مجلة جامعة الملك عبد العزيز: علوم تصاميم البيئة، م ١٦، ص ص: ٨٣-١٠٨ (٢٠٢٥م)
DOI: 10.4197 / Env.16-4

اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦ إلى٢١٠٠م) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

منى سالم الحربي

أستاذ مشارك برنامج نظم المعلومات الجغرافية، قسم العلوم الفيزيائية، كلية العلوم، جامعة جدة، جدة، المملكة العربية السعودية

msalharbe@uj.edu.sa

المستخلص. يعد التغير المناخي وخاصة التغيرات في درجات الحرارة أحد المجالات الهامة في الدراسات المناخية في الآونة الأخيرة لما لها من تأثيرات كبرى على الحياة على سطح الأرض. هدفت الدراسة إلى تناول موضوع اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦ إلى ٢١٠٠م) لثلاث فترات وهي؛ (الفترة المرجعية–فترة منتصف القرن–فترة نهاية القرن) وفقاً لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5. واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي وذلك من خلال الاعتماد على بيانات التغير المناخي لمخرجات مبادرة RICCAR. كما استندت الدراسة على الأسلوب الكارتوجرافي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية في معالجة وتصنيف وتحليل بيانات الدراسة. وتوصلت الدراسة إلى عدد من النتائج والتي من أهمها؛ اتجاه المملكة العربية السعودية نحو الارتفاع في درجات الحرارة السنوية وفق سناريو الانبعاث المتوسط (Moderate) والمرتفع (High) في جميع فترات الدراسة، كما أن أكثر مناطق المملكة العربية السعودية المعرضة لزيادة درجات الحرارة السنوية بشكل أعلى عن غيرها من المناطق هي المنطقة الشرقية وبعض أجزاء من النصف الشمالي والشمالي الغربي من المملكة (منطقة المدينة المنورة وتبوك والجوف) وكذلك بعض الأجزاء من منتصف المملكة (الرياض والقصيم وحائل)، كما أن سيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5 تنبأ بأن التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية في فترة نهاية القرن (٢٠٨١–٢١٠٠) End-Century (٢٠٨١–٢١٠٠) لن تقل عن (٣.٢٠مْ) وحتى (٤.٦٧مْ) في بعض المناطق.

كلمات مفتاحية: التغير المناخي، التصنيف، مبادرة ريكار، نظم المعلومات الجغرافية.

١. المقدمة

ظهر الاهتمام من قبل الباحثين في الآونة الأخيرة بالتغير المناخي وخاصة التغيرات في درجات الحرارة من خلال الأبحاث المنشورة أو اللقاءات والمؤتمرات العلمية التي كرست جهودها للبحث والنقاش في هذا الموضوع، وذلك للبحث عن أسبابة وتداعيته والحد من مخاطرة نظراً لتشعب عوامله وارتباطه بالأنظمة البيئة على سطح الارض.

يشير مفهوم التغير المناخي إلى التغيرات التي تحدث في طبقات الغلاف الجوي مثل درجة الحرارة وهطول الأمطار وغيرها من التغيرات التي يتم قياسها على مدار عقود أو فترات أطول (عوض وشحاته، ٢٠١٨م، ص٤٨). وتشتمل ظاهرة التغير المناخي Climate Change التغير في الأحوال المناخية السائدة في كل منطقة، كعناصر المناخ ومنها درجات الحرارة، وكمية الأمطار والرياح والظواهر المناخية الأخرى.

وبرز التوجه الحديث بالدراسات المتعلقة بالتغير المناخي نحو الاعتماد على الأساليب الحديثة المستندة على قواعد البيانات المفتوحة والنماذج المناخية والذكاء الاصطناعي والاستشعار عن بعد، والتي تتعامل بشكل مباشر مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية كأحد أهم التوجهات البحثية في الآونة الأخيرة، والتي نشرت كثيراً منها في مجلات ذات تصنيف مرتفع، وأظهرت دراساتهم نتائج يعتمد عليها في التطبيقات البيئية.

تؤدي نظم المعلومات الجغرافية (GIS) دوراً هاما في تحليل البيانات المكانية للتغير المناخي في البيئات المختلفة، وذلك من خلال الاستعانة بنماذج عالمية توضح كيفية تأثير التغير المناخي على الأنظمة البيئية مع تحديد المناطق الأكثر تعرضاً لذلك التغير. كما تساعد طبيعة البيانات التي يتم فيها استخدام نظم المعلومات الجغرافية في زيادة وعي المجتمعات بمختلف البيئات حول التغير المناخي وذلك من خلال عرضها المرئي للبيانات على هيئة خرائط أو رسوم بيانية، مما يسهل تحديد المشكلات المحلية والعالمية الناتجة عن التغير المناخي ووضع خطط لتخفيف من آثاره والتكيف معه.

تعد النمذجة القادرة على التوقع والخاصة بنظم المعلومات الجغرافية أحد أهم جوانبها، فمن خلال تحليل البيانات الحالية والقديمة، يمكن لنظم المعلومات الجغرافية توقع السيناريوهات البيئية المستقبلية؛ فتشمل توقع وتأثر تدهور التنوع البيولوجي، وموجات الجفاف المحتملة، وانتشار لأمراض المعدية تحت ظروف معينة (العبد، ٢٠٢٣م، ص٧).

تمت مناقشة مشكلة عدم وجود التجارب اللازمة لتقديم نظرة شاملة للتغيرات المناخية الإقليمية كأحد أهم المشكلات في تقرير التقييم الثالث للهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ (IPCC) (Giorgi et al., 2001). وقد

بدأ الاهتمام الدولي بالتغير المناخي منذ القرن التاسع عشر، ففي سنة ١٨٢٧م كان العالم الفرنسي جان بابتيست أول من أعتبر أن انبعاث الغازات يمكن أن يزيد درجة الحرارة على سطح الأرض. وفي سنة ١٨٩٦م أكد الكيميائي السويدي (سفانت أرينيوس) أن ثاني أكسيد الكربون الناتج عن احتراق الوقود سواء من النفط أو الغاز أو الفحم هو أهم ملوثات البيئة، والذي أصبح حالياً السبب الأول للتغير المناخي. وفي سنة ٢٠٠٧م صدر تقرير شامل عن الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) يشير إلى أن الاحتباس الحراري بات أمراً مؤكداً، وأنه سيؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض بمعدل يتراوح ما بين (١.٨ إلى ٤ درجات مئوية) مع نهاية القرن الواحد والعشرين (العدوى، ٢٠١٦م، ص١٧-١٨).

ويرى (Christensen et al., 2002) أن صناع القرار وعامة الناس يحتاجوا إلى معلومات مفصلة عن المناخ المستقبلي لتقييم المخاطر المرتبطة بتغير المناخ المحتمل بسبب انبعاثات غازات الدفيئة البشرية المنشأ. إن توقعات تغير المناخ في المستقبل موجودة بالفعل، ولكنها ناقصة، سواء من حيث توصيف أوجه عدم اليقين أو تفاصيلها الإقليمية.

وتوالت الأبحاث والدراسات المعتمدة على التكنولوجيا المتطورة للبحث في مناخ الماضي، ومحاولة التنبؤ بمناخ الأرض في المستقبل، وانتهت إلى أن بعض أسباب تغير المناخ يعود إلى التغيرات الكونية والأنشطة الشمسية، إلا أن الاتجاه السائد حمّل الأنشطة البشرية العبء الأكبر في إحداث التغير، وانعكس هذا كله في وجهات النظر المختلفة والمتفاوتة حول ظاهرة التغير المناخي، وعلت صيحات تحذير مقلقة ذهب أصحابها إلى أن زيادة ابتعاث غازات الدفيئة ستزيد من سخونة الأرض، وترفع درجة حرارتها بمقدار درجتين إلى خمس درجات من سيناريوهات توقع المناخ المتفائلة إلى السيناريوهات الأكثر تشاؤماً، التي تتوقع أن زيادة الاحترار على مدار عقود مقبلة سيدمر جزءاً من كوكب الأرض، وسيحولون التجمع حول القارة القطبية وبقاع الأرض المتبقية، التي تصلح للحياة (التويجري، ٢٠٢٢م، ص١١).

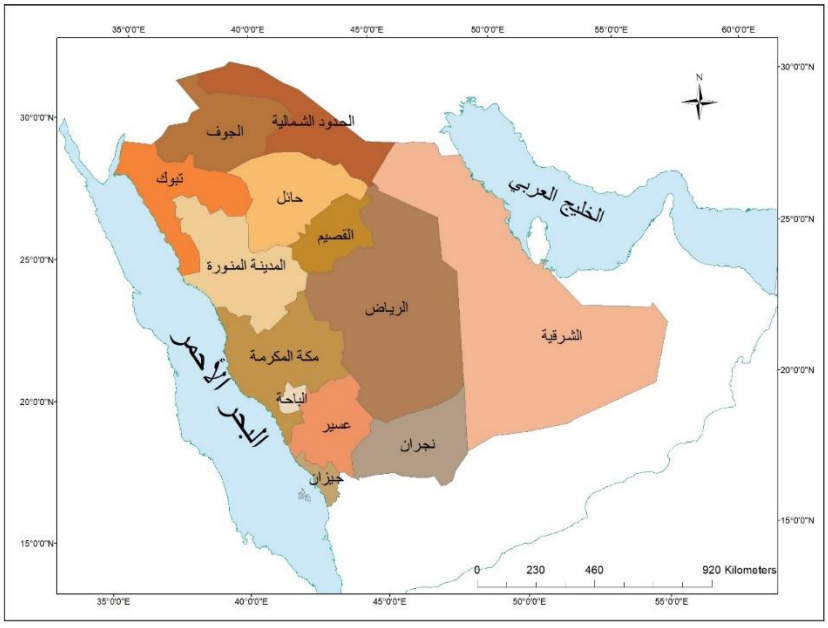
تساهم نظم المعلومات الجغرافية في تعزيز الدراسات المكانية والجغرافية التي تعتمد على التحليل والتفسير والقياس، وهذا يلعب دوراً مهماً في التنبؤ بمستقبل كافة الظواهر الجغرافية الطبيعية وكذلك استخلاص النتائج التي تدعم خطط التنمية المستقبلية في مختلف المجالات الاقتصادية (Orabi, 2022, p102).

