

## Sand Dunes' Characteristics in Al Nofoud Al Kabeer Province -Northern Hail- Study on Empirical Geomorphology Using Integration between (RS), Remote Sensing and (GIS)

Mohsen Mohammad Awawdeh\* 

Department of Geography, College Of Arts, King Faisal University, Hofouf, AL-Ahsaa, Saudi Arabia.

Received: 6/3/2023  
Revised: 2/7/2023  
Accepted: 24/8/2023  
Published online: 27/8/2024

\* Corresponding author:  
[mawawdeh@kfu.edu.sa](mailto:mawawdeh@kfu.edu.sa)

Citation: Awawdeh, M. M. . (2024). Sand Dunes' Characteristics in Al Nofoud Al Kabeer Province - Northern Hail- Study on Empirical Geomorphology Using Integration between (RS), Remote Sensing and (GIS). *Dirasat: Human and Social Sciences*, 51(5), 217–248.  
<https://doi.org/10.35516/hum.v51i5.3224>

### Abstract

**Objectives:** The research aimed to monitor, observe, and model sand dunes in the Al Nofoud Al Kabeer region of Hail. It explored attributes, variations, shapes, formations, and impacts of sand dunes. The study also examined temporal changes, assessed risks, and proposed mitigation strategies.

**Methods:** The study used remote sensing and geographic information systems. Satellite imagery from 1988 (Landsat 4, TM sensor) and 2022 (Landsat 8, OLI sensor) was employed. A supervised classification with ERDAS Imagine (V.16.7) was employed. Geological, topographic, and hydrological maps analyzed geomorphological characteristics and sand dune attributes.

**Results:** The results showed that sand dunes covered 12,548.87 sq. km (98.61% of land cover), agricultural land covered 167.41 sq. km (1.32%), and urban areas covered 9.43 sq. km (0.07%). Sand dune types included longitudinal, dome-shaped, and sand sheets, covering 3,309.49, 1,766.26, and 259.91 sq. km respectively. Dunes mainly moved east to west, with the highest growth rates in the north and northwest due to wind. The dune movement affected 46.23% of agricultural lands in northern, eastern, and western directions. Additionally, 42% of urban areas experienced sand encroachment.

**Conclusions:** Visuals revealed diverse sand dunes and their movement direction, negatively impacting agriculture and urban areas. Geomorphology, remote sensing techniques, and morphometry were key in understanding Al Nofoud Al Kabeer's landscape.

**Keywords:** Geomorphology, techniques, morphometry, sand dunes, Al Nofoud Al Kabeer.

### خصائص الكثبان الرملية بمنطقة النفود الكبير- شمال حائل، دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، باستخدام التكامل بين الاستشعار من بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

محسن محمد علي عواودة\*

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك فيصل، الأحساء، الهفوف، المملكة العربية السعودية

#### ملخص

الأهداف: هدفت الدراسة إلى رصد ونمذجة الكثبان الرملية بالنفود الكبير بمدينة حائل، وتعرف خصائصها، وأنواعها ومورفولوجيتها، ونشأتها، والعوامل المؤثرة، وتغيراتها عبر الزمن، ومدى خطورها، وكيفية تفادها. المنهجية: اعتمد الباحث بأعداد الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وذلك باعتماد مريثات فضائية لفترتين: الأولى 1988م من المستشعر TM المحمول بالقمر الصناعي الأمريكي Landsat 4 والثانية 2022م من المستشعر OLI المحمول بالقمر الصناعي Landsat 8. من خلال التصنيف الموجه باستخدام (ERDAS Imagine، V.16.7)، واعتمد على الخرائط الجيومورفولوجية، والطبوغرافية، والهيدرولوجية، لدراسة الخصائص الجيومورفولوجية، ومعرفة خصائص الكثبان الرملية.

النتائج: كشفت نتائج الدراسة للمظهر المورفولوجي لغطاء الأرض هو الكثبان الرملية بمساحة 12548.87 كم<sup>2</sup> تشكل 98.61%، يليه الأراضي الزراعية بمساحة 167.41 كم<sup>2</sup> تمثل 1.32%، فالمناطق العمرانية بمساحة 9.43 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07%، وأن أنواع الكثبان الرملية هي: طولية، قبابية، إرسابات رملية، وغيرها بمساحة 3309.49، 1766.05، و7390.26 كم<sup>2</sup> على الترتيب، والاتجاه العام لزحف الكثبان من الشرق إلى الغرب، وأن أعلى معدل زيادة للكثبان وتراكمها بالجهة الشمالية والشمالية الغربية، ويعزى ذلك لتأثير الرياح، وحددت المناطق المتضررة من حركة الكثبان وهي الجهة الشمالية والشرقية والغربية؛ حيث أثرت في 46.23% من الأراضي الزراعية لبعض المدن، كما تعرض 42% من المناطق العمرانية لزحف الرمال.

الخلاصة: المريثات الفضائية وباستخدام البرمجيات الخاصة تبين أن الكثبان الرملية متعددة الأنواع بمنطقة الدراسة، وذات خصائص مورفولوجية ومورفومترية متباينة، كما تميزت بالديناميكية المستمرة وباتجاه عام للزحف مما كان لها الأثر السلبي الواضح في الأراضي الزراعية والعمران على حد سواء.

الكلمات الدالة: الجيومورفولوجيا، تقنيات، مورفومتري، الكثبان الرملية، النفود الكبير.



© 2024 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

## 1. مقدمة:

تشكل المملكة العربية السعودية الجزء الأكبر من شبه الجزيرة العربية حيث تغطي الكثبان الرملية حوالي 36.9٪ من مساحة المملكة العربية السعودية، متمثلة في الرف العربي ويعتبر الجزء الرسوبي الأعظم (الدغيري، 2012م)، وتتركز معظم التكوينات الرملية في شبه الجزيرة العربية في أربعة بحار رملية (الربع الخالي، النفوذ الكبير، والدهناء، والجافورة والبيضاء) (الوليحي، 1994م)، إضافة لتكوينات متناثرة، منها (المظهور، والثويرات، والملحاء، وقُنيْفَة، والديجي، والبيتر، والعزنيق، وعزوق سُبَيْع).

تعتبر شبه الجزيرة العربية من البيئات الجافة، المنتشر بها الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الريحية والإرسابية، وتمثل التكوينات الرملية الإرسابية أوسع التكوينات الجيومورفولوجية انتشاراً في شبه الجزيرة العربية.

يسود المناخ الصحراوي الجاف في شبه الجزيرة العربية على نحو عام والمملكة العربية السعودية على نحو خاص لذلك تنشط الرياح في تكوين الأشكال الأرضية وخاصة الكثبان الرملية، فمثلاً ساعدت الرياح الشمالية خلال العصر الرباعي المتأخر على تشكيل الكثبان الرملية بنفوذ بريدة، والكثبان القبابية بنفوذ الثويرات، والكثبان الطولية بنفوذ المظهر والنباك بنفوذ السر (الدغيري، 2012م)، بينما ساعدت الرياح الجنوبية الغربية التي تزامنت مع فترات الجفاف في عصر البلايستوسين في تراكم الكثبان الطولية بمنطقة النفود. أما الإرسابات الرملية المتراكمة بنفوذ الدهناء تزامنت فترات الجفاف خلال العصر الرباعي المتأخر التي نشأت من الرياح الشمالية الشرقية (الدغيري، 2012م).

الكثبان الرملية هي تراكم وتجمعات لحبيبات الرمل على شكل تلال أو هضاب بفعل الرياح، وتحدث عمليات زحف الرمال في الأراضي الجافة وشبه الجافة، وتعد إحداهما علامات تدهور الأراضي لأنها تؤدي إلى التصحر (خضر، 2006م). انجراف الرمال وحركة الكثبان الرملية أحد المخاطر الجيومورفولوجية الرئيسة التي تؤثر في نشاطات استخدام الأراضي المختلفة (Al-Harthi, 2002; Abu Seif and El-Khashab, 2019)، تتحدد مخاطر الكثبان وفقاً لعوامل (حجم الكثبان، سرعة الرياح وقوتها واتجاهها وغيرها)

لقد تقاطعت الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة ببعض الجوانب بمناطق مختلفة كما في دراسة آل سعود (2004م) لمراقبة زحف الكثبان الرملية بواحة الإحساء، وتوصلت الدراسة لمعرفة أنواع الكثبان الرملية، دراسة عبد الحميد (2007م) لدراسة الكثبان الرملية بحقل الجافورة، كما هدفت الدراسة إلى تمييز الكثبان النشطة والسكنة والمقيدة والكثبان العارية، وذلك باستخدام الاستشعار، دراسة الجعدي (2020م) لمراقبة زحف الرواسب الرملية الريحية وسط المملكة العربية السعودية، حيث استخدمت الدراسة.

أما ما يميز الدراسة الحالية هو استخدامها لبرنامج (ERDAS Imagine, V.16.7) وبرنامج (ArcGIS Pro 3.0) في عمليتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافي لتعريف أسباب نشأة وخصائص الكثبان الرملية، إضافة إلى معرفة مساحة واتجاه حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، والأخطار الناجمة عن الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة؟

تعتبر مصادر البيانات ذات أهمية كبيرة عند إجراء البحث حيث جرى استخدام مرئيات فضائية، خرائط جيولوجية وطبوغرافية، كما جرى الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية بهدف تعريف التباين في المناسيب بمنطقة الدراسة، كما جرى إجراء معالجة العديد من الصور الجوية والمرئيات الفضائية بهدف رصد تغيرات الكثبان إضافة إلى العمل الميداني لرصد وتتبع حركة الكثبان والوقوف على منطقة الدراسة، وقد جرى الاعتماد في الدراسة على برنامج ArcGIS Pro 3.0 و Erdas Imagine.

## 2. منهج البحث:

اعتمدت الدراسة منهج "التحليل المكاني" وربط ذلك ذلك بالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية حيث جرى توظيفهما برصد حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، ومعرفة أنواع الكثبان الرملية ومورفومتريتها وخصائصها، إذ كان الاعتماد على الاستشعار من خلال الصور الجوية والمرئيات الفضائية كما جرى الاستفادة من نظم المعلومات المتمثلة ببرنامج ERDAS مثلاً كما استخدم "المنهج الوصفي" لوصف منطقة الدراسة من امتداد واتجاه وأبعاد وأسباب تكوينها وتصنيفها وتطوراتها ووصف الظواهر بالعمل الميداني من ناحية وتفسير الصور الجوية والخرائط من ناحية أخرى، كما وظفت الدراسة "المنهج التحليلي" في تحليل بيانات منطقة الدراسة التي سيتم الحصول عليها من المرئيات الفضائية والخرائط الرقمية.

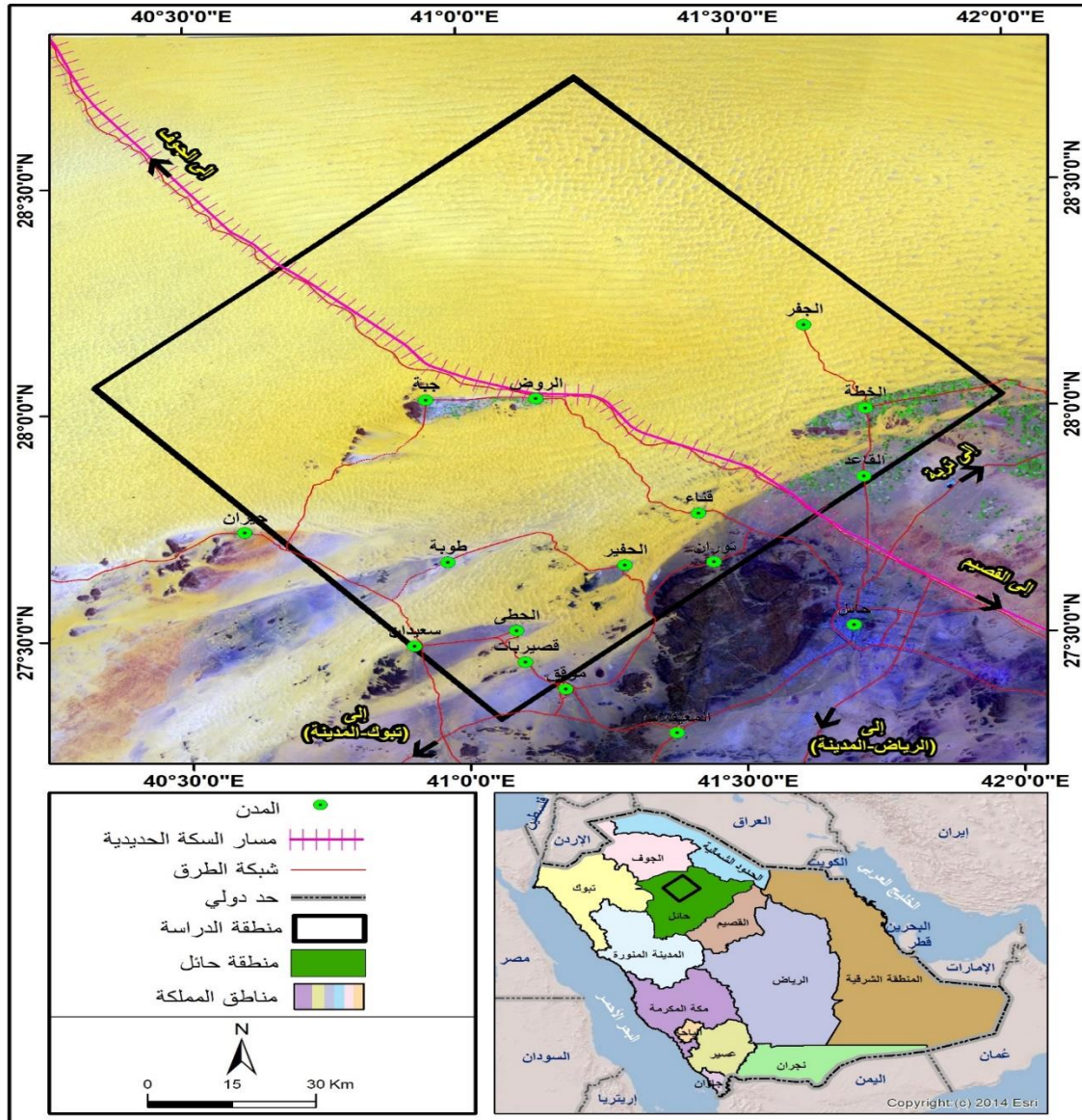
وقد كان أهمية دراسة الظواهر الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الريحية، خاصة في البيئات المناخية الجافة، إضافة لفهم ظاهرة الكثبان الرملية (ونوعها، مورفولوجيتها، نشأتها، تغيرها)، ومدى خطرها على النشاطات البشرية وكيفية تفاديه، عدم تناول الباحثين الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة قبل على نحو كاف هي وراء دراسة الموضوع.

أما عملية تعريف أسباب نشأة الكثبان الرملية وأبرز خصائصها الجيومورفولوجية، وأنواعها السائدة، والخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة ودورها في تشكيل الكثبان الرملية، وتعرف مساحة واتجاه حركة الكثبان الرملية وما ينجم عن ذلك من أخطار كلها كانت كتناسولات آثارها الباحث.

سعت الدراسة إلى تحقيق أهداف كدراسة نشأة وخصائص الكثبان الرملية، وأسباب تنوعها، ومعالمها الجيومورفولوجية، إضافة لحصر الأنواع

المنتشرة من الكثبان وحصر مساحاتها واتجاهاتها، اما مراقبة ونمذجة الكثبان الرملية هي اخر ما سعى اليه الباحث لتحقيقه من اهداف.  
3. منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة شمال منطقة حائل شمال المملكة العربية السعودية، وتقع بين دائرتي عرض 19.54° 19' 27"، 2.19° 44' 28" شمالاً وبين خطي طول 51.27° 19' 40"، 50.52° 58' 41" شرقاً، وقد بلغت مساحة منطقة الدراسة 12725.71 كم<sup>2</sup> نحو 2.05% من التكوينات الرملية، وحوالي 0.59% من مساحة المملكة، تمتد منطقة الدراسة من مدينة حائل وسلسلة أجا الجبلية ناحية الجنوب لمنتصف النفود الكبير بامتداد طولي يبلغ حوالي 155 كم، كما تمتد منطقة الدراسة بالقرب من جبل شظاظ غرباً حتى شرق مدينة الخطة بامتداد عرضي يبلغ 160 كم، وتعتبر منطقة الدراسة محورية بالمملكة العربية السعودية، حيث تحيط بها ستة مناطق إدارية، اذ تبعد 620 كم عن مدينة الرياض في الشمال الغربي، 280 كم عن مدينة بريدة ناحية الشمال الغربي، ونحو 350 كم عن المدينة المنورة ناحية الشمال الشرقي، ونحو 180 كم عن مدينة سكاكا ناحية الجنوب، وحوالي 370 كم عن مدينة تبوك ناحية الجنوب الشرقي، و350 كم عن مدينة عرعر ناحية الجنوب الغربي، الشكل رقم (1).  
تعتبر منطقة الدراسة الجزء الجنوبي لبحر رمال النفود الكبير الذي يقع شمال شبه الجزيرة العربية، حيث تنتشر القمم الجبلية مثل جبل أجا، وأم ستمان، والمرابيب، وغيرها، كما توجد الواحات مثل واحة جبة والقاعد والخطة والسطيحة.

