



## زحف الكثبان الرملية وأثره على طريق العقير- الهفوف بالمملكة العربية السعودية باستخدام الاستشعار عن بعد

إبراهيم سيد صابر بكرى\*

قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية - جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية - المملكة العربية السعودية  
قسم الجغرافيا - كلية البنات - جامعة عين شمس - القاهرة  
dr.ibrahem@hotmail.com

### المستخلص:

تغطي الأشكال الرملية نحو 50% من مساحة المملكة العربية السعودية، وهي واحدة من أهم السمات الجيومورفولوجية المميزة في المملكة. وتمثل حركة الكثبان الرملية خاصة الهلالية خطراً كبيراً يعوق عمليات التنمية بكافة أشكالها. ويتعرض طريق العقير - الهفوف بالمنطقة الشرقية لزحف الكثبان الرملية تحت تأثير الرياح الشمالية السائدة معظم اوقات السنة، ويساعدها في ذلك سيادة ظروف الجفاف. وتهدف الدراسة الحالية إلى متابعة حركة الكثبان الرملية الهلالية على طريق العقير - الهفوف بواحة الأحساء في الفترة من 2001 حتى 2019، وذلك من خلال تحليل صور أقمار Landsat-7,8 و Sentinel-2، مع الاستعانة بوسائل التحليل المكاني داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، علاوة على الدراسة الميدانية، بغرض حساب معدلات زحف الرمال وآثارها على الطريق.

وحددت الدراسة ثلاث نطاقات رئيسية لدراسة الكثبان الرملية الهلالية تتباين فيما بينها من حيث الحجم والارتفاع ممثلة في كثبان كبيرة الحجم يزيد ارتفاعها عن 40 م، وكثبان صغيرة الحجم يتراوح ارتفاعها 15 - 30 م. وتوصلت الدراسة إلى أن متوسط حركة الكثبان الرملية وصل إلى 75.5 متر خلال 13 سنة في الفترة من 2001 حتى 2013، أي بمعدل 6.2 متر/ سنة، بينما يتراوح متوسط حركة الكثبان في الفترة من 2013 حتى 2019 نحو 57.2 متر بمعدل 9.5 متر/ سنة. وتزداد معدلات الحركة في الكثبان الرملية الهلالية متوسطة الحجم والارتفاع (15 - 25 متر)، مع ما تتميز به من صغر حبيبات الرمال، بينما تقل معدلات الحركة مع زيادة أبعاد الكثبان الرملية ونمو الأعشاب الصحراوية الموسمية. كما استنتجت الدراسة أن أكثر من 75% من متوسط الزحف الرمي مرتبط في الأساس بهبوب الرياح الشمالية.

**الكلمات المفتاحية:** الأحساء- زحف الرمال - الكثبان الهلالية -النبات الطبيعي - أخطار

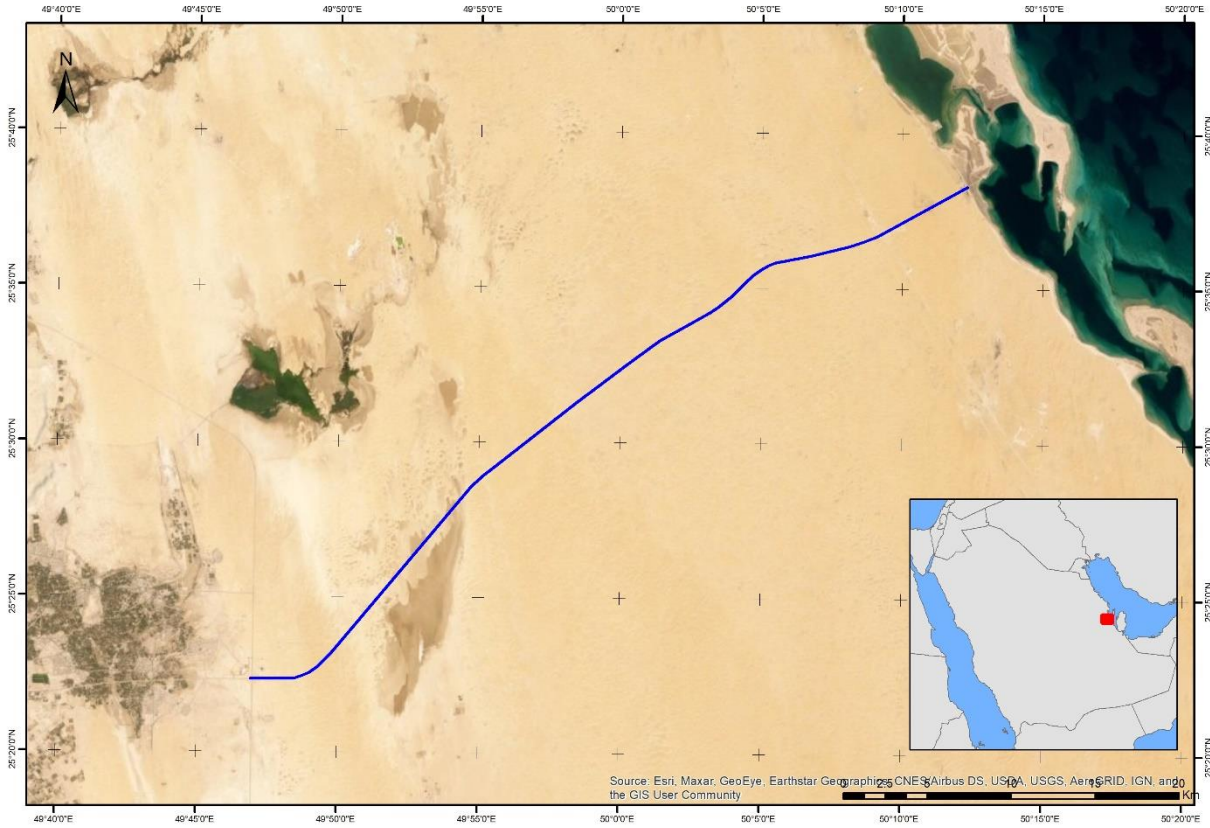
## أولاً: مقدمة

تعتبر الكثبان الرملية واحدة من كبرى المشكلات التي تواجه عمليات التنمية في الكثير من البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة، ذلك إذ أن توافر الرمال في شكل تجمعات كبرى يؤدي إلى ظهور أشكال وأنماط مختلفة من الكثبان الرملية، كالكثبان الطولية والهلالية (معوض بدوي 2018). والتي يؤدي نموها وحركتها إلى إعاقة عمليات التنمية والتوسعات العمرانية واستصلاح الأراضي. وتعتبر المملكة العربية السعودية واحدة من كبرى البلدان الصحراوية التي تعاني من تلك المشكلة، حيث تغطي الأشكال الرملية أكثر من 50% من مساحة المملكة، وهي واحدة من أهم السمات الجيومورفولوجية المميزة في المملكة. ويمكن تحديد أربع صحاري رملية رئيسية في المملكة العربية السعودية هي: النفود، والدهناء، والربع الخالي، والجافورة في الجزء الشرقي (Benaafi and Abdullatif, 2015). وتعد الظروف البيئية السائدة في شرق المملكة العربية السعودية ظروفًا مثالية لتكوين الكثبان الرملية المتحركة، لعل أهمها وفرة الرمال ونظام الرياح الشمالية الغربية السائدة على مدار العام.

ويهدف هذا البحث إلى دراسة أثر العوامل الطبيعية (المناخية والتضاريسية والتربة والنبات) ودورها في نشأة الكثبان الرملية في المنطقة الشرقية بالأحساء على طول الطريق الممتد بين العقير- الهفوف بطول 60 كم وحساب معدلات سفى وزحف الرمال والتي ترتبط أساساً بالمعطيات البيئية في منطقة الدراسة (شكل 1)، ولا تغفل الدراسة الجانب البشرى ودوره كعامل جيومورفولوجى على جانبي الطريق وأثر ذلك على حركة الرمال وبالتالي يسهل دراسة العوامل المؤثرة في معدلات حركة الرمال والتي ترتبط أساساً بالعوامل السابقة، بالإضافة إلى قرب وبعد مصدر الرمال وخاصة التجمعات على الجانب الايسر للطريق من الهفوف باتجاه العقير. وتقع منطقة الدراسة في شرق منطقة الاحساء وتنحصر بين خطى طول 45 ' 49 ° إلى 15 ' 50 ° ودائرتي عرض 20 ' 25 ° إلى 45 ' 25 ° باتجاه من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي وتنبع أهمية الدراسة من:

- حساب حركة الكثبان الرملية باستخدام تطبيقات GIS على المرئيات الفضائية لسنوات مختلفة.
- تعد هذه الدراسة إضافة لمجموعة الأبحاث التي تناولت التصحر في المنطقة الشرقية وبالتطبيق على طريق العقير الهفوف.
- أهمية التوصل لنتائج تتعلق بحركة الكثبان الرملية وتوصيات خاصة بسبل الحماية والوقاية منها تفيد صانعي القرار ذوي العلاقة المباشرة بالتخطيط البيئي في المنطقة.

أما عن الدراسات السابقة فقد تعددت الدراسات بمنطقة الدراسة وبصفة خاصة عن صحراء الجافورة الرملية، نذكر منها دراسة أبو الخير 1984 والتي اهتمت بحركة الرمال بواحة الأحساء، ودراسة سيد وابورشييه 1994 والتي اهتمت بمشروع حجز الرمال بواحة الاحساء، ودراسة الرميلي 2001 عن تقييم كفاءة مشروع حجز الرمال بواحة الاحساء، ودراسة شعث 1989 والتي اهتمت بتأثير زحف الرمال على المناطق الترفيهية بواحة الأحساء، ودراسة Fryberger et al. 1984 والتي قدرت معدلات الانسياب الرمي بأجزاء بصحراء الجافورة، دراسة Bader 1989 التي اهتمت بدراسة حركة الرمال بصحراء الجافورة، دراسة الهنائي 1989 ودرست تقييم حركة الرمال بالاستشعار عن بعد في شمال صحراء الجافورة حيث قام الباحث بدراسة مقارنة للمرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات Landsat والصور الجوية لدراسة حركة الكثبان الرملية. وخلصت الدراسة بتوضيح معدلات زحف الكثبان والتي بلغت من 2-8 متر سنويًا على مدار 12 عام. بالإضافة إلى دراسة مشاعل آل سعود 2004 والتي اهتمت بتطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الأحساء والتي خلصت إلى أن معدلات زحف الكثبان الرملية تختلف من سنة إلى أخرى تبعاً لاختلاف سرعة الرياح وشكل وحجم الكثبان الرملية، فبلغت في بعض السنوات 3-5 متر/ سنة بالنسبة للكثبان كبيرة الحجم والكثبان المعكوسة، و25 متر/ سنة بالنسبة للكثبان الهلالية صغيرة الحجم.