وقد اقتصرت الدراسة على دراسة اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية نتيجة لكونها من أبرز العناصر المناخية التي تؤثر على العناصر المناخية الأخرى، بالإضافة إلى توفر نماذج متاحة على شبكة الإنترنت تحاكي الواقع الحالي والمستقبلي. لذا وظفت هذه الدراسة

نظم المعلومات الجغرافية لدراسة اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م).

١-١ منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة المملكة العربية السعودية في الركن الجنوبي الغربي من قارة أسيا. وتنحصر أراضيها بين دائرتي عرض ٤٦ً ٢٢َ ١٦ْ و٠٠ً ١٤َ ٣٢ْ شمالاً، وخطي طول ٣٠ً ٢٩َ ٣٤ْ و٠٠ً ٤٠َ ٥٥ْ شرقاً، ويمر مدار السرطان (٣٠َ ٢٣ْ شمالاً) في وسطها. وتبلغ مساحتها حوالي (مليوني كيلو متر مربع) تقريباً، وتغطي نحو (٧٠٪) من مساحة شبة الجزيرة العربية البالغة نحو (٢.٨ ملبون كم^{٢}). وتبلغ عدد المناطق الإدارية ثلاثة عشر منطقة أكبرها منطقة الرياض وأصغرها منطقة الباحة (شكل ١) (هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ٢٠١٢م، ص١٦).



شكل ١. التقسيم الإداري للملكة العربية السعودية.

المصدر: خريطة المناطق الإدارية للمملكة العربية السعودية الرقمية، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ٢٠١٣م، جدة.

جعل الموقع الفلكي معظم أراضي المملكة العربية السعودية داخل النطاق المداري ودون المداري الجاف بخصائصه المناخية المعروفة. وتتميز هذه الخصائص المكتسبة من الموقع الفلكي بارتفاع درجة الحرارة خلال شهور الصيف الطويل والتي تتميز بطول فترة ظهور الشمس فوق الأفق لنحو (١٣.٥ ساعة) يومياً وصفاء السماء معظم أيام السنة، وما يرتبط بذلك من تأثير واضح على ارتفاع درجات الحرارة خاصة أثناء النهار،

كذلك جعلها هذا الموقع ضمن نطاق الضغط المنخفض المداري خلال شهور الصيف والذي يتحول لمنطقة للضغط المرتفع شتاءً، كما أن هذا الموقع جعلها منطقة استقطاب للرياح التجارية الجافة على مدار السنة (محسوب وآخرون، ١٩٩٩م، ص١٥٩). كما أن الامتداد الكبير لمساحة المملكة العربية السعودية جعل منها منطقة منفردة في تضاريسها ما بين الجبال الشاهقة في جنوب غربها والسهول الساحلية على الجوانب المطلة على الخليج العربي والبحر الأحمر، وما بين هضاب وحرات وصحاري وأراضي رملية.

ويظهر أثر الارتفاع أكثر ما يظهر في جزئها الجنوبي الأكثر ارتفاعاً وتقطعاً في منطقة عسير، حيث تنخفض درجات الحرارة بشكل عام، ويقل الضغط الجوي وتتبدد القارية التي تسود الجزء الأعظم من مساحة المملكة، أما التأثير المرتبط

بالتوجيه فيظهر في حاجز النطاق الجبلي لمؤثرات البحر الأحمر –رغم ضعفها– في نطاق السهل الساحلي الضيق الذي يتميز بحرارته المرتفعة ورطوبته الزائدة بحكم ملاصقته لمسطح مائي مداري صندوقي مختنق، إلى جانب أن النطاق الجبلي يمنع وصول المؤثرات القادمة من قارة أسيا في الشرق خاصة في فصل الشتاء حيث الرياح الشمالية الشرقية الباردة (محسوب وآخرون، ١٩٩٩م، ص١٦٠–١٦١). ويتسم مناخ المملكة العربية السعودية بمناخ شبه جاف إلى صحراوي جاف مع أيام حارة وليالي باردة، وانخفاض شديد في هطول الأمطار السنوية باستثناء منطقة عسير في الأجزاء الجنوبية الغربية من المملكة التي تستقبل متوسط هطول حوالي (٣٠٠ ملم) سنوياً. وتتراوح درجة الحرارة العظمى في جميع أنحاء البلاد كالتالي: (٢٠–٣٠ درجة مئوية) خلال فصل الشتاء من ديسمبر إلى فبراير، و(٣٠–٤٠ درجة مئوية) خلال فصل الربيع من مارس إلى مايو، و(٣٥–٤٥ درجة مئوية) خلال فصل الصيف من يونيو إلى أغسطس و(٢٥–٣٥ درجة مئوية) خلال فصل الخريف من سبتمبر إلى نوفمبر. https://ncm.gov.sa/Ar/Climate/KSAClimate/Pages/default.aspx

١-٢ مشكلة الدراسة وأهميتها

شهد موضوع التغير المناخي ظهور تيارات متباينة بين مؤيد لحدوث ذلك التغير وبين معارض له، إلا أن كفة التأييد للتغير المناخي كانت هي الأرجح، والتي ظهرت من خلال نتائج الدراسات السابقة والأبحاث العلمية وجهود الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). وأصبح التغير المناخي من أهم المشاكل التي شغلت المجتمعات على المستوى العالمي، والإقليمي والمحلي وذلك في العقود الأخيرة، فزيادة درجات الحرارة والتغيرات المناخية بشكل عام لها مخاطر آنية وكذلك على المدى الطويل من حيث تأثيرها على الأنظمة البيئية والبشرية، وكل ما على كوكب الأرض بما فيه الكائنات الحية.

كل ذلك جعل من الضروري تناول موضوع اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦م إلى٢١٠٠م) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، نتيجة للصور الكارثية التي رسمت جراء التغير المناخي المستقبلي. مما يستدعي إجراء دراسة للتباينات المكانية لاتجاهات ذلك التغير لتكون دليلاً يشمل تلك التغيرات، والتي يمكن الرجوع إليها لوضع الخطط اللازمة من قبل الإدارات والجهات المعنية في كافة القطاعات لمواجهة هذا التغير والحد من تبعاته للتكيف معه وإيجاد أفضل الحلول للحد من تأثيرها.

ويتم استخدام النماذج المناخية في الأبحاث والدراسات العلمية في تناول موضوع تغير المناخ عير الزمن، والتي تعتمد في تناولها على الشبكة الجغرافية التي تغطي الكرة الأرضية. وتعد المبادرة الإقليمية لتقييم آثار تغير المناخ على الموارد المائية وقابلية تأثر القطاعات الاجتماعية والاقتصادية في المنطقة العربية (ريكار RICCAR) مبادرة مشتركة بين الأمم المتحدة وجامعة الدول العربية والتي تم إطلاقها في عام (٢٠١٠م)، وتتضمن مخرجات مبادرة (ريكار RICCAR) معدلات درجات الحرارة والتساقط والظواهر المناخية المتطرفة لثلاث فترات وهي؛ (الفترة المرجعية–فترة منتصف القرن–فترة نهاية القرن).

وتأتي دراسة اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية لثلاث فترات (الفترة المرجعية–فترة منتصف القرن–فترة نهاية القرن) وفقاً لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5 كأحد أهم النماذج التي اعتمدت عليها الدراسة، وذلك لأنها متاحة بشكل مجاني على الشبكة العنكبوتية، ويستطيع المستخدم تحديد احتياجه منها والعمل عليها في البرامج الحاسوبية، ومنها برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS. مما يشكل تصوراً حالياً ومستقبلياً لواقع التغير في درجات الحرارة السنوية ضمن التغير المناخي.

١-٣ أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى تناول موضوع اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م) لثلاث فترات وهي؛ (الفترة المرجعية–فترة منتصف القرن–فترة نهاية القرن) وفقاً لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5، وضمن ذلك الهدف العام يندرج الهدفين الفرعين التاليين:

١- التعرف على الاختلافات المكانية للتغير في معدلات درجة الحرارة السنوية في المملكة العربية السعودية لثلاث فترات (الفترة المرجعية-فترة منتصف القرن-فترة نهاية القرن) وفقاً لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5.

٢- حساب مقدار التغير في معدلات درجات الحرارة السنوية لثلاث فترات (الفترة المرجعية-فترة منتصف القرن-فترة نهاية القرن) وفقاً لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5.

٢. الدراسات السابقة

قدمت العديد من الدراسات المناخية التي تناولت موضوع التغير في درجات الحرارة المتوقعة كموضوع مستقل أوضمن ظاهرة التغير المناخي سواء على المستوى المحلي والإقليمي والعالمي، ومن أهم تلك الدراسات وفق السياق الزمني؛ هي:

هدفت دراسة الزواد واكسكال (Al Zawad & Aksakal, 2009) بعنوان تأثيرات تغير المناخ على موارد المياه في المملكة العربية السعودية إلى تحديد تأثيرات تغير المناخ في نهاية القرن الحادي والعشرين على موارد المياه في المملكة العربية السعودية، وذلك من خلال استخدام نموذج مناخي إقليمي PRECIS. تم تقييم إثنين من سيناريوهات الانبعاثات وهما (A2 وB2) التي صممته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC). اعتمدت الدراسة على استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS 9.2) وبرنامج VCDAT وبرنامج Kalida Graph لدراسة التغيرات في درجة حرارة السطح وهطول الأمطار وتبخر السطح وسرعات الرياح السطحية والجريان السطحي. وتوصلت الدراسة إلى نتائج عالية الدقة حيث يشير السيناريو A2 إلى فرض درجات حرارة أعلى وهطول أمطار أكثر وتبخر أقل وجريان أكثر من السيناريو B2، كما أن متوسط زيادة درجة الحرارة السطحية اليومية في المملكة العربية السعودية وفق السيناريو A2 بلغت (٤,٢ ْم) بينما بلغت (٣.٠ ْم) في السيناريو B2.

تناولت دراسة بواتينج (Boateng, 2012) موضوع تقييم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لمدى تعرض السواحل لتغير المناخ وتخطيط للتكيف الساحلي في فيتنام. هدفت الدراسة إلى تقييم مدى تعرض السواحل الفيتنامية لتغير المناخ مع مناقشة السياسات وخطط التكيف الساحلي المحتملة للحد من الآثار السلبية. تم استخدام تحليلات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تقييم تعرض السواحل. وتوصلت الدراسة إلى أن ضعف المنطقة الساحلية في فيتنام لا يمكن أن يعزى فقط إلى العوامل المناخية، بل وأيضاً إلى الحالة الجيومورفولوجية للساحل. فمعظم سواحل فيتنام، خصوصاً المناطق المحيطة بدلتا النهر الأحمر ونهر الميكونغ، تقع على ارتفاعات أقل من متر واحد. وتوصلت الدراسة إلى أن فيتنام يمكن أن تستخدم نهجاً غير هيكلي (مثل إنشاء مناطق عازلة على السواحل، وبناء

المنازل على ركائز خشبية، وأنظمة الإنذار من العواصف، وزراعة محاصيل مقاومة للفيضانات وبناء ملاجئ مرتفعة مع تخزين الأدوية والأغذية). وهذا قد يساعد لتكييف سواحل فيتنام المنخفضة حول الدلتا مع تغير المناخ، وتمكن هذه الاستراتيجية المناطق المعرضة للخطر من البقاء لفترة أطول قبل التراجع النهائي.

تناولت دراسة مندور (٢٠١٢م) بعنوان تغير درجة الحرارة السطحية بالمملكة العربية السعودية (دراسة في الجغرافيا المناخية) التغيرات بدرجات الحرارة السطحية في المملكة العربية السعودية من واقع السجلات الميتورولوجية لعدد (٢٣) محطة رصد جوي في المملكة العربية السعودية بهدف حساب معدل التغير لدرجة الحرارة السطحية بها. وتوصلت الدراسة إلى تزايد درجة الحرارة السطحية بجميع محطات منطقة الدراسة متفقة مع ذلك مع نتائج الدراسات العالمية، وبلغ معدل التزايد السنوي بالمملكة العربية السعودية (٠.٠٦ مْ/عام). كما توصلت الدراسة إلى وجود تزايد بمعدل درجة الحرارة بالاتجاه من الجنوب نحو الشمال بالمملكة العربية السعودية.

تناولت دراسة الحسبان (٢٠١٤م) موضوع اتجاهات التغير في درجة الحرارة بمحطات خليجية مختارة خلال الفترة من ١٩٨٠-٢٠١١م. هدفت الدراسة إلى دراسة وتحليل اتجاهات درجات الحرارة لمحطات خليجية مختارة، تمثل محطات المطارات الدولية لكل من الدوحة، والبحرين، والكويت خلال الفترة من (١٩٨٠-٢٠١١م). واظهرت منحنيات الفروقات المتجمعة للمحطات الثلاثة ارتفاعاً في درجات الحرارة بعد عام (٢٠٠٠م)، كما أظهر تحليل الانحدار الخطي البسيط ارتفاعاً في متوسط درجة الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط السنوي لجميع المحطات بدلالة إحصائية عند مستوى معنوية أقل من (٠.٠٠٠١)، كما أظهر اختبار التباين للمقارنة بين متوسطات درجة الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط السنوي للمحطات الثلاث وجود تباين بدلالة إحصائية عند مستوى معنوية أقل من (٠.٠٠٠١).

هدفت دراسة باي وآخرون (Bai et al., 2014) بعنوان النهج القائم على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) للتكيف مع تغير المناخ الإقليمي: دراسة حالة "لأوكوتاما ماتشي"، طوكيو باليابان إلى وصف أداة إدارة قواعد بيانات تتسم بالكفاءة والفعالية من حيث التكلفة (DMT) وذلك لتطوير نهج قائم على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لاستخدام البيانات المرصودة والمتوقعة، ولاتخاذ القرارات من قبل السلطات الحكومية غير المتخصصة، وكذلك توثيق كيفية استخدام (DMT) لتوفير معلومات متخصصة ومفهومة عن تغير المناخ لمساعدة صناع القرار المحليين في توضيح الأولويات الإقليمية ضمن مجموعة واسعة من خيارات التكيف، ويجمع (DMT) بين رسم خرائط تغير المناخ ونظم المعلومات الجغرافية الإحصائية وتقييم الضعف. وتوصلت الدراسة عند مقارنة الظروف في المستقبل القريب والمستقبل، بأنه سيزيد متوسط درجة الحرارة الشهرية لشهر أغسطس بأكثر من (٠.٧-٠.٩م) و(٢.٨-٢.٢.٩مْ)، وهطول الأمطار الشهري بنسبة ٥٠٪ و٢٥-٤١٪ على التوالي.

تناولت دراسة المسند والناحل (٢٠١٧م) موضوع اتجاه درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية في ظل التغير المناخي العالمي للفترة من ١٩٨٥-٢٠١٤ م. هدفت الدراسة إلى الكشف عن الاتجاه العام للتغير في درجة الحرارة السنوية والشهرية المسجلة في المحطات المناخية المختارة وعددها (٢٦) محطة مناخية موزعة مكانياً على مختلف مناطق المملكة خلال الفترة (١٩٨٥ -٢٠١٤م)، كذلك التعرف على آثار التغير لدرجات الحرارة على الإنسان والبيئة في المملكة العربية السعودية. وتوصلت الدراسة إلى أن الاتجاه العام لدرجة الحرارة السنوي والشهري يتجه نحو الارتفاع في معظم مناطق المملكة العربية السعودية، حيث ارتفعت درجة الحرارة خلال فترة الدراسة إلى نحو (٠.٧°م)، كما أظهرت نتائج الدراسة أن الارتفاع في درجة الحرارة له آثار سلبية كبيرة على كثير من مجالات الحياة المختلفة في المملكة العربية السعودية، وسيؤثر سلباً على البيئات النباتية والموارد المائية والبيئات الحيوية ورطوبة التربة واستهلاك الطاقة وعلى صحة الإنسان.

دراسة محمد وآخرون (Mohammed et al., 2021) بعنوان السيناريو المستقبلي لتغير خريطة المناخ العالمي وفقاً لتصنيف المناخ كوبن-جيجر. أشارت الدراسة إلى التنبؤ بالتغيرات المستقبلية سيضعنا في وضع أفضل لتقليل الآثار الكارثية للتغير المناخي، وفهم كيف يمكن للبشر أن يتعاملوا مع التغييرات الجديدة مسبقاً. وتم استخدام مجموعة بيانات المناخ العالمية لفترة سابقة من (١٩٦١-١٩٩٠م) للتنبؤ بسيناريو تغير المناخ المستقبلي للفترة (٢٠١٠-٢٠٣٩م). وتمت معالجة البيانات باستخدام برنامج Idrisi Andes وتم إنشاء خريطة (كوبن-جيجر) النهائية باستخدام برنامج ArcGIS. وتوصلت الدراسة بناءً على تصنيف مناخ كوبن، أن مناطق خط الاستواء والسهول القاحلة والمناطق الثلوج ستنخفض بنسبة (٣.٩٪) و(٢.٩٦٪) و(٠.٠٩٪) على التوالي. بينما سترتفع المناطق الدافئة والصحراء بنسبة (٤.٥٪) و(٠.٧٥٪) على التوالي.

تناولت دراسة السلطاني (٢٠٢٤م) موضوع تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل. وهدفت الدراسة إلى استقصاء اتجاهات التغير المناخي في بابل والتوقعات المستقبلية. تم تحليل درجات الحرارة القصوى اليومية والحد الأدنى للحرارة وكميات الهطول باستخدام نموذج محطة بحوث لونج آشتون لتوليد الطقس (LARS-WG). أظهرت نتائج عملية المعايرة أن النموذج كان كافياً لمحاكاة بيانات المناخ المستقبلية. وبموجب كل من السيناريوهين RCP4.5 وRCP8.5 من المتوقع أن ترتفع درجات الحرارة السنوية الدنيا والقصوى في جميع المحطات المحددة عبر الفترات المستقبلية، كما أظهرت التنبؤات المستقبلية التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة مناخاً أكثر تطرفاً.

ومن خلال الخلفية النظرية التي اشتملت عليها مقدمة الدراسة والدراسات السابقة نجد أن التغير في درجات الحرارة ضمن ظاهرة التغير المناخي أصبح أمراً واقعياً وملموساً، وذلك من خلال دراسة تلك التغيرات على بيانات

حقيقية في فترة سابقة، وكذلك التحليل المستقبلي للتغير وفق نماذج مناخية. وتختلف هذه الدراسة في أنها ستركز على اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م) باستخدام النماذج المناخية وفق الانبعاث المتوسط RCP4.5 والمرتفع RCP8.5.

٣. مواد وطرق البحث

٣-١ منهجية الدراسة

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي وذلك من خلال الاعتماد على بيانات التغير المناخي لمخرجات مبادرة RICCAR والتي تضمنت بيانات معدلات درجات الحرارة السنوية لثلاث فترات (الفترة المرجعية – فترة منتصف القرن – فترة نهاية القرن) وذلك لسيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5. وأما المصدر الرئيس لهذه البيانات فهو البيانات المصححة الانحياز من نموذج المناخ الإقليمي RCM والمقتبسة من التجربة المنسقة لتقليص قياس النموذج المناخي الإقليمي (CORDEX). وتم تحميل نموذج RICCAR من خلال الرابط: https://rkh.apps.fao.org/catalog/1.

٣-٢ أساليب الدراسة

الأسلوب الكارتوجرافي: مر العمل الكارتوجرافي في هذه الدراسة بعدد من المراحل وفق الخطوات التالية:

١- إنشاء ملفات Raster في داخل برنامج ArcGIS وذلك من خلال تنزيل بيانات RICCAR المناخية المتعلقة بمعدلات درجات الحرارة السنوية خلال الفترات المذكورة سابقاً.

٢- اقتطاع منطقة الدراسة من بيانات RICCAR المناخية المتعلقة بمعدلات درجات الحرارة السنوية خلال الفترات المذكورة سابقاً، من خلال طبقة مساحية للملكة العربية السعودية، وذلك من خلال الأداة Raster ثم Raster Processing واختيار الأمر Clip.

٣- إجراء عملية التصحيح لدرجات الحرارة للثلاث فترات Bias Correction وذلك للمناطق المجاورة لخطوط السواحل وذلك لخلوها من البيانات في بعض المواقع، وذلك من خلال اختيار أقرب خلية إلى الموقع.

٤- إجراء عملية تصنيف classify من خلال خصائص الطبقة واختيار التقسيم لخمس فئات بطريقة متساوية، كما تم إجراء إعادة التصنيف لاستخراج عدد الخلايا وحساب المساحات وذلك من خلال الأمر Spatial Analyst Tools واختيار الأمر Reclass ثم Reclassify.

٥- إجراء عملية تنعيم للخلايا Smooth the pixels من خلال أعادة تعين خصائص الطبقة Resample during display using وفق Bilinear Interpolation for continuous data.

٤. النتائج والمناقشة

اعتمدت الدراسة في عملية تحليل التغير في درجات الحرارة السنوية وفق بيانات ريكار RICCAR على سيناريوهين؛ وهما سيناريو الانبعاث المتوسط RCP4.5 وسيناريو الانبعاث المرتفع RCP8.5، والتي تشمل كل منها على ثلاث فترات؛ وهي فترة (القرن القريب – ومنتصف القرن – ونهاية القرن). تم تقسيم كل فترة منها إلى خمس فئات بطريقة متساوية؛ وفيما يلي عرض للنتائج والمناقشة في كل سيناريو:

أولاً: تحليل التغير في درجات الحرارة وفق سيناريو الانبعاث المتوسط RCP 4.5 (Moderate)

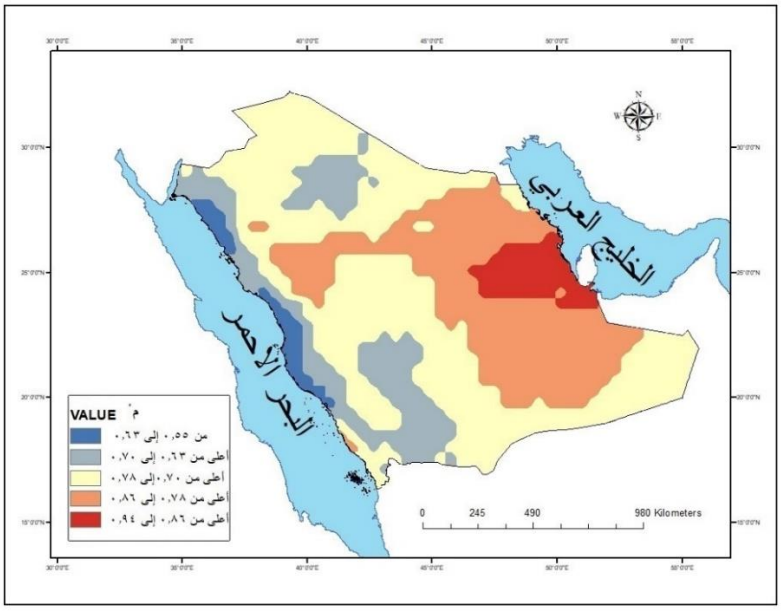
أظهرت نتائج تحليل التغير في درجات الحرارة السنوية وفق سيناريو الانبعاث المتوسط RCP 4.5 (Moderate) وجود تباين مكاني للتغير بدرجات الحرارة السنوية للفترات الثلاث؛ وذلك على النحو الاتي:

أ- فترة القرن القريب (٢٠١٦-٢٠٣٥م) naer-Century (2016-2035)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة القرن القريب والممتدة من (٢٠١٦ -٢٠٣٥م) وفق سيناريو الانبعاث المتوسط (Moderate) RCP 4.5 على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (٠.٥٥ إلى ٠.٩٤م). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير، وذلك كما يتضح من (الشكل ٢). تم تقسيم التغير في درجات الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة إلى خمسة فئات وفق (الجدول:١) وذلك على النحو الآتي:

الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٠.٥٥ إلى٠.٦٣م)، بمساحة تبلغ (٤٢٨٨١.٩٤كم^{٢}) وبنسبة (٢٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة على هيئة شريط ضيق ومتقطع في أجزاء من غرب المملكة العربية السعودية.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٠.٦٣ إلى ٠.٧٠م)، بمساحة تبلغ (٣٠٢٤٣٠.٦كم^{٢}) وبنسبة (١٦٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة على نطاقين الأول؛ في المرتفعات الجبلية الغربية كسلسلة متصلة من شمالها لجنوبها ليتفرع ذراع منها في منتصف الجنوب الغربي للمملكة العربية السعودية، في حين يمتد النطاق الآخر؛ على هيئة بقعة منعزلة في منتصف شمال المملكة العربية السعودية.



شكل ٢. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المتوسط –القرن القريب (٢٠١٦–٢٠٣٥م) / م°. من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٠.٧٠إلى ٠.٧٨م°)، بمساحة تبلغ (٩٤١١٤٥.٨كم٢) وبنسبة (٤٨٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة أعلى مساحة حيث تغطي قرابة نصف مساحة المملكة العربية السعودية، وتتوزع في معظم أجزائها.

الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٠.٧٨ إلى ٠.٨٦م°)، بمساحة تبلغ (٥٥٩٧٢٢.٢كم٢) وبنسبة (٢٩٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتكاد تنحصر هذه الفئة بشكل كبير على هيئة بقعة متصلة في النصف الشرقي من المملكة العربية السعودية، ويمتد منها ذراع في طرفها الشمالي الغربي متجهاً نحو الغرب ليترك بقعة محدودة وصغيرة في منتصف النصف الشمالي الغربي من المملكة العربية السعودية.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٠.٨٦ إلى ٠.٩٤م°)، بمساحة تبلغ (١٠٣٨١٩.٤كم٢) وبنسبة (٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتنحصر هذه الفئة بشكل مركز ومحدود في أجزاء من شرق المملكة العربية السعودية.

جدول ١. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المتوسط خلال الفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م).

