



## 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.

### 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.

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>

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

محسن محمد علي عواده\*

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

### ملخص

الأهداف: هدفت الدراسة إلى رصد ونمذجة الكثبان الرملية بالنفوذ الكبير بمدينة حائل، وتعزّز خصائصها، وأنواعها ومورفولوجيتها، ونشأتها، والعوامل المؤثرة، وتغيراتها عبر الزمن، ومدى خطّرها، وكيفية تقادمها.

المنهجية: اعتمد الباحث بإعداد الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بعد، ونظم المعلومات الجغرافية، وذلك باعتماد مركبات فضائية لفترتين: الأولى 1988 م من المستشعر TM المحمول بالقمر الصناعي الأمريكي 4 Landsat 2022 والثانية 2022 م من المستشعر OLI المحمول بالقمر الصناعي 8 Landsat 8، من خلال التصنيف الموجي باستخدام (V.16.7)، واعتمد على الخرائط الجيومورفولوجية، والطبوبغرافية، والبيدرولوجية، لدراسة الخصائص الجيومورفولوجية، ومعرفة خصائص الكثبان الرملية.

النتائج: كشفت نتائج الدراسة للمظير المورفولوجي لغطاء الأرض هو الكثبان الرملية بمساحة 12548.87 كم<sup>2</sup> تشكّل 98.61 %، يليه الأراضي الزراعية بمساحة 167.41 كم<sup>2</sup> تمثل 1.32 %، فالممناطق العمرانية بمساحة 9.43 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07 %، وأن أنواع الكثبان الرملية هي: طولية، قبابية، إرباسيات رملية، وغيرها بمساحة 3,309.49، 1,766.05، و 7390.26، و 259.91 كم<sup>2</sup> على الترتيب، والاتجاه العام لزحف الكثبان من الشرق إلى الغرب، وأن أعلى معدل زيادة للكثبان وتركمها بالجهة الشمالية والشمالية الغربية. ويعزى ذلك لتأثير الرياح، وحدّدت 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: المرئيات الفضائية وباستخدام البرمجيات الخاصة تبيّن أن الكثبان الرملية متعددة الأنواع بمنطقة الدراسة، وذات خصائص موفرولوجية ومورفومترية متباعدة، كما تميزت بالдинاميكيّة المستمرة وباتجاه عام للزحف مما كان لها الأثر السلبي الواضح في الأراضي الزراعية والعمران على حد سواء.

الكلمات الدالة: الجيومورفولوجيا، تقنيات، موفرمتر، الكثبان الرملية، النفوذ 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، ممثلة 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) (الوليعي، 1994م)، إضافة لتكوينات متفرقة، منها (المظهور، والثؤرات، والملحاء، وقُبَيْفَدَة، والرَّيْي، والسَّر، والعَرِيق، وعُوقَ سُبَيْع).

تعتبر شبه الجزيرة العربية من البيئات الجافة، المنتشر بها الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن التعرية الريحية والإراسبة، وتمثل التكوينات الرملية الإراسبة 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 الرياعي المتأخر على تشكيل الكثبان الرملية بنفوذ بريدة، والكثبان القبابية بنفوذ الثوريات، والكثبان الطولية بنفوذ المظہور والنیالك بنفوذ السر (الدغيري، 2012م)، بينما ساعدت الرياح الجنوبية الغربية التي تزامنت مع فترات الجفاف في عصر البلايستوسين في تراكم الكثبان الطولية بمنطقة النفوذ. أما الإراسبات الرملية المتراكمة بنفوذ الدهناء تزامنت فترات الجفاف خلال العصر الرياعي المتأخر التي نشأت من الرياح الشمالية الشرقية (الدغيري، 2012م).

الكثبان الرملية هي تراكم وتحجيمات لحبوبات الرمل على شكل تلال أو هضاب بفعل الرياح، وتحدث عمليات زحف الرمال في الأراضي الجافة وشبه الجافة، وتعد إحدى علامات تدهور الأراضي لأنها تؤدي إلى التصحر (حضر، 2006م). انجراف الرمال وحركة الكثبان الرملية أحد المخاطر الجيومورفولوجية الرئيسية التي تؤثر في نشاطات استخدام الأرضي المختلفة (Al-Harthi, 2002; Abu Seif and El-Kashab, 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 دراسة آل سعود (2004م) لمراقبة زحف الكثبان الرملية بواحة الإحساء، وتوصلت الدراسة لمعرفة أنواع الكثبان الرملية، دراسة عبد الحميد (2007م) لدراسة الكثبان الرملية بحقن الجافورة، كما هدفت الدراسة إلى تمييز الكثبان النشطة والساكنة والمقيدة والكثبان العارية، وذلك باستخدام الاستشعار، دراسة الجعيدي (2020م) لمراقبة زحف الرواسب الرملية الريحية وسط المملكة العربية السعودية، حيث استخدمت الدراسة

اما ما يميز الدراسة الحالية هو استخدامها لبرنامج ArcGIS Imagine V.16.7 (ERDAS Imagine) 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 اجراء البحث حيث جرى استخدام مركبات فضائية، خرائط جيولوجية وطبوغرافية، كما جرى الاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية بهدف تعريف التباين في المناسبات بمنطقة الدراسة، كما جرى اجراء معالجة العديد من الصور الجوية والمركبات الفضائية بهدف رصد تغيرات الكثبان اضافة الى 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 المكانى" وربط ذلك بذلك بالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية حيث جرى توظيفهما برصد حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، ومعرفة أنواع الكثبان الرملية ومورفومتريتها وخصائصها، اذ كان الاعتماد على الاستشعار من خلال الصور الجوية والمركبات الفضائية كما جرى الاستفادة من نظم المعلومات الممثلة ببرنامج ERDAS كما استخدام "المنهج الوصفي" لوصف منطقة الدراسة من امتداد واتجاه وأبعاد وأسباب تكوينها وتصنيفها وتطوراتها ووصف الظاهرات بالعمل الميداني لرصد وتتبع حركة الكثبان والوقوف على مناحية أخرى، كما وظفت الدراسة "المنهج التحليلي" في تحليل بيانات منطقة الدراسة التي سيتم الحصول عليها من المركبات الفضائية والخرائط الرقمية.

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

اما عملية تعريف أسباب نشأة الكثبان الرملية وأبرز خصائصها الجيومورفولوجية، وأنواعها السائدة، والخصائص الطبيعية والجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة ودورها في تشكيل الكثبان الرملية، وتعريف مساحة واتجاه حركة الكثبان الرملية وما ينجم عن ذلك من اخطار كلها كانت كتساؤلات اثارها الباحث.

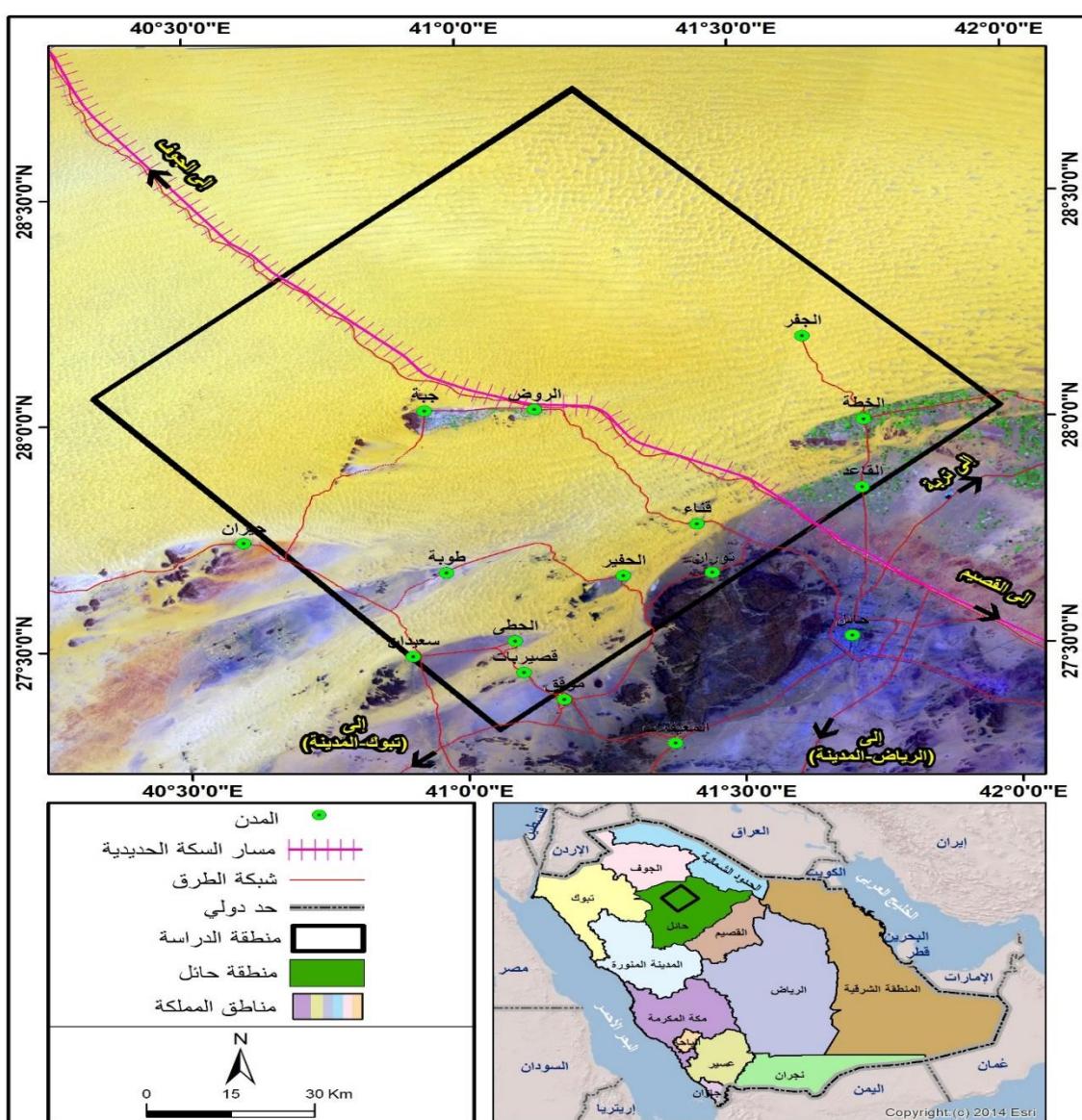
سعت الدراسة الى تحقيق اهداف كدراسة نشأة وخصائص الكثبان الرملية، وأسباب تنوعها، ومعالمها الجيومورفولوجية، إضافة لحصر الانواع

المنتشرة من الكثبان وحصر مساحاتها واتجاهاتها، أما 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 دائري عرض "19°19'27" و"19°44'28" شمالي وبين خط طول "40°19'58" و"41°51'27" شرقياً، وقد بلغت مساحة منطقة الدراسة 12725.71 كم<sup>2</sup> نحو 2.05% من التكوينات الرملية، وحوالي 0.59% من مساحة المملكة، تتمتد منطقة الدراسة من مدينة حائل وسلسلة أجا الجبلية ناحية الجنوب لمنتصف النفوذ الكبير بامتداد طولي يبلغ حوالي 155 كم، كما تتمتد منطقة الدراسة بالقرب من جبل شظاظة غرباً حتى شرق مدينة الخطة بامتداد عرضي يبلغ 160 كم، وتعتبر منطقة الدراسة محورية بالملكة 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).