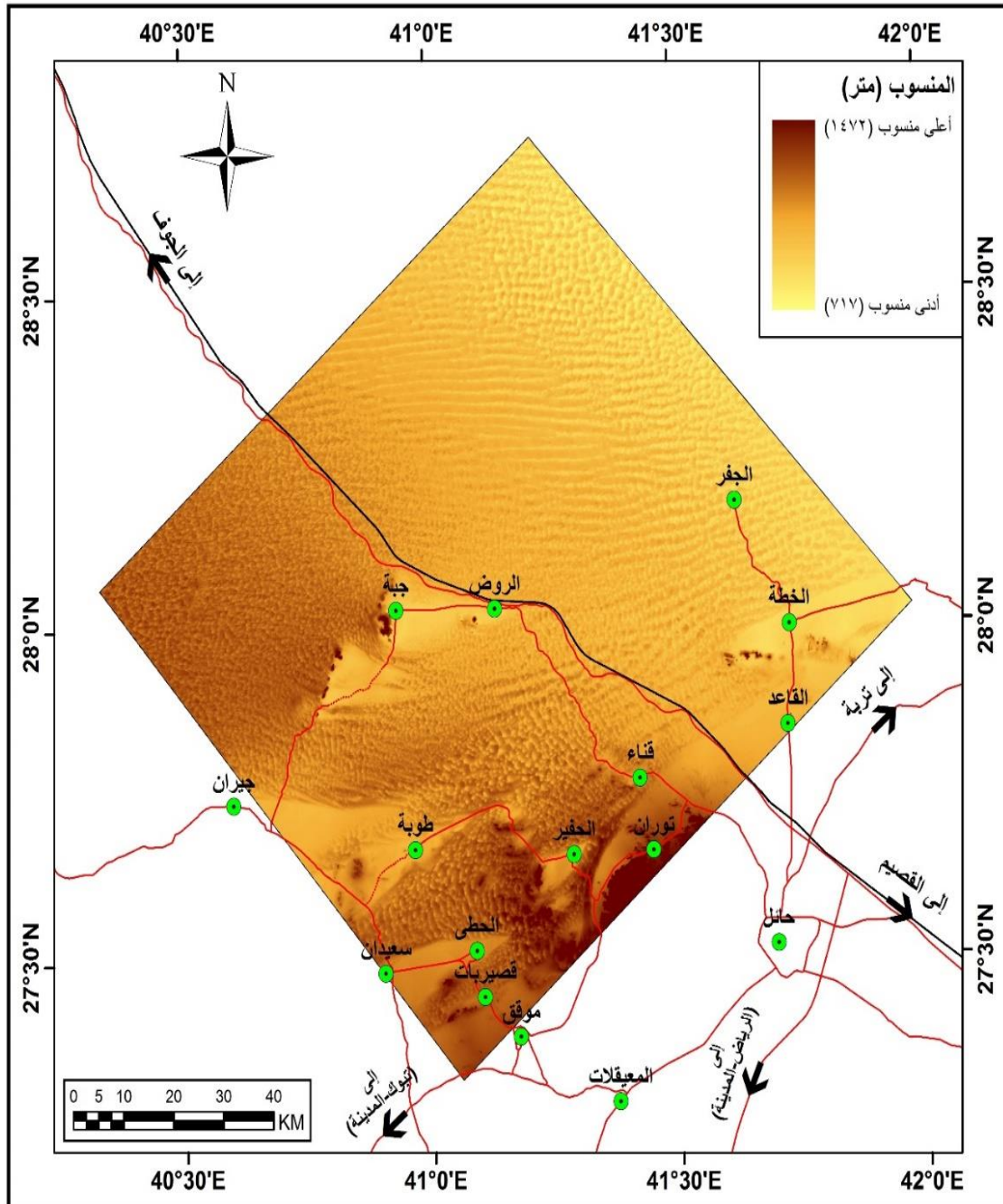


شكل (1): موقع منطقة الدراسة من المملكة العربية السعودية عام 2022م

المصدر: المرئية الفضائية Landsat8/OLI 2022م، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)

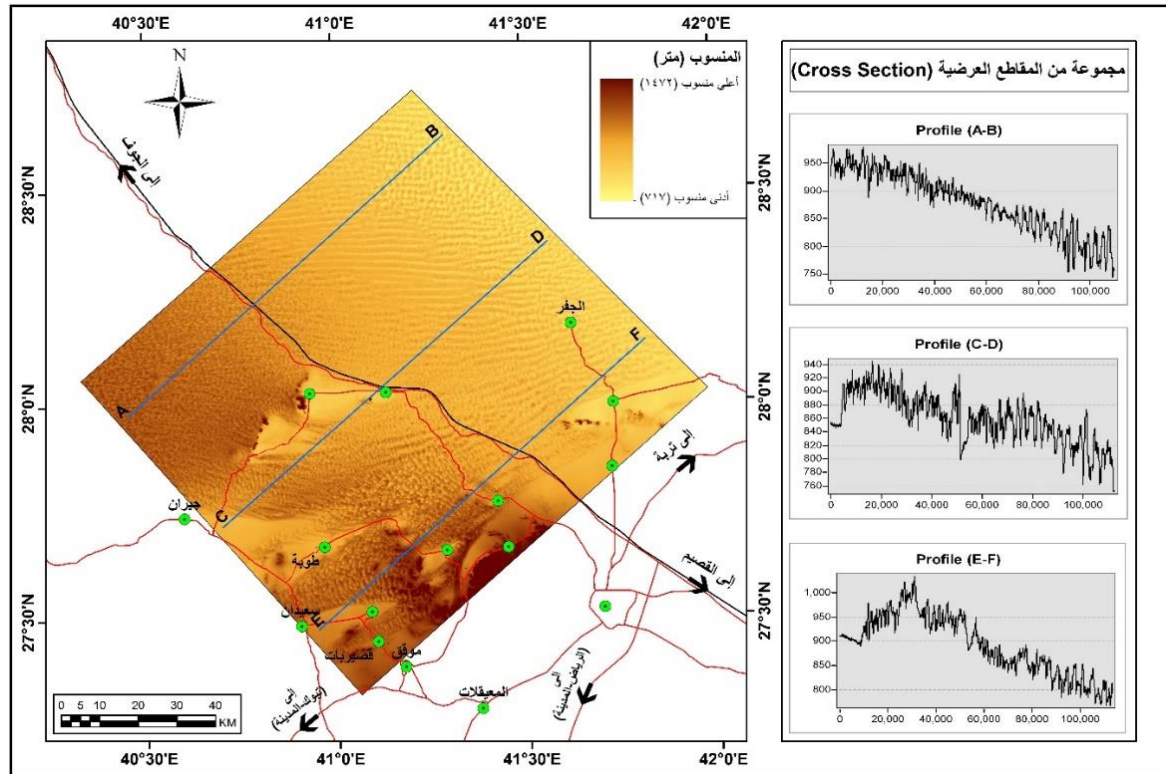


تتراوح مناسيب منطقة الدراسة (717-1472م) فوق سطح البحر، وافرقت ارتفاع يصل 755م، وبدراسة نموذج الارتفاع الرقمي لمنطقة الدراسة تبين أن سطح الأرض يأخذ بالارتفاع التدريجي من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وقد جرى تقسيم نموذج الارتفاعات الرقمية إلى ثلاث فئات، تتراوح مناسيب الفئة الأولى (717-842م) فوق سطح البحر بارتفاع 125م، وتبلغ مساحتها 3573.38 كم<sup>2</sup> بنسبة 28.08% من منطقة الدراسة، تتركز هذه الفئة بالجزء الشمالي الشرقي لمنطقة الدراسة، إضافة لبعض الواحات في الوسط كجبة والخطة وغيرها، وتتراوح مناسيب الفئة الثانية (842 و 915) م فوق مستوى البحر بارتفاع 73 م، ومساحتها (5492.42) كم<sup>2</sup> بنسبة 43.16%، وتتركز هذه الفئة في الجزء الأوسط إضافة للواحات في الغرب كحبران والمحفر وغيرها، أما الفئة الثالثة فمناسيبها (915 – 1472) م فوق سطح البحر بارتفاع 557م، ومساحتها 3659.91 كم<sup>2</sup> تمثل 28.76%، تتركز بالجزء الغربي والجنوبي، الشكل (2) يوضح مناسيب منطقة الدراسة، والشكل (3) يوضح قطاعات مناسيب منطقة الدراسة.



شكل (2): مناسيب منطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30م، موقع Vertex، لوكالة الفضاء الأمريكية NASA



شكل (3): قطاعات مناسيب منطقة الدراسة عام 2022م.

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30م، موقع Vertex، لوكالة الفضاء الأمريكية NASA

#### 4. الدراسات السابقة:

دراسة آل سعود (2004م) تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الإحساء، هدفت الدراسة إلى رصد حركة الكثبان الرملية وتصنيفها وتميز أنواعها للوقوف على مخاطرها البيئية، وتوصلت الدراسة إلى معرفة أنواع الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة مثل الكثبان الطويلة وكثبان القطع المكافئ، والبرخان، دراسة عبد الحميد (2007م) استخدمت تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكثبان الرملية بحقل الجافورة، هدفت الدراسة إلى التمييز بين الكثبان النشطة والسكنة والمقيدة بالنباتات والكثبان العارية وكثبان الأصل البحري والقاري، بالإضافة لرصد حركتها بمضاهاة بيانات الاستشعار عن بعد بفواصل زمني قدره 17 سنة، دراسة العاني (2012م) النمذجة المكانية لمورفولوجية التكوينات الرملية بمنطقة العيث، هدفت الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفولوجية للكثبان الرملية والعوامل المؤثرة عليها وبناء نموذج رقمي مورفولوجي للكثبان اعتماداً بتكامل نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، توصلت الدراسة إلى تمييز المظاهر الجيومورفولوجية للكثبان الرملية: كثبان رملية سمكية، وهلالية، وإنسياقات رملية، وأراضي جرداء، ورواسب ريحية ومنحدرات، دراسة الدغيري (2012م) الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكثبان في صحراء الدهناء شمال القصيم، توصلت الدراسة أن إحمرار رمال المنطقة تزداد كلما جرى الابتعاد عن وادي الرمة، وأن هذا اللون مرتبط بتركز أو انخفاض الهيمتايت في الكثبان القبابية والنجمية وأعراف الكثبان الطولية عالية الارتفاع، دراسة دسوقي وحجاب (2015م) التحليل المورفومتري للكثبان الرملية الهابطة على منحدرات الحافة الغربية لوادي النيل بين أسبوط وسوهاج، توصلت الدراسة أن الأشكال الرملية نادراً ما تحتفظ بأشكالها وخصائصها في أثناء الهبوط كأن تكون طولية أو هلالية، إلا إذا كانت تتحرك من أعالي المرتفعات لحضيضها عبر الأودية الجافة الممتدة مع اتجاه الرياح، ودراسة الموسوي وعبد الواحد (2016م) الأشكال الأرضية المتأثرة بالرياح غرب محافظة واسط، هدفت الدراسة إلى تحديد حجم التعرية الريحية، وتحديد التباين المكاني لتواجد الكثبان الرملية، واثارها البيئية، توصلت الدراسة بوجود عدة أنواع للكثبان الرملية (هلالية وطولية والنبات المتحرك والثابت)، دراسة إسماعيل وآخرون (2017م) تثبيت الكثبان الرملية باستخدام الجير المطفأ، هدفت الدراسة إلى إيجاد حل لمشكلة الكثبان الرملية وزحفها المهدد للأراضي الزراعية والمؤدي التصحر، وتوصلت الدراسة إلى إمكانية ثبات الكثبان الرملية المغطاة بمادة الجير المطفأ لمدة أكثر من عام ونمو نباتات على السطح، دراسة عبد каظم وآخرون (2018م) علاقة التذرية الريحية بحركة الكثبان الرملية بمحافظه المثنى، هدفت الدراسة إلى دراسة العوامل الجغرافية المسببة للتذرية الريحية وبيان علاقة التذرية والكثبان الرملية، توصلت الدراسة أنه عند مقارنة المساحات المتأثرة بظاهرة التذرية وانتشار الكثبان عامي 2000م و 2017م، فبلغت عام 2000م نحو 995.2 كم<sup>2</sup> تمثل 1.9% من مساحة المحافظة البالغة 51740

2 كم، وعام 2017م بلغت 10189.76 كم<sup>2</sup> تمثل 19.7% من مساحة المحافظة، دراسة آل زينه (2020م) تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مراقبة زحف الرمال والتنبؤ بحركتها في محافظة بدر بالمدينة المنورة، بالاعتماد على تحليل المرئية الفضائية من القمر الصناعية لاندسات لمراقبة الكثبان والتنبؤ بحركتها قبل وصولها النطاق العمراني، وأظهرت النتائج زيادة في عمليات زحف الرمال بـ ١٥٠ م سنوياً للفترة (2012-2016) بمحافظة بدر، دراسة الكيادي وآخرون (2020م) حركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث- القنفذة غرب المملكة العربية السعودية، هدفت الدراسة إلى الكشف عن مخاطر حركة الرمال على الطريق الساحلي بين مدينتي الليث والقنفذة، وتحديد المناطق الأكثر تضرراً من حركة الرمال، للحد من أثارها، أظهرت النتائج طبيعة الكثبان الرملية وزحفها بمنطقة الدراسة، ذات تغطية نباتية ضعيفة نسبياً 0,1% بنسبة 0,139 كم<sup>2</sup> من مساحة منطقة الدراسة، دراسة الجعدي (2020م) استخدمت بيانات الأقمار الصناعية لمراقبة زحف الرواسب الرملية الربيحة وسط المملكة العربية السعودية للفترة 1985-2019م، باستخدام أسلوب المؤشر الأفضل لاختيار مركب النطاقات (OIF)، نتائج الدراسة أنه بلغ تقدير المعدل السنوي لزحف الرواسب الرملية نحو 29.79 سنة، وشهدت منطقة الدراسة زحفاً للرمال بنسبة 60% بعد عام 2000م مقارنة بثمانينيات وتسعينيات القرن الماضي ولم تتجاوز 40%، دراسة الضبيحي (2022م) عقل نفود الثويرات: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، نتائج الدراسة أن التكوينات الرملية في منطقة نفود الثويرات حديثة التكوين ونمطها السائد كثبان قبابية، ساعد على نشأتها التكوينات الجيولوجية الرسوبية والمناخ الجاف وسرعة الرياح، وندرة الغطاء النباتي.

الدراسات الغربية/ دراسة يانغ وآخرون (Yang et al., 2019) خصائص الكثبان الرملية ونظام الرياح ونقل الرمال بصحراء حبق بالصين، هدفت الدراسة إلى تحليل ارتفاع الكثبان الرملية ونوعها وتوزيعها المكاني والزمني وتحليل للتغيرات للفترة (2009-2018م)، توصلت الدراسة أن ارتفاع الكثبان يتراوح (5.1- 10) م ويتناقص تدريجياً من الغرب إلى الشرق، دراسة زمني وآخرون (Zamani et al., 2019) نمذجة امكانيات انجراف الرمال ومورفولوجية الكثبان، هدفت الدراسة إلى تقييم إمكانات انجراف الرمال باستخدام بيانات الأرصاد الجوية في مقاطعة كرمان جنوب شرق إيران للفترة 2006-2010م، من نتائجها أن يتراوح التدفق الكلي للرمال بجميع الاتجاهات وتدفع رمل التصريف باتجاه الانجراف الناتج من 53.4 إلى 319.1 ومن 13.8 إلى 247.6 م للعام، دراسة رشيد والرمحي (Rasheed and Al-Ramahi, 2021) كشف تأثير تغير المناخ على التصحر والرمال وتكوين الكثبان الرملية شرق نهر دجلة بمحافظة صلاح الدين بالعراق، توصلت الدراسة زيادة مساحة التصحر إلى 3028 كم<sup>2</sup> عام 2019م مقارنة بعام 1990م، وتغير زحف الكثبان الرملية مع الرياح نتيجة هبوب الرياح باتجاه شمالي غربي، فتوسعت الكثبان باتجاه الجنوب والجنوب الغربي على حساب المساحات المزروعة حيث تعدت بمقدار 20 كم مقارنة بعام 1990م، دراسة مجاهد وآخرون (Megahed, et al, 2021) نمذجة المخاطر البيئية للكثبان بواحة الخارجة بالصحراء الغربية بمصر، بتقنيات الاستشعار هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير حركة الكثبان ومعدلات حركتها واتجاهاتها والآثار المحتملة في الطرق والأراضي المزروعة والحضرية والأثرية، نتائج الدراسة أن الكثبان الرملية تشكل خطراً على المواقع المختلفة.