فترة القرن القريب (٢٠١٦-٢٠٣٥م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة / م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من ٠.٥٥ إلى ٠.٦٣	٤٢٨٨١.٩٤	٢
٢	أعلى من ٠.٦٣ إلى ٠.٧٠	٣٠٢٤٣٠.٦	١٦
٣	أعلى من٠.٧٠إلى ٠.٧٨	٩٤١١٤٥.٨	٤٨
٤	أعلى من ٠.٧٨ إلى ٠.٨٦	٥٥٩٧٢٢.٢	٢٩
٥	أعلى من ٠.٨٦ إلى ٠.٩٤	١٠٣٨١٩.٤	٥
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠
فترة منتصف القرن (٢٠٤٦ -٢٠٦٥م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة/ م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من ١.٢٠ إلى ١.٣٢	١٣٩٩٣٠.٦	٧
٢	أعلى من ١.٣٢ إلى ١.٤٣	٤٢٢٠٤٨.٦	٢٢
٣	أعلى من ١.٤٣إلى ١.٥٥	٦٩٩٦٥٢.٨	٣٦
٤	أعلى من ١.٥٥ إلى ١.٦٦	٥٨٢٢٩١.٧	٣٠
٥	أعلى من ١.٦٦ إلى ١,٧٨	١٠٦٠٧٦.٤	٥
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠
فترة نهاية القرن (٢٠٨١ -٢١٠٠م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة / م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من ١.٥٠ إلى ١.٦٩	٢٨٨٨٨٨.٩	١٥
٢	أعلى من ١.٦٩ إلى ١.٧٩	٤٩٢٠١٣.٩	٢٥
٣	أعلى من ١.٧٩ إلى ١.٨٨	٥٧٣٢٦٣.٩	٢٩
٤	أعلى من ١.٨٨ إلى ١.٩٨	٤٧٨٤٧٢.٢	٢٥
٥	أعلى من ١.٩٨ إلى ٢.٢٠	١١٧٣٦١.١	٦
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠

من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

ب- فترة منتصف القرن (٢٠٤٦-٢٠٦٥م) Mid-Century (2046-2065)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة منتصف القرن (٢٠٤٦-٢٠٦٥م) وفق سيناريو الانبعاث المتوسط RCP 4.5 (Moderate) على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (١.٢٠ إلى ١.٧٨م). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير وذلك يتضح من (الشكل: ٣). تم تقسيم التغير في درجات لحرارة السنوية بمنطقة الدراسة إلى خمسة فئات (الجدول ١) على النحو الآتي:

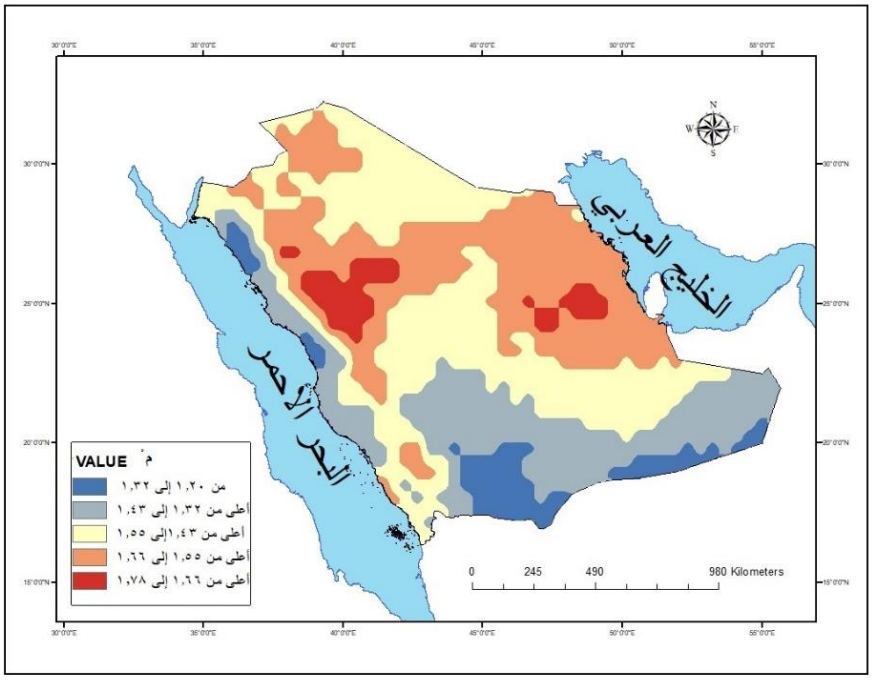
الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ١.٢٠ إلى ١.٣٢م)، بمساحة تبلغ (١٣٩٩٣٠.٦كم٢) وبنسبة (٧٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتتركز هذه الفئة في أجزاء متفرقة من جنوب المملكة العربية السعودية، وكذلك بشكل منفصل على الأجزاء الغربية من النصف الشمالي الغربي من المملكة العربية السعودية.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٣٢ إلى ١.٤٣م)، بمساحة تبلغ (٤٢٢٠٤٨.٦كم٢) وبنسبة (٢٢٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في الأجزاء الغربية من المملكة العربية السعودية على سلسلة المرتفعات الغربية، كما تمتد في معظم أجزاء جنوب المملكة العربية السعودية.

الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٤٣إلى ١.٥٥م)، بمساحة تبلغ (٦٩٩٦٥٢.٨كم٢) وبنسبة (٣٦٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة النسبة الأعلى وتنتشر في معظم أجزاء منطقة الدراسة.

الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٥٥ إلى ١.٦٦م)، بمساحة تبلغ (٥٨٢٢٩١.٧كم٢) وبنسبة (٣٠٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة بشكل متصل من شرق المملكة العربية السعودية نحو منتصف المملكة، وصولاً إلى شمال غرب المملكة العربية السعودية.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٦٦ إلى ١,٧٨م)، بمساحة تبلغ (١٠٦٠٧٦.٤كم٢) وبنسبة (٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة أقل نسبة، وتنحصر هذه الفئة في أجزاء من منتصف شرق المملكة العربية السعودية، ومنتصف النصف الشمالي من منطقة الدراسة.



شكل ٣. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو المتوسط – منتصف القرن (٢٠٤٦–٢٠٦٥م) /مْ

من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

ج– فترة نهاية القرن (٢٠٨١–٢١٠٠م) End-Century (2081-2100)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة نهاية القرن (٢٠٨١–٢١٠٠م) وفق سيناريو الانبعاث المتوسط على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (١.٥– ٢.٢٠مْ). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير وذلك يتضح من (الشكل: ٤). تم تقسيم التغير بدرجات الحرارة السنوية في منطقة الدراسة إلى خمسة فئات وفق (الجدول:١) على النحو الآتي:

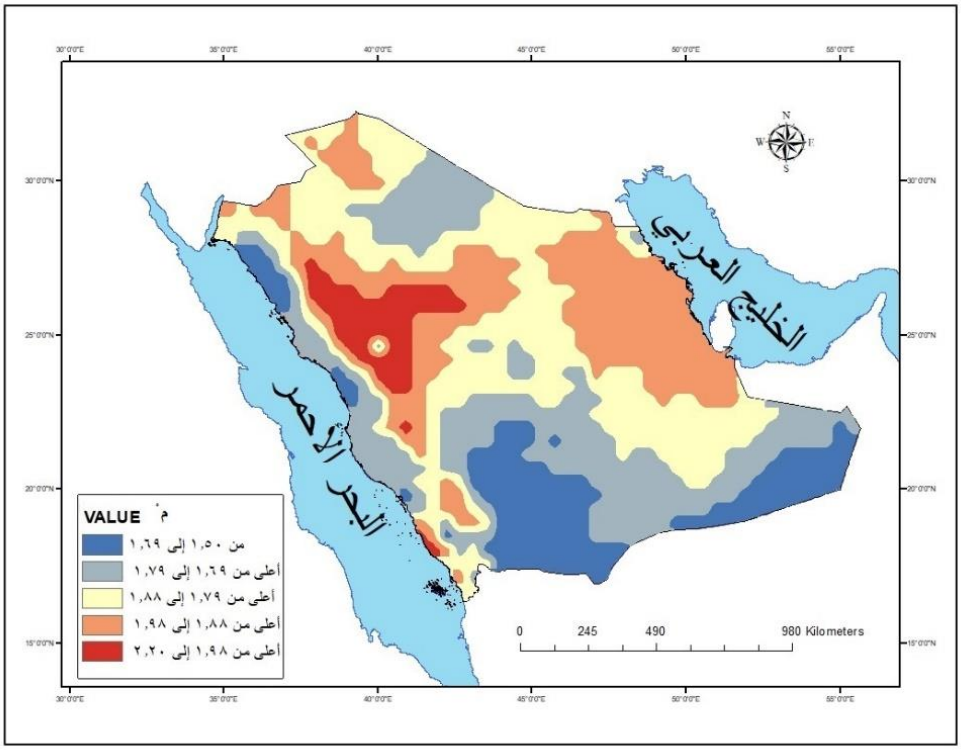
الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ١.٥٠ إلى ١.٦٩مْ)، بمساحة تبلغ (٢٨٨٨٨٨.٨٩ كم٢) وبنسبة (١٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتتركز هذه الفئة في أجزاء متفرقة ومحدودة من غرب المملكة، في حين تظهر بشكل واضح في المنطقة الجنوبية.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٦٩ إلى ١.٧٩مْ)، بمساحة تبلغ (٤٩٢٠١٣.٨٩ كم٢) وبنسبة (٢٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. تمتد هذه الفئة بشكل شبة متصل على المرتفعات الغربية من المملكة العربية السعودية، وفي المنطقة الجنوبية محاذية للفئة السابقة، وفي جزء محدود من شمال شرق المملكة.

الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٧٩ إلى ١.٨٨م)، بمساحة تبلغ (٥٧٣٢٦٣.٨٩كم٢) وبنسبة (٢٩٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. تشكل هذه الفئة النسبة الأعلى من حيث تغطية مساحة التغير، وتنتشر في معظم مناطق المملكة العربية السعودية وبجميع الاتجاهات.

الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٨٨ إلى ١.٩٨م)، بمساحة تبلغ (٤٧٨٤٧٢.٢٢كم٢) وبنسبة (٢٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. تتوزع هذه الفئة في أجزاء متفاوتة من منطقة الدراسة، وإن كان تركزها في المنطقة الشرقية، وفي أجزاء متفرقة من النصف الشمالي من غرب المملكة العربية السعودية، وفي أجزاء من جنوب غربها.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ١.٩٨ إلى ٢.٢٠م)، بمساحة تبلغ (١١٧٣٦١.١١كم٢) وبنسبة (٦٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. تأتي هذه الفئة في المرتبة الأخيرة من حيث مساحة الانتشار، وتتركز بشكل واضح في منتصف شمال غرب المملكة العربية السعودية.



شكل ٤. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المتوسط – نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠م)/م°

من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

يعد التغير في درجات الحرارة السنوية وفق سيناريو الانبعاث المتوسط لفترة نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠م) هو الأعلى من بين النماذج الثلاث، والذي تراوح فيه التغير بدرجة الحرارة السنوية ما بين (١.٥-٢.٢٠مْ). كما تعد المنطقة الشرقية ومنتصف النصف الشمالي الغربي من المملكة العربية السعودية من أكثر المناطق المتأثرة بالتغير بدرجات الحرارة السنوية نحو الارتفاع.

ثانياً: تحليل التغير في درجات الحرارة السنوية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High)

أظهرت نتائج تحليل التغير في درجات الحرارة السنوية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High) وجود تباين مكاني للتغير في درجات الحرارة السنوية بالفترات الثلاث؛ وذلك على النحو الآتي:

أ- فترة القرن القريب (٢٠١٦-٢٠٣٥م) Near-Century (2016-2035)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة القرن القريب (٢٠١٦-٢٠٣٥م) وفق سيناريو الانبعاث المرتفع على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (٠.٧١ - ١.١١مْ). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير وذلك يتضح من (الشكل: ٥). تم تقسيم التغير في درجات الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة إلى خمسة فئات (الجدول: ٢) على النحو الآتي:

الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٠.٧١ إلى ٠.٧٩مْ)، بمساحة تبلغ (٢٦١٨٠٦كم^2) وبنسبة (١٣٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة بشكل مركز في جنوب المملكة العربية السعودية، وكذلك في أجزاء محدودة ومتفرقة من غرب المملكة.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٠.٧٩إلى ٠.٨٧مْ)، بمساحة تبلغ (٤٤٤٦١٨كم^2) وبنسبة (٢٣٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في غرب المملكة العربية السعودية بشكل متصل على المرتفعات، وكذلك في النصف الجنوبي من المملكة.

الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٠.٨٧إلى ٠.٩٥مْ)، بمساحة تبلغ (٥٥٠٦٩٤كم^2) وبنسبة (٢٨٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة بشكل متفرق على أجزاء كبيرة من المملكة العربية السعودية، وإن كان تركزها في الشمال الشرقي والأجزاء الغربية بمحاذاة الساحل، وفي منتصف المملكة العربية السعودية من شرقها وصولاً إلى الغرب.

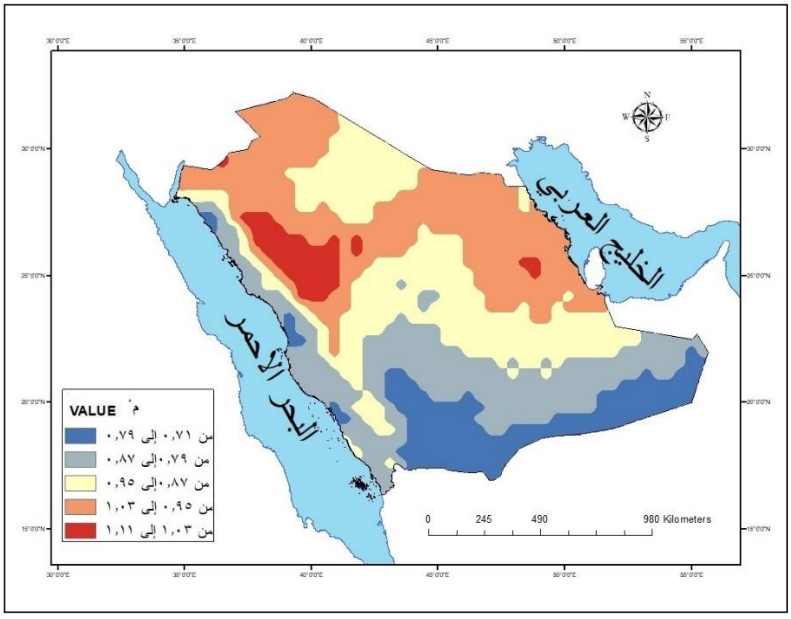
الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٠.٩٥ إلى ١.٠٣مْ)، بمساحة تبلغ (٥٩٣٥٧٦كم^2) وبنسبة (٣٠٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة النسبة الأعلى من حيث المساحة، وتكاد تتركز في النصف الشمالي من المملكة العربية السعودية، بدءاً من المنطقة الشرقية وصولاً إلى شمال غرب المملكة.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ١.٠٣ إلى ١.١١م°)، بمساحة تبلغ (٩٩٣٠٦كم٢) وبنسبة (٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وهي بذلك تحتل أقل مساحة، وتمتد بشكل محدود في منتصف المنطقة الشرقية، ومنتصف النصف الشمالي الغربي من المملكة العربية السعودية.

جدول ٢. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع – خلال الفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م).

فترة القرن القريب (٢٠١٦–٢٠٣٥م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة / م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من ٠.٧١ إلى ٠.٧٩	٢٦١٨٠٦	١٣
٢	من ٠.٧٩إلى ٠.٨٧	٤٤٤٦١٨	٢٣
٣	من ٠.٨٧إلى ٠.٩٥	٥٥٠٦٩٤	٢٨
٤	من ٠.٩٥ إلى ١.٠٣	٥٩٣٥٧٦	٣٠
٥	من ١.٠٣ إلى ١.١١	٩٩٣٠٦	٥
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠
فترة منتصف القرن (٢٠٤٦ –٢٠٦٥م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة / م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من١.٧٤ إلى ١.٨٩	١٩١٨٤٠.٣	١٠
٢	من ١.٨٩ إلى ٢.٠٥	٤٤٠١٠٤.٢	٢٣
٣	من ٢.٠٥ إلى ٢.٢٠	٦٨٦١١١.١	٣٥
٤	من ٢.٢٠ إلى ٢.٣٦	٥٢٥٨٦٨.١	٢٧
٥	من ٢.٣٦ إلى ٢.٥١	١٠٦٠٧٦.٤	٥
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠
فترة نهاية القرن (٢٠٨١ –٢١٠٠م)/م°			
الفئة	درجات الحرارة / م°	المساحة/ كم	النسبة ٪
١	من ٣.٢٠ إلى ٣.٥٠	٢٠٣١٢٥	١٠
٢	أعلى من ٣.٥٠ إلى ٣.٧٠	٤٥٣٦٤٥.٨	٢٣
٣	أعلى من ٣.٧٠ إلى ٤.٠	٦٧٧٠٨٣.٣	٣٥
٤	أعلى من ٤.٠ إلى ٤.٣٨	٥٤٨٤٣٧.٥	٢٨
٥	أعلى من ٤.٣٨ إلى ٤.٦٧	٦٧٧٠٨.٣٣	٣
المجموع		١٩٥٠٠٠٠	١٠٠

من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1



شكل ٥. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع – القرن القريب (٢٠١٦-٢٠٣٥م)/م°.

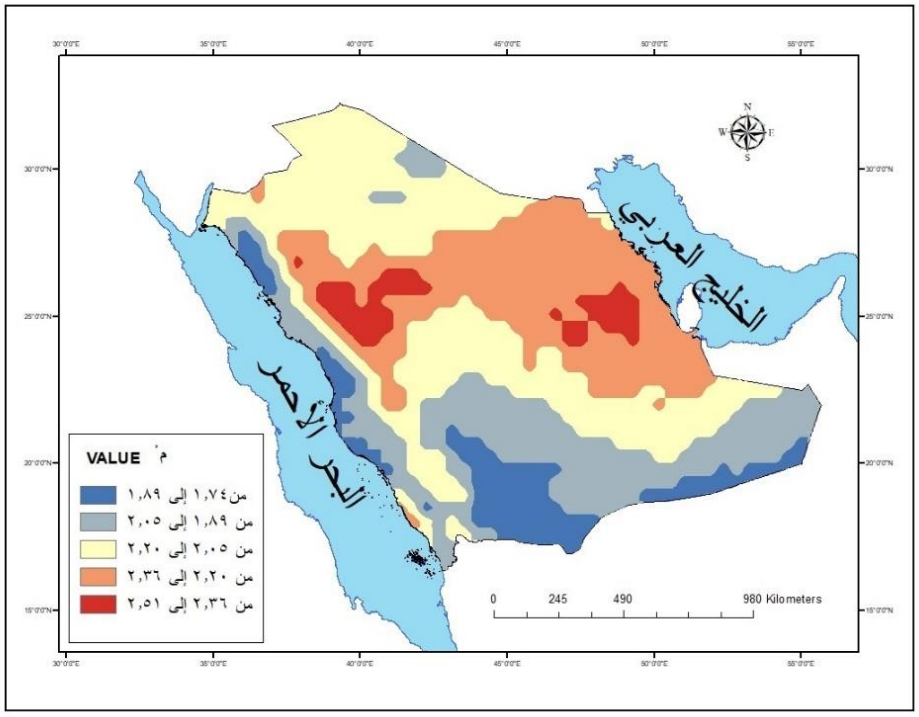
من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

