

**النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان  
الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة  
(دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية)**

إعداد

**د/ فاطمة محمد الراجح محمد الفتاح محمد**

قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الانسانية،

جامعة الأزهر، مصر



## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض

### الخارجة - دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية

فاطمة عبدالرافع عبدالفتاح محمد

قسم الجغرافيا، كلية الدراسات الانسانية، جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.

البريد الإلكتروني: fatmaabdelrafea45@gmail.com

#### المستخلص:

يهدف البحث الى رصد معدل حركة الكثبان الرملية في منخفض الخارجة، وتحديد مناطق خطر زحف الكثبان الرملية ودرجته باستخدام اسلوب النمذجة المكانية Spatial Modeling، واقتراح وسائل للحد والحماية من هذه الأخطار. وتأتي أهمية البحث من خطورة زحف الكثبان الرملية في منخفض الخارجة على مظاهر النشاط البشري من طرق وعمران وزراعة وآبار ومناطق اثرية تسبب خسائر مادية وتكلف الدولة اقتصاديا لإصلاح المناطق المتضررة، وتوافقا مع اتجاه الدولة لزيادة مساحة الأراضي المستصلحة والتنمية المستدامة. وقد اعتمدت الدراسة على أسلوب النمذجة المكانية Spatial Modeling والتحليل الكمي لرصد وتقدير معدل حركة الكثبان الرملية الهلالية من خلال التحويل الرقمي لطبقة الكثبان من المرئيات الفضائية من نوع لاندسات Landsat ETM+ , Landsat9 & في سنوات مختلفة باستخدام برنامج Arc GIS، وقد توصلت الدراسة الى رصد الأخطار المحتملة للكثبان الرملية - باستخدام اسلوب النمذجة المكانية- على الزراعة والعمران والطرق، وتصنيف درجات الخطورة الى شديدة ومتوسطة وضعيفة، وحساب مساحة كل فئة، ثم التحقق الميداني من نتائج هذا النموذج ورصد بعض المناطق التي تعرضت للخطر مثل قرية جناح وبولاق والخرطوم، وبعض الطرق مثل طريق الخارجة -باريس،

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة

وطريق الخارجة أسيوط. وقد توصلت الدراسة الى اقتراح بعض وسائل الحماية والحد من اخطار زحف الكثبان الرملية، مثل انشاء الكباري فوق نطاقات الكثبان، أو انشاء الأنفاق تحتها، وقد تم رصد ميدانيا عدد من وسائل التثبيت المتبعة في منطقة الدراسة؛ مثل الرش بالأسفلت وتغطية الكثبان بالطفلة او التشجير.

**الكلمات المفتاحية:** النمذجة المكانية، حركة الكثبان الرملية، اخطار الكثبان، الكثبان الرملية، منخفض الخارجة.

**Spatial Modeling for Monitoring Sand Dune  
Movement and Hazards in the Kharga Depression - A  
Study in Applied Geomorphology**

**Fatma Abdel Rafea Abdel Fattah Muhammad**

Department of Geography, Faