

دراسة ميدانية لحركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث-القنفذة، غربي المملكة العربية السعودية

أ. إبراهيم بن أحمد الكيادي (١)

د. محمد بن العباس داودي (٢)

د. فاطمة بن سالم (٣)

(١) قسم الجغرافيا، كلية اللغة العربية والدراسات الإجتماعية، جامعة القصيم،

المملكة العربية السعودية

(٢) قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية،

جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية

(٣) قسم الرياضيات والهندسة الصناعية، جامعة متعددة التقنيات بمونتريال،

كندا (Polytechnique Montreal)

soma56056@hotmail.com mdaoudi@kau.edu.sa

mdaoudi65@gmail.com f.bensalma@polymtl.ca

تاريخ استلام البحث: ٢٠ / ٣ / ٢٠٢٠

تاريخ قبول البحث: ٢٨ / ٧ / ٢٠٢٠

دراسة ميدانية لحركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث-القنفذة، غربي المملكة العربية السعودية

أ. إبراهيم بن أحمد الكيادي (١)

د. محمد بن العباس داودي (٢)

د. فاطمة بن سالم (٣)

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى الكشف عن مخاطر حركة الرمال على الطريق الساحلي الدولي بين مدينتي الليث والقنفذة، وتحديد المناطق الأكثر تضرراً من حركة الرمال، في محاولة للحد من آثار الزحف ليكون أنموذجاً يمكن تعميمه وتطبيقه على الطرق الأخرى في السعودية. وتضمنت منهجية البحث وصف منطقة الدراسة طبوغرافياً وجيولوجياً وآثار حركة الرمال فيها، والقيام بعدة قياسات ميدانية وإنجاز مخططات وأخذ عينات وتحليلها معملياً، ومعالجة احصائية للبيانات. وأظهرت النتائج طبيعة الكثبان الرملية وزحفها في منطقة الدراسة، ذات تغطية نباتية ضعيفة جداً بلغت نسبتها (٠,١ %) أي ما يعادل (٠,١٢٩ كلم^٢) من مجموع مساحة قطاع البحث. ومن خلال التحليل البصري للمرئيات الفضائية للقمر الصناعي «لاندسات»، الملتقطة في (٢٠٠٠) و(٢٠١٦)، وبعد التركيب الملون للحزم الطيفية للمجالين المرئي وتحت الأحمر القريب والمتوسط، واعتماداً على توقيع البصمة الطيفية لمظاهر السطح والغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة، ظهر جلياً أن هناك تغيرات ملحوظة على السطح من ناحية اللون ودرجة الدكامة، وهذا ما يفسر بالديناميكية الجيومورفولوجية المميزة للمنطقة من جهة، وبالانشطات البشرية المتزايدة من جهة ثانية، وهو تليل وتأكيد لمدى خطورة الظاهرة. وتتمثل الحركية الجيومورفولوجية في زحف الكثبان بمختلف أنواعها وطرق نقل رمالها، وما نتج عنها من انجراف لسطح التربة وتغير في خواصها الفيزيائية والكيميائية، وتدهور الأراضي الزراعية ودفن للبيوت والطرق، وهذا ما تم إثباته حقلياً ومعملياً. وتجدر الإشارة

أيضاً إلى نشاط المجاري المائية النازلة من السفوح الغربية لجبال الحجاز - عسير والمطلة على البحر الأحمر، وما تنقله من حمولة ورواسب ترمي بها في قطاع الدراسة، وما له من تأثير كبير على النسيج العمراني والإنشاءات الهندسية، مما يستدعي على الجهات ذات الصلة أن تأخذ بعين الاعتبار الدراسات الجيومورفولوجية، لحماية الأراضي وإدارة المخاطر الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: حركة الرمال، المخاطر الطبيعية، الاستشعار عن بعد، الليث، القنفذة، المملكة العربية السعودية.

(١) قسم الجغرافيا، كلية اللغة العربية والدراسات الاجتماعية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

(٢) قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة، المملكة العربية السعودية

(٣) قسم الرياضيات والهندسة الصناعية، جامعة متعددة التقنيات بمونتريال، كندا (Polytechnique Montreal)

A FIELD STUDY OF SAND MOVEMENT AND ITS RISKS ON THE COASTAL ROAD AL-LEITH- ALQUNFUDAH, WESTERN SAUDI ARABIA

Ibrahim Alkayyadi
Mohamed Daoudi (PhD)
Fatima Bensalma (PhD)

soma56056@hotmail.com

mdaoudi@kau.edu.sa

mdaoudi65@gmail.com

f.bensalma@polymtl.ca

Abstract

This study aims to identify the areas most affected by the movement of sand along the international coastal road between Laith and Al-Qunfudah, in order to reveal the dangers of sand dynamics on road infrastructure and reduce its effects. The results can be used as a model and applied to other roads in Saudi Arabia. The methodology includes the topographical and geological description of the study area, the assessment of the effects of internal sand movement, the performance of several field measurements, the collection of samples and their analysis in the laboratory, as well as the statistical processing of data. The results show the nature of the sand dunes and their types in the study area, where the vegetation cover is very low of the order of (0.1%, i.e. 0.139 km²) of the total area of the research sector. Through visual analysis of Landsat images from two dates (2000) and (2016), and after a colored composition of the visible and near and mid-infrared bands, it became clear that there are significant changes in land surface conditions This is explained by the geomorphological dynamics of the region on the one hand, and the increase in human activities on the other, confirming the severity of the phenomenon of environmental degradation. The result is the encroachment of dunes of various types on road networks, erosion of the soil surface materialized by a change in its physical and chemical properties, degradation of agricultural land and the burial of

houses and roads, proven in the field and in the laboratory. The geomorphological impact and risks caused by the intense activity of the wadis descending from the western slopes of the Hejaz-Aseer mountains, overlooking the Red Sea, and the sediments it carries into the study area for architectural and engineering constructions, land protection and natural disaster management should also be noted.

Keys words: Sand movement, Natural hazards, Remote sensing, Al-Leith, Alqunfudah, Saudi arabia.

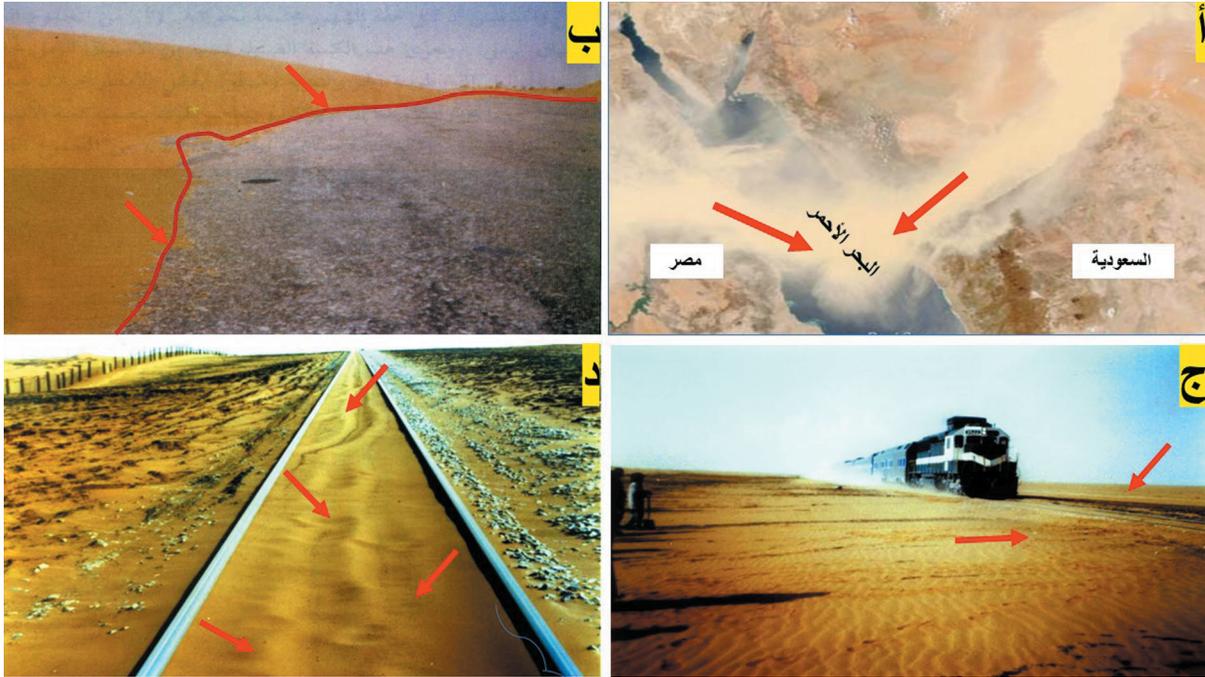
١. مقدمة

(٢٠٠٩) (الشكل ١). فقد تمت العديد من الدراسات على عدة قطاعات من المملكة العربية السعودية (مكة المكرمة، جدة، الرياض، القصيم، الأحساء، الجافورة) وخارجها، تناولت الموضوع بالاعتماد على بيانات متعددة المصادر (خرائطية، فضائية، حقلية)، ومن زوايا مختلفة شملت على سبيل المثال، مشكلة التصحر، مخاطر حركة الكثبان، تقدير الزحف الرملي ورصد الظاهرة وكشف لخباياها (الدغيري، ٢٠١١، آل زينه، ٢٠٢٠)

Al-Mutiry et al., 2016 ; Al-Ghamdi and Hermas, 2015 ; Hermas, 2015 ; Al Bataineh and Al Tamimi, 2014 ; Necsoiu et al., 2009 ; Al Hdhaif, 2003 ; Al-Harathi, 2002 ; Werner and Haff, 1988 ; Abolhair, 1981 Al-Saud, 1988; Delgado et al., 1991 ; Whitney et al., 1983; Whitney, 1981; Shehata et al., 1998; Fryberger et al., 1984 ; Sagga, 1998; Barth, 1999; Edgell, 1990; Fryberger et al., 1984; Shehata et al., (1992).

تشكل حركة الرمال تحديا كبيرا، وخطرا يتعاظم مع حجم وسرعة العواصف (Lyles et al., 1983) ولقد حاول الإنسان منذ زمن بعيد مكافحة حركة الرمال بشتى الطرق، إلا أن إمكاناته كانت محدودة، مما أدى به في أغلب الأحيان إلى هجرة لأراضيه وتركها عرضة للزحف الرملي، نظرا لما تسببه هذه المشكلة من مخاطر على البيئة لمساحات شاسعة من العالم بصفة عامة، وأراضي المملكة العربية السعودية بصفة خاصة، منها طرق المواصلات وخاصة الصحراوية منها، التي تعاني من كثرة جركة الرمال، الأمر الذي يشكل عنصرا مفاجئا لمرتادي الطرقات، والذي ينتج عنه حوادث مرورية مؤلمة.

وتغطي الكثبان الرملية بمختلف أشكالها وأحجامها مساحة كبيرة من المملكة، تبلغ نحو (٦٣٥,٠٠٠ كلم^٢) تمثل مانسبته (٣٣ %). وبالرغم من سعة مساحات النطاقات الرملية في المملكة، وتعاظم مشكلة حجم الرمال في صحاريها، وهول العواصف الرملية المؤثرة على النشاطات البشرية فيها، إلا أن الاهتمام بهذه الإشكالية لا يزال في مهده (آل سعود،



الشكل ١. مخاطر العواصف الترابية والزحف الرملي: أ- حركة تصادمية لعاصفتين ترابيتين، ب- زحف الكثبان الرملية على بعض الطرق الفرعية بصحراء الدهناء، ج- الإنسياق الرملي يدهم حركة القطارات، د- تراكم الرمال المنساقفة بين قضيب السكة الحديدية يؤثر في حركة القطارات (آل سعود، ٢٠٠٩ مع التعديل)

عويصة تحتاج إلى دراسة (الشكل ٢). وتكمن أهمية هذا العمل في محاولة الحد من آثار الزحف الرملي على طريق الليث - القنفذة السريع، لما له من أهمية بالغة في الربط بين منطقتي مكة المكرمة وجازان، ليكون نموذجاً يمكن تطبيقه وتعميم نتائجه على الطرق الأخرى بالمملكة، حيث تعاني من مخاطر المشكلة بأشكالها المختلفة. وتهدف هذه الدراسة إلى:

- الكشف عن خطورة حركة الرمال على طريق الليث - القنفذة السريع وأنماطها.
- تحديد أكثر المناطق تضرراً من الزحف الرملي.
- محاولة الحد من أضرار زحف الرمال وتقليلها، عن طريق اختيار أفضل المناهج والتقنيات المساعدة في ذلك.

