed-upon definition. Leadership is described as the process of influencing a group's activities to help set and achieve their goals (Robbins, 2003; Stogdill, 1974). And as a concept can be viewed from different perspectives, including traits, behaviors, values, and attitudes.

Initial theories emphasized a leader's inherent traits, such as intelligence, insight, and responsibility (Mann, 1959; Stogdill, 1974). While later approaches shifted attention toward observable behaviors, particularly task-oriented and relationship-oriented behaviors (Northouse, 2025). Contingency theories then emerged, highlighting the variation of leader behavior depending on situational factors (Horner, 1997) , and suggested that no single leadership style is universally effective (Hersey & Blanchard, 1969). Later, building on these developments, Burns introduced the distinction between transformational and transactional leadership (Burns, 2012). Illustrating that transformational leadership focuses on motivating followers by persuading them that organizational objectives are more important than personal ones, or that these objectives ultimately serve their own best interests. In contrast, transactional leadership emphasizes followers' self-interest, relying on a system of exchange to motivate performance (Burns, 2012).

More modern views extended beyond style and behavior to consider a leader's values and attitudes. Emerging perspectives such as authentic, ethical, and entrepreneurial leadership highlight the importance of integrity, innovation, and adaptability in contemporary organizational contexts (Avolio & Gardner, 2005; Brown & Treviño, 2006; Gupta et al., 2004).

The concept of EL emerges at the intersection between entrepreneurship and leadership literature (Cogliser & Brigham, 2004). Scholars investigated these overlaps and identified a set of attributes, behaviors, and actions where both converge. Building on these characteristics, EL has been conceptualized as a leadership style that integrates entrepreneurial opportunity-seeking with leadership's capacity to mobilize people and resources (Gupta et al., 2004; Renko et al., 2015).

EL is distinguished by a range of characteristics that support entrepreneurial outcomes. These include vision, opportunity focus, influence, planning, motivation, achievement orientation, creativity, flexibility, persistence, patience, risk-taking, and an internal locus of control (Becherer et al., 2008; Cogliser & Brigham, 2004; Koryak et al., 2015; Renko et al., 2015; Thornberry, 2006). Collectively, these attributes enable entrepreneurial leaders to engage directly in opportunity-focused and exploitation activities while simultaneously shaping the behavior of their followers (Thornberry, 2006). And by acting as role models, entrepreneurial leaders demonstrate entrepreneurial behaviors in practice, providing tangible examples for others to follow (Chen, 2007). Also, they actively motivate followers to work toward entrepreneurial goals, thereby fostering a culture of initiative-taking and innovation within the organization (Gupta et al., 2004; Ireland, 2003a; Renko et al., 2015).

Moreover, entrepreneurial leaders challenge employees to think beyond established practices and to develop novel solutions. This is often reinforced by the articulation of a compelling vision for the future, which not only aligns organizational efforts but also empowers their team as agents of future innovation and the success of the organization (Thornberry, 2006).

Literature argues that EL can shape organizational contexts to support innovation by promoting openness, empowering employees, and encouraging experimentation (Renko et al., 2015). It examined and provided empirical confirmation on the relation between EL and the innovation process, and innovation performance (A. Fontana & Musa, 2017). Similarly, in a different context, EL showed a significant and positive impact on the innovation work behavior of employees in SME (Akbari et al., 2020b).

Building on the literature, EL is characterized by dimensions such as visionary thinking, risk-taking, proactiveness, opportunity recognition, and adaptability (Gupta et al., 2004). This makes it suitable for dynamic and uncertain environments, where innovation is necessary for organizational survival. Prior empirical studies provided support for the relationship between EL and innovation, indicating that organizations led by entrepreneurial leaders can be more innovative in both product development and process improvement. Hence, the study hypothesizes:

H1 EL positively impacts innovation.

Entrepreneurial Leadership and Customer Focus

Literature shows that various leadership styles can significantly influence different sets of TQM practices, including customer focus, across contexts. Transformational, transactional, distributed, charismatic, servant, and strategic leadership were all found to have a positive influence on TQM practices' effectiveness (Teoman & Ulengin, 2018; Yadeta et al., 2022). Similarly, distributed, charismatic, and strategic leadership specifically were found to enhance TQM in manufacturing settings (Kiat Ng et al., 2013). Customer focus as a practice emphasizes aligning organizational processes with customer needs to ensure quality, reliability, and satisfaction (Ahire et al., 1996).

Building on that, EL, with its attributes of innovativeness, creativity, vision, passion, and risk-taking, can shape organizational priorities, particularly by strengthening customer focus principles. E Leaders can recognize the opportunity in satisfying the customers' needs and exploiting them. Hence, they can influence the extent to which organizations adopt a customer focus by articulating customer-oriented values, monitoring customer satisfaction, and rewarding efforts to improve. Therefore, the study hypothesis:

H2 EL positively impacts customer focus.

Customer Focus

Customer Focus and Innovation

Rooted in the work of quality pioneers like Crosby, Deming, and Juran, TQM is a comprehensive management philosophy defined by its principles, practices, and techniques, aiming to continuously improve the quality of products and processes to meet or exceed customer expectations (Dean Jr et al., 1994). It is a holistic management approach that emphasizes practices such as customer focus and continuous improvement (Zhang et al., 2000). TQM evolved from a strict focus on defect reduction and process control to a broader scope that encompasses principles, rather than a simple set of quality control tools.

Scholars have viewed TQM as a multidimensional concept, rather than a single practice (Ahire et al., 1996; Flynn et al., 1994; Saraph et al., 1989). In the literature, five core TQM practices are consistently recurring, customer focus, which ensures all activities are aligned with meeting customer needs; leadership and top management commitment, which stress quality as a strategic priority; training and education, which empowers all employees with the necessary skills; teamwork, which promotes collaborative problem-solving; and a supportive organizational culture that values and rewards quality excellence (Reed et al., 2000).

Customer focus is an organizational commitment to understanding and responding to the evolving customers' needs through the collection of complaint information, market investigations, and customer satisfaction surveys. Taking these insights into processes and product development, to achieve customer satisfaction and build long-term loyalty (Zhang et al., 2000).

The concept has been applied in multiple fields with varying emphases. In the market orientation and innovation literature, customer focus refers to a strategic orientation in which firms generate, disseminate, and respond to customer needs and preferences to guide innovation activities (Slater & Narver, 1995). This orientation is primarily anticipatory, aligning innovation with evolving market opportunities. In contrast, customer focus from the TQM perspective, as applied in this study, emphasizes customer requirements through continuous improvement, process reliability, rather than serving primarily as a strategic capability for anticipating future markets.

A growing body of scholars has argued that TQM not only enhances operational efficiency but also creates the necessary organizational conditions to influence and foster innovation (Prajojo & Sohal, 2001, 2003). Literature examined whether TQM and business innovation are compatible, stressing that TQM dimensions can assist organizations to be more innovative (Martínez Lorente et al., 1999). Further studies also confirmed the positive effect of TQM practices on incremental innovation directly and on radical innovation indirectly through cultural change (Moreno-Luzon et al., 2013b). In the developing countries' context, TQM practices, e.g., leadership and people management, process and strategic management, demonstrated a positive impact on organizational innovation performance (D. T. Hoang et al., 2006a).

Building on prior literature, organizational customer focus can drive continuous improvements in internal processes, radical or incremental adjustments to products. Organizations monitor customer feedback and align their internal processes with customer requirements, enhancing process efficiency and reliability. Product innovation can emerge from the refinements and continued improvements of product features to satisfy customers' needs. Hence, the study hypothesizes:

H3 Customer Focus positively impacts innovation.

Customer Focus Mediation

From the RBV perspective, organizations achieve sustainable competitive advantage by leveraging valuable, rare, inimitable, and non-substitutable resources (Barney, 1991).

Leadership, particularly EL, constitutes such a strategic resource because of its capacity to mobilize vision, risk-taking, and creativity toward opportunity exploitation (Gupta et al., 2004). Their ability to organize other resources and influence other capabilities (Hitt et al., 2010; Michael A Hitt et al., 2013). However, resources alone are insufficient; their value depends on how they are deployed within organizational processes and routines.

The DC perspective extends this argument by stressing the importance of firms' abilities to integrate, build, and reconfigure resources in response to changing environments (Teece et al., 1997). EL provides the attributes necessary to sense and seize opportunities, but the translation into innovation outcomes requires dynamic operational mechanisms.

Customer focus as an organizational practice enables organizations to systematically gather, interpret, and respond to customer needs, thereby channeling leadership attributes into practices that foster both process and product innovation. Hence, customer focus functions as a mediating capability that operationalizes the influence of EL. Entrepreneurial leaders may articulate vision and stimulate risk-taking, but without customer-oriented routines, these efforts risk becoming misaligned with market demands. By embedding customer focus, organizations transform entrepreneurial intent into actions that enhance innovation performance. Hence, building on prior discussion, the study hypothesizes:

H4 Customer focus mediates the relation between EL and innovation.

Methods

The study adopts a quantitative research methodology and utilizes a cross-sectional survey design. Data collection was done through a self-administered questionnaire developed using Google Forms. The target population for this research consists of employees in the private sector of Saudi Arabia. However, due to constraints in accessing a complete sampling frame of private sector employees and the fact that the study seeks to examine theoretical relationships between leadership, customer focus, and innovation rather than to generalize findings to a wider population (Saunders et al., 2009), a non-probability convenience sampling method was employed. Although this approach limits the generalizability of the results, it is an appropriate, faster, and cost-effective method for obtaining insights (Stratton, 2023).

To effectively address the research objectives and ensure clarity, the structured questionnaire was adapted to the study's context, and all questionnaire items were translated into Arabic. A seven-point Likert scale is employed for all study variables, allowing for the assessment of participant perceptions.

To assess EL, the research will adopt the ENTRELEAD Scale (10) items from Renko et al., (2015). The scale is widely used and validated to measure EL. To measure Customer Focus, the study adopts (Ahire et al., 1996), (4) items, to evaluate how effectively customer input is integrated into quality management practices and how committed the organization is to responding to customer needs.

For hypothesis testing and model estimation, the study will employ Partial Least Squares Structural Equation Modelling (PLS-SEM). This technique is appropriate for the hypothesized relationships and the constraints of the sample size (Hair et al., 2019b). Additionally, IBM SPSS

will be utilized to conduct descriptive statistical analyses, providing a comprehensive overview of the data characteristics.

The analysis

Sample profile

The required sample size was determined using G power analysis, for a medium effect size $f^2 = 0.15$, $\alpha = 0.05$, and power = 0.80, with 2 predictors, the minimum required sample size was 55 (Cohen, 1988; Faul et al., 2009). The study sample consists of N=129 respondents, surpassing the 55 threshold. However, the sample size is relatively small compared to the larger samples often recommended for structural equation modeling (SEM). Although the current sample was adequate, it limits the generalizability of the findings and diminishes the ability to identify smaller effect sizes within the model.

The demographic composition of the sample was predominantly male 85.3%, (n = 110), compared to female 14.7%, (n = 19), which also represents a limitation. The sample encompasses various organizational settings, and participants possess different levels of educational background. Nearly half of the respondents, 47.3%, held a bachelor's degree, 33.3% held a master's degree, and 10.1% held a doctoral degree, while only 3.9% reported having a high school education. Participants also represented a broad range of hierarchical positions within their organizations. 27.1% were at the employee level, while 25.6% in middle management, and 20.2% held supervisory management positions. Finally, top management was represented by 19.4%. Respondents represent a diverse range of economic sectors such as education, service, industrial, etc. The rest of the results as illustrated below in Table 1.

Table1. Sample profile

Demographic Indices	Categories	Frequency	Percent (%)
Gender	Male	110	85.3
	Female	19	14.7
Education Level	High School	5	3.9
	Bachelor	61	47.3
	Master	43	33.3
	Doctorate	13	10.1
	Other	7	5.4
Administrative Level	Employee Level	35	27.1
	Supervisory Management	26	20.2
	Middle Management	33	25.6
	Top Management	25	19.4
	Other	10	7.8
Business Sector	Industrial	16	12.4
	General Commercial	4	3.1
	Agricultural	3	2.3
	Services	11	8.5

	Professional	7	5.4
	Finance	11	8.5
	Real Estate	3	2.3
	Tourism	3	2.3
	Technical/Information	1	0.8
	Healthcare	6	4.7
	Education	25	19.4
	Construction	7	5.4
	Other	32	24.8
Organization Size (# of Employees)	Less than 50	22	17.1
	50–100	20	15.5
	101–500	18	14
	501–1000	10	7.8
	More than 1000	59	45.7
Organization Age	Less than 5 years	13	10.1
	5–10 years	17	13.2
	11–25 years	30	23.3
	26–40 years	14	10.9
	More than 40 years	55	42.6
Region	Southern Region	6	4.7
	Northern Region	2	1.6
	Western Region	71	55
	Eastern Region	4	3.1
	Central Region	46	35.7

The assessment of the measurement model

To address the study objectives, the study employs Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) to evaluate both measurement and structural models and estimate path relationships, and test for mediation effects.

The measurement model was assessed to ensure reliability and validity. After initial assessment, several indicators were removed from the model; items (EL3, EL4, EL6, EL9, and EL10) were deleted from the EL construct due to low outer loadings (< 0.70) and signs of collinearity (high VIF values). Similarly, (INNO PT3 and INNO PT4) were excluded from the Innovation construct for collinearity concerns. This decision is consistent with literature recommendations for refining reflective measurement models, which suggest the removal of indicators with weak loadings or redundancy to improve construct reliability (Hair et al., 2019b).

The revised measurement model was evaluated for reliability, convergent, and discriminant validity. The study shows that all outer loadings exceeded the threshold of **0.7**, confirming the correlation between items and constructs (Hair et al., 2019b). To assess internal consistency

reliability, the study examines Cronbach's alpha and composite reliability. The findings show all values exceeded the recommended threshold of ≥ 0.70 , thus confirming the measures' internal consistency reliability as seen in Table 2 (Hair et al., 2019a). To assess convergent validity, the study examined average variance extracted AVE values, and findings surpassed the threshold of 0.50 (Sarstedt et al., 2022), confirming convergent validity.

Table 2. Loading values, Cronbach's alpha, composite reliability, average variance extracted (AVE), Note. EL= Entrepreneurial Leadership, CF= customer Focus, INO= Innovation

Construct	Item	Outer Loading	Cronbach's Alpha	Composite Reliability	AVE
CF	CF1	0.825	0.846	0.896	0.683
	CF2	0.79			
	CF3	0.881			
	CF4	0.804			
EL	EL1	0.874	0.905	0.929	0.724
	EL2	0.857			
	EL5	0.82			
	EL7	0.863			
	EL8	0.837			
INO	INNO PC1	0.901	0.960	0.966	0.757
	INNO PC2	0.854			
	INNO PC3	0.87			
	INNO PC4	0.823			
	INNO PC5	0.903			
	INNO PT1	0.795			
	INNO PT2	0.864			
	INNO PT5	0.915			
	INNO PT6	0.897			

Additionally, the study evaluates discriminant validity by examining Fornell-Fornell-Larcker Criterion and the Heterotrait-Monotrait Ratio of Correlations (HTMT). First, the Fornell-Larcker Criterion results display the diagonal values of AVE square roots higher than off-diagonal correlations (Fornell & Larcker, 1981). While the HTMT values are below the cutoff of 0.85, both results confirm the constructs' discriminant validity (Henseler et al., 2015). Therefore, the measurement assessment indicates that the model meets all requirements.

Table 3. The Heterotrait Monotrait Ratio of Correlations (HTMT).

	CF	EL	INO
CF			
EL	0.707		
INO	0.769	0.652	

Table 4. Fornell-Larcker Criterion results.

	CF	EL	INO
CF	0.827		
EL	0.624	0.851	
INO	0.705	0.613	0.870

Structural model assessment

The next step is to evaluate the structural model to test the hypothesized relationships among latent variables and assess the model's predictive capabilities. The study employs bootstrapping (n = 5000 subsamples) to examine the significance of the path coefficients, the indirect effects, and finally the predictive relevance of the model. Before estimating the structural paths, the study examines the model for possible multicollinearity through the Variance Inflation Factor (VIF) values, which were all within an acceptable range (Hair et al., 2017) . Hence, confirming the absence of problematic multicollinearity as seen in Table 5.

Table 5. VIF

	VIF
CF1	2.056
CF2	1.884
CF3	2.281
CF4	1.756
EL1	3.591
EL2	3.439
EL5	2.155
EL7	2.528
EL8	2.283
INO PC1	4.604
INO PC2	3.358
INO PC3	4.097
INO PC4	2.880
INO PC5	4.713
INO PT1	2.632
INO PT2	3.746
INO PT5	5.678
INO PT6	5.436

The path coefficients

The direct path from EL → INO ($\beta = 0.283$, $t = 3.745$, $p = 0.000$) reveals a weak but still statistically significant impact, which shows that leadership can directly influence innovation within the

organization. Hence, H1 is supported. Also, the direct path coefficients findings illustrate that the path from EL $\rightarrow$ CF ($\beta = 0.624$, $t = 10.576$, $p < 0.001$) demonstrates a strong and statistically significant influence, indicating that higher levels of EL can influence greater adoption of customer focus practice across the organization. Hence, H2 is supported. While the path from CF $\rightarrow$ INO ($\beta = 0.528$, $t = 8.361$, $p < 0.001$) also reveals a strong and statistically significant impact, thus confirming that customer-oriented firms are more likely to have higher rates of product and process innovation. Hence, H3 is supported.