مما سبق يمكن القول افتقار منطقة الدراسة لدراسة متخصصة تستقصي جيومورفولوجية الكثبان الرملية، وديناميكيها، وتغيراتها، وخصائصها المورفومترية، وأن الدراسات السابقة تتشابه مع هذه الدراسة باستخدام بعض الوسائل الحديثة لتقييم ورصد حركة الكثبان وتعريف خصائصها المورفومترية، وتنفرد هذه الدراسة بتوظيفها تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لمعرفة ديناميكية الكثبان، كما تنفرد أنها من أوائل الدراسات التي تناولت منطقة الدراسة.

## 5. مصادر البيانات والمنهجية:

### 1.5 الخرائط الطبوغرافية:

الخرائط الطبوغرافية مقياس (1:50.000) وتغطي منطقة الدراسة خريبتين، وتم تجميع هذه الخرائط واشتقاق الظاهرات الجغرافية، جدول (1) مقاييس رسم وأرقام اللوحات الطبوغرافية.

جدول (1):معلومات الخرائط الطبوغرافية لمنطقة الدراسة عام 2022م

اسم اللوحة	رقم اللوحة الدولي	دوائر العرض (ش)	خطوط الطول (ق)
حائل	NG-37-NE	°26 - °28	°39 - °42
الجوف	NH-37-SE	°28 - °30	°39 - °42

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على عدد 2 خرائط طبوغرافية مقياس رسم 1:50.000، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

### 2.5 الخرائط الجيولوجية:

عدد اللوحات الجيولوجية التي تغطي منطقة الدراسة ثلاث لوحات، اثنتان بمقياس 1:250.000، والثالثة بمقياس 1:500.000، من هيئة المساحة

الجيولوجية السعودية، وتم تجميع هذه الخرائط، واشتقاق التكوينات الجيولوجية، الجدول رقم (2) معلومات الخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

جدول (2): معلومات الخرائط الجيولوجية لمنطقة الدراسة عام 2022م

مقياس الرسم	رقم اللوحة المحلي	رقم اللوحة الدولي	دوائر العرض (ش)	خطوط الطول (ق)
1:250000	GM-115 C	27 E	27° - 28°	30' 40° - 42°
1:250000	GM-138	27 D	27° - 28°	39' 40° - 40°
1:500000	1-201 A		28° - 32° 15'	39° - 42°

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على 3 خرائط جيولوجية مقياس 1:250000، و 1:500.000، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

### 3.5 المراثيات الفضائية:

تم تحميل مراثيات تغطي منطقة الدراسة لفترتين مختلفتين الأولى عام 1988م من المستشعر TM المحمول على القمر الصناعي الأمريكي Landsat 4 والثانية عام 2022م من المستشعر OLI المحمول على القمر الصناعي Landsat 8، الجدول (3) خصائص المراثيات.

جدول (3): المراثيات الفضائية المستخدمة لرصد تغيرات منطقة الدراسة لـ (1988م و 2022م)

تاريخ المراثية	المسار - Path	الصف - Row	القمر الصناعي	المستشعر	الدقة المكانية	عدد النطاقات
1988	169	40	Landsat 4-5	TM	30	6
2022	169	40	Landsat 8	OLI	30	11

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المراثيات الفضائية، موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

### 4.5 نموذج الارتفاع الرقمي ذات دقة مكانية 30 متر

نموذج الارتفاع الرقمي ذات دقة مكانية 30 متر لمنطقة الدراسة، ومصدرها المساحة الجيولوجية الأمريكية.

### 6. مراحل تجهيز مصادر البيانات:

مراحل وخطوات منهجية العمل لرصد ملامح التغير بمساحة واتجاهات الكثبان بمنطقة الدراسة خلال أثنى عشرة مرحلة عن طريق برنامج معالجة الصور الجوية والمراثيات الفضائية Erdas Imagine 16.7، وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro 3.0 وتتمثل المراحل في:

#### 1.6 الدراسة الميدانية:

العمل الميداني أساس مهم في الدراسات الجيومورفولوجية كمصدر أساسي للحصول على المعلومات التي لا نستطيع الحصول عليها من الصور الفضائية، تركز العمل الميداني بشهر فبراير 2022م لتحديد جيومورفولوجية منطقة الدراسة، إضافة لرصد وتتبع مدى تغير أحجامها وعلاقة هذا التغير بزحف الرمال، وإمكانية الاستفادة من المنطقة.

### 2.6 تحميل المراثيات الفضائية (Download Images):

مرحلة تحميل المراثيات الفضائية من خلال موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، جرى تحميل مراثيات تغطي المنطقة لفترات 1988م، و 2022م، الشكل (4) يوضح المراثيات الفضائية بعد استقطاع منطقة الدراسة.

### 3.6 تجميع النطاقات الطيفية (Layer Stack):

هناك تجميع القنوات الطيفية من النطاقات المتعددة لكل مراثية فضائية، التي يبلغ عددها 6 نطاقات بمراثية 1988م، وعددها 11 نطاق بمراثية 2022م، يجري تجميعها ودمجها للنطاقات الملونة الثلاثة RGB، وتم تجميع المراثيات الفضائية داخل برنامج Erdas Imagine عن طريق الأمر Layer Stack.

### 4.6 تجميع المراثيات الفضائية (Mosaic Images):

تم تجميع المراثيات الفضائية لكل عام لتكوين مراثية واحدة تغطي المنطقة، وتم تجميع المراثيات داخل برنامج Erdas Imagine من خلال الأمر Mosaic Pro.

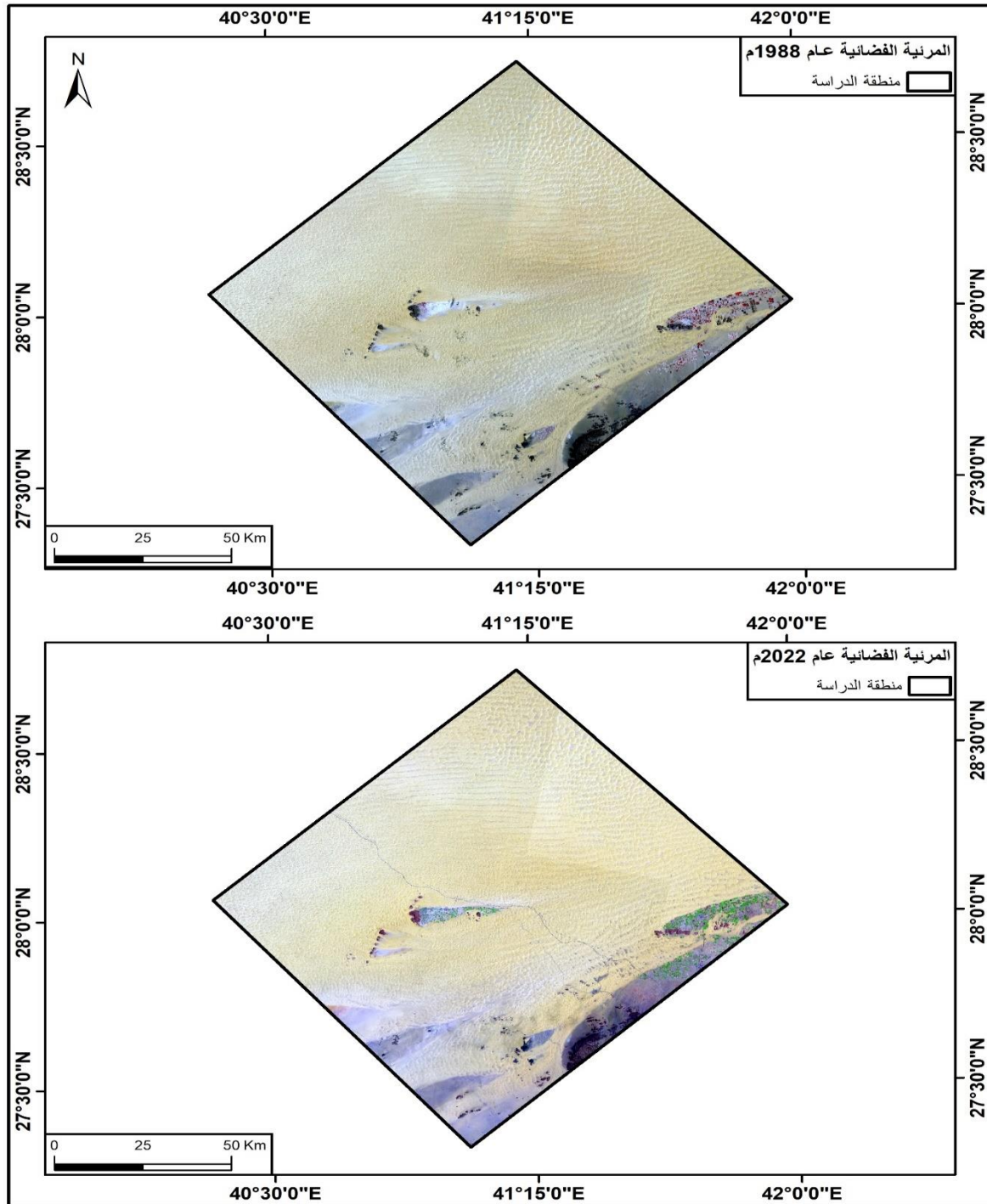
### 5.6 قص منطقة الدراسة (Subset Image):

هنا جرى تحديد اقتطاع المراثية الفضائية المجمعة لمنطقة الدراسة لسهولة التعامل معها ومعالجتها، وتمت خطوات الاقتطاع داخل برنامج Erdas

Imagine من خلال إضافة Shapefile ثم إنشاء ملف AOI لتتم عملية قص منطقة الدراسة من الأمر Create Subset Image.

#### 6.6 تركيب القنوات الطيفية (Band Combination):

مرحلة مهمة لإظهار المرئية بألوانها الحقيقية واختيار النطاقات المناسبة للنطاقات الملونة الثلاثة RGB لتظهر الظواهر بألوانها الحقيقية، جرى تركيب القنوات الطيفية داخل برنامج Erdas Imagine من الأمر Band Combination جرى اختيار النطاقات المناسبة Red – Green – Blue، عند تعديل النطاقات الطيفية تظهر بألوان مختلفة.



شكل (4): المرئيات الفضائية المستخدمة لرصد التغيرات لمنطقة الدراسة (1988 و2022م)

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية للفترة المذكورة، موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)



#### 7.6 التحسين الطيفي للمريثات (Spectral Enhancement):

لوجود التداخلات الطيفية بالمريثات Landsat يجري إجراء التحسين الطيفي للمريثية لزيادة دقتها الطيفية وسهولة تفسيرها، وتم إجراء التحسين الطيفي للمريثية الفضائية لزيادة دقتها الطيفية وتقليل التداخلات الطيفية داخل برنامج Erdas Imagine من الأمر Principal Component.

#### 8.6 مؤشر فرق الرمل القياسي (NDSI):

مؤشر (NDSI) لتحديد الكثبان الرملية المتحركة بمنطقة الدراسة، يجري حساب NDSI كنسبة شدة قياس في الأشعة تحت الحمراء الموجة القصيرة (SWIR2) والنطاقات الطيفية الحمراء (R) للصورة TM بالمعادلة التالية:

$$NDSI = \frac{SWIR2 - R}{SWIR2 + R}$$

حيث: SWIR2 الأشعة تحت الحمراء الموجة القصيرة (band7: 2.08-2.35  $\mu m$ )، و R انعكاس اللون الأحمر (النطاق 3: 0.63-0.69  $\mu m$ ).

#### 9.6 التصنيف الموجه (Supervised Classification):

تساعد عملية التصنيف بتنميط وتحديد وفصل الظاهرات من المريثات الفضائية، إذ بعد تحديد البصمات الطيفية للظاهرات يجري تصنيف المريثية لفئات لونية توضح أنواع الغطاء الأرضي وعن طريقها يسهل حساب مساحات كل صنف، وتمت عملية التصنيف الموجه داخل برنامج Erdas Imagine باستخدام Maximum Likelihood. إذ أنه ومن خلال هذا التصنيف يمكن التأكيد بوجود علاقة واضحة بين استعمالات الأرض والكثبان الرملية ومدى انتشارها واتجاهها ومساحتها والاضرار التي قد تحدثها في أثناء عملية الحركة (الزحف)، وهذا يعطينا التصور الواضح عن الخطط المستقبلية ازاء عمليات درء حركة الكثبان عن الاراضي الزراعية او العمران وغيرها.

#### 10.6 اختبار دقة التصنيف (Accuracy Assessment):

هنا جرى قياس مستوى دقة التصنيفات بالمريثات الفضائية لمعرفة مستويات الدقة في تصنيف غطاء الأرض جدول (5) يوضح دقة التصنيف للمريثات الفضائية، حساب دقة التصنيف بالمعادلة التالية.

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ii}}{N}$$

حيث N: عدد العينات، و  $\sum_{i=1}^K x_{ii}$  العينات الصحيحة لجميع الظاهرات المصنفة

تمت عملية اختبار دقة التصنيف الموجه داخل برنامج Erdas Imagine من الأمر Accuracy Assessment، الجدول (6) يوضح نتائج تطبيق دقة التصنيف للمريثات الفضائية.

جدول (4): دقة التصنيف المريثات الفضائية بمنطقة الدراسة (1988 و 2022م)

تاريخ التقاط المريثات	القمر الصناعي	نوع المستشعر	النطاقات	التصنيف		
				أسلوب التصنيف	طريقة التصنيف	دقة التصنيف (%)
1988م	Landsat 4-5	TM	6	Supervised Classification	Maximum Likelihood	92.56
2022م	Landsat 8	OLI	11	Supervised Classification	Maximum Likelihood	100

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المريثات الفضائية للفترات المذكورة، من برنامج Erdas Imagine

جدول (5): نتائج تطبيق دقة التصنيف للمريثات الفضائية لمنطقة الدراسة لعام 1988م و2022م

الظواهر	دقة التصنيف 1988م		دقة التصنيف 2022م	
	دقة المنتج	دقة المستخدم	دقة المنتج	دقة المستخدم
الكثبان القبابية	100	100	100	100
الكثبان الطولية	92.86	100	100	100
الإرسابات الرملية	100	94.74	100	100
الكتلة العمرانية	100	100	100	100
أراضي زراعية	93.33	100	100	100
إجمالي دقة التصنيف (%)	96.74		100	

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المريثات الفضائية للفترات المذكورة، من برنامج Erdas Imagine