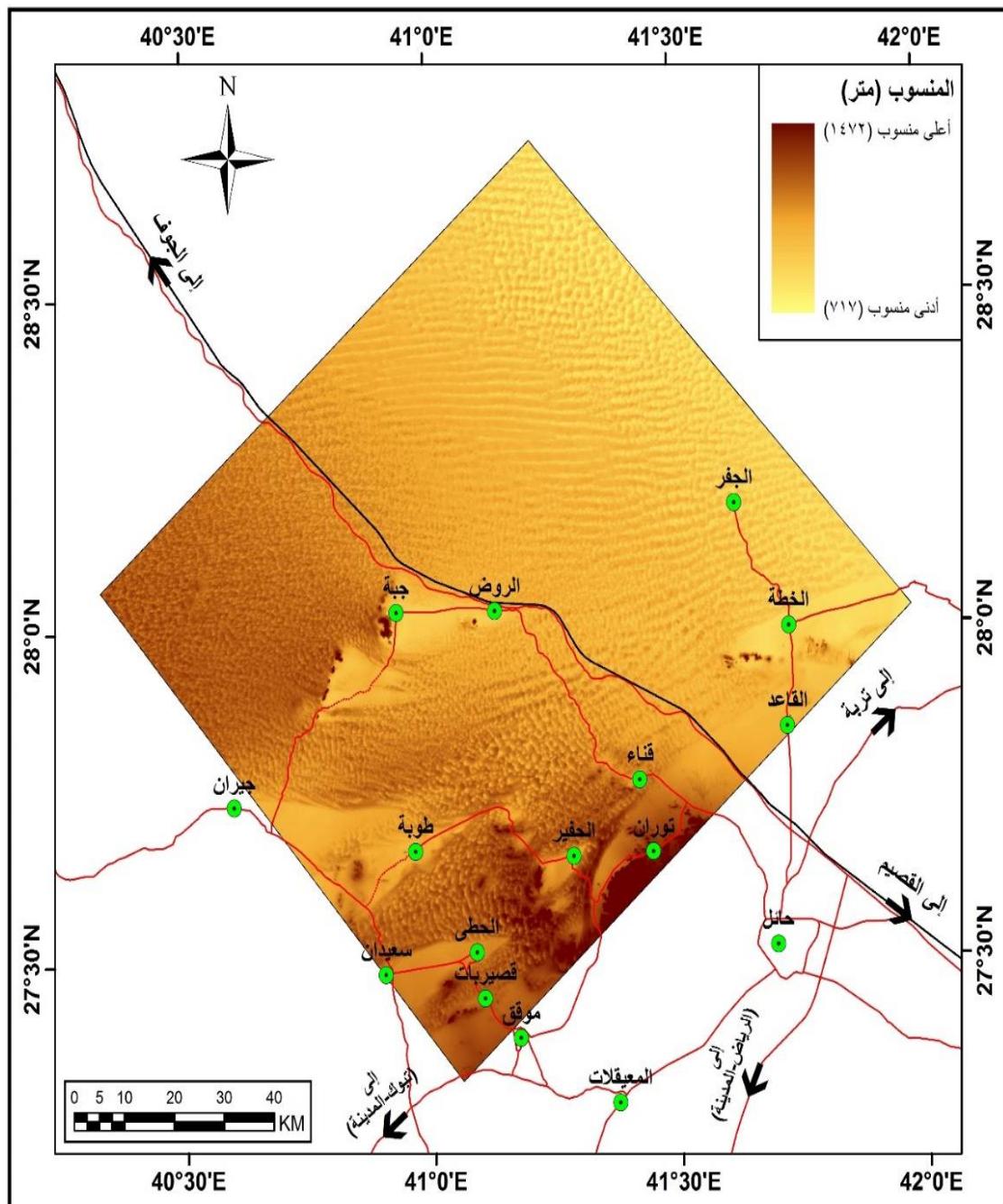
تعتبر منطقة الدراسة الجزء الجنوبي لبحر رمال النفوذ الكبير الذي يقع شمال شبه الجزيرة العربية، حيث تنتشر القمم الجبلية مثل جبل أجا، وأم سنمان، والمرابيب، وغيرها، كما توجد الواحات مثل واحة جبة والقاعد والخطوة والسطحة.



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

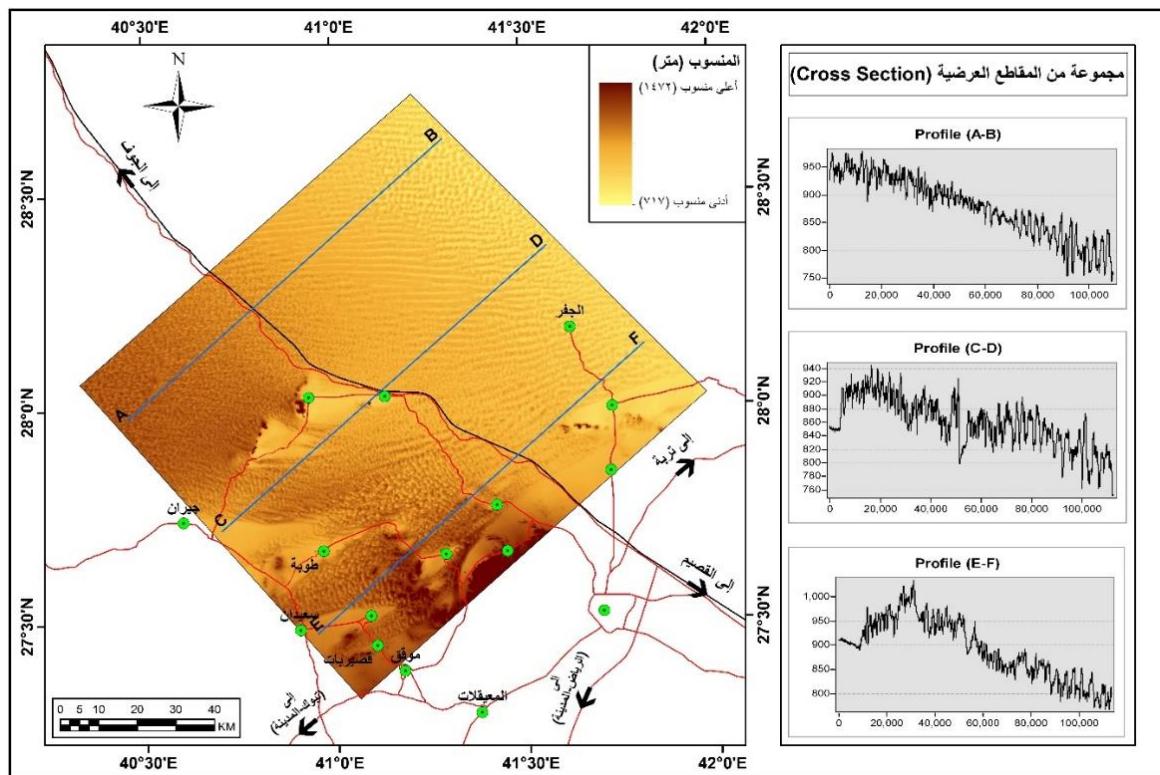
المصدر: المرئية الفضائية OLI/Landsat8، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)

تترواح مناسبات منطقة الدراسة (717-1472م) فوق سطح البحر، وفرق ارتفاع يصل 755م، وبدراسة نموذج الارتفاع الرقمية لمنطقة الدراسة تبين أن سطح الأرض يأخذ بالارتفاع التدريجي من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وقد جرى تقسيم نماذج الارتفاعات الرقمية إلى ثلاثة فئات، تتراوح مناسبات 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، إضافةً لبعض الواحات في الوسط كجبلة والخطوة وغيرها، وتترواح مناسبات الفئة الثانية (842 و 915) م فوق مستوى البحر بارتفاع 73م، ومساحتها 5492.42 كم<sup>2</sup> بنسبة 43.16%， وتتركز هذه الفئة في الجزء الأوسط إضافةً ل الواحات في الغرب كحران والمحفور وغيرها، أما الفئة الثالثة فمناسباتها (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 مناسبات مناطق الدراسة، والشكل (3) يوضح قطاعات مناسبات مناطق الدراسة.



شكل (2): مناسبات منطقة الدراسة عام 2022م

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



شكل (3): قطاعات مناسبة لدراسة عام 2022م.

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

#### 4. الدراسات السابقة:

دراسة آل سعود (2004) 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 المكافى، والبرخان، دراسة عبد الحميد (2007) استخدمت تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكثبان الرملية بحقل الجافورة، هدفت الدراسة إلى التمييز بين الكثبان النشطة والساكنة والمقيدة بالنباتات والكثبان العارية وكثبان الأصل البحري والقاري، بالإضافة لرصد حركتها بمضاهاة بيانات الاستشعار عن بعد بفواصل زمني قدره 17 سنة، دراسة العاني (2012) النمذجة المكانية لمورفولوجيا 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 سميكة، وهلالية، وانسيادات رملية، وأراضي جرداً، ورواسب ريحية ومنحدرات، دراسة الدغيري (2012) الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكثبان في صحراء الدهنهاء شمال القصيم، توصلت الدراسة أن إحمرار رمال المنطقة ترداد كلما جرى الابعد عن وادي الرمة، وأن هذا اللون مرتبط بتركز أو انخفاض الهيماتيت في الكثبان القبابية والنجمية وأعراض الكثبان الطويلة عالية الارتفاع، دراسة دسوقي وحجاب (2015) التحليل المورفومترى للكثبان الرملية الهاابطة على منحدرات الحافة الغربية لواudi النيل بين أسيوط وسوهاج، توصلت الدراسة أن الأشكال الرملية نادراً ما تحتفظ بأشكالها وخصائصها في أثناء المبوط لأن تكون طولية أو هلالية، إلا إذا كانت تتحرك من أعلى المرتفعات لحضيضها عبر الأودية الجافة المتعددة مع اتجاه الرياح، دراسة الموسوي وعبد الواحد (2016) الأشكال الأرضية المتأثرة بالرياح غرب محافظة واسط، هدفت الدراسة إلى تحديد حجم التعريفة الريحية، وتحديد التباين المكانى لتوارد الكثبان الرملية، وإثارتها البيئية، توصلت الدراسة بوجود عدة أنواع للكثبان الرملية (هلالية وطولية والنباك المتحرك والثابت)، دراسة إسماعيل وأخرون (2017) تثبيت الكثبان الرملية باستخدام الجير المطفأ، هدفت الدراسة إلى إيجاد حل لمشكلة الكثبان الرملية وزحفها المهدى للأراضي الزراعية والمؤدى التصحر، وتوصلت الدراسة إلى إمكانية ثبات الكثبان الرملية المغطاة بمادة الجير المطفأ لمدة أكثر من عام ونمو نباتات على السطح، دراسة عبد الكاظم وأخرون (2018) علاقة التذرية الريحية بحركة الكثبان الرملية بمحافظة المثلث، 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 كم<sup>2</sup>

كم 2، وعام 2017م بلغت 10189.76 كم<sup>2</sup> تمثل 19.7% من مساحة المحافظة. دراسة آل زينه (2020) تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مراقبة زحف الرمال والتنبؤ بحركتها في محافظة بدر بالمدينة المنورة، بالاعتماد على تحليل المركبة الفضائية من القمر الصناعي لاندستس لمراقبة الكثبان والتنبؤ بحركتها قبل وصولها النطاق العمراني، وأظهرت النتائج زيادة في عمليات زحف الرمال بـ ١٥٠ كم<sup>2</sup> سنوياً للفترة (2012-2016) بمحافظة بدر، دراسة الكيادي وأخرون (2020) 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 آثارها، أظهرت النتائج طبيعة الكثبان الرملية وزحفها بمنطقة الدراسة، ذات تغطية نباتية ضعيفة نسبتها 0,139 كم<sup>2</sup> من مساحة منطقة الدراسة، دراسة الجعيدي (2020) استخدمت بيانات الأقمار الصناعية لمراقبة زحف الرواسب الرملية الريحية وسط المملكة العربية السعودية للفترة خلال 1985-2019م، باستخدم 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 2000 مقارنة بثمانينات وتسعينيات القرن الماضي ولم تتجاوز 40%， دراسة الضبيحي (2022) عقل نفود الثوريات: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقيّة باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية، نتائج الدراسة أن التكوينات الرملية في منطقة نفود الثوريات حدّيثة التكوين ونمطها السائد كثبان قبابية، ساعد على نشأتها التكوينات الجيولوجية الرسوبيّة والمناخ الجاف وسرعة الرياح، وندرة الغطاء النباتي.

الدراسات الغربية/ دراسة يانغ وأخرون (2019) خصائص الكثبان الرملية ونظام الرياح ونقل الرمال بصحراء حبق بالصين، هدفت الدراسة إلى تحليل ارتفاع الكثبان الرملية ونوعها وتوزيعها المكاني والزمياني وتحليل للتغيرات للفترة (2009-2018م)، توصلت الدراسة أن ارتفاع الكثبان يتراوح (5.1- 10) م ويتناقص تدريجياً من الغرب إلى الشرق، دراسة زمانی وأخرون (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 وتتدفق رمل التصريف باتجاه الانجراف الناتج من 53.4 إلى 319.1 ومن 13.8 إلى 247.6 مم للعام، دراسة رشيد والرمادي (Rasheed and Al-Ramahi, 2021) كشف تأثير تغير المناخ على التصحر والرمال وتكون الكثبان الرملية شرق نهر دجلة بمحافظة صلاح الدين بالعراق، توصلت الدراسة زيادة مساحة التصحر إلى 3028 كم<sup>2</sup> عام 2019 مقارنة بعام 1990م، وتغير زحف الكثبان الرملية مع الرياح نتيجة هبوب الرياح باتجاه شمال غربي، فتوسعت الكثبان باتجاه الجنوب والجنوب الغربي على حساب المساحات المزروعة حيث تعدد بمقدار 20 كم مقارنة بعام 1990م، دراسة مجاهد وأخرون (Megahed, et al, 2021) نمذجة المخاطر البيئية للكثبان بوابة الخارجة بالصحراء الغربية بمصر، بتقنيات الاستشعار هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير حركة الكثبان ومعدلات حركتها واتجاهاتها والأثار المحتملة في الطرق والأراضي المزروعة والحضرية والأثرية، نتائج الدراسة أن الكثبان الرملية تشكل خطراً على الواقع المختلطة.