تلعب الرياح دوراً رئيساً في تكوين الرواسب الرملية وزحفها، حيث تقوم بعملية النحت ثم النقل والإرساب للمفتتات والعوالق الترابية، كما تؤدي دوراً مهماً في توزيع وتشكيل التكوينات الرملية المختلفة الشكل والحجم وتشكل عائقاً للتنمية في الإقليم (صحيفة المدينة، ٢٠١٩). هذا وقد ساهمت الدراسات الجيومورفولوجية المتعلقة بالزحف الرملي في تبيان توزيعها وديناميكيته وتحديد المناطق المتضررة بدرجات متفاوتة (Thompson and Amos, 2004 ; Willetts and Rice, 1989 ; Vincent , 1984; Anton and Vincent, 1986; Watson, 1985; White and Schulz, 1977 ; Bagnold, 1941; Holm, 1960). وإن ازدياد عدد الحوادث من المشكلات الناتجة عن زحف الرمال على الطريق الدولي الساحلي الواقع بين مدينتي الليث والقنفذة، وأدى ذلك إلى تدمير البنية التحتية للطرق، إضافة إلى آثاره الاقتصادية والاجتماعية، مما يعد مشكلة



الشكل ٢. مخاطر الزحف الرملي في منطقة الدراسة: أ- بيئة رملية مصدر العملية،
ب - قلة في مجال الرؤية لبعض الأجزاء من الطريق الدولي الساحلي،
ج - تراكم الرمال المتحركة على الطريق (الكيادي، ٢٠١٨ مع التعديل)

٢. الدراسات السابقة

- كما أشار (٢٠٠٢) Al-Harthi في دراسته حول تقييم مخاطر تراكمات الكثبان الرملية المتحركة بين جدة والليث، والتحقيق في ثلاثة مواقع لحقولها على طول المنطقة المدروسة، مع تحديد أشكال الكثبان الرملية. وقد أظهرت المراجعة الميدانية التفصيلية أن كثبان البرخان هي السائدة، وتم العثور على رمال من المواقع المدروسة متشابهة في شكل الحبيبات وأحجامها وتركيبها المعدني.

- وأبرز معتمد (٢٠٠٨) أهمية تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكثبان الرملية بحقل الجافورة، شرقي المملكة العربية السعودية. وتوصل البحث إلى تمييز أنواع الأشكال الرملية ونشاط حركتها وأصل رمالها، وكل ما يتعلق بالجانب الجيومورفولوجي لمواقعها.

- أما دراسة آل سعود (٢٠٠٩) فقد أبرزت دور الاستشعار عن بعد وأهميته في متابعة وكشف حركة الرمال ووسائل تثبيتها حقلية في شبه الجزيرة العربية، بالتطبيق على صحراء الدهناء أنموذجاً. وقد تركز العمل على دراسة الانسياب الرمي وخاصة المنطقة التي يخترقها طريق الرياض-الدمام وخط السكك الحديدية، مبرزة خطورة العملية. وخلصت الدراسة إلى التوصية بإنشاء محطات حقلية حول مناطق الضرر، تشمل على مصائد رملية ودراسة الكثبان في الصحاري المختلفة جيولوجياً وgeomorphologically كوحدة واحدة بعيدة عن أطر التجزئة الطبيعية لنظام بيئي مترابط ومتشابك.

- وفي نفس السياق قام الدغيري (٢٠١١) بدراسة الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكثبان في صحراء الدهناء بشمالي منطقة القصيم. وتوصل العمل الميداني والمعملي أن حمرة رمال المنطقة تزداد كلما تم الابتعاد عن وادي الرمة، وأن هذا اللون مرتبط بتركز أو انخفاض الهيماتيت في الكثبان القبايية والنجمية وأعراف الكثبان الطولية عالية الارتفاع.

- أما (2015) Al-Ghamdi and Hermas فقاما بدراسة حول تقييم مخاطر حركة الكثبان الرملية وأثر ذلك على استخدام الأرض في شمال غرب مدينة الليث بالمملكة العربية السعودية، باستخدام صور الأقمار الصناعية متعددة التواريخ. وبعد تطبيق معالجات رقمية خاصة بحركة الكثبان، تم تصميم خريطة لكشف الإزاحة، حيث أظهرت تغيرات مكانية عالية في مختلف أنحاء منطقة الدراسة، وأن

نظراً لكثرة الدراسات السابقة في هذا المجال، فسوف يقتصر تقديم البعض منها على سبيل المثال لا الحصر:

- دراسة (1981) Abolkhair حول زحف الرمال بواسطة الرياح في منطقة الاحساء، بهدف تحديد معدل انجراف الرمال وكثافتها، لارتباطها بخصائص الرياح ومتوسط حجم الحبيبات. وتم تحديد وترتيب عوامل التحكم حسب درجة تأثيرها في انجراف الرمال ومعدلات حركة الكثبان، منها: خصائص الرياح (السرعة، المدة، والاتجاه)، متوسط حجم الحبيبات، حجم الكثبان الرملية، حجم الرمل المتاح للنقل، المحتوى الرطوبي للرمال وكثافة الغطاء النباتي.

- أما دراسة (1990) Edgell فقد تناولت تطور صحراء الربع الخالي، وتحليل أصل الكثبان الرملية وتطورها خلال الرباعي، وتصنيف أنواعها منها الطولية والعرضية والمنفردة.

- وتعد المراجعة التي قام بها (1985) Watson من الأعمال البارزة والتي تمحورت حول دراسة الكثبان المتحركة، والتحكم في الرمال التي تهب عليها الرياح في المملكة العربية السعودية، حيث توصلت الدراسة إلى تحديد طرق معالجة المخاطر التي تسببها الرمال، وكيفية التعامل مع الكثبان المتحركة.

- أما دراسة آل سعود (١٩٨٨) فقد زاوجت بين الميدان والعمل لتحليل انجراف الرمال، وخصائص حجم الحبيبات في صحراء الدهناء على طريق الرياض - الدمام، والوصول إلى فهم لعملية حركة الرمال ومخاطر ديناميكيتها على المنشآت البشرية.

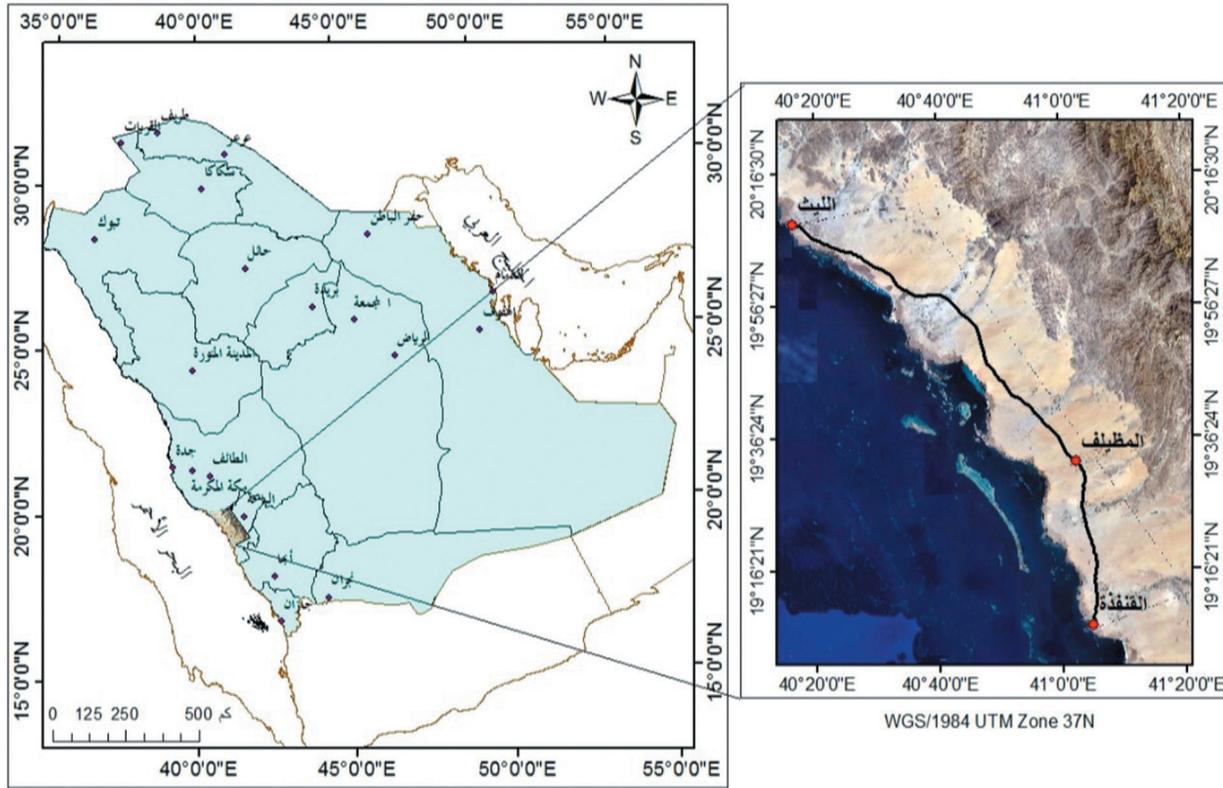
- ومن جهته عمل المطيري (١٩٨٩) دراسة حول أثر الغبار والعواصف الرملية في انتشار مرض حساسية الصدر والربو في مدينة الرياض. فقد توصل البحث إلى وجود علاقة طردية بين تكرار الغبار والعواصف الرملية ومجموع مرضى حساسية الصدر والربو من ناحية، ووجود ارتباط طردي بين معدل أقصى سرعة للرياح وتكرار ظاهرة العواصف الرملية من ناحية ثانية. وقد سمح ذلك بمعرفة التوزيع الجغرافي للغبار والعواصف الرملية.

- وقدم (1993) El-Nozahy دراسة معملية حول مورفولوجيا الحبيبات وحجمها، والتركيب المعدني لرمال الكثبان الرملية الخطية في صحراء الدهناء بالمملكة العربية السعودية.

٣. منطقة الدراسة

يقع قطاع البحث على الطريق الدولي المحاذي للبحر الأحمر، بين محافظتي الليث والقنفذة غربي المملكة العربية السعودية على مسافة (١٦٠ كلم)، وتحديداً بين خطي طول (٤٠°٤٠′ و ٤٨°٢١′٤١″) شرقاً، وبين دائرتي عرض (٣٠°١٣′ و ٣٥°١٢′٢٠″) شمالاً (الشكل ٣). تبلغ مساحة قطاع البحث (٢٠٥٦ كلم^٢)، أما منطقة العمل الحقلية فتشغل مساحة (١٨٧٧ كلم^٢). وبلغ أعلى ارتفاع (٢٨٠ م) وأدناه (١ م)، وتشغل سلسلة جبال السروات الواجهة الشرقية للمنطقة، ذات تكوينات بركانية وصخور بلوتونية قديمة، وتغطي الساحل صخوراً رسوبية ومواد حصوية، تتكون أساساً من الرمل والطيني ذات أصل ريحي ومائي. مناخها تتميز بمنطقة الدراسة إلى النطاق الصحراوي الجاف، الذي يتميز بقلّة الأمطار واتساع المدى الحراري، والارتفاع الملحوظ في درجات الحرارة على مدار السنة. أما استعمالات الأرض فتشكل المناطق الرعوية معظم مساحات وادي الليث، تستخدم غالباً لرعي الأغنام والإبل والماعز، لذلك تعد المراعي أهم الاستخدامات الراهنة لأراضي المنطقة. وقد تبين من خلال الملاحظة الحقلية تدهور الأراضي، إذ تتعرض للرعي الجائر والكثيف خاصة في المناطق السهلية والتموجة، ويقل تعرضها للرعي في أعلى حوض التصريف نظراً لارتفاع ووعورة السطح. كما توجد هناك بعض الأراضي المستخدمة في الزراعة، حيثما تتوفر التربة الصالحة ومياه الري، ولكنها بمساحات صغيرة ومتفرقة، وعادة ما يزرع فيها النخيل خصوصاً حول التجمعات السكنية، وكذا زراعة الدخن والذرة البيضاء لتأمين حبوب الأعلاف، كما تزرع بعض أنواع الخضراوات للاستهلاك المحلي، دون النظر إلى مردودها الاقتصادي، مثل البندورة والفجل والخيار والجزر والخس والكوسا والباميا. وهناك جزء من الأراضي يستخدم للأغراض العمرانية مثل التجمعات السكنية والخدمات والتجارة لتأمين الحياة اليومية.