## 7. النتائج والمناقشة:

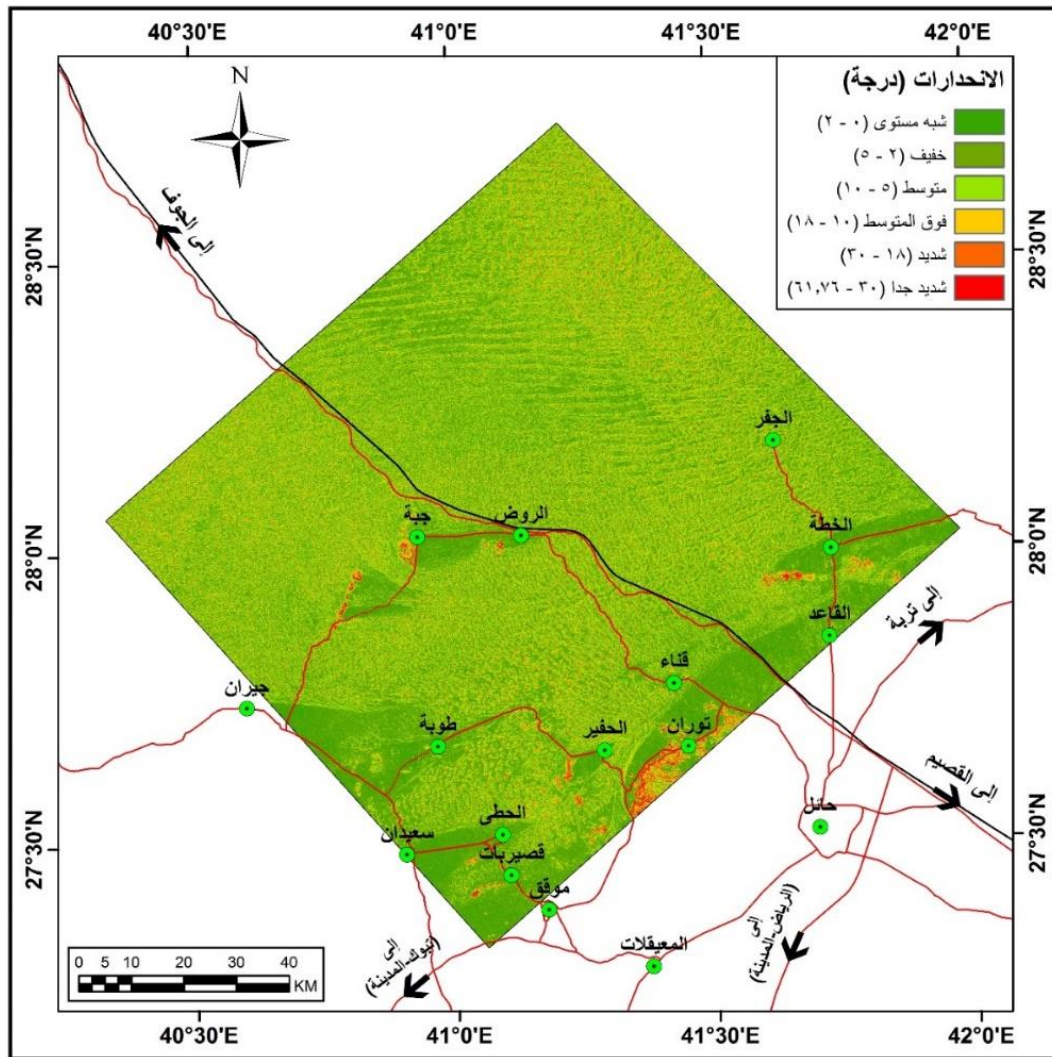
لقد جرى التوصل لعدد من النتائج في هذه الدراسة من خلال مجموعة من المتغيرات كان لها الدور في اظهار هذه النتائج سيتم مناقشتها ادناه حيث كان هناك علاقة طردية بين الانحدار وحركة الكثبان الرملية بمعنى الدور الواضح للانحدار في تسريع حركة الكثبان الرملية مع توافق العوامل الاخرى، في ظل التنوع في درجات الانحدار بمنطقة الدراسة، اما فيما يتعلق باتجاه الميل العام للانحدار فقد كان اتجاه واحد (الجنوب الغربي الى الشمال الشرقي) مما يعني ان الكثبان على نحو عام تتوافق مع بعضها البعض في اتجاه الحركة دون التشتت بالانجاهات في أثناء حركتها.

تتباين التكوينات السطحية لمنطقة الدراسة من الترب والتكوينات الصخرية الا ان ما نسبته 86.40% من منطقة الدراسة تمثل كثبان رملية مما يعطي الفرصة أكثر في ان يكون تأثير العوامل المختلفة في حركة الكثبان أكبر مثل الرياح والانحدار وتفكك المكونات اضافة الى عامل الجفاف لتلك المكونات الذي يزيد من نسبة استجابة حركة الكثبان الرملية.

لقد جرى تصنيف منطقة الدراسة ضمن للمناخ المداري الجاف الحار وذلك حسب تصنيف كوبن كما تتميز منطقة الدراسة بالتطرف في الظروف المناخية، وقد اعتمد الباحث على بيانات مناخية لمدة 36 عام، وبشكل عام يمكن القول ان حركة الكثبان الرملية يزداد نشاطها في شهور الصيف في الارتفاع في درجات الحرارة وزيادة الجفاف مما يتيح الفرصة امام الرياح مثلا ان يكون تأثيرها أكبر من فصل الشتاء.

## 1.7 الخصائص الانحدارية لمنطقة الدراسة:

حسب تصنيف (Demek, 1979) جرى تعريف انحدارات منطقة الدراسة التي تتراوح درجاتها بين المستوية بدرجة انحدار صفر، وشديدة الانحدار بدرجة انحدار (61.76 درجة)، وتتركز مناطق الانحدار البسيط جداً بالوحدات الوسطى والغربية والجنوبية لا يتجاوز انحدارها الدرجتين، بمساحة 1860.5 كم<sup>2</sup> تمثل 14.62% من منطقة الدراسة، ثم مناطق الانحدار الخفيف (2 - 5 درجات)، بمساحة 5064.83 كم<sup>2</sup> تمثل 39.8% من منطقة الدراسة، يليها مناطق انحدار متوسط بانحدار (5 - 10 درجات)، بمساحة 4096.41 كم<sup>2</sup> بنسبة 32.19% من منطقة الدراسة، يليها مناطق الانحدار فوق المتوسط بانحدار (10 - 18 درجة) بمساحة 1394.74 كم<sup>2</sup> تمثل 10.96% من منطقة الدراسة، ومناطق الانحدار الشديد والشديد جداً بانحدار (18 - 61.76 درجة) تتركز على جوانب الكثبان الرملية وجوانب المرتفعات الجبلية، وبمساحة 309.23 كم<sup>2</sup> تشكل 2.43% من منطقة الدراسة، ويوضح الشكل (5) درجات الانحدار.

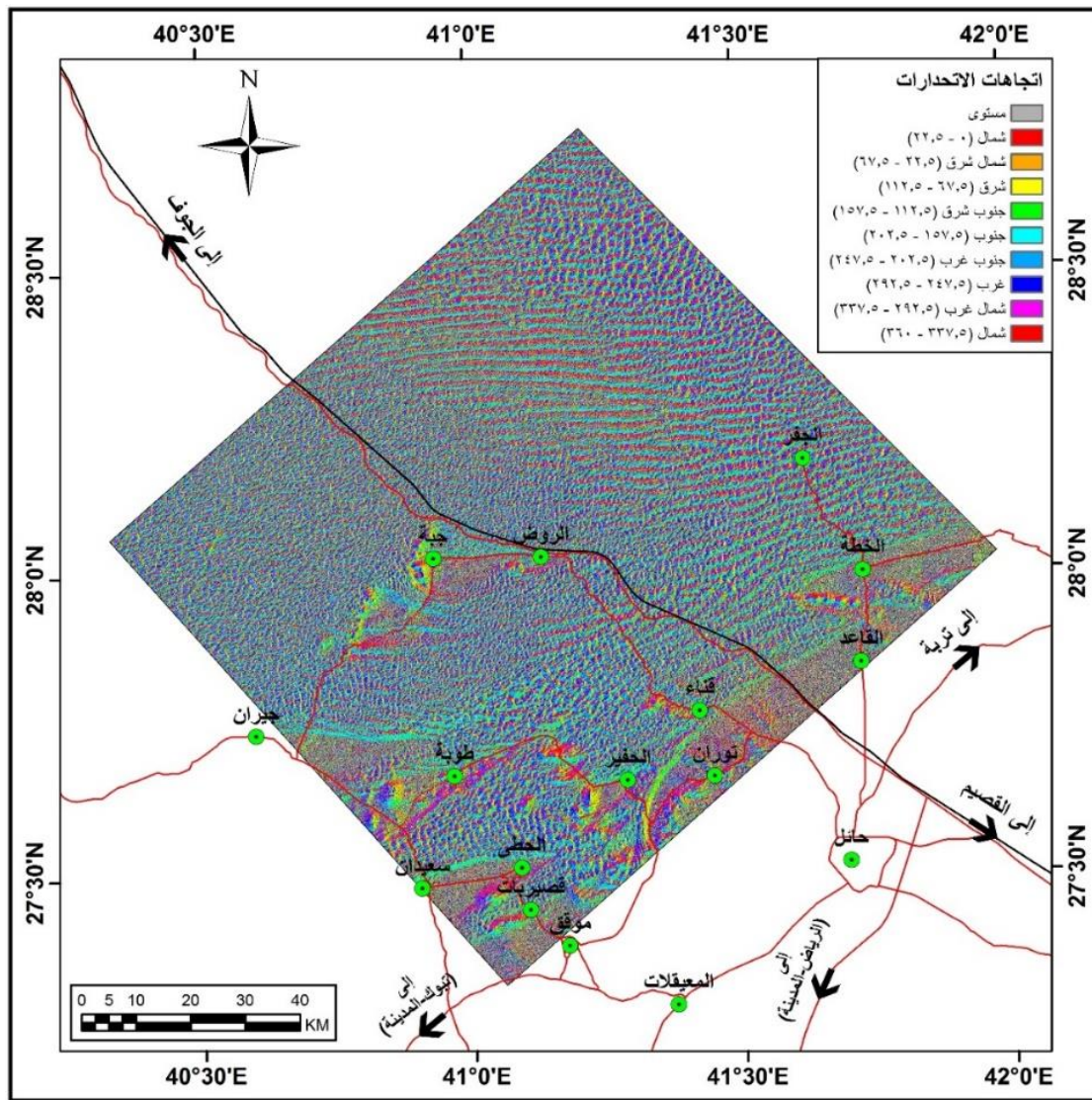


شكل (5): الخصائص الانحدارية لمنطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30م، موقع Vertex، لوكالة الفضاء الأمريكية NASA

## 2.7 اتجاه الانحدار لمنطقة الدراسة:

الاتجاه العام لانحدار سطح الأرض بمنطقة الدراسة من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، والمتفق مع اتجاه الميل العام للطبقات الرسوبية لإقليم الرف القاري، الذي ينحدر من الجنوب الغربي والمتاخمة للدرع العربي، إلى الشمال الشرقي المتاخمة لساحل الخليج العربي، إذ للاتجاه العام العام لانحدار السطح تأثير واضح في تقديم الكثبان الرملية إضافة لعامل الرياح، وذلك بدليل التوافق العام لعملية تقدم الكثبان مع اتجاه الانحدار. تشغل اتجاهات الانحدارات الجنوبية، والشمالية الغربية، والجنوبية الغربية، والغربية النصيب الأكبر بمساحات 1939.4، و1752.33، و1715.43، و1692.52 كم<sup>2</sup> على الترتيب تمثل 15.24، و13.77، و13.48، و13.3% من منطقة الدراسة، أما المناطق المستوية بالأجزاء الشمالية الشرقية، والشرقية مساحة 25.45، و1177.13، و1183.49 كم<sup>2</sup> بالترتيب بنسبة 0.2، و9.25، و9.3% من منطقة الدراسة، الشكل (6) الاتجاهات التفصيلية لانحدارات السطح.



شكل (6): الاتجاهات التفصيلية لانحدارات سطح الأرض عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتماداً لنموذج الارتفاع الرقمي بدقة 30 م، وكالة الفضاء الأمريكية NASA

### 3.7 الخصائص والسمات الجيولوجية لمنطقة الدراسة:

منطقة الدراسة جيولوجياً ضمن المنطقة الفاصلة بين الرف العربي الرسوبي، والدرع العربي، تعود التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة للزمن الجيولوجي الأول، والزمن الجيولوجي الرابع، وترجع القاعدة الصخرية للتكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة للزمن الجيولوجي الأول التي تشكلت خلال العصرين الجيولوجيين الكامبري والأوردفشي، أما الارسابات المغطية معظم المنطقة فتتبع للزمن الجيولوجي الرابع وتشكلت خلال العصرين الجيولوجيين البلايستوسين والهولوسين.

تتكون الصخور المنكشفة على أرض منطقة حائل من صخور القاعدة المعقدة للدرع العربي التي تشكل الركن الشمالي الشرقي من الدرع، وكلما اتجهنا شرقاً وشمالاً تبدأ هذه الصخور في التغطي لا توافقياً بتتابعات من الغطاء الرسوبي الأحدث، وتزداد سمكاً وحدائية في هذين الاتجاهين، وبعض أجزائها تغطي صخور الدرع العربي بالطفوح البركانية، وتغطي بأجزاء متتابعة من الغطاء الرسوبي، وينتشر فوق هذه الصخور، وغطائها صخور حقب الحياة الحديثة الرسوبية برسوبيات الكثبان الرملية الثابتة والمتحركة، وبعض رواسب البحيرات والادوية، والسبخات الحديثة، لوحة جيولوجية واحدة غطت المنطقة بمقياس (1:250.000)، ولوحة جيولوجية مقياس (1:500.000)، وبدراسة اللوحات الجيولوجية الشكل (7) جرى استخلاص سمات جيولوجية رئيسية لمنطقة الدراسة وهي:

أولاً: صخور القاعدة المعقدة: تشمل تتابعات صخور رسوبية وبركانية قديمة، قطعها المتداخلات النارية فحوت أجزاء وحصرتها بأحزمة ضيقة



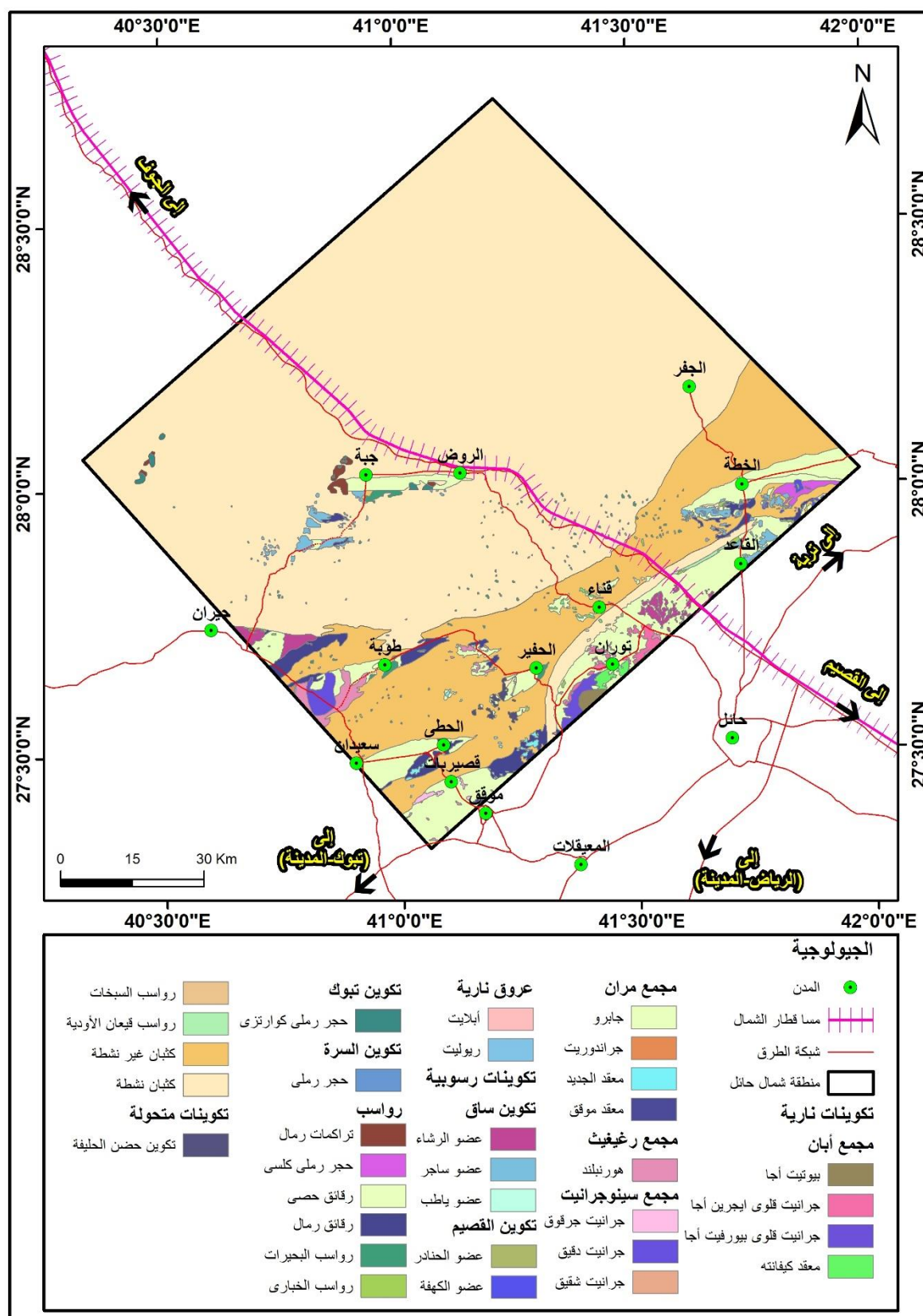
ومتضاغطة بين كتل الصخور النارية المتداخلة ذات التركيب الجرانيتي، والتتابعات تضم مجموعة الحليفة وتتكون من متكون (نوف وبنانا وحبل حضن وجبله) بمساحة 12.84 كم<sup>2</sup> وتمثل 0.10%.