ما سبق يمكن القول افتقار منطقة الدراسة لدراسة متخصصة تستقصي جيومورفولوجية الكثبان الرملية، وديناميكيتها، 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 خريطتين، 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	°28 - °26	°42 - °39
الجوف	NH-37-SE	°30 - °28	°42 - °39

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 ثلاثة لوحات، اثنان بمقاييس 1:250.000، والثالثة بمقاييس 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**

خطوط الطول (ق)	دوائر العرض (ش)	رقم اللوحة الدولي	رقم اللوحة المحلي	مقاييس الرسم
°42 - °40'30	°28 - °27	NG-37-4	27 E	GM-115 C 1:250000
°40'30 - °39	°28 - °27	NG-37-3	27 D	GM-138 1:250000
°42 - °39	°32'15 - °28		1-201 A	1:500000

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

### 3.5 المرئيات الفضائية:

تم تحميل مرئيات تعطي 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 8 Landsat، الجدول (3) خصائص المرئيات.

**جدول (3): المرئيات الفضائية المستخدمة لرصد تغيرات منطقة الدراسة لـ (1988م و2022م)**

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

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات 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 تجيز مصادر البيانات:

مراحل وخطوات منهاجية العمل لرصد ملامح التغير بمساحة واتجاهات الكثبان بمنطقة الدراسة خلال أثني عشرة مرحلة عن طريق برنامج معالجة الصور الجوية والمرئيات 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، وامكانية الاستفادة من المنطقة.

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

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

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

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

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

تم تجميع المرئيات الفضائية لكل عام لتكون مرئية واحدة تعطي المنطقة، وتم تجميع المرئيات داخل برنامج Erdas Imagine من خلال الأمر Mosaic Pro.

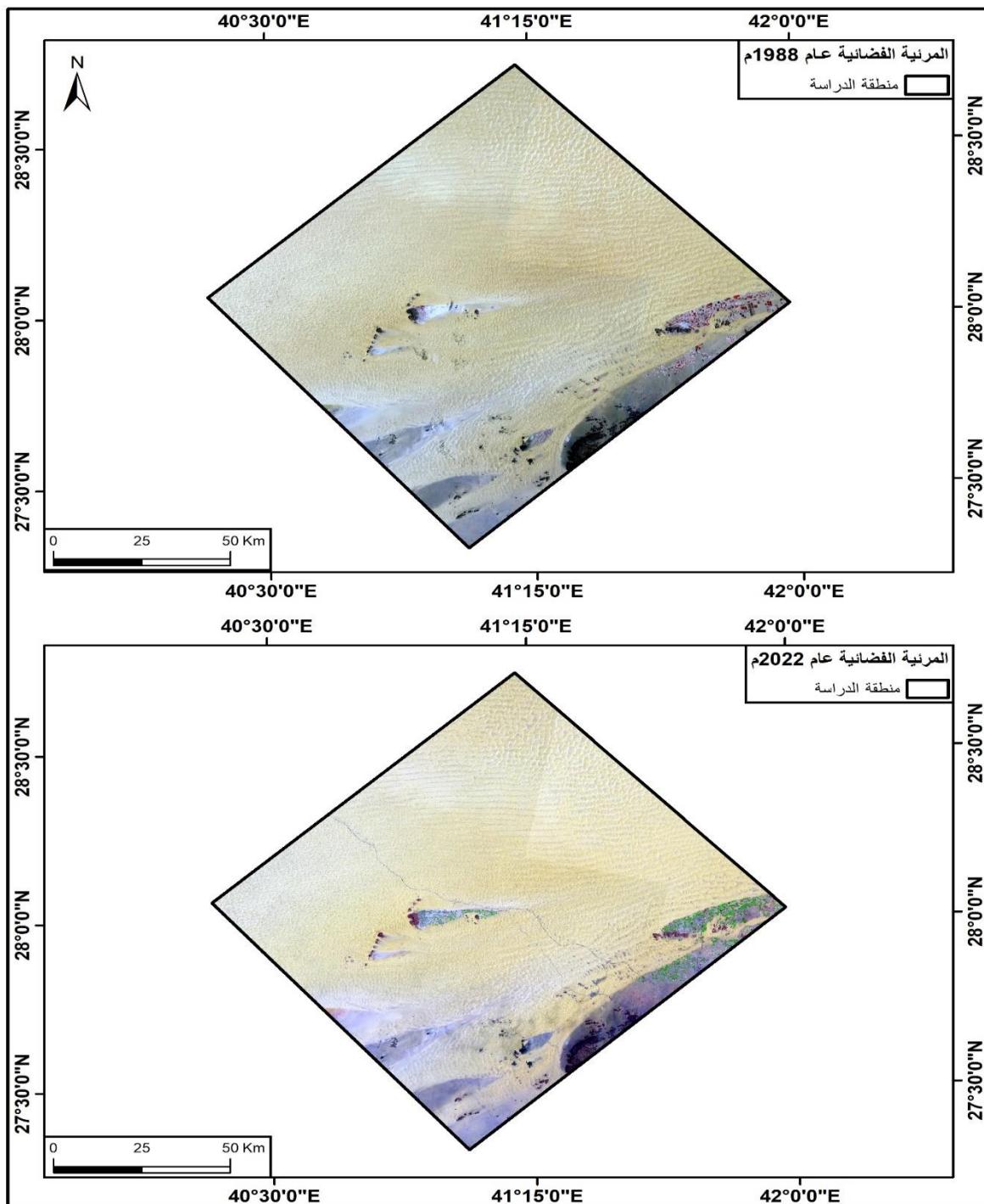
#### 5.6 قص منطقة الدراسة (Subset Image):

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

Imagine من خلال إضافة ملف AOI ثم إنشاء ملف Shapefile لتم 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 الظاهرات 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 و 2022 م)

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

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

لوجود التداخلات الطيفية بالمرئيات Landsat يجري إجراء التحسين الطيفي للمرئية لزيادة دقتها الطيفية وسهولة تفسيرها، وتم إجراء التحسين الطيفي للمرئية 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) للصور TM بالمعادلة التالية:

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

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

### 9.6 التصنيف الموجه (Supervised Classification):

تساعد عملية التصنيف بتنميته وتحقيقه وفصل الظاهرات من المرئيات الفضائية، اذ بعد تحديد البصمات الطيفية للظاهرات يجري تصنیف المرئية لفئات لونية توضح أنواع الغطاء الأرضي وعن طريقها يسهل حساب مساحات كل صنف، وتمت عملية التصنيف الموجه داخل برنامج Erdas Imagine باستخدام Maximum Likelihood. اذ انه 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 العمran وغيرها.

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

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

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

حيث N: عدد العينات،  $\sum_{i=1}^K x_{il}$  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 للمرئيات الفضائية.

جدول (4): دقة التصنيف المرئيات الفضائية بمنطقة الدراسة (1988 و2022م)

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

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية لفترات المذكورة، من برنامج Erdas Imagine

جدول (5): نتائج تطبيق دقة التصنيف للمرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة لعام 1988 م و 2022 م

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

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المرئيات الفضائية لفترات المذكورة، من برنامج Erdas Imagine

#### 7. النتائج والمناقشة:

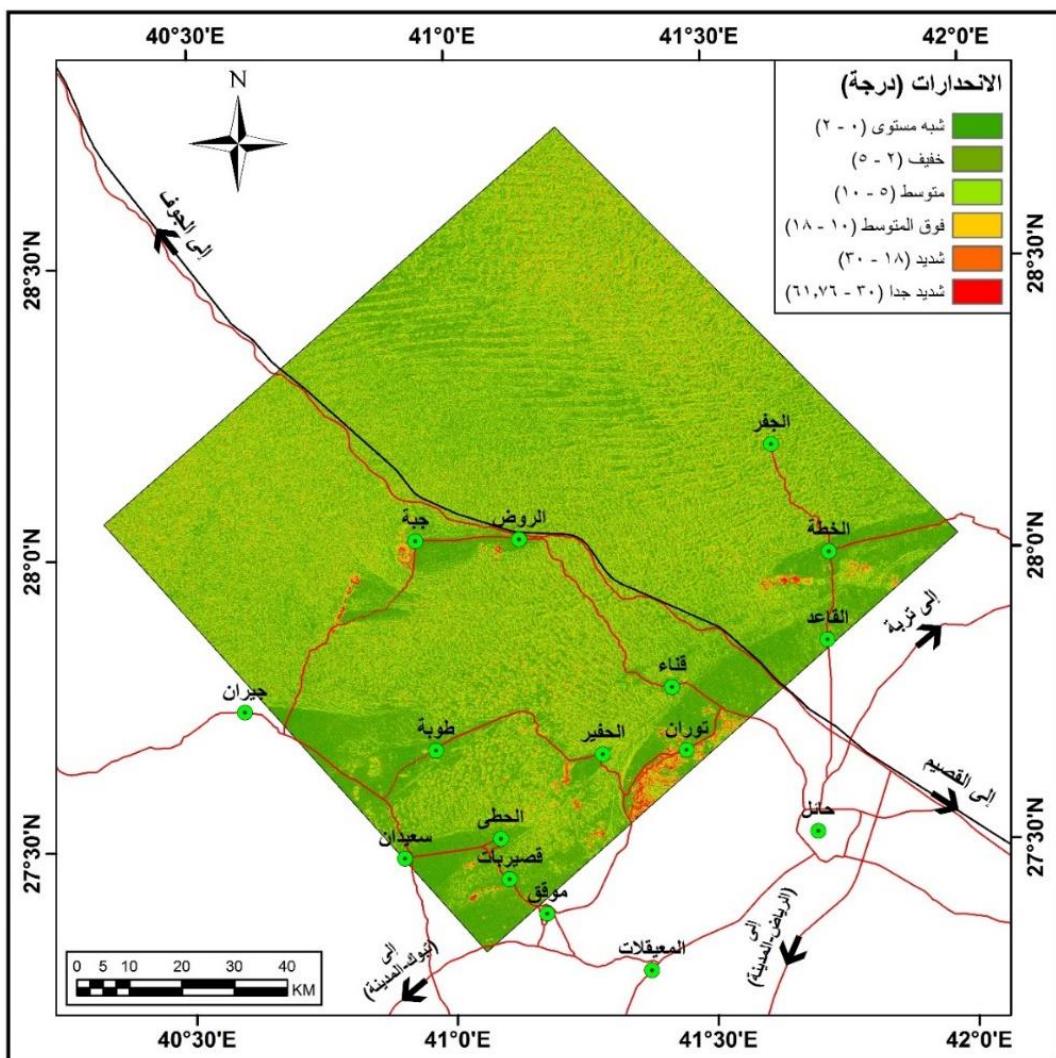
لقد جرى التوصل بعدد من النتائج في هذه الدراسة من خلال مجموعة من المتغيرات كان لها الدور في اظهار هذه النتائج سيتم مناقشتها أدناه حيث كان هناك علاقة طردية بين الانحدار وحركة الكثبان الرملية بمعنى الدور الواضح للانحدار في تسريع حركة الكثبان الرملية مع توافق العوامل الأخرى، في ظل التنوع في درجات الانحدار 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 التشتيت بالاتجاهات في اثناء حركتها.

تباعين التكوينات السطحية لمنطقة الدراسة من الترب والتكونيات الصخرية الا ان ما نسبته 40.86% 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 بالتطور 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 يتبع الفرصة امام الرياح مثلاً ان يكون تأثيرها أكبر من فصل الشتاء.

#### 1.7 الخصائص الانحدارية لمنطقة الدراسة:

حسب تصنيف (Demek, 1979) جرى تعرُّف انحدارات منطقة الدراسة التي تتراوح درجاتها بين المستوى بدرجة انحدار صفر، وشديدة الانحدار بدرجة انحدار 61.76 درجة)، وتتركز مناطق الانحدار البسيط جداً بالواحات 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.

