

التحليل الطيفي والحجمي والمعدني لرمال كثبان محافظة ثادق الهلالية الواقعة

وسط المملكة العربية السعودية بواسطة الاستشعار عن بُعد

يوسف يحي ميسر سالم^١ وناصر بن سعيد آل زينه^٢

^١ باحث دكتوراه، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، الرياض، و^٢ أستاذ نظم المعلومات

الجغرافية المشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك خالد، أبها،

المملكة العربية السعودية

y.salam1985@gmail.com

المستخلص. يهدف البحث إلى تحديد الخصائص الطيفية والحجمية والمعدنية لرمال الكثبان الرملية الهلالية بمحافظة ثادق وتحليلها إحصائياً، ولتحقيق هدف الدراسة تم استخدام المعادلات الإحصائية لتحليل أحجام الحبيبات الرملية، كما تم استخدام جهاز الطيف الكهرومغناطيسي (GER 3700) في دراسة أحجام الحبيبات الرملية لمعرفة الامتصاص الطيفي للمعادن في الكثبان الرملية، ومعرفة الحجم الحبيبي لها، بالإضافة إلى دراسة بيانات ASTER لمعرفة المعادن التي تحتوي عليها الكثبان الرملية. ومن نتائج هذه الدراسة أن خاصيتي المتوسط والفرز تعد من أكثر الخصائص الحجمية تحديداً لمسار السلوك الحجمي لرمال منطقة الدراسة تليها خاصيتي التفرطح والالتواء. وقد أظهرت نتائج التحليل الميكانيكي أن أحجام رمال هذه المنطقة تتراوح ما بين $\Phi 1,09$ إلى $\Phi 2,93$ ، علماً بأن الحجمين الواقعين بين $\Phi 2,11$ و $\Phi 2,93$ يمثلان ٨٠٪ من الاحجام الرملية التي استخلصت في هذه الدراسة، وهذا يعني أن رمال المنطقة تتصف بأنها ناعمة مع حجم متوسط الخشونة يبلغ نحو ٢٠٪. وأظهرت نتائج التحليل الميكانيكي أن رمال منطقة الدراسة تتصف بأنها متوسطة الجودة إلى الجيدة، وتوزيعها الإحصائي الحجمي الدقيق ومتوسطة التفرطح إلى الانحناء المدبب. ومن خلال دراسة خصائص الرمال، لوحظ أن الخصائص الحجمية أكثر ثباتاً في التوزيع المتوسط والفرز، يليها خاصية الالتواء في المرتبة التالية من حيث الثبات. أما خاصية التفرطح فتعتبر من أكثر الخصائص تذبذباً في التوزيع الحبيبي للرمال. وهذا يعني أن هناك تفاوت بين نتائج العينات الرملية في هذا الخاصية، وهذا ما أظهره التحليل الميكانيكي. ومن أبرز النتائج التي توصلت إليها الدراسة وجود امتصاص طيفي في الموجات ذات الأطوال ٠,٥ و ٠,٩ و ٢,٢٢ ميكرومتر، وتؤكد النتائج وجود معادن الحديد والكربونات، علاوة على ذلك فإن رسم خرائط الكثبان الرملية باستخدام بيانات ASTER أظهر مؤشرات الكوارتز والكربونات.

الكلمات المفتاحية: الكثبان الرملية الهالالية، ثادق، الخصائص الطيفية، الخصائص الحجمية، الانسياب الرملي.

المقدمة

الانسياب الرملي من أهم المشاكل البيئية التي تعاني منها بعض مناطق المملكة العربية السعودية كواحة الأحساء والمدينة الصناعية الثانية في الدمام والمنشآت البترولية في شتى أرجاء المنطقة الشرقية، ولا تعد تلك المناطق هي الوحيدة التي تعاني من هذه المشكلات بل أن هناك مناطق أخرى في المملكة العربية السعودية كالزلفي وقرى في منطقة القصيم ومدن في الشمال وأخرى في ساحل تهامة، إذ تقوم الرمال بطمر الأراضي الزراعية والمنشآت الصناعية والاستراتيجية والعمرانية والطرق الرئيسية والفرعية. وهي مشكلة لها خطورتها فمن المعلوم أن تقاوم هذه المشكلة عاماً بعد آخر يؤدي إلى زيادة رقعة الأراضي التي يصعب استغلالها (Al Kalaf, 1986).

يعد التحليل الطيفي عنصراً مهماً في دراسة الحجم الحبيبي للرمال إذ يمكن من خلالها معرفة الاختلافات الحجمية للحبيبات الرملية، كما يمكن للتحليل الطيفي معرفة التركيب المعدني لتلك الحبيبات (Johnson, et al., 1992 and Clark, 1999)، وقد أظهرت العديد من الدراسات إمكانية التحليل الطيفي في تقدير الحجم الحبيبي للرمال (Viscarra Rossel et al., 2016; Nanni et al., 2018).

إن دراسة الخصائص الحجمية للرمال أمر هام في التعرف على أحجام الحبيبات وتصنيفها ومعرفة خصائصها ومصادرها ووسائل نقلها ويُعد أودن (Udden, 1914) من أوائل الباحثين الذين قاموا بوضع المعايير الإحصائية لأحجام الرواسب وقد عدل وينتروث (Wentworth, 1992) من هذا التصنيف، حيث قسم هذا التصنيف أحجام الحبيبات الرملية إلى رمل خشن ورمل متوسط الخشونة.

ركزت دراسة فولك وورد (Folk & Ward, 1957) على الطرق البيانية التي تعكس نتائج التحليل الميكانيكي للحبيبات الرملية، والتي اعتمدت عليها الدراسة في تفسير نتائج التحليل وتمثيلها بيانياً.

إن اختلاف حجم الحبيبات الرملية تلعب دوراً هاماً في عملية انتقال تلك الحبيبات، فعلى سبيل المثال تشير تلك الأدبيات إلى أن معدل انتقال الرمال غير المنتظمة في أحجامها والسيئة في التصنيف يزيد عن معدل انتقال الرمال المنتظمة الحجم والمصنفة جيداً ويبلغ أقصاه على الاسطح الحصوية (Bagoold, 1941, 1951; Warren, 1966; Folk, 1968)، في حين تشير بعض الدراسات إلى أن معدل انتقال الرمال في أجزاء الكثيب المختلفة يعتمد على الحجم الحبيبي للرمال (Bagoold, 1941; Zing, 1952;) (Folk, 1968) وقد أشار (Cook and Andwarren, 1973) إلى أن حجم الحبيبات الرملية يؤثر في ارتفاع

واتساع الكثيب الرملية، ويعود ذلك إلى أن نسبة قليلة من الحبيبات الرملية الخشنة يمكن أن تقوم بعملية ختم لسطح الكثيب، كما أنها تقلل من عمل الرياح الهادئة في نقل الحبيبات الرملية، وهذا يؤدي إلى اتساع اسطح الكثبان الرملية (Wilson, 1972). كما أن هناك دراسات أظهرت أن هناك اختلاف في الحجمي الحبيبي للرمال على أجنحة الكثبان الرملية وعند قممها (Folk, 1971) الجدير بالذكر أن هناك العديد من الدراسات التي تناولت الخصائص الحجمية على سبيل المثال دراسة (Abolkhair, 1985)، في صحراء الجافورة والذي تراوح الحجم الحبيبي فيها ما بين (٢,٠٠ - ٢,٥ Φ).