ثانيًا: المتداخلات النارية: يخترق تتابعات الصخور الرسوبية والبركانية القديمة أكثر من أربعين متداخل من الصخور النارية والعديد من الجدد القاطعة المتباينة بتركيبها، وهذه المتداخلات لها علاقة بالطفوح القاعدية المصاحبة لمجموعة حليفة وتشمل الوحدات الصخرية التالية: جنيس أركان، وخليط متداخلات القاعدية والحامضية بمسمى مجمع مران والمكون من صخور الجابرو، ومعقد موقق، ومعقد ماء، ومجمع رغيفي، ومجمع سينوجرانيت الذي تكون من مجموعة متداخلات جرانيتية منها (جرانيت جبل جرقوق، وجبل مطالع، ومتكون شقيق، ومعقد الشعبة، وأبان الأحمر، وجبل كيفانته، ومعقد أجا، والجدد القاطعة) بلغت مساحة المتداخلات النارية 233.89 كم<sup>2</sup> تشكل 1.84%.

ثالثًا: التكوينات الرسوبية: تتكون من نوعين رئيسيين (تكوين ساق وتكوين القصيم) اللذان ينتميان لصخور القاعدة الجيولوجية بالأجزاء الشرقية لمنطقة الدراسة، وترجع تكوينات ساق والقصيم بالأساس نسبة إلى التكوينات الجيولوجية التي نشأت بجبل ساق لمنطقة القصيم، التابع لإرسابات تيما ويعود عمرها لعصري الكامبري والأردوفيشي من الزمن الجيولوجي الأول.

ينقسم تكوين ساق لثلاثة أجزاء (ساجر، والرشاء، وياتيب) لا يظهر بمنطقة الدراسة إلا ساجر والرشاء، ومساحة تكوين ساق 150.60 كم<sup>2</sup> تشكل 1.18%، أما تكوين القصيم لأربعة أجزاء جيولوجية (الحنادر، والكهفة، والريان، وقواره) ولا يظهر بمنطقة الدراسة إلا الحنادر والكهفة، ومساحة تكوين القصيم 8.33 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07%.

رابعًا الرواسب: تتكون الرواسب بمنطقة الدراسة من الرواسب الرباعية، والريحية، ورواسب المنخفضات، والبحيرات القديمة، وإرسابات الخباري، والسبخات، وإرسابات سطحية ضحلة، وفيضية، والرمال الريحية، تبلغ مساحة الرواسب بمنطقة الدراسة 12320.05 كم<sup>2</sup> وتشكل 96.81%، والمغطاة معظم منطقة الدراسة.



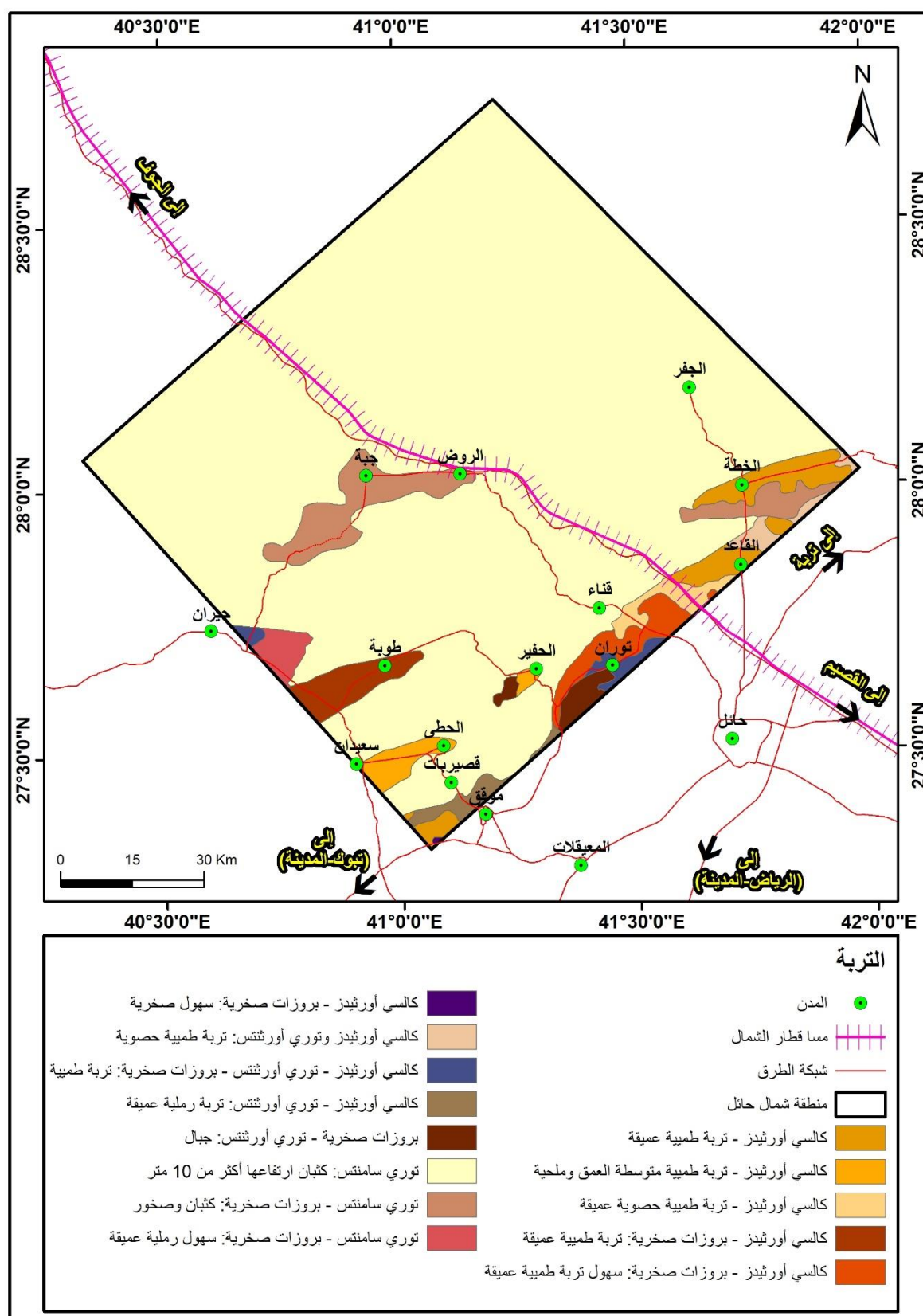
شكل (7): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على خرائط جيولوجية مقياس 1:250000، و 1:500.000، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.

#### 4.7 خصائص التربة لمنطقة الدراسة:

الشكل رقم (8) يوضح أن منطقة الدراسة تقع ضمن عدد 6 خرائط تربة مقياس رسم 1:250000، وقسمت التربة بمنطقة الدراسة إلى 13 فئة هي: توري سامنتس بمساحته 11045.72 كم<sup>2</sup> تمثل 86.40% من منطقة الدراسة، هي كثبان رملية، النوع الثاني توري سامنتس - بروزات صخرية، بمساحته 447.81 كم<sup>2</sup> تشكل 3.52%، ويتكون من كثبان وصخور، يتركز بوسط وشرق منطقة الدراسة، النوع الثالث كالسي أورثيدز، بمساحته 308 كم<sup>2</sup> يمثل 2.42%، وهي تربة طميية عميقة، تنتشر بالأجزاء الشرقية والجنوبية، النوع الرابع كالسي أورثيدز - بروزات صخرية، بمساحة 175.91 كم<sup>2</sup> يمثل 1.38%، وهو تربة طميية عميقة متسوية، تتركز بالجنوب الغربي، النوع الخامس كالسي أورثيدز - بروزات صخرية، بمساحته 174.63 كم<sup>2</sup> يمثل 1.37%، وهو سهول ذات تربة طميية عميقة وتلال، تركز بالجنوب الشرقي، النوع السادس كالسي أورثيدز بمساحة 119.64 كم<sup>2</sup> تمثل 0.94%، وهو تربة طميية متوسطة العمق وملحية، تركز بالجنوب الغربي، النوع السابع كالسي أورثيدز بمساحة 99.68 كم<sup>2</sup> ونسبة 0.78%، وهي تربة طميية حصوية عميقة، تتركز بالجزء الشرقي، النوع الثامن توري سامنتس - بروزات صخرية بمساحة 88.65 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.70%، وهي سهول رملية عميقة وتلال صخرية.

أما النوع التاسع البروزات الصخرية - تورية أوثنتس مساحتها 88.42 كم<sup>2</sup> بنسبة 69%، وهي جبال، تتركز بالجنوب الشرقي، النوع العاشر كالسي أورثيدز - توري سامنتس، وهو تربة رملية عميقة، ومساحتها 85.08 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.67% تتركز بالجنوب والجنوب الغربي، النوع الحادي عشر كالسي أورثيدز - توري أوثنتس - بروزات صخرية بمساحته 74.79 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.59%، وهو تربة طميية عميقة، وطمية حصوية ضحلة، تتركز بالجنوب الشرقي، النوع الثاني عشر كالسي أورثيدز وتوري أوثنتس - بروزات صخرية، وهو تربة طميية وحصوية، ضحلة بمساحة 65.37 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.51%، تتركز بالشرق، النوع الأخير كالسي أورثيدز - بروزات صخرية، بمساحة 2.61 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.03%، وهو سهول صخرية ذات تربة طميية متوسطة العمق وصخور.



شكل (8): خريطة التربة لمنطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على خرائط تربة مقياس رسم 1:250000، وزارة البيئة والمياه والزراعة

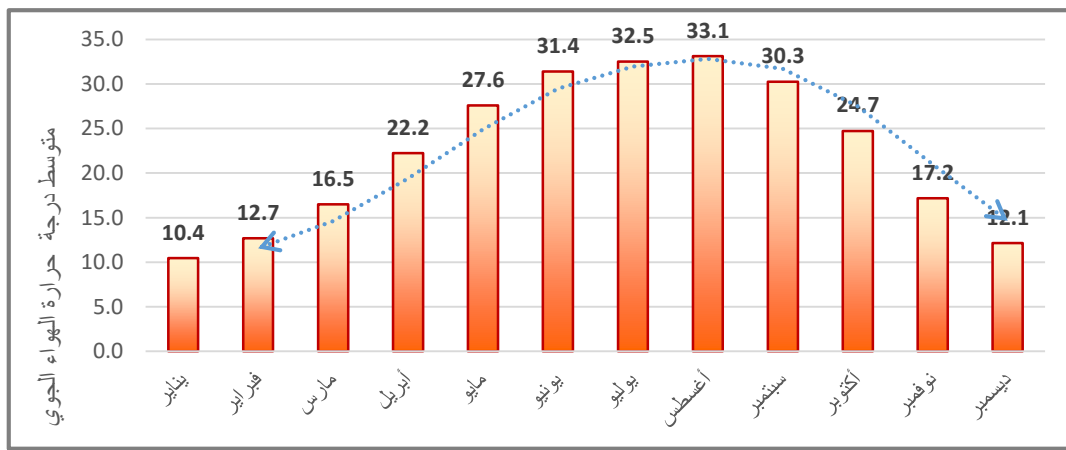


## 5.7 الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة:

تنتمي منطقة الدراسة مناخياً وفق تصنيف كوبن للمناخ المداري الجاف الحار (BWh) أو الإقليم الصحراوي الجاف، لسيادة الظروف المناخية الصحراوية المتطرفة، اعتمدت الدراسة على البيانات المناخية ذات المدى الطويل (1985 – 2021م)، المسجلة بمحطة مطار حائل تبعد مسافة 40 كم عن منطقة الدراسة.

## 1.5.7 درجة الحرارة:

من تحليل المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة نلاحظ الارتفاع التدريجي لدرجات الحرارة من شهر يناير أقل متوسط شهري (10.4°)، وحتى شهر أغسطس أعلى متوسط شهري (33.1°)، وتعود المتوسطات الشهرية بالتراجع من أغسطس حتى ديسمبر كثاني أقل متوسط شهري (12.1°)، من المنحنى الحراري شكل (9)، يظهر المنحنى الحراري للمتوسطات الشهرية خلال العام على نحو محدب هذا يفسر الارتفاع الملحوظ لدرجات الحرارة خلال الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس).

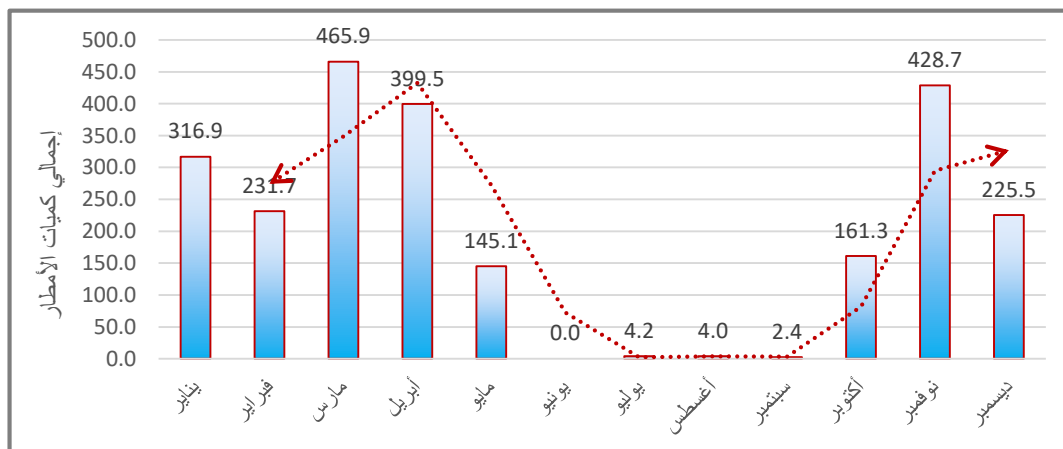


شكل (9): متوسط درجة الحرارة للفترة (1985-2021م) (م)

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

## 2.5.7 كمية الأمطار:

الشكل (10) كميات الأمطار الشهرية والسنوية متذبذبة، لا يمكن تحديدها باتجاه عام، وسجلت أعلى كميات هطول بمارس 465.9 ملم، ونوفمبر 428.7 ملم، ويشير أن الموسم الربيعي والشتوي هي الرئيسية لهطول الأمطار، ويسيطر الضغط المنخفض بفصل الربيع ويزداد نشاط الهواء وتتكون السحب الركامية والعواصف الرعدية (سقا، 1995)، أدنى كميات هطول الأمطار بشهور الصيف يونيو 0 ملم، ويوليو 4.2 ملم، وأغسطس 4 ملم، لتأثر المنطقة في الرياح الجافة.

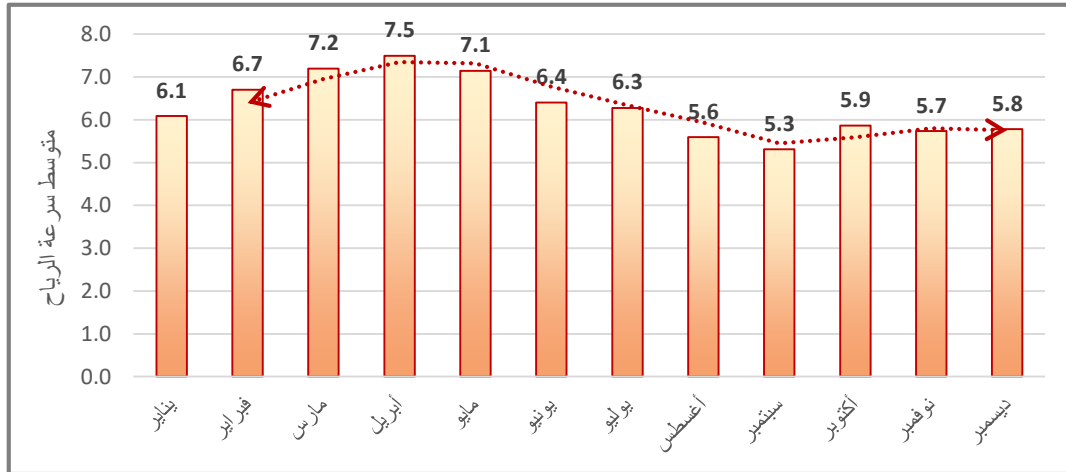


شكل (10): إجمالي كميات الهطول المطري خلال الفترة (1985-2021م) ملم

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

## 3.5.7 سرعة الرياح:

ترتبط حركة الرياح بمناطق الضغط الجوي المرتفع التي تتركز فوق البحر المتوسط، الذي يتحكم بتوجيه الرياح بصورة رياح شمالية غربية، وغربية (الدغيري، 2012م)، وتتأثر المنطقة في الرياح الباردة القادمة من وسط آسيا شتاءً، والرياح المحلية الحارة الجافة التي تجفف التربة، من تحليل المتوسطات الشهرية لسرعة الرياح الشكل (11)، نلاحظ أن سرعة الرياح متذبذبة، وسجل أعلى متوسط شهري لسرعة الرياح بإبريل 7.5 عقدة، ومارس 7.2 عقدة، وتزداد سرعة الرياح خلال فصل الربيع، وأدنى متوسط شهري لسرعة الرياح بشهور الصيف سبتمبر 5.3 عقدة، أغسطس 5.6 عقدة.