الاتجاهات الرئيسية لهجرة الرمال هي الشرقية والجنوبية الشرقية، حيث ترتبط بالرياح السائدة في قطاع البحث. - كما قام Al-Mutiry وآخرون (٢٠١٦) بتقدير معدلات هجرة الكثبان الرملية شمال مدينة الرياض باستخدام صور القمر الصناعي سبوت؛ البنكروماتية. وأظهرت نتائج الدراسة انخفاض في معدلات حركة الكثبان لمواضع تراكم الكثبان النشطة مع الكثبان القديمة الثابتة، ومن ناحية أخرى تزداد هذه المعدلات عندما تقع الكثبان الرملية فوق السهل الرسوبي على طول الهوامش الغربية لعرق الرثمة. وأن اتجاه حركة الكثبان يتم نحو الجنوب، وهو الاتجاه السائد للرياح الشمالية. ويشير التحليل المكاني إلى المخاطر المحتملة لنشاط الكثبان الرملية للعديد من مكونات استخدام الأرض، مثل الطرق وخطوط الكهرباء والمرافق الترفيهية في المنطقة. وفي نفس المجال أشار آل زبنه (٢٠٢٠) في دراسته حول مراقبة زحف الرمال والتنبؤ بحركتها، باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مع تحديد اتجاهاتها وتقييم أضرارها على المناطق السكنية في محافظة بدر بمنطقة المدينة المنورة. وأظهرت النتائج زيادة سنوية كبيرة في عملية حركة الرمال، مسببة خطورة معتبرة على قطاع البحث.



الشكل ٢. منطقة الدراسة

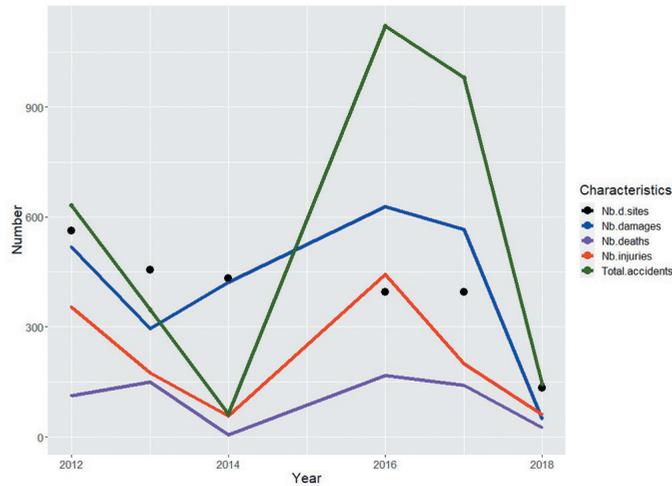
٤. كثرة الحوادث المرورية أثناء أيام نشاط الغبار (الشكل ٤).

ويعرض الشكل ٤ الحوادث المرورية على الطريق الساحلي في الفترة من ٢٠١٢ إلى ٢٠١٨، حيث يبلغ معامل التغير النسبي من إجمالي الحوادث المرورية حوالي (٨٠٪)؛ يليه عدد التلفيات (٧٣٪)، عدد الإصابات (٥٢٪)، عدد الوفيات (٦٨٪) وعدد مواقع الضرر (٣٦٪). وبعد الارتفاع الواضح منذ عام ٢٠١٤، بلغ العدد الإجمالي للحوادث والأضرار والإصابات والوفيات الحد الأقصى في

ومن ناحية التركيبة السكانية وحسب التعداد الوطني لعام (٢٠١٠)، فقد قارب عدد سكان محافظات القنفذة، الليث، الشواق (٣٠٠,٠٠٠ نسمة)، موزعين على مدن وقرى المحافظات المنتشرة في منطقة الدراسة.

ويرجع اختيار هذه المنطقة للأسباب التالية:

١. وضوح ظاهرة حركة الرمال ونشاط العواصف الترابية.
٢. تأثر منطقة الدراسة بالرياح القادمة من البحر الأحمر.
٣. التضاريس الباطنية للسكان من زحف الرمال على منازلهم ومنشآتهم في فترات نشاط حركة الرمال.



المصدر: بيانات مرور محافظتي الليث والقنفذة

الشكل ٤. أضرار الحوادث المرورية على الطريق الدولي الليث-القنفذة

قياس كمية الزحف ومعرفة أنماطه في العديد من الأماكن المختارة، والتي بلغ عددها ثمانية مواقع قياس ومراقبة لمدة خمسة أشهر من مايو إلى سبتمبر ٢٠١٧ (الشكل ٥). ويرجع سبب اختيار نقاط القياس إلى كثرة وجود حركة الرمال على امتداد الطريق، إضافة إلى وجود التجمعات الرملية داخل مسار الطريق (الشكل ٦). وشمل العمل الحقلية المراحل التالية:

١. معاينة منطقة الدراسة.

٢. تحديد المواقع وتثبيت وسائل القياس، حيث تم تفصيل أنابيب بلاستيكية ووضعها بشكل عمودي، مع إضافة الملقق التعريفي عليها، حيث كان عرض الأنبوب (٤/٣ بوصة) وبطول (٥، ١ م)، ومقياس متري لقياسات الزحف الرملي. وتم التردد على منطقة الدراسة لمدة خمسة أشهر في أوقات متفاوتة، لقياس حركة الرمال والتغيرات الناتجة عن الزحف الرملي.

٣. قياس مبدئي متبوع بخمسة قياسات على فترات مختلفة. وتجدر الإشارة إلى بعض الصعوبات الحقلية منها:

- الإخلال بنقاط القياس من قبل شركات صيانة وتعبيد الطرق.
- بُعد المنطقة عن مقر إقامة الباحثين.
- خطورة القيادة على الطريق الدولي أثناء العواصف الترابية، بغية الحصول على القياسات في مواسم نشاط الزحف الرملي (خلال فصلي الربيع والصيف).
- ندرة البيانات والدراسات التي تناولت الزحف الرملي في منطقة البحث، وعدم وجود ما يفيد العمل في الجهات الحكومية التي يتبع إليها قطاع الدراسة.
- التكاليف المادية أثناء الرحلات الحقلية المتكررة للمنطقة.

عام ٢٠١٦ ثم في عام ٢٠١٧ بانخفاض طفيف قبل الهبوط الكبير في عام ٢٠١٨، حيث تم تقلص عدد المواقع المتضررة إلى الثلث.

والملفت للانتباه تراجع الحوادث المفاجئ في عام (٢٠١٦) ثم عودتها من جديد في عامي (٢٠١٧-٢٠١٨) ولكن بنسبة أقل من سابقتها، وهذا يعود أساساً إلى التكتيف الأمني لدوريات المرور على مستوى كل الطرقات.

٤. مواد وطرق البحث

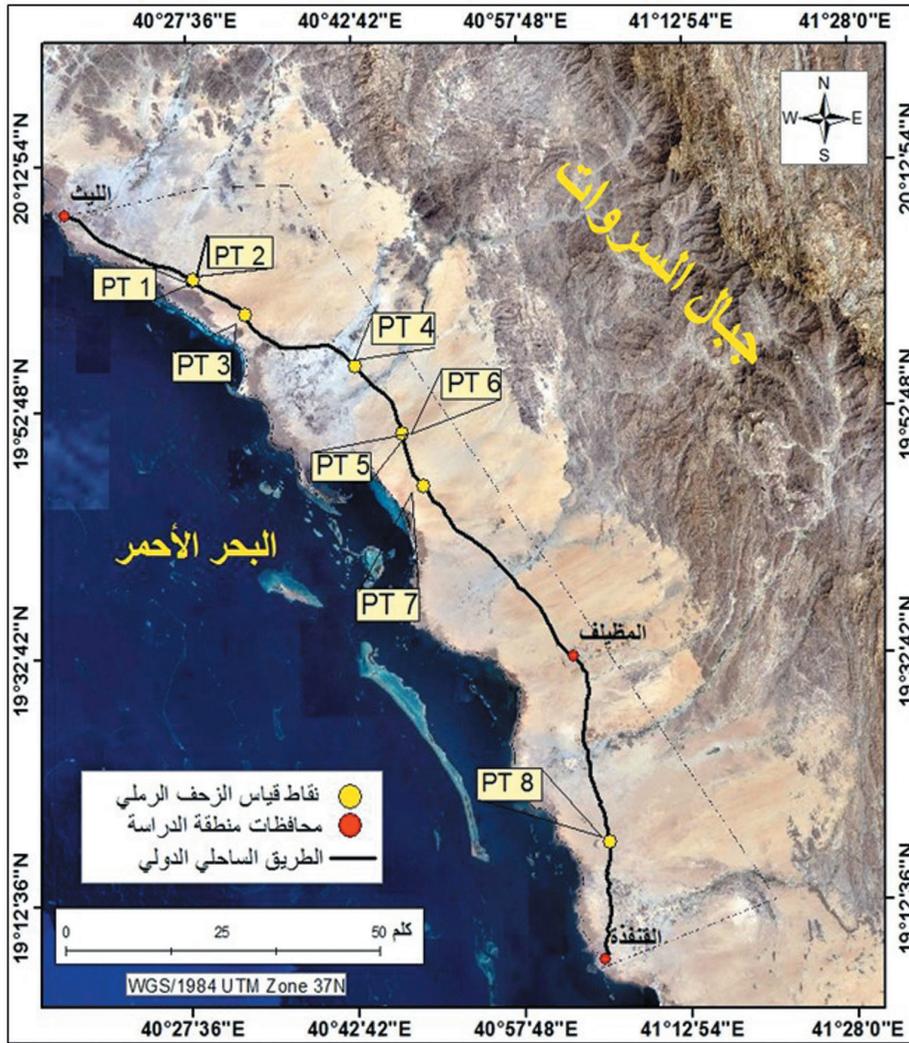
بعد الاطلاع على الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية لقطاع البحث وخصائصه الطبيعية، شملت المنهجية المتبعة في إعداد هذا العمل معالجة إحصائية للقياسات الحقلية وبيانات الحوادث المرورية، التحاليل المخبرية. وتم الربط بين هذه المصادر المتعددة للوصول إلى نتائج لفهم وتفسير إشكالية الموضوع المطروحة.

٤.١. الدراسة الحقلية والتحليل المخبرية

يعد العمل الميداني أساس دراسات علوم الجغرافيا الطبيعية، من حيث ملاحظة وتدوين وتحليل وتفسير الظواهر الجيومورفولوجية التي تتشكل وتتطور على سطح الأرض. وتعد منطقة الدراسة من الأقاليم الحيوية ذات الحركة المرورية الكثيفة، والتي تقتدر إلى الدراسات الحقلية فيما يتعلق بالزحف الرملي على معظم أراضيها. وفي هذا الصدد تم القيام بدراسة ميدانية للكشف عن المناطق الأكثر تضرراً من ظاهرة التقدم الرملي على طول الطريق الساحلي الدولي ما بين مدينتي الليث والقنفذة، وكذلك



الشكل ٥. خطوات المرحلة الأولى للقياس: أ- تثبيت، ب- عينة قياس الزحف الرملي، ج- أخذ قياس مبدئي



الشكل ٦. مواقع قياس حركة الرمال

- الوصف البيتروغرافي
- التحليل الحبيبي للعينات.

٥. نتائج ومناقشة

٥.١. حركة الرمال وتغيراتها

• القياس المبدئي

بعد تحديد النقاط وتثبيت أنابيب القياس وتحديد أطوالها، لمعرفة التغير الطارئ عليها عند قراءتها في المراحل اللاحقة، فإن خانة القياسات المبدئية لأنابيب القياس هي طول الأنبوب الظاهر على السطح (الجدول ١).

• القياس الأول

أظهرت القياسات بعد أربعين يوماً من القياس الأول أن الزحف الرملي نشط في المنطقة (الجدول ١)، حيث وصلت قيمة الفارق الراسي في النقطة الأولى إلى (٢ سم)، ونتج هذا عن حركة الحبيبات بمعدل سرعة (٧,٥٠ كلم/سا).

٥.٢. التحاليل المخبرية

تتنوع حبيبات الرمال المكونة لتراب منطقة الدراسة تبعاً لمصدر دينامكيتها وتشكلها (ريحية، مائية أو ريحية-مائية)، فقد تم تحليل العينات المختارة بمختبر علم البترول بقسم المختبرات التابع للإدارة العامة للمعلومات والدعم التقني بهيئة المساحة الجيولوجية السعودية بجدة. وفي البداية تم فحص كل من العينتين بشكل يدوي باستخدام جهاز مجسامي، ومن ثم تم إعداد مقطع بيتروغرافي رقيق قياسي وتقععه بمحلول الإيبوكسي. وتم إجراء الفحص المجهرى للمقطع الرقيق القياسي في المجهر الضوئي باستخدام المجهرين الاستقطابيين (Leica DMRX) و (Leitz Orthoplan)، والتقاط الصور المجهرية التمثيلية بهدف التوضيح باستخدام الكاميرا الرقمية (-Leica DFC) (320)، التي يتم وضعها على المجهر المستخدم. وشمل التحليل المخبري مايلي:

الدراسة. أما النقطة السابعة فسجلت فارق تغير بلغ (١-، ٥ سم)، وهذا يدل على الحثّ النشط في المنطقة بعيد الركود النسبي الذي سجلته النقطة في المرحلة الثالثة. أما النقطة الثامنة فقد سجلت فارق تغير في مستوى الزحف الرملي بلغ (٤، ٧ سم)، ويعزى ذلك إلى انكشاف المنطقة طبوغرافياً وتأثرها السريع بالتيارات الهوائية الساحلية والجبلية التي يستقبلها موضع النقطة (الشكل ٧).