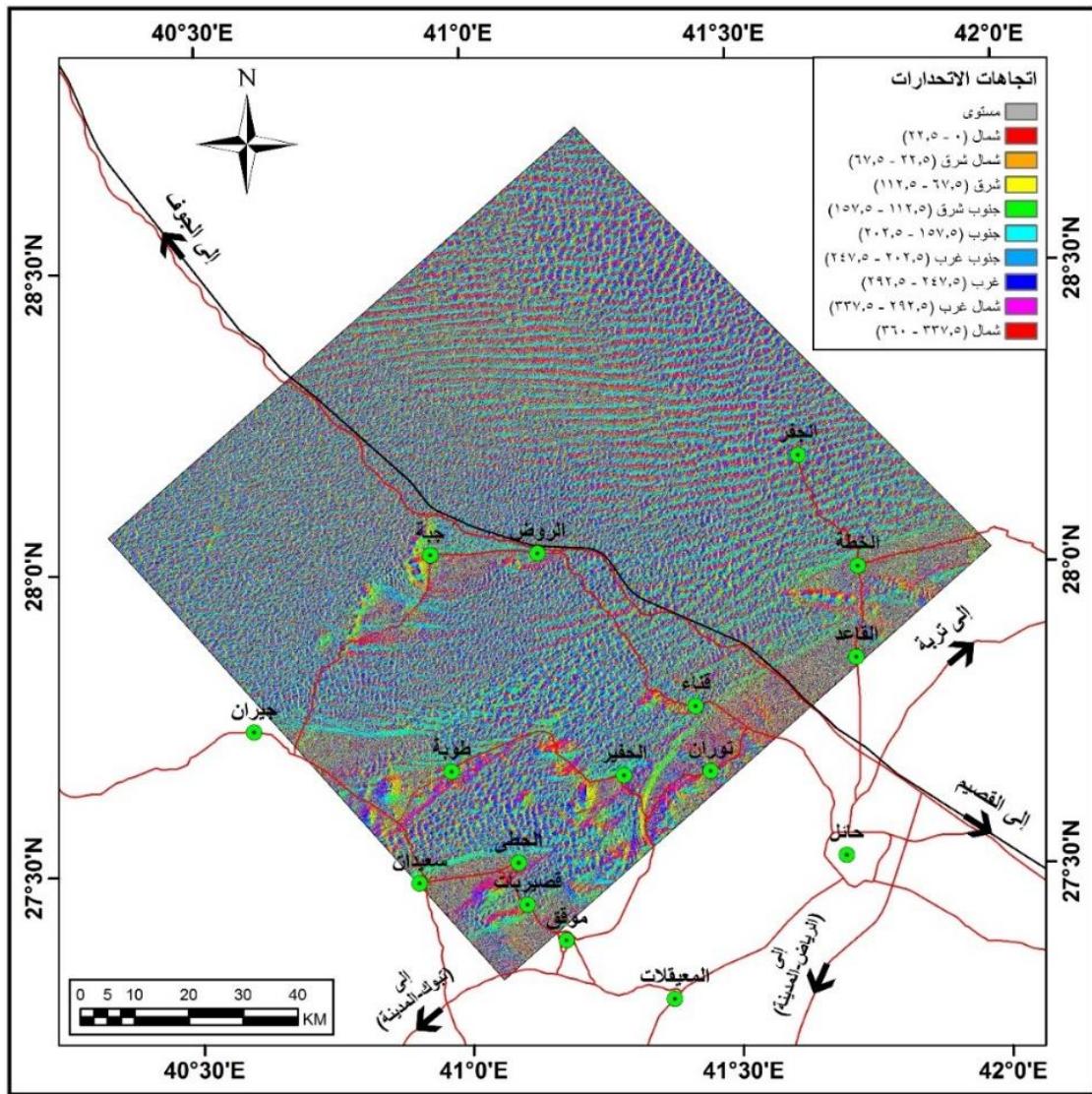


شكل (5): الخصائص الانحدارية لمنطقة الدراسة عام 2022م

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 الرسوبيّة لإقليم الرف القاري، الذي ينحدر من الجنوب الغربي والمتأخرة للدرع العربي، إلى الشمال الشرقي المتاخمة لساحل الخليج العربي، اذ للاتجاه العام لانحدار السطح تأثير واضح في تقدم الكثبان الرملية اضافة لعامل الرياح، وذلك بدليل التوافق العام لعملية تقدم الكثبان مع اتجاه الانحدار. تشغّل اتجاهات الانحدارات الجنوبيّة، والشماليّة الغربيّة، والجنوبيّة الغربيّة، والغربيّة النصيّب الأكبير 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، اما المناطق المستوية بالاجزاء الشماليّة الشرقيّة، والشرقيّة مساحة 25.45، و1177.13 كم<sup>2</sup> بالترتيب بنسبة 0.2، و9.25، و9.3% من منطقة الدراسة، الشكل(6) الاتجاهات التفصيليّة 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 جيولوجيًا 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 والأورديفيري، أما الإرسبات المغطية معظم المنطقة فترجع للزمن الجيولوجي الرابع وتشكلت خلال العصرين الجيولوجيين البلاستوسين والميوسين.

ت تكون 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 التغطى لا توافقياً بمتتابعات من الغطاء الروسي الأحدث، وتزداد سماًًا وحداثة في هذين الاتجاهين، وبعض أجزائها تتغطى صخور الدرع العربي بالطفوح البركانية، وتغطي بأجزاءً متتابعة من الغطاء الروسي، وينتشر فوق هذه الصخور، وغطائها صخور حقب الحياة الحديثة الروسوبية برسوبيات الكثبان الرملية الثابتة والمحركة، وبعض رواسب البحيرات والأودية، والسبخات الحديثة، لوحة جيولوجية واحدة غطت المنطقة بمقاييس (1:250.000)، ولوحة جيولوجية مقاييس (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 فتحولت أجزاء وحصتها بأحزمة ضيقة

ومتضاغطة بين كتل الصخور النارية المتداخلة ذات التركيب الجرانيتي، والتتابعات تضم مجموعة حليفه وت تكون من مكون (نوف وبنانا وحبل حصن وجبلة) بمساحة 12.84 كم<sup>2</sup> تمثل .%0.10

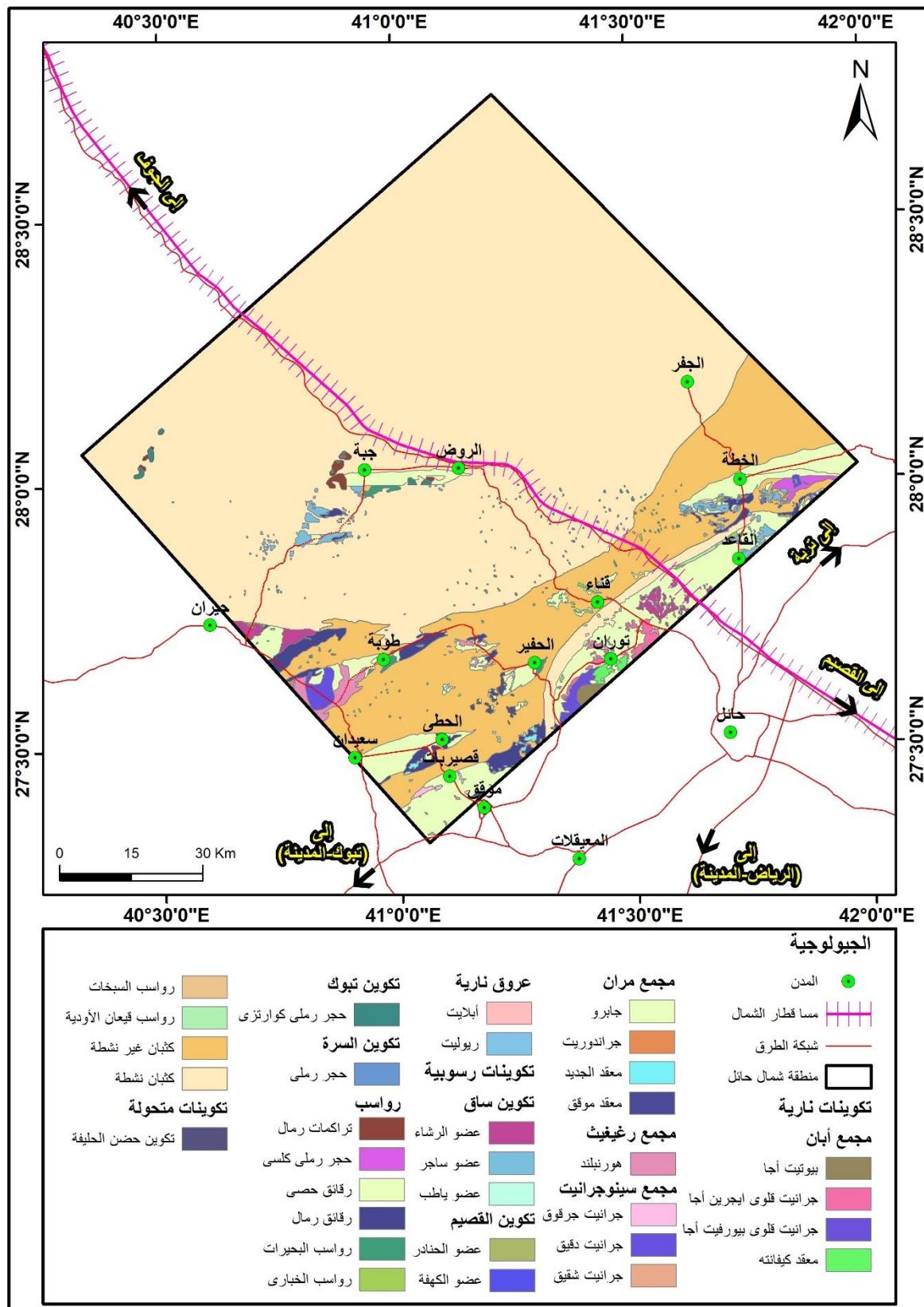
**ثانيًا: المتداخلات النارية:** يخترق تتابعات الصخور الرسوبيه والبركانية القديمة أكثر من أربعين متداخل من الصخور النارية والعديد من الجدد القاطعة المتباينة بتركيبها، وهذه المتداخلات لها علاقة بالطفوح القاعدية المصاحبة لمجموعة حليفه وتشمل الوحدات الصخرية التالية: جنيس أركان، وخليط متداخلات القاعدية والجامضية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

**ثالثً: التكوينات الرسوبيه:** تتكون من نوعين رئيسين (تكوين ساق وتكوين القصيم) اللذان يتمييان لصخور القاعدة الجيولوجية بالأجزاء الشرقية لمنطقة الدراسة، وترجع تكوينات ساق والقصيم بالأساس نسبة إلى التكوينات الجيولوجية التي نشأت بجبل ساق لمنطقة القصيم، التابع لراسيات تima .

ويعود عمرها لعصري الكامبري والأوردوفيشي من الزمن الجيولوجي الأول.

ينقسم تكوين ساق لثلاثة أجزاء (ساجر، والرشاء، وباتيب) 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، وإراسبات الخبراري، والسبخات، وإراسبات سطحية ضحلة، وفيضية، والرمال الريحية، تبلغ مساحة الرواسب بمنطقة الدراسة 12320.05 كم<sup>2</sup> وتشكل .%96.81، والمغطية معظم منطقة الدراسة.



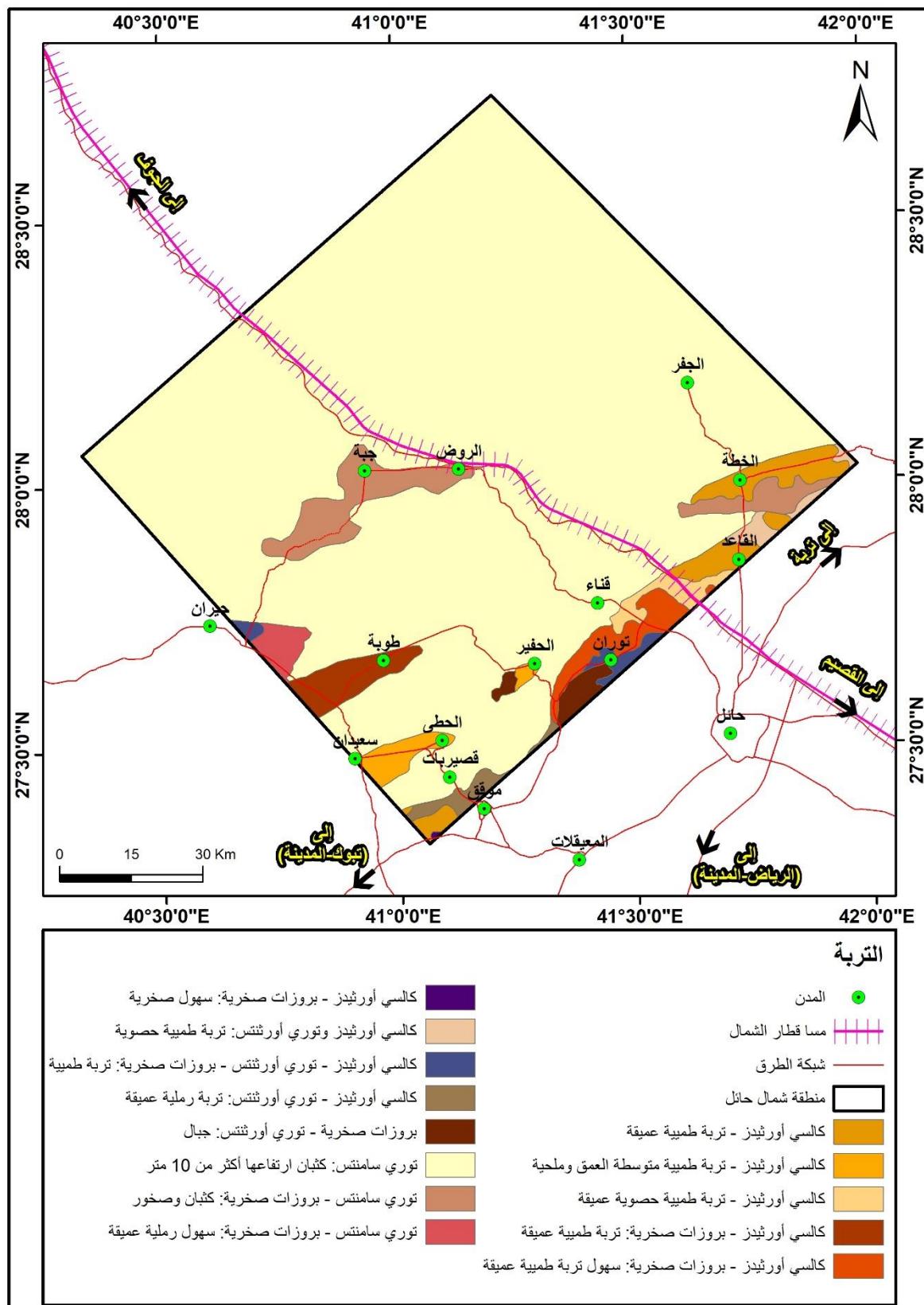
شكل (7): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة عام 2022م

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على خرائط جيولوجية مقاييس 1:250000، 1:500000، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية.

#### 4.7 خصائص التربة لمنطقة الدراسة:

الشكل رقم (8) يوضح أن منطقة الدراسة تقع ضمن عدد 6 خرائط تربة مقاييس 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 308 كم<sup>2</sup> يمثل 3.52%， ويكون من كثبان وصخور، يتركز بوسط وشرق منطقة الدراسة، النوع الثالث كالسي أورثيدز، بمساحته 447.81 كم<sup>2</sup> يمثل 2.42%， وهي تربة طميّة عميقّة، تنتشر بالأجزاء الشرقية والجنوبية، النوع الرابع كالسي أورثيدز - بروزات صخرية، بمساحة 175.91 كم<sup>2</sup> يمثل 1.38%， وهو تربة طميّة عميقّة متسوّبة، تتركز بالجنوب الغربي، النوع الخامس كالسي أورثيدز - بروزات صخرية، بمساحته 174.63 كم<sup>2</sup> يمثل 1.37%， وهو سهل ذات تربة طميّة عميقّة وتلال، تتركز بالجنوب الشرقي، النوع السادس كالسي أورثيدز بمساحة 119.64 كم<sup>2</sup> يمثل 0.94%， وهو تربة طميّة متوسطة العمق ولحّية، تتركز بالجنوب الغربي، النوع السابع كالسي أورثيدز بمساحة 99.68 كم<sup>2</sup> ونسبة 0.78%， وهي تربة طميّة حصوية عميقّة، تتركز بالجزء الشرقي، النوع الثامن توري سامنتس - بروزات صخرية بمساحة 88.65 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.70%， وهي سهل رملية عميقّة وتلال صخرية.

اما النوع التاسع البروزات الصخرية - توري أوثنتس مساحتها 88.42 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.69%， وهي جبال، تتركز بالجنوب الشرقي، النوع العاشر كالسي أورثيدز - توري سامنتس، وهو تربة رملية عميقّة، ومساحتها 85.08 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.67% تتركز بالجنوب والجنوب الغربي، النوع الحادي عشر كالسي أورثيدز - توري أوثنتس - بروزات صخرية بمساحة 74.79 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.59%， وهو تربة طميّة عميقّة، وطميّة حصوية ضحلة، تتركز بالجنوب الشرقي، النوع الثاني عشر كالسي أورثيدز وتوري أوثنتس - بروزات صخرية، وهو تربة طميّة 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 سهل صخرية ذات تربة طميّة متوسطة العمق وصخور.

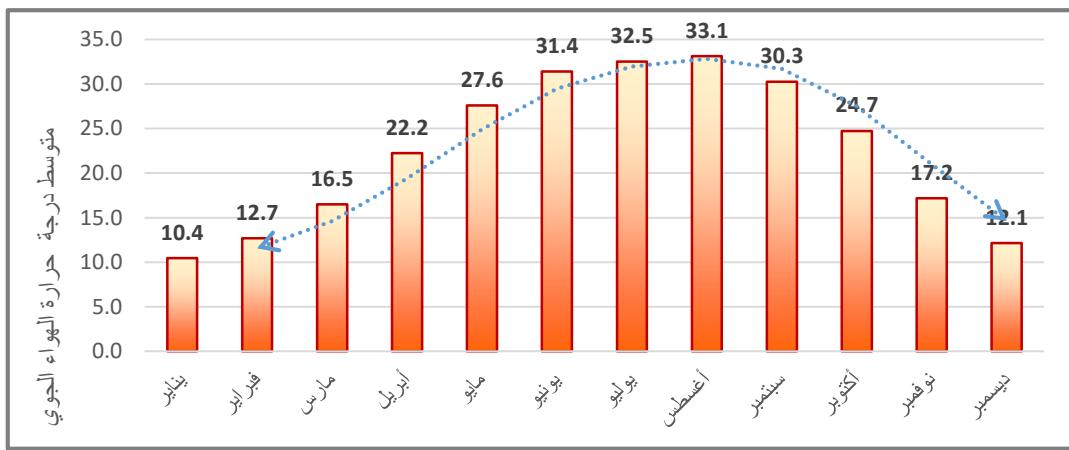


### 5.7 الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة:

تنعى منطقة الدراسة مناخياً وفق تصنيف كوبن المناخي للمناخ المداري الجاف الحار (BWh) أو الإقليم الصحراوي الجاف، لسيطرة 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 ( $10.4^{\circ}\text{C}$ )، وحتى شهر أغسطس أعلى متوسط شهري ( $33.1^{\circ}\text{C}$ )، وتعود المتوسطات الشهرية بالتراجع من أغسطس حتى ديسمبر كثاني أقل متوسط شهري ( $12.1^{\circ}\text{C}$ )، من المنحني الحراري شكل (9)، يظهر المنحني الحراري للمتوسطات الشهرية خلال العام على نحو ملحوظ هذا يفسر الارتفاع الملحوظ لدرجات الحرارة خلال الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس).

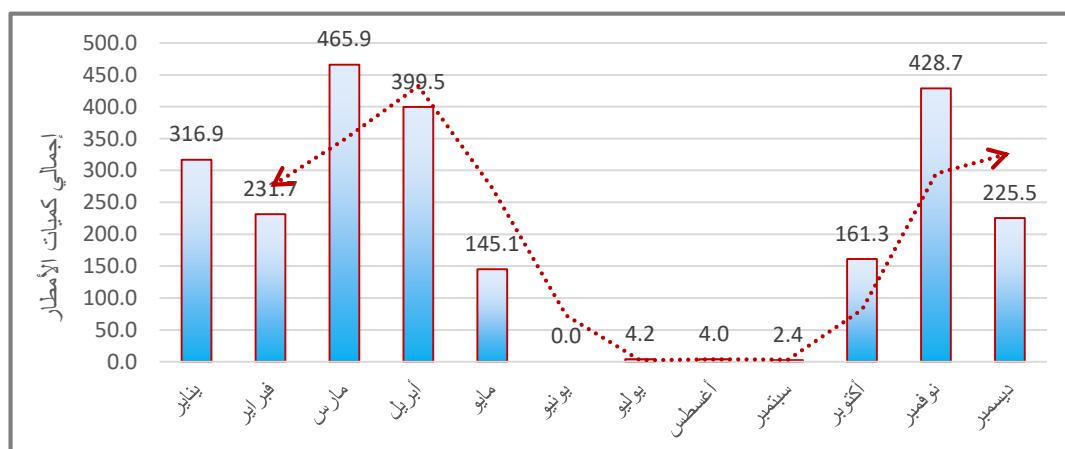


شكل (9): متوسط درجة الحرارة للفترة (1985-2021م) (°)

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، ويسطير الضغط المنخفض بفصل الربيع ويزداد نشاط الهواء وت تكون السحب الركامية والعواصف الرعدية (سقا، 1995)، أدنى كميات هطول الأمطار بشهر الصيف يونيو 0 ملم، ويوليو 4.2 ملم، وأغسطس 2.4 ملم، لتأثر المنطقة في الرياح الجافة.

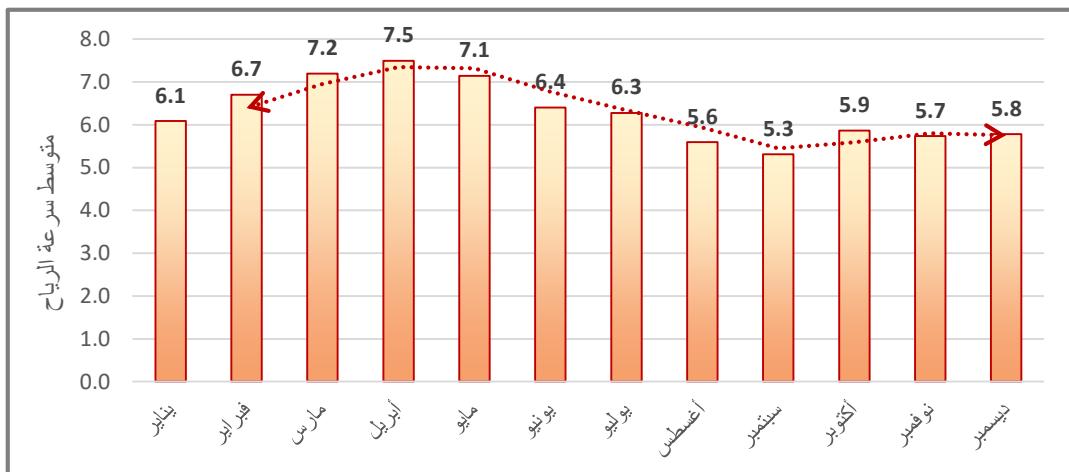


شكل (10): إجمالي كميات المطر المطهور خلال الفترة (1985-2021م) ملم

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 (شكل 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 بشهر الصيف سبتمبر 5.3 عقدة، أغسطس 5.6 عقدة.



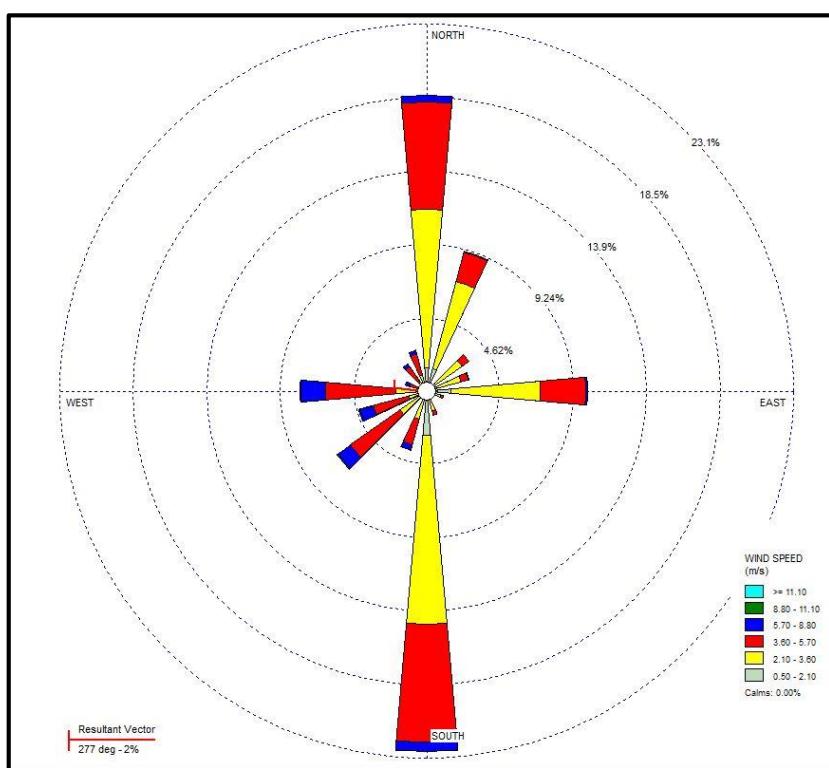
شكل (11): متوسط سرعة الرياح خلال الفترة (1985-2021م) (عقدة)

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

### 4.5.7 اتجاه الرياح السنوي السائد:

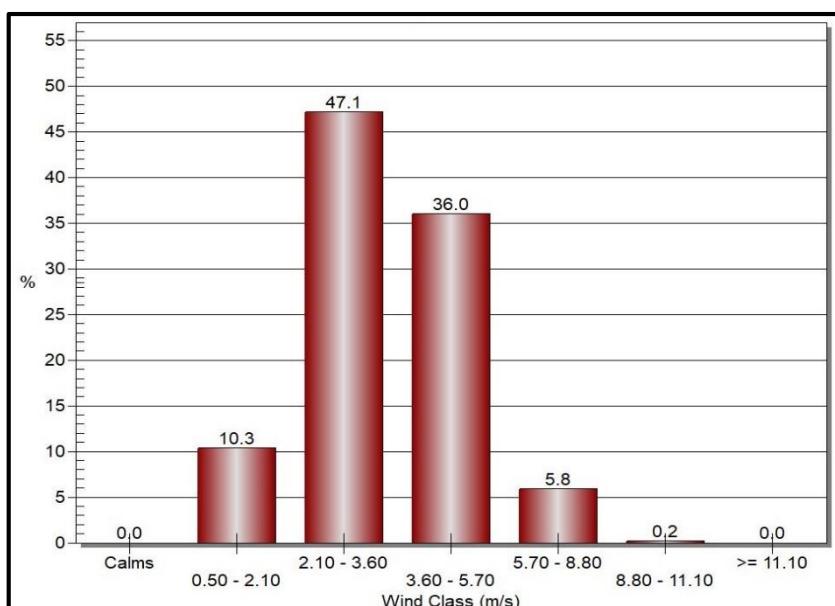
شكل (12) يشير للاتجاه السائد للرياح بمنطقة الدراسة خلال العام رياح غربية، بنسبة 2%. وتشهد حائل تذبذباً للرياح بكافة الاتجاهات على مدار العام، إلا أن النسبة الأكبر شمالية أو جنوبية، وشدها 3.6-5.7 عقدة بنسبة 20% جنوباً، و16% شمالاً، وهناك نسبة من الرياح القوية بسرعة 5.7 عقدة باتجاه الشمال والجنوب ولكن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

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



شكل (12): وردة الرياح السنوية خلال (1985-2021)

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

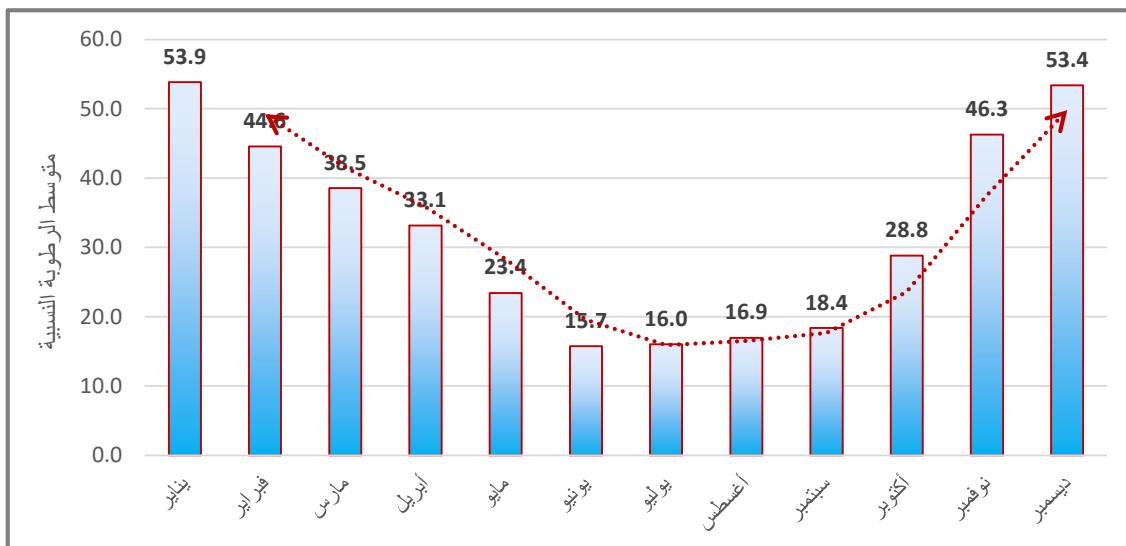


شكل (13): توزيع فئات سرعة الرياح السنوية خلال الفترة (1985-2021)

المصدر: عمل الباحث اعتماداً 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 سجل each 53.9% و53.4% لكل منهما، فيما سجل شهر يونيو أقل متوسط للرطوبة النسبية بواقع 15.7%.



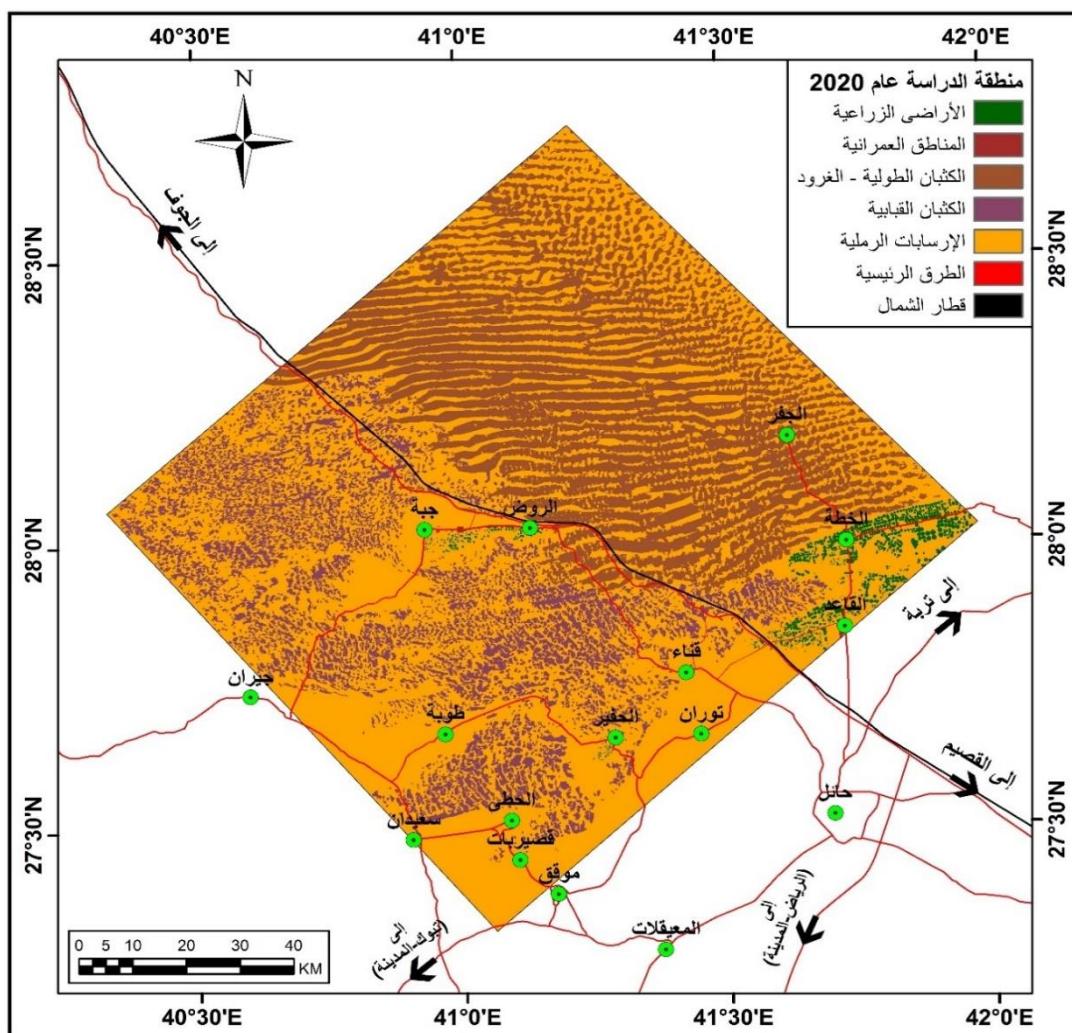
شكل (14): متوسط الرطوبة النسبية خلال الفترة (1985-2021م) (%)

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

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

#### 1.6.7 غطاء الأرض:

الشكل (15) يشير لغطاء الأرض بمنطقة الدراسة هو الكثبان الرملية تتكون من الإربابات 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> وبنسبة 1.32% من منطقة الدراسة، والمتركزة بمدينة جبة والروضبة والخطوة والقاعد، والنوع الثالث مناطق عمرانية بمساحة 9.43 كم<sup>2</sup> تمثل 0.07% الموزعة بالوسط والشرق والجنوب، وتحتقر منطقة الدراسة طرق رئيسية كطريق القصيم – الجوف، ومسار قطار الشمال.

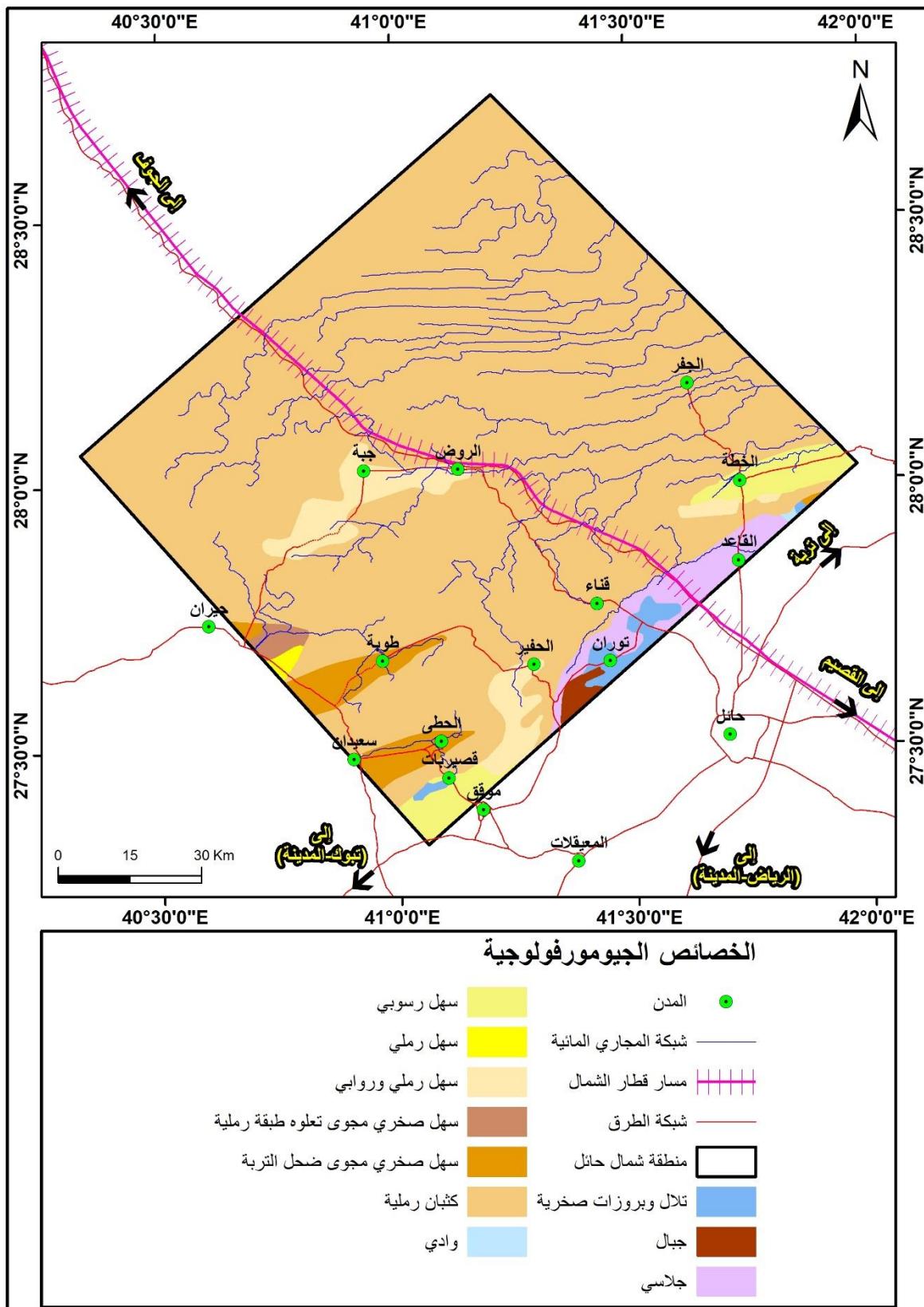


شكل (15): غطاء الأرض لمنطقة الدراسة عام 2020م

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

#### 2.6.7 الخصائص الجيومورفولوجية:

الشكل (16) جرى تقسيم الخصائص الجيومورفولوجية إلى 10 فئات رئيسية: أولها 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 النفوذ شمال 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 مستوى بانحدار 2%， تتركز في الشرق والجنوب، النوع الرابع سهل صخري مجوى ضحل التربة، ومساحته 361.52 كم<sup>2</sup> تمثل 2.84%， انحدارها 2.85% والمراكزة بالجزء الغربي. النوع الخامس بالجلاسي مساحتها 362.33 كم<sup>2</sup> تمثل 2.85%， وانحدارها 2-5% المنتشرة بالجنوب الشرقي، أما النوع السادس تلال وبروزات صخرية رسوبية مساحتها 113.08 كم<sup>2</sup> تمثل 0.88%， هي تلال منحدرة الجوانب بانحدار 30% الموجودة بالجنوب، أما النوع السابع سهل صخري مجوى تعلوه طبقة رسوبية ومساحتها 64.34 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.50% تتركز بالغرب، النوع الثامن الجبال بمساحة 27.23 كم<sup>2</sup> تمثل 0.21%， وتقع هذه الوحدة بالدرع العربي غرب حائل، أما النوع التاسع هو السهول الرملية ومساحتها 53.30 كم<sup>2</sup> بنسبة 0.42%، وتقع من سهل رملي بانحدار 2-5% المراكزة 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 اعتماداً خرائط تربة مقاييس 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 منسوباً، حيث يتجاوز منسوبها 900 متر فوق سطح البحر وبارتفاع يصل 100م. الكثبان الطولية هي الأقل منسوباً لا تتجاوز 850 متر فوق سطح البحر، ولكنها الأكبر ارتفاعاً بمنطقة الدراسة حيث يصل ارتفاعها 125م، أم الكثبان في الوسط هي الأقل ارتفاعاً لا تتجاوز 75م، الشكل (17).

- **الكثبان الرملية الطولية:** هي كثبان طولية مستطيلة الشكل، ومنتهية بقمم حادة ضيقة تفصل بينها مناطق بيئية، تشكلت نتيجة وجود اتجاهين للرياح الأولى رئيسة التي تحكم 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 متباعدة الأحجام، التي تتشكل نتيجة تعدد اتجاهات الرياح السائدة، وتظهر الكثبان القبابية غرب منطقة الدراسة



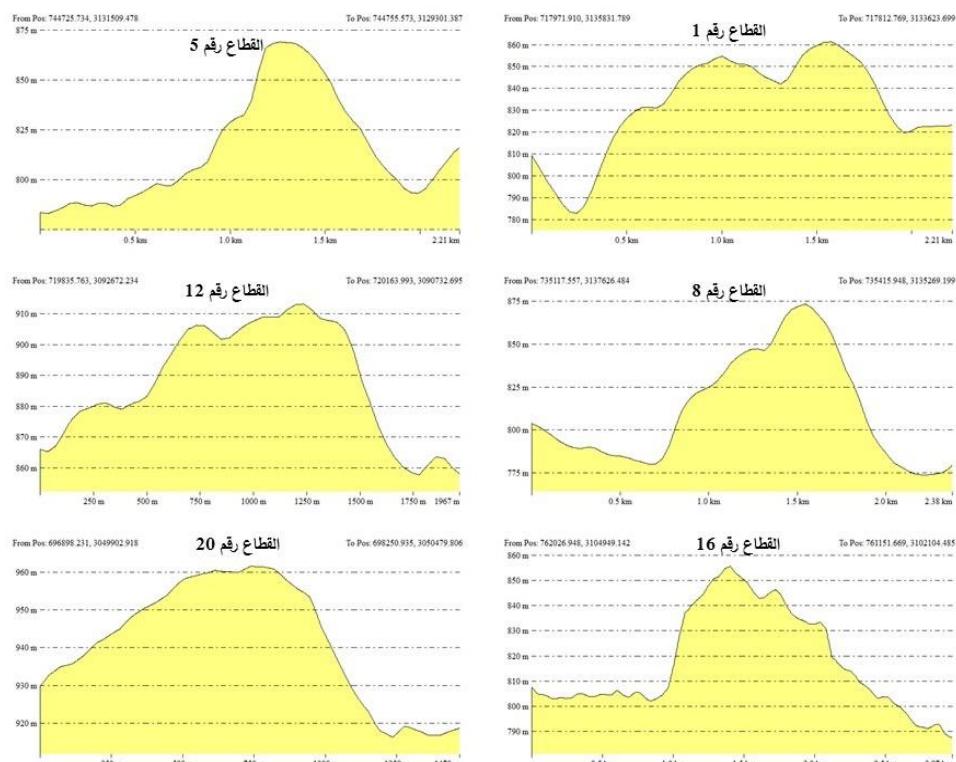
شكل (17): جانب من الزيارة الميدانية لتعريف خصائص الجيومورفولوجية للكثبان الرملية لمنطقة الدراسة في فبراير 2022م،  
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الزيارة الميدانية في فبراير 2022م  
**4.6.7 القياسات المورفومترية لنماذج مختارة من الكثبان بمنطقة الدراسة:**

أشارت القطاعات التضاريسية إلى نماذج الكثبان الرملية المختارة بمنطقة الدراسة الشكل (18) والدراسة الميدانية في فبراير 2022م، والجدول (7) للنماذج المختارة أن أطوال الكثبان تتراوح بين 2.04 كم (كتبان قبابية) و12.97 كم (كتبان رملية طولية)، عرضها 1.21 كم (كتبان طولية) و7.45 كم (كتبان قبابية)، تتراوح مساحات الكثبان 3.37 كم<sup>2</sup> (كتبان قبابية) 71.89 كم<sup>2</sup> (كتبان طولية)، أما ارتفاعها 50 م (كتبان قبابية) و115 م (كتبان طولية).

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

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

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:

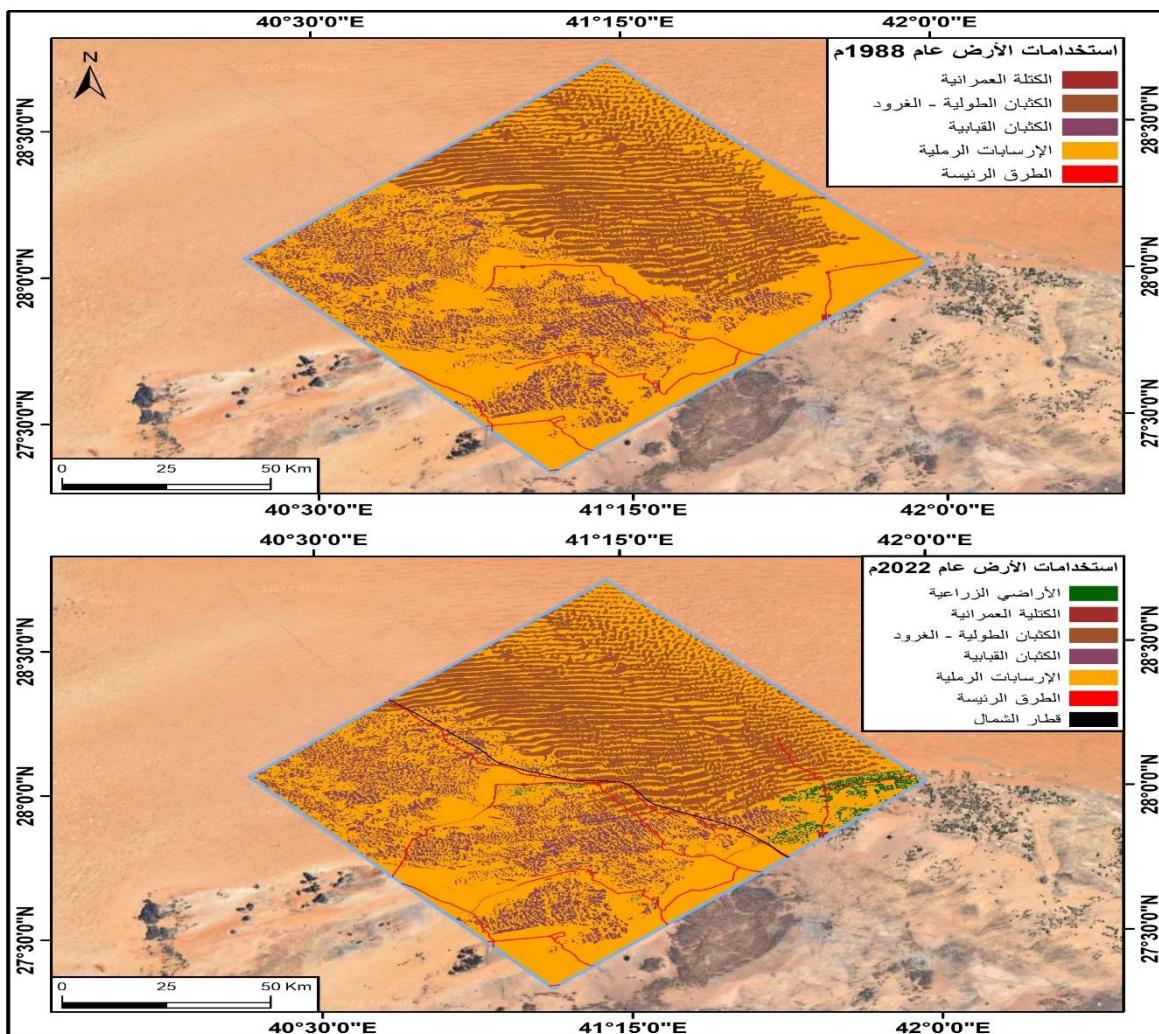
#### 1.7.7 التغيرات المكانية - الرمانية للكثبان الرملية عام 1988م وعام 2022م:

لتتبع التغيرات الزمنية التي طرأت على الكثبان الرملية وأشكالها بمنطقة الدراسة في عام 1988 و2022م، جرى استخلاص الكثبان الرملية من المريئات الفضائية لفترتين مختلفتين؛ مرتيبة لأعوام 1988م، و2022م، الجدول (8) يوضح التغيرات الزمنية للكثبان الرملية بمنطقة الدراسة، والشكل(19) يوضح التغيرات الزمنية للكثبان الرملية.

جدول (7): التغيرات الزمنية للكثبان الرملية عامي 1988م و2022م

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

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المريئات الفضائية لفترات المذكورة، هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.



شكل (19): التغيرات الزمنية للكثبان الرملية عامي 1988م و2022م.