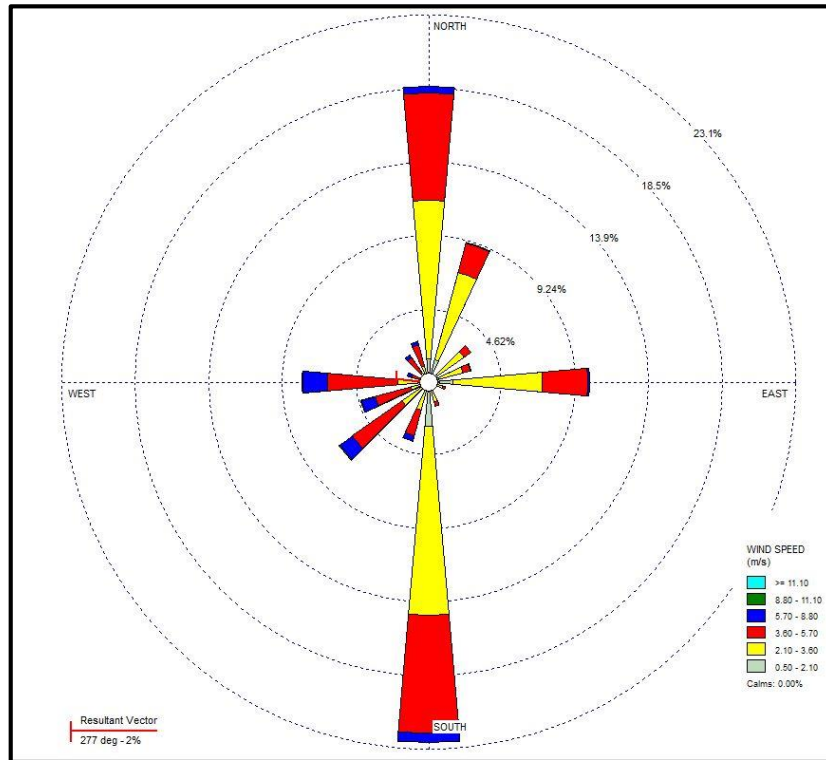
شكل (11): متوسط سرعة الرياح خلال الفترة (1985-2021م) (عقدة)

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

## 4.5.7 اتجاه الرياح السنوي السائد:

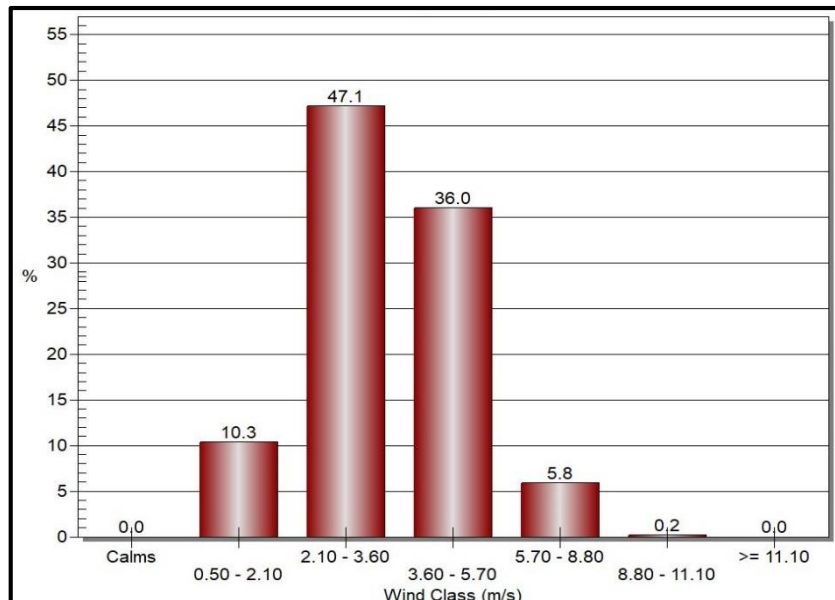
شكل (12) يشير للاتجاه السائد للرياح بمنطقة الدراسة خلال العام رياح غربية، بنسبة 2%. وتشهد حائل تذبذباً للرياح بكافة الاتجاهات على مدار العام، إلا أن النسبة الأكبر شمالية أو جنوبية، وشدها 3.6-5.7 عقدة بنسبة 20% جنوباً، و16% شمالاً، وهناك نسبة من الرياح القوية بسرعة 5.7-8.8 عقدة باتجاه الشمال والجنوب ولكن بنسبة قليلة، وباتجاه الجنوب الغربي بنسبة 8%، أما باتجاه الشرق فقد تراوحت سرعتها 2.1 - 5.7 عقدة بنسبة 14%، أما اتجاه الشمال الشرقي فقد بلغت نسبتها حوالي 9.24%.

الشكل (13) يوضح أن منطقة الدراسة تشهد رياحاً متباينة بسرعتها، حيث سجلت خلال (1985-2021م) نسبته 5.8% من الرياح التي تتراوح سرعتها 5.7-8.8 عقدة، ونسبته 10.3% من الرياح بسرعة 0.5-2.1 عقدة، أما 36% من الرياح سرعتها 3.6-5.7 عقدة، أما النسبة الأعلى سرعتها 2.1-3.6 عقدة بنسبة 47.1%. أما أقل نسبة لسرعة الرياح فكانت بواقع 0.2% لفئة 8.8-11.1 عقدة.



شكل (12): واردة الرياح السنوية خلال (2021-1985م)

المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

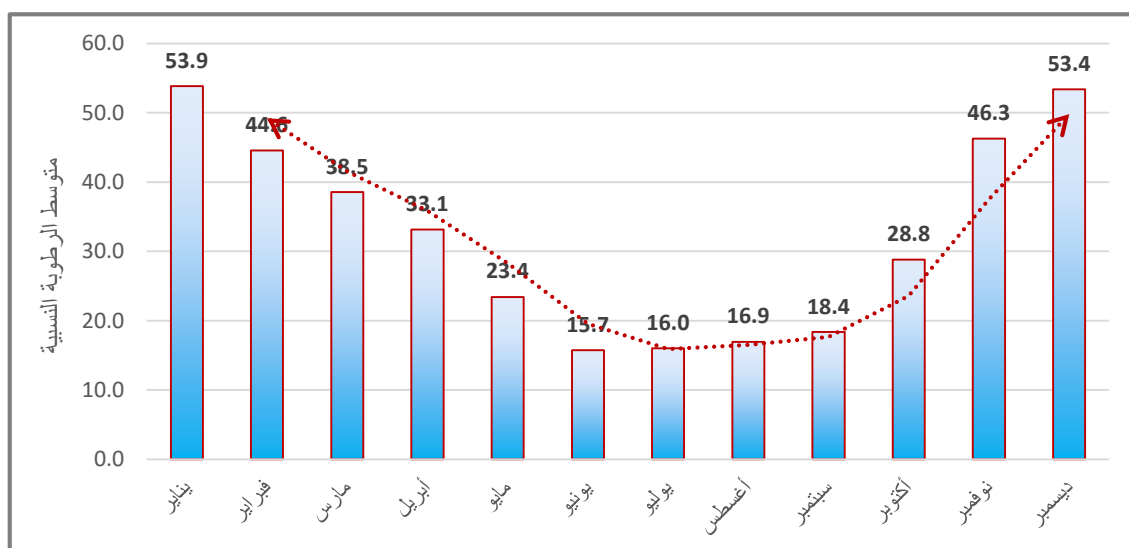


شكل (13): توزيع فئات سرعة الرياح السنوية خلال الفترة (2021-1985م)

المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

## 5.5.7 الرطوبة الجوية النسبية:

الشكل (14) يبين أن شهري يناير وديسمبر يشهدان أعلى متوسط للرطوبة النسبية، حيث سجلا 53.9% و53.4% لكل منهما، فيما سجل شهر يونيو أقل متوسط للرطوبة النسبية بواقع 15.7%.



شكل (14): متوسط الرطوبة النسبية خلال الفترة (1985-2021م) (%)

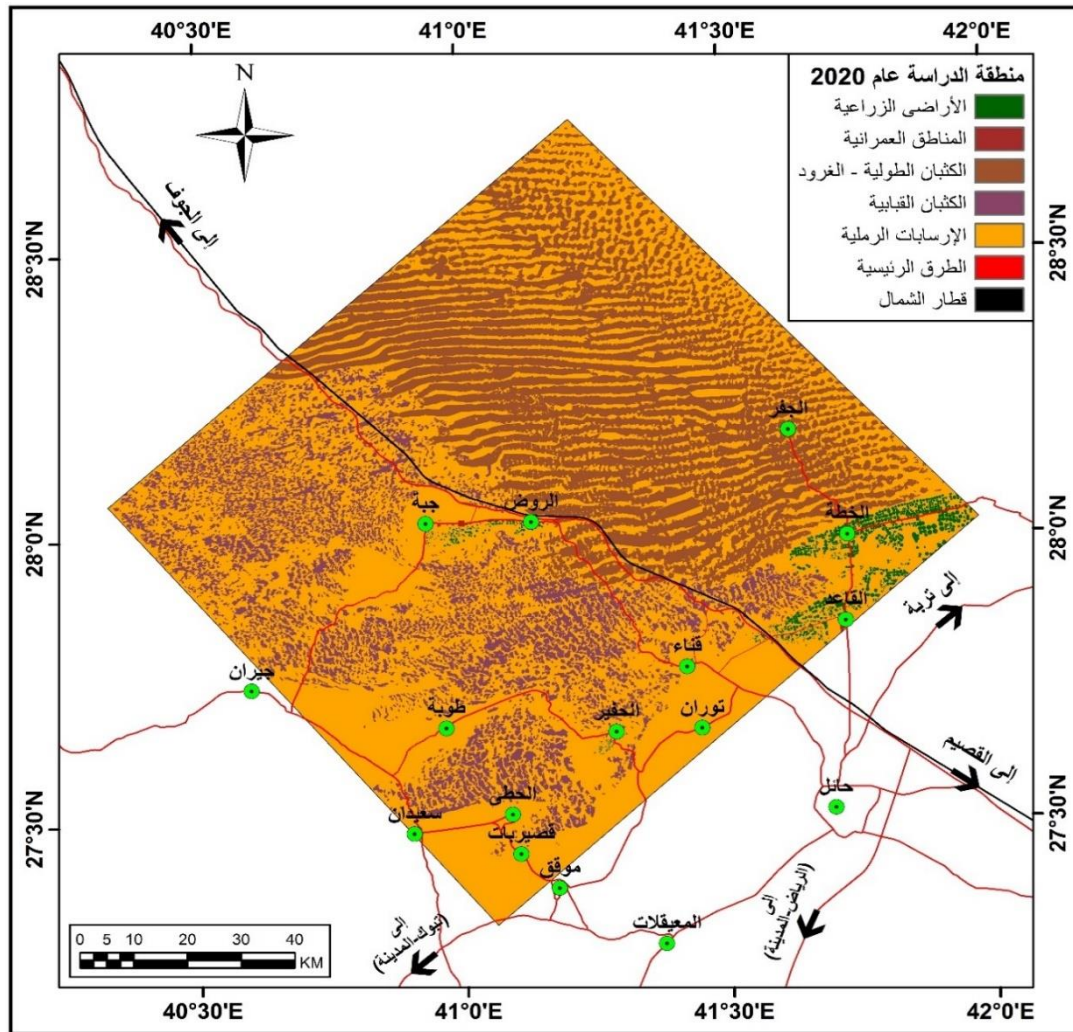
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على محطة مطار حائل، المركز الوطني للأرصاد

## 6-7 المظهر المورفولوجي وغطاء الأرض لمنطقة الدراسة:

## 1.6.7 غطاء الأرض:

الشكل (15) يشير لغطاء الأرض بمنطقة الدراسة هو الكثبان الرملية تتكون من الإرسابات الرملية، والكثبان الطويلة، والقبابية المنتشرة بجميع أرجاء المنطقة بمساحة 12548.87 كم<sup>2</sup> تشكل 98.61%، والأراضي الزراعية النمط الثاني لغطاء الأرض وبصورة متفرقة في الوسط والشرق، بمساحة 167.41 كم<sup>2</sup> ونسبة 1.32% من منطقة الدراسة، والمتركة بمدينة جبة والروضة والخطة والقاعد، والنوع الثالث مناطق عمرانية بمساحة 9.43 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07% الموزعة بالوسط والشرق والجنوب، وتخترق منطقة الدراسة طرق رئيسية كطريق القصيم – الجوف، ومسار قطار الشمال.



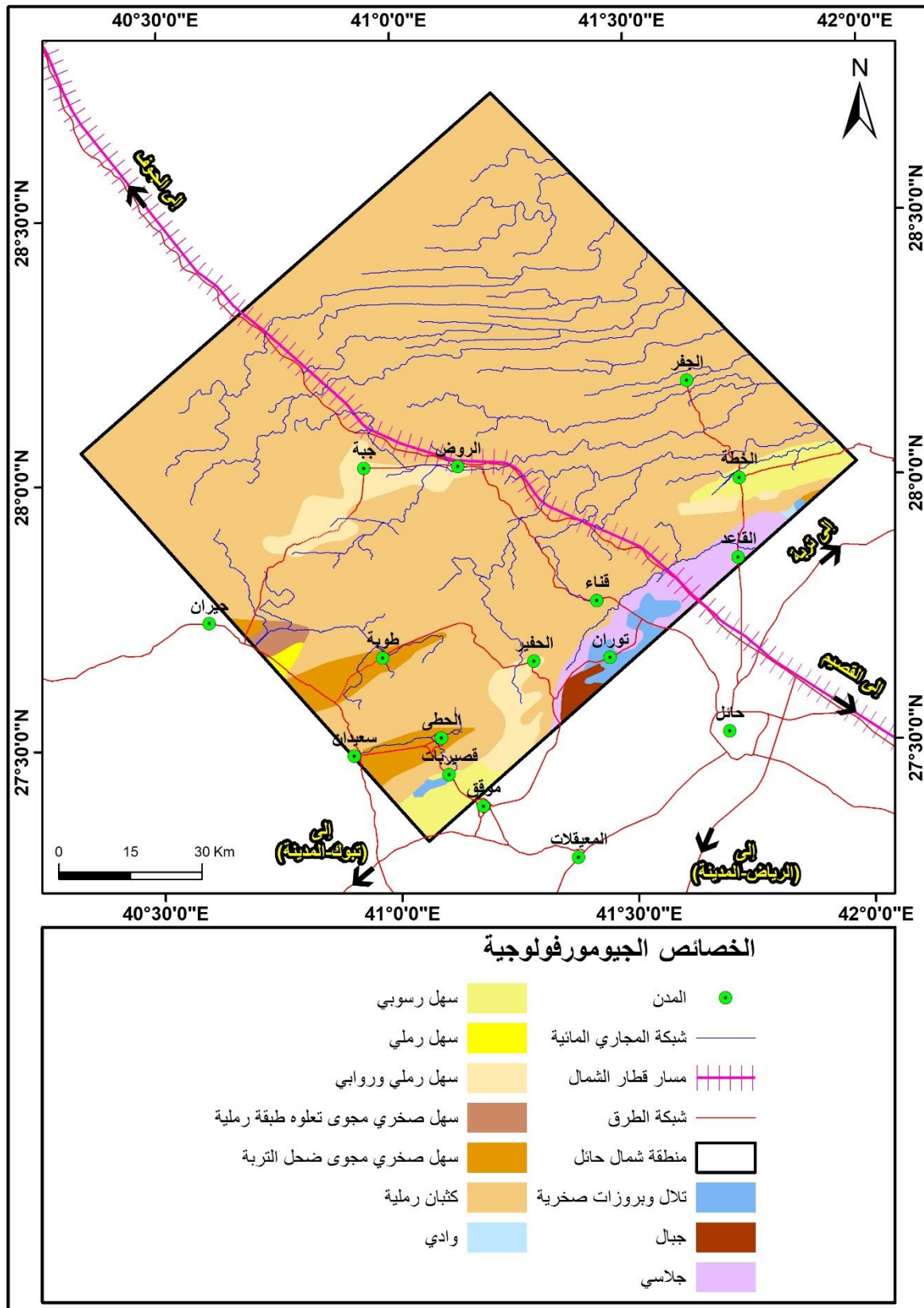


شكل (15): غطاء الأرض لمنطقة الدراسة عام 2020م

المصدر: المرئية الفضائية Landsat-8/OLI لعام 2020م

## 2.6.7 الخصائص الجيومورفولوجية:

الشكل (16) جرى تقسيم الخصائص الجيومورفولوجية إلى 10 فئات رئيسية: أولاها الكثبان الرملية مساحتها 10811.48 كم<sup>2</sup> نحو 84.87% من منطقة الدراسة، ومعظمها هضاب طويلة عالية، أما النوع الثاني السهول الرملية والروابي مساحتها 555.30 كم<sup>2</sup> بنسبة 4.36%، تقع بمنطقة النفود وشمال غرب حائل، وتتراوح الانحدارات (5% - 15%) تتركز بغرب وجنوب وشرق منطقة الدراسة، أما النوع الثالث السهول الرسوبية بمساحة 383.51 كم<sup>2</sup> تمثل 3.01%، تتكون من سهل رسوبي شبه مستو بانحدار 2%، تتركز في الشرق والجنوب، النوع الرابع سهل صخري مجوى ضحل التربة، ومساحته 362.33 كم<sup>2</sup> بنسبة 2.85%، انحدارها 5%-8% والمركزة بالجزء الغربي. النوع الخامس بالجلاسي مساحتها 361.52 كم<sup>2</sup> تمثل 2.84%، وانحدارها 2-5% المنتشرة بالجنوب الشرقي، أما النوع السادس تلال وبروزات صخرية مساحتها 113.08 كم<sup>2</sup> تمثل 0.88%، هي تلال منحدره الجوانب بانحدار 30%، الموجودة بالجنوب، أما النوع السابع سهل صخري مجوى تعلوه طبقة رملية ومساحته 64.34 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.50% تتركز بالغرب، النوع الثامن الجبال بمساحة 53.30 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.42%، وتقع هذه الوحدة بالدرع العربي غرب حائل، أما النوع التاسع هو السهول الرملية ومساحتها 27.23 كم<sup>2</sup> بنحو 0.21%، وتتكون من سهل رملي بانحدار 2-5% المركزة في الغرب، أما العاشر يتمثل بالأودية، وبمساحة 4.79 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.04% تتركز في الشرق.