شكل

1:

موقع منطقة الدراسة على طول طريق العقير- الهفوف والتكوينات الرملية على جانبيه  
(المصدر: Google Earth Pro 2019)

### ثانياً: طريقة الدراسة

1. حساب معدلات زحف الرمال بمنطقة الدراسة: اعتمدت الدراسة على مرئيات فضائية إصدارات أقمار لاندسات 7,8، لفترات زمنية مختلفة وهي 2001- 2013 - 2019، وصور القمر الصناعي Sentinel-2 للفترة 2015 – 2018 كما يوضح الجدول رقم (1) وذلك لتحديد نطاقات حركة وزحف الرمال بالمنطقة.

#### جدول 1: خصائص الصور الفضائية المستخدمة في الدراسة

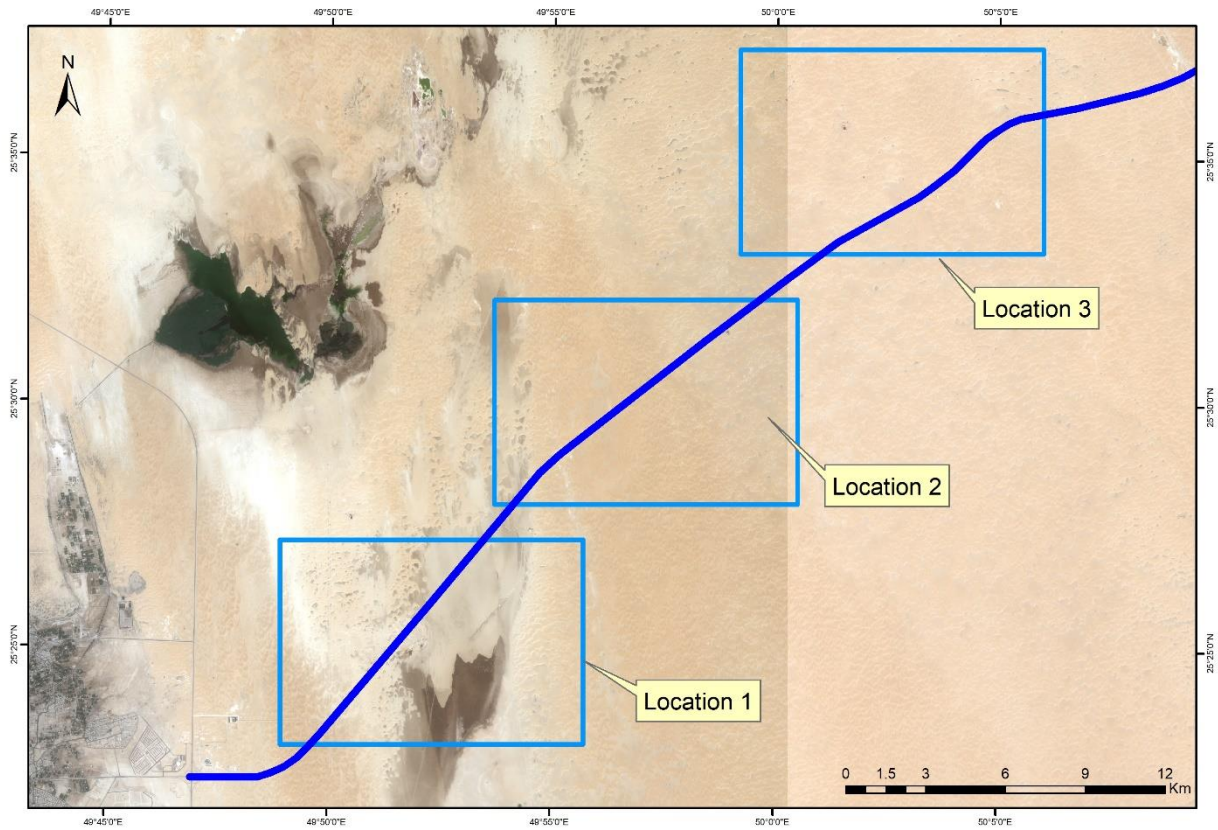
م	القمر	تاريخ الصورة	نوع المستشعر	الدقة المكانية (متر)
1	Landsat-7	18-5-2001	ETM+, Panc.	15، 30
2	Landsat-8	11-5-2013	OLI, Panc.	15، 30
3	Landsat-8	21-2-2019	OLI, Panc.	15، 30
4	Sentinel-2	18-9-2015	Multispectral	10
5	Sentinel-2	16-3-2018	Multispectral	10

2. تم إجراء عمليات معالجه أولية للصور الفضائية للتأكد من ضبط مواقعها، كما أجريت عمليات التصنيف المراقب.

3. استخراج الدرجات اللونية Bands 8-9 التي تندرج تحتها حافات الكثبان الرملية Crest Lines وذلك لتحديد التغير في مواقع حافات الكثبان الرملية بين الفترات المختارة لسنوات مختلفة للمرئيات الفضائية.

4. من خلال المرئيات الفضائية تم تحديد ثلاث مواقع على طول طريق العقير- الهفوف والتي تضم أكبر تجمعات للكثبان الرملية الهلالية (شكل 2).

5. تم تحديد 16 نقطة عشوائية تغطي معظم منطقة الدراسة (Levin, N., 2004) حيث اخذ في الاعتبار اختلاف كثافات توزيع الكثبان الرملية بالمواقع المختارة بمنطقة الدراسة.
6. قياس المسافات بين حافات الكثبان الرملية Crest Lines خلال الفترتين بين الصور الفضائية وفقاً للطريقة التي اتبعتها كلاً من (Levin, N., 2004)، (Els, A., 2015)، وذلك بغرض حساب معدلات زحف الكثبان الرملية.
7. حساب معدل الحركة السنوي للكثيب (وذلك بقسمة المسافة التي تحركها الكثيب الرملة خلال فترتي المرئيتين على عدد السنوات بين المرئيتين) (Carson, et al., 2018).
8. استخدام برنامج Arc GIS 10.5 للقيام بعمليات المعالجة للمرئيات الفضائية وذلك لتجميع قنوات الصورة وعمل التحسين المكاني وزيادة الدقة المكانية للصور، وكذلك التحليلات المكانية لحساب معدلات الزحف بين كل نقطتين متقابلتين.
9. جمع عينات الرمال وإجراء التحليل الميكانيكي لدراسة أحجام الرمال وخواصها، لما لها من تأثير على معدلات الحركة.



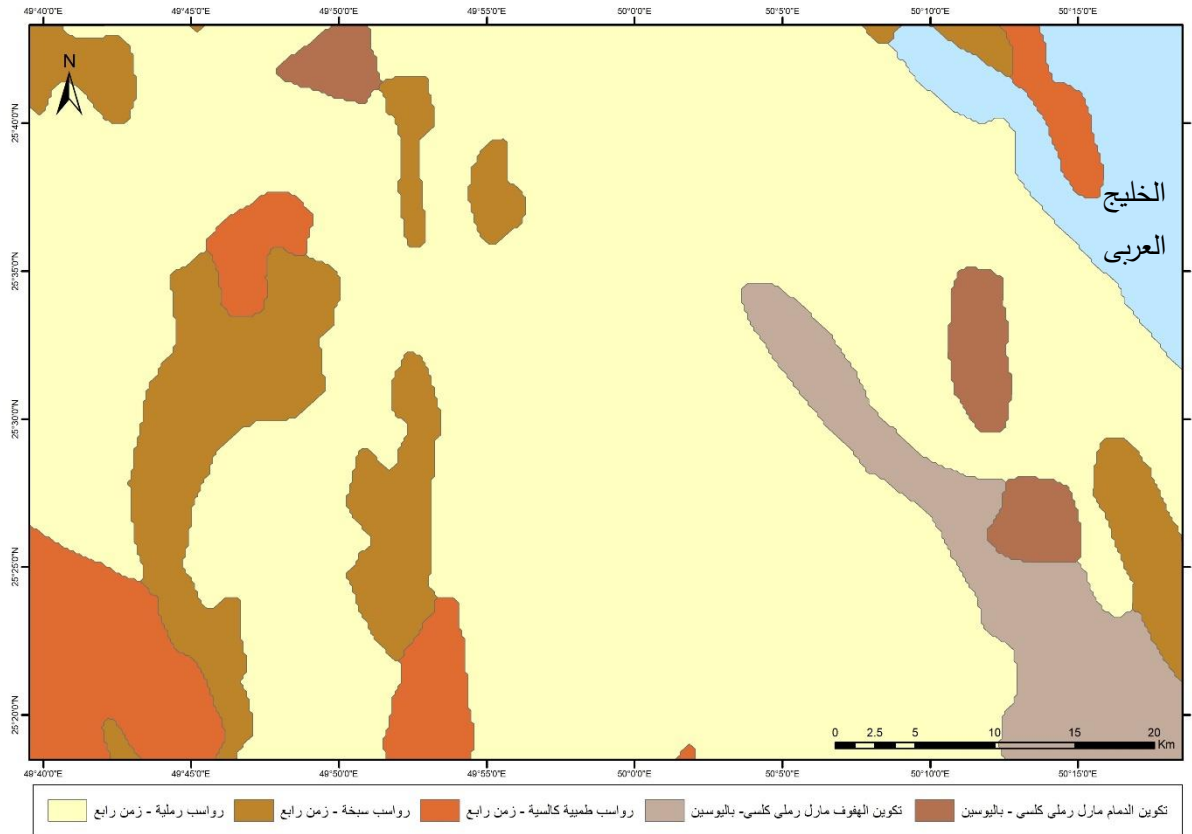
شكل 2: القطاعات المختارة للدراسة (المصدر: Google Earth Pro 2019)

### ثالثاً: الخصائص الطبيعية العامة لمنطقة الدراسة

#### 1. جيولوجية منطقة الدراسة

حدد هوتزل وآخرون (Hotzl et al, 1978) مجموعة من العوامل أثرت في جيولوجية منطقة الأحساء ومنها الحركة الألبية التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث ونتج عنها تكون طية الغوار المحدبة، والطغيان البحري والذي يعتقد أنه حدث في أواسط وأواخر عصر البلايوسين ونتج عنه تكون فرائد الجبال مثل البريقة وكنزان والجبال الأربع والقارة، ونحت حافة الصمان الشرقية ومن ضمنها حافة هضبة شدقم والتي تتكون من معقد رسوبي يعود لفترات متعددة من الزمنين الجيولوجيين الثالث والرابع وينكشف بها تكوين الهفوف والذي يتكون من رواسب قارية المنشأ مثل المارل وطين جيرى وردي اللون تتخلله طبقات من الصلصال والحجر الرملة والكلسي (شكل 3) (البراك، 1993). وللتغيرات المناخية دوراً هاماً عبر هذا التاريخ الطويل؛ فوجود ترسبات الحصى في

الأحساء تعود إبان الفترة المطيرة التي حدثت في عصري البليوسين الأعلى والبلايستوسين الأسفل؛ وأثناء الفترات المطيرة كانت تصل الأنهار العظيمة بين المرتفعات الغربية في شبه الجزيرة العربية وساحل الخليج العربي في الشرق، ومن الأدلة على التغير المناخي التتابع الطبقي لتكوين الهفوف بحيث وجدت طبقة رقيقة من المارل تكسوها طبقة من الكونجلومرايت بسمك 17م، وكذلك تشكل الطبقات الكلسية المتصلبة التي تعلو الحافات الصخرية في حافة الصمان، وذكر شابمان (Chapman1971) أن درجة الحرارة في عصر البليوسين تشبه درجة الحرارة الحالية، غير أنه كان هناك فترة رطبة حدثت في أواسط البليوسين تلاها فترة شبه رطبة في أواخره، في حين شهد البلايستوسين تذبذباً في درجات الحرارة أدت إلى حدوث دورات من الرطوبة والجفاف. ومع بداية عصر الهولوسين المبكر ارتفعت درجات الحرارة وساد المناخ شبه الجاف، وفي أواسط الهولوسين ساد مناخ حار ورطب. ومما سبق يتضح تأثير التغيرات المناخية عبر الزمن الجيولوجي ففي الفترات الرطبة كانت المياه هي العامل المؤثر بينما في الفترات الجافة تكون الرياح هي العامل الأكثر تأثيراً ويستدل على ذلك من أشكال سطح الأرض في هضبة شذقم بالإضافة إلى وجود المصاطب النهرية على ارتفاعات متعددة وبأحجام مختلفة، ومن نتائج الفترات الجافة تعرية دلتا وادي السهباء ونحت الصخور الجيرية ومن ثم تشكلت بحار الرمال مثل الجافورة والتي تعد منطقة الدراسة جزءاً منها.