Table 6. Significant testing results of the structural model path coefficients and mediation results, Note. EL= Entrepreneurial Leadership, CF= customer Focus, INO= Innovation

Hypotheses	Relationship (β)	Sample mean (M)	(STDEV)	T Value	P values	Results
CF $\rightarrow$ INO	0.528	0.532	0.063	8.361	0.000	Supported
EL $\rightarrow$ CF	0.624	0.629	0.059	10.576	0.000	Supported
EL $\rightarrow$ INO	0.283	0.281	0.076	3.745	0.000	Supported
EL $\rightarrow$ CF $\rightarrow$ INO	0.330	0.335	0.051	6.439	0.000	Supported

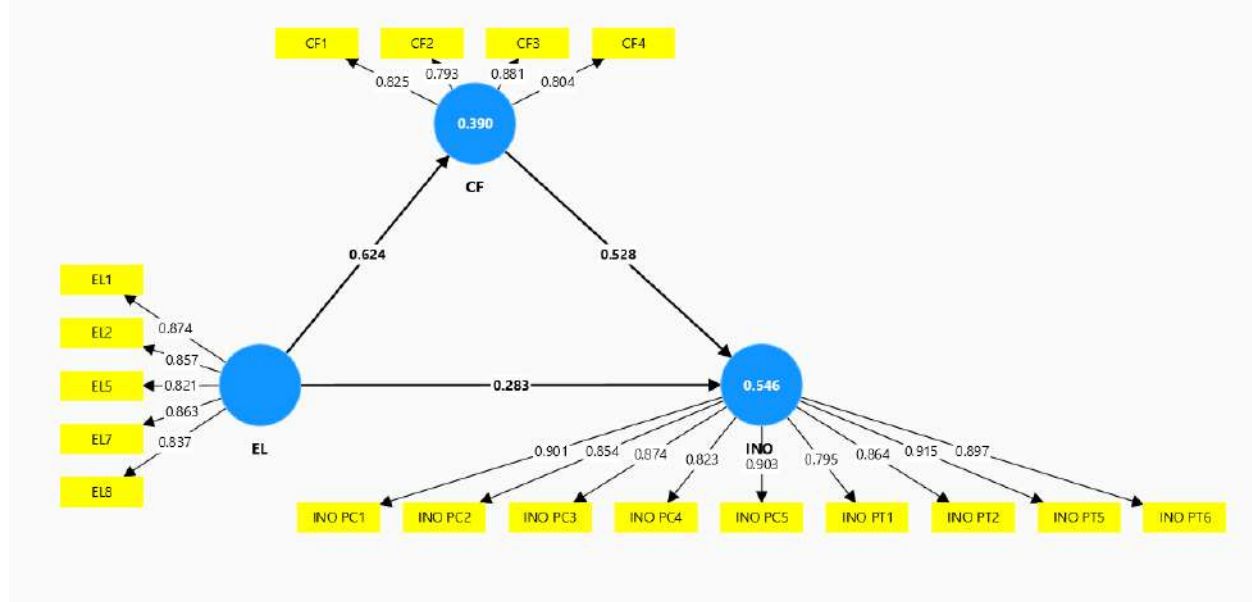


Figure 1. Note. Values on the model arrows are Outer Loading and Beta Values β

Then the study assesses the mediating role of CF between EL and innovation by examining the indirect effects. The findings show that the indirect path from EL $\rightarrow$ CF $\rightarrow$ INO ($\beta = 0.330$, $t = 6.439$, $p < 0.001$) demonstrates a strong and statistically significant mediating effect. This suggests that customer focus serves as a significant mechanism through which entrepreneurial leadership influences innovation. Hence, H4 is supported.

The coefficient of determination (R^2)

The coefficient of determination (R^2) represents the proportion of variance in each endogenous construct that is explained by its exogenous predictors and serves as a key indicator of the predictive power of the structural model (Sarstedt et al., 2022). The results indicate customer

focus has an R^2 value of 0.390, suggesting that EL explains approximately 39.0% of the variance in it. While INO has an R^2 value of 0.546, meaning that EL and customer focus together explain 54.6% of the variance in innovation. These findings reflect a satisfactory level of explanatory power (Cohen, 1988). Hence, the model is statistically robust and underscores the importance of both EL and customer focus strategies in driving organizational innovation.

Table 7. R^2 and R^2 adjusted

	R^2	R^2 adjusted	P values
CF	0.390	0.385	0.000
INO	0.546	0.539	0.000

The F^2 Effect size

The study examined the F^2 to evaluate the effect of the independent variables EL and CF on innovations. According to Cohen's guidelines, the F^2 values are interpreted as follows: (0.02) is small, (0.15) medium, and (0.35) large effect (Cohen, 1988). The path $EL \rightarrow CF$ had an f^2 of 0.639, which indicates a large effect size. While the path $CF \rightarrow INO$ had an f^2 of 0.376, which is also a large effect, highlighting that customer focus is a major driver of innovation. Finally, the path $EL \rightarrow INO$ had a small effect. Hence, the direct influence of EL on innovation is limited without the mediating role of customer focus.

Table 8. Effect size F^2

	CF	EL	INO
CF			0.376
EL	0.639		0.108
INO			

The combined interpretation of f^2 and R^2 confirmed that CF is a key mediating and explanatory construct. It emphasizes the strategic role of EL in supporting customer-oriented practices and culture, which in turn serves as the foundation for innovation in both processes and products.

$Q^2_{predict}$

The study employs a blindfolding procedure to examine the model's predictive relevance. The results show that Q^2 values are all above zero, confirming the model's predictive relevance as seen in Table 9 (Geisser, 1975; Stone, 1974).

Table 9. $Q^2_{predict}$

	$Q^2_{predict}$	RMSE	MAE
CF	0.376	0.806	0.635
INO	0.365	0.811	0.630

Discussion

The study aimed to investigate the relationship between EL and innovation, and the mediating role of customer focus. The findings provide strong empirical support for the theorized relationships.

First, on the relation between EL and innovation, the findings confirm that EL directly influences process and product innovation, aligning with prior literature that highlights the strategic role of leadership in fostering innovative outcomes, e.g. (Akbari et al., 2020a; A. Fontana & Musa, 2017; Matzler et al., 2008; OKE et al., 2009b; Prasad & Junni, 2016; Zheng et al., 2017). Entrepreneurial leaders can articulate a clear vision, encourage opportunity recognition, and tolerate risk-taking, all of which stimulate creativity and experimentation within organizations (Chen, 2007; Ireland, 2003b; Koryak et al., 2015). This direct influence aligns with RBV, which stresses the critical intangible resources' ability to shape organizational capabilities and competitive advantage (Barney et al., 2001). In this case, leadership represents the strategic resource that can influence organizational capabilities and organize other valuable resources (Freeman & Siegfried, 2015; Koryak et al., 2015; Michael A Hitt et al., 2013).

Similarly, the results confirm that EL positively influences customer focus, indicating that entrepreneurial leaders recognize and exploit the opportunities that exist in understanding customer needs. Hence, they create an environment where customers' needs guide the decision-making, aligning with literature in that perspective, e.g., (Bouranta, 2020; Kiat Ng et al., 2013; Lakshman, 2006; Teoman & Ulengin, 2018; Yadeta et al., 2022). This view also aligns with RBV and DC perspectives, emphasizing that leadership enables the reconfiguration of organizational routines toward market responsiveness through these practices (Teece et al., 1997).

The findings also show that customer focus strongly influences process and product innovation, which align with TQM and innovation literature (D. T. Hoang et al., 2006b; Martins & Terblanche, 2003; Moreno-Luzon et al., 2013a; Prajogo & Sohal, 2001, 2003). This indicates that operational customer-oriented practices enable organizations to identify quality gaps and reduce inefficiencies with a focus on customers' needs (Zhang et al., 2000). This, in turn, aligns product development efforts with evolving market expectations. Hence, organizations that systematically collect and act on customer insights are better positioned to redesign internal processes for efficiency and to introduce new or improved products that meet customer requirements.

While EL directly affects process and product innovation, the results show that its impact is substantially enhanced when mediated by customer focus. Entrepreneurial leaders can independently stimulate innovation through vision articulation, proactiveness, and risk-taking. The influence of leadership on sustained innovation outcomes requires operational mechanisms that embed customer needs into organizational routines. This mediating role of customer focus aligns with views that stress organizational practices acting as the bridge between leadership behaviors and performance outcomes (Akbari et al., 2020b; Fatima & Masood, 2024; A. Fontana & Musa, 2017; Li et al., 2020). Specifically, operational capability,

such as customer focus practices. Therefore, these findings highlight customer focus as a dynamic capability critical for innovation success.

The findings advance literature by illustrating that EL not only directly influences innovation but also relies on customer focus as a complementary capability that enhances product and process innovation. The integrated perspective addresses how leadership and organizational practices interact to shape innovation outcomes.

This study offers several theoretical contributions. First, it advances leadership and innovation literature by integrating EL with customer focus practices to explain product and process innovation outcomes. Second, the study contributes to RBV and DC literature as it shows that EL in this context represents a strategic organizational resource, while customer focus functions as a dynamic capability. The study positions customer focus as a mediating mechanism expanding its role beyond traditional quality management, framing it as a strategic capability essential for innovation.

From a practical perspective, the findings offer valuable insights for managers, organizational leaders, and entrepreneurs aiming to strengthen innovation performance. First, organizations seeking to enhance their innovative capacity should invest in leadership development programs designed to cultivate EL attributes among employees at all levels. The aim should be to foster creativity, opportunity recognition, and proactive decision-making. Such programs can empower leaders to act as catalysts for innovation across different organizational levels. Second, the results highlight the importance of institutionalizing customer focus practices through operational strategies that integrate R&D and technology management with market insights. This ensures that innovation efforts remain strategically aligned with customer needs. Furthermore, fostering bidirectional collaboration with customers through continuous feedback supports ongoing improvement and strengthens competitive differentiation. Third, organizations should focus on the integration of EL with customer-focused routines. This alignment enhances their ability to translate strategic intent into tangible products and process innovations.

In the context of entrepreneurship and innovation in Saudi Arabia, organizations developing their EL attributes and customer-centered innovation practices can enhance the competitiveness of Saudi industries, supporting the objectives of Vision 2030, which aspires to position the Kingdom as a leading global competitor. Additionally, improved innovation performance contributes to economic diversification and job creation, reinforcing national efforts to expand high-value industries that drive sustainable growth and employment opportunities.

While the study provides important empirical insights, it has several limitations. First, the study adopts a cross-sectional design, which limits the model's ability to determine causality. Additionally, it employs a self-reported survey, which can introduce bias (Podsakoff et al., 2003). Finally, the study's small sample size and method can also limit generalization (Stratton, 2023).

While the study establishes the mediating role of customer focus, future researchers should investigate other TQM practices' role in influencing innovations. Similarly, other organizational

practices, cultural aspects, and organizational capabilities, such as knowledge management, collaboration culture, and digital transformation capabilities, may also present channeling mechanisms through which EL influences innovation outcomes. Future studies could also incorporate additional moderators to develop a more comprehensive understanding of how EL translates into innovative performance. Additionally, cross-industry or cross-country comparative studies would also be valuable to examine the generalizability of the study findings across diverse organizational and institutional environments. While future researchers may also employ qualitative or mixed-method approaches to explore how leaders and employees interpret and implement customer focus practices in real organizational contexts, and how they influence innovation outcomes. These approaches would reveal the behavioral mechanisms of the actual influence.

Conflicts of Interest

The author declares no conflicts of interest.

References

- Ahire, S. L., Golhar, D. Y., & Waller, M. A. (1996). Development and validation of TQM implementation constructs. *Decision Sciences*, 27(1), 23–56. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1996.tb00842.x>
- Akbari, M., Bagheri, A., Imani, S., & Asadnezhad, M. (2020a). Does entrepreneurial leadership encourage innovative work behavior? The mediating role of creative self-efficacy and support for innovation. *European Journal of Innovation Management*, 24(1), 1–22. <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2019-0283>
- Akbari, M., Bagheri, A., Imani, S., & Asadnezhad, M. (2020b). Does entrepreneurial leadership encourage innovative work behavior? The mediating role of creative self-efficacy and support for innovation. *European Journal of Innovation Management*, 24(1), 1–22. <https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2019-0283>
- Aminova, M., & Marchi, E. (2021). The Role of Innovation on Start-Up Failure vs. Its Success. *International Journal of Business Ethics and Governance*, 41–72. <https://doi.org/10.51325/ijbeg.v4i1.60>
- Asrar-ul-Haq, M., & Anwar, S. (2018). The many faces of leadership: Proposing research agenda through a review of literature. *Future Business Journal*, 4(2), 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.fbj.2018.06.002>
- Audretsch, D. B. (1995). Innovation, growth and survival. *International Journal of Industrial Organization*, 13(4), 441–457. [https://doi.org/10.1016/0167-7187\(95\)00499-8](https://doi.org/10.1016/0167-7187(95)00499-8)
- Avolio, B. J., & Gardner, W. L. (2005). Authentic leadership development: Getting to the root of positive forms of leadership. *The Leadership Quarterly*, 16(3), 315–338. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2005.03.001>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99–120. <https://doi.org/10.1177/014920639101700108>

- Barney, J., Wright, M., & Ketchen, D. J. (2001). The resource-based view of the firm: Ten years after 1991. *Journal of Management*, 27(6), 625–641.
<https://doi.org/10.1177/014920630102700601>
- Becherer, R. C., Mendenhall, M. E., & Eickhoff, K. F. (2008). Separated at birth: An inquiry on the conceptual independence of the entrepreneurship and the leadership constructs. *New England Journal of Entrepreneurship*, 11(2), 13–27. <https://doi.org/10.1108/NEJE-11-02-2008-B002>
- Bouranta, N. (2020). Does transformational leadership influence TQM practices? A comparison analysis between manufacturing and service firms. *TQM Journal*, 33(3), 706–728.
<https://doi.org/10.1108/TQM-12-2019-0296>
- Brown, M. E., & Treviño, L. K. (2006). Ethical leadership: A review and future directions. *The Leadership Quarterly*, 17(6), 595–616. <https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2006.10.004>
- Burns, J. M. (2012). *Leadership*. Open Road Media.
- Cefis, E., & Marsili, O. (2006). Survivor: The role of innovation in firms' survival. *Research Policy*, 35(5), 626–641. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.02.006>
- Chen, M. (2007). Entrepreneurial Leadership and New Ventures: Creativity in Entrepreneurial Teams. *Creativity and Innovation Management*, 16(3), 239–249.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2007.00439.x>
- Cogliser, C. C., & Brigham, K. H. (2004). The intersection of leadership and entrepreneurship: Mutual lessons to be learned. *The Leadership Quarterly*, 15(6), 771–799.
<https://doi.org/10.1016/j.leaqua.2004.09.004>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A Multi- Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
- Dawabsheh, M., Hussein, A., & Jermisittiparsert, K. (2019). The triangular relationship between TQM, organizational excellence and organizational performance: A case of Arab American University, Palestine. *Management Science Letters*, 9(6), 921–932.
<https://doi.org/10.5267/j.msl.2019.2.010>
- Dean Jr, J. W., Bowen, D. E., Barton Larry Gales, S., Jackson, S., Kamath, R., Klimoski, R., Ledford, G., Matthews, C., Snell, S., & Zirger, B. J. (1994). MANAGEMENT THEORY AND TOTAL QUALITY: IMPROVING RESEARCH AND PRACTICE THROUGH THEORY DEVELOPMENT. In *Management Review* (Vol. 19, Issue 3).

- Fatima, T., & Masood, A. (2024). Impact of digital leadership on open innovation: a moderating serial mediation model. *Journal of Knowledge Management*, 28(1), 161–180. <https://doi.org/10.1108/JKM-11-2022-0872>
- Faul, F., Erdfelder, E., Buchner, A., & Lang, A.-G. (2009). Statistical power analyses using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior Research Methods*, 41(4), 1149–1160. <https://doi.org/10.3758/BRM.41.4.1149>
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G., & Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations Management*, 11(4), 339–366. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(97\)90004-8](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(97)90004-8)
- Fontana, A., & Musa, S. (2017). The impact of entrepreneurial leadership on innovation management and its measurement validation. *International Journal of Innovation Science*, 9(1), 2–19. <https://doi.org/10.1108/IJIS-05-2016-0004>
- Fontana, R., & Nesta, L. (2009). Product Innovation and Survival in a High-Tech Industry. *Review of Industrial Organization*, 34(4), 287–306. <https://doi.org/10.1007/s11151-009-9210-7>
- Fornell, C., & Larcker, D. F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. <https://doi.org/10.1177/002224378101800104>
- Freeman, D., & Siegfried, R. L. (2015). Entrepreneurial Leadership in the Context of Company Start-Up and Growth. *Journal of Leadership Studies*, 8(4), 35–39. <https://doi.org/10.1002/jls.21351>
- Geisser, S. (1975). The Predictive Sample Reuse Method with Applications. *Journal of the American Statistical Association*, 70(350), 320–328. <https://doi.org/10.1080/01621459.1975.10479865>
- Gupta, V., MacMillan, I. C., & Surie, G. (2004). Entrepreneurial leadership: developing and measuring a cross-cultural construct. *Journal of Business Venturing*, 19(2), 241–260. [https://doi.org/10.1016/S0883-9026\(03\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0883-9026(03)00040-5)
- Hadjimanolis, A. (2000). An investigation of innovation antecedents in small firms in the context of a small developing country. *R&D Management*, 30(3), 235–246. <https://doi.org/10.1111/1467-9310.00174>
- Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019a). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
- Hair, Matthews, L. M., Matthews, R. L., & Sarstedt, M. (2017). PLS-SEM or CB-SEM: updated guidelines on which method to use. *International Journal of Multivariate Data Analysis*, 1(2), 107. <https://doi.org/10.1504/IJMDA.2017.087624>

- Hair, Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019b). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 31(1), 2–24. <https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203>
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2015). A new criterion for assessing discriminant validity in variance-based structural equation modeling. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43(1), 115–135. <https://doi.org/10.1007/s11747-014-0403-8>
- Hersey, P., & Blanchard, K. H. (1969). Life cycle theory of leadership. *Training & Development Journal*.
- Hitt, M. A., Haynes, K. T., & Serpa, R. (2010). Strategic leadership for the 21st century. *Business Horizons*, 53(5), 437–444. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2010.05.004>
- Hoang, D. T., Igel, B., & Laosirihongthong, T. (2006a). The impact of total quality management on innovation: Findings from a developing country. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(9), 1092–1117. <https://doi.org/10.1108/02656710610704230>
- Hoang, D. T., Igel, B., & Laosirihongthong, T. (2006b). The impact of total quality management on innovation: Findings from a developing country. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 23(9), 1092–1117. <https://doi.org/10.1108/02656710610704230>
- Hoang, G., Luu, T. T., & Babalola, M. T. (2025). Entrepreneurial leadership: a systematic literature review and research agenda. *Leadership & Organization Development Journal*, 46(2), 285–313. <https://doi.org/10.1108/LODJ-05-2024-0350>
- Horner, M. (1997). Leadership theory: past, present and future. *Team Performance Management: An International Journal*, 3(4), 270–287. <https://doi.org/10.1108/13527599710195402>
- Ireland, R. (2003a). A Model of Strategic Entrepreneurship: The Construct and its Dimensions. *Journal of Management*, 29(6), 963–989. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00086-2)
- Ireland, R. (2003b). A Model of Strategic Entrepreneurship: The Construct and its Dimensions. *Journal of Management*, 29(6), 963–989. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00086-2](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00086-2)
- Karol, R. A. (2015). Leadership in the Context of Corporate Entrepreneurship. *Journal of Leadership Studies*, 8(4), 30–34. <https://doi.org/10.1002/jls.21350>
- Kiat Ng, P., Ai Yeow, J., Suan Chin, T., Siong Jee, K., & Hua Chan, P. (2013). *Leadership styles and their impacts on TQM practices in Malaysian manufacturing firms*. <https://www.researchgate.net/publication/239950368>
- Koryak, O., Mole, K. F., Lockett, A., Hayton, J. C., Ucbasaran, D., & Hodgkinson, G. P. (2015). Entrepreneurial leadership, capabilities and firm growth. *International Small Business Journal: Researching Entrepreneurship*, 33(1), 89–105. <https://doi.org/10.1177/0266242614558315>

Lakshman, C. (2006). A theory of leadership for quality: Lessons from TQM for leadership theory1. *Total Quality Management and Business Excellence*, 17(1), 41–60.

<https://doi.org/10.1080/14783360500249729>

Lal, H. (2008). *Organizational Excellence Through Total Quality Management: A Practical Approach*. . New Age International.

Li, C., Makhdoom, H. U. R., & Asim, S. (2020). <p>Impact of Entrepreneurial Leadership on Innovative Work Behavior: Examining Mediation and Moderation Mechanisms</p>.

Psychology Research and Behavior Management, Volume 13, 105–118.