شكل (16): خريطة مظاهر سطح الأرض لمنطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتمادًا خرائط تربة مقياس رسم 1:250000، وزارة البيئة والمياه والزراعة

## 3.6.7 أنواع الكثبان الرملية:

تعتبر الكثبان الرملية المتعددة الظاهرة الجيومورفولوجية الرئيسية بمنطقة الدراسة خاصة الكثبان الطولية في الشرق والوسط، والكثبان القبابية في الغرب والجنوب وتعتبر الكثبان الأكبر منسوبًا، حيث يتجاوز منسوبها 900 متر فوق سطح البحر وبارتفاع يصل 100 م. الكثبان الطولية هي الأقل منسوبًا لا تتجاوز 850 متر فوق سطح البحر، ولكنها الأكبر ارتفاعًا بمنطقة الدراسة حيث يصل ارتفاعها 125 م، أم الكثبان في الوسط هي الأقل ارتفاعًا لا تتجاوز 75 م، الشكل (17).

- الكثبان الرملية الطولية: هي كثبان طولية مستطيلة الشكل، ومنتهية بقمم حادة ضيقة تفصل بينها مناطق بينية، تشكلت نتيجة وجود اتجاهين للرياح الأولى رئيسية التي تتحكم باتجاه محور الكثيب، والثانية ثانوية تؤثر في الاتجاه، وتعتبر الكثبان الطولية النمط الرئيسي. الكثبان الرملية القبابية: هي كثبان رملية على نحو دائري أو شبه دائري متباينة الأحجام، التي تتشكل نتيجة تعدد اتجاهات الرياح السائدة، وتظهر الكثبان القبابية غرب منطقة الدراسة



شكل (17): جانب من الزيارة الميدانية لتعرف خصائص الجيومورفولوجية للكثبان الرملية لمنطقة الدراسة في فبراير 2022 م، المصدر: عمل الباحث اعتمادًا على الزيارة الميدانية في فبراير 2022 م

4.6.7 القياسات المورفومترية لنماذج مختارة من الكثبان بمنطقة الدراسة:

أشارت القطاعات التضاريسية إلى نماذج الكثبان الرملية المختارة بمنطقة الدراسة الشكل (18) والدراسة الميدانية في فبراير 2022 م، والجدول (7) للنماذج المختارة أن أطوال الكثبان تتراوح بين 2.04 كم (كثبان قبابية) و 12.97 كم (كثبان رملية طولية)، عرضها 1.21 كم (كثبان طولية) و 7.45 كم (كثبان قبابية)، تتراوح مساحات الكثبان 3.37 كم<sup>2</sup> (كثبان قبابية) و 71.89 كم<sup>2</sup> (كثبان طولية)، أما ارتفاعها 50 م (كثبان قبابية) و 115 م (كثبان الطولية).



جدول (6): القياسات المورفومترية لنماذج كثبان مختارة بمنطقة الدراسة عام 2022م

م	الطول (كم)	العرض (كم)	المساحة (كم <sup>2</sup> )	متوسط الارتفاع (م)	النوع
1	2.23	1.87	4.17	115	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
2	3.05	1.98	6.04	65	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
3	3.98	2.80	11.14	83	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
4	2.50	2.03	5.08	75	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
5	12.97	4.87	43.68	110	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
6	6.70	5.61	37.59	74	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
7	9.41	5.32	71.89	63	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
8	4.32	1.21	5.23	70	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
9	7.57	1.49	11.28	98	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
10	11.32	2.5	28.30	85	الكثبان الرملية الطولية (الغورد)
11	4.62	3.65	16.86	112	الكثبان الرملية القبابية
12	10.64	6.32	67.24	97	الكثبان الرملية القبابية
13	9.65	4.05	39.08	50	الكثبان الرملية القبابية
14	7.98	7.45	41.89	78	الكثبان الرملية القبابية
15	6.54	2.60	17.00	90	الكثبان الرملية القبابية
16	3.58	1.33	4.76	97	الكثبان الرملية القبابية
17	8.93	3.23	28.84	79	الكثبان الرملية القبابية
18	6.39	1.94	12.40	75	الكثبان الرملية القبابية
19	2.04	1.65	3.37	55	الكثبان الرملية القبابية
20	6.16	1.3	8.01	91	الكثبان الرملية القبابية

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج (ArcGIS)، والتحقق من الدراسة الميدانية في فبراير 2022م



شكل (18): نماذج مختارة من القطاعات التضاريسية للكثبان الرملية.

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على برنامج (ArcGIS)



## 7.7 رصد الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة:

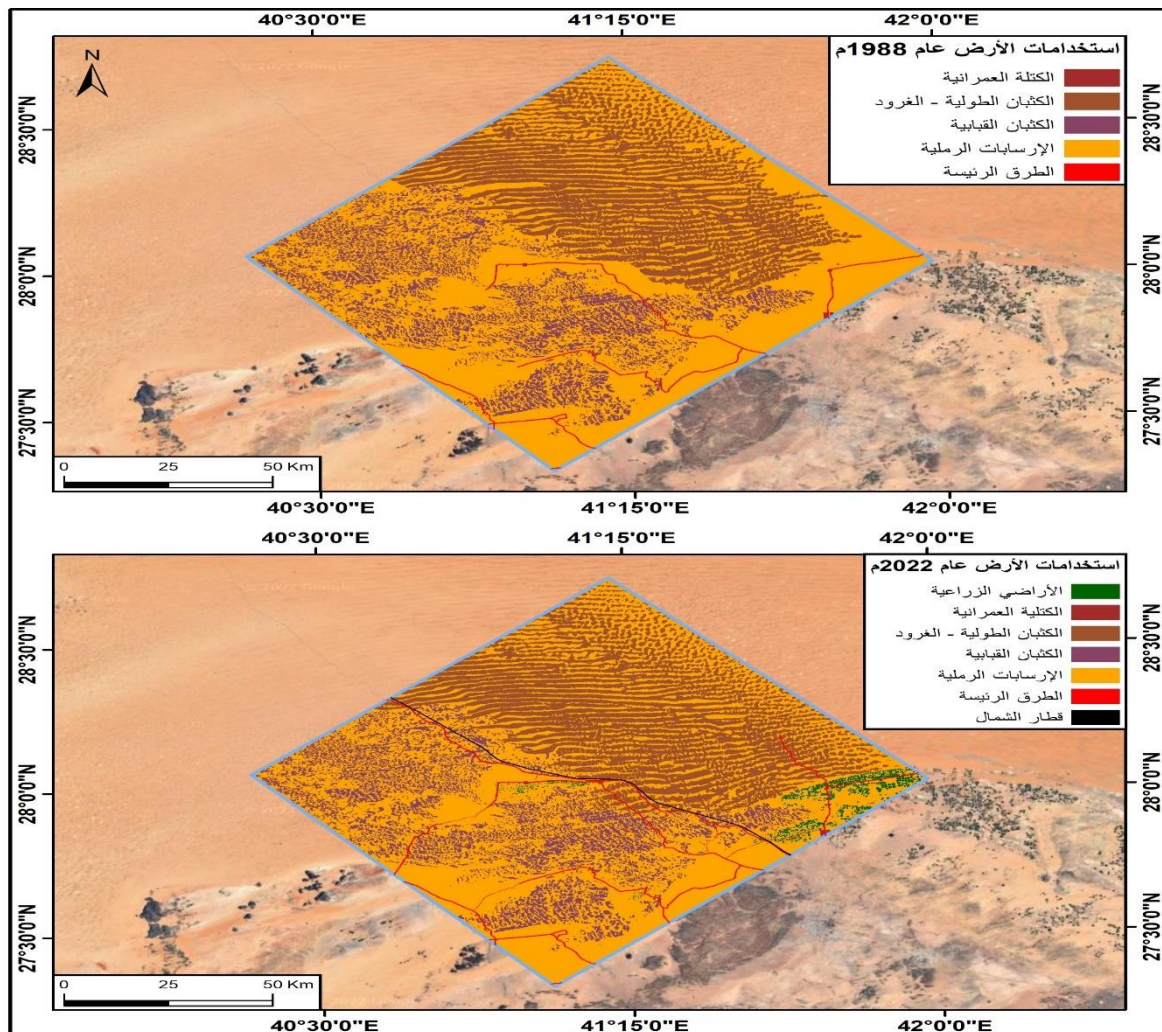
### 1.7.7 التغيرات المكانية - الزمانية للكثبان الرملية عام 1988 م وعام 2022 م:

لتتبع التغيرات الزمنية التي طرأت على الكثبان الرملية وأشكالها بمنطقة الدراسة في عام 1988 و2022 م، جرى استخلاص الكثبان الرملية من المرئيات الفضائية لفترتين مختلفتين: مرئية لأعوام 1988 م، و2022 م، الجدول (8) يوضح التغيرات الزمنية للكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، والشكل (19) يوضح التغيرات الزمنية للكثبان الرملية.

جدول (7): التغيرات الزمنية للكثبان الرملية عامي 1988 م و2022 م

نوع الكثيب الرمل	المساحات (كم <sup>2</sup> )	
	1988 م	2022 م
الكثبان الرملية الطولية	2996.25	3309.49
الكثبان الرملية القبابية	1761.93	1766.05
الارسابات الرملية	7892.71	7390.26
استخدامات الأرض	74.82	259.91

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية للفترات المذكورة، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.



شكل (19): التغيرات الزمنية للكثبان الرملية عامي 1988 م و2022 م.

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية للفترات المذكورة، موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

### أولاً: الكثبان الرملية الطولية:

تعتبر الكثبان الرملية الطولية النمط الرئيسي الأول للكثبان الرملية لمنطقة الدراسة بمساحة حوالي 3309.49 كم<sup>2</sup> ونسبة 26.01٪ من منطقة الدراسة، وأخذت مساحة الكثبان الرملية الطولية بالزيادة بين عامي 1988م و2022م، حيث بلغت عام 1998م حوالي 2996.25 كم<sup>2</sup> بنسبة 23.54٪ من منطقة الدراسة بمعدل زيادة لا يتجاوز 0.09٪ عما كانت 1988م، وتتركز هذه الكثبان بالجزء الشرقي كامتداد لعرق المظهر في الشرق، وتظهر الكثبان الطولية بصورة أشربة متوازية مرتفعة المنسوب عما يجاورها، وتلتقي على نحو حاد عند قممها، وتفصل بينها خنادق وممرات رملية منخفضة، وللكثبان الرملية الطولية العديد من الأسماء المحلية مثل (الحافات الرملية، السيوف، الغرود، العروق، الطعوز، وغيرها)، ويتميز هذه الكثبان بخصائص أهمها: أنها حافات رملية متوازية، والأرض الفاصلة بينها غالباً مغطاه بالرمال وأن كان يبرز منها أحياناً بقع حصوية، والشكل العام للقطاعات العرضية لهذه الكثبان يكون أقرب للمثلث المتساوي الساقين، ويلتقي جانبي كل كتيف بقمة حادة كالسيوف، وإن قمم الكثبان متعرجة بسبب التغير الموسمي باتجاه الرياح، كما أن قمم الكثبان تنخفض في بعض المواضع بسبب الإزالة بواسطة الرياح المعاكسة، لذلك كأنها قمم منفصلة عن بعضها، ومن الأسباب الرئيسة لنشأة الكثبان الرملية الطولية توافر كميات كبيرة من الرمال، واستواء السطح، وهبوب الرياح باتجاهات تتفق والامتداد الطولي للكثبان ألا تقل سرعة الرياح عن 11 عقدة، حيث يوجد اتجاهين للرياح السائدة، الأولى رئيسة التي تتحكم باتجاه محور الكتيف والثانية ثانوية تؤثر في هذا الاتجاه.

### ثانياً: الكثبان الرملية القبابية:

تعتبر الكثبان الرملية القبابية النمط الرئيسي الثاني بمنطقة الدراسة بمساحة 1766.05 كم<sup>2</sup> بنسبة 13.88٪، وأخذت مساحة الكثبان القبابية بالزيادة بين عامي 1988م و2022م، حيث بلغت عام 1998م 1706.63 كم<sup>2</sup> بنسبة 13.38٪ من منطقة الدراسة بمعدل زيادة 0.04٪ عن عام 1988م، وتتركز بالجزء الغربي نتيجة التحام الكثبان الطولية نحو الغرب، تظهر الكثبان القبابية بالمنطقة بصورة قباب مرتفعة المنسوب عما يجاورها، سطحها شبه مستوي، وتفصل بينها منخفضات أقل منسوب، ويتميز هذا النوع من الكثبان بخصائص أهمها: أنها مرتفعة تحصر بينها منخفضات صحراوية، وتظهر قاعدتها على نحو دائري أو شبه دائري، والشكل العام للقطاعات العرضية لهذا النوع يكون أقرب لشكل القبة، والجوانب شديدة الانحدار، والقمة شبه مستوية، وتعتبر هذه الكثبان تجمعات رملية فوق أرض مستوية تقريباً، لاسيما في حالة اعتراض نبات لحركة الرمال، فتتجمع حولها مكونة (نبات قبابية)، ومن أسباب نشأة الكثبان القبابية توافر كميات كبيرة من الرمال، وسيادة طابع استواء السطح وتعدد اتجاهات الرياح.

### 8.7 الأخطار الناجمة عن الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة:

#### 1.8.7 تأثير الكثبان الرملية على الأراضي الزراعية:

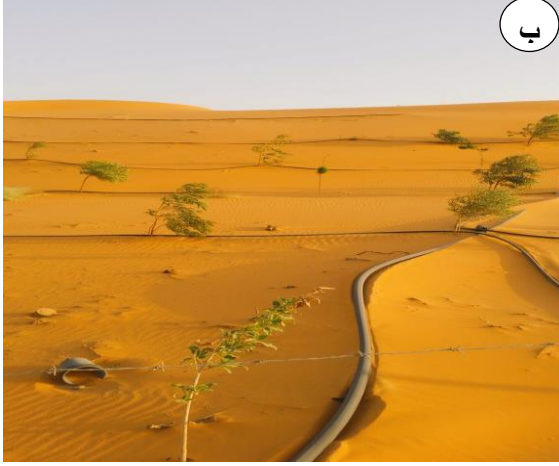
تركز الأراضي الزراعية بالجزء الشرقي ووسط منطقة الدراسة، لا تندعي مساحتها 1.32٪ من منطقة الدراسة، وندرة الأراضي الزراعية ناجم عن التأثير المباشر للكثبان الرملية تتمثل بالزحف المستمر إلى جانب قلة الأمطار وندرة المياه الجوفية، حيث تؤثر الرمال في 46.23٪ من مساحة الأراضي الزراعية مدن الخطأ، والقاعد، والروض، وجبة حيث تختلط حبيبات الرمال المنقولة بمكونات التربة للأراضي الزراعية مما يغير خصائص التربة الزراعية، يوضح الشكل (20) يوضح تأثير الكثبان الرملية على الأراضي الزراعية، ولتفادي مشكلة طمر الأراضي الزراعية وتصحرها يجري إنشاء مصدات صناعية للرياح، أو تكثيف زراعة الأشجار كمصدات طبيعية لمواجهة الرياح، يوضح الشكل (21) جانب من جهود الدولة لوقف زحف الرمال بطريقة التشجير في منطقة الدراسة.