شكل 3: جيولوجية منطقة الدراسة

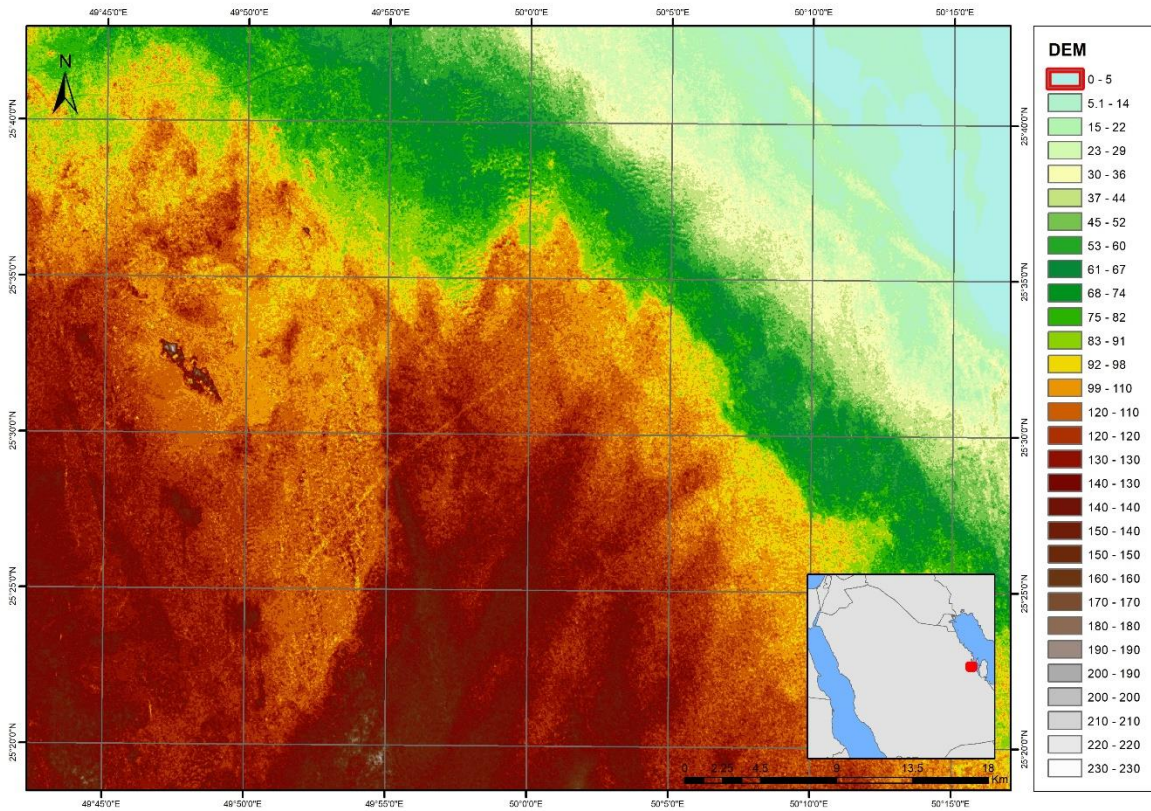
(المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، لوحة الخليج العربي 1958، مقياس 1 : 500.000)

## 2. جيومورفولوجية الأحساء

تمثل الأحساء سهلاً خصباً محصور بين شاطئ الخليج العربي وصحراء الدهناء والصمان، وتشمل مساحات واسعة مزروعة بأشجار النخيل وبعض الحمضيات والخضراوات فهي أراض زراعية منبسطة ترتفع عن سطح البحر ما بين 120 و160م مع انحدار بسيط من الغرب إلى الشرق (شكل 4). ولقد تأثرت أشكال سطح الأرض في الأحساء بمجموعة من العوامل ومنها التاريخ



الجيولوجي، فحركات الطي التي حدثت في الزمن الجيولوجي الثالث كان لها دورًا هامًا في بناء هضبة شدقم وطية الغوار. والعامل الثاني نوعية الصخر الأصلي، حيث تسود الصخور الرسوبية وإن كانت مقاومتها لعوامل التعرية تختلف نسبيًا من نوع صخر لأخر مما تسبب في اختلاف مظاهر السطح وتشكل بحار الرمال في المنطقة. أما العامل الثالث فيتمثل في التغير المناخي منذ عصر البلايوسين وما نتج عنه من تغيرات ملموسة في الحرارة والأمطار، ففي الفترات المطيرة يكون لعامل المياه الدور الكبير في النحت والنقل والترسيب ويستدل على ذلك من وجود دلتا السهبا والسهول الحصوية المختلطة برمال الجافورة، وأوضح شابمان (Chapman, 1971) دور المناخ وتذبذبه في تكون القشرات الكلسية المتصلبة خاصة أثناء الفترات الجافة الحارة. والعامل الرابع طغيان مياه الخليج العربي على المناطق المجاورة وهناك من يرجع تكون حافة شدقم ووجود الجبال المنعزلة مثل جبال الأربع والتليم وكنزان والقارة إلى نحت الأمواج (Chapman 1974). ويمكن تحديد أهم الوحدات الجيومورفولوجية في الأحساء على النحو التالي:



شكل 4: ارتفاعات السطح بالأحساء

(المصدر: نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM بدقة وضوح 90م، USGS)

■ **الهضاب:** تعد هضبة شدقم أشهرها على الإطلاق فهي تمثل الجزء الجنوبي لهضبة الصمان والجزء الشمالي الشرقي لطية الغوار، وتمتد الهضبة من جبل غريميل في الشمال حتى العضييلية في الجنوب ولامتداد يزيد على 50 كم والهضبة سطحها مستوي وأطرافها الغربية مغطاة موضعياً برمال الدهناء وتنحدر باتجاه الشرق وتمتاز بقصر المجاري المائية وكثرتها، ويتراوح ارتفاع الهضبة بين 107 وحتى 288م فوق مستوى سطح البحر. ويرى البراك (1993) هذه الهضبة تقع فوق صخور رسوبية قارية المصدر التابعة لتكوين الهفوف والتي تتكون من حجر رملي وجيري رملي ومارل رملي وطفل رملي وكونجولومرايت بني مشوب بحمرة. والحافة الشرقية للهضبة من المظاهر الجيومورفولوجية المهمة في الأحساء فهي تمتاز بكثرة الفواصل والشقوق الرأسية والكهوف والأعمدة وقممها مغطاة بقشرات كلسية متصلبة مختلفة السمك أدت إلى حماية الصخور التي تقع تحتها من عمليات التجوية والتعرية. وقد عملت مجاري الأودية على تقطيعها إلى وحدات صغيرة يسهل تفكيكها مما تسبب في نشأة الابراج الصحراوية والتلال

الصغيرة المنعزلة وتراكم الهشيم أمام الحافة وجعلها في حالة تراجع مستمر نحو الغرب، والحافة بها واديين رئيسيين الأول يستجمع مياهه من عشرات الروافد الصغيرة من شمالي ووسط الحافة ويدعى وادي الدلايسيس ويتجه نحو الشرق عبر سهل الجديدة وينتهي في رمال الجافورة ويقدر طوله بنحو 15 كم والآخر في جنوب الحافة ويسمى نقبة غضا ويتجه نحو جبل التلیم ويصب بالقرب من مدينة العيون ويبلغ طوله نحو 7 كم.

■ **التلال المنعزلة:** تحيط بالأحساء مجموعة من الجبال المنعزلة ويرى شابمان (Chapman 1978) أن تعرضها للحت البحري سبب في انعزالها فهي في الأصل جزء من طية الغوار وتعرضت للرفع إبان الحركة الألبية، ويضاف إلى ذلك نشاط الرياح أثناء الفترة الجافة، وهي في الغالب مكونة من الحجر الجيري والرمل الطلي ويطلق على هذه التلال محليا بقرء أو قارة (الطاهر، 1996)، ومن أشهر هذه التلال غريميل وأبا الدلايسيس في الشمال، والتلیم والركبان وأبو غنيمة في الغرب، وجبل الأربع والخرماء ودخنة، وفي الشرق البريقاء (كنزان) وجبل القارة.

■ **التجمعات الرملية:** تتأثر الأحساء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بثلاثة من المسطحات الرملية القريبة منها وهي: الربع الخالي من الجنوب والدهناء من الغرب والجافورة من الشمال والشرق والجنوب، وتعد صحراء الجافورة أكثرها تأثير على واحة الأحساء، بل تعد أبرز المخاطر الجيومورفولوجية على واحة الأحساء وحسب رأي فرايبرجر (Fryberger, 1984) فإن الأحساء تعد منطقة نقل لرمال الجافور بواسطة الرياح (الطاهر، 1996). والجافورة على شكل لسان يمتد من الشمال إلى الجنوب موازية لساحل الخليج العربي من الشرق وهضبة الصمان من الغرب وتأخذ في الامتداد جنوبًا حتى تندمج مع صحراء الربع الخالي، ويختلف لون كثبانها الرملية بين الأصفر المشوب بحمرة بسبب عوامل التجوية الكيميائية للرمال ذات المصدر القاري، واللون الأبيض للرمال ذات المصدر البحري، والسواد الأعظم للكثبان الرملية هنا هلالية ومعكوسة وقبابية وفرشات رملية بسبب ثبات اتجاه الرياح طيلة العام وسرعاتها العالية (الوليبي، 2008)، في حين أن الكثبان المستعرضة تنتشر في الأطراف الشرقية من هذا المسطح الرمي. وتمثل كثبان الفواجية الواقعة شمالي الواحة خطرًا محددًا بالقرى والمدن في الأحساء وعلى الطريق الرابط بين الهفوف والعقير وذلك بسبب كمية الانسياب الرمي الكبير والذي وصل في عام 1985م إلى 21.7م<sup>3</sup>/متر عرضي (الطاهر 1996).