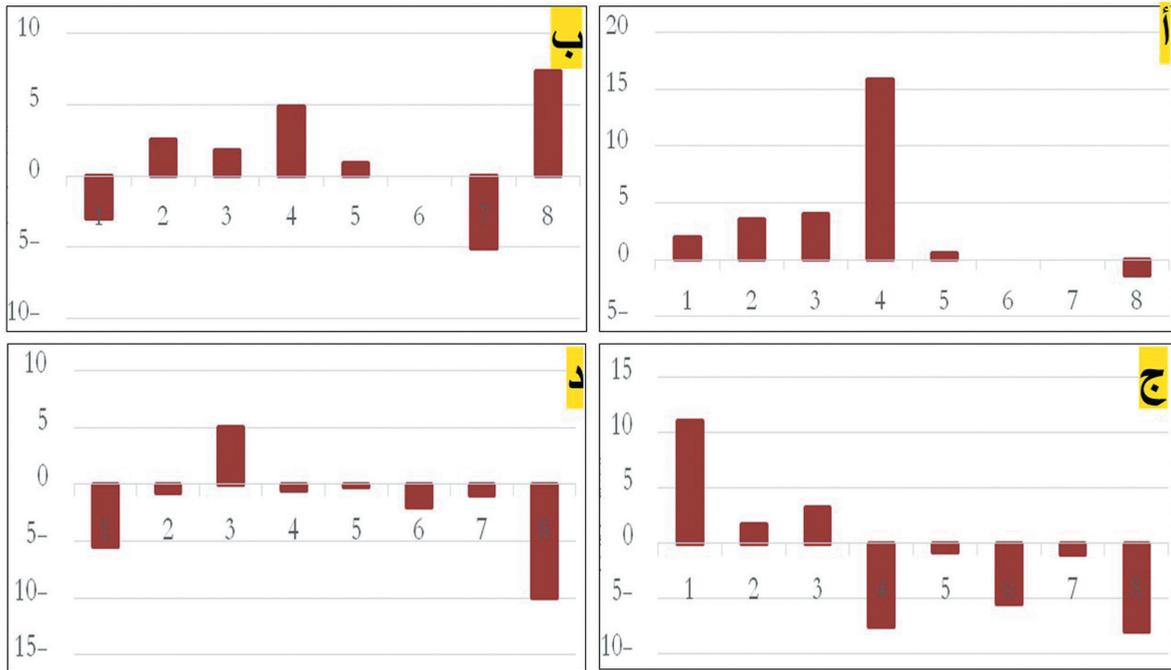
• القياس الثالث

يعود سبب إطالة مدة هذه المرحلة إلى بعد تسعة وخمسين يوماً من القراءة الثانية، إلى أن هذه الفترة شهدت أوج الزحف الرملي وما نتج عنه من سفي شديد للرمال، حيث تم التريث في القراءة لكي يتم تسجيل فارق كبير في هذه المرحلة، لما شهدته المنطقة خلال هذه الفترة من تدرية شديدة وزحف نشط، حيث بلغ معدل سرعة الرياح (٢٩، ٧ كلم/سا)، ومعدل الحرارة (٨٠، ٢٨ °م)، ومعدل الرطوبة النسبية (٩٢٪). وسجلت النقطة الأولى فارق تغير في مستوى الزحف الرملي بلغ (١١ سم)، وهذه القيمة عالية جداً، وتبئى عن كمّ الزحف الرملي الذي تتعرض له المنطقة بشكل عام، والطريق الساحلي الدولي بشكل خاص. وسجلت النقطتان الثانية والثالثة ما قيمته (٧، ١، ٢، ٢ سم) على الترتيب كفارق تغير عما كان عليه في القياس الثاني، وهو أيضاً استمرار للزحف المتراكم والمتواصل على محيط نقطة القياس. وفي حين سجلت النقطة الرابعة فارق تغير بلغ (٥-، ٧ سم)، وقد يرجع سبب رصد هذه القيمة السالبة التراجعية إلى تحرك موجة الرمل التي تخطت مقياس النقطة، وبالتالي حدثت متزحج في محيط نقطة القياس. أما النقطتان الخامسة والسادسة فسجلتا فارق تغير بلغ (٨-، ٥، ٥ سم) على التوالي. وبالملاحظة لقراءات هاذين الموضعين نجد أن الرصد يكون إما متوقفاً أو حثياً، وهذا يدل على أن النقطتين واقعتان في منطقة حث رملي، وبالتالي فإن قيم هذا الحث يمكن أن تكون موجبة في مناطق أخرى لتكوّن قمماً رملية. وفيما يتعلق بالنقطة السابعة فقد سجلت فارق تغير بلغ (١- سم)، وهذا استمرار لما سُجّل في القياس الثاني لهذه النقطة. أما النقطة الثامنة فسجلت فارق تغير بلغ (٨- سم)، وهذا ناتج عن التذبذب الريحي والحبيبي الذي يعم المنطقة بشكل عام (الشكل ٧).

أما النقطة الثانية فكان الاختلاف بمقدار (٥٤، ٢ سم)، فيما بلغ (٤ سم) في النقطة الثالثة، وقد سجل في النقطة الرابعة أعلى قيمة بفارق قُدّر (٩، ١٥ سم)، ويعود سبب ارتفاع هذه القيمة أن نقطة القياس موجودة في الحوض الأدنى من وادي الشاقة الشمالي حيث منطقة سلم الزواهر، حيث الزحف الرملي على أشده، والمنطقة منخفضة وافتقارها لعوائق أو لمصدات صخرية، فيما بلغ الفارق في النقطة الخامسة قيمة (٦، ٠ سم)، وذلك بسبب وقوعها في منطقة رمال صحراوية شبه صلبة، ولا تحتوي على كتبان رملية نشطة. وأما في النقطتين السادسة والسابعة فلم يسجل فيهما أي فارق بسبب قربهما من ساحل البحر الأحمر، وبالتالي قلل ذلك من كثافة الزحف على هاتين النقطتين. أما النقطة الثامنة فقد سجلت فارقاً بلغ (٤-، ١ سم)، أي أن هذه النقطة قد رصدت حثاً رملياً في موقعها أدى إلى هذه القراءة السالبة (الشكل ٧). وعند وضع نقطتين متقابلتين في الحقل بجانب الطريق، تم اكتشاف اختلاف في نسبة القياس، واحدة مرتفعة والثانية منخفضة، والسبب يعود لاختلاف حركة الرياح، فهي التي تتحكم في نتائج القياسات.

• القياس الثاني

بعد سبعة وعشرين يوماً من القراءة الأولى، تبين أن النقطة الأولى سجلت فارق تغير بلغ ٣ سم، وهذا على عكس القراءة الأولى والتي سجلت تغيراً ب (٢ سم)، ويبدو أن السبب وراء ذلك هو أن المنطقة مكشوفة ومنبسطة، وبالتالي تتعرض لتيارات ريحية مختلفة الاتجاه والمستوى، حيث سُجّلت معدلات سرعتها في شهر يوليو لعام ٢٠١٧ ب (٧، ٠٧ كلم/سا)، ومعدل درجة حرارة بلغ (٤٠، ٢٩ °م)، وبلغت الرطوبة النسبية (٩١٪). بينما سجلت النقطتان الثانية والثالثة فارق مستوى بلغ (٥٦، ٢، ٨، ١ سم) على الترتيب، وهذا يعد استمراراً لعملية التراكم الرملي في هاتين النقطتين. في حين ظل فارق التغير في مستوى الزحف الرملي بالنقطة الرابعة في أوجه حيث سجل (٩، ٤ سم)، وهذه النقطة تعاني من الزحف الرملي النشط، علماً بأن متوسط ارتفاع هذه المنطقة هو (٤٦ م) عن سطح البحر حسب النموذج الفضائي «SRTM» لمنطقة الدراسة. وسجلت النقطتان الخامسة والسادسة منسوب (٩، ٠ و صفر) على التوالي، ولذا يمكن القول أنها منطقة ركود نسبي للزحف الرملي، ولكن لا يمنع ذلك من تأثرها بالسفي الرملي كغيرها من عموم منطقة



الشكل ٧. قراءات الزحف الرملي (سم) في نقاط القياس عام ٢٠١٧: أ- القراءة الثانية في ٩ يونيو، ب- القراءة الثالثة في ٦ يوليو، ج- القراءة الرابعة في ٢١ أغسطس، د- القراءة الخامسة في ٤ سبتمبر

الجدول ١. قياس التغير في مستوى حركة الرمال

التاريخ	٥ مايو ٢٠١٧	٩ يونيو ٢٠١٧	٦ يوليو ٢٠١٧	٢١ أغسطس ٢٠١٧	٤ سبتمبر ٢٠١٧
النقطة	قياس الطول (سم)				
١	٥٣	٥١	٢	٥٤	٣-
٢	٥٩,١	٥٥,٥٦	٣,٥٤	٥٣	٢,٥٦
٣	٥٣	٤٩	٤	٤٧,٢	١,٨
٤	٥٦,٨	٤٠,٩	١٥,٩	٣٦	٤,٩
٥	٦٦	٦٥,٤	٠,٦	٦٤,٥	٠,٩
٦	٥٨	٥٨	٠	٥٨	٠
٧	٤٦,٩	٤٦,٩	٠	٥٢	٥,١-
٨	٥٢	٥٤,٤	١,٤-	٤٦	٧,٤

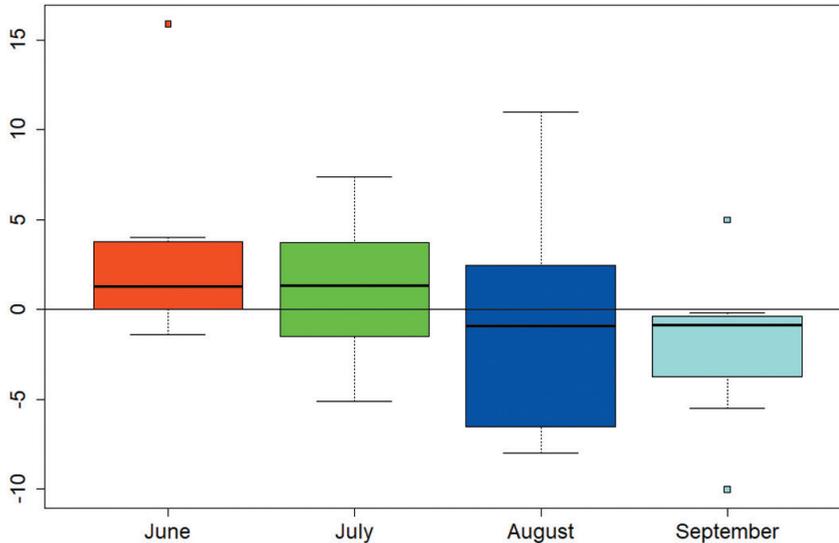
النقطة الأولى فارق تغير بلغ (-٥,٥ سم)، وهذا عكس القراءات السابقة في المراحل الأولى، حيث بدأ في هذه الفترة التراجع الرملي لمستوى الزحف في محيط النقطة، وبالتالي الترسيب سيكون بطبيعة الحال في منطقة أخرى. بينما سجلت النقطة الثانية فارق تغير بلغ (-٠,٧ سم)، وهو أيضاً قراءة سالبة تراجعية تدل على الحث الرملي في منطقة القياس، فقد سجلت النقطة الثالثة فارق ارتفاع بلغ (٥ سم)، فقد

• القياس الرابع

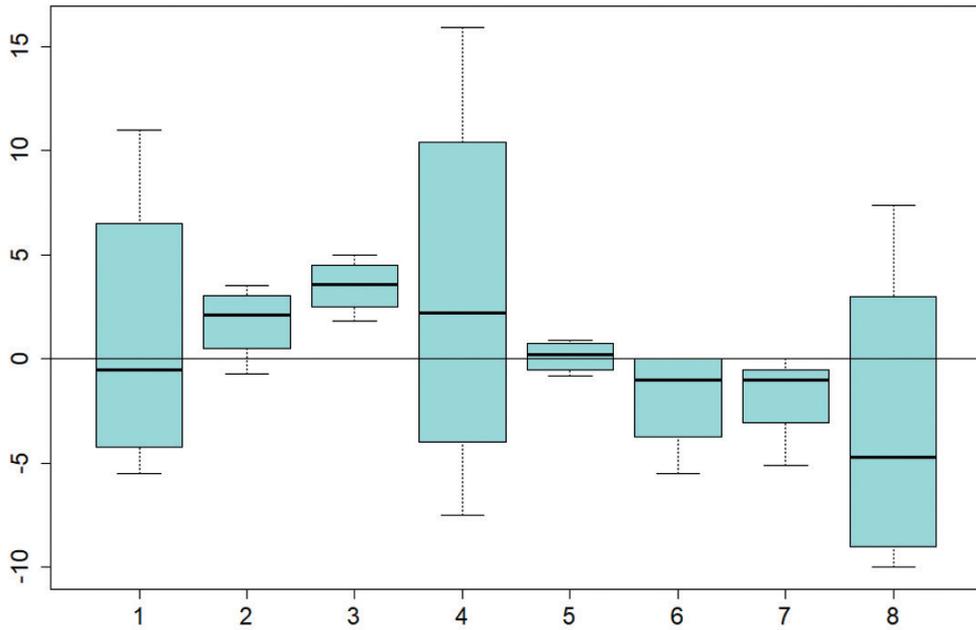
كان النزول المحلي في هذه المرحلة بعد أربعة عشر يوماً من القراءة الثالثة بغية إنهاء قراءات نقاط قياس الزحف الرملي، والتي بانتهاء شهر أغسطس يعني انتهاء فترة أوج الزحف الرملي والسفي الشديد بالمنطقة. فقد سجل متوسط سرعة الرياح لشهر سبتمبر (٦,٨٦ كلم/سا)، بينما سجلت درجة الحرارة (٣١ م°) والرطوبة النسبية (٩٧٪). وسجلت

دل ذلك على توازن الزحف الرملي بين الحت والترسيب المتواصلين. بينما بلغ فارق التغير الزحف في النقطتين الرابعة والخامسة والذي قيمته (-0,5، 0,2 سم) على الترتيب. كما أن النقطتين السادسة والسابعة فسجلتا فارقاً بلغ (-2، 1 سم) على الترتيب، وافقتهما النقطة الثامنة في هذا الحت بفارق تغير بلغ (-10 سم)، ولعل سبب هذا التغير التراجعي للقراءات في النقاط على مستوى منطقة الدراسة هو ما تشهده من انخفاض في سرعة الرياح بشكل عام، وهذوء نسبي في حركة الحبيبات الرملية، حيث نتج عنه حتاً تراجعياً على مستوى نقاط القياس. وقد يكون الترسيب على ساحل البحر الأحمر عند الشاطئ كبيراً في هذه المرحلة، نظراً لانخفاض هذه المنطقة واستقبالها الزحف التراكمي المتواصل عليها طيلة فترة نشاط الظاهرة. ويوضح الشكلان 8 و 9 التغيرات في مستوى الرمل باستخدام الرسوم البيانية، ويتصور آخر بشكل أفضل تنوع هذه التغيرات باستخدام مخطط الأرباع (Boxplot). ودون فقدان للعموميات يمكن وضع الفرضيتين التاليتين: (1) أن هناك انجرافاً أو نقلاً للرمال في نقطة قياس إذا كان التغير في مستوى الرمل سلبياً تماماً (مما يعني أنه سيكون هناك تراكم يمتد في مكان آخر أو قد يكون بالقرب من نقطة القياس هذه). (2) أنه لا يوجد نقل للرمال في نقطة القياس إذا كان التغير في مستوى الرمل إيجابياً تماماً، وبعبارة أخرى سيتم ملاحظة تراكم الرمل في هذه المرحلة وهذا لا يتعارض بشكل عام مع حقيقة الحركة الدائمة للرمال من نقطة إلى أخرى، ويرجع

ذلك بشكل رئيسي إلى التغير في اتجاه الرياح، بالإضافة إلى العوامل الطبيعية الأخرى مثل خصائص ونوع الرمال، جيومورفولوجية الأماكن، تغطية السطح، الخ. ومن الرسم البياني 8 و 9 يلاحظ تشتتاً كبيراً في تغير الرمال في شهر أغسطس 2017 وبعض التغيرات الشديدة في يونيو وسبتمبر، ويمكن أن ينعكس ذلك من خلال التأثير الموسمي بالإضافة إلى الظروف المناخية التي تتفاعل على حركة الرمال. علاوة على ذلك، يلاحظ أن هذه التشتتات ناتجة بشكل رئيسي عن ثلاث نقاط قياس: 1 و 4 و 8. واعتماداً على الفرضيتين السابقتين حول التغير الإيجابي والسلبى في مستوى الرمال، أي من نقل الرمال في هذه الأماكن خلال هذه الفترة من أربعة أشهر، أدى الارتفاع بشكل عام: (1) إلى انجراف الرمال في أغسطس وسبتمبر المشار إليها في الأماكن 6 و 7 و 8 و (2) إلى تراكم الرمل في يونيو ويوليو في الأماكن: 1 و 2 و 3 و 4. وبشكل عام، حركة الرمال موجودة دائماً بسبب تأثير العديد من العوامل والظروف. ومع ذلك هناك حتماً تفاعل بين تراكم الرمال وانجرافها. ويقدم العمل وصفا معقولاً على الأقل لنتائج القياسات في هذه الأماكن المحددة. ويلاحظ هنا أن النقطتين: 1 و 2 بالإضافة إلى النقطتين 5 و 6 تم قياسهما على جانبي الطريق (وهما قريبان من بعضهما البعض)، والاختلاف في تغير الرمال عند هذه النقاط هو نتاج تفاعل وتأثير عدة عوامل جغرافية، منها ما هو مرتبط بالبحر الأحمر والجبال المحيطة، رطوبة التكوينات السطحية ومدى تماسكها، بالإضافة إلى طبوغرافية السطح.



الشكل 8. مخطط الأرباع (Boxplot) للتغير في مستوى الرمال المقاس (سم) خلال أربعة أشهر من عام 2017 بفعل الرياح (النطاقات الربعية للأشهر الأربعة هي: 2,650، 3,890، 8,070، 2,40 سم على الترتيب)



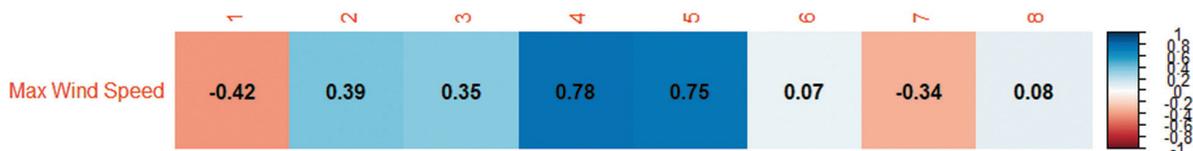
الشكل ٩. مخطط الأرباع (Boxplot) للتغير في مستوى الرمال المقاس (سم) في الثمانية مواقع لعام ٢٠١٧ بفعل الرياح (النطاقات الربعية للمواقع الثمانية هي ٧,٨٧٥، ١,٧٠٥، ١,٤، ١,٩، ٩,٩، ١,٠٢٥، ٢,٨٧٥، ١,٢٧٥، ١,٣، ٩,٢ على الترتيب)

القصوى ومستويات الرمل المختلفة المسجلة في المواقع الثمانية (الشكل ١٠). تم حساب الارتباط باستخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson). في هذه الدراسة، تم اعتبار الارتباطات أكبر من ٠,٦ كدليل على علاقة قوية. كلما زاد اللون الأزرق في الشكل، كلما زاد الارتباط إيجابياً، وكلما أصبح اللون أحمر، كلما زاد الارتباط سلبياً. فني النقطتين ٤ و ٥ يلاحظ أن معامل الارتباط إيجابياً للغاية، ومن المؤكد أنه تحت تأثير عوامل أخرى، حيث يرتبط العديد منها عملياً بجيومورفولوجية هذه المواقع واتجاه الرياح وشدتها وتغطية السطح. وكما تم ذكره سابقاً، تساهم الرياح بشكل كامل في نقل الرمال، والتي يمكن أن تسبب تراكمها في بعض الأماكن وانجرافات في أماكن أخرى (Abolkhair, 1981; Lyles et al., 1983; Fryberger et al. 1984; Watson, 1985). هذا يفسر الارتباطات الإيجابية والسلبية.

٥.٢. علاقة السرعة القصوى للرياح والمستوى

الرمل في كل نقطة قياس

نظراً لعدم توفر بيانات مناخية خاصة بالرياح في قطاع الدراسة، فقد تم الاعتماد على دراسة الغامدي وهرماس (Al-Ghamdi and Hermas, 2015) والتي تمت على منطقة قريية ومشابهة من ناحية الموقع والمناخ والطبوغرافية بالنسبة لمنطقة هذا البحث. فخلال الفترة الزمنية ١٩٨٠-٢٠٠٧ يتراوح متوسط الحد الأقصى الشهري من ٤,٤ إلى ٢٥,٧ م/ثانية بمتوسط ٢,١٩ متر/ثانية. وإن اتجاه الرياح السائد هو شمال-غرب وشمال مع شمال شمال-غرب. إن لاتجاه الرياح دوراً في زيادة عدد العواصف الغبارية في منطقة الدراسة، خصوصاً في منطقة سلم الزواهر على الطريق الساحلي الدولي - قرب منطقة الشواق، وذلك عند توفر ظروف جافة وسرعة رياح مناسبة لإحداث هذه العواصف. وأقوى رياح تحدث في مارس وأبريل تليها أكتوبر ونوفمبر وديسمبر. وحسب العلاقة بين سرعة الرياح



الشكل ١٠. الارتباط بين قياسات الرمال من شهر مايو إلى سبتمبر ٢٠١٧ والحد الأقصى لمتوسط سرعة الرياح خلال نفس الأشهر للفترة ١٩٨٠-٢٠٠٧

٣.٥. التحليل المخبري للرمال

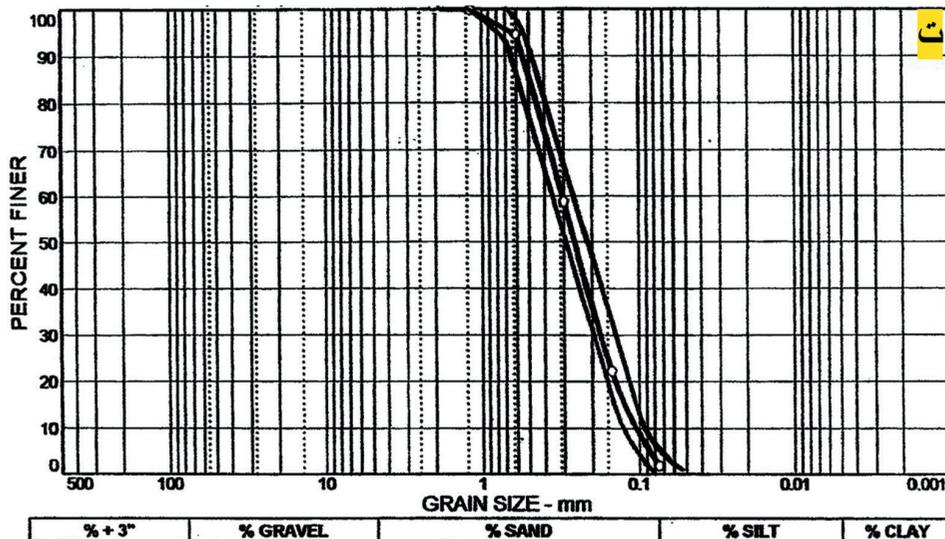
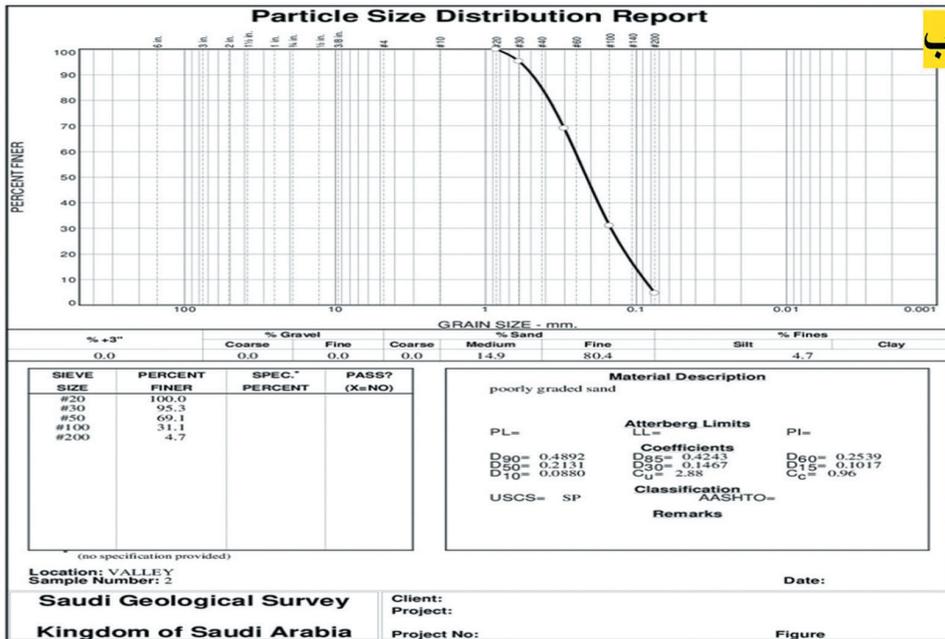
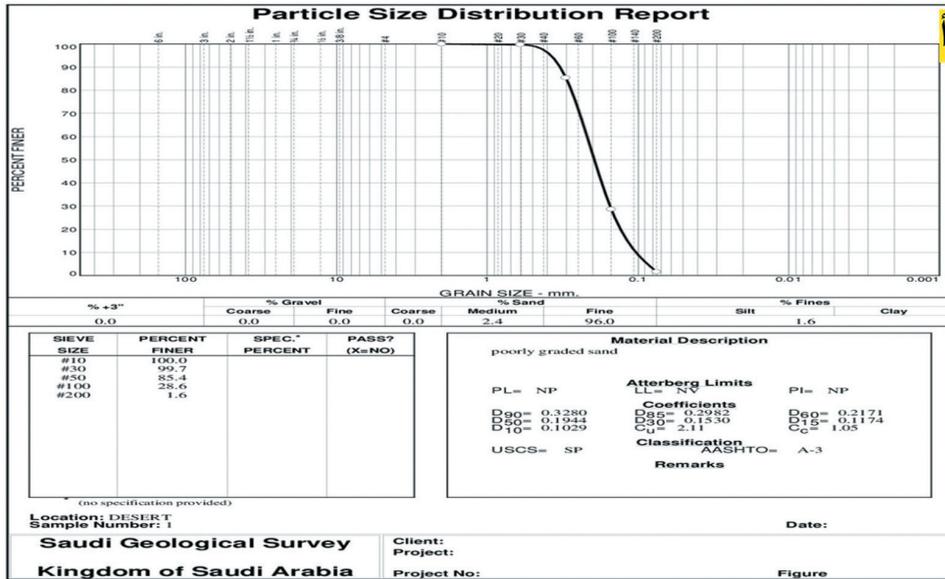
١.٣.٥. التحليل الحبيبي

• العينة الأولى

يتضح من خلال تحليل العينة الأولى أنها خالية من البحص، كما أن الرمل يمثل ما نسبته (٤, ٢٪) رمل متوسط الحبيبات، وما نسبته (٩٦٪) من الرمل ناعم الحبيبات، والباقي الذي يمثل نسبة (١, ٦٪) طين. وبشكل عام فإن هذه العينة تعد رملا قليل التدرج. ومن الملاحظات التي سجلت على هذه العينة أن نسبة الرمل دقيقة التحبب من المنخل رقم (١٠) ونسبة المار فيه (١٠٠٪)، والمنخل رقم (٣٠) نسبة المار فيه بلغت (٩٩, ٧٪)، والمنخل حجم (٥٠) نسبة المار فيه (٨٥, ٤٪)، وما نسبته (٢٨, ٦٪) والذي مر من خلال حجم المنخل رقم (١٠٠)، وفي نهاية التحليل وتحديداً في المنخل رقم (٢٠٠) نسبة المار تمثل (١, ٦٪) من حجم العينة (الشكل ١١).

• العينة الثانية

من العينة الثانية يظهر جليا أن الرمل ناعم التحبب يمثل النسبة الأكبر، حيث بلغ ما نسبته (٤, ٨٠٪)، والرمل متوسط الحبيبات بلغت نسبته (٩, ١٤٪)، والباقي من العينة يمثل ما نسبته (٧, ٤٪) من الطين. وبشكل عام، فإن العينة توصف بأنها رمل قليل التدرج. ومن الملاحظات أن ما نسبته للمار (١٠٠٪) عبر خلال المنخل رقم (١٠)، وما نسبته (٩٥, ٣٪) مر من خلال المنخل رقم (٣٠)، و(٦٩, ١٪) للمار من المنخل (٥٠)، و(٣١, ١٪) للمار من المنخل رقم (١٠٠)، وما نسبته (٧, ٤٪) للمار من خلال المنخل رقم (٢٠٠). وجاءت نتائج توزيع حجم حبيبات الرمال متطابقة تماما مع نتائج دراسة الحارثي فيما يخص التحليل الحبيبي، حيث يترجم ذلك اختلاف الكثبان الرملية (الشكل ١١).



الشكل ١١. منحنيات توزيع الحبيبات : أ- العينة الأولى، ب- العينة الثانية، ت- نتائج (Al-Harhi,2002)

٢.٣.٥. التحليل الجهري

أظهرت النتائج في العينتين تشابه الرمال تماما في اللون والتكوين المعدني، منه الأصفر والرمادي، ويتكون بشكل رئيسي من الكوارتز، الفلسبار، البيوتايث (Al-Harathi, 2002). والجدول ٢ يلخص أهم الخصائص البتروغرافية (التكوين المعدني) للعينتين المدروستين من ناحية النوع، إسم الصخرة وتكوينها (El-Nozahy, 1993).

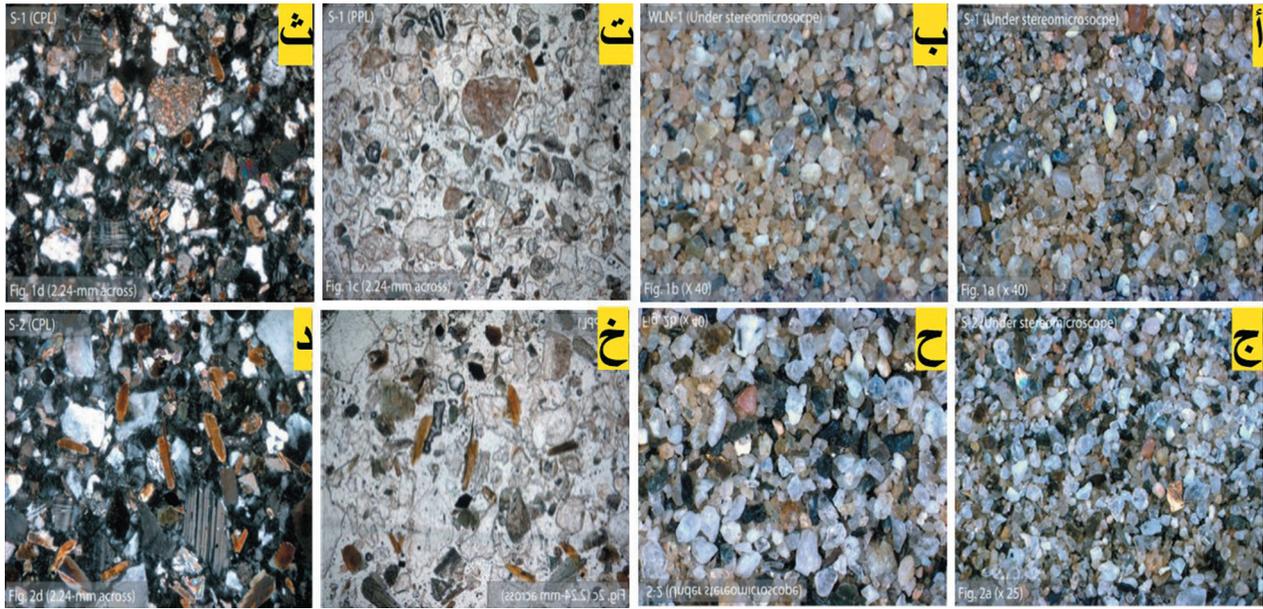
الجدول ٢. الوصف البتروغرافي للعينتين

العينه	نوعها	اسم الصخرة	نوع الصخرة	تكوين الصخرة (*)
١: رمل أبيض	مقطع رقيق قياسي تم إعداده من الرمل الصحراوي عن طريق نقعه بمحلول الإيبوكسي	رمل صحراوي	رمل غير مدمج (رمل هوائي)	تتألف الصخرة من شذف فتاتية غير منسقة، وتتكون بشكل كبير من مركب الفيلدسباثيك الذي بدوره يتألف من حبيبات من الفلسبار القلوي، والبلاجيوكليز، والأمفيبولات، والإبيدوت، البيوتيت، والميكا البيضاء، وبعض الشذف الحجرية الحمضية. وتتميز الشذف بشكل زاوي وشبه زاوي، وتتراوح أحجامها من (٠,٥٠) إلى (١ ملم). وتم الملاحظة في العينة الأولى أن الحجم الأكثر شيوعاً لأقطار الحبيبات يتراوح بين (٠,٢٠) و(٠,٤٠) ملم). أما في العينة الثانية فتم ملاحظة بعض الحبيبات شبه الدائرية والطويلة والمسطحة أيضاً، تتراوح أحجام أقطار هذه الحبيبات بين (٠,٥٠) و(١ ملم)، وأن الحجم الأكثر شيوعاً لأقطار الحبيبات يتراوح بين (٠,٢٥) و(٠,٥٠) ملم). تمت
٢: رمل أبيض	مقطع رقيق قياسي تم إعداده من الرمل الصحراوي عن طريق نقعه بمحلول الإيبوكسي.	مشار إليه بالرمل الأبيض	رمل هوائي	

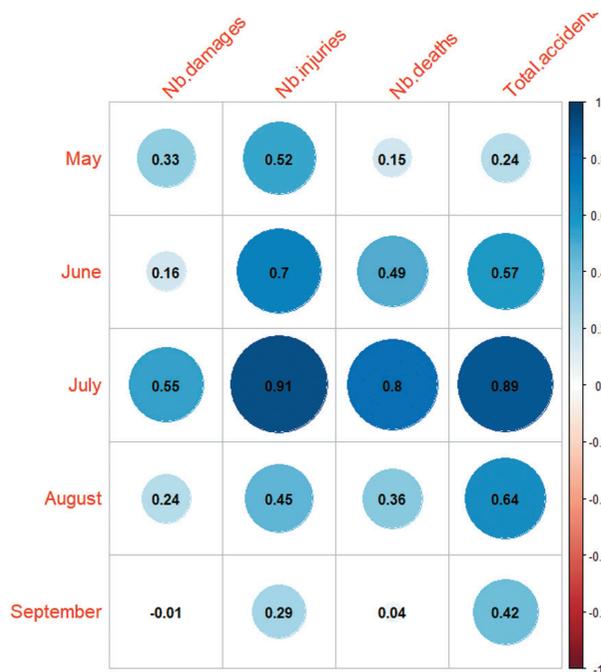
(*) تكوين صخرة العينتين

فلزي، دقيقة الحبيبات، ذات شكل شبه زاوي وشبه دائري. وتظهر الصور المجهرية العرض العام للمواد الرملية تحت المجهر المجسمي والمقطع الرقيق تحت الضوء المرسل. ويظهر الشكل (١٢ أ - ب - ج - ح) تبلور وتحبب المواد الفتاتية الرملية. وتتميز الشذف الفتاتية بشكل زاوي وشبه زاوي، تتراوح أحجام أقطارها بين (٠,٥ - ١ ملم). ويظهر في الشكل (١٢ ت - ث) تكوين المواد الرملية وأحجام الحبيبات وشكلها الزاوي. وتتألف المواد الرملية بشكل كبير من مركب الفيلدسباثيك الذي بدوره يتألف من حبيبات من الفلسبار القلوي (توأمي متصلب)، والبلاجيوكليز (توأمي صفائحي متواز)، والكوارتز (رمادي - أبيض)، بالإضافة إلى الأمفيبول (أخضر فاتح)، والبيوتيت (البنّي المحمر)، والإبيدوت وبعض الشذف الحجرية الحمضية (لا تظهر بالصور المجهرية). ومما تجدر الإشارة إليه أن اصطدام وسقوط حبيبات الكوارتز ذات الزوايا المختلفة له تأثير على الوسط (Willets and Rice, 1989).