شكل (20): تعرض الأراضي الزراعية لزحف الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة

المصدر: أمانة منطقة حائل، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، بتصرف





شكل (21): من جهود الدولة لوقف زحف الرمال بطريقة التشجير لمنطقة الدراسة

المصدر: أمانة حائل، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، بتصرف

### 2.8.7 تأثير الكثبان الرملية على طرق النقل ومسار قطار الشمال:

تعتبر منطقة حائل منطقة محورية بالمملكة العربية السعودية، المحاطة بستة مناطق إدارية (الرياض، القصيم، المدينة المنورة، الحدود الشمالية، الجوف، تبوك)، وتخترقها شبكة طرق رئيسية التي تربط هذه المناطق ببعضها، وتبلغ مساحة الطرق 67.81 كم<sup>2</sup> نحو 0.53% من منطقة الدراسة، وتتعرض نسبة 31.45% من الطرق لزحف الرمال المستمر، إضافة لمسار قطار الشمال الذي يربط مدينة الرياض بمدينة القريات، وبلغت مساحة مسار قطار الشمال 14.68 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.12% من منطقة الدراسة، تتعرض الطرق ومسار قطار الشمال لزحف الرمال المستمر مما يعيق حركتها أو يقلل كفاءتها، حيث تتشكل عواصف رملية تحجب الرؤية ويتجمع بعض رمالها فوق الطرق ومسار قطار الشمال، الشكل (22) يوضح تعرض شبكة الطرق ومسار قطار الشمال لزحف الكثبان الرملية، ولتفادي هذه المشكلة البيئية الخطيرة في طمر بعض الطرق ومسار قطار الشمال أو إعاقة حركتها بزراعة الأشجار على جانبي الطرق ومسار قطار لتقليل تأثير العواصف الرملية.

### 3.8.7 تأثير الكثبان الرملية على المناطق العمرانية:

بلغت مساحة المناطق العمرانية بمنطقة الدراسة 9.43 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.07%، وتتعرض نحو 42% من المناطق العمرانية لزحف الرمال، حيث غطت رمال النفود الكبرى أجزاء كبيرة بمدينة جبة بحائل، على مدى سنوات ماضية، وأثبتت دراسات وزارة الزراعة بالتعاون مع منظمة الفاو خطر زحف الرمال على مدينة جبة. روعي فيها تقدير مسافة





شكل (22): تعرض شبكة الطرق ومسار قطار الشمال لزحف الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة  
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الزيارة الميدانية في فبراير 2022م، وأمانة حائل، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، بتصرف

الزحف السنوي للرمال ومقداره، ومقدار ارتفاع الكثبان الرملية المحيطة بالمدينة واتجاه الرياح المسببة للزحف، وتعتبر مدينة جبة أثرية تضم آثاراً تاريخية سجلت رسمياً بمنظمة اليونسكو، وتعد معلماً من معالم منطقة حائل، ويشكل زحف الرمال خطراً كبيراً على المدينة، إذ إنها غطت أجزاء كبيرة منها على مدى سنوات ماضية وأخفت كثيراً من معالمها التاريخية، ويوضح الشكل (23) تعرض المناطق العمرانية لزحف الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، وتنتشر العديد من القرى بمنطقة الدراسة مثل الروض، وقنّاء، والجفر، والخطة، والقاعد، وتوران، والحفير، وقصيريات، والحطى، وسعيدان، وطوبة وتتعرض هذه القرى لمخاطر زحف الكثبان الرملية.



شكل (23): أخطار الكثبان الرملية على العمران لمدينة الخطة كنموذج بمنطقة الدراسة.

المصدر: أمانة منطقة حائل، الإدارة العامة للتخطيط العمراني، بتصرف

كما هو معلوم بأن الكثبان تتكون من رمال مفككة التي تمثل كغطاء تربة بمنطقة الدراسة ذات استجابة عالية لعامل الرياح، إضافة لعاملي الانحدار والجاذبية وذلك لعدم تماسك جزيئات التربة التي قد تمنع حركتها، على خلاف الأنواع الأخرى من الترب كالترية الطينية مثلاً ذات التماسك العالي لجزيئاتها وخاصة حال احتوائها على نسبة من الرطوبة. بمعنى عدم استجابتها لعوامل الحركة كذلك الكثبان الرملية تصبح أقل حركة حال وجود نسبة رطوبة بها ولكن سرعان ما تفقد تلك الكثبان هذه النسبة من الرطوبة وذلك لظروف المناخ ذات المعدلات المرتفعة في التبخر مما يتيح أمامها الفرصة أن تصبح أكثر سرعة في الاستجابة للتحرك، من هنا يمكن القول بأن هناك علاقة بين نوع التربة وشدة حركة الكثبان الرملية.

#### النتائج والتوصيات:

##### أولاً النتائج:

- أشارت القياسات المورفومترية إلى نماذج مختاره 'كثبان بطوال 2.04 كم وعرض 7.45 كم وارتفاع 50 م ومساحة 3.37 كم<sup>2</sup> (كثبان قبابية) وطول 12.97 كم وعرض 1.21 كم وارتفاع 115 م ومساحة 71.89 كم<sup>2</sup> (كثبان طولية).



- بتحليل قيم المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة نلاحظ الارتفاع التدريجي لدرجات الحرارة بشهر يناير أقل متوسط شهري لدرجات الحرارة (10.4°)، وحتى شهر أغسطس أعلى متوسط شهري لدرجات الحرارة (33.1°)، ثم تعود المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة بالتراجع مرة أخرى بشهر أغسطس لشهر ديسمبر ويعتبر ثاني أقل متوسط شهري لدرجات الحرارة (12.1°).
- تساقط الأمطار متذبذب لا يمكن تحديده باتجاه عام للزيادة أو النقصان، وسجلت أعلى مجموع شهري هطول أمطار بمارس 465.9 ملم، ونوفمبر 428.7 ملم، وموسم الهطول الرئيس للمطر في الربيع والشتاء وأدنى هطول بشهور الصيف يونيو 0 ملم، ويوليو 4.2 ملم، وأغسطس 4 ملم، بسبب تأثير المنطقة في الرياح الشمالية والشرقية الجافة.
- سرعة الرياح بمنطقة الدراسة متذبذبة لا يمكن تحديدها سواء بالزيادة أو النقصان، وسجلت أعلى متوسطات شهرية في إبريل 7.5 عقدة، ومارس 7.2 عقدة، وتزداد سرعة الرياح خلال فصل الربيع، أما أدنى متوسطات شهرية لسرعة الرياح بشهور الصيف سبتمبر 5.3 عقدة، أغسطس 5.6 عقدة.
- ينقسم غطاء الأرض السائد لخمس فئات أهمها الكثبان الرملية وهي إرسابات رملية، وكثبان طويلة وقبابية، والمنتشرة بجميع أرجاء المنطقة ومساحتها 12548.87 كم<sup>2</sup> بنسبة 98.61%، والأراضي الزراعية كنمط ثاني، بمساحة 167.41 كم<sup>2</sup> نحو 1.32%، أما الفئة الثالثة المناطق العمرانية بمساحة 9.43 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07%، وتخترق منطقة الدراسة شبكة طرق رئيسية طريق القصيم – الجوف، ومسار قطار الشمال.
- الكثبان الرملية الطولية هي النمط الرئيسي لمنطقة الدراسة بمساحة 3309.49 كم<sup>2</sup> وبنسبة 26.01%، أخذت مساحة الكثبان الطولية بالزيادة إذ بلغت عام 1998 م 2996.25 كم<sup>2</sup> بنسبة 23.54% بمعدل زيادة 0.09% عما كانت عليه عام 1988 م.
- تعتبر الكثبان القبابية النمط الثاني للكثبان الرملية بمساحة 1766.05 كم<sup>2</sup> وبنسبة 13.88% من مساحة المنطقة، وأخذت مساحة الكثبان الرملية القبابية بالزيادة وبلغت عام 1998 م 1706.63 كم<sup>2</sup> بنسبة 13.38% من منطقة الدراسة بمعدل زيادة 0.04% عن 1988 م.
- بلغت مساحة الأراضي الزراعية 1.32% من منطقة الدراسة، وتتركز بالشرق والوسط، وتتعرض هذه الأراضي للتصحّر بسبب تأثير الكثبان الرملية، حيث تختلط حبيبات الرمال المنقولة بمكونات التربة للأراضي الزراعية مما يغير خصائص التربة الزراعية، وتؤثر الرمال في 46.23% من الأراضي الزراعية.
- بلغت مساحة الطرق 0.53% بمنطقة الدراسة، إضافة لمسار قطار الشمال الرابط بين الرياض والقريات، وقد بلغت مساحة مسار القطر 0.12%، وتتعرض الطرق ومسار القطر لزحف الرمال المستمر مما يعيق حركتها.
- بلغت مساحة المناطق العمرانية 0.07% من منطقة الدراسة، وتتركز في الشرق والجنوب والوسط، ويتعرض 42% من المناطق العمرانية لزحف الرمال، حيث يشكل زحف الرمال خطراً على العمران، إذ إنها غطت أجزاء كبيرة على مدى سنوات ماضية، وأهمها مدينة جبة، حيث غطت رمال النفود الكبرى أجزاء كبيرة من المدينة، وأخفت كثيراً من المعالم التاريخية.

#### ثانياً التوصيات:

تكثيف دراسات تناقش الإرسابات الرملية بمنطقة الدراسة لاسيما الكثبان، بسبب كثرة المراكز العمرانية.

1. إجراء الدراسات ومتابعة التغيرات البيئية بالمنطقة وتطويرها باستخدام التقنيات الحديثة.
2. حماية المنشآت الحيوية من أخطار حركة الكثبان بتثبيت الكثبان الرملية لمنطقة الدراسة وتطوير وسائل مواجهة حركتها.
3. تعاون الجهات ذات العلاقة بمشكلة انسياق الرمال لوضع خطط مستقبلية موحدة للحد من مشكلة زحف الرمال.
4. حماية النباتات الصحراوية المنتشرة وتكثيف زراعتها، لكونها تمثل عوائق طبيعية لحركة الكثبان.
5. ضرورة الاهتمام بالأراضي الزراعية القائمة وتنميتها وزيادة عددها، وإيجاد طرق مناسبة لحمايتها.

#### شكرو وتقدير:

يشكر المؤلف عمادة البحث العلمي في جامعة الملك فيصل بالمملكة العربية السعودية للحصول على الدعم المالي بموجب رقم المنحة البحثية السنوية 4,643/GRANT4.

## المصادر والمراجع

- إسماعيل، ن. س.، حسين، ح. ج.، ومحمد، ف. إ. (2017). تثبيت الكثبان الرملية باستخدام الجير المطفأ. مجلة تكريت للعلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة تكريت، 24(2)، 35-43.
- آل زينه، ن. ب. س. ج. (2020). 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، 7(20)، 406-425.
- آل سعود، م. ب. م. (2004). تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الإحساء. رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت، الجمعية الجغرافية الكويتية، 285، 71-1.
- الجعيدى، ف. (2020). مراقبة زحف الرواسب الرملية الريحية على الاودية المنحدرة، باتجاه نفوذ الدهناء باستخدام مرئيات Landsat متعددة التواريخ. مجلة العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، 12(3)، 348-382.
- الدغيري، أ. ع. (2012). الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكثبان في صحراء الدهناء شمال منطقة القصيم. مجلة العلوم العربية والإنسانية، جامعة القصيم، 6(1)، 1-50.
- الضبيحي، م. ع. (2022). عقل نفوذ الثويرات: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS). المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، جامعة الملك سعود - الجمعية الجغرافية السعودية، 13(2)، 54-128.
- العاني، ر. أ. م. أ. (2012). النمذجة المكانية لمورفولوجية التكوينات الرملية دراسة تطبيقية في الجيومورفوماتية حالة دراسية (منطقة العيث). مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، جامعة تكريت، 19(11)، 392-418.
- الكيادي، إ. ب. أ.، داودي، م. ا.، وبن سالم، ف. (2020). دراسة ميدانية لحركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث - القنفذة، غربي المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي، 12(2)، 7-31.
- الموسوي، ح. ع. خ.، عبد الواحد، ص. غ. (2016). الأشكال الأرضية المتأثرة بالرياح غرب محافظة واسط. مجلة كلية التربية، جامعة واسط، 22(1)، 339-400.
- الوليبي، ع. ن. (1994). بحار الرمال في المملكة العربية السعودية. جامعة الكويت، قسم الجغرافيا، وحدة البحث والترجمة.
- خضر، م. م. (2006). جيومورفولوجية الأشكال الرملية غرب وادي العريش وأخطارها. رسالة دكتوراة غير منشورة، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة.
- دسوقي، ص. أ.، حجاب، م. أ. (2015). طرق دراسة الكثبان الرملية الهابطة. المجلة المصرية للتغير البيئي، 7(2)، 7-17.
- عبد الحميد، ع. م. (2007). تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكثبان الرملية، حقل الجافورة-شرق السعودية. رسائل جغرافية، قسم الجغرافيا بجامعة الكويت، الجمعية الجغرافية الكويتية، 330، 1-60.
- عبد الكاظم، ع. ج.، المالك، ع. س. (2018). علاقة التذرية الريحية بحركة الكثبان الرملية في محافظة المثنى. مجلة أوروكل للعلوم الإنسانية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة المثنى، 12(1)، 283-301.

## References

- Abu Seif, S., & El-Khashab, H. (2019). Desertification risk assessment of sand dunes in middle Egypt: A geotechnical environmental study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44, 357–375.
- Al-Harathi, A. (2002). Geohazard assessment of sand dunes between Jeddah and Al-Lith, western Saudi Arabia. *Environmental Geology*, 42, 360-369.
- AlRamahi, M., & Al Bahadly, I. (2020). The spatial analysis for Bassia eriophora (Schrad.) Asch. plant distributed in all Iraq by using RS and GIS techniques. *Baghdad Science Journal*, 17, 126-135.
- Ben-Dor, E., Levin, T., & Singer, A. (2006). Quantitative mapping of the soil rubification process on sand dunes using an airborne hyperspectral sensor. *Geoderma*, 131, 1–21.
- Hilton, M., Nickling, B., & Wakes, S. (2017). An efficient, self-orienting, vertical-array, sand trap. *Aeolian Research*, 25, 11–21.
- Howari, F., Baghdady, A., & Goodell, P. (2007). Mineralogical and geomorphological characterization of sand dunes in the eastern part of United Arab Emirates using orbital remote sensing integrated with field investigation. *Geomorphology*, 83, 67–81.
- Khedr, E., Abou Elmagd, K., & Halfawy, M. (2014). Rate and budget of blown sand movement along the western bank of Lake Nasser, southern Egypt. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 3441–3453.

- Megahed, H., Hassoup, A., Farrag, A., & Wahba, D. (2021). Modeling the environmental hazards of El-Kharga Oasis sand dunes, Western Desert of Egypt, using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 10, 3501-3520.
- Megahed, H. A. (2020). GIS-based assessment of groundwater quality and suitability for drinking and irrigation purposes in the outlet and central parts of Wadi El-Assiuti, Assiut Governorate, Egypt. *Bulletin of the National Research Centre*, 44, 187.
- Nield, J., Wiggs, G., & Baddock, M. (2017). Coupling leeside grainfall to avalanche characteristics in aeolian dune dynamics. *Geology*, 45, 271–274.
- Rasheed, M., & Al-Ramahi, F. (2021). Detection of the impact of climate change on desertification and sand dunes formation east of the Tigris River in Salah Al-Din Governorate using remote sensing techniques. *Iraqi Geological Journal*, 54, 69-83.
- Thomas, D. (Ed.). (1997). *Arid Zone Geomorphology* (p. 373).
- Wasson, R., & Hyde, R. (1983). Factors determining desert dune type. *Nature*, 304, 337.
- Yang, H., Cao, J., & Hou, X. (2019). Characteristics of aeolian dune, wind regime and sand transport in Hobq Desert, China. *Applied Sciences*, 9, 1-21.
- Zamani, S., Mahmoodabadi, M., & Yazanpanah, N. (2019). Meteorological application of wind speed and direction linked to remote sensing images for the modelling of sand drift potential and dune morphology. *Meteorological Applications*, 27, 1-16.