<https://doi.org/10.2147/PRBM.S236876>

Mann, R. D. (1959). A review of the relationships between personality and performance in small groups. *Psychological Bulletin*, 56(4), 241–270. <https://doi.org/10.1037/h0044587>

Martínez Lorente, A. R., Dewhurst, F., & Dale, B. G. (1999). TQM and business innovation. *European Journal of Innovation Management*, 2(1), 12–19.

<https://doi.org/10.1108/14601069910248847>

Martins, E. C., & Terblanche, F. (2003). Building organisational culture that stimulates creativity and innovation. *European Journal of Innovation Management*, 6(1), 64–74.

<https://doi.org/10.1108/14601060310456337>

Matzler, K., Schwarz, E., Deutinger, N., & Harms, R. (2008). The Relationship between Transformational Leadership, Product Innovation and Performance in SMEs. *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, 21(2), 139–151.

<https://doi.org/10.1080/08276331.2008.10593418>

Michael A Hitt, R. Duane Ireland, & Robert E Hoskisson. (2013). *Strategic Management: Competitiveness and Globalization* (10th ed.). Cengage Southwestern Publishing Co.

Moreno-Luzon, M. D., Gil-Marques, M., & Valls-Pasola, J. (2013a). TQM, innovation and the role of cultural change. *Industrial Management and Data Systems*, 113(8), 1149–1168.

<https://doi.org/10.1108/IMDS-02-2013-0075>

Moreno-Luzon, M. D., Gil-Marques, M., & Valls-Pasola, J. (2013b). TQM, innovation and the role of cultural change. *Industrial Management and Data Systems*, 113(8), 1149–1168.

<https://doi.org/10.1108/IMDS-02-2013-0075>

Northouse, P. G. (2025). *Leadership: Theory and practice*. . Sage publications.

OKE, A., MUNSHI, N., & WALUMBWA, F. O. (2009a). The Influence of Leadership on Innovation Processes and Activities. *Organizational Dynamics*, 38(1), 64–72.

<https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2008.10.005>

OKE, A., MUNSHI, N., & WALUMBWA, F. O. (2009b). The Influence of Leadership on Innovation Processes and Activities. *Organizational Dynamics*, 38(1), 64–72.

<https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2008.10.005>

- Ooi, K. B., Lin, B., Teh, P. L., & Chong, A. Y. L. (2012). Does TQM support innovation performance in Malaysia's manufacturing industry? *Journal of Business Economics and Management*, 13(2), 366–393. <https://doi.org/10.3846/16111699.2011.620155>
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y., & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.5.879>
- Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2001). TQM and innovation: a literature review and research framework. *Technovation*, 21(9), 539–558. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(00\)00070-5](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(00)00070-5)
- Prajogo, D. I., & Sohal, A. S. (2003). The relationship between TQM practices, quality performance, and innovation performance: An empirical examination. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 20(8), 901–918. <https://doi.org/10.1108/02656710310493625>
- Prasad, B., & Junni, P. (2016). CEO transformational and transactional leadership and organizational innovation. *Management Decision*, 54(7), 1542–1568. <https://doi.org/10.1108/MD-11-2014-0651>
- Reed, R., Lemak, D. J., & Mero, N. P. (2000). Total quality management and sustainable competitive advantage. *Journal of Quality Management*, 5(1), 5–26. [https://doi.org/10.1016/S1084-8568\(00\)00010-9](https://doi.org/10.1016/S1084-8568(00)00010-9)
- Renko, M., Tarabishy, A. El, Carsrud, A., & Brännback, M. (2015). *Understanding and Measuring Entrepreneurial Leadership Style*. <http://ssrn.com/abstract=2139543> Electronic copy available at: <https://ssrn.com/abstract=2139543> Electronic copy available at: <http://ssrn.com/abstract=2139543>
- Robbins, S. P. (2003). *Organizational behavior (10th ed.)*. Upper Saddle River.
- Saraph, J. V., Benson, P. G., & Schroeder, R. G. (1989). An Instrument for Measuring the Critical Factors of Quality Management. *Decision Sciences*, 20(4), 810–829. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1989.tb01421.x>
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2022). Partial Least Squares Structural Equation Modeling. In *Handbook of Market Research* (pp. 587–632). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57413-4_15
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Pearson education.
- Slater, S. F., & Narver, J. C. (1995). *Market Orientation and the Learning Organization*.
- Stogdill, R. M. (1974). *Handbook of leadership: A survey of theory and research*. Free Press.
- Stone, M. (1974). Cross-Validatory Choice and Assessment of Statistical Predictions. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 36(2), 111–133. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1974.tb00994.x>

- Stratton, S. J. (2023). Population Sampling: Probability and Non-Probability Techniques. *Prehospital and Disaster Medicine*, 38(2), 147–148.
<https://doi.org/10.1017/S1049023X23000304>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Teoman, S., & Ulengin, F. (2018). The impact of management leadership on quality performance throughout a supply chain: an empirical study. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(11–12), 1427–1451.
<https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1266244>
- Thornberry, N. (2006). *Lead Like an Entrepreneur: Keeping the Entrepreneurial Spirit Alive Within the Corporation*. McGraw Hill.
- Yadeta, D. U., Jaleta, M. E., & Melese, M. W. (2022). Leadership Styles and Total Quality Management (TQM) Implementation: Competitor Orientation and Inter-Functional Coordination as Mediators. *International Journal of Organizational Leadership*, 11(3), 287–306. <https://doi.org/10.33844/ijol.2022.60331>
- Zhang, Z., Waszink, A., & Wijngaard, J. (2000). An instrument for measuring TQM implementation for Chinese manufacturing companies. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(7), 730–755. <https://doi.org/10.1108/02656710010315247>
- Zheng, J., Wu, G., & Xie, H. (2017). Impacts of Leadership on Project-Based Organizational Innovation Performance: The Mediator of Knowledge Sharing and Moderator of Social Capital. *Sustainability*, 9(10), 1893. <https://doi.org/10.3390/su9101893>

Triple and Quadruple Helix Models: Strategies of Saudi Universities to Foster Innovation, Entrepreneurship, and Technology Localization

Rana Abdullah Alghamdi ^{1,2}

¹ Department of Chemistry, Faculty of Sciences, King Abdulaziz University, Rabigh, Saudi Arabia;
raalghamdi3@kau.edu.sa

² Regenerative Medicine Unit, King Fahd Medical Research Centre, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

Abstract. Innovation models such as the Triple Helix, Quadruple Helix, and emerging Quintuple Helix frameworks provide critical lenses for analyzing university–industry–government–society interactions. In Saudi Arabia, these frameworks align closely with the national Vision 2030 agenda to foster a knowledge-based economy. This study investigates the innovation and entrepreneurship strategies of eight Saudi universities, examining their institutional mechanisms such as investment arms, incubators, accelerators, and technology parks. A qualitative case study approach was employed, drawing on publicly available institutional documents and reports from 2022–2025. Key performance indicators, including patent activity, startup initiatives, and societal engagement, were coded and compared across institutions. The findings indicate that while most universities operate primarily within a Triple Helix (TH) framework, some, notably Princess Nourah bint Abdulrahman University, demonstrate elements of Quadruple Helix (QH) integration. Some universities, such as KAUST, have introduced sustainability-focused initiatives (e.g., water and energy research), which can be seen as preliminary steps toward Quintuple Helix (QNH) adoption. The study concludes with recommendations to strengthen civil society and sustainability dimensions. These findings highlight the need for stronger integration of civil society and environmental sustainability within Saudi universities' innovation strategies, with practical implications for policymakers and university leadership.

Keywords: Triple Helix; Quadruple Helix; Quintuple Helix; technology transfer; innovation ecosystem; entrepreneurship; Saudi universities; Vision 2030; artificial intelligence

Introduction

Contextualizing Knowledge Economies and Innovation Systems

Over the past three decades, the global economic paradigm has decisively shifted toward knowledge-based growth, where innovation, research and development (R&D), and entrepreneurship are fundamental to national productivity and competitiveness [1]. Within this context, the Triple Helix Model (TH) has emerged as a foundational framework, reconceptualizing the role of universities from mere knowledge producers to active co-producers of innovation alongside industry and government. This model emphasizes the creation of hybrid interfaces—such as technology transfer offices (TTOs), incubators, and science parks—that blur traditional sectoral boundaries and foster dynamic interactions [1]. The structure of these interactions is illustrated in Figure 1.

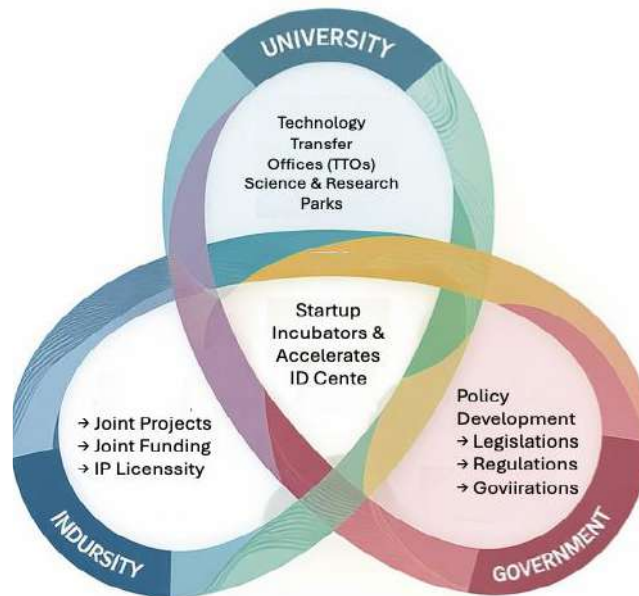


Figure 1: The Triple Helix Model (University-Industry-Government Interaction) driving the Saudi innovation ecosystem under Vision 2030.

While transformative, the TH model has faced critiques for underweighting the role of broader society. In response, the Quadruple Helix Model (QH) was developed, integrating civil society as a fourth, encompassing helix [2]. This expansion emphasizes that sustainable innovation requires more than institutional collaboration; it necessitates user co-creation, public engagement, and cultural and media ecosystems to accelerate the adoption and diffusion of new technologies. Mechanisms such as living labs, public challenge programs, and community partnerships are central to this approach, as shown in Figure 2. 386

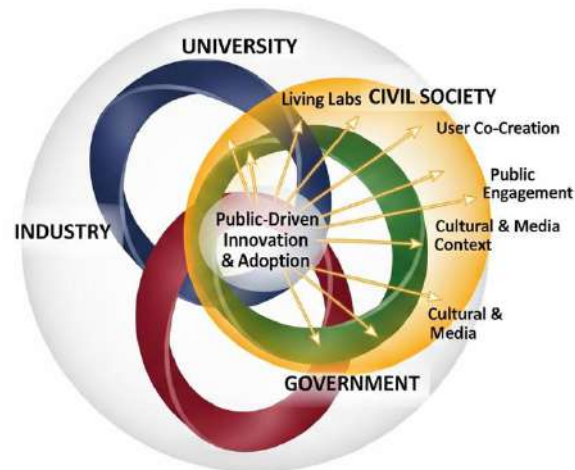


Figure 2: The Quadruple Helix Model, an evolution of the Triple Helix model, emphasizing the role of civil society as a fourth enabling co-creation and driving the adoption of innovation.

The Imperative of Vision 2030: Innovation, Diversification, and Technology Localization

In Saudi Arabia, this theoretical evolution finds its practical imperative in Vision 2030, which explicitly frames innovation and entrepreneurship as primary levers for economic diversification and Technology Localization [3]. The national strategy creates an urgent need for universities to move beyond traditional roles and actively deploy TH and QH strategies to build a vibrant innovation ecosystem.

This mandate requires institutions to maximize the benefits of modern technologies, facilitate active knowledge transfer, and support the domestic development of advanced technological industries within the Kingdom.

Research Gap, Contribution, and Structure

The existing literature on innovation ecosystems in the Gulf region largely describes the infrastructure built by universities (e.g., patent numbers, the existence of incubators). However, the current academic body lacks a robust, comparative, and explanatory analysis for the significant divergence in institutional strategies, mandates, and resulting innovation outputs among leading Saudi universities, particularly regarding their positioning within the helix evolution continuum. For example, why does one university achieve global IP volume dominance while another prioritizes venture capitalization or specialized social engagement?

This study moves decisively beyond institutional description by employing a structured analytical framework to explain why institutional differences exist and how the specific operationalization of helix strategies drives these divergent outcomes. This approach provides necessary academic depth by translating institutional efforts into a comprehensive understanding of innovation ecosystem dynamics in a major emerging economy.

Theoretical Framework and Literature Review: Expanding Theoretical Grounding

The Foundational TH Model and Hybridization

The TH model, conceptualized by Etzkowitz and Leydesdorff (2000), describes the dynamic, non-linear interactions between three spheres: University, Industry, and Government [1]. Innovation arises from the reciprocal linkages and overlapping roles of these three actors, requiring the establishment of hybrid interfaces such as technology transfer offices and science parks to bridge the gap between academic research and market exploitation [1]. As Lawton Smith and Leydesdorff (2014) note, the effectiveness of the TH model must be assessed within the context of global change and regional dynamics, particularly in emerging economies where state influence is pronounced [4].

The Entrepreneurial University and Academic Entrepreneurship

The operational success of the TH is inextricably linked to the concept of the Entrepreneurial University. Etzkowitz defines this institution not just by its research output, but by its proactive role in economic development, characterized by the capitalization of knowledge, strong ties with industry and government, and permanent evolution of institutional relationships [1]. Becoming an entrepreneurial university provides regions with access to skilled graduates and can attract venture capital investment [5].

Academic entrepreneurship—the formation of spin-outs, licensing, and knowledge transfer—is the mechanism by which universities generate economic impact [6]. However, researchers argue that institutions prioritizing the entrepreneurial dimension of technology transfer must actively address skill deficiencies among TTO staff and academic researchers [7,8].

The integration of entrepreneurship education is essential for building entrepreneurial competency [9]. Universities are expanding their educational capabilities beyond educating individuals to. Universities are extending their role by supporting not only individual students but also start-ups and companies through incubator programs and specialized training [10]. These efforts, which focus on knowledge and cognitive learning, shifts in attitudes, and changes in behavior [11], are vital to professionalize the transfer process and ensure that the talent pipeline supports the localization mandate.

Evolution to Quadruple and Quintuple Helix Models

QH Model: Societal Inclusion and Normative Critique

The expansion to the QH, integrating Civil Society (the media- and culture-based public), emphasizes democratic knowledge production and human-centered innovation [2,12].

However, the academic literature highlights a persistent challenge: the normative claims of the QH model often remain highly theoretical, offering limited guidance on practical implementation or defining the actual, measurable roles of the Fourth Helix actors [13,14]. Analyzing PNU's targeted approach provides a valuable empirical case study for overcoming this conceptual vagueness.

Quintuple Helix Model (QNH): The Sustainability Imperative

The Quintuple Helix Model (QNH) further expands the framework by incorporating the Natural Environment (or ecological subsystem) [2,15].

Carayannis and Campbell (2010) identified the environmental helix as the critical “missing link” for future innovation systems [2].

Recent bibliometric studies confirm a significant increase in publications focusing on the QH and QNH models, particularly since 2020, linking them directly to sustainability, policy, and territorial development [16,17].

The adoption of QNH is driven by the global requirement for sustainable development and eco-innovation, a necessity reinforced by national policies like the Saudi Green Initiative [5] and the national RDI priority area of ‘Sustainable Environment and Supply of Essential Needs’ [18].

Helix Models and the Localization Mandate in Emerging Economies

For nations like Saudi Arabia, innovation systems are characterized by strong governmental steering. Here, the helix models serve primarily as strategic tools for localization. The fundamental purpose of the university-industry-government exchange, facilitated by hybrid entities, is to accelerate the domestic adoption and production of technology. This strategic goal is directly reflected in the institutional mandates of investment arms like Wadi Jeddah [19] and Riyadh Valley Company [6,20], which are explicitly tasked with maximizing the benefits of modern technologies and supporting the localization of advanced technology industries within the Kingdom.

Methods

Research Design: Qualitative Multi-Case Study Approach

This study employs a qualitative, multi-case study research design to analyze the strategic application and operationalization of TH and QH models by eight leading Saudi universities. A purely quantitative approach is insufficient to understand the nuanced institutional strategies. The qualitative case study approach allows for an in-depth analysis

of institutional documents, providing crucial context regarding strategic mandates, resource allocation, and the practical "mechanism" of helix interactions, which are essential for moving the analysis beyond mere description toward rigorous academic explanation.

Case Selection Rationale: The eight universities were selected based on three criteria: (1) demonstrable TH infrastructure (e.g., Wadi Jeddah [19], Riyadh Valley Company (RVC) [20], Dhahran Techno Valley (DTV) [21]) ; (2) institutional prominence and the availability of public data detailing their innovation activities (2022–2025); and (3) diversity in institutional mandate or sectoral focus (e.g., specialized technology institutions versus those with explicit QH approaches [21]).

Data Collection and Sources

Institutional data were systematically collected from publicly available institutional documents, official university websites, and national policy reports spanning the academic years 2022–2025.

The primary data corpus included:

- Official university annual reports, highlighting R&D expenditure and technology transfer statistics.
- Strategic plans and innovation center reports detailing program structures (e.g., PNU's CODE Lab [22], KFUPM's DTV [23]).
- Publicly available information from hybrid entities, such as the mission statements of Wadi Jeddah [19] and Riyadh Valley Company [20].
- National policy documents, including Vision 2030 updates [23] and RDIA reports on national RDI priorities (Health, Sustainability, Energy, Future Economies) [18].

Analytical Framework Procedures

A thematic content analysis was applied to the documents to identify evidence of Triple, Quadruple, and Quintuple Helix application for explanatory analysis. A multi-stage thematic content analysis was applied to the collected institutional documents, based on the theoretical evolution of the helix models (TH → QH → QNH).

Analytical Framework: The framework posits that divergence in innovation performance is attributable to differences in (1) explicit institutional mandates and strategic prioritization

and (2) the specific institutional mechanisms (hybrid interfaces) employed for helix interaction.

Analytical Strategy (Thematic Content Analysis): Document analysis proceeded through three levels:

Level 1 (Descriptive): Identifying explicit mentions of key institutional mechanisms, such as designated investment arms RVC [20], specialized research parks DTV [21], and centers dedicated to societal engagement (PNU's Innovation & Entrepreneurship Center [24]). This provided the baseline description of the infrastructure.

Level 2 (Axial/Categorical): Mapping the function and stated goals of these mechanisms to the theoretical Helix Categories:

TH Evidence: for elements relating to technology exploitation, industry partnerships, intellectual property protection, and joint venture grants (e.g., matching funds required for DTV collaborative grants [21]).

QH Evidence: for strategies explicitly addressing civil society, public engagement, specific demographic empowerment, or media/cultural interaction (e.g., PNU's empowerment of women innovators [24]).

QNH Evidence: for dedicated research in environmental conservation, water, renewable energy, and explicit strategic alignment with the national RDI priority pillar on Sustainable Environment and Essential Needs [18].