ومن الدراسات التي تناولت الخصائص الحجمية دراسة (آل سعود، ١٩٨٦) بصحراء الدهناء، والتي توصلت إلى أن الخصائص الحجمية لرمال الدهناء تتصف بأنها رمال متوسطة الحبيبات وذات فرز متوسط الجودة وتوزيع دقيق الالتواء ومتوسط التفرطح.

في حين بلغ شمال غرب الربع الخالي (٢,٤٣ Φ) وفي سكاكا (٢,٢٩ Φ) (Benaafi and Abdullatif 2015)، وفي شرق المملكة العربية السعودية اجريت دراسة (Koeshidayatullah et al. 2016) والتي بلغ متوسط حجم الرمال للكثبان الرملية الداخلية (٢,١٠ Φ) كذلك دراسة (Ghrefat et al. 2007) في New Mexico حيث تراوح الحجم الحبيبي للكثبان الرملية البرخانية ما بين (١,٥٢ - ١,٥٢ Φ) وأشارت دراسات متعددة إلى استخدام البيانات الطيفية لمعرفة الحجم الحبيبي للرمال وتركيبها المعدني باستخدام الأشعة تحت الحمراء الحرارية التي أظهرت قدرتها في معرفة الاختلاف في حجم الحبيبات الرملية وخصائصها المعدنية للسيليكا (Salisbury and Eastes, 1985; Salisbury and D'Aria, 1992; Wald and Salisbury, 1995) وقد أشار فتزل (Wetzel, 1983) إلى أنه يمكن معرفة الخصائص الفيزيائية للرواسب عن طريق التحليل الطيفي في النطاقات المرئية والقريبة من الأشعة تحت الحمراء.

أهداف الدراسة: تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص الطيفية والحجمية والمعدنية للكثبان الرملية الواقعة في محافظة ثادق وتحليلها إحصائياً.

أهمية الدراسة: محافظة ثادق من المناطق التي تحتاج إلى دراسات تفصيلية عن الخصائص الطيفية والحجمية والمعدنية لرمال كثبانها؛ حيث تعد هذه الدراسات ذات أهمية خاصة في فهم مشكلة حركة الكثبان الرملية وتقديم تفسيرات تفصيلية ودقيقة عن مكونات تلك الكثبان.

تكمن أهمية هذه البحث في دراسة أحجام الحبيبات الرملية لما لها من دور مهم في عملية انتقال الحبيبات الرملية حيث أن استجابة انتقال الحبيبات لتيارات النقل تختلف باختلاف أحجامها كما أن معرفة

الخصائص الحجمية يتيح المجال لفهم نشأتها وحركتها من جهة ومعرفة العوامل المساعدة على ذلك من جهة أخرى، أما دراسة الخصائص المعدنية فيستفاد منها في معرفة مصادر هذه الرواسب ومنشأ الصخور الحاملة لها، كما أن دراسة الخصائص الطيفية لا يقل أهمية عن تلك الخصائص إذ يمكن من خلالها التعرف على المعادن الموجودة في النطاقات الطيفية المختلفة، بالإضافة إلى معرفة أثر الحجم الحبيبي على الانعكاس الطيفي.

مشكلة الدراسة

تعد حركة الرمال من أهم المشكلات البيئية التي تعاني منها بعض المناطق في المملكة العربية السعودية كواحة الأحساء، والمدينة الصناعية الثانية في الدمام، ولا تعد تلك المناطق هي الوحيدة التي تعاني من الانسياق الرملي بل إنَّ هناك مناطق أخرى كالزلفي، وقرى في القصيم، ومدن في الشمال، وأخرى في ساحل تهامة وضمن هذا السياق فإن دراسة الخصائص الطيفية والحجمية والمعدنية من العناصر التي تساعد على الفهم الدقيق لجيومورفولوجية الكثبان الرملية ومعدلات زحفها وسرعة الرياح اللازمة لبدء حركتها وانسياق حبيباتها ومعرفة مصادرها والصخور الحاملة لها، وعلى الرغم من الدراسات التي توجهت نحو رصد حركة الكثبان الرملية وتوظيف أنسب الوسائل التقنية والمعملية والحقلية والفضائية للتعرف على طبيعة الظاهرة وديناميكيته، يستوجب إجراء المزيد من الدراسات المتعلقة بمكونات الكثبان الرملية بالمملكة العربية السعودية، وأن تكون هذه الدراسات في مقدمة اهتمامات المختصين والباحثين، ولذلك قام الباحثان باختيار الكثبان الرملية في محافظة ثادق؛ كونها إحدى المناطق التي لم تتناولها أي دراسة عن مكونات الكثبان الرملية، مستخدماً مرئيات الاستشعار عن بُعد وجهاز الطيف الكهرومغناطيسي (GER 3700) والتحليل الحجمي في دراسة الخصائص الحجمية والطيفية للكثبان الرملية بمحافظة ثادق؛ وذلك لقدرتها على إعطاء تفسيرات عن أحجام الرمال واستقرار بيئة الترسيب والعوامل المؤثرة فيها.

منهجية الدراسة

العمل الحقلي

أجريت عملية مسح استطلاعي لمعرفة مدى امكانية وسهولة التحرك أثناء العمل الميداني، ثم تحديد الكثبان الرملية عينة الدراسة (٥) كثيب رملي وقد روعي في اختيار هذه الكثبان تباين احجامها وارتفاعها وسهولة الوصول إليها وبعد ذلك تم جمع العينات الرملية من كل كثيب رملي بواقع (٤) عينات لكل كثيب

التحليل الطيفي والحجمي والمعدني لرمال كثبان محافظة ثادق الهلالية الواقعة وسط المملكة العربية السعودية بواسطة الاستشعار عن بُعد ٣١١

رملي أخذت من العشرة سنتيمترات الأولى لسفوح الكثبان الرملية (الكساح، الصباب) وأجنحتها الأيمن والأيسر وجمعت خلال فترة هدوء للرياح والغبار .

الطرق المعملية

- لتحديد احجام الحبيبات الرملية استخدمت طريقة الغربلة أو النخل sieve analysis وقد تم غربلة العينات التي تم جمعها أثناء المسح الميداني بواسطة هزاز كهربائي يتكون من ١٣ منخلاً بدءاً بالمنخل ذو الفتحات الأوسع وانتهاء بالمناخل ذو الفتحات الصغيرة.

المعادلات الإحصائية لتحليل أحجام الحبيبات الرملية

استخدم الباحثان المنحنيات التكرارية والمعادلات الحسابية التي وضعها فولك وورد (Folk & Ward, 1957) لاستخلاص الخصائص الإحصائية المتعلقة بحجم رمال الكثبان الهلالية على النحو الآتي:

المتوسط:

$$\frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3} = \text{المتوسط}$$

الانحراف المعياري:

$$\frac{\phi 84 - 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6} = \text{الانحراف المعياري}$$

معامل الالتواء:

$$\frac{\phi 16 + \phi 84 - 2(\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - 2(\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)} = \text{الالتواء}$$

التفرطح:

$$\frac{\phi 5 - \phi 95}{2.44(\phi 75 - \phi 25)} = \text{التفرطح}$$

استخدام جهاز الطيف الكهرومغناطيسي (GER 3700) الذي يعمل في منطقة الأطوال الموجية من ٠,٤ إلى ٢,٥ مايكرومتر في دراسة أحجام الحبيبات الرملية، وذلك لقياس الانعكاس الطيفي لعينات الرمال المختلفة في مناطق الأشعة تحت الحمراء المرئية إلى الموجات القصيرة (VNIR-SWIR)، لمعرفة الامتصاص الطيفي للمعادن في الكثبان الرملية، ومعرفة الحجم الحبيبي لها، تم إجراء قياس الانعكاس الطيفي لتلك العينات مع إبقاء الجهاز عمودياً فوق تلك العينات، بعد ذلك تم إضاءة العينات بالأشعة بزواوية

سقوط تبلغ ٣٠ درجة، وتم قياس الانعكاسات في مجال رؤية مستطيل الشكل يبلغ $1,5 \times 7$ سم، يستخدم مطياف GER3700 640 نطاقا يتراوح بين ٠,٣١٥ و ٢,٥١٩ ميكرومتر ويتراوح أخذ العينات الطيفية من ٠,٠٠١٥ إلى ٠,٠١٢ ميكرومتر (Ghrefat et al., 2007)، يستخدم الإشعاع الطيفي ($W / M2 / sr / nm$) للسطور القياسية كمرجع قياسي لقياس الإشعاع الطيفي للعينات. يتم حساب انعكاس العينات من نسبة اثنين بقسمة الإشعاع الطيفي للسطور البيضاء على الهدف المقاس.

ولمعرفة المعادن التي تحتوي عليها الكثبان الرملية تم استخدام بيانات ASTER من المستوى الاول (B1)، التي تم الحصول عليها في ٢٠ أيلول/سبتمبر ٢٠٠٤. تم تنزيل البيانات من مركز الأرشفة النشط الموزع للعمليات الأرضية التابع لوكالة ناسا (EROS) (<https://LPDAAC.usgs.gov>)، تشمل بيانات ١٤ ASTER نطاقا طيفيا مختلفا: ثلاثة VNIR وستة SWIR، وخمس قنوات للأشعة تحت الحمراء الحرارية (TIR). ويتراوح الوضوح المكاني لهذه النطاقات من ١٥ إلى ٩٠ مترا، لرسم خرائط معادن الكربونات والكوارتز في الكثبان الرملية باستخدام نطاقات TIR الطيفية من ASTER والمؤشرات الطيفية وهي مؤشر الكربونات (CI) ومؤشر الكوارتز (QI) نينوميا وزملاؤه (Ninomiya & Cudahy, 2005) المؤشرات هي:

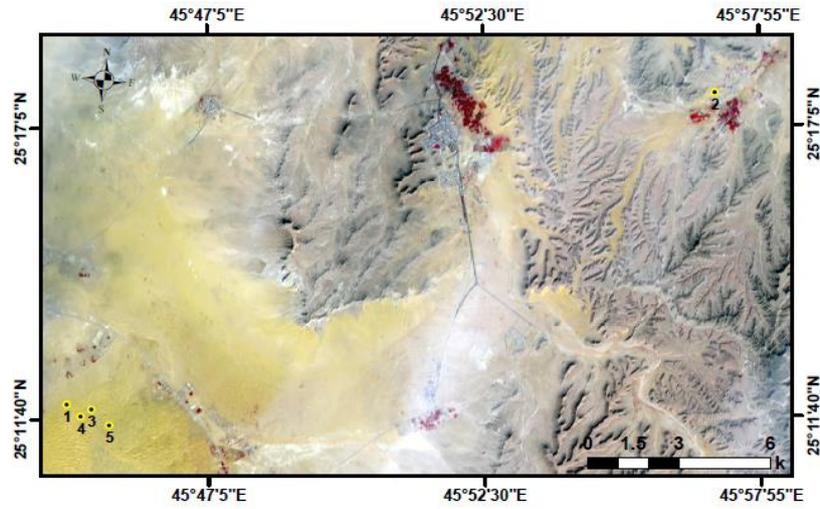
$$CI = \text{Band13} / \text{Band 14}$$

$$QI = (\text{Band11}) \times (\text{Band11}) / (\text{Band10}) \times (\text{Band12})$$

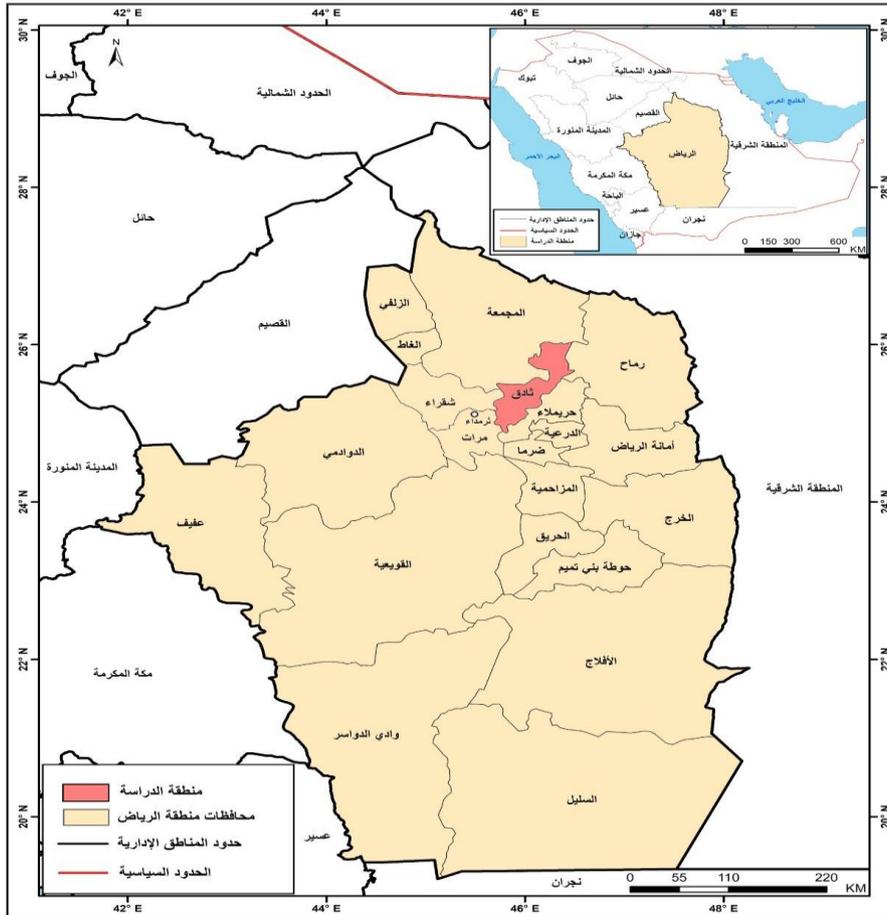
منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الغربي من منطقة الرياض، يحدها من الشمال المجموعة ومن الغرب شقراء ومن الجنوب حريملاء ومن الشرق روضة الخفس والعرمة الجنوبية، أما التكوينات الرملية فقد نشأت خلال الفترات الجافة عقب الفترات المطيرة خلال الزمنين الثالث والرابع (McClure, 1978)، وخلال أواخر عصر المايوسين وحتى الفترة الاخيرة من عصر البلايستوسين، حيث تعلو التكوينات الرملية الاحداث التي تكونت في الزمن الرابع التكوينات الأقدم (Whitney et al., 1983).

ويعد مناخ منطقة الدراسة جزءاً من مناخ منطقة الرياض، الذي يقع ضمن النطاق الصحراوي الجاف، والذي يميزه ارتفاع درجات الحرارة صيفاً، وانخفاضها شتاءً، والمدى الحراري اليومي والسنوي كبير خلال الفصل الواحد وخلال الليل والنهار، مع معدلات رطوبة نسبية منخفضة والأمطار قليلة، مع ارتفاع في معدلات التبخر على معدلات التساقط، وزيادة سرعة الرياح شأنها في ذلك كبقية أجزاء منطقة الرياض.



شكل ١. مواقع الكثبان الرملية الهلالية بمحافظة ثادق عينة الدراسة.



شكل ٢. خريطة منطقة الدراسة.

المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على ARCGIS

نتائج التحليل الاحصائي للخصائص الحجمية

أولاً: الخصائص الحجمية للرمال

١- أظهرت نتائج التحليل الحجمي لرمال العينات المفحوصة المعتمدة في هذا البحث أنها تتراوح بين $\Phi 1,09$ رمال متوسطة الخشونة إلى $\Phi 2,93$ رمال ناعمة، كما أوضحت الدراسة أن الرمال الناعمة الواقعة بين $(\Phi 2,11)$ و $(\Phi 2,93)$ تحتل في الغالب ٨٠% من أحجام الحبيبات الرملية السائدة في منطقة الدراسة، أما بالنسبة للأحجام الرملية التي تتراوح بين $(\Phi 1,42)$ و $(\Phi 1,60)$ فهي تمثل ما يعادل ٢٠% من أحجام الحبيبات الرملية.

٢- يتضح من نتائج التحليل الميكانيكي لعينات الرمال المأخوذة من الصباب أن حجم الحبيبات الرملية تتراوح ما بين الناعمة إلى متوسطة الخشونة $(\Phi 1,60 - \Phi 2,27)$ ، كما تتصف هذه العينات بفرزها الجيد إلى متوسطة التصنيف $(\Phi 0,30 - \Phi 0,70)$ ، أما قيم الالتواء فتتراوح بين $(\Phi 0,22 - \Phi 0,38)$ الالتواء الدقيق إلى التواء دقيق جداً، بينما قيم التفلطح تتراوح بين $(\Phi 0,98 - \Phi 1,12)$ متوسطة التفرطح إلى انحناء مدبب.

٣- اتضح من النتائج المعملية أن الخصائص الحجمية للعينات الرملية المأخوذة من الكساح، أن متوسط أحجام الحبيبات الرملية تتراوح بين $(\Phi 0,32 - \Phi 0,89)$ جيدة جداً في التصنيف إلى متوسطة التصنيف، في حين نجد أن رمال هذه العينات تتصف بفرزها الجيد إلى متوسطة الجودة، وتتراوح قيم الالتواء بين $(\Phi 0,13 - \Phi 0,61)$ التواء دقيق إلى دقيق جداً، في حين أن قيم التفلطح تتراوح بين $(\Phi 0,81 - \Phi 0,84)$ مفلطحة إلى انحناء مدبب جداً.

٤- تبين من التحليل الحجمي لعينات الجناح الأيمن أن متوسط حجم الحبيبات الرملية يتراوح بين $(\Phi 1,60 - \Phi 2,77)$ ، أي ناعمة إلى متوسطة الخشونة؛ أي رمال ذات فرز جيد جداً إلى سيء التصنيف بين $(\Phi 0,32 - \Phi 1,23)$ في حين أن قيم الالتواء بين $(\Phi 0,40 - \Phi 0,48)$ ، التواء دقيق إلى دقيق جداً، أما قيم التفلطح تتراوح بين $(\Phi 0,69 - \Phi 1,36)$ ، أي مفلطح إلى انحناء مدبب جداً.

٥- تتصف رمال الجناح الأيسر بحجم حبيباتها المتوسطة الخشونة إلى الناعمة وتتراوح بين $(\Phi 1,60 - \Phi 2,83)$ ، وفرز جيد جداً إلى متوسطة التصنيف يتراوح بين $(\Phi 0,32 - \Phi 0,87)$ ، أما قيم الالتواء فتتراوح في نطاق الالتواء الدقيق جداً بينما قيم التفلطح تتراوح بين $(\Phi 0,79 - \Phi 1,48)$ المفلطحة إلى مدببة جداً.

جدول ١. الخصائص الحجمية للرمال بمحافظة ثادق.

رقم الكثيب	الخصائص الحجمية	الصباب	الكساح	الجناح الايمن	الجناح الايسر
١	المتوسط	2.56	2.21	2.77	2.65
	الانحراف المعياري	0.30	0.32	0.32	0.32
	الانتواء	0.33	0.13	0.40	0.13
	التفرطح	1.37	1.48	1.35	1.48
٢	المتوسط	2.92	٢,٧٤	2.83	2.80
	الانحراف المعياري	0.42	0.80	1.23	0.69
	الانتواء	0.8	0.32	0.42	0.03
	التفرطح	1.06	1.17	0.70	0.99
٣	المتوسط	1.42	1.59	1.60	1.60
	الانحراف المعياري	0.74	0.89	0.84	0.87
	الانتواء	0.39	0.48	0.48	0.48
	التفرطح	1.23	1.22	1.36	1.34
٤	المتوسط	2.14	2.18	2.13	2.12
	الانحراف المعياري	0.50	0.46	0.48	0.65
	الانتواء	0.34	0.36	0.35	0.42
	التفرطح	0.79	0.91	0.81	0.88
٥	المتوسط	2.15	2.16	2.11	2.17
	الانحراف المعياري	0.52	0.60	0.63	0.53
	الانتواء	0.29	0.61	0.37	0.32
	التفرطح	0.74	0.81	0.69	0.79

المعطيات العامة											وفقاً للمعيار العامة	المدى					
المتوسط	الانحراف المعياري	الانتواء	التفرطح	المتوسط	الانحراف المعياري	الانتواء	التفرطح	المتوسط	الانحراف المعياري	الانتواء							
٢,٢٧	٠,٥	٠,٢٢	١,٠٤	2.27	0.62	0.38	1.12	2.16	0.70	0.33	0.98	2.27	0.61	0.28	1.10	منخفض مدبب	0.79-1.48
٧,٧٧-١,١٠	٠,٧٤-٠,٣٠	٠,٣٩-٠,٢٩	١,٣٧-٠,٧٤	2.83-1.59	٠,٨٩0.32-	0.13-0.61	0.81-1.48	-2.77,١,٠	0.33-1.23	0.40-0.48	0.69-1.36	1.60-2.83	0.33-0.87	0.13-0.48	1.10	منخفض مدبب	0.79-1.48

يتضح من الجدول رقم (٢) أن أكثر الخواص ثباتاً في التوزيع خاصية المتوسط والتفرطح، يليها في ذلك خاصية الالتواء، أما الفرز فهو أكثر الخواص تذبذباً في التوزيع إذ يعطي اختلافاً نسبياً قدره ٢٨,٥%، مما يعني أن هناك تفاوت بين العينات في هذه الخاصية، كما هو موضح في الجدول رقم (١) الذي يؤكد أن هناك اختلافاً في قيم الفرز أكثر من الخواص الأخرى.

جدول ٢. المقاييس الإحصائية.

الخصائص الحجمية	القيمة القصوى	القيمة الدنيا	المتوسط	الانحراف	الاختلاف النسبي
المتوسط	٢,٧٩	١,٥٥	٢,١٧	٠,٤٩	٢٢,٩
الفرز	٠,٨٣	٠,٣١	٠,٥٧	٠,١٦	٢٨,٥
الالتواء	٠,٤٥	٠,١٦	٠,٣٠	٠,٠٨	٢٦,٦
التفرطح	١,٤٢	٠,٧٥	١,٠٨	٠,٢٢	٢٠,٣

التحليل العاملي

يتضح من الجدول رقم (٣) أن خاصيتي المتوسط والفرز تشرح نحو ٨٧,٧% من التباين في أنماط التوزيع الحجمي للعينات المدروسة، واستناداً إلى نتائج التحليل العاملي نجد أنه استخلص عاملين مستقلين فقط بحيث يأخذ الأول قيمة (٢,٥)، بينما يأخذ العامل الثاني (٠,٩٥)، ويتضح من الجدول رقم (٣) أن العامل الأول يشرح ٦٣,٨% بينما يشرح العامل الثاني نحو ٢٣,٨%، أي أن العاملين يشرحان معاً ٨٧,٧% من التباين في التوزيع الحجمي لرمال منطقة الدراسة. ونظراً لأن قيم العوامل الأخرى تقل عن (١,٠) لذا من الممكن الاكتفاء بهاذين العاملين المستقلين لشرح التركيب الحجمي للعينات المعتمدة في هذه الدراسة، وذلك وفقاً لما هو موضح في الجدول رقم (٤) ويتضح من هذا الجدول أن خاصيتي المتوسط والفرز تلعبان دوراً رئيسياً في تحديد نمط التركيب الحجمي لرمال منطقة الدراسة.

جدول ٣. التحليل العاملي للخصائص الحجمية لرمال محافظة ثادق.

الخصائص الحجمية	التباين المشترك	العوامل	المجموع	النسبة المئوية	النسبة المئوية التراكمية
المتوسط	1.0	1	2.55	63.8	63.8
الفرز	1.0	2	.95	23.8	87.7
الالتواء	1.0	3	.47	11.9	99.7
التفرطح	1.0	4	.011	.285	100.

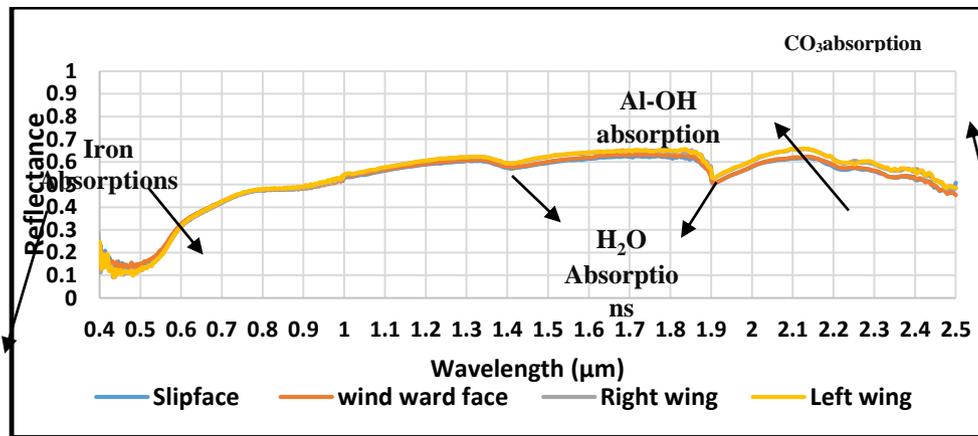
جدول ٤ . العوامل الرئيسية المتعلقة بالخصائص الحجمية لرمال محافظة ثادق.

الخصائص الحجمية	العوامل	المجموع	النسبة المئوية	النسبة المئوية التراكمية
المتوسط	1	2.55	63.8	63.8
الفرز	2	.95	23.8	87.7
الالتواء	3	-	-	-
التفرطح	4	-	-	-

التحليل الطيفي لأحجام الحبيبات الرملية

١. تشير نتائج تحليل عينات الكثبان الرملية أن هناك تماثلاً إلى حد كبير في الانعكاس الطيفي الممتد $(0.6:1.3\mu\text{m})$ ، ويرجع ذلك إلى تجانس العينات الرملية لرمال هذه المنطقة الذي أظهره التحليل الميكانيكي إذ بلغ متوسط الحجم الحبيبي $(\Phi 2,24)$ لعينات الجناح الأيسر والصباب والكساح و $(2,16)$ للجناح الأيمن مع ظهور اختلاف بسيط في النطاق الطيفي الممتد $(0.4:0.5\mu\text{m})$ و $(1.4:1.8\mu\text{m})$.

٢. يوضح الشكل (٣) أن الانعكاس الطيفي لأحجام الحبيبات الرملية أعلى في النطاق الطيفي الذي يمتد من $(0.7:1.8\mu\text{m})$ وفي النطاق الممتد $(2:2.2\mu\text{m})$ ، وفي هذا دلالة على أن رمال هذه المنطقة رمال ناعمة، أما في النطاق الأقل انعكاساً والواقع $(1.9\mu\text{m})$ فهو أقل تماثلاً نظراً لأن العينات الرملية متوسط الخشونة للكثيب الرملي الشكل رقم (٣) بلغت للصباب والكساح والجناح الأيمن والجناح الأيسر $(\Phi 1.60-1.60-1.59-1.42)$ على التوالي.



شكل ٣ . الانعكاس الطيفي للحجم الحبيبي بثادق.

المصدر: من عمل الباحثان اعتماداً على نتائج جهاز (GER3700).

يتضح من الشكل (٣) بمنطقة الدراسة أن الامتصاص الطيفي بالقرب من ٠,٥ و ٠,٩ و ٢,٢٢ ميكرومتر وذلك ناتج عن وجود معادن الحديد، وترجع خصائص الامتصاص عند ٢,٢ ميكرومتر إلى وجود محتويات OH-Al هيدروكسيد الألومنيوم، الموجودة في معادن الكاولين الألومنيوم سيليكات، تظهر المخططات الطيفية ميزتين للامتصاص عند ١,٤ و ١,٩ ميكرومتر، بسبب وجود محتويات الهيدروكسيد (OH) في العينات كما أظهرت الأطياف امتصاصاً قوياً ينخفض قليلاً نحو ٢,٤٥ ميكرومتر، ويرجع ذلك إلى وجود معادن الكربونات (الكلسيات) في العينات. ولا يظهر وجود الكوارتز في الكثبان الرملية أي سمات طيفية في المنطقة الطيفية SWIR-VNIR لأن المعدن يظهر ميزة انبعاثية مزدوجة قوية في المنطقة الطيفية للأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة (Eisele et al, 2015; Vaughan et al, 2003) ووفقاً لـ (Clark 1999)، و (Ghrefat and Goodell, 2007) و (Smith, 2016) فإن أحجام الحبوب الدقيقة لها قيم انعكاس أعلى من أحجام الحبوب الخشنة، هذا وقد ذكر (Sun et al. 2016)، أن الاتجاه المتزايد في الأطوال الموجية للانعكاس التي تتراوح من ٠,٣٥ إلى ٠,٧٤ ملم من رمال الصحراء يمثل انخفاضاً في حجم الجسيمات. ومما ينبغي الإشارة إليه في هذا الصدد أن تجوية صخور السيليكات مثل الشيست وصخور الكربونات من الحجر الجيري والدولوميت في منطقة الدراسة مصدراً لوجود الكوارتز والكربونات والحديد ومعادن هيدروكسيد الألومنيوم في رواسب الكثبان الرملية (Benaafi and Abdullatif, 2015).

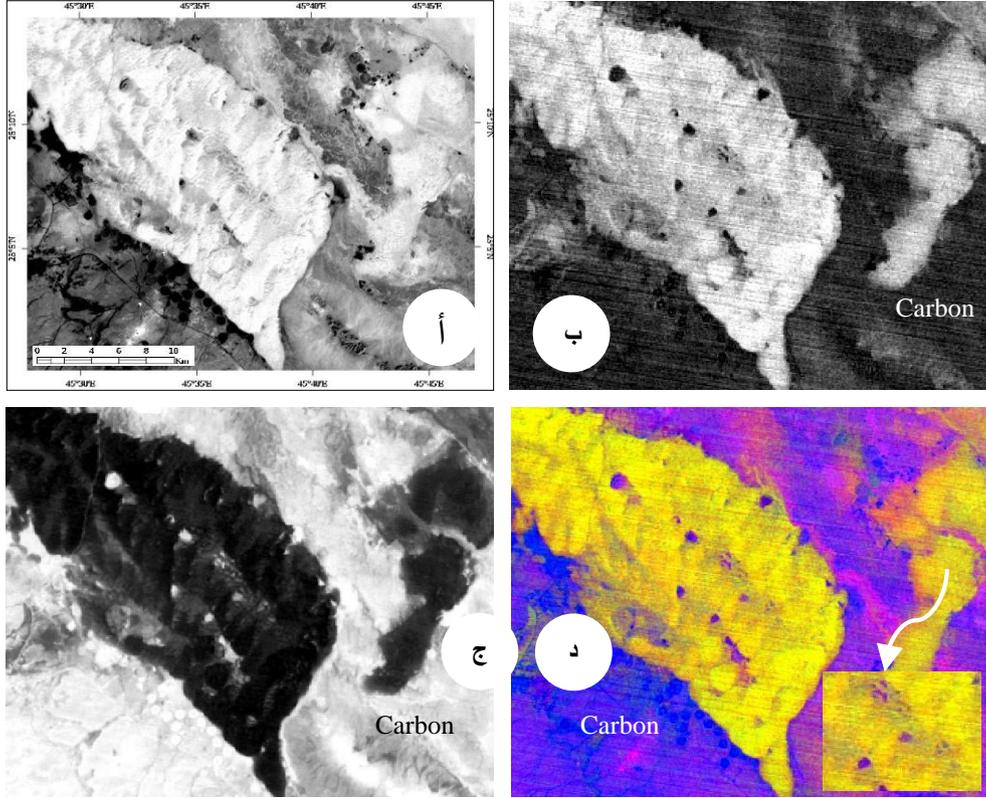
أظهرت نتائج استخدام بيانات ASTER، توزيع معادن الكوارتز والكالسيت وسيليكات الألومنيوم التي تحتوي عليها كثبان منطقة الدراسة حيث يبين (أ) النطاق ٦، (ب) مؤشر الكوارتز، (ج) مؤشر الكربونات، (د) RGB (B: CI؛ G: QI؛ R: B6) كما هو موضح في الشكل (٤)، هذا وقد أظهرت صور ASTER في النطاق ٦ المختار لإظهار وجود المعادن في تلك الكثبان توزيع الكالسيت في صخور الكربونات الموضحة باللون الرمادي، والكوارتز في الكثبان الرملية بالبيكسل الأبيض. كما أن تلك الصور أظهرت معادن سيليكات الألومنيوم باللون الرمادي الفاتح في رواسب الطمي داخل الكثبان الرملية.

تبين صور مؤشر الكوارتز (الشكل ٤ ب) وجود معادن الكوارتز في الكثبان الرملية في وحدات البيكسل البيضاء والكالسيت لتشكل الكربونات بلون داكن. في حين أن صور مؤشر الكربونات (الشكل ٤ ج)، تظهر الكالسيت تكوين الكربونات باللون الأبيض والكوارتز من الكثبان الرملية في اللون الأسود.

هذا وقد تبين توزيع الكوارتز في الكثبان الرملية الكثبان بمنطقة الدراسة باللون الأصفر الفاتح بشكل واضح، والكالسيت من الصخور الكربونية باللون الأرجواني إلى الأرجواني الفاتح. بينما تظهر معادن سيليكات الألومنيوم في رواسب الطمي في ظلال البني (انظر الجزء الداخلي في الشكل ٤د) داخل الكثبان

التحليل الطيفي والحجمي والمعدني لرمال كثبان محافظة ثادق الهلالية الواقعة وسط المملكة العربية السعودية بواسطة الاستشعار عن بُعد ٣١٩

الرملية، كما أن تطوير الصورة باستخدام المؤشرات التي حددت وميزت معادن رواسب الكثبان الرملية وصخور الكربونات بشكل جيد يمكن من خلالها تفسير حدوثها وتوزيعها المكاني.



شكل ٤. توزيع المعادن على الكثبان الرملية في محافظة ثادق.

النتائج

توصلت الدراسة للعديد من النتائج التي يمكن عرضها على النحو الآتي:

- تُعد خاصيتي المتوسط والفرز أكثر الخصائص تحديداً لمسار سلوك الرمال تليها خاصيتي التفرطح والالتواء.
- دلت النتائج المعملية على أن الخصائص الحجمية لرمال منطقة الدراسة تتراوح ما بين متوسطة الخشونة إلى رمال دقيقة.
- تتصف رمال منطقة الدراسة بأنها متوسطة الجودة إلى جيدة الفرز، وتوزيعها الإحصائي الحجمي الدقيق ومتوسطة التفرطح إلى انحاء مدبب.

- تعد خاصيتي المتوسط والفرز أكثر الخواص الحجمية ثباتاً والفرز يليها في ذلك خاصية الالتواء، أما خاصية التفرطح فتعد من أكثر الخواص تذبذباً في التوزيع.
- من نتائج التحليل الطيفي بواسطة جهاز GER3700 وجود امتصاص طيفي بالقرب من ٠,٥ و ٠,٩ و ٢,٢٢ ميكرومتر، وتؤكد وجود معادن الحديد والكربونات، علاوة على ذلك فإن رسم خرائط الكتبان الرملية باستخدام بيانات ASTER ومؤشرات الكوارتز والكربونات يوضح وجود وتوزيع معادن الكوارتز والكربونات بالبكسلات الساطعة.
- يُعد التحليل الميكانيكي مؤشر مهم يعتمد عليه في تفسير نتائج التحليل الطيفي للأحجام الحبيبية، هذا وقد بينت الدراسة تقارب نتائج التحليل الميكانيكي مع نتائج التحليل الطيفي.

التوصيات

- إجراء دراسات شاملة وموسعة للخصائص الطبيعية للحبيبات الرملية إذ تعد هذه الدراسات ضرورية لإلقاء الضوء على الطبيعة المتنوعة للحبيبات الرملية، وتوفير معلومات مفصلة حول التركيب والشكل والحجم والمكونات المعدنية لها وفهم سلوك الرمال والتأثيرات البيئية المرتبطة بها.
- القيام بدراسات متعمقة لتحديد الخصائص الحجمية والكيميائية التي تلعب دوراً في تفسير معدلات انتقال الحبيبات الرملية وتغير أحجامها سواء في نطاق الكتبان الرملية أو الفرشات الرملية أو نطاقات ما بين الكتبان الرملية.
- إجراء دراسات تفصيلية شاملة للخصائص المعدنية للرمال مع ضرورة التعرف على التوزيع المكاني لأنواع المعادن واعداد دراسات لمعرفة الجدوى الاقتصادية لاستثمار هذه الموارد الرملية.
- الاستفادة من بيانات ASTER في إنشاء خرائط توزيع المعادن في الكتبان الرملية بواسطة تحليل الطيف الكهرومغناطيسي. إذ يمكن أن توفر هذه الخرائط رؤية شاملة للمعادن الموجودة وتوزيعها الجغرافي في الكتبان الرملية، مما يسهم في فهم تكوين الكتبان وتأثيرها على البيئة والعمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بها.
- توصي الدراسة بالاستفادة من التقنيات الحديثة في دراسة الخصائص الطيفية والحجمية والمعدنية مثل تقنية الاستشعار عن بُعد وXRD وXRF.
- هذا البحث تم دعمه من خلال المجموعات البحثية بعمادة البحث العلمي - جامعة الملك خالد - المملكة العربية السعودية.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

آل سعود، مشاعل، (١٩٨٦م)، "الانسياق الرملي وخصائصه الحجمية بصحراء الدهناء على خط الرياض - الدمام"، رسالة ماجستير منشورة، الجمعية الجغرافية الكويتية، الكويت.

ثانياً: المراجع العربية

- Abolkhair, Y. M. (1985). The size characteristics of the drifting sand grains in al-Hasa oasis, Saudi Arabia. *GeoJournal*, 11(2), 131-135.
- AL-Khalaf, A, H, (1986), Specification and Calibration of Model Bagnold's for Sand Transport: Urayg Al Buldan Dune Field, Central Arabia, Unpublished Ph.D. Indiana University, Bloomington.
- Al-Saud, M (1985) Sand drift and its size characteristics in Ad-Dahna desert on the Riyadh-Dammam highway. Master Thesis. published by The Department of Geography at Kuwait University - Kuwait Geographical Society.
- Bagnold, R. A. (1951). Sand formations in southern Arabia. *The Geographical Journal*, 117(1), 78-86.
- Benaafi M, Abdullatif O (2015) Sediment logical, mineralogical, and geochemical characterization of sand dunes in Saudi Arabia. *Arab J Geosci* 8(12):11073–11092.
- Clark, R.N., 1999. Spectroscopy of rocks and minerals, and principles of spectroscopy. In: Rencz, A.N. (Ed.), *Manual of Remote Sensing, Volume 3, Remote Sensing for Earth Science*. John Wiley and Sons, New York, pp. 3–58.
- Cook, R.U, Warren, A., (1973); *Geomorphology in deserts*, Batsford Ltd., London.
- Eisele, A., et al., 2015. Advantages using the thermal infrared (TIR) to detect and quantify semi-arid soil properties. *Remote Sensing of Environment*, 163, 296–311. doi:10.1016/j.rse.2015.04.00
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3-26.
- Folk, R. L. (1966). A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6(2), 73-93
- Folk, R. L. (1971). Longitudinal dunes of the northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. Geomorphology and grain size relationships. *Sedimentology*, 16(1-2), 5-54.
- Ghrefat, H. A., Goodell, P. C., Hubbard, B. E., Langford, R. P., & Aldouri, R. E. (2007).
- Ghrefat, H. A., Goodell, P. C., Hubbard, B. E., Langford, R. P., & Aldouri, R. E. (2007). Modeling grain size variations of aeolian gypsum deposits at White Sands, New Mexico, using AVIRIS imagery. *Geomorphology*, 88(1-2), 57-68.

- Johnson, P.E., Smith, M.O., Adams, J.B., 1992. Simple algorithms for remote determination of mineral abundances and particle sizes from reflectance spectra. *Journal of Geophysical Research* 97, 2649–2657
- Koeshidayatullah A, Chan S, Al-Ghamdi M, Akif T, Al-Ramadan K, (2016) Discrimination of inland and coastal dunes in Eastern Saudi Arabia desert system: An approach from particle size and textural parameter variations *Journal of African Earth Sciences* 102-113.
- McClure, H, (1978) ,Ar Rub Al Khail, in Al-Sayari, S. and aotl, J, *Quaternary*.
- Modeling grain size variations of aeolian gypsum deposits at White Sands, New Mexico, using AVIRIS imagery. *Geomorphology*, 88(1-2), 57-68.
- Nanni, M. R., Cezar, E., Silva Junior, C. A. D., Silva, G. F. C., & da Silva Gualberto, A. A. (2018). Partial least squares regression (PLSR) associated with spectral response to predict soil attributes in transitional lithologies. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(5), 682-695.
- Ninomiya, Y., Fu, B., & Cudahy, T. J. (2005). Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared “radiance-at-sensor” data. *Remote Sensing of Environment*, 99(1-2), 127-139.
- Salisbury, J.W., D'Aria, D.M., 1992. Infrared (8–1-micron) remote sensing of soil particle size. *Remote Sensing of Environment* 42, 157–165.
- Salisbury, J.W., Eastes, J.W., 1985. The effect of particle size and porosity on spectral contrast in mid-infrared. *Icarus* 64, 586–588.
- Smith, M. E. (2016). *Sand Compositional Analysis Using a Combined Geological and Spectroscopic Approach*. Florida Atlantic University.
- Sun, Z., Lv, Y., & Tong, Z. (2016). Effects of particle size on bidirectional reflectance factor measurements from particulate surfaces. *Optics Express*, 24(6), A612-A634.
- Udden, J. A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25(1), 655-744.
- Vaughan, R. G., Calvin, W. M., & Taranik, J. V. (2003). SEBASS hyperspectral thermal infrared data: surface emissivity measurement and mineral mapping. *Remote Sensing of Environment*, 85(1), 48-63.
- Wald, A., Salisbury, J.W., 1995. Thermal infrared directional emissivity of powdered quartz. *Journal of Geophysical Research* 100, 24665–24675.
- Warren, A., (1966) *The Qoz Region of kordfan*, 272 p.p., Ph D., U. of Cambridge, U.K.
- Wetzel, D.L., 1983. Near-infrared reflectance analysis. *Anal. Chem.* 55, 1165A–1176A.
- Whitney, J, et al (1983), *The Environmental history and present onditions of the Northern sand seas of Saudi Arabia, Jeddah, Saudi Arabia: Ministry of petoleum and Mineral Resources, Open file Report, USGS-Of-03-950.*
- Wilson, I. G. (1972). Aeolian bed forms—their development and origins. *Sedimentology*, 19(3-4), 173-210.

Spectral, Volumetric and Mineral Analysis of Barchan Sand Dunes of Thadiq Province Located in the Center of KSA through Remote Sensing

Yousef Yahay Salem¹ and Nasser bin Saeed Alzbnah²

¹*PhD Researcher, Department of Geography, Faculty of Arts, King Saud University, Riyadh,* and ²*Associate Professor of Geographic Information Systems, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, King Khalid University, Abha, KSA*

y.salam1985@gmail.com

Abstract. The aim of this research is to identify the volumetric, mineralogical, and spectral characteristics of the sand dunes in the Hail region of *Thadiq* Province and analyze them statistically. To achieve the study objective, statistical equations were used to analyze the sizes of the sand particles. The electromagnetic spectrometer (GER 3700) was used to study the particle sizes of the sand grains in order to determine the spectral absorption of minerals in the sand dunes and their granulometric size. Additionally, the study utilized ASTER data to identify the minerals present in the sand dunes. The results of the mechanical analysis showed that the sand sizes of this region range from 1.59 Φ to 2.93 Φ , although the sizes between Φ 2.11 and Φ 2.93 represent 80% of the sand volumes extracted in this study, which means that the sands of the region are fine sand with medium sand of 20%. The results of the mechanical analysis showed that the sands of the region are moderately well sorted to Well sorted, with their precise and Mesocratic statistical distribution to a Lepto kurtic. It is worth mentioning that the most stable volumetric characteristic in the Mean distribution and sorting are followed by the characteristic of skewness, the kurtosis is one of the most fluctuating properties in distribution, which means that there is a disparity between the results of the sand samples in this property, as shown by mechanical analysis as the sand granules are medium sand to a Lepto kurtic. One of the prominent findings of the study is the presence of spectral absorption peaks near 0.5, 0.9, and 2.22 micrometers, confirming the presence of iron minerals and carbonates. Furthermore, mapping the sand dunes using ASTER data revealed indicators of quartz and carbonates.

Keywords: Barchan, Thadiq, Volumetric characteristics, Sand drift.