ب- فترة منتصف القرن (٢٠٤٦-٢٠٦٥م) Mid- Century (2046-2065)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة منتصف القرن (٢٠٤٦-٢٠٦٥م) وفق سيناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High) على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (١.٧٤ – ٢.٥١م°). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير، وذلك يتضح من (الشكل: ٦). تم تقسيم التغير في درجات الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة إلى خمسة فئات (الجدول: ٢) على النحو الآتي:

الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من١.٧٤ إلى ١.٨٩م°)، بمساحة تبلغ (١٩١٨٤٠.٣كم٢) وبنسبة (١٠٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في أجزاء متفرقة من غرب المملكة العربية السعودية وجنوبها.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ١.٨٩ إلى ٢.٠٥م°)، بمساحة تبلغ (٤٤٠١٠٤.٢كم٢) وبنسبة (٢٣٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة بشكل متصل في غرب المملكة العربية السعودية من شمالها إلى جنوبها، وذلك على سلسلة المرتفعات الجبلية، بالإضافة إلى امتدادها بشكل كبير في جنوب المملكة، وبشكل محدود جداً في شمال شرقها.



شكل ٦. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع – منتصف القرن (٢٠٤٦–٢٠٦٥م) / م°. من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

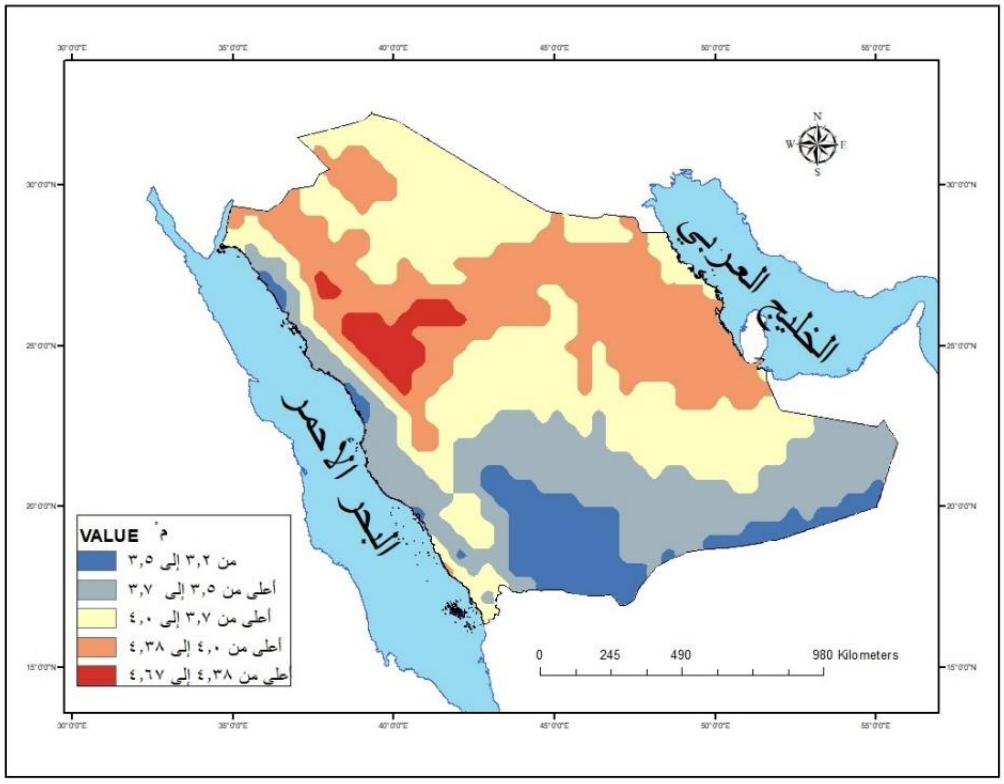
الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٢.٠٠٥ إلى ٢.٢٠م°) بمساحة تبلغ (٦٨٦١١١.١كم٢) وبنسبة (٣٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. ولذلك تشكل هذه الفئة أعلى نسبة من حيث المساحة، وتغطي معظم مناطق المملكة العربية لسعودية، وتتوزع في أغلب الجهات.

الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٢.٢٠ إلى ٢.٣٦م°)، بمساحة تبلغ (٥٢٥٨٦٨.١كم٢) وبنسبة (٢٧٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة من شرق المملكة العربية السعودية وصولاً إلى منتصف النصف الشمالي من المملكة.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٢.٣٦ إلى ٢.٥١م°)، بمساحة تبلغ (١٠٦٠٧٦.٤كم٢) وبنسبة (٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة أقل نسبة مساحة. وتمتد هذه الفئة في منتصف شرق المملكة العربية السعودية، وكذلك في منتصف النصف الشمالي الغربي من المملكة.

ج- فترة نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠) End-Century (2081-2100)

يبلغ التغير في درجات الحرارة السنوية لفترة نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠م) وفق سيناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High) على مستوى المملكة العربية السعودية ما بين (٣.٢٠ إلى ٤.٦٧مْ). وتتباين مناطق المملكة العربية السعودية من حيث ذلك التغير، وذلك يتضح من (الشكل: ٧). تم تقسيم التغير في درجات الحرارة السنوية بمنطقة الدراسة إلى خمسة فئات (الجدول ٢) على النحو الآتي:



شكل ٧. التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق سيناريو الانبعاث المرتفع/ نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠م)/مْ.

من إعداد الباحثة: اعتماداً على نموذج ريكار https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

الفئة الأولى: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (من ٣.٢ إلى ٣.٥مْ) بمساحة تبلغ (٢٠٣١٢٥كم٢) وبنسبة (١٠٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتغطي هذه الفئة أجزاء من جنوب المملكة العربية السعودية، وأجزاء متفرقة ومحدودة من غربها.

الفئة الثانية: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من٣.٥ إلى ٣.٧مْ)، بمساحة تبلغ (٤٥٣٦٤٥.٨٣٣كم٢) وبنسبة (٢٣٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في غرب المملكة العربية السعودية على سلسلة المرتفعات الغربية، وفي جنوب المملكة.

الفئة الثالثة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٣.٧ إلى ٤.٠مْ)، بمساحة تبلغ (٦٧٧٠٨٣.٣٣٣كم٢) وبنسبة (٣٥٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتشكل هذه الفئة أكبر نسبة من حيث المساحة، وتمتد في معظم أجزاء المملكة العربية السعودية خاصة في النصف الشمالي من المملكة العربية السعودية من شرقها إلى غربها.

الفئة الرابعة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٤.٠ إلى ٤.٣٨مْ)، بمساحة تبلغ (٥٤٨٤٣٧.٥ كم٢) وبنسبة (٢٨٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في النصف الشمالي من المملكة العربية السعودية على هيئة حزام في منتصفها ممتد من شرق المملكة العربية السعودية إلى شمال غربها.

الفئة الخامسة: يتراوح التغير في درجات الحرارة السنوية ما بين (أعلى من ٤.٣٨ إلى ٤.٦٧مْ)، بمساحة تبلغ (٦٧٧٠٨.٣٣٣٣كم٢) وبنسبة (٣٪) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية. وتمتد هذه الفئة في منتصف النصف الشمالي الغربي من المملكة.

ويتضح من دراسة التغير في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية وفق النموذج المرتفع وجود تباين في ذلك التوزيع، كما يتفق هذا النموذج مع النموذج المتوسط في كون المنطقة الشرقية والنصف الشمالي الغربي هي أكثر المناطق تعرضا لذلك التغير، بالإضافة إلى أجزاء من منتصف المملكة العربية السعودية.

ومن خلال الدراسة نلاحظ وجود مبالغة في نموذج سيناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High) من حيث ارتفاع درجة التغير في درجة الحرارة السنوية، خاصة في فترة نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠) End-Century (2081-2100)، والذي تنبأ فيه بأن التغير في درجات الحرارة نحو الارتفاع لن تقل عن (٣.٢٠مْ) وحتى (٤.٦٧مْ).

ومن خلال ما سبق يتضح أن في سناريو الانبعاث المرتفع RCP 8.5 (High) به نوعاً من المبالغة في تصعيد ذلك الارتفاع، والذي إن صدق فإن تبعاته سوف تؤثر بشكل كبير على البيئة الطبيعية والبشرية في المملكة العربية السعودية.