Quantitative Integration: Quantitative output data, specifically U.S. patent counts (as detailed in Table 1), was incorporated not as an end, but as a robust proxy metric of the success of the TH/Exploitation phase. The function of the analysis then became to provide a qualitative, explanatory narrative for the significant variation in this proxy metric across institutions.

Results

The analysis of eight leading Saudi universities demonstrates that while all have successfully built foundations for TH interaction, their strategies, infrastructure, and measurable outputs display marked institutional divergence, particularly in the realm of intellectual property (IP) intensity and the nascent adoption of higher-order helix models.

Core TH Infrastructure and Strategic Alignment

All major case study universities have operationalized the TH through the establishment of specialized hybrid entities, confirming the fundamental role of institutional hybridization in the Saudi ecosystem [25].

King Abdulaziz University (KAU) channels its strategy through Wadi Jeddah, an investment and innovation arm structured as a hybrid organization dedicated to supporting knowledge-based ventures and commercialization [19,26].

King Saud University (KSU) employs a similar strategy via the Riyadh Valley Company (RVC), its dedicated investment arm, whose core mandate is to contribute to the knowledge economy through commercial partnerships and investment in joint projects [6,20].

King Fahd University of Petroleum & Minerals (KFUPM) utilizes the Dhahran Techno Valley (DTV). DTV is a major, intensive TH interface, specializing specifically in energy, sustainability, and industrial innovation.⁵ It boasts significant outputs, including over 950 recorded technology transfer outcomes [21,27].

Patent Performance and Institutional Divergence

The data on measurable intellectual property output reveal significant, non-uniform growth across the sector, highlighting strategic institutional choices. Table 1 summarizes the patent metrics and strategic focus of the Saudi universities by the National Academy of Inventors (NAI), which has released the 2024 Top 100 Worldwide Universities Granted U.S. Utility Patents List [28]. The data shows that King Faisal University (KFU) secured 631 U.S. utility patents in 2024, achieving 1st place worldwide in the National Academy of Inventors (NAI) rankings. This dominance requires an explanatory narrative linking strategic mandates to resource deployment, which is the focus of the Discussion section.

Table 1. Innovation Metrics and Infrastructure of Select Saudi Universities (2023-2024)

University	U.S. Patents (2024)	Global Rank (NAI*, 2024)	Key Infrastructure & Programs	Strategic Focus
KFU	631	1	KFUID [29]	Global IP leadership
KFUPM	265	5	DTV Startup Challenge [21]	Energy & IP intensity
IAU	141	15	Entrepreneurship programs [32].	Emerging IP contributor
KSU	56	64	RVC Entrepreneurship Institute [20]	Early investment & IP
PMU	40	93	University incubators [30]	Expanding capacity

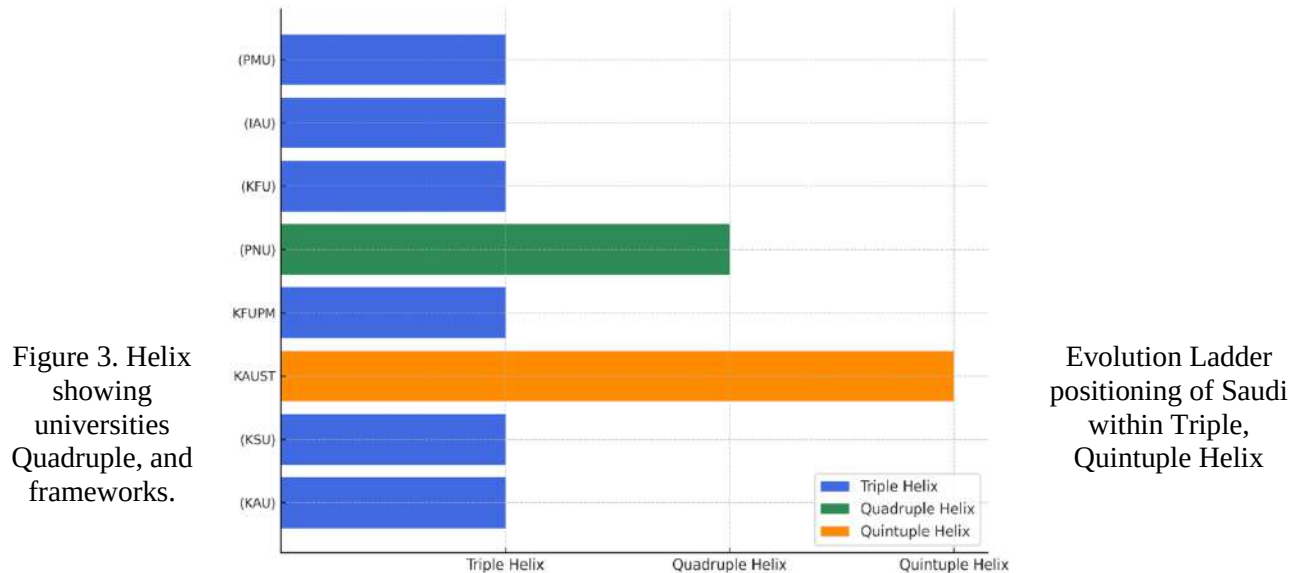
National Academy of Inventors

Early QH and QNH Integration

Targeted integration of higher-order helix models is visible in specific cases:

- **QH Integration:** PNU provides the clearest evidence of operationalizing the QH. PNU's institutional strategy explicitly engages civil society by focusing on a specific segment: empowering women innovators [24]. Mechanisms like the Innovation & Entrepreneurship Center and the CODE Lab [22] is designed to support female students and university affiliates in transforming ideas into projects, directly fulfilling the theoretical mandate of societal inclusion.
- Beyond PNU, other Saudi universities demonstrate civil society engagement through different mechanisms. KAU has articulated its commitment to "effective community initiatives" as part of its mission to build a competitive knowledge society [25]. The university aims to contribute to society through knowledge development, research, innovation, and leadership. KSU has engaged with civil society through initiatives such as its Deanship of Community Service and Continuing Education, established to facilitate community engagement and public education [31]. More recently, KSU partnered with the Saudi Data and AI Authority to launch a series of public scientific lectures on data and artificial intelligence technologies, demonstrating an ongoing commitment to public knowledge dissemination [31]. Additionally, Saudi universities have embraced digital democratization of knowledge through Massive Open Online Courses (MOOCs). The Saudi Ministry of Labor partnered with edX to launch a MOOC portal designed to deliver vocational and employability skills to diverse audiences, including women, youth, and rural communities [32]. Saudi universities, including KSU, KFUPM, and Taibah University, offer free online courses accessible to the broader public, reflecting societal engagement beyond traditional academic boundaries [33].
- **QNH Signals:** Early signs of QNH adoption, driven by the sustainability imperative, are emerging. KAUST has strategically re-focused its research to explicitly align with Vision 2030's RDI priorities, which include the critical areas of water, energy, and the environment [34–36]. The KAUST Research & Technology Park and the TAQADAM accelerator create a comprehensive support system that provides a pipeline from fundamental discovery to startups and industry partnerships [35,37].

This evolution is conceptually mapped in the Helix Evolution Ladder (Figure 3), where most universities remain at the TH stage, PNU has extended onto the QH rung, and institutions like KAUST show early QNH adoption.



Discussion

Explaining Institutional Divergence and Strategic Application

The primary objective of this study is to provide a rigorous explanation for the observable institutional divergence, particularly in output metrics like patent volume. and to elucidate the institutional mechanisms employed to operationalize the Quadruple and Quintuple Helix frameworks. This methodological approach transcends mere descriptive reporting by focusing on the underlying drivers of success and divergence in specific institutional contexts. The vast disparities in annual patent outputs (e.g., KFU's 631 patents versus KSU's 56) are not primarily attributable to fundamental research quality differences. Rather, they reflect deliberate and divergent institutional mandates regarding the purpose of intellectual property.

Strategic Divergence in TH Application (KFU vs. KSU/KAU)

The notable patent success of King Faisal University (KFU) is a reflection of an explicit institutional mandate to prioritize IP volume and global rankings [29]. KFU's strategy involved the deliberate development of "efficient legislation for scientific research" and dedicated resources specifically calibrated to encourage creative research that leads to international patents [38]. This constitutes a highly effective, yet specialized, TH *exploitation* strategy, focused on maximizing easily measurable global output metrics (IP registration).

In contrast, the universities whose TH efforts are channeled primarily through investment arms (KAU's Wadi Jeddah and KSU's Riyadh Valley Company) pursue a TH commercialization strategy. For these institutions, the end goal is not the patent count itself, but venture formation, investment in knowledge economy projects, and ultimately, technology localization outcomes. KFUPM's success, therefore, serves as an example of strategic institutional planning tailored to maximize IP registration, distinguishing it from peers that prioritize broader, qualitative economic development metrics like venture capital return or localization impact.

Sectoral Concentration and Focused TH (KFUPM)

King Fahd University of Petroleum & Minerals (KFUPM) exhibits a high patent count (265) and technology transfer rate (nearly 1,000 outcomes) ²⁰ rooted in its historical and geographic legacy in the energy and industrials sector. The Dhahran Techno Valley (DTV) is a specialized TH physical cluster dedicated to energy, sustainability, and associated technologies [21].

The intensive nature of KFUPM's TH is structurally embedded in its collaboration models. For instance, the Dhahran Techno Valley Collaborative Research Grants require an equivalent amount of matching funding (cash or in-kind) from the DTV company partner [39]. This requirement enforces a deeply embedded, co-funded, and demand-driven TH relationship, ensuring that research outputs are directly aligned with industrial needs and market application, thus driving rapid and specialized technology transfer outcomes in fields critical to national energy and industrial leadership.

Operationalizing the Quadruple Helix: Targeted Societal Engagement

The theoretical definition of the Fourth Helix (civil society) has often been criticized for being abstract, lacking clear implementation guidance [12]. PNU provides a compelling model for overcoming this ambiguity through a pragmatic, targeted QH strategy.

Instead of engaging "civil society" generally, PNU defines its Fourth Helix engagement specifically as the empowerment of female students and entrepreneurs.¹⁵ Through mechanisms like the Innovation & Entrepreneurship Center and dedicated CODE Labs [12], the university facilitates women-led innovation and digital entrepreneurship.

This targeted strategy directly addresses two major national policy objectives simultaneously: the theoretical mandate of democratic, human-centered knowledge creation (QH theory) and the practical Vision 2030 goal of increasing women's participation in the labor market and entrepreneurship [3,23].

The Quintuple Helix as a Policy Response: Alignment with Saudi RDI Priorities

The emerging institutional focus on Quintuple Helix (QNH) elements [15] (the Natural Environment/Sustainability) is not an organic evolution of academic interest alone. Rather, it is a direct, top-down policy imperative flowing from the national Research, Development, and Innovation Authority (RDIA) strategy [18].

The RDIA framework mandates research in four national priority areas, including "Sustainable Environment and Supply of Essential Needs"[18]. This mandate is driven by critical national challenges, such as being one of the world's most water-stressed nations and experiencing temperature increases at twice the global average. Leading institutions like KAUST have strategically responded, evolving their research models to explicitly align with these RDI pillars, focusing on water, food, energy, and environmental conservation [34,35,37].

Chaaben et al. (2024) confirmed that the QNH model is an appropriate framework to assess Saudi Arabia's green economy performance [34,35,37] and progress toward the UN Sustainable Development Goals (SDGs)[40].

This institutional incorporation of environmental sustainability into the innovation ecosystem ensures that the universities' primary role moves beyond simple economic growth toward addressing fundamental national resilience challenges through eco-innovation and sustainable resource management. Table 2 synthesizes these findings, linking the observed strategies and performance outputs to their underlying explanatory institutional drivers.

Study Limitation

The primary limitation of this study is its reliance on secondary, publicly published institutional reports, which may introduce a positive reporting bias, potentially emphasizing successes over persistent challenges. Furthermore, the assessment of QH strategies is inherently challenging due to the difficulty of uniformly quantifying the success of intangible elements such as civic engagement and democratic knowledge production. [12,41].

Table 2. Explanatory Analysis: Linking Institutional Mandates to Helix Model Application

University Example	Core Helix Model Application	Observed Output/Strategy	Explanatory Rationale (Institutional Mandate/Legacy)	Broader Implications for the KSA Ecosystem
KFU	Triple Helix (Exploitation Focus)	Global IP count leadership (631 utility patents)	Explicit, metric-driven mandate to develop efficient legislation and resources for high-volume patent generation	Specialized, quantitative metric driver for national IP ranking.
KFUPM	Triple Helix (Sectoral Intensity)	Dhahran Techno Valley (DTV) co-funding and high technology transfer rate (950+ outcomes)	Historical and geographic legacy in the energy sector; mandate for high-impact, industry-matched collaboration	Deep sectoral alignment for localized industrial leadership (Energy & Industrials RDI pillar).
PNU	Quadruple Helix (Targeted Integration)	Dedicated centers supporting women-led innovation	Pragmatic operationalization of QH by defining civil society as a specific segment, fulfilling human capital goals of Vision 2030. ³	Links social policy goals (women's empowerment) directly to innovation output.
KAUST	Quintuple Helix (Policy Alignment)	Research re-focused on RDI pillars: Water, Energy, Environment	Top-down strategic alignment with the national RDIA framework to solve critical resource challenges (e.g., water scarcity)	Shifts innovation focus toward national resilience and sustainable development (eco-innovation).

Additional limitations include the temporal scope of the data (2022-2025), which may not capture longer-term trends or recent strategic shifts. The study also does not include primary interviews with university administrators, faculty, or industry partners, which would provide deeper insights into the operational challenges and informal mechanisms of helix interactions. The reliance on patent counts as a primary metric may not fully capture other valuable forms of knowledge transfer, such as consulting, informal collaborations, or capacity-building activities.

Despite these limitations, the chosen case study design allows for rich contextualization and comparison of the stated strategic mandates, providing substantial academic rigor and a foundation for future longitudinal and mixed-methods research.

Practical Implications for Policy and Practice

The findings of this study offer several actionable implications for policymakers, university leaders, and innovation managers in Saudi Arabia and similar emerging economies:

For Policymakers:

- Develop differentiated policy frameworks that recognize and support diverse institutional strategies rather than imposing uniform innovation metrics. KFU's IP-focused strategy and KSU's venture-focused approach both contribute valuable but different outcomes to the national innovation ecosystem.
- Establish funding mechanisms that explicitly incentivize QH and QNH activities, such as grants for community engagement projects, living labs, and sustainability-focused research that may not generate immediate patent outputs.
- Create national guidelines and benchmarks for measuring civic engagement and environmental impact in university innovation ecosystems, moving beyond traditional metrics like patent counts and licensing revenues.

For University Leaders:

- Strategically align institutional mandates with available resources and regional contexts. Universities should consciously choose between IP exploitation strategies (like KFU) or commercialization/ localization strategies (like KAU and KSU) based on their competitive advantages.
- Establish dedicated units for civil society engagement with clear mandates, resources, and accountability structures, learning from PNU's targeted approach to empowering specific demographic segments.
- Integrate sustainability and environmental considerations into all innovation activities, creating cross-functional teams that link research, technology transfer, and environmental goals.

For Innovation Managers and TTO Professionals:

- Invest in professional development programs that build competencies in entrepreneurship, industry collaboration, and community engagement, addressing the skill gaps identified in the literature.
- Develop hybrid funding models that combine university resources with industry-matching funds (as demonstrated by KFUPM's DTV) to ensure market-relevant research outcomes.
- Create systematic processes for documenting and measuring civic engagement and environmental impact alongside traditional metrics, building evidence for the value of QH and QNH activities.

These recommendations are grounded in the empirical findings and theoretical frameworks presented in this study, offering a roadmap for advancing from TH toward more inclusive and sustainable innovation ecosystems.

5. Conclusion and Recommendations

The core analysis confirms that Saudi universities have successfully institutionalized the TH through hybrid entities, although resulting innovation outputs are strategically divergent, prioritizing either high IP exploitation volume (KFU) or deep commercial and sectoral integration (KFUPM, KAU). Crucially, the ecosystem demonstrates advancing maturity by pragmatically translating the abstract QH concept into targeted societal engagement (PNU). To realize the full potential of Vision 2030, the trajectory must embrace the Quintuple Helix as a mandated strategy for resilience and sustainability.

Accordingly, the study advocates for strengthening the system by mandating entrepreneurship education to professionalize technology transfer, formalizing QH mechanisms like "Urban Living Labs" for quantifiable societal impact, and leveraging the QNH model for comprehensive alignment with national and global sustainable development objectives.

Author Contributions:

R.A has the sole responsibility for the conception of the study, presenting results, and manuscript preparation. The authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding:

This research received no external funding.

Informed Consent Statement:

Not applicable.

Data Availability Statement:

Not applicable.

Acknowledgments:

Not applicable.

Conflicts of Interest:

The authors declare no conflicts of interest.

Appendix

Not applicable.

References

1. Etzkowitz H, Leydesdorff L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Res Policy*. 2000;29(2):109-123. doi:10.1016/s0048-7333(99)00055-4
2. Carayannis EG, Campbell DFJ. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? : A Proposed Framework for a Trans-disciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology. *Int J Soc Ecol Sustain Dev*. 2010;1(1):41-69. doi:10.4018/JSESD.2010010105
3. Vision 2030 Kingdom of Saudi Arabia. *Government of Saudi Arabia*.; 2020. <https://vision2030.gov.sa/download/file/fid/417>
4. Li D, Kaner RB. Graphene-based materials. *Nat Nanotechnol*. 2008;3:101.
5. Abdelraouf M. Asuka Nagasawa Saudi Green Initiatives and their Role in Achieving Environmental Goals in the Middle East. Accessed October 1, 2025. <https://www.>
6. About Us - Riyadh Valley Company. Accessed September 13, 2025. <https://rvc.com.sa/en/about-riyadh-valley-co/about-us/>
7. Siegel DS, Wright M. Intellectual property: the assessment. *Oxford Rev Econ Policy*. 2007;23(4):529-540.
8. Mosey S, Wright M. From Human Capital to Social Capital: A Longitudinal Study of Technology-Based Academic Entrepreneurs. *Entrep Theory Pract*. 2007;31(6):909-935. doi:10.1111/J.1540-6520.2007.00203.X
9. Bae TJ, Qian S, Miao C, Fiet JO. The Relationship between Entrepreneurship Education and Entrepreneurial Intentions: A Meta-Analytic Review. *Entrep Theory Pract*. 2014;38(2):217-254. doi:10.1111/ETAP.12095
10. Skute I. Opening the black box of academic entrepreneurship: a bibliometric analysis. *Scientometrics*. 2019;120(1):237-265.
11. Siegel DS, Phan PH. Analyzing the Effectiveness of University Technology Transfer: Implications for Entrepreneurship Education. *Adv Study Entrep Innov Econ Growth*. 2005;16:1-38. doi:10.1016/S1048-4736(05)16001-9
12. Carayannis EG, Campbell DFJ. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st-century fractal innovation ecosystem. *Int J Technol Manag*. 2009;46(3/4):201. doi:10.1504/ijtm..2009.023374
13. Starkbaum J, Braun R, Blok V, et al. Responsible innovation across societal sectors: a practice perspective on Quadruple Helix collaboration. *J Responsible Innov*. 2024;11(1). doi:10.1080/23299460.2024.2414531

14. Arroyabe MF, Schumann M, Arranz CFA. Mapping the entrepreneurial university literature: a text mining approach. *Stud High Educ.* 2022;47(5):955-963. doi:10.1080/03075079.2022.2055318
15. Carayannis EG, Barth TD, Campbell DFJ. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. *J Innov Entrep* 2012 11. 2012;1(1):1-12. doi:10.1186/2192-5372-1-2
16. Van Bueren BJA, Leenders MAAM, Argus K, Lim WM, Iyer-Raniga U, Sabani A. Integrating sustainability into helix models for eco-innovation: The eco-5HM. *Technovation.* 2025;143. doi:10.1016/j.technovation.2025.103211
17. Cai Y, Lattu A. Triple Helix or Quadruple Helix: Which Model of Innovation to Choose for Empirical Studies? *Minerva.* 2022;60(2):257-280. doi:10.1007/S11024-021-09453-6/TABLES/4
18. RDIA. Research Development and Innovation Authority - RDIA - About. Accessed September 13, 2025. <https://rdia.gov.sa/en/about-and-national-priorities/about/>
19. Wadi Jeddah. Accessed September 13, 2025. <https://kau.edu.sa/en/page/wadi-jeddah>
20. Riyadh Valley Company. Accessed September 19, 2025. <https://rvc.com.sa/en/>
21. KFUPM. Dhahran Techno Valley and Innovation Ecosystem. Accessed September 19, 2025. <https://www.kfupm.edu.sa/research/research-and-business-collab/entrepreneurship-ecosystem>
22. Princess Nourah University CODE Lab | CODE | MCIT. Accessed September 13, 2025. <https://code.mcit.gov.sa/en/Innovation-Lab/princess-noura-university-code-lab>
23. Vision 2030. *Vision 2030 Annual Report 2024.*; 2024.
24. Innovation and Entrepreneurship Center. Accessed September 19, 2025. <https://pnu.edu.sa/en/Centers/InnovationAndEntrepreneurship/Pages/home.aspx>
25. Science, Technology, and Innovation (STI) Regulations | National Platform (National Portal). Accessed October 1, 2025. <https://my.gov.sa/en/content/245207#section-1>
26. Center for Innovation and Entrepreneurship. Accessed September 19, 2025. <https://kau.edu.sa/en/page/center-for-innovation-and-entrepreneurship>
27. KFUPM. Celebrating Innovation and Excellence at KFUPM. Accessed September 13, 2025. <https://news.kfupm.edu.sa/news/celebrating-innovation-and-excellence-at-kfupm/120/>
28. Carus CG. Top 100 Worldwide Universities List ranks.
29. Innovation District. Accessed September 20, 2025. <https://www.kfu.edu.sa/en/Departments/SeniorManagement/VicePresidentacsr/Pages/innovationdistrict.aspx>
30. Entrepreneurship Centre of Excellence initiative(ECE). Accessed September 20, 2025. https://www.pmu.edu.sa/about/ece_dibr
31. SDAIA, King Saud University launch AI lecture series | Arab News. Accessed October 4, 2025. <https://www.arabnews.com/node/2617361/saudi-arabia>
32. A MOOC portal created exclusively for Arab audiences will deliver vocational & employability skills to women, youth, persons with disabilities and citizens in rural communities. Accessed October 4, 2025. https://press.edx.org/saudi-arabia-edx-join-forces-bridge-gap?irclidid=23IT9AWwsxycWART-fyDUXCIUkp3Aox%3AVWmBUc0&utm_source=affiliate&utm_medium=admitadGmbH.&utm_campaign=edX_Tracking_Link_&utm_content=TEXT_LINK&irgwc=1
33. 100+ Saudi Arabia Courses [2025] | Free Online Courses | Class Central. Accessed October 4, 2025. <https://www.classcentral.com/country/saudi-arabia>
34. KAUST. KAUST Startup Portfolio | KAUST Innovation. Accessed September 13, 2025. <https://innovation.kaust.edu.sa/entrepreneurs/browse-startups/>

35. Innovate | King Abdullah University of Science & Technology. Accessed September 19, 2025. <https://www.kaust.edu.sa/en/innovate>
36. Maciej Serda, Becker FG, Cleary M, et al. Synteza i aktywność biologiczna nowych analogów tiosemikarbazonowych chelatorów żelaza. G. Balint, Antala B, Carty C, Mabieme JMA, Amar IB, Kaplanova A, eds. *Uniw śląski*. 2013;7(1):343-354. doi:10.2/JQUERY.MIN.JS
37. Startup Accelerator Program. Accessed September 13, 2025. <https://taqadam.kaust.edu.sa/>
38. Vision, Mission and Goals. Accessed October 1, 2025. <https://www.kfu.edu.sa/en/Deans/Research/Pages/VandM.aspx>
39. Dhahran Techno Valley Collaborative Research Grant. Accessed October 1, 2025. <https://ri.kfupm.edu.sa/dr/funds-and-grants/dhahran-techno-valley-collaborative-research-grant>
40. GEM (Global Entrepreneurship Monitor). *Global Entrepreneurship Monitor. 2025/2025 Global Report: Entrepreneurship Reality Check.*; 2025.
41. Machado HPV, Sartori R, Rosa PFM. Beyond the Triple Helix Model: Scientific Production on the Quadruple and Quintuple Helix. *J Knowl Econ*. 2025;16(1):5758-5791. doi:10.1007/S13132-024-02026-4

Detection of infectious skin diseases in children's nurseries using AI model

Eman Alhazmi ¹, Luluh Alkhamisi ², Somayah Albaradei ³ and Hanan Alotaibi ⁴

¹ Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia;
eman.h.alhazmi@gmail.com

² Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia;
luluh.alkhamisi@gmail.com

³ Faculty of Computing and Information Technology, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia;
salbaradei@kau.edu.sa

⁴ National Guard Health Affairs, Family Medicine, Saudi Arabia, Jeddah otaibiha01@ngha.med.sa.

Abstract. Infectious skin diseases present a significant health concern in children, particularly in densely populated environments such as nurseries. Early diagnosis is critical to preventing complications and improving healthcare outcomes. This study develops an image-based artificial intelligence (AI) model using the Mpox Skin Lesion Dataset v2.0 to detect infectious conditions such as measles, chickenpox, and hand-foot-mouth disease. Three convolutional neural network (CNN) architectures—ResNet50, VGG19, and a custom CNN—were trained and evaluated. The custom CNN achieved the highest validation accuracy at 88.70%, while VGG19 demonstrated superior generalization performance with an accuracy of 83.33% on unseen real-world clinical images. ResNet50 exhibited overfitting, underscoring the importance of selecting appropriate transfer learning strategies. The proposed system does not aim to replace healthcare professionals but rather to serve as a supportive diagnostic tool in pediatric and nursery settings. These findings suggest AI models can significantly enhance early screening processes and improve children's health outcomes.

Keywords: Pediatric skin disease detection, Deep learning, Transfer learning, VGG19, CNN, Streamlit deployment, Clinical image analysis.

Introduction

Skin is the largest organ of the body. It provides protection, controls body temperature and fluids, and allows perception of the outside world [1]. Newborns, kids, and teenagers can all be afflicted by a number of infectious skin conditions and infections [2], as the skin disease is the fourth most common cause of non-fatal disease burden worldwide, according to the Global Burden of Disease Project [3]. In children, whose immune systems are still

developing, skin diseases, particularly infectious diseases pose a major health concern. In Africa, skin diseases are thought to affect between 21% and 87% of children [4]. According to the WHO, melanoma, a type of cancer, affects about 132,000 people annually worldwide, while non-melanoma affects over 2 million people. Accordingly, not all skin conditions are malignant (melanomas) [5][6]; however, certain skin conditions can also arise because of other long-term illnesses. Approximately 75% of people with skin cancer die each year. If skin cancer is detected early, corrective action can be taken to eradicate the disease entirely from the body before it spreads to the skin and becomes incurable. These factors highlight the importance of an image-based detection system, which is reliable and accelerates the process of identifying skin diseases in children in crowded places such as nurseries. In this study, we propose an image-based model that uses artificial intelligence (AI) to identify skin diseases, which contributes to early identification of these diseases and thus improves safety and general health for children.

Materials and Methods

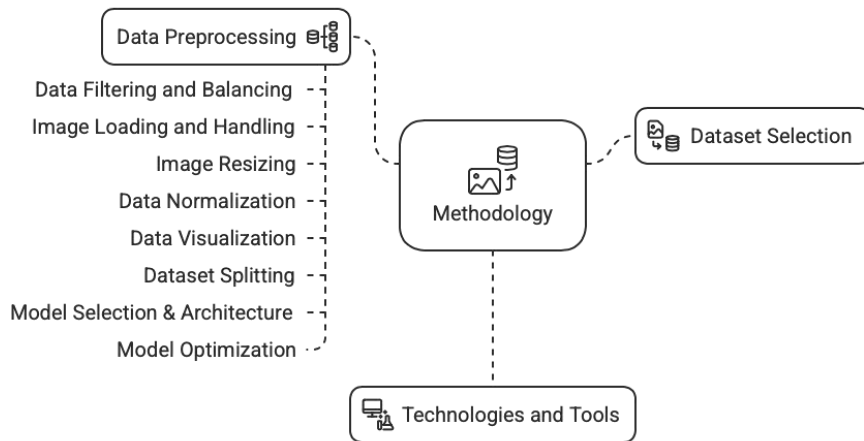


Figure 1. Methodology Pipeline for Image-Based Skin Disease Detection.

Dataset Selection

To classify infectious skin diseases in children, we used a dataset based on the Mpox Skin Lesion Dataset (MSLD) Figure 3, specifically the updated MSLD v2.0. [7]. Developed between June 2022 and May 2023, MSLD v2.0 expanded from a two-class system ("Mpox" and "Others," which included chickenpox and measles) into a more comprehensive six-class dataset. MSLD v2.0 consists of 755 original skin lesion images from 541 patients across six classes: Mpox (284), Chickenpox (75), Measles (55), Cowpox (66), Hand-foot-mouth disease (HFMD) (161), and Healthy (114). Figure 2: The MSLD v2.0 dataset has 5 folders, each with three sub-files, namely the training set, validation set, and test set. Moreover, the data folder "Augmented Images" contains enhanced versions of training images using techniques such

as rotation, translation, reflection, shear, hue, saturation, contrast and brightness jitter, noise, scaling, etc. This latest version is endorsed by dermatologists and approved by regulatory authorities. and vascular lesions.

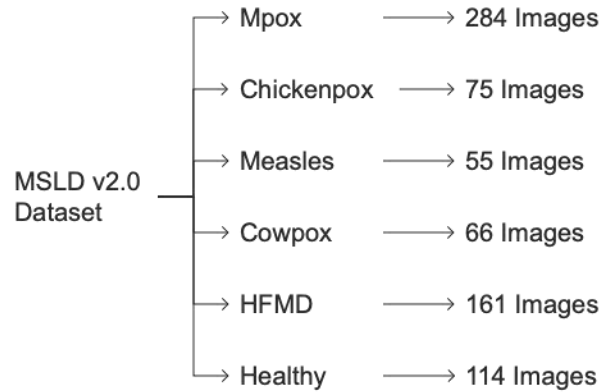


Figure 2. MSLD v2.0 Dataset Composition.



Figure 3. Sample of MSLD dataset.

Data Preprocessing

To ensure effective model training, a series of preprocessing steps was applied to the image dataset using Python with OpenCV and NumPy. The data was filtered to retain only measles, chickenpox, and hand-foot-and-mouth disease (HFMD) images, with each class capped at 532 samples for balance. A fourth "unknown" class was introduced to encompass Monkeypox, Cowpox, and Healthy cases for broader generalization. All images were loaded from file paths with error handling, converted from BGR to RGB, resized uniformly

to 224×224 pixels, and normalized to a [0, 1] scale. The dataset was then split into training and validation sets using an 80/20 ratio, with prefetching enabled to accelerate data loading and maximize GPU performance. Figure 4: Visual inspections were conducted at different preprocessing stages to verify the transformations.

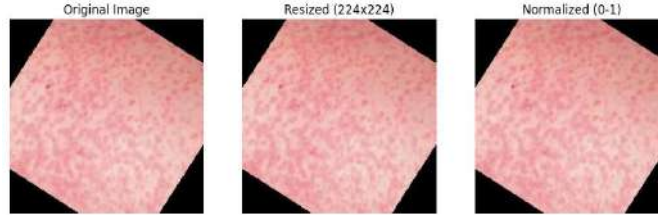


Figure 4. DataFrame after preprocessing.

Model Selection & Architecture

In this study, three convolutional neural network (CNN) architectures were developed and evaluated for the classification of skin conditions into four categories: measles, chickenpox, HFMD, and an “unknown” class comprising Monkeypox, Cowpox, and Healthy cases. The models included a custom-designed CNN developed from scratch, and two transfer learning architectures—ResNet50 and VGG19—pre-trained on the ImageNet dataset. The custom CNN architecture consisted of three convolutional blocks with increasing filter sizes (32, 64, 128), each followed by max-pooling and batch normalization layers. The classification head included flattening, fully connected layers, and dropout regularization to minimize overfitting. In contrast, the ResNet50 and VGG19 models leveraged the strength of transfer learning by retaining their pre-trained convolutional bases and appending new task-specific fully connected layers. These layers incorporated global average pooling, a dense layer with 512 units using ReLU activation, batch normalization, dropout (rate = 0.5), and a final softmax output layer comprising four neurons.

All models were trained using the Adam optimizer and categorical cross-entropy loss. The VGG19 architecture employed additional optimization strategies, including early stopping and learning rate reduction to improve training efficiency and generalization. Evaluation results demonstrated that the custom CNN achieved a validation accuracy of 88.70% with a validation loss of 0.4089. The VGG19-based model achieved superior performance, reaching 98% validation accuracy with a notably low validation loss of 0.052. In contrast, the ResNet50 model exhibited severe overfitting, with a validation accuracy of just 0.24% and a significantly higher validation loss of 9.97. These outcomes underscore the importance of tailored architecture design and careful transfer learning adaptation when addressing domain-specific classification tasks.

Model Training and Optimization

Robust model training procedures were applied to enhance classification performance and generalization. All architectures were trained with categorical cross-entropy loss and optimized using the Adam optimizer. Cross-validation was conducted to mitigate overfitting and assess generalizability across different data splits. Additionally, learning rate scheduling and early stopping were employed to promote efficient convergence and control model complexity during training. The ResNet50 model, trained with frozen convolutional layers, reached 69% training accuracy but exhibited poor generalization on the validation set. In comparison, the custom CNN benefited from early stopping with a patience parameter of 5 and ReduceLROnPlateau callbacks, achieving 88% validation accuracy. Two variants of the VGG19 architecture were implemented to further optimize performance. In the first variant, the convolutional base remained entirely frozen, allowing only the newly added top layers to be trainable. This configuration yielded strong results with 98% validation accuracy and a validation loss of 0.0523. The second variant employed partial fine-tuning, unfreezing the last five convolutional layers and adjusting the learning rate to $1e-4$ to facilitate stable gradient updates. The early stopping callback was further refined by introducing a min_delta value of 0.02 to enforce more stringent improvement criteria. This approach demonstrated enhanced learning dynamics, particularly in terms of convergence rate and validation accuracy, validating the effectiveness of controlled layer unfreezing in transfer learning scenarios.

Evaluation Metrics

The developed models were evaluated using a blend of statistical performance metrics and real-world clinical validation. Accuracy was the main criterion for measuring how effectively the models performed. Complementary metrics such as Precision, Recall, and F1-Score were also used to provide a well-rounded analysis. In addition to numerical assessment, the models were validated on actual clinical cases. This involved analyzing diagnostic images and patient records, with continuous collaboration from experienced medical professionals. Their expertise ensured that the models were clinically relevant, accurate, and applicable in practical settings. This combined approach offers technical reliability and practical applicability in pediatric healthcare settings.

System Implementation and Deployment

Figure 5, The development and deployment of the skin disease classification system followed a systematic pipeline consisting of the following stages:

1. Local Development and Testing;

The initial model and interface were implemented using Streamlit and tested locally to verify correct functionality and user interaction flow.

2. Version Control with GitHub;

The complete source code, including preprocessing scripts, model architecture, and the interface, was pushed to a GitHub repository to facilitate collaborative development and ensure proper versioning.

3. Deployment on Streamlit Cloud;

The application was deployed on Streamlit Cloud for public access. Two primary challenges were addressed during this step:

- **Model Size Constraint;**

The deep learning model exceeded the size limit for direct upload. To overcome this, the model was hosted on Google Drive and loaded into the application via a temporary file during runtime.

- **Credential Security.**

Since Google API keys cannot be exposed publicly, they were securely stored in the secrets.toml file, supported by Streamlit Cloud's secret management system.

4. Post-Prediction Data Logging.

After each prediction, the following information was recorded:

- Input image;
- Timestamp;
- Predicted disease class;
- Confidence score.

These entries were logged into a structured database using either Google Sheets or Google Drive, supporting future evaluation, performance auditing, and statistical analysis. Figure 7.

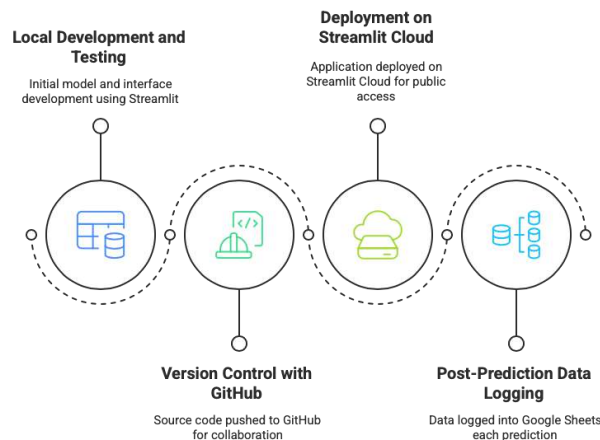


Figure 5. Skin Disease Classification System Implementation.

Skin AI Detection System Overview

The finalized deployment output of the classification pipeline is a web-based skin disease detection tool, developed using the Streamlit framework, designed to detect common childhood skin diseases—specifically chickenpox, hand-foot-and-mouth disease (HFMD), and measles— based on skin images that users can either upload from their device or capture in real-time using a camera Figure 5.a. The model backend utilizes a fine-tuned VGG19 convolutional neural network, trained to classify images into one of four categories: chickenpox, hfmd, measles, or unknown. The application includes a visually appealing interface, image preprocessing pipeline (resizing, normalization), and real-time prediction display with confidence scores Figure 5.b. This tool aims to serve as a preliminary screening aid, particularly in pediatric and telemedicine contexts, where quick visual assessments can support early diagnosis and triage.

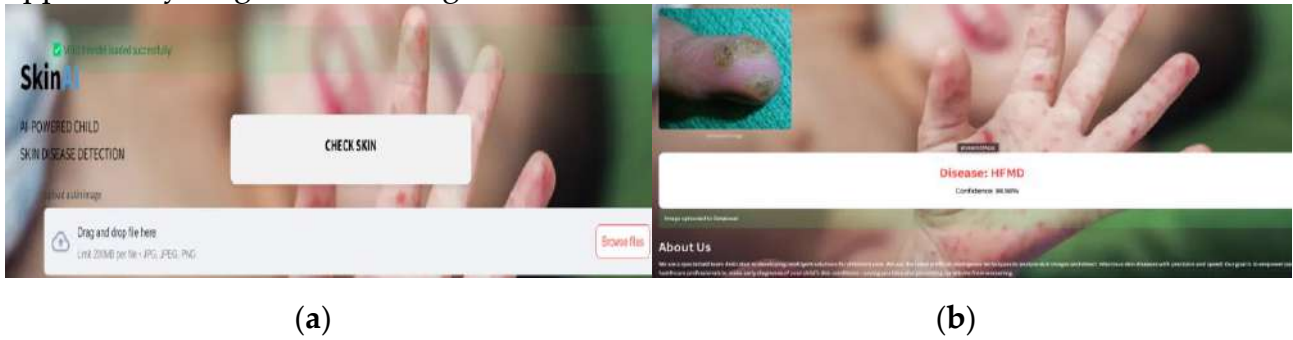


Figure 6. Skin AI Detection System Interface: (a) Sample of upload of the application; (b) Sample of output of the application.

	A	B	C	D
1	Image Name	Timestamp	Predicted Class	Confidence
2	https://drive.google.com/uc?id=1H_bhJUMMgJh	2025-05-12 21:25:44	hfmd	99.82%
3	https://drive.google.com/uc?id=1ETZBX0Ytptum	2025-05-12 21:37:27	hfmd	60.77%
4	https://drive.google.com/uc?id=1x17eRG4aTeht	2025-05-12 21:41:12	hfmd	60.77%
5	https://drive.google.com/uc?id=1M-evgJ-nQ8htb	2025-05-12 21:42:01	hfmd	60.77%
6	https://drive.google.com/uc?id=1qHTxeWR_jhGx	2025-05-12 21:44:26	hfmd	60.77%
7	https://drive.google.com/uc?id=1TnqvGvY98u	2025-05-13 09:01:05	unknown	97.36%
8	https://drive.google.com/uc?id=1Uj1_-NawGP7G	2025-05-13 09:03:46	unknown	77.48%
9	https://drive.google.com/uc?id=1pYB0bE5yDEJ	2025-05-13 09:06:19	hfmd	98.98%
10				
11		2025-05-13 09:06:19.jpg		
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Figure 7. System database.

Results

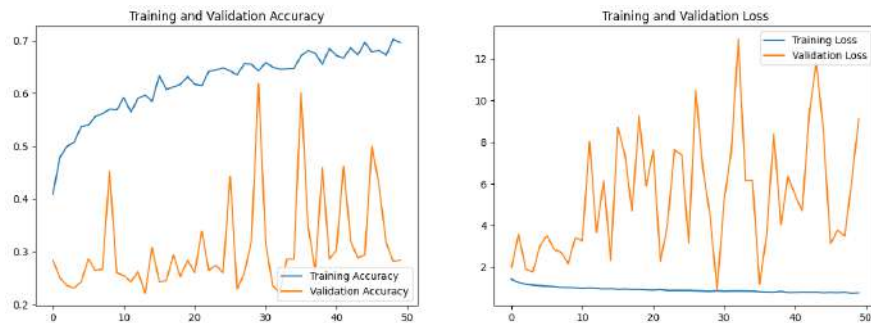
3.1. Model Training Performance

Our proposed models used ResNet50, Custom CNN, and VGG19 models on the skin disease classification task, were evaluated based on accuracy and loss metrics obtained from the validation dataset, as mentioned in Table 1.

Table 1. Models Training Performance Comparison.

Model	Training Accuracy (%)	Training Loss	Validation Accuracy (%)	Validation Loss
ResNet50	0.69	0.78	0.24	9.9711
CNN	0.86	0.632	0.88	0.4089
VGG19 (1)	0.81	0.467	0.86	0.3947
VGG19 (2)	0.97	0.0757	0.98	0.0523

In Figure 8, our ResNet50 model exhibited a substantial gap between training accuracy (69.30%) and validation accuracy (24.28%), along with a high validation loss (9.9711), indicating significant overfitting despite having its pre-trained layers frozen. This suggests that the frozen layers may not be well-suited to the specific nuances of the skin disease dataset.

**Figure 8.** ResNet50 Training Curve.

Our Custom CNN model demonstrated exceptional performance, achieving a high validation accuracy of 88.70% and a low validation loss of 0.4089. This indicates that the model architecture is well-suited to the task, and the training process, incorporating early stopping and learning rate reduction, effectively prevented overfitting as shown in Figure 9. The last VGG19(2) model achieved a validation accuracy of 98.32% and a validation loss of 0.0523, signifying good generalization performance in Figure 10. The proximity between training and validation accuracy suggests that transfer learning was successfully employed, leveraging pre-existing knowledge while adapting to the specific characteristics of the skin disease dataset.

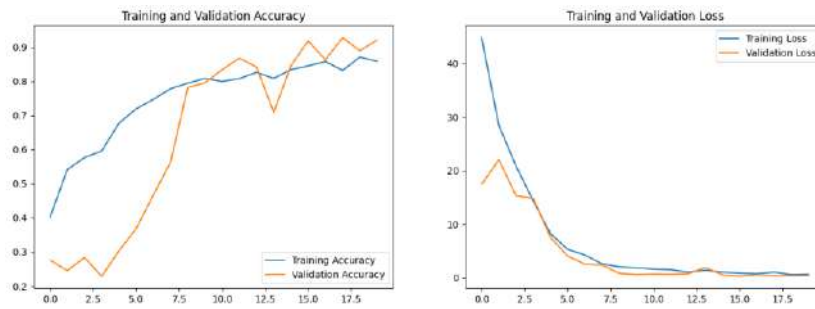


Figure 9. CNN Training Curve

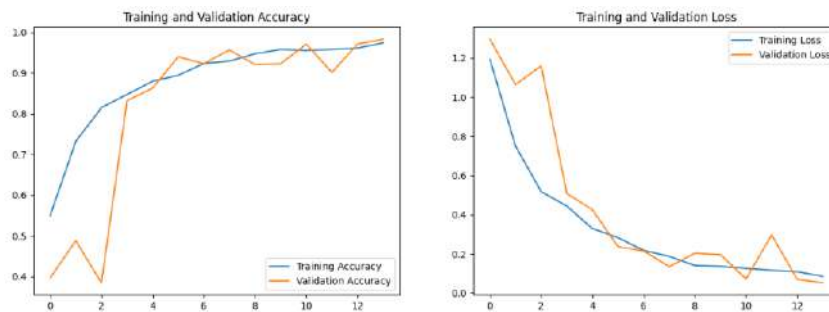


Figure 10. VGG-19 Training Curve.

Real-World Evaluation

Real-world testing was conducted using a folder containing 48 images containing chickenpox, hand, foot, and mouth disease (HFMD), and measles classes. Figure 11 shows the VGG19 model's predictions for diseases, along with the corresponding confidence scores for each prediction, and with evaluation results shown in Table 2.



Figure 11. Sample of the test output.

Table 2. Real-World Evaluation Results.

Metric	ResNet50	VGG19	CNN
Accuracy	0.25	0.83	0.75
Precision (avg)	0.06	0.83	0.83
Recall (avg)	0.25	0.83	0.75
F1-score (avg)	0.25	0.83	0.75

Discussion

Optimization Impact and Model Comparison

The application of optimization strategies substantially improved the performance of the evaluated models. Initially, the ResNet50 model suffered from pronounced overfitting, evidenced by a test accuracy of 25% and validation loss nearing 10. Similarly, the Custom CNN revealed a performance gap between its training and real-world phases, suggesting limitations in model adaptability. In contrast, the VGG19 model, after architectural fine-tuning and regularization techniques like early stopping and learning rate scheduling, attained an optimal balance between learning efficiency and robustness. Its final validation accuracy of 98.32%, alongside competitive real-world results, highlights its capacity to adapt effectively to clinical data. Additionally, Custom CNN preserved high precision (83%) after optimization, which suggests its strength in reducing false positives. However, its moderate recall points to missed true cases, indicating room for improvement in sensitivity. These comparative outcomes underscore the value of targeted refinement methods in mitigating overfitting and boosting generalization to unseen samples, as illustrated in Figure 12. Transfer learning models such as VGG19 clearly benefit from domain-specific adaptation, reaffirming their relevance for image-based diagnostic tasks.

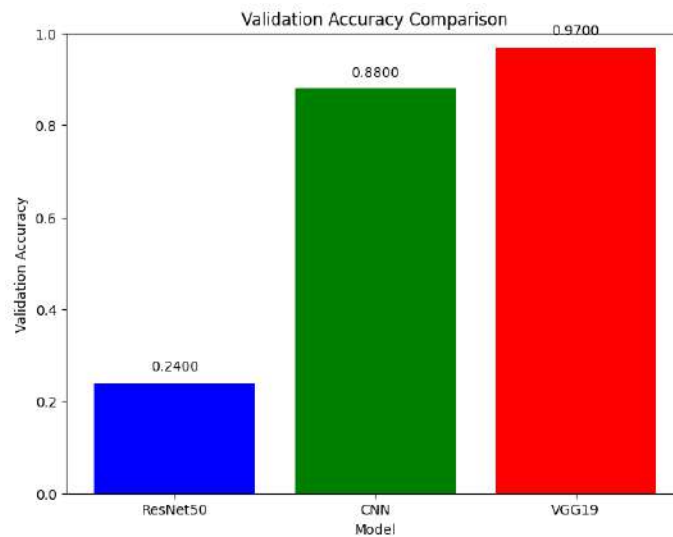


Figure 12. Comparison of models' results.

Clinical Implications and Limitations

When tested under real-world conditions, model performance varied notably. VGG19 emerged as the most clinically viable candidate, achieving 83.33% accuracy with balanced precision, recall, and F1-score, each at 83%. These outcomes reinforce the model's adaptability and its potential for deployment in healthcare settings, particularly within pediatric diagnostics.

Custom CNN, despite excellent validation scores, showed a slight drop in real-world accuracy (75%). Its precision remained consistently high, indicating dependability in identifying true negatives, but its lower recall values hint at missed diagnoses. ResNet50's performance declined markedly during external testing, further confirming its overfitting tendencies and inability to generalize beyond the training dataset, as noted earlier.

Strengths of the study include:

- Integration of deep learning with clinical image analysis.
- High practical performance of VGG19, supporting its pediatric applicability.
- Consistent precision from Custom CNN, limiting false-positive rates.

Identified limitations:

- Overfitting in ResNet50 and Custom CNN, suggesting a need for more varied training data.

- Moderate recall in Custom CNN, which could impact diagnostic sensitivity.
- A limited test set (48 images), which constrains generalizability and statistical power.

Collectively, the findings underscore the promise of VGG19 for skin disease classification while emphasizing the importance of diversified datasets and refined regularization approaches to ensure model robustness across clinical environments.

Future Work

To enhance the clinical applicability of the proposed skin disease classification system, several key improvements are recommended. First, expanding the dataset to include a larger and more diverse collection of clinical images—capturing variation across age, skin tone, and geographic regions—would improve generalizability and reduce bias. Second, extending the diagnostic scope to cover additional pediatric skin conditions such as eczema, impetigo, fungal infections, and scabies would increase the system’s clinical relevance. Third, integrating multimodal patient data—including symptoms, medical history, and other clinical parameters—could strengthen diagnostic accuracy beyond image-based analysis alone. These enhancements would help transition the current prototype into a robust and practical decision-support tool for deployment in pediatric and telemedicine settings.

4.4 Implications for Entrepreneurship and Innovation Theory

The integration of artificial intelligence (AI) into pediatric healthcare introduces not only a technological advancement but also a significant entrepreneurial opportunity. The results of this study align closely with established innovation and technology adoption theories, such as the Technology Acceptance Model (TAM) and the Diffusion of Innovations framework. These theories suggest that the perceived usefulness and ease of use of a new technology play essential roles in its adoption[28][29]. The high accuracy and user-friendly interface of the developed AI model demonstrate that such tools can effectively lower adoption barriers for non-specialist users, including nursery staff, pediatric nurses, and parents[30][31].

From an entrepreneurial perspective, the system represents a strong value proposition—a cost-effective and accessible diagnostic support tool for early detection of skin diseases in children. The findings reveal a potential business model centered on cloud-based AI services (SaaS) or locally deployed solutions integrated into existing pediatric or telemedicine platforms. The path from research prototype to marketable product may progress through clinical validation, pilot testing in nurseries, and partnerships with health-tech incubators or public health authorities. Thus, this study demonstrates how domain-specific AI systems can transform academic innovation into tangible entrepreneurial opportunities that enhance healthcare outcomes.

Condensed and Focused Theoretical Framework

This research is informed by three complementary theoretical foundations: Technology Adoption, Innovation Diffusion, and Entrepreneurial Opportunity Recognition. Technology Adoption theory emphasizes the roles of perceived usefulness, ease of use, and behavioral intention in determining user engagement. Innovation Diffusion theory contributes by highlighting observable advantages and compatibility with existing practices as key factors driving the adoption of new technologies. Finally, Entrepreneurial Opportunity Recognition theory explains how technological advancements create new markets and value chains that entrepreneurs can exploit[32][33].

Synthesizing these perspectives, the study proposes three core assumptions: (1) AI models that are transparent and clinically validated improve trust and perceived usefulness among users; (2) accessible design—through intuitive interfaces and efficient processing—enhances the likelihood of early adoption; and (3) validated real-world performance data act as a trigger for entrepreneurial ventures seeking to scale health-tech innovations. This framework provides a theoretical foundation for linking the study's empirical results to innovation management and entrepreneurship development.

Practical Implications for Entrepreneurship Education in Saudi Universities

The study's outcomes have strong implications for entrepreneurship and innovation education, particularly in Saudi universities seeking to develop the next generation of digital health entrepreneurs. Integrating the lessons from this project into academic programs can bridge the gap between classroom learning and real-world innovation[34]. The following strategies are recommended:

Health-Tech Venture Development Module

Introduce dedicated coursework focused on identifying healthcare challenges, designing AI-driven solutions, and navigating regulatory and ethical frameworks. Students can engage in team-based projects using real datasets, culminating in the design of a minimum viable product (MVP) ready for pilot testing.

Interdisciplinary Collaboration Tracks

Encourage collaboration between students of computer science, medicine, and business disciplines to co-create viable health-tech solutions. These teams can develop business models, perform stakeholder analyses, and design pilot implementation strategies.

Incubation and Clinical Validation Pathways

Establish partnerships between university innovation centers and local hospitals to support pilot deployment, mentorship, and ethical review processes. Providing seed funding and clinical access will enable students to validate their innovations in real-world healthcare environments.

Performance and Impact Evaluation

Expand assessment criteria to include not only technical accuracy but also social and commercial viability. Evaluation metrics may include user satisfaction, market readiness, and compliance with ethical and regulatory standards.

Policy and Ecosystem Alignment

Align educational initiatives with Saudi Vision 2030's goals for digital transformation and knowledge-based economic diversification. Embedding this alignment ensures that student projects contribute directly to national innovation priorities.

By embedding such initiatives, Saudi universities can serve as catalysts for transforming academic prototypes into commercially viable ventures, fostering a new generation of entrepreneurs equipped to advance the national health innovation ecosystem.

Ethical Procedures

Ethical approval and participant protection were central to this research. All image data used in this study were verified to comply with institutional ethical standards and data-use policies. For images sourced from the public MpoX Skin Lesion Dataset (MSLD v2.0), informed consent had been obtained by the original data providers. For any additional clinical validation images, the research team received Institutional Review Board (IRB) approval and documented informed consent from the legal guardians of pediatric participants.

All images were anonymized before analysis, and no personally identifiable information was collected or stored. Data processing was conducted using encrypted devices with restricted access. Any data sharing or secondary analysis followed strict confidentiality agreements and required prior IRB clearance. The study adhered to the principles of minimal data exposure, privacy protection, and ethical transparency throughout the research lifecycle[35].

Concluding Remarks and Link to Entrepreneurship

The integration of AI into pediatric healthcare presents a promising avenue for both technological advancement and entrepreneurial innovation. This research demonstrates

that academic projects can evolve into practical solutions addressing critical health challenges, particularly when supported by strong institutional ecosystems. By applying an entrepreneurial lens, this study underscores how AI models, once validated, can be transformed into scalable digital ventures with measurable social and economic impact.

Embedding such research within entrepreneurship education and incubation programs in Saudi Arabia will not only enhance innovation capacity but also accelerate the translation of AI-driven prototypes into market-ready health solutions. Ultimately, the project exemplifies how the convergence of science, technology, and entrepreneurship can foster sustainable development—supporting both the health of children and the broader goals of national innovation under Saudi Vision 2030.

Patents

No patents have resulted from the work reported in this manuscript.

Author Contributions: “Conceptualization, E.H.A; methodology, E.H.A and L.A.A.; software, E.H.A and L.A.A.; validation, E.H.A and L.A.A.; formal analysis, E.H.A and L.A.A. ; investigation, E.H.A and L.A.A.; resources, H.F.A.; data curation, E.H.A and L.A.A.; writing—original draft preparation, E.H.A and L.A.A.; writing—review and editing, E.H.A and L.A.A.; visualization, E.H.A and L.A.A.; supervision, S.A.; project administration, S.A.; funding acquisition, “no funding was received for this study”. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

Funding: “This research received no external funding”.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement:

The data supporting the findings of this study are publicly available in the Mpox Skin Lesion Dataset (MSLD) v2.0 on Kaggle at: <https://www.kaggle.com/datasets/joydippaul/mpox-skin-lesion-dataset-version-20-msld-v20>.

Acknowledgments: First and foremost, praise is being to Allah for the countless blessings and for providing us with health, strength, and patience to complete this work.

Also, we would like to thank our supervisor, Dr. Somayah Albaradei, for her continued support, patience, and advice. It is worth expressing our deep thanks for her guidance and endless support. Without her, we would never reach this current level of success. She has guided us step-by-step up to this moment. She also guided and encouraged us to finish this work with their constructive tips. And we learned a lot of things from her. She could bring out the best of me. We feel proud of working under their supervision.

We are also deeply thankful to all our friends and our teachers. Your knowledge, dedication, and support have shaped our academic path and contributed significantly to this achievement.

We can't deny the superior support from our families. They have been our constant sources of inspiration and motivation. Their belief in us has been a source of strength and inspiration.

Conflicts of Interest: "The authors declare no conflicts of interest".

References

- [1] James, W. D., Timothy, G., & Elston, D. M. (2006). *Andrews' diseases of the skin: Clinical dermatology*. Saunders Elsevier.
- [2] Bewley, A. (2017). The neglected psychological aspects of skin disease. *BMJ*, 358, j3208. <https://doi.org/10.1136/bmj.j3208>
- [3] Seth, D., Cheldize, K., Brown, D., & Freeman, E. E. (2017). Global burden of skin disease: Inequities and innovations. *Current Dermatology Reports*, 6(3), 204–210. <https://doi.org/10.1007/s13671-017-0192-7>
- [4] Kelbore, A. G., Owiti, P., Reid, A. J., Bogino, E. A., Wondewosen, L., & Dessu, B. K. (2019). Pattern of skin diseases in children attending a dermatology clinic in a referral hospital in Wolaita Sodo, southern Ethiopia. *BMC Dermatology*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12895-019-0085-5>
- [5] Chowdhury, S., Roy, S., Mitra, A., & Das, P. (2016). Automated numbers of cluster determination using the combination of entropy and histogram peaks from multiple images. *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, 9(7), 107–116. <https://doi.org/10.14257/ijcip.2016.9.7.10>
- [6] George, Y., Aldeen, M., & Garnavi, R. (2016). Pixel-based skin segmentation in psoriasis images. *Proceedings of the IEEE EMBS*, 2016, 1352–1356. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7590958>
- [7] Tschandl, P., Rosendahl, C., & Kittler, H. (2018). The HAM10000 dataset: A large collection of multi-source dermatoscopic images of common pigmented skin lesions. *Scientific Data*, 5, 180161. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.161>
- [8] Srinivasu, P. N., Sivasai, J. G., Ijaz, M. F., Bhoi, A. K., Kim, W., & Kang, J. J. (2021). Classification of skin disease using deep learning neural networks with MobileNet V2 and LSTM. *Sensors*, 21(8), 2852. <https://doi.org/10.3390/s21082852>
- [9] Polat, K., & Koc, K. O. (2020). Detection of skin diseases from dermoscopy image using the combination of convolutional neural network and one-versus-all. *Journal of Artificial Intelligence and Systems*, 2(1), 80–97. <https://doi.org/10.33969/AIS.2020.21006>

- [10] Maduranga, M. W. P., & Nandasena, D. (2022). Mobile-based skin disease diagnosis system using convolutional neural networks (CNN). *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 14(3), 47–57. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2022.03.05>
- [11] Ahammed, M., Al Mamun, M., & Uddin, M. S. (2022). A machine learning approach for skin disease detection and classification using image segmentation. *Healthcare Analytics*, 2, 100122. <https://doi.org/10.1016/j.health.2022.100122>
- [12] Dhivyaa, C. R., Sangeetha, K., Balamurugan, M., Amaran, S., Vetriselvi, T., & Johnpaul, P. (2020). Skin lesion classification using decision trees and random forest algorithms. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 15(1), 157. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02675-8>
- [13] Pai, V. R., Pai, S. G., Suhasi, P. M., & Rekha, P. M. (2023). Identification and classification of skin diseases using deep learning techniques. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2628782/v1>
- [14] Saifan, R., & Jubair, F. (2022). Six skin diseases classification using deep convolutional neural network. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 12(3), 3072–3082. <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i3.pp3072-3082>
- [15] Islam, T., Hussain, F. U. H., Chowdhury, B. M. R., & Islam, B. M. R. (2022). Can artificial intelligence detect monkeypox from digital skin images? *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2022.08.08.503193>
- [16] Bordoloi, D., et al. (2023). Classification and detection of skin disease based on machine learning and image processing evolutionary models. *Computer Assisted Methods in Engineering and Science*, 30(2), 247–256. <https://doi.org/10.24423/comes.479>
- [17] Kanekar, B., et al. (2025). Classification of cutaneous diseases: A systematic study on real-time captured images using deep learning. *Lecture Notes in Computer Science*, 15313, 147–162. https://doi.org/10.1007/978-3-031-78201-5_10
- [18] Akyeramfo-Sam, S., Addo, P., Yeboah, D., Nartey, N. C., & Nti, I. K. (2019). A web-based skin disease diagnosis using convolutional neural networks. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 11(11), 54–60. <https://doi.org/10.5815/ijitcs.2019.11.06>
- [19] Yadav, N., & Narang, V. K. (2016). Skin diseases detection models using image processing: A survey. *International Journal of Computer Applications*, 137(12), 975–8887.
- [20] Yusof, M. M., Aziz, R. A., & Fei, C. S. (2013). The development of online children skin diseases diagnosis system. *International Journal of Information and Education Technology*, 3, 231–234. <https://doi.org/10.7763/ijiet.2013.v3.270>
- [21] Alghieth, M. (2022). Skin disease detection for kids at school using deep learning techniques. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 18(10), 114–128. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i10.31879>

- [22] El-Mashharawi, H. Q., Naser, S. S. A., Alshawwa, I. A., & Elkahlout, M. (2025). Grape type classification using deep learning. *International Journal of Academic Engineering Research*. Retrieved May 2, 2025, from <http://www.ijeais.org/ijaer>
- [23] Yotsu, R. R., Ding, Z., Hamm, J., & Blanton, R. E. (2023). Deep learning for AI-based diagnosis of skin-related neglected tropical diseases: A pilot study. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 17(8), e0011230. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011230>
- [24] Okiyama, S., et al. (2022). Examining the use of an artificial intelligence model to diagnose influenza: Development and validation study. *Journal of Medical Internet Research*, 24(12). <https://doi.org/10.2196/38751>
- [25] Chen, Y. C., et al. (2022). Smartphone-based artificial intelligence using a transfer learning algorithm for the detection and diagnosis of middle ear diseases: A retrospective deep learning study. *EClinicalMedicine*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2022.101543>
- [26] Sabir, R., & Mehmood, T. (2024). Classification of melanoma skin cancer based on image data set using different neural networks. *Scientific Reports*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-75143-4>
- [27] Latif, G., Abdelhamid, S. E., Mallouhy, R. E., Alghazo, J., & Kazimi, Z. A. (2022). Deep learning utilization in agriculture: Detection of rice plant diseases using an improved CNN model. *Plants*, 11(17), 2230. <https://doi.org/10.3390/plants11172230>
- [28] Rahimi, B., Nadri, H., Lotfnezhad Afshar, H., & Timpka, T. (2018). A systematic review of the Technology Acceptance Model in health informatics. *Applied Clinical Informatics*, 9(3), 604–634. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6094026/>
- [29] AlQudah, A. A., Al-Emran, M., & Shaalan, K. (2021). Technology acceptance in healthcare: A systematic review. *Applied Sciences*, 11(22), 10537. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/22/10537>
- [30] Wurster, J., Schick, T., & Dohle, S. (2024). Using diffusion of innovation theory to understand eHealth adoption among patients. *Journal of Medical Internet Research*, 26(4), e11247801. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11247801/>
- [31] Putteeraj, M., Sounderajah, V., & Darzi, A. (2022). Factors influencing healthcare professionals' adoption of eHealth technologies: A diffusion of innovations approach. *International Health*, 14(3), 236–245. <https://academic.oup.com/inthealth/article/14/3/236/6296094>
- [32] Kreuzer, M., Landini, F., & Peris-Ortiz, M. (2022). Digital technologies and opportunity recognition: A systematic review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 20. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8811742/>
- [33] Glover, W., Naidu, R., & Patton, D. (2024). Entrepreneurship and innovation in healthcare: A conceptual integration. *Technological Forecasting & Social Change*, 203, 123578. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352673424000283>

- [34] Dyer, J. H., Gregersen, H. B., & Christensen, C. M. (2009). Entrepreneur behaviors, opportunity recognition, and the origins of innovative ventures. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 3(1), 1–20. https://effectuation.org/hubfs/Journal%20Articles/2017/05/Dyer_et_al-2008-Strategic_Entrepreneurship_Journal.pdf
- [35] May, C., Finch, T., Mair, F., Ballini, L., Dowrick, C., Eccles, M., & Rogers, A. (2009). Understanding the implementation of complex interventions in healthcare: The normalization process model. *BMC Health Services Research*, 9, 188. https://en.wikipedia.org/wiki/Normalization_process_model

Innovation in Last Mile Delivery and Entrepreneurial Opportunities

Mohammad Asif Salam^{1*} and Lujain Al Amoudi¹

¹Faculty of Economics and Administration, King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia

* masalam1@kau.edu.sa

Abstract. Contextually, post-pandemic and e-commerce boom era has attributed to the optimizations of Last-mile delivery (LMD) however this has created a set of new challenges for both the logistics service performance and overall business success. Issues such as labour shortages, failed delivery attempts, traffic congestion, and carbon emissions highlight the importance of innovation. Therefore, this study reviews the challenges and obstacles in LMD, with a particular focus on the Saudi Arabian context. It also presents some key advancements in LMD and discusses real-world, successful cases, such as RedBox, which reflect the rebirth of logistics-centred entrepreneurship.

Furthermore, it highlights key directions for future research and opportunities for entrepreneurial investments, aiming to inform both scholars and practitioners navigating this rapidly evolving space.

Keywords: Last Mile Delivery, Innovation, Out of Home Delivery, Entrepreneur, Opportunities, Review.

Introduction

In the context of post-pandemic and e-commerce boom era, optimizations of Last-mile delivery (LMD) is proving to be evermore challenging for both the logistics service performance and overall business success (Suguna et al., 2022; Ma et al., 2022; Tsai et al., 2024). The LMD performance efficiency is a focal point when it comes to consumer delivery experience, since it relies profoundly on online and mobile commerce efficacy during product delivery (Kawa, 2020). This interaction creates a competitive space for e-retailers and logistic service providers (Mohri et al., 2024). Therefore, effective logistics processes entails knowledge on both consumer expectations and delivery strategies (Olsson et al., 2023).

A noted growth leap in Saudi Arabia's e-commerce sector has highlighted progress expectations in retail and logistics (Aljohani, 2024). Stimulated by digitization and increasing customer expectations, the e-commerce market in Saudi Arabia is projected to have an upwards trend from USD 27.96 billion in 2025 to USD 49.49 billion in 2030, achieving a Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 12.1% respectively (Statista, 2025). Moreover, consumer behaviour is rapidly shifting, with online shopping frequency doubling in the past two years and nearly 40% of shoppers purchasing groceries weekly online (McKinsey, 2024). Therefore, sustainable, scalable, efficient LMD solutions are paramount to the Saudi Arabia's modernization of its logistical landscape, addressed in its vision 2030, which sets future plans catering to these projected demands.

Despite the evident momentum, there is limited scholarly focus on how entrepreneurial ventures are leveraging emerging innovations (e.g., parcel lockers, autonomous delivery, crowdsourcing, and AI) to address last-mile delivery challenges—particularly within the Saudi Arabian context. The applicability of technological solutions were adamantly explored in the literature (e.g., drones, lockers, electric fleets), however the localization, feasibility, and entrepreneurial commercialization of these solutions within Saudi Arabia’s regulatory, economic, and cultural context were not addressed sufficiently (Alhothali et al., 2024).

Innovation permits seeding entrepreneurial activity, empowering new firms and start-ups to emerge, have onset innovations capitalization, gain competitive advantages, and address the “last mile” challenges (Nagadeepa et al., 2024).

This study is a conceptual review paper that aims to explore how innovations in LMD add value to the emergence of entrepreneurial opportunities with a focus on the Saudi Arabian context. It elaborates on academic studies, real-world industry cases, and national strategic initiatives to illustrate whats new in the scope of urban delivery technological innovations, such as the use of smart lockers, autonomous vehicles, and crowd logistics. Furthermore, it highlights key directions for future research and investment, aiming to inform both scholars and practitioners navigating this rapidly evolving space.

Literature review

LMD is the final stage in the logistics supply chain, connecting product delivery from local warehouses to customers (Janinhoff et al., 2024). Moreover, LMD can be the most costly phase, accounting for approximately 50% of overall logistics expenses (Wise Systems, 2023; Skyes, 2023). Besides cost, Boysen et al. (2021) discussed five main challenges faced in LMD: Increasing volume of shipments driven by urbanization and the growth of e-commerce, sustainability, and the increased volume of shipments necessitating more delivery vehicles, which negatively impacts the environment, health, and infrastructure, and contributes to congestion (Sahu et al., 2021). The costs of traditional delivery methods, such as those using vans or bikes, are expensive. Costs are further inflated by traffic congestion and the scarcity of parking in urban areas. Failed deliveries attempts can also be challenging to overcome, since it is heavily influenced by logistical factors, such as uncertainty about parking, accurate customer addresses, and customer availability (Mohammad et al., 2023; Wang et al., 2023). Time pressure: The rise in e-commerce has led to a significant increase in parcel volume, as well as a growing demand for faster deliveries, including next-day or same-day services (Vakulenko et al., 2018; Yuen et al., 2019). LMD operations must follow very tight deadlines, and they contend with stochastic workloads that fluctuate significantly throughout the week and year, necessitating flexible and scalable solutions (Mangiaracina et al., 2019). Additionally, they must contend with an ageing workforce. Urban areas tend to have a more aged population in comparison to rural areas which may resulted in a shortage of parcel delivery personnel, a physically demanding profession (Mohammad et al., 2023).

Recent studies have reported numerous developments aimed at reducing these inefficiencies. Zhu et al. (2023) lists several methods of LMD transportation, to decrease costs, burden of environmental impacts, and associated consumer pressures with traditional LMD:

- **Bicycles:** Including traditional and electric cargo bikes, which are seen as a more sustainable option for dense urban areas (Narayanan& Antoniou, 2022).
- **Tricycles:** Often used in specific contexts, such as in China, for their flexibility in certain urban environments (Xu et al., 2022).
- **Trucks:** The conventional method, often used as a baseline for comparison or in combination with newer technologies (Kostrzewski et al., 2022).
- **Crowd Logistics:** Leveraging a network of non-professional couriers to perform deliveries, often coordinated through digital platforms (Shahin et al., 2025). (e.g., Amazon Flex and Uber Eats represent global leaders in this model, allowing independent contractors to complete deliveries.).
- **Parcel Lockers:** Automated stations for self-service parcel pick-up and delivery, offering a flexible and contactless option for consumers (Mangiaracina et al., 2019; Tsai et al., 2021).
- **Electric Vehicles (EVs):** Specifically, electric light commercial vehicles (eLCVs), which help reduce carbon emissions compared to traditional combustion engine vans (Tsakalidis et al., 2020).
- **Autonomous Vehicles:** Self-driving vans or cars used for parcel delivery, representing a move towards greater automation in logistics (Chen et al., 2021).
- **Autonomous Drones:** Unmanned aerial vehicles used for delivering packages, noted for their potential to speed up delivery and navigate difficult terrains (Mohsan et al., 2023).
- **Autonomous Robots:** Ground-based robots that travel on sidewalks or streets to deliver goods directly to consumers (Alverhed et al., 2024).

Therefore, the development of transportation modes has shifted focus over the years: first, research centred on efficiency (e.g., trucks, tricycles), then evolved into greater environmental consciousness (leading to crowd logistics and bicycles), and culminated in complete automation (robots and drones).

Also, out-of-home delivery (OOHD) technologies have garnered much attention among all such innovations. For example, Smart parcel lockers (SPLs), parcel stores, and mobile collection points facilitate delivery collection, reduce unsuccessful delivery efforts, and offer consumers enhanced flexibility in parcel retrieval (Janinhoff et al., 2024; Kawa, 2020). DHL's German locker network expanded from 4,000 units in 2019 to 8,500 in 2021, with a target of reaching 15,000 by 2023 (DHL, 2022).

Furthermore, the COVID-19 pandemic expedited the implementation of lockers, offering contactless and secure options amid heightened health concerns (Hu et al., 2024). By increasing the perceived value of contactless services and accelerating the shift to e-commerce, the pandemic created an environment where consumers were more willing to adopt self-service technologies, such as SPLs, leading to significant network growth and the potential formation of lasting consumer habits (Tsai et al., 2024; Wang et al., 2023).

Janinhoff et al. (2024), in addition, outlined three business models for out-of-home delivery (OOHD) by categorizing the different types of service providers involved:

1. **Facility Providers:** Companies operating OOHD infrastructure and selling storage capacity to other companies. Examples include Pick in Singapore and Hive Box in China.
2. **Delivery Service Providers:** Businesses that use third-party OOHD facilities to deliver parcels. Examples are UPS and FedEx.
3. **Logistics Service Providers:** This model combines the first two; these companies both build and operate their own proprietary OOHD infrastructure, handling parcel deliveries themselves. This model is typically adopted by larger companies, such as DHL, GLS, DPD, and national postal services, as the high cost of setting up a proprietary network is justified by the large volume of parcels.

Each model generates opportunities for new ventures. Start-ups can focus on digital orchestration platforms, sustainability-certified fleets, or mobile parcel lockers that can be adjusted to underserved areas. Also, facility providers can scale their networks through partnerships with retailers. Logistics operators can differentiate themselves by offering hybrid door-to-door and locker services. (Pourmohammadreza et al., 2025). Critically, these models demonstrate that the last mile is open to competition from agile, entrepreneurial firms, rather than being a closed market controlled by large incumbents.

Whereas technological innovation addresses many of the operational inefficiencies of last-mile delivery (LMD), entrepreneurship is needed to convert these innovations into practical, scalable, and context-adaptive business models. By understanding market gaps, accommodating adaptive solutions, and forming strategic collaborations, entrepreneurial firms can fully leverage the decentralized nature of LMD to their own advantage. This fills an intermediary, valuable gap between emerging technologies, such as smart parcel lockers, crowd-sourced delivery platforms, drones, and robotic cars, and the complex logistical requirements of cities. (Zhu et al., 2023; Ma et al., 2022). Entrepreneurial firms are equally critical in emerging markets, wherein government-private sector collaborations and policy inducements (e.g., Vision 2030 in Saudi Arabia) are creating space for start-ups and Small and Medium Enterprises (SMEs) to promote LMD modernization (Alharbi et al., 2022; Mahdaly & Adeinat, 2022). Here, it is thus necessary to innovate technically while building an entrepreneurial ecosystem capable of designing, prototyping, and adjusting last-mile solutions to varying urban, regulatory, and consumer conditions.

How Innovative Solutions Drive Entrepreneurial Success in Logistics

The link between entrepreneurial opportunities and the enhancement of last-mile logistics is synergetic. Entrepreneurs may identify inefficiencies in the current system and introduce innovative answers that create value for both consumers and logistics operators through:

1. Addressing Market Gaps: Traditional delivery systems often fail to meet modern consumer expectations on speed, flexibility, and sustainability. Entrepreneurial endeavors offer services such as 24/7 parcel lockers, instant drone delivery, or eco-friendly delivery options, which may fill these gaps.

2. Cost and Efficiency Gains: Solutions like parcel lockers and Pick-Up and Drop-Off (PUDO) services create operational efficiencies by consolidating deliveries (Wu & Li, 2023), which entrepreneurs can leverage to offer more competitive pricing.

3. Technological Enablement: Advances in Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), and automation enable new business models that were previously unfeasible (Lafuente & Sallan, 2024).

4. Value Co-creation: Many innovative solutions actively involve the consumer in the delivery process (e.g., self-collection) (Wang et al. 2020; Wang et al. 2021b). This creates an opportunity for entrepreneurs to design services that offer desired customer experiences, focusing on factors like convenience, security, and reliability, which in turn drive customer satisfaction and adoption.

Entrepreneurship is central to developing technological innovations into scalable, efficient LMD solutions (Goldsby et al., 2023). Various innovative business ideas are currently emerging, ranging from parcel lockers and crowd-sourced platforms to green and autonomous delivery technologies, as illustrated in **Table 1**. These technologies address major LMD challenges such as inefficiency in delivery, cost, and emissions, and also address novel entrepreneurial opportunities (Nguyen et al., 2025). Specifically, there are opportunities in creating locker infrastructure optimization tools based on artificial intelligence, drone delivery systems, and green delivery (Zou et al., 2023). In Saudi Arabia, Vision 2030 projects have initiated innovation pilots, such as drone delivery pilot projects in Jeddah and the expansion of smart locker networks, emphasizing the growing encouragement of entrepreneurial initiatives in logistics modernization.