- الفلسبار القلوي ذو حبيبات دقيقة، وشكل زاوي وشبه زاوي، ويتسم بأنه توأمي متصلب.
- الرمل الزجاجي (الكوارتز) دقيق الحبيبات وذو شكل زاوي وشبه زاوي، ويمكن أيضاً أن تتميز حبيبات الكوارتز المحلية بشكل الكريستالات.
- البلاجيوكليز دقيق الحبيبات أيضاً، وذو شكل شبه زاوي وشبه دائري، ويتسم بأنه توأمي صفائحي متواز.
- حبيبات الأمفيبولات شائعة الوجود، مكونة من بلورات منشورية ومسطحة الشكل، أما بالنسبة للون فتتميز بلون يتراوح بين الأخضر الفاتح والداكن.
- البيوتيت ذات حبيبات شائعة، ذات شكل شبه دائري ومسطح في العادة.
- تمت ملاحظة بعض حبيبات الإبيدوت ذات شكل شبه زاوي وشبه دائري في الرواسب الفتاتية التي تمت معاينتها.
- تمت ملاحظة بعض الشذف الحجرية، مكونة من تكوين



الشكل ١٢ التحليل المجهرى : العينة الأولى: أ- S-1 (x 40) تحت المجهر المجسمي،
 ب- WLN-1 (x 40) تحت المجهر المجسمي، ت- (PPL) S-1 (٢،٢٤ ملم بالعرض) ،
 ث- (CPL) S-1 (٢،٢٤ ملم بالعرض) ،
 العينة الثانية: ج- (S-2) x 25 تحت المجهر المجسمي، ح- WLN-1 (x 40) تحت المجهر المجسمي،
 خ- (PPL) S-2 (٢،٢٤ ملم بالعرض) ، د- (CPL) S-2 (٢،٢٤ ملم بالعرض) (Polarized Polar Light) PPL: ضوء مستقطب استقطاباً استوائياً (Polarized Cross-polar Light) PCL: ضوء مستقطب استقطاباً متصالباً



الشكل ١٣. تصور العلاقة بين مستوى الرمال من مايو إلى سبتمبر ٢٠١٧ والحوادث المرورية المسجلة خلال الفترة من ٢٠١٢ إلى ٢٠١٨

٤.٥. العلاقة بين حركة الرمال وحوادث المرور

يوضح الشكل ١٣ الارتباطات بين مستويات الرمال في الأشهر من مايو إلى سبتمبر ٢٠١٧ وحوادث المرور المسجلة خلال الفترة من ٢٠١٢ إلى ٢٠١٨. تم حساب الارتباط باستخدام معامل ارتباط بيرسون (Pearson). في دراسة حالة منطقة البحث، تم اعتبار الارتباطات أكبر من ٠,٦ كدليل على علاقة قوية. اللون المائل للأزرق يدل على ارتباط إيجابي، كلما زاد الارتباط إيجابياً، واللون المائل للأحمر يدل على ارتباط سلبي، وحجم الدائرة يفسر حجم الارتباط. بناءً على ما سبق يلاحظ أن هناك ارتباطات إيجابية فقط بين حوادث المرور، ولوحظ أعلى ارتباط في يوليو لعدد الإصابات (٠,٩١) يليه إجمالي عدد الحوادث المرورية (٠,٨٩) وعدد الوفيات (٠,٨). ويلاحظ أيضاً وجود علاقة عالية بين مستوى الرمال في يونيو وأغسطس مع عدد الإصابات وإجمالي الحوادث على الترتيب، وهذه الارتباطات ذات دلالة إحصائية عند مستوى خطر ١٠٪.

0.0. دراسة تغيرات السطح

بناء على ماسبق التطرق إليه في النتائج، ومن خلال التحليل البصري للمرئية الفضائية للقمر الصناعي لاندسات (٢٠٠٠) و (٢٠١٦)، وبعد التركيب الملون للحزم الطيفية للمجال المرئي وتحت الأحمر القريب والمتوسط، واعتمادا على توقيع البصمة الطيفية لمظاهر السطح والغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة، يظهر جليا أن هناك تغيرات ملحوظة على السطح في اللون ودرجة الدكانة خلال الفترة (2000 - 2016)، وهذا يفسر بالديناميكية الجيومورفولوجية المميزة للمنطقة من جهة وبالنشاطات البشرية المتزايدة من ناحية ثانية، نظرا لعبور الطريق الدولي بها (الشكل ١٤).

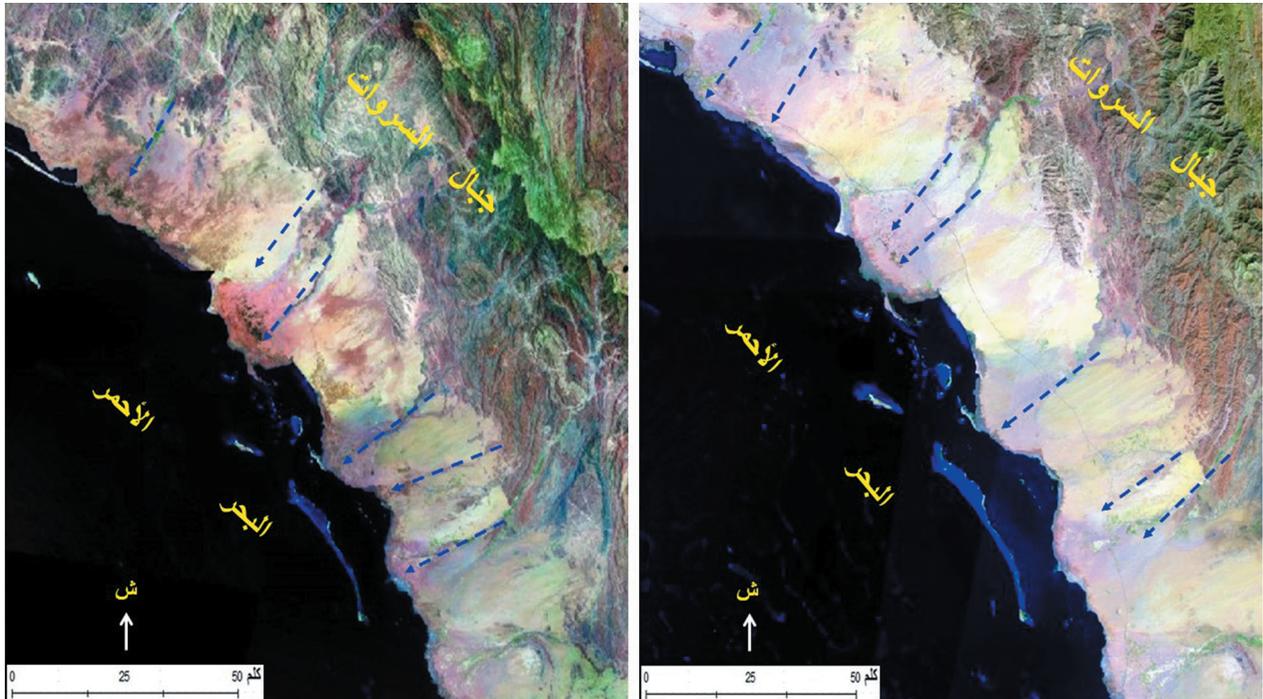
وتتمثل الديناميكية الجيومورفولوجية في حركة الحبيبات الرملية بعدة طرق (التدحرج، القفز، التعلق) وزحف الكتبان بمختلف أشكالها (Bagnold, 1941)، أو بالأحرى ما يسمى بالتعرية الريحية، وما ينتج عنها من انجراف لسطح التربة وتغير في خواصها الفيزيائية والكيميائية، وزحف الرمال باتجاه الأراضي الزراعية ودفنها للمنازل والطرق، وهذا ماتم إثباته حقليا ومعمليا (Lyles et al., 1983). وبالإضافة إلى ذلك نشاط ومخاطر المجاري المائية النازلة من السفوح الغربية لجبال السروات والمطللة

على البحر الأحمر (السهم باللون الأزرق، الشكل ١٤)، منها على سبيل المثال وادي الليث وروافده وما تنقله من حمولة ورواسب معتبرة ترمي بها في قطاع البحث (Bajabaa et al., 2014). في هذا الإطار يجب الإشارة إلى الغطاء النباتي الفصلي الذي ينشط في فترة تساقط الأمطار وفي أسرة الأودية، حيث يعمل في بعض الأماكن على تشكل عدة مظاهر من النبتات.

٦. توصيات

تعتمد المبادئ والاستراتيجيات العامة الحالية والمستقبلية لمراقبة حركة الرمال على مبدئين أساسيين للتحكم في التآكل بواسطة الرياح وهما: قوة الرياح على الجسيمات القابلة للتآكل، وتشكيل جزئيات مقاومة لشدة الرياح. وبناءا على ذلك يتم تحديد ميكانيكية ومبادئ التحكم في عملية الحث الريحي (Lyles et al., 1983).

- إنشاء وحماية النباتات أو المخلفات النباتية.
- تغطية سطح التربة.
- التقليل من تعرض السطح على طول اتجاه نشاط الرياح السائدة.
- العمل على الرفع من خشونة سطح الأرض.



الشكل ١٤. تركيب ملون (القنوات ٤٣٢) لصور لاندسات (٢٠١٦ يمين، ٢٠٠٠ يسار)

- تطوير معادلة تقدير معدلات التآكل السنوية للتربة المفقودة بواسطة الرياح :

$$E = F(I, C, K, L, V)$$

حيث أن :

E الكمية المفقودة Erosion

I القابلية للتعرية Iriodability

C المناخ Climate

K خشونة السطح Kriking

L طول الحقل Length

V الغطاء النباتي Vegetaion

وبناء على هذا، يمكن الخروج بالتوصيات التالية:

١- استخدام العلامات الإرشادية للزحف الرملي على جانبي الطريق الساحلي الدولي، وذلك لتجنب وقوع الحوادث وزيادة عاملي التوعية والتوجيه، بحيث تتم مراعاة أماكن الزحف الرملي، وما ينتج عنه من سفي للرمال يحد من صفاء الرؤية أمام سائقي السيارات والمركبات.

٢- العمل على إنشاء نقاط رصد على مستوى مختلف مدن المملكة، لتتبع ورصد هذه الظاهرة ووضع نتائج ذلك الرصد أمام أيدي أصحاب القرار، لانجاز المخططات اللازمة لمجابهة الحركة الرملية على الطرقات.

٣- تجهيز مصدات إضافية على جوانب الطريق في الاتجاهين، لتعمل على تحمّل موجات الزحف خلال فترات الذروة، بحيث تكون مساحات احتياطية لتجمع الرمال، ريثما تتم إزالتها من قبل شركات التشغيل، التي تعمل بشكل متواصل على تنظيف جوانب الطريق من تراكمات الرمال.

٤- الاستعانة ببعض التقنيات التقليدية على جانبي الطريق الساحلي لمنطقة الدراسة لتخفيف الزحف الرملي، منها استخدام الرصف بالحجارة، وسعف النخيل. فقد لوحظ حقلياً جدوى استخدام الماء مثبثاً مناسباً حول البيوت الواقعة في نطاق قطاع البحث، بشرط أن تظل التربة رطبة، ولكن سرعة التبخر في المناطق الجافة تؤدي إلى جفاف الرمال وبالتالي معاودة السفي والزحف، فتصبح عرضة لعوامل التعرية من جديد. وكذلك وُجد استخدام الطين حول المباني من قبل السكان في تغطية أسطح حركة الكثبان الرملية، وهذه طريقة غير مكلفة، تؤدي الغرض المطلوب، وعند سقوط الأمطار تتماسك التربة فتعمل

على حماية الرمال التي تحتها، فضلاً عن ضغطها بفعل التغطية، وسهولة وسرعة إنجازها، وعدم احتياجها إلى خبرات واسعة، وقلة تكاليفها بالمقارنة مع تقنيات الحماية الأخرى، وأنها تعطي نتائج جيدة، فهي تساعد على نمو الغطاء النباتي الطبيعي والتشجير لاحتفاظها بالماء، إذ تعمل على تنمية النباتات وتحويلها من مناطق قاحلة إلى مناطق مخضرة (الشكل ١٥).

٥- هناك طرق متقدمة تختلف كل منها في الإيجابيات والسلبيات، كما تختلف التكاليف المالية والعملية لكل طريقة، وفيما يلي بعض الطرق:

أ- استخدام التثبيت الميكانيكي، حيث يهدف هذا الإجراء إلى التخفيف من سرعة الرياح وإيقاف حركة الرمال، ويتم ذلك بإقامة حواجز اصطناعية بارتفاع من (٥، ١ إلى ٢ م)، بحيث تنشأ متعامدة على اتجاه الرياح، وتصنع من المواد المتاحة في المنطقة (سعف النخيل مثلاً). كما يقترح أن يتم تثبيت الكثبان الرملية عن طريق إقامة المربعات الشطرنجية من البلاستيك والتي تختلف أبعادها حسب الميل وارتفاع الحواجز التي تشكلها.

ب- تطبيق التثبيت الحيوي (البيولوجي) حيث بعد إيقاف حركة الرمال يجري تشجير الكثبان على جانبي الطريق باستعمال الأنواع الشجرية والتشجيرية الملائمة، مثل شجرة الأثل والمرخ وبعض أنواع القطف إذا توفرت الموارد المائية اللازمة لريها عدة مرات في السنة، للحد والتخفيف من آثار الزحف الرملي على البنية التحتية للطرق والمركبات (الشكل ١٥).

٦- اتخاذ تدابير إضافية للسكان خاصة الأطفال وكبار السن والمرضى، وذلك باستخدام أقنعة الغبار التي لها مرشحات مساعدة على تصفية الجسيمات الصغيرة والملوثات، وإغلاق الأبواب والنوافذ بإحكام، وسحب جميع الستائر، مع وضع المناشف المبللة على الثقوب الصغيرة، والتي قد تكون مصدراً لتسريب الغبار في النوافذ المستديرة، والتقليل من الأنشطة في الهواء الطلق والبقاء داخل المنزل.

٧- إقامة العقوم (السدود الترابية) تعد حواجزاً يتم إنجازها بشكل عمودي باتجاه الرياح السائدة في المنطقة لكي تعترض مساراتها، وتقلل من سرعة الرياح وتجمع الرمال على جوانب السدود المواجهة للرياح. والغرض الأساس من إنشاء هذه السدود هو تكوين عوائق وفواصل

١٠ - دعم دراسات وأبحاث مشابهة لهذا العمل لسنوات عديدة مع تطبيق بعض أساليب الصيانة الأخرى، والتي من شأنها الحفاظ على بنية التربة وقوامها من مخاطر الانجراف.

١١ - الاستفادة من تجارب الدول الأخرى في مجال تطبيق تقنيات تثبيت الكثبان الرملية، وحماية التربة الزراعية من مخاطر الانجراف الريحي على طريق الليث - القنفذة.

دفاعية لتوقيف زحف الرمال نحو المنشآت المراد حمايتها، مثل المدن والأراضي الزراعية والطرق وغيرها. والملاحظ أنه يصعب استخدام هذا النوع من التقنيات في المناطق التي ينشط فيها الزحف كمنطقة سلم الزواهر.

٨ - يمكن تطوير الدراسة واستكمالها بإدخال عوامل أخرى تساهم في حركة الرمال. منها الأمطار ودرجة الحرارة، ومتغيرات أخرى التي يمكن أن توفر المزيد من المعلومات المفيدة لفهم العملية. وبناء على ذلك يمكن التنبؤ الأولي للسلوك المحتمل لحركة الرمال الحقيقية على منطقة محددة جداً، من خلال الاعتماد على مصادر متعددة للبيانات والمعلومات، والتي تساهم بشكل كبير في ظاهرة حركة وزحف الرمال.

٩ - إمكانية تعميم منهجية ونتائج هذا البحث على مناطق وأقاليم أخرى تشكو مخاطر ظاهرة الزحف الرمي، والاستفادة منه من قبل الجهات المعنية بهذه الاشكالية البيئية العالمية.



الشكل ١٥. طرق تثبيت الرمال بصحراء الدهناء (ميكانيكي وحيوي) :

أ- التشجير، ب- العقل الطويلة، ت- النجيليات، ث- الطين ج- الحصى والطين، ح- شتلات الأثل
(آل سعود، ٢٠٠٩ مع التعديل)

٧. خلاصة

تشكل حركة الرمال تحدياً كبيراً للبشرية، إذ أنه لا يتم التحكم فيها ولا التخفيف من حدتها بشكل عملي، كما لا يمكن تغيير مسارها، وبالتالي تشكل خطراً يتعاظم مع حجم وسرعة العواصف الغبارية. وتتنوع تلك المخاطر، منها إلحاق الضرر بركاب النقل البري وازدياد الحوادث، والإضرار بالمتلكات، وبالمزروعات، إضافة إلى تلوث الهواء، وإنفاق أكثر ومتواصل على تنظيف البيوت والسيارات والطرق، وزيادة في معدلات استهلاك مصادر المياه. وإن الموقع الجغرافي وطبيعة الرياح الآتية من البحر الأحمر لها أثر بارز في إثارة العواصف الرملية، التي تؤدي إلى حركة الرمال على المنطقة عموماً، وطريق الساحل خصوصاً. ومن خلال قياسات العمل الميداني لنقاط رصد الزحف الرمي في المنطقة، وتحليل نتائجها، تم تسجيل حث وترسيب رملي في نقاط الرصد حسب الأوقات والظروف المناخية، وهذا ما يعلل تفاعل ظاهرتي التعرية الريحية والمائية واستمرارية الديناميكية الجيومورفولوجية، حيث لوحظ ارتباط بين حركة الرمال وشدة الرياح من جهة والزحف الرمي وحوادث المرور من جهة ثانية. وكما تبين من خلال التحليل الحبيبي للعينتين خلوهما من البحص، كما أن الرمل متوسط الحبيبات يمثل ما نسبته (٤، ٢٪)، والرمل الناعم (٩٦٪)، أما الباقي والذي نسبته (٦، ١٪) فهو الطين. وبشكل عام، فإن الحبيبات الرملية هي شدف صخرية فتاتية غير متناسقة تتأثر بانعدام الغطاء النباتي وانخفاض المنطقة عن سطح البحر.

شكر وتقدير

يتقدم الباحثون بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى كل من تعاون من قريب أو بعيد في توفير بيانات هذا العمل، منها هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، إدارة المرور بمحافظة الليث والقنفذة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية بجامعة الملك عبدالعزيز.

المراجع

١. آل زبنه ن.، ٢٠٢٠. مراقبة زحف الرمال والتنبؤ بحركتها باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، في محافظة بدر، بمنطقة المدينة المنورة، مجلة جامعة طيبة: للآداب والعلوم الإنسانية، السنة السابعة، العدد ٢٠، ص ٤٠٦-٤٢٥.
٢. آل سعود م.، ٢٠٠٩. دراسة حركة الرمال ووسائل تثبيتها حقلياً واستشعارياً في صحاري شبه الجزيرة العربية. الدورة الرابعة للمؤتمر الدولي جيو تونس ١٦-٢٠ ديسمبر.
٣. جريدة المدينة، ٢٠١٩. الرمال الزاحفة العدو الأول لتنمية قرى القنفذة، مطالب بتفعيل دراسات مراكز الأبحاث. صحيفة يومية تصدر عن مؤسسة المدينة للصحافة والنشر. <https://www.al-madina.com/article/649658>
٤. الدغيري أ.، ٢٠١١. الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكتبان في صحراء الدهناء بشمال منطقة القصيم. المجلة العلمية لجامعة القصيم، القصيم، المملكة العربية السعودية.
٥. الكيادي إ.، ٢٠١٨. زحف الكتبان الرملية على الطريق الساحلي: دراسة حالة طريق الليث-القنفذة السريع. رسالة ماجستير في الجغرافيا، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية، ١٢٢ص.
٦. معتمد عبدالحميد ع.، ٢٠٠٨. تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكتبان الرملية: حقل الجافورة- شرق السعودية. رسائل جغرافية ٣٣٠، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، ٦٠ص.
7. Abolkhair Y.A.S., 1981. Sand Encroachment by Wind in Al-Hassa of Saudi Arabia. Ph.D. Dissertation. Department of Geography. Indiana University. Bloomington. IN. USA.
8. Al Bataineh S.M. and Al Tamimi A., 2014, Modeling and prediction of desertification phenomenon in east-north of Jordan, Master thesis, Yarmouk University. <https://search.mandumah.com/Record/723281>
9. Al Hdhaif Mohammad A.S., 2003. The Desertification of the Al-Qassim Region, in Saudi Ara-

18. Delgado M., De Jonge V.N., Peletier H., 1991. Effect and sand movement on the growth of benthic diatoms. *J. Exp. Mar. Ecol.*, Vol. 145, pp. 221-231, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(91\)90177-X](https://doi.org/10.1016/0022-0981(91)90177-X)
19. Edgell H.S., 1990. Evolution of the Rub' al Khali Desert. *J King Abdulaziz Univ Earth Sci* 3:109-126.
20. El-Nozahy, 1993. Grain morphology, grain size and mineralogical composition of linear dune sands, Ad Dahna Desert, Saudi Arabia. *Neues Jahrb Geol Paleontol* 188(3):265-288.
21. Fryberger S.G., Al-Sari A.M., Clisham T.J., Rizvi S.A., Al-Hinai K.G., 1984. Wind sedimentation in the Jafurah sand sea, Saudi Arabia. *Sedimentology* 31:413-431.
22. Hermas E.A., 2015. Monitoring the spatial occurrences and migration rates of sand dunes around Makkah City using remote sensing technology. *Journal of Remote Sensing and GIS*, Vol. 3, Issue 1, pp. 14-24. <https://www.researchgate.net/publication/309176399>
23. Holm D.A., 1960. Desert geomorphology in the Arabian Peninsula. *Science* 132:1369-79.
24. Lyles L., Hagen L.J., Skidmore E.L., 1983. *Soil Conservation: Principles of Erosion by Wind*. Contribution from Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, in cooperation with the Kansas Agricultural Experiment Station, Dryland Agriculture-Agronomy Monograph no. 23, WI 53711, USA.
25. Necsoiu M., Leprince S., Hooper D.M., Dinwiddie C.L., McGinnis R.N., Walter G.R., 2009. Monitoring migration rates of an active subarctic dune field using optical imagery. *Remote Sensing of Environment* 113, 2441-2447. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.004>
26. Sagga A.M., 1998. Barchan dunes of Wadi Khulays, western region of Saudi Arabia: geobia. Arkansas University, The Graduate School, USA.
10. Al-Ghamdi K., Hermas E.A., 2015. Assessment of dune migration hazards against landuse northwest Al-Lith City. Saudi Arabia. using multi-temporal satellite imagery. *Arab. J. Geosci.* 8 (12). 11007e11018. DOI 10.1007/s12517-015-1947-8 <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-015-1947-8>
11. Al-Harhi A., 2002. Geohazard assessment of sand dunes between Jeddah and Al-Lith, western Saudi Arabia. *Environmental Geology*, 42:360-369. <https://doi.org/10.1007/s00254-001-0501-z>
12. Al-Mutiry M., Hermas E.A., Al-Ghamdi K.A., Al-Awaji H., 2016. Estimation of dune migration rates north Riyadh City. KSA. using SPOT4 panchromatic images. *Journal of African Earth Sciences* 124. 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.09.034>
13. Al-Saud M.M.S., 1988. Drifting sand and its grain size characteristics, Ad Dahna desert along Riyadh-Dammam road (in Arabic). MSc Thesis, King Saud University, Riyadh.
14. Anton D., Vincent P., 1986. Parabolic dunes of the Jafurah Desert, Eastern Province, Saudi Arabia. *J Arid Environ* 11:187-198.
15. Bagnold R.A., 1941. *The physics of blown sand and desert dunes*. London: Methuen, 24s, p1-9.
16. Bajabaa S., Masoud M., Al-Amri N., 2014. Flash flood hazard mapping based on quantitative hydrology, geomorphology and GIS techniques (case study of Wadi Al Lith, Saudi Arabia). *Arab J Geosci* 7, 2469-2481. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0941-2>
17. Barth H.J., 1999. Desertification in the Eastern Province of Saudi Arabia. *J Arid Environ* 43:339-410.

- morphology and sedimentology relationships. *J KAAU Earth Sci* 10:105–114.
27. Shehata W.M., Bader T., Irtem O., Ali A., Abdallah M., Aftab S., 1992. Rate and mode of barchan dunes advance in central part of the Jafurah sand sea. *J Arid Environ* 23:1–17.
28. Shehata W.M., Sabtan A.A., Ghazal M.M., 1998. A study on sand dune forms southeast of Jeddah, Saudi Arabia. *J KAAU Earth Sci* 10:91–103.
29. Thompson C.E.L., Amos C.L., 2004. Effect of Sand Movement on a Cohesive Substrate. *Journal of Hydraulic Engineering*, 130(11): 1123-1125. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2004\)130:11\(1123\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2004)130:11(1123)).
30. Vincent P.J., 1984. Particle size variation over a transverse dune in the Nafud as Sirr, central Saudi Arabia. *J Arid Environ* 7:329–336.
31. Watson A., 1985. The control of wind blown sand and moving dunes: a review of the methods of sand control in deserts. With observations from Saudi Arabia. *Q J Eng Geol Lond* 18:237–252.
32. Werner B.T., Haff P.K., 1988. The impact process in aeolian saltation: two-dimensional simulations. *Sedimentology* 35, 189-196.
33. White B.R., Schulz J.C., 1977. Magnus effect in saltation. *J. Fluid Mech.* 81:497-512.
34. Whitney J.W., 1981. Saudi Arabia's stable sand seas. *Geol Soc Am Abstr Program* 13.
35. Whitney J.W., Faulkender D.J., Rubin M., 1983. The environmental history and present condition of Saudi Arabia's sand seas. Saudi Arabia Deputy Ministry for Mineral Resources, Open-File Report 83-749.
36. Willetts B.B. and Rice M.A., 1989. Collisions of quartz grains with a sand bed: The influence of incident angle. *Earth Surface Processes and Landforms* Volume 14, Issue 8.

دراسة ميدانية لحركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث-القنفذة،
غربي المملكة العربية السعودية

أ. إبراهيم بن أحمد الكيادي
د. محمد بن العباس داودي
د. فاطمة بن سالم