٥. الخاتمة

يتضح من خلال دراسة اتجاهات التغير في درجات الحرارة السنوية للفترة الحالية والمتوقعة بالمملكة العربية السعودية للفترة من (٢٠١٦م إلى ٢١٠٠م) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية اتجاه المملكة العربية السعودية نحو الارتفاع في درجات الحرارة السنوية وفق سناريو الانبعاث المتوسط (Moderate) والمرتفع (High). وخلصت الدراسة إلى ما يلي:

- أن هناك تباين بين مقدار التغير في درجات الحرارة السنوية بين سيناريوهين الانبعاث المتوسط (Moderate) والمرتفع (High)، حيث أظهر سناريو الانبعاث المرتفع اتجاهاً أعلى لهذا التغير وبقارق بين السيناريوهين، يتراوح ما بين (٠.١٦-٠.١٧م°) في فترة القرن القريب و (٠.٥٤-٠.٧٣م°) في فترة منتصف القرن و(١.٧-٢.٤٧م°) في فترة نهية القرن.
- يتفق نموذج سيناريوهين الانبعاث المتوسط (Moderate) والمرتفع (High) في أن فترة نهاية القرن (٢٠٨١-٢١٠٠م) هي الأعلى من حيث الاتجاه نحو الزيادة بالارتفاع في درجات الحرارة السنوية بالمملكة العربية السعودية.
- تظهر المنطقة الشرقية وبعض أجزاء من النصف الشمالي والشمالي الغربي من المملكة (منطقة المدينة المنورة وتبوك والجوف)، وكذلك بعض الأجزاء من منتصف المملكة (الرياض والقصيم وحائل) كأكثر مناطق المملكة العربية السعودية المعرضة لزيادة درجات الحرارة السنوية بشكل أعلى عن غيرها من المناطق.
- اتضح من خلال الدراسة أن المنطقة الجنوبية والساحل المحاذي للبحر الأحمر سوف تتعرض إلى تغير في درجات الحرارة السنوية نحو الارتفاع كذلك، إلا أن هذا الارتفاع أقل من المناطق الأخرى.
- اتفقت الدراسة مع الدراسات والأبحاث السابقة التي تناولت موضوع التغير في درجات الحرارة سواء على المستوى المحلي أو العالمي في أن التغير في درجات بالمملكة العربية السعودية لن يقل وفق السيناريو المرتفع في فترة نهاية القرن عن (٤م°).

التوصيات

- الاعتماد على الطاقة الشمسية في تلبية الاحتياجات البشرية من الطاقة لتقليل الانبعاثات الغازية الملوثة للبيئة.

- تشجيع عقد المؤتمرات والندوات واللقاءات العلمية للوقوف على موضوع التغير في درجات الحرارة السنوية والتغيرات المناخية في المملكة العربية السعودية لوضع الحلول المناسبة لمواجه تلك التغيرات.
- نشر ثقافة طرق التكيف مع المناخ والتغيرات المناخية في المجتمع، وتشجيعهم على زيادة المساحات الخضراء داخل المباني وفي أسوار المنازل.
- زيادة مساحة الرقعة الخضراء في داخل المدن والمساحات الخالية من الغطاء النباتي التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه واستخدامها كأداة تخطيط حضري لتلبية الاحتياجات البيئية للمناطق الحضرية.

المراجع

أولا: المراجع العربية

التويجري، حمد، (٢٠٢٢م)، **تحدي القرن البيئة والتغير المناخي**، الطبعة الأولى، الرياض: العبيكان.

الحسبان، يسرى، (٢٠١٤م)، اتجاهات التغير في درجة الحرارة بمحطات خليجية مختارة خلال الفترة من ١٩٨٠-٢٠١١م، **مجلة العلوم الاجتماعية**، جامعة الكويت، مجلد٤٢، عدد١، ص ص ٢٠٩-٢٣١.

السلطاني، حسن، (٢٠٢٤م)، تحليل تأثير التغيرات المناخية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ودراسة الحالة في محافظة بابل، **مجلة العلوم الإنسانية**، كلية التربية للعلوم الإنسانية، م١٥، ع ٢، ص ص ١٥٠١-١٥١٥.

العبد، سهيل، (٢٠٢٣م)، توظيف نظم المعلومات الجغرافية لتعزيز العمل المناخي، **مجلة آفاق المناخ**، العدد ٥، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء المصري، ص ص ١-١١.

العدوى، محمد، (٢٠١٦م)، **تغير البشر وتغير المناخ**، ط١، الإسكندرية: مؤسسة حورس الدولية.

عوض، محمد وشحاتة، حسن، (٢٠١٨م)، **قضية المناخ وتحديات العولمة البيئية**، ط١، القاهرة: الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي.

محسوب، محمد وأرباب، محمد والغامدي، عبدالله، (١٩٩٩م)، **دراسات في جغرافية المملكة العربية السعودية: الجوانب الطبيعية**، ط١، مدينة نصر: دار الفكر العربي.

المسند، عبدالله والناحل، ماجد، (٢٠١٧م)، اتجاه درجة الحرارة في المملكة العربية السعودية في ظل التغير المناخي العالمي للفترة من ١٩٨٥-٢٠١٤ م، **رسائل جغرافية**، الجمعية الجغرافية الكويتية، الرسالة١: ٥٤-٤٤٨.

مندور، مسعد، (٢٠١٢م)، تغير درجة الحرارة السطحية بالمملكة العربية السعودية (دراسة في الجغرافيا المناخية)، **رسائل جغرافية: ٣٨٠**، مؤسسة الكويت للتقدم التقني KFAS، الكويت، ص ص ١-٥٦.

هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، (٢٠١٢م)، **المملكة العربية السعودية: حقائق وأرقام**، جدة.

هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، (٢٠١٣م)، **الخارطة الإدارية الرقمية للمملكة العربية السعودية**، المملكة العربية السعودية، جدة: وحدة نظم المعلومات الجغرافية.

ثانيا: المراجع الأجنبية

Bai Y, Kaneko I, Kobayashi H, Kurihara K, Takayabu I, Sasaki H, Murata AA, (2014), Geographic Information System (GIS)-based approach to adaptation to regional climate change: a case study of Okutama-machi, Tokyo, Japan. **Mitig Adapt Strateg Glob Change June**, Volume 19, Issue 5:589–614.

Boateng, Isaac , (2012), GIS assessment of coastal vulnerability to climate change and coastal adaption planning in Vietnam, springer, **J Coast Conserv**, PP.25–36 .

Christensen JH, Carter TR, Giorgi F, (2002), PRUDENCE employs new methods to assess European climate change, **EOS,** Vol. 83 ,No. 13, pp.1-2.

Giorgi F, Hewitson B, Christensen JH, Hulme M, Vonstorch H, Whetton P, Jones R, Mearns LO, Fu C, (2001), Regional Climate Information- Evaluation and Projection, **Contribution of Working Group I To The Third Assessment Report of The Intergovernmental Panel Panel on Climate Change (IPCC)**, Cambridge University Press Cambridge, UK, PP. 583-638.

Mohammed F, Mohammad O, Ibrahim H, Hasan R, (2021), Future Scenario of Global Climate Map change according to the Koppen -Geiger Climate Classification, **Baghdad Science Journal** Vol. 18 No.2 (Suppl. June), PP.1030-1039.

Orabi, Rania, (2022), Evaluating GIS as a Tool to Support Sustainable Coastal Planning: Climate Change Awareness as a Moderator, Journal of Tourism, **Hotels and Heritage (JTHH),** Vol. 5 No. 2, (2022) pp. 101-122.

Al Zawad, Faisal & Aksakal, Ahmat, (2009), Impacts of Climate Change on Water Resources in Saudi Arabia, March, **Green Energy and Technology**, pp.511-523

المواقع الإلكترونية

المركز الوطني للأرصاد، مناخ المملكة العربية السعودية، متاح من خلال الرابط:
https://ncm.gov.sa/Ar/Climate/KSAClimate/Pages/default.aspx

RICCAR (Regional Knowledge Hub Data Portal)، متاح من خلال الرابط: https://rkh.apps.fao.org/catalog/1

Trends in Annual Temperature Changes for the Current and Projected Period in the Kingdom of Saudi Arabia for the Period from (2016 - 2100 AD) Using Geographic Information Systems

Mona Salem Al-Harbi

Associate Professor Geographic Information Systems program, Department of Physical Sciences, College of Science, University of Jeddah Jeddah, Saudi Arabia

msalharbe@uj.edu.sa

Abstract. Climate change, particularly shifts in temperature, has become one of the most critical areas of focus in recent climatological studies due to its profound impact on life on Earth. This study aimed to examine trends in annual temperature changes, both current and projected, in the Kingdom of Saudi Arabia for the period from 2016 to 2100, across three intervals: the reference period, mid-century, and end-century. These projections were based on two emissions scenarios: the moderate emissions scenario (RCP4.5) and the high emissions scenario (RCP8.5). The study employed a descriptive and analytical approach, utilizing climate change data from the outputs of the RICCAR initiative. Additionally, a cartographic method was applied through the use of Geographic Information Systems (GIS) to process, classify, and analyse the study's data. Among the key findings was a general trend of increasing annual temperatures in Saudi Arabia under both moderate and high emissions scenarios across all study periods. The regions most vulnerable to significant rises in annual temperature include the Eastern Province and parts of the northern and north western regions (Medina, Tabuk, and Al-Jawf), as well as portions of central Saudi Arabia (Riyadh, Qassim, and Hail). Furthermore, the high emissions scenario (RCP8.5) projected that by the end of the century (2081–2100), annual temperature increases in some regions of Saudi Arabia will not be less than 3.20°C, reaching up to 4.67°C in certain areas.

Keyword: Climate change, Classification, RICCAR Initiative, Geographic Information Systems.