Table 1. Entrepreneurial Opportunities in Last-Mile Delivery (LMD).

Innovation Type	Description & Applications	Entrepreneurial Opportunities	Real-life Examples (International & Saudi Arabia)
Out-of-Home Delivery (Parcel Lockers & Pick-up Points)	Self-service lockers and attended services reduce failed deliveries and emissions.	- Locker network operators (e.g., Hive Box) - Retail partnerships for pick-up/drop-off points - Maintenance, siting, and locker software solutions	-Global: DHL, FedEx, Hive boxes -Saudi Arabia: RedBox, Parcelat.

Autonomous Delivery (Drones & Robots)	Drones and ground robots offer fast, contactless delivery—ideal for remote areas or closed environments.	- Tech start-ups in drone/robot manufacturing - Route planning SaaS - Ground support and regulation navigation	-Global: Zipline (Rwanda, Ghana), Starship (USA/EU), Wing (Google) -Saudi Arabia: Jeddah drone pilot project (SPA, 2025)
Autonomous Delivery Vehicles (ADV)	Road-based self-driving vans used for parcel delivery; early-stage but rapidly developing.	- Start-ups in navigation systems, AI for urban mapping - Fleet coordination and monitoring software	-Global: Nuro (USA), JD.com (China) -Saudi Arabia: Exploratory stages via MoT & Vision 2030 R&D programs
Crowdsourced Delivery Platforms	Leverages gig workers to perform deliveries via flexible platforms.	- Build local platforms (e.g., Mrsool) -Develop APIs for e-commerce integration - Rider management and rating systems	Global: Amazon Flex, Glovo, Stuart -Saudi Arabia: Mrsool (local leader), Jahez, and Aramex fleet.
AI, Analytics & Optimisation	Predictive analytics for routing, forecasting demand, locker siting, and real-time fleet coordination.	- SaaS firms offering logistics analytics - CO₂ tracking tools - AI-based routing and load optimization	-Global: Routific, Onfleet (Canada, USA) -Saudi Arabia: Opportunities in Vision 2030-linked smart cities & logistics zones
Green & Sustainable Delivery (Microhubs, Cargo Bikes, Electric Vehicles (EVs))	Urban logistics solutions help reduce emissions and improve efficiency in densely populated areas.	- Operate microhubs in city centres - EV/cargo bike rental & logistics services - “Green delivery as a service” for retailers	Global: Amsterdam, Paris microhubs; NYC cargo bike trials -Saudi Arabia: Vision 2030 emphasizes EVs, sustainable logistics zones, and ESG-aligned delivery services

Saudi Arabia: Vision 2030 and Local Innovations in Last-Mile Delivery

Saudi Arabia’s Vision 2030 and the National Industrial Development and Logistics Program (NIDLP) are reshaping national logistics with over 100 billion USD in planned investments for smart corridors, digital infrastructure, and integrated supply chains (Saudi Logistics Consulting, 2025; Vision 2030; U.S. Department of Commerce, 2024). This strategic initiative

is creating fruitful ground for entrepreneurial innovation, LMD, and is helping Saudi Arabia emerge as a global logistics hub (Ministry of Transport and Logistics; AJOT, 2024).

Saudi Post national company, exemplifies the state-driven modernization initiative in Saudi Arabia by developing an electric delivery vehicle in partnership with Barq EV (SPL, 2022). As well as integrating with national address systems, aiming to minimize delivery failures by (Saudi Post SPL, 2023).

In the non-government sector, RedBox demonstrates the potential for scalability in smart locker entrepreneurship. Its services include 24/7 pick-up and drop-off, and it aims to target 10,000 lockers in the MENA region by 2030. To date, RedBox has facilitated over 10 million parcel deliveries, demonstrating robust consumer uptake and investor interest (Logistics Middle East, 2025).

Among the platform-style delivery companies, Jahez is now considered one of the leading Saudi logistics and food delivery ecosystems. Since its establishment in 2016, it has served more than 68 million orders, established 12,000 outlets for merchants, and in 2022, completed an IPO valued at USD 2.4 billion (Jahez Annual Report, 2021; Arab News, 2022; Entrepreneur, 2023).

“Parcelat”, through collaboration with DHL Express Saudi Arabia, incorporates the locker-sharing aspect within DHL’s services. This alignment enhances flexibility in delivery and allows parcels to be dropped off or picked up using intelligent lockers. This expands the reach of the last mile for DHL (Parcelat, 2025).

Alharbi et al. (2022) quantified both the business model prospects (such as dynamic pricing and social incentives) and the obstacles (trust deficits and regulatory confusion) for crowd logistics in Saudi Arabia. Khan (2025) conducted a qualitative evaluation of IoT-driven smart lockers, highlighting efficiency gains but also uptake challenges related to cultural factors and locker maintenance.

Together, where Vision 2030 initiatives, postal restructuring, start-ups, and delivery platforms intersect, these ingenuities reveal a rapidly changing Saudi LMD market. However, empirically examined measurements of consumer reaction, business value, and long-term performance are scarce, indicating potential future research imperatives.

Conclusion

Innovations in LMD are no longer a choice—urbanization, customer needs, and environmental demands are driving them. With traditional systems hindered by inefficiency, congestion, and failed deliveries, innovations such as smart parcel lockers, self-driving delivery robots, and crowdsourced logistics are redefining the final stretch of the supply chain. These innovations are driven by both technological and entrepreneurial factors.

Entrepreneurship is crucial to bridging the gap between innovation and implementation. It is what gives rise to smart locker networks, drone pilot programs in logistics, and application-based crowd shipping networks catering to the more refined needs of the modern customer.

Vision 2030 has identified investment streamlines that created fertile ground for logistical initiatives and start-ups, offering localized, flexible, and sustainable services that align with larger economic and sustainability agendas.

LMD innovation, in turn, will reveal not just operational efficiencies but also new economic potential for entrepreneurs seeking to optimize the logistics sector.

Future Research Avenues

Further studies should explore if certain innovations—such as smart parcel lockers, drones, or AI-driven optimization—translate into effective business models, particularly in developing markets.

Another promising venue is exploring the interaction between policy configurations and entrepreneurship in LMD. Additional work should explore government support, regulatory bodies, and public–private partnerships that encourage the adoption of innovation in LMD ecosystems, particularly if policy aims to create logistics hubs and encourage SME and start-up involvement.

Furthermore, similar to previous entrepreneurial intention models, it is essential to empirically test consumers’ convenience expectancies, risk perceptions, and trust, as well as their role in shaping the diffusion of entrepreneurial solutions in LMD.

Lastly, researchers could explore placing green delivery innovations not just as technological solutions but also as entrepreneurial niches that support global sustainability.

Reference

- AJOT. (2024, Oct 24). Saudi Arabia’s Vision 2030 program is designed to build a global logistics hub. American Journal of Transportation. <https://www.ajot.com/premium/ajot-saudi-arabias-vision-2030-program-designed-to-build-global-logistics-hub>
- Alharbi, A., Cantarelli, C., & Brint, A. (2022). Crowd models for last-mile delivery in an emerging economy. *Sustainability*, 14(3), 1401.
- Aljohani, K. (2024). The role of last-mile delivery quality and satisfaction in online retail experience: An empirical analysis. *Sustainability*, 16(11), 4743.
- Alverhed, E., Hellgren, S., Isaksson, H., Olsson, L., Palmqvist, H., & Flodén, J. (2024). Autonomous last-mile delivery robots: a literature review. *European Transport Research Review*, 16(1), 4.
- Arab News. (2020, January 12). Saudi delivery app Mrsool leads regional growth. Retrieved from <https://www.arabnews.com/node/1611486/business-economy>
- Arab News. (2022, Jan 06). Food delivery app's Jahez \$2.4bn market cap at debut is a sign of overvaluation, Saudi analyst says. Retrieved <https://arab.news/btmec>
- Boysen, N., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2021). Last-mile delivery concepts: a survey from an operational research perspective. *Or Spectrum*, 43(1), 1-58.
- Chen, C., Demir, E., Huang, Y., & Qiu, R. (2021). The adoption of self-driving delivery robots in last-mile logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 146, 102214.
- DHL (2022). Deutsche Post DHL bietet Kunden eine Million Fächer an 11,000 Packstationen. <https://www.dpdhl.com/content/dam/dpdhl/de/media-relations/press-releases/2022/pm-packstation-eine-million-faecher-20221128.pdf>. Retrieved September 8, 2023.
- Entrepreneur. (2023, Mar 18). Tracking Jahez’s five-year journey to become a unicorn in Saudi Arabia. Retrieved from <https://www.entrepreneur.com/en-ae/growth-strategies/tracking-jahezs-five-year-journey-to-become-a-unicorn-in/447936>

- Goldsby, T. J., Kuratko, D. F., & Goldsby, M. G. (2024). Developing an entrepreneurial mindset in supply chain managers: Exposing a powerful potential. *Journal of Business Logistics*, 45(2), e12372.
- Hu, Y., Chen, Y., Zhou, S., Yang, S., Jiang, H., & Ma, Y. (2024). Determinants of consumer intention to use smart food lockers during COVID-19: A multi-method approach. *International Journal of Hospitality Management*, 122, 103858.
- Jahez Annual Report. (2021). *Jahez platform overview and growth metrics*. (PDF). Retrieved from Jahez website. <https://jahezgroup.com/wp-content/uploads/2022/05/JAHEZ-AR-ENG-V3.pdf>
- Janinhoff, L., Klein, R., Sailer, D., & Schoppa, J. M. (2024). Out-of-home delivery in last-mile logistics: A review. *Computers & Operations Research*, 168, 106686.
- Kawa, A. (2020). Out-of-Home Delivery as a Solution of the Last Mile Problem in E-commerce. In *Smart and Sustainable Supply Chain and Logistics—Trends, Challenges, Methods and Best Practices: Volume 1* (pp. 25-40). Cham: Springer International Publishing.
- Khan, W. U. (2025). IoT-Based Smart Lockers: A Validation for the Saudi Arabian Market. *Journal of Business & Management Studies*. (Case study)
- Kostrzewski, M., Abdelatty, Y., Eliwa, A., & Nader, M. (2022). Analysis of modern vs. conventional development technologies in transportation—The case study of a last-mile delivery process. *Sensors*, 22(24), 9858.
- Kotzab, H., Hüseyinoğlu, I. Ö. Y., Şen, I., & Mena, C. (2024). Exploring home delivery service attributes: Sustainability versus delivery expectations during the COVID-19 pandemic. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 78, 103769.
- Lafuente, E., & Sallan, J. M. (2024). Digitally powered solution delivery: The use of IoT and AI for transitioning towards a solution business model. *International Journal of Production Economics*, 277, 109383.
- Last Mile Statistics 2023: Insights, Innovations & Trends. (2023). Wise Systems.
- Logistics Middle East. (2025, July 7). *RedBox targets 10,000 smart lockers across MENA by 2030*. Retrieved from <https://www.logisticsmiddleeast.com/logistics/redbox-targets-10000-smart-lockers-across-mena-by-2030>
- Mahdaly, K., & Adeinat, I. (2022). Factors that affect the adoption of RFID in the Saudi logistics industry: an empirical investigation. *The International Journal of Logistics Management*, 33(3), 1017-1039.
- Mangiaracina, R., Perego, A., Seghezzi, A., & Tumino, A. (2019). Innovative solutions to increase last-mile delivery efficiency in B2C e-commerce: A literature review. *International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management*, 73(4), 418–433.
- McKinsey & Company. (2024). How to win in the Gulf's dynamic consumer and retail sectors. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/how-to-win-in-the-gulfs-dynamic-consumer-and-retail-sectors>
- Ministry of Transport and Logistics. National Transport and Logistics Strategy (NTLS). Retrieved October 5, 2025, from <https://mot.gov.sa/en/ntls>

- Mohammad, W. A., Nazih Diab, Y., Elomri, A., & Triki, C. (2023, April). Innovative solutions in last mile delivery: concepts, practices, challenges, and future directions. *In Supply Chain Forum: An International Journal*, 24(2), 151-169.
- Mohri, S. S., Ghaderi, H., Van Woensel, T., Mohammadi, M., Nassir, N., & Thompson, R. G. (2024). Contextualizing alternative delivery points in last mile delivery. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 192, 103787.
- Mohsan, S. A. H., Othman, N. Q. H., Li, Y., Alsharif, M. H., & Khan, M. A. (2023). Unmanned aerial vehicles (UAVs): Practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. *Intelligent Service Robotics*, 16(1), 109-137.
- Nagadeepa, C., Dyczek, B., Mishra, A. K., Valerii, B., Oleksandr, O., & Sokoliuk, K. (2024). Last-Mile Delivery Innovations: The future of e-commerce logistics. In *Technology-Driven Business Innovation: Unleashing the Digital Advantage. Cham: Springer Nature Switzerland*, 1(283-296).
- Narayanan, S., & Antoniou, C. (2022). Electric cargo cycles-A comprehensive review. *Transport Policy*, 116, 278-303.
- Nguyen, L. C., Chu, M. B., Truong, H. Q., Dinh, H. G., & Duong, A. T. B. (2025). Exploring entrepreneurial actions of logistics firms for achieving success: An application of entrepreneurial action theory. *Case Studies on Transport Policy*, 20, 101429.
- Olsson, J., Hellström, D., & Vakulenko, Y. (2023). Customer experience dimensions in last-mile delivery: an empirical study on unattended home delivery. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(2), 184-205.
- Parcelat (2025, July 17). Parcelat and DHL Express Saudi Arabia launch strategic partnership to power smart and sustainable logistics across the Kingdom. Retrieved from <https://parcelat.com/parcelat-and-dhl-express-saudi-arabia-launch-strategic-partnership-to-power-smart-and-sustainable-logistics-across-the-kingdom/>
- Pourmohammadreza, N., Jokar, M. R. A., & Van Woensel, T. (2025). Last-Mile Logistics with Alternative Delivery Locations: A Systematic Literature Review. *Results in Engineering*, 104085.
- Pourrahmani, E., & Jaller, M. (2021). Crowdshipping in last mile deliveries: Operational challenges and research opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences*, 78, 101063.
- Sahu, P. K., Pani, A., & Santos, G. (2022). Freight traffic impacts and logistics inefficiencies in India: Policy interventions and solution concepts for sustainable city logistics. *Transportation in Developing Economies*, 8(2), 31.
- Saudi Logistics Consulting. (2025, Aug 13). Saudi Arabia's \$100B Smart Logistics Push Is Rewiring the Global Supply Chain. Retrieved October 5, 2025, from <https://saudilogisticsconsulting.com/insights/articles/saudi-arabia-100b-smart-logistics-rewiring-global-supply-chain>
- Saudi Post (SPL). (2023). Saudi Post Annual Report 2023. Saudi Post Logistics. Retrieved October 2025, from <https://splonline.com.sa/media/annualReport/spl-annual-report-2023.pdf>
- Saudi Post | SPL. (2022, Dec 5). "SPL" signs an agreement with "Barq EV" to design and manufacture electric delivery vans. Retrieved from <https://splonline.com.sa/en/media-center/news/20221205/>

- Saudi Press Agency. (2025, September 4). Drone parcel delivery trial launched in Jeddah under patronage of Vice Minister of Transport and Logistic Services [News release].
- Shahin, R., Shahin, A., & Dulebenets, M. A. (2024). A Survey of Crowdsourcing in Last-Mile Delivery in the Optimization Literature. *Data-Centric Business and Applications*, 371-392.
- Statista. (2025). *GCC eCommerce Outlook: Key Market Indicators*. Retrieved from <https://www.statista.com/outlook/emo/ecommerce/gcc#key-market-indicators>
- Suguna, M., Shah, B., Raj, S. K., & Suresh, M. (2022). A study on the influential factors of the last mile delivery projects during Covid-19 era. *Operations Management Research*, 15(1), 399-412.
- Sykes, P. (2023). Last Mile Delivery Costs—Challenges and Solutions.
- Tsai, Y. T., & Tiwasing, P. (2021). Customers' intention to adopt smart lockers in last-mile delivery service: A multi-theory perspective. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 61, 102514.
- Tsakalidis, A., Krause, J., Julea, A., Peduzzi, E., Pisoni, E., & Thiel, C. (2020). Electric light commercial vehicles: Are they the sleeping giant of electromobility?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 86, 102421.
- U.S. Department of Commerce. (2024). Transportation and Logistics Trade Mission to Saudi Arabia. Retrieved October 5, 2025, from <https://www.trade.gov/transportation-and-logistics-trade-mission-saudi-arabia>
- Vakulenko, Y., Hellström, D., & Hjort, K. (2018). What's in the parcel locker? Exploring customer value in e-commerce last mile delivery. *Journal of Business Research*, 88, 421–427.
- Vision 2030. National Industrial Development and Logistics Program (NIDLP). Retrieved October 5, 2025, from <https://www.vision2030.gov.sa/en/explore/programs/national-industrial-development-and-logistics-program>
- Wang, X., Wong, Y. D., Kim, T. Y., & Yuen, K. F. (2023). Does consumers' involvement in e-commerce last-mile delivery change after COVID-19? An investigation on behavioural change, maintenance and habit formation. *Electronic Commerce Research and Applications*, 60, 101273.
- Wang, X., Wong, Y. D., Shi, W., & Yuen, K. F. (2024). An investigation on consumers' preferences for parcel deliveries: applying consumer logistics in omni-channel shopping. *The International Journal of Logistics Management*, 35(2), 557-576.
- Wang, X., Wong, Y. D., Teo, C. C., Yuen, K. F., & Feng, X. (2020). The four facets of self-collection service for e-commerce delivery: Conceptualization and latent class analysis of user segments. *Electronic Commerce Research and Applications*, 39, 100896.
- Wang, X., Yuen, K. F., Teo, C. C., & Wong, Y. D. (2021b). Online consumers' satisfaction in self-collection: Value co-creation from the service fairness perspective. *International Journal of Electronic Commerce*, 25(2), 230-260.
- Wu, R., & Li, P. (2023). Continuance intention to use self-delivery boxes: An empirical study in Tianjin, China. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 70, 103152.
- Xu, J., Li, X., Pan, Y., & Du, M. (2022). Satisfaction of logistics dispatchers who use electric tricycles for the last mile of delivery: Perspective from policy intervention. *Sustainability*, 14(13), 7638.

- Yuen, K. F., Wang, X., Ng, L. T. W., & Wong, Y. D. (2019). An investigation of customers' intention to use self-collection services for last-mile delivery. *Transport Policy*, 79, 102–114.
- Zhu, X., Cai, L., Lai, P.-L., Wang, X., & Ma, F. (2023). Evolution, challenges, and opportunities of transportation methods in the last-mile delivery process. *Systems*, 11(10), 509.
- Zou, Bipan & Wu, Siqing & Gong, Yeming & Yuan, Zhe & Shi, Yuqian. (2023). Delivery network design of a locker-drone delivery system. *International Journal of Production Research*. 62.