المصدر: عمل الباحث اعتماداً على المريئات الفضائية لفترات المذكورة، موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

**أولاً: الكثبان الرملية الطولية:**

تعتبر الكثبان الرملية الطولية النمط الرئيسي الأول للكثبان الرملية لمنطقة الدراسة بمساحة حوالى 3309.49 كم<sup>2</sup> وبنسبة 26.01٪ من منطقة الدراسة، وأخذت مساحة الكثبان الرملية الطولية بالزيادة بين عامي 1988م و2022م، حيث بلغت عام 1998م حوالى 2996.25 كم<sup>2</sup> بنسبة 23.54٪ من منطقة الدراسة بمعدل زيادة لا يتجاوز 0.09٪ عاماً كانت 1988م، وتتركز هذه الكثبان بالجزء الشرقي كامتداد لعرق المظہور في الشرق، وتظهر الكثبان الطولية بصورة أشرطة متوازية مرتفعة المنسوب عما يجاورها، وتلتقي على نحو حاد عند قمتها، وتفصل بينها خنادق وممرات رملية منخفضة، وللکثبان الرملية الطولية العديد من الأسماء المحلية مثل (الحافات الرملية، السيف، الغرود، العروق، الطعوز، وغيرها)، ويتميز هذه الكثبان خصائص أهمها: أنها حفافات رملية متوازية، والأرض الفاصلة بينها غالباً مغطاة بالرمال وأن كان يبرز منها أحياً بقع حصوية، والشكل العام للقطاعات العرضية لهذه الكثبان يكون أقرب للمثلث المتساوي الساقين، ويلتقي جانبي كل كثيب بقمة حادة كالسيف، وإن قمم الكثبان متعرجة بسبب التغير الموسعي باتجاه الرياح، كما أن قمم الكثبان تنخفض في بعض المواقع بسبب الإزالة بواسطة الرياح المعاكسة، لذلك كأنها قمم منفصلة عن بعضها، ومن الأسباب الرئيسية لنشأة الكثبان الرملية الطولية توافر كميات كبيرة من الرمال، واستواء السطح، وهبوب الرياح باتجاهات تتفق والامتداد الطولي للكثبان إلا تقل سرعة الرياح عن 11 عقدة، حيث يوجد اتجاهين للرياح السائدة، الأولى رئيسة التي تحكم باتجاه محور الكثيب 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 لهذ النوع يكون أقرب لشكل القبة، والجوانب شديدة الانحدار، والقمة شبه مستوية، وتعتبر هذه الكثبان تجمعات رملية فوق أرض مستوية تقريباً، لاسيما في حالة اعتراس نبات لحركة الرمال، فتتجمع حولها مكونة (نباك قبابية)، ومن أسباب نشأة الكثبان القبابية توافر كميات كبيرة من الرمال، وسيادة طابع استواء السطح وتعدد اتجاهات الرياح.

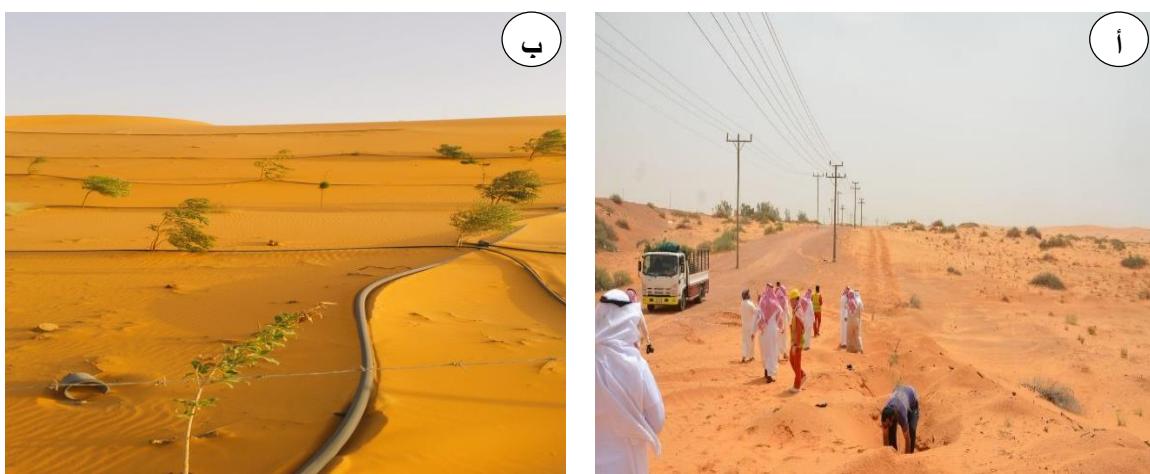
**8.7 الأخطار الناجمة عن الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة:****8.7.1 تأثير الكثبان الرملية على الأراضي الزراعية:**

تتركز الأراضي الزراعية بالجزء الشرقي ووسط منطقة الدراسة، لا تتدنى مساحتها 1.32٪ من منطقة الدراسة، وندرة الأراضي الزراعية ناجم عن التأثير المباشر للكثبان الرملية تمثل بالرصف المستمر إلى جانب قلة الأمطار وندرة المياه الجوفية، حيث تؤثر الرمال في 46.23٪ من مساحة الأرض الزراعية مدن الخطة، 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 مصادر صناعية للرياح، أو تكثيف زراعة الأشجار كمصدارات طبيعية لمواجهة الرياح، يوضح الشكل (21) جانب من جهود الدولة لوقف زحف الرمال بطريقة التثمير في منطقة الدراسة.



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

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



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

المصدر: أمانة حائل، الإدارية 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 بعضها، وتبلغ مساحة الطرق 67.81 كم<sup>2</sup> نحو 0.53% من منطقة الدراسة، وتعرض نسبة 31.45% من الطرق لزحف الرمال المستمر، إضافة لمسار قطار الشمال الذي يربط مدينة الرياض بمدينة القرىات، 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%， وتعرض نحو 42% من المناطق العمرانية لزحف الرمال، حيث غطت رمال النفود الكبيرة 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): تعرُّض شبكة الطرق ومسارقطار الشمال لزحف الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة  
المصدر: عمل الباحث اعتماداً على الزيارة الميدانية في فبراير 2022م، وأمانة حائل، الإداراة العامة للتخطيط العمراني، بتصرف

الرُّحْفُ السَّنَوِيُّ لِلرَّمَالِ وَمَقْدَارُهُ، وَمَقْدَارُ ارْتِفاعِ الْكَثَبَانِ الرَّمْلِيَّةِ بِالْمَدِينَةِ وَاتِّجَاهِ الرِّيَاحِ الْمُسَبَّبَةِ لِلرُّحْفِ، وَتَعْتَبُ مَدِينَةُ جَبَّةُ أَثَرِيَّةٍ تَضُمُّ آثاراً تَارِيخِيَّةً سُجِّلَتْ رسمياً بِمَنظَمَةِ الْيونِيْسِكُو، وَتَعدُ معلمًا من مَعَالِمِ مَنْطَقَةِ حَائل، وَيشَكَّلُ زَحْفُ الرَّمَالِ خَطَراً كَبِيرَاً عَلَىِ الْمَدِينَةِ، إِذَاً إِنَّهَا غَطَّتْ أَجْزَاءَ كَبِيرَةً مِنْهَا عَلَىِ مَدِىِّ سَنَوَاتِ مَاضِيَّةٍ وَأَخْفَتْ كَثِيرًا مِنْ مَعَالِمِهَا التَّارِيْخِيَّةِ، وَيُوضَعُ الشَّكَلُ (23) تَعرُّضَ الْمَنَاطِقِ الْعَمَرَانِيَّةِ لِزَحْفِ الْكَثَبَانِ الرَّمْلِيَّةِ بِمَنْطَقَةِ الْدَرْسَةِ، وَتَنْتَشِرُ الْعَدِيدُ مِنَ الْقُرَىِ بِمَنْطَقَةِ الْدَرْسَةِ مُثَلُ الرَّوْضَ، وَقَنَاءُ، وَالْجَفَرُ، وَالْخَطَّةُ، وَالْقَاعِدُ، وَتُورَانُ، وَالْحَفَيرُ، وَقَصِيرَيَّاتُ، وَالْحَطْسُ، وَسَعِيدَانُ، وَطَوْبَةُ وَتَعْرُضُ هَذِهِ الْقُرَىِ لِمَخَاطِرِ زَحْفِ الْكَثَبَانِ الرَّمْلِيَّةِ.



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 لعامل الانحدار والجاذبية وذلك لعدم تماسك جزيئات التربة التي قد تمنع حركتها، على خلاف الأنواع الأخرى من الترب كالتراب 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 يتبع إمامها 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 مختارة !<sup>1</sup>كثبان بطول 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°C)، وحتى شهر أغسطس أعلى متوسط شهري لدرجات الحرارة (33.1°C)، ثم تعود المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة بالترابع مرة أخرى بشهر ديسمبر ليكون أدنى متوسط شهري لدرجات الحرارة (12.1°C).
- 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، موسم الهطول الرئيس للمطر في الربيع والشتاء وأدنى هطول بشهر 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 بشهر الصيف سبتمبر 5.3 عقدة، وأغسطس 5.6 عقدة.
- ينقسم غطاء الأرض السائد لخمسة فئات أهمها الكثبان الرملية وهي إرسابات رملية، وكثبان طويلة وقيابية، والمنتشرة بجميع أرجاء المنطقة ومساحتها 12548.87 كم² بنسبة 98.61%， والأراضي الزراعية كنمتل ثاني، بمساحة 167.41 كم² نحو 1.32%， أما الفئة الثالثة المنشطة العمرانية بمساحة 9.43 كم² 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 كم² وبنسبة 26.01%. أخذت مساحة الكثبان الطولية بالزيادة إذ بلغت عام 1998م 2996.25 كم² بنسبة 23.54% بمعدل زيادة 0.09% / عاماً كانت عليه عام 1988م.
- تعتبر الكثبان القيابية النمط الثاني للكثبان الرملية بمساحة 1766.05 كم² وبنسبة 13.88% من مساحة المنطقة، وأخذت مساحة الكثبان الرملية القيابية بالزيادة وبلغت عام 1998م 1706.63 كم² بنسبة 13.38% من منطقة الدراسة بمعدل زيادة 0.04% عن 1988م.
- بلغت مساحة الأراضي الزراعية 1.32% من منطقة الدراسة، وتتركز بالشرق والوسط، وتعرض هذه الأراضي للتتصحر بسبب تأثير الكثبان الرملية، حيث تختلط حبيبات الرمال المنقوله بمكونات التربة للأراضي الزراعية مما يغير خصائص التربة الزراعية، وتأثير 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 القطار 0.12%， وتعرض الطرق ومسار القطار لزحف الرمال المستمر مما يعيق حركتها.
- بلغت مساحة المناطق العمرانية 0.07% من منطقة الدراسة، وتتركز في الشرق والجنوب والوسط، ويعرض 42% من المناطق العمرانية لزحف الرمال، حيث يشكل زحف الرمال خطراً على العمران، إذ إنها غطت أجزاء كبيرة على مدى سنوات ماضية، وأهمها مدينة جدة، حيث غطت رمال النفوذ الكبرى أجزاء كبيرة من المدينة، وأخذت كثيراً من المعالم التاريخية.

#### **ثانياً التوصيات:**

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

1. اجراء الدراسات ومتابعة التغيرات البيئية بالمنطقة وتطويرها باستخدام التقنيات الحديثة.
2. حماية المنشآت الحيوية من أحطاخ 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 وتكتيف زراعتها، لكونها تمثل عوائق طبيعية لحركة الكثبان.
5. ضرورة الاهتمام بالأراضي الزراعية القائمة وتنميتها وزيادة عددها، وإيجاد طرق مناسبة لحمايتها.

#### **شكروتقدير:**

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

## المصادر والمراجع

- إسماعيل، ن. س.، حسين، ح. ح.، ومحمد، ف. إ. (2017). ثبيت الكثبان الرملية باستخدام الجير المطفاء. 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، 1-71.
- الجعدي، ف. (2020). مراقبة زحف الرواسب الرملية الريحية على الأودية المنحدرة، باتجاه نفود الدهماء باستخدام مركبات Landsat متعددة التوارikh. مجلة العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، 12(3)، 348-382.
- الدغيري، أ. ع. (2012). الأنماط المورفولوجية والتوزيعات اللونية للكثبان في صحراء الدهماء شمال منطقة القصيم. مجلة العلوم العربية والإنسانية، جامعة القصيم، 6(1)، 1-50.
- الضبيجي، م. ع. (2022). عقل نفود الثوريات: 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. (2012). النمذجة المكانية لمورفولوجية التكوينات الرملية دراسة تطبيقية في الجيومعلوماتية حالة دراسية (منطقة العيث). مجلة جامعة تكريت للعلوم الإنسانية، جامعة تكريت، 19(11)، 392-418.
- الكعادي، إ. ب. أ.، داودي، م. أ.، وبين سالمة، ف. (2020). دراسة ميدانية لحركة الرمال ومخاطرها على الطريق الساحلي الليث - القنفذة، غرب المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي، 12(2)، 7-31.
- الموسوى، ح. ع. خ.، عبد الواحد، ص. غ. (2016). الأشكال الأرضية المتأثرة بالرياح غرب محافظة واسط. مجلة كلية التربية، جامعة واسط، 22(1)، 400-339.
- الوليعي، ع. ن. (1994). بحار الرمال في المملكة العربية السعودية. جامعة الكويت، قسم الجغرافيا، وحدة البحث والترجمة.
- حضر، م. م. (2006). جيومورفولوجية الأشكال الرملية غرب وادي العريش وأخطرها. 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). تكميل 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.، المالكي، ع. س. (2018). علاقة التذرية الريحية بحركة الكثبان الرملية في محافظة المثنى. مجلة أوروك 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-Harthi, 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.