■ **السبخات:** تعد السبخات أحد المظاهر الجيومورفولوجية المهمة في الأحساء وهي تنقسم إلى سبخات داخلية وسبخات ساحلية، والسبخات هي المسطحات المحلية الداخلية والساحلية والتي تكونت نتيجة ارساب الرمل الطيني والغرين والطيني في منخفضات ضحلة تتشعب بالأملح بسبب ضعف عمليات التصريف (الوليبي، 2008). ويعود تكون السبخات الداخلية في الأحساء إلى مجموعة من العوامل وفي مقدمتها سوء تصريف مياه المزارع في بيئة تمتاز باستواء سطحها، ارتفاع منسوب المياه، ارتفاع الأملاح الذائبة في المياه الجوفية، ارتفاع قيمة التبخر بسبب ارتفاع درجات الحرارة وهبوب الرياح الجافة، وارتفاع كميات مياه التصريف الزراعي وتخزينه في بحيرة الأصفر. ومن أشهر السبخات الداخلية في الأحساء الأصفر والمريقيب ونايف ومطيوي وأبار العصلا والمخنق وأم حبشة وردمان.

أما السبخات الساحلية تمتاز بقشرة صلبة فالطبقة السطحية مكونة من حبيبات رمل دقيقة تلتصق مع بعضها بواسطة الهاليت والجبس والسلفايت، وتلي هذه الطبقة بعدة سنتيمترات طبقة أخرى مكونة الرمل حبيباته متوسطة الحجم ورتدي التصنيف والطين البني، وتكثر بها معادن الكلسايت والدلومايت والرمال والطين البني وهي متوسطة الاحجام وذات تصنيف ردي، والطبقة الثالثة مكونة من الطين الوحل plastic mud والصخور الصلبة (Johnson, 1978).

## 3. الظروف المناخية والنبات الطبيعي

تخضع منطقة الأحساء بحكم موقعها إلى المناخ الجاف بصفة عامة والذي يتميز بكونه رطباً بارداً في الشتاء وجافاً وحراراً صيفاً لكونها تقع في نطاق الضغط المرتفع دون المداري ومتأثرة بالمناخ الصحراوي الجاف والتي يقل فيه معدل التساقط السنوي للأمطار عن 11 ملم (جدول 2) وتكاد تنعدم تماماً خلال أشهر الصيف لذلك تكاد تنعدم أهمية الأمطار في تثبيت الكثبان الرملية، بل والحد من نمو النبات الطبيعي الذي كان من الممكن أن يكون له دوراً بالغ الأثر في تثبيت حركة الكثبان الرملية.

■ **الحرارة:** يتضح من تحليل البيانات المناخية أن مناخ الأحساء في الأصل هو صحراوي بشكل عام وصحو في الغالب، حيث ترتفع درجات الحرارة صيفاً وتصل إلى 48 درجة مئوية، وتنخفض درجة الحرارة شتاءً إلى 10 درجات مئوية، وتهطل الأمطار الموسمية عادة في فصل الخريف وينخفض متوسط هطول الأمطار إلى أقل من 11 ملليمتر في العام.

■ **الرياح:** يتأثر توزيع هبوب الرياح في فصل الشتاء في المنطقة بمناطق توزيع الضغط الجوي المرتفع المحيطة بها من الشرق والغرب أما خلال فصل الصيف فيتأثر توزيع الرياح بسبب سيطرة الضغط المنخفض الجوي الاستوائي (منخفض الهند الموسمي). ويتضح من تحليل بيانات اتجاهات وسرعات الرياح للفترة من 1985-2015 (شكل 4) أن الرياح تهب على الأحساء من جميع الاتجاهات في معظم أيام السنة، ولكن يتغير اتجاهها من شهر لآخر، فالرياح القادمة من الشمال والشرق والجنوب والغرب تمثل نحو 33%، أما الرياح القادمة من الاتجاهات البينية كالشمال الشرقي والشمال الغربي والجنوب الشرقي والجنوب الغربي فتتمثل النسبة الغالبة 42%. أما نسبة سكون الرياح فتصل في المنطقة لنحو 25%.

جدول 2: متوسطات درجات الحرارة ومعدلات التساقط بمنطقة الدراسة خلال عام 2017

الشهر	متوسط درجة الحرارة الكبرى °م	متوسط درجة الحرارة الصغرى °م	المطر مم
يناير	30.6	5	0.001
فبراير	29.9	1.1	62.5
مارس	34.3	16	10.8
أبريل	43.3	15.8	0
مايو	47	22.2	2.7
يونيه	49.4	23.6	0
يوليه	50	26.6	0
اغسطس	48.7	26.3	0
سبتمبر	47	22.9	0
اكتوبر	42.5	19.3	0
نوفمبر	36	12.7	0.001
ديسمبر	33	6.6	0
المعدل السنوي	40.9	16.5	6.3

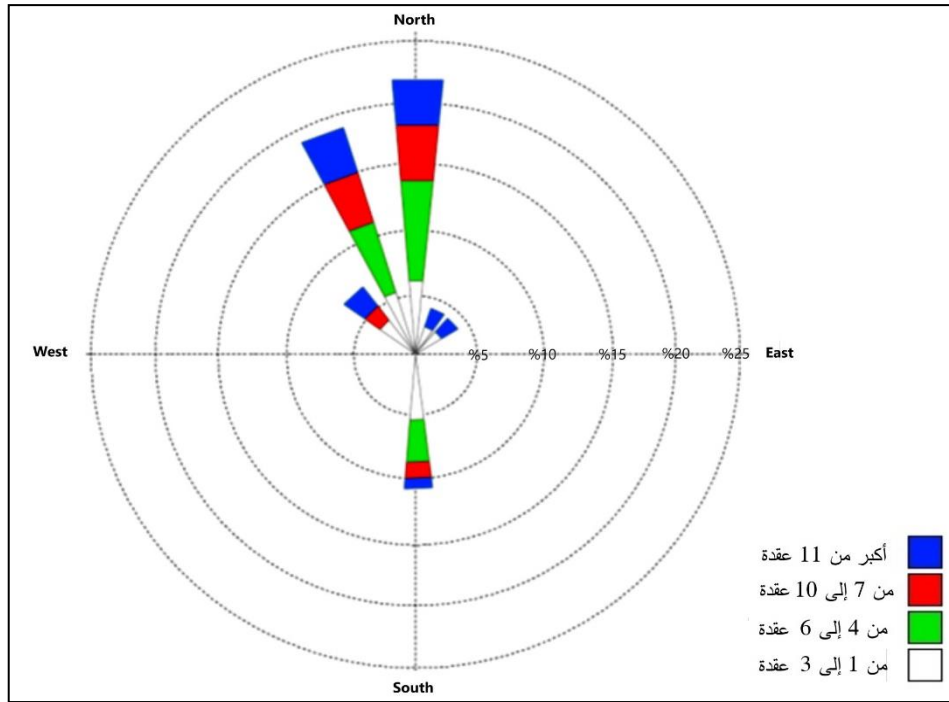
(المصدر: الكتاب الإحصائي للهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة لعام 2017)

تعرض الأحساء بصفة عامة للرياح القادمة إليها من جميع الاتجاهات، ولكن يمكننا تقسيم الرياح السائدة خلال كل فصل مناخي حسب الاتجاه على النحو التالي:

- الرياح الشمالية والشمالية الغربية السائدة خلال فصل الشتاء بنسبة تكرر تصل إلى 46% والنسب الباقية تأتي من الاتجاهات الأخرى.



- أما اتجاهات الرياح المختلفة خلال فصل الربيع فتكون نسب تكرار هبوبها تكاد تكون متقاربة وإن كانت تزيد من الاتجاه الشمالي والشمال الغربي بنسبة تتجاوز 56% خلال هذا الفصل.
- تأتي الرياح الشمالية الغربية في فصل الصيف بنسبة تكرار تصل إلى 45%.
- بذلك يتضح من العرض السابق أن الرياح السائدة في المنطقة تأتي إليها من الشمال والشمال الغربي طول العام بنسبة تكرار تصل إلى 75% من إجمالي هبوب الرياح على منطقة الدراسة.
- أما عن سرعات الرياح فمن الطبيعي اختلاف سرعة هبوب الرياح على الأحساء من شهر لآخر تبعاً لمجموعة من العوامل الطبيعية المرتبطة بالضغط الجوي والعوائق التضاريسية والنباتية في تغيير سرعتها ويمكن توضيحها في النقاط التالية بناء على الأرقام المسجلة من محطتي (القفوف-الدمام). ويمكن إيجاز سرعة الرياح خلال فصول السنة في النقاط التالية على النحو التالي:
- يتراوح متوسط سرعة الرياح خلال فصل الصيف بين 1-3 عقدة بنسبة 0.11%، أما السرعة من 11-16 عقدة فتصل نسبتها 4.03%.
- يصل متوسط سرعة الرياح في فصل الشتاء في الفئة من 1-3 عقدة إلى 10%، ومن 7-10 عقدة إلى 36%.
- يصل متوسط سرعة الرياح في فصل الربيع في الفئة من 1-3 عقدة نسبة 2.6%، أما تكرار السرعة التي تتراوح بين 7-10 عقدة تصل إلى 38% من نسبة تكرار سرعة الرياح في هذا الفصل.
- أما في فصل الخريف فتشكل سرعة الرياح في الفئة بين 1-3 عقدة حوالي 1.6%.



شكل 4: اتجاهات الرياح السائدة بمنطقة الدراسة اعتماداً على بيانات محطتي أرصاد الأحساء والدمام للفترة من 1985 – 2015

- **الرطوبة النسبية:** يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية في المنطقة الشرقية بصفة عامة إلى 50% وتعتبر نسبة متوسطة وإن كانت تقل عن ذلك في فصل الصيف بسبب الارتفاع في درجة الحرارة وجفاف المنطقة حيث يصل معدل الرطوبة إلى أقل من 35% خلال هذا الفصل من العام. ونتيجة لذلك لا تستطيع الكثير من النباتات الإفلات من موجات الجفاف والحرارة الشديدة في المنطقة وبالتالي فقدان عنصر هام من عناصر الحماية والوقاية البيولوجية للحد من الكتبان وهو ندرة النباتات. ومن جهة أخرى تؤدي قلة

الرطوبة إلى سهولة حركة الكثبان الرملية مع أي رياح تهب عليها في إنعدام رطوبة الجو والتي يمكن أن تؤدي دورًا هامًا في بطء حركة الكثبان الرملية كما هو الحال في المناطق ذات الرطوبة المرتفعة.

■ **العواصف الترابية والرملية:** تتميز العواصف الرملية في منطقة العقير والهفوف بنشاطها خلال فصل الربيع من العام وذلك بسبب الانتقال ما بين فصلي الشتاء والصيف والتغير التدريجي في درجة الحرارة، وتتميز إلى حد ما بقوتها وإثارتها للأتربة والغبار وتزيد من حركة الكثبان الرملية وتقدمها باتجاه الطريق وخاصة من الناحية اليسرى باتجاه العقير.

■ **التساقط:** تتميز منطقة الهفوف-العقير، بل والأحساء بمناخها الصحراوي الجاف طول العام حيث يكاد يصل المتوسط السنوي لسقوط الأمطار إلى 6.3 ملليمتر، وإن كان هناك تفاوتًا في فترات سقوط المطر وكميته من فصل لآخر، بل ومن سنة لأخرى سواء في طول مدة التساقط أوكميته.

■ **النبات الطبيعي:** يلعب الغطاء النباتي دورًا هامًا في الحد من حركة الكثبان الرملية وتغيير خصائصها الكيميائية، فعلى سبيل المثال نجد أن نسبة المادة العضوية تصل إلى 1% في تربة الكثبان الرملية التي بها غطاء نباتي منفرد مقارنة بالكثبان المتحركة والتي تنعدم بها المادة العضوية. كما تعمل النباتات على رفع نسبة الرطوبة للكثبان الرملية مما يعوق حركتها وتساهم في تثبيتها، ومن دراسة حركة الكثبان الرملية على طريق الهفوف-العقير يلاحظ دور الغطاء النباتي في الحد من حركة الكثبان الرملية (شكل 5). وتبدأ عملية التثبيت من خلال نمو الأعشاب ومنها التندة *Cyperus conglomeratus* والنصي *Stipagrostis plumosa*، والتربة *Silene villosa*، والمرحلة الثانية من النمو النباتي تتمثل في الشجيرات الخفيضة ومنها الهرم *Tetraena qatarensis*، والكريه *Heliotropium digynum*، والثرمد *Salsola imbricate*، أما المرحلة التعاقبية الثالثة فهي نمو الشجيرات العالية مثل الطرفاء *Tamarix nilotica* الغضى *Haloxylon premium* ويتركز النبات الطبيعي في القطاعين الأول والثاني كما هو موضح بخريطة المناطق المختارة للدراسة (شكل 2). ويوضح جدول (3) المجموعات النباتية السائدة على طول طريق العقير - الهفوف.

جدول 3: المجموعات النباتية الرئيسية على طول طريق العقير - الهفوف

Family	Scientific name	Arabic name	Family	Scientific name	Arabic name
Amaranthaceae	Haloxylon salicornicum	Remth	Compositae	Ifloga spicata	Zaneama
Amaranthaceae	Salsola imbricate	Tharmad	Cyperaceae	Cyperus conglomeratus	Thenda
Boraginaceae	Heliotropium digynum	Karea	Neuradaceae	Neurada procumbens	Sadan
Capparaceae	Dipterygium glaucum	Alga	Poaceae	Panicum turgidum	Themam
Caryophyllaceae	Silene villosa	Taraba	Poaceae	Paspalum paspaloides	Horesha
Leguminosae	Medicago laciniata	Hasakk	Poaceae	Schismus arabicus	Samaa
Tamaricaceae	Tamarix nilotica	Tarfa	Polygonaceae	Calligonum comosum	Erta
Plantaginaceae	Plantago ciliate	Repla	Zygophyllaceae	Tetraena qatarensis	Harm

(المصدر: الدراسة الميدانية)



شكل 5: التجمعات النباتية بقطاعات منطقة الدراسة  
(المصدر: الدراسة الميدانية)

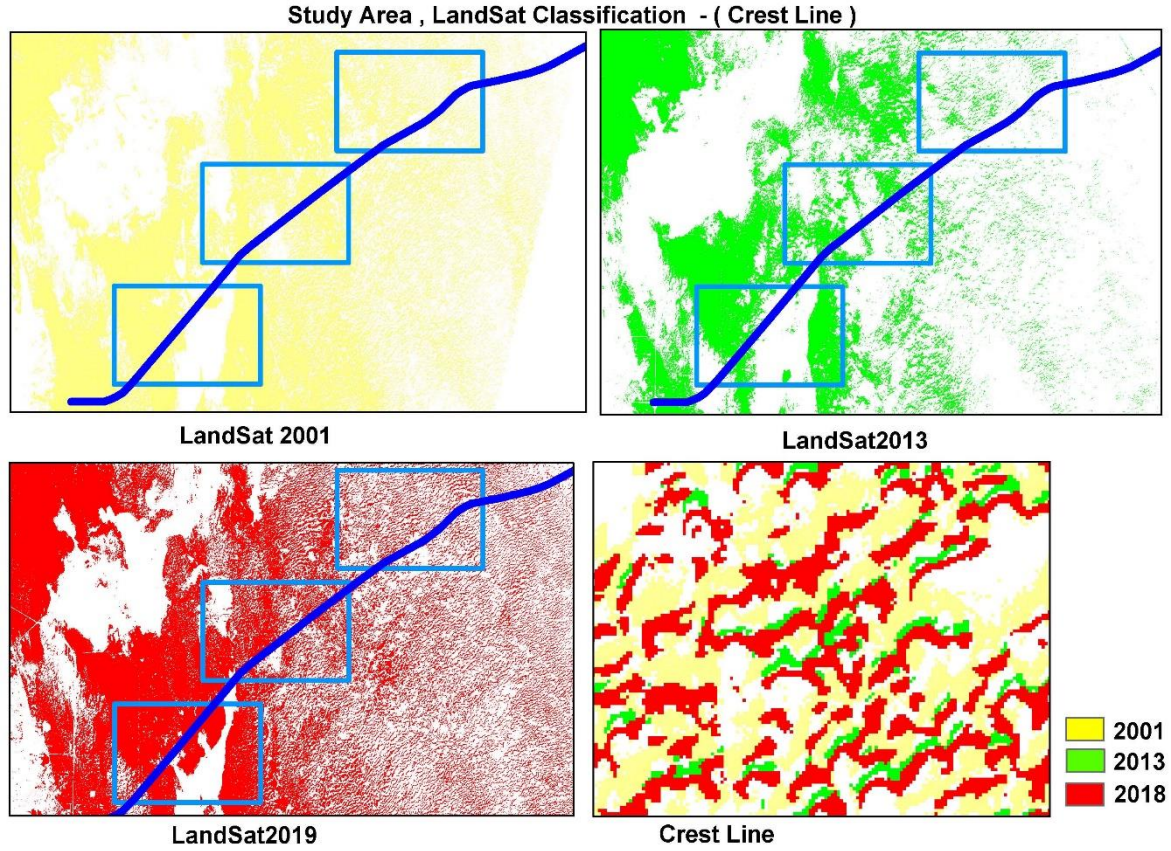
#### رابعاً: نتائج الدراسة

##### 1. حساب معدلات الحركة

اعتمدت الدراسة الحالية في حساب معدلات حركة الكثبان الرملية في منطقة الدراسة على تحديد ثلاث قطاعات رئيسية، والتي تمثل حقول من الكثبان الرملية الهلالية متباينة الحجم والارتفاع، حيث يمكن تصنيف الكثبان فيها إلى كثبان كبيرة الحجم نسبياً يصل ارتفاعها وفقاً للقياسات الميدانية لأكثر من 40 متر، وكثبان أخرى صغيرة الحجم يتراوح ارتفاعها بين 15 – 30 متر. تم بعد ذلك متابعة حركة وزحف الكثبان الرملية في كل قطاع منها استناداً على وسائل التحليل الرقمي لصور الأقمار الصناعية في الفترة من 2001 حتى 2019، وذلك بعد رفع الدقة المكانية لصور Landsat7, 8 إلى 15 مترًا بدلاً من 30 مترًا بواسطة الأداة Pan Sharp ببرنامج ArcGIS 10.5. كما تم استخراج الدرجات اللونية لحافات الكثبان الرملية Crest Lines الهلالية والعكسية وهي الدرجات



اللونية (8،9) من صور الأقمار الصناعية (شكل 6). ومن ثم تحديد 16 نقطة عشوائية موزعة على منطقة الدراسة في قطاعات الدراسة الثلاثة وذلك لمتابعة حركة الكثبان الرملية بناءً على التحليل المكاني وحساب المسافات بين قمم الكثبان (جدول 4).



**شكل 6:** اختلاف قمم الكثبان الرملية في الفترة 2001 - 2018

(المصدر: مستخرجة من صور Landsat 7, 8)

ونسنتج من جدول (4) وأشكال (7، 8، 9) ما يلي:

- أظهرت المرئيات الفضائية Landsat 7, 8 في الفترة من 2001 حتى 2013 أن إجمالي حركة الكثبان الرملية وصل إلى 75.5 متر خلال 13 سنة، أي بمعدل 6.2 متر/ سنة (شكل 7).
  - بينما أظهرت المرئيات الفضائية Landsat 7, 8 في الفترة من 2013 حتى 2019 (شكل 8) أن إجمالي حركة الكثبان الرملية خلال 7 سنوات وصل إلى 57.2 متر بمعدل سنوي وصل إلى 9.5 متر.
  - أوضحت المرئيات الفضائية Sentinel-2 في الفترة من 2015 إلى 2018 (شكل 9) أن إجمالي حركة الكثبان الرملية خلال 4 سنوات وصل إلى 33.5 متر بمعدل سنوي وصل إلى 11.1 متر.
- وبمقارنة نتائج الدراسة بنتائج دراسات أخرى ومنها دراسة مشاعل بنت سعود (2004) حيث أظهرت دراستها أن معدلات حركة الكثبان الرملية بمنطقة الأحساء تراوحت بين 1 - 7 أمتار سنويًا، بينما أشارت بعض الدراسات مثل دراسة " الطاهر 1996 " إلى وصول زحف الكثبان الرملية إلى ما يقرب من 25 متر سنويًا. وجدير بالذكر ومن خلال الدراسة الميدانية اتضح أن الكثبان الهلالية صغيرة الحجم تتحرك بمعدلات أسرع عن الكثبان الهلالية كبيرة الحجم.
- وتتحرك الكثبان الهلالية في شكل كثبان متلاحمة جانبيًا تبدو على هيئة تموجات كبرى من الرمال المتوازية تتجه نحو منصرف الرياح تحت تأثير الرياح الشمالية التي تسود منطقة الدراسة معظم أيام السنة. ونظرًا لتفاوت سرعة الرياح بالمنطقة بين

5.5 إلى 10.4 م/ثانية مع تأثيرها على المدى الطويل على حركة الكثبان الرملية في منطقة الأحساء وجد أن أكثر من 75% من متوسط الزحف الرملي مرتبط بهذا النوع من الرياح، حيث تعمل الرياح التي تزيد سرعتها عن 10.4م/ثانية على زيادة زحف الكثبان الرملية بشكل ملحوظ للغاية، إلا أنه نظرا لقلّة حدوث هذا النوع من الرياح فإن تأثيرها على حركة الكثبان الرملية في منطقة الدراسة تعتبر منخفضة بالنسبة لباقي المناطق المعرضة لسفلى وزحف الرمال بالمملكة العربية السعودية.

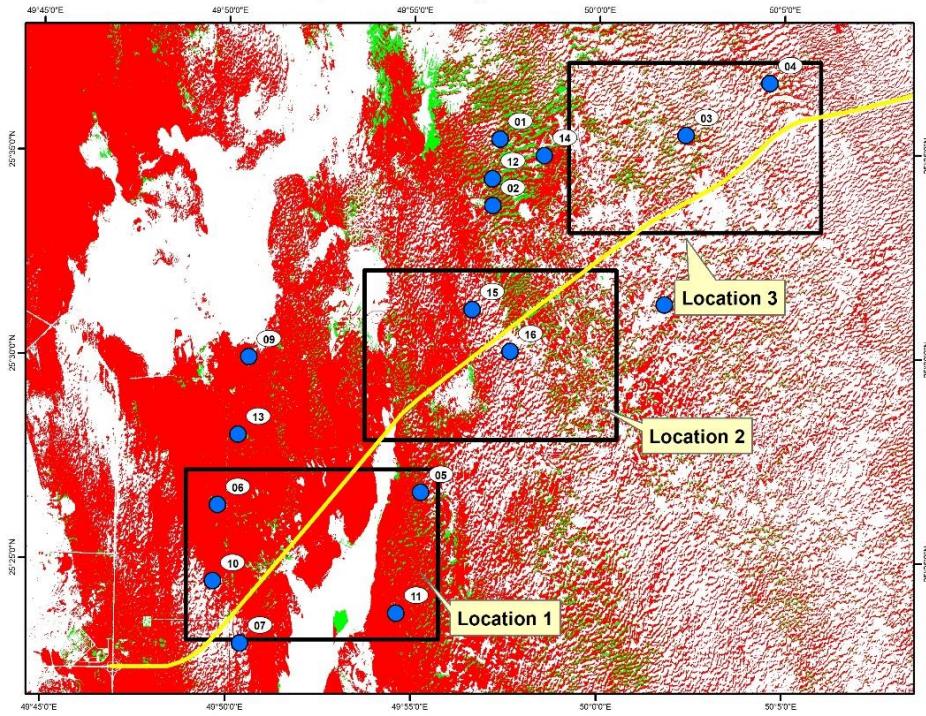
**جدول 4: معدلات حركة الكثبان الرملية بمواضع الدراسة في الفترة من 2001 حتى 2019**

الفترة 2015 – 2018 Sentinal-2		الفترة 2013 - 2019 Landsat 7, 8		الفترة 2001 – 2013 Landsat 7, 8	
معدل الحركة (متر)	الموضع	معدل الحركة (متر)	الموضع	معدل الحركة (متر)	الموضع
33	1	63	1	112	1
54	2	41	2	72	2
16	3	59	3	55	3
31	4	30	4	62	4
32	5	39	5	97	5
48	6	74	6	93	6
41	7	68	7	138	7
30	8	57	8	77	8
18	9	61	9	87	9
42	10	76	10	32	10
38	11	64	11	113	11
32	12	47	12	40	12
31	13	53	13	68	13
23	14	73	14	65	14
42	15	56	15	31	15
26	16	58	16	42	16
<b>11.1</b>	<b>المعدل السنوي (م / سنة)</b>	<b>9.5</b>	<b>المعدل السنوي (م / سنة)</b>	<b>6.2</b>	<b>المعدل السنوي (م / سنة)</b>

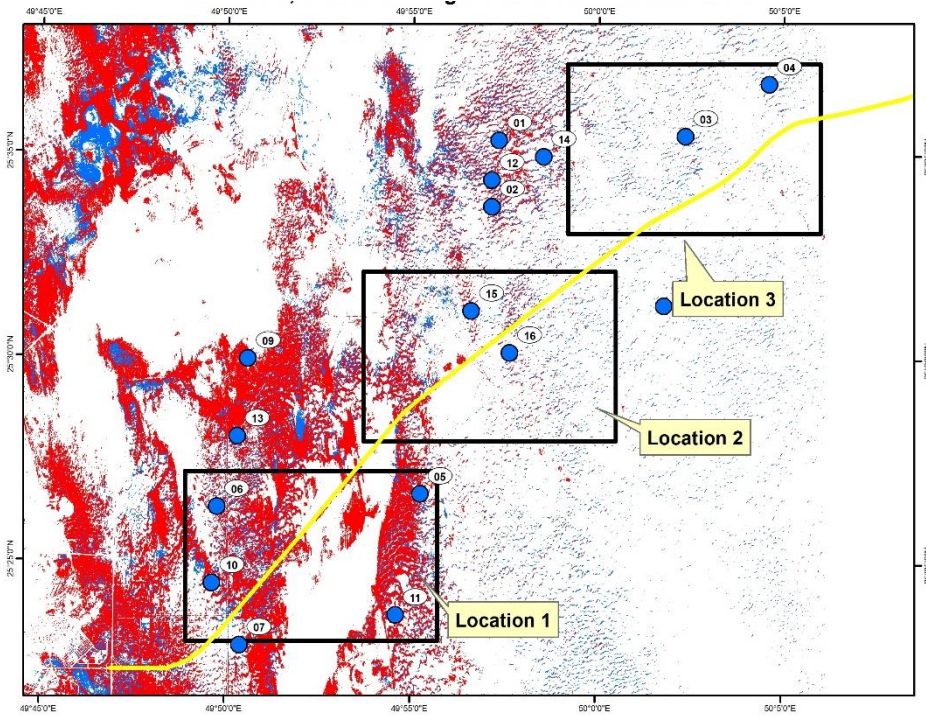
(المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على صور الأقمار الصناعية)

كما تشير دراسة الطاهر (1996) إلى زيادة في سرعة تحرك الكثبان الرملية خلال شهور إبريل – مايو - يونيو من كل عام طبقا لزيادة سرعة الرياح، وتقل بشكل ملحوظ خلال شهري فبراير ومارس وكان نصيبها من معدلات الزحف 15% من إجمالي الزحف في المنطقة، ويرجع ذلك إلى تضاول سرعة الرياح الشمالية وندرتها ورطوبة الرمال خلال تلك الفترة وارتفاع منسوب المياه الجوفية بواسطة الخاصية الشعرية وهبوب رياح جنوبية قوية نسبياً خلال هذين الشهرين تعمل على تراجع قمم الكثبان الرملية وقلتها نحو الشمال بمعدل قد يفوق 5 أمتار. والدليل على ذلك تناقص ملحوظ في زوايا انحدار مناطق الصبابات في الكثبان الرملية حيث تقل أحيانا إلى 27° وهذا مخالف لزوايا إنحدار الصباب الطبيعي الذي يتراوح بين 34° إلى 40°.



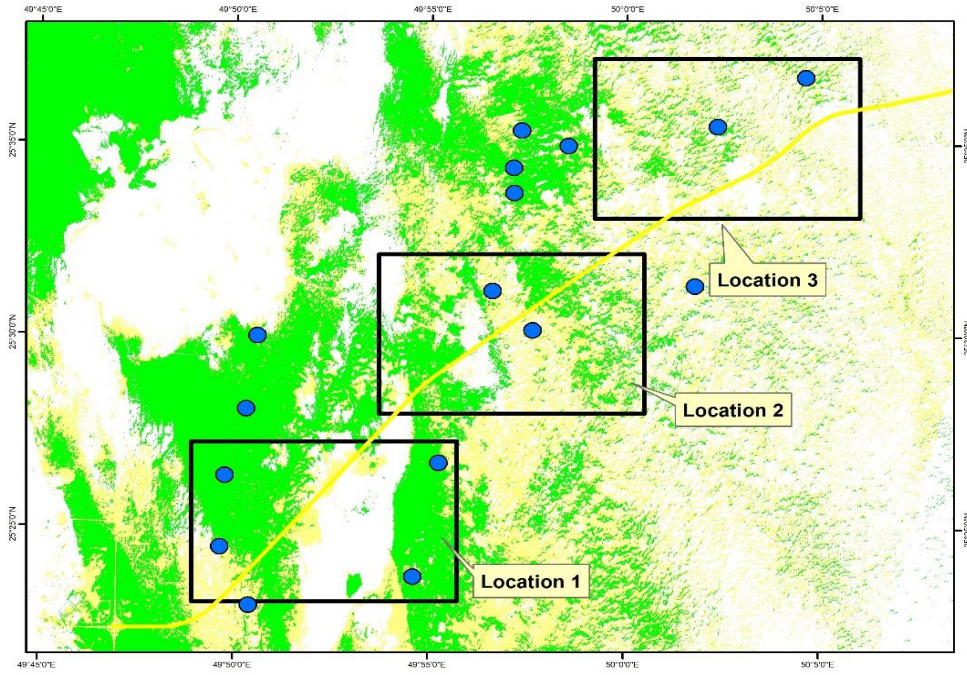


شكل 7: حركة الكثبان الرملية من عام (2001-2013)  
(المصدر: مستخرجة من صور 8, 7 Landsat)



شكل 8: حركة الكثبان الرملية من عام (2013-2019)  
(المصدر: مستخرجة من صور 8, 7 Landsat)





شكل 9: حركة الكثبان الرملية من عام (2015-2018)  
(المصدر: مستخرجة من صور Sentinel-2)

## 2. تحليل الرواسب

تم أخذ عددًا من عينات رمال الكثبان الرملية من خلال حفر عدد من الخنادق في بعض الكثبان الهلالية كبيرة الحجم والتي يصل ارتفاعها لنحو 30 متر (شكل 10)، وكذلك النباك خلال الدراسة الميدانية، وإجراء التحليل الحجمي على عينات الرمال (جدولي 5، 6).



شكل 10: قطاع رأسي للرواسب الرملية بأحد الكثبان الهلالية بمنطقة الدراسة

جدول 5: التوزيع النسبي لأحجام لبعض عينات رمال الكثبان الهلالية

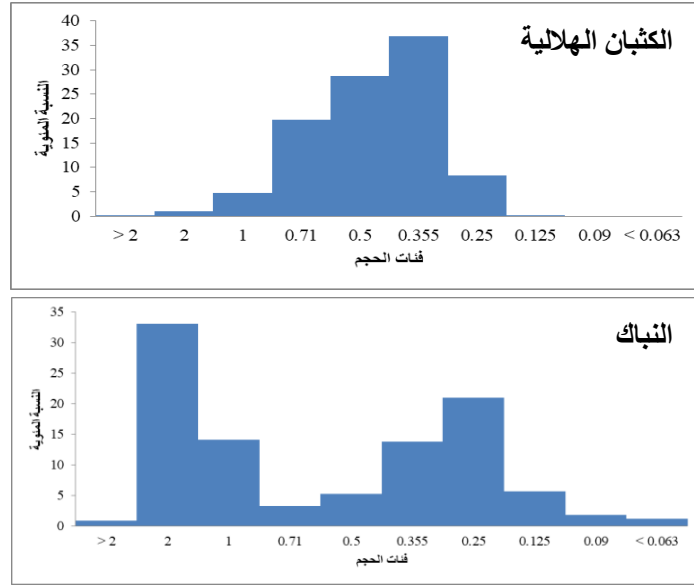
فئات الحجم (ملم)	كساح %	صباب %	كساح %	صباب %	كساح %	صباب %	مج %
2 +	0.18	0.10	0.14	0.31	0.13	0.19	0.18
2	1.68	0.53	0.79	1.91	0.92	0.73	1.11
1	7.42	1.59	2.47	7.79	4.08	5.37	4.83
0.710	18.12	28.29	23.44	16.52	11.89	21.14	19.73
0.5	30.97	44.25	41.32	27.29	13.20	16.79	28.79
0.355	40.53	23.38	31.56	45.24	39.39	40.20	36.88
0.250	0.91	1.72	0.28	0.93	30.13	15.58	8.39
0.125	0.18	0.14	0.00	0.00	0.26	0.00	0.10
0.090	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.063 >	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

جدول 6: التوزيع النسبي لأحجام عينة رملية من النباك

فئات الحجم (ملم)	%
2 +	0.82
2	33.9
1	14.09
0.710	3.27
0.5	5.27
0.355	13.82
0.250	21.0
0.125	5.64
0.090	1.82
0.063 >	1.18

ويتضح من جدول (5) تباين أحجام حبات الرمال بشكل كبير، ومع هذا يسود الرمال المتوسط والخشنة (0.250 - 0.710 ملم) (شكل 11) والتي تمثل إجمالاً نحو 85% من إجمالي حجم عينات الرمال. وينعكس هذا بوضوح على حركة الكثبان الرملية، فمن خلال تحليل المرثيات الفضائية وربطها بمواقع أخذ العينات الرملية وبعد التحليل الحجمي تبين أن معدلات حركة الرمال السنوية زادت بشكل ملحوظ في نطاقات الكثبان الرملية بالقطاع الثالث وذلك لسببين: أولهما أن هذا القطاع يضم حقل كثبان رملية هلالية من النوع متوسط الحجم ومتوسط الارتفاع حيث تراوحت ارتفاعاته بين 15 - 25 متر.

والسبب الثاني هو دقة حبيبات الرمال بهذا القطاع، بينما قلت معدلات حركة الرمال بالقطاعين الأول والثاني وذلك لسببين: أولهما كبر أحجام حبيبات الرمال نسبياً، والثاني تمتع هذين القطاعين بوفرة في نمو الأعشاب الصحراوية والتي كان لها بالغ الأثر في الحد من حركة الكثبان الرملية. أما في رمال النباك (جدول 6) فيظهر منوالين، الأول يشير إلى سيادة الرمال الناعمة جداً إلى المتوسطة (0.125 - 0.5 ملم)، والثاني يشير إلى سيادة فئات الرمال المتوسطة والخشنة جداً (0.71 - 2 ملم). ويشير هذا إلى قدرة النبات على إعاقة الرمال عامة بغض النظر عن حجمها.



شكل 11: التوزيع النسبي لأحجام الرمال في منطقة الدراسة

### 3. أثر حركة الكثبان الرملية

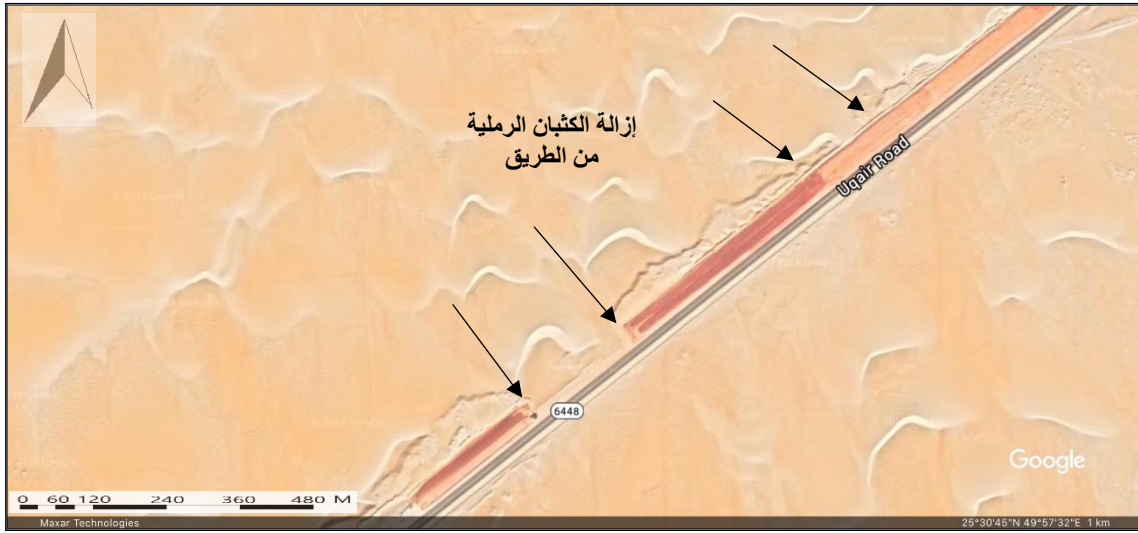
- من حيث الآثار الناجمة عن حركة الكثبان وتأثيرها على الحياة النباتية الجافة (الصحراوية) كان لحركة الكثبان الرملية أثرا واضحا على الحياة النباتية بمنطقة الدراسة حيث تسبب حركة الكثبان الرملية تصحر جزء كبير من المنطقة.
- من حيث دور النبات في عملية تثبيت الكثبان الرملية كما يوضحه شكل (12) حيث تظهر الصورة في جانبها الأيمن فعالية النباتات الصحراوية في المناطق الواقعة امام صبابات الكثبان في العمل على تثبيتها وتشكل عائق امام تقدمها، في حين يتضح من الجانب الأيسر من الصورة تقدم حركة القرن الأيسر من الكثيب في ظل عدم وجود أي نباتات تعيق تقدمه ليتحول فيما بعد تدريجياً لكثيب رملي طولي longitudinal dune وهذا يوضح أن النبات له أثر بيولوجي كبير في الحد من حركة الكثبان بمنطقة الدراسة.



شكل 11: التجمعات النباتية ودورها في تثبيت الكثبان الرملية كما يتضح من الجزء الأيمن من الصورة، على عكس الجزء الأيسر يتحرك ذراع الكثيب بحرية ليتحول تدريجياً إلى كثيب رملي طولي (المصدر Google Earth Pro 2019)

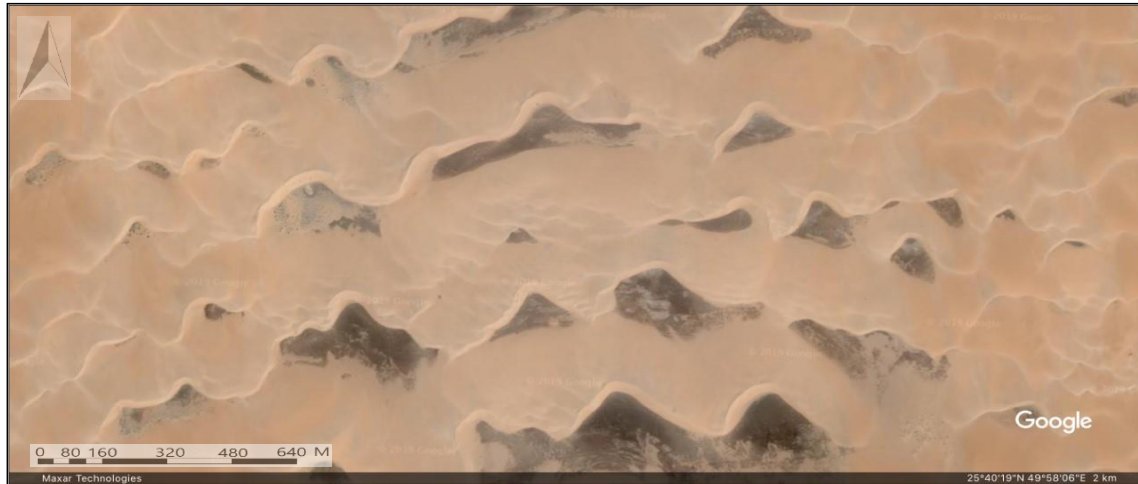
- ويظهر شكل (13) أثر حركة الكثبان الرملية على طريق العقير – الهفوف حيث يتم التعامل مع الكثبان بطريقة إرجاعها للخلف بالجرافات وزاد عملها بهذه الطريق من أجل توسعة الطريق وبالتالي تزداد التكلفة المادية نتيجة لحركة الكثبان المستمرة.





**شكل 13:** أثر حركة الكثبان الرملية على طريق العقير - الهوف حيث يتم التعامل مع الكثبان بطريقة ارجاعها للخلف بالجرافات (المصدر Google Earth Pro 2019)

- يظهر شكل (14) أحد الطرق غير الآمنة بيئيًا للحد من حركة الكثبان تجاه الطريق، وهي طريقة تثبيتها بالقار في فترة سابقة والتي أصبحت لا تستخدم الآن لما لها من آثار بيئية سلبية على النباتات والحيوانات بالإضافة لكونها تلوث البيئة.



**شكل 14:** طرق الحد والحماية من حركة الكثبان الرملية باستخدام (القار) (المصدر Google Earth Pro 2019)

#### 4. الحد والحماية من خطر حركة الكثبان الرملية

شرع الإنسان بابتكار طرق تثبيت للكثبان الرملية للحد من المشاكل التي تنجم عنها؛ حيث باتت تشكل تهديدًا مباشرًا على المنشآت الصناعية والسكنية والطرق والمزارع، ومن أبرز الطرق المستخدمة في تثبيت الكثبان الرملية:

##### ■ التثبيت الميكانيكي

وهي وسيلة مؤقتة تكمن الفائدة من استخدام هذا النوع في الحد من سرعة الرياح؛ ليتم سلبها قدرتها الانجرافية وطاقة النقل؛ ما يسهم في ترسيب ما تحمله من رمال؛ كما تعمل أيضًا على منع وصول الرياح إلى حبيبات الرمال الموجودة فوق سطح الكثيب؛ وبالتالي الحفاظ على استقراره. ومن الإجراءات المتخذة في هذه الطريقة:

- إنشاء نوع من الحواجز الأمامية والدفاعية وماهي إلا حواجز أولية تلعب دورًا هامًا في تخفيف سرعة الرياح من خلال إقامتها في مهب الرياح.



- إنشاء مصدات صغيرة للرياح على مسافة تتراوح ما بين 200-300م تقريباً عن المنطقة المطلوب حمايتها.
- زراعة أنواع خاصة من الأشجار لتغطية الكثبان الرملية مثل أشجار الغاف.
- رش المواد النفطية أو الكيماوية فوق الكثبان حيث تساهم المشتقات النفطية بزيادة قوة التماسك بين حبيبات الرمال المكونة للكثيب.

#### ■ **التثبيت البيولوجي**

- وهي وسيلة دائمة تعتمد على إقامة غطاء شجري فوق الكثبان الرملية؛ ما يساعد على زيادة قوة التماسك بين حبيبات الرمال، ومن أكثر أنواع الأشجار المستخدمة في هذا النوع هي شجرة الأكاسيا ساليجنا، والأثل، وجميعها أشجار دائمة الخضرة.



شكل 15: استخدام الجرافات في إزالة زحف الكثبان على طريق العقير – الهفوف (المصدر: الدراسة الميدانية)

#### خامساً: الخاتمة والنتائج والتوصيات

تناول البحث دراسة حركة الكثبان الرملية على طريق العقير-القفوف بواحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية باستخدام تطبيقات الأقمار الصناعية والتحليل المكاني داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية بغرض تقدير حركة الكثبان الرملية في الفترة من 2001 حتى 2019 م. وكذلك دراسة أحجام الرمال والآثار الناجمة عن زحف الرمال وطرق التثبيت للحد من تلك الحركة. وقد توصلت الدراسة إلى وجود ارتباط وثيق بين خصائص البيئة الطبيعية لمنطقة الدراسة ممثلة في مظاهر السطح – المناخ – النبات الطبيعي، وانتشار الكثبان ومعدلات حركتها على الطريق. وقد تباينت معدلات زحف الرمال السنوية تبعاً لاختلاف كل من (موقع القطاعات المختارة للعينات محل الدراسة، مظاهر السطح، وجود النبات الطبيعي، تباين أحجام الكثبان الرملية، تباين أحجام حبات الرمل)، حيث بلغت متوسطات حركة الكثبان 6.2 م/سنة خلال الفترة من 2001-2013، وبلغت 9.5 م/سنة خلال الفترة من 2013-2019، كما بلغت 11.1 م/سنة خلال الفترة من 2013-2018.

كما أشارت الدراسة إلى أهمية التثبيت الميكانيكي كوسيلة مؤقتة للحد من سرعة الرياح، وكذلك التثبيت البيولوجي كوسيلة دائمة تساعد على زيادة قوة التماسك بين حبيبات الرمال من خلال إقامة غطاء شجري فوق الكثبان الرملية. وتوصى الدراسة بضرورة التوسع في عمليات تثبيت الكثبان بواحدة من الطرق المناسبة الصديقة للبيئة مثل التثبيت الميكانيكي والبيولوجي، مع ضرورة زراعة سياج شجري حول الطريق للحد من سرعة الرياح ومعدلات نقل الرواسب، وإقامة حواجز أولية في مواجهة هبوب الرياح والرمل للتخفيف من سرعة الرياح وإفقادها القدرة على حمل الرواسب الرملية. ويمكن إقامة مثل هذه الحواجز على مسافة 200 - 300 متر من الطريق لحمايته من تراكم وزحف الرمال، مع الأخذ في الاعتبار أن مثل هذه السياج والحواجز قد تؤدي إلى نشأة كثبان صناعية خلف هذه الحواجز (كثبان العقبات)، لتمثل بذلك مصيدة للرمل وسداً تتراكم عليه الرمال. كما توصى الدراسة بضرورة عمل تحويلات مرصوفة للطرق في المناطق المعرضة لحركة الرمال ووجود نقاط صيانة على أبعاد منتظمة لخدمة الطريق.

**Abstract****Movement of sand dunes and its impact on the road of Al Uqayr- Al Hofuf in the Kingdom of Saudi Arabia using remote sensing****Ibrahim Sayed Saber Bakry**Department of Geography & GIS-Imam Mohammed Ibn Saud Islamic University- Kingdom of Saudi Arabia  
Department of Geography Faculty of Women, Ain Shams University, Cairo

Sand forms cover about 50% of the total area of the Kingdom of Saudi Arabia (KSA), and it is one of the most important and distinctive geomorphological features in the Kingdom. The movement of sand dunes, especially barchan dunes which represent a great danger that hinders the development processes. Al Uqayr- Al Hofuf road in the Eastern Province of the KSA is exposed to the encroachment of sand dunes under the influence of the prevailing northern winds most of the year, accompanied by the prevailing drought conditions. The current study aims to estimate the movement of the barchan dunes on the Al Uqayr- Al Hofuf road in Al-Ahsa Oasis from 2001 to 2019, by analyzing Landsat-7 and 8 and Sentinel-2 satellite images, using spatial analysis methods within the GIS environment, In addition to the field study, in order to estimate rates of sand encroachment and its effects on the road.

The study identified three main sectors of barchan dunes, which vary in size and height, represented by large-sized dunes with a height +40 m, and small-sized dunes ranging in height from 15-30 m. The study found that the average movement of barchan dunes reached 75.5 meters during 13 years from 2001 to 2013, with an average of 6.2 m/y, while the average movement of barchan dunes in the period from 2013 to 2019 ranged nearly 57.2 meters at a rate of 9.5 m/y. Movement rates increase in barchan dunes of medium size and height (15-25 m), which characterized by its small sand grains, while movement rates decrease gradually due to the increasing of dune size and the growth of seasonal desert weeds. The study also concluded that more than 75% of the average sand movement is mainly related to the dominant northerly winds.

**Keywords:** Al-Ahsa, Sand movement, Barchan Dunes, Natural Plant, Hazards**المصادر والمراجع العربية**

- سعد بن عبدالله البراك (1993): خصائص أراضي الأحساء الزراعية، الطبعة الأولى. مكتبة الملك فهد الوطنية، ص 64 - 395.
- عبد الحميد أحمد كليو ومحمد إسماعيل الشيخ (1986): نباك الساحل الشمالي في دولة الكويت: دراسة جيومورفولوجية. سلسلة رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، ص 124.
- عبد الله احمد سعد الطاهر (1996): العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الاحساء بالمملكة العربية السعودية، سلسلة بحوث جغرافية رقم 24 جامعة الملك سعود، الرياض، ص 73-77.
- عبدالله بن ناصر الوليعي (1994): أشكال سطح الأرض في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، العدد الحادي عشر، الرياض، ص 266-332.
- عبدالله بن ناصر الوليعي (2008): جيولوجية وجيومورفولوجية المملكة العربية السعودية - أشكال سطح الأرض، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض، ص 125 - 129.

- الكتاب الإحصائي للهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة لعام 2017.  
محطة الأبحاث الزراعية لجامعة الملك فيصل بالغبية 2019.  
محمد صبري محسوب سليم (1990): أشكال سطح الأرض الرئيسية بواحة الأحساء. دراسة جيومورفولوجية – نشرة البحوث الجغرافية - كلية البنات - جامعة عين شمس العدد 9، القاهرة.  
محمد صبري محسوب سليم (1990): الظروف المناخية بالأحساء، المملكة العربية السعودية، سلسلة رسائل جغرافية 135، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، 54 ص.  
مشاعل بنت محمد آل سعود (2004): تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الأحساء. سلسلة رسائل جغرافية 285، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية، 71 ص.  
مصلحة الأرصاد وحماية البيئة، النشرات الميتورولوجية لمحطة الهفوف للسنوات 1985-1994 وزارة الدفاع والطيران، المملكة العربية السعودية.  
معوض بدوي معوض بدوي (2018): جيومورفولوجية بحر رمال الفرافرة. المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، المجلد 49 الجزء الأول، ص ص 41 – 85.  
هدى مأمون محمد إبراهيم (1992): الخصائص الحجمية والشكلية والمعدنية لرمال كثبان الدهناء الهلالية الواقعة على خط الرياض الدمام السريع، دراسة حالة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا جامعة الملك سعود، الرياض.  
يحيى محمد شيخ أبو الخير (1984): زحف الرمال بواحة الأحساء، النشرة الجغرافية المحكمة، وحدة البحث والترجمة، جامعة الكويت، العدد 64، ص 1 – 27.  
يحيى محمد شيخ أبو الخير (1993): نماذج جيومورفولوجية من طلائع بحر الرمال في المملكة العربية السعودية، الإطار المرجعي: المشكلة والحل، مجلة جامعة الملك سعود، مجلد (5)، الآداب (2)، ص ص 603 - 629.

### المراجع الأجنبية

- Bader, T. (1989): Scientific means and studies used to stabilize dunes in the Eastern Region, Workshop on Desert Studies in the Kingdom of Saudi Arabia, Center for Desert Studies, King Saudi University, Riyadh, pp.45-66.  
Baughman, C. A., Jones, B. M., Bodony, K. L., Mann, D. H., Larsen, C., F., Emily, H, and Smith, J. (2018): Remotely Sensing the morphometrics and dynamics of a cold region dune field using historical aerial photography and airborne LiDAR data. Remote Sens., vol. 10: 792; doi: 10.3390/rs10050792  
Benaafi, M., Abdullatif, O. (2015): Sedimentological, mineralogical, and geochemical characterization of sand dunes in Saudi Arabia. 8: 11073–11092, Springer.  
Chapman, R., W. (1971): climatic changes and the evaluation of landforms in the Eastern province of Saudi Arabia, Geological. Geological Society of America Bulletin, v. 82, p. 2713-2728, Boulder, Colorado.  
Chapman, R., W. (1974): Calcareous duricrust in Al-Hasa Saudi Arabia, Geological. Society of America, Bull, vol. 85, pp. 119-130, Boulder, Colorado.  
Cooke, R., U., Brunnsden, D., Doornkamp, and Hones, D., K., C. (1982): Urban Geomorphology in dry lands, Oxford University Press.  
Els, A., Merlo, S., & Knight, J. (2015): Parison of Two Satellite Imaging Platforms for Evaluating Sand Dune Migration in The Ubari Sand SEA (Libyan Fazzan) The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. XL-7/W3.36th International Symposium on Remote Sensing of Environment, 11–15 May 2015, Berlin, Germany.  
Fryberger S.G., AL-Sari, A., Clisham, T., J., Rizvi, S., A. and AL-Hinai, K. G. (1984): Wind Sedimentation in the Jafurah Sand Sea, Saudi Arabia, Sedimentology, vol.31, pp. 413-431.  
Hotzl, H. Maurin, V., & Zotl, J. (1948): Geologic History of the Hasa Area since the Pliocene, in S. Al-Sayari and J. Zotl, (eds.) Quaternary Period in Saudi Arabia, vol.1, pp. 56-76, Springer-Verlag, New York.  
Hotzl, H. Maurin, V., & Zotl, J., (1987): Climatic Changes during the Quaternary Period, Quaternary Period in Saudi Arabia, pp. 301-311.  
Johnson, D., Kamal, M. & Ramsay, J. (1978): Sabkhas of Eastern Saudi Arabia, in S. Al-Sayari and J. Zotl, (eds.) Quaternary Period in Saudi Arabia, vol. 1, pp.89-99, Spring-Verlag, New York.  
Johnson, D., Peter R. (2006): Explanatory Notes to the Map of Proterozoic Geology of Western Saudi Arabia. Saudi Geological Survey.  
Levin, N., Ben-Dor, E., Karnieli, A. (2004): Topographic information of sand dunes as extracted from shading effects using Landsat images, Remote Sensing of Environment, vol.90: 190–209, Elsevier.  
Potter, C., Weigand, J. (2016): Analysis of Desert Sand Dune Migration Patterns from Landsat Image time series for the Southern California Desert. J. Remote Sensing & GIS, vol. 5: 164.  
Rami, W. A. (2016): Sand Area Changes in the Emirate of Abu Dhabi, United Arab Emirates between 1992 and 2013 Using a Time Series of Satellite Imagery, Unpublished Master Theses, United Arab Emirates University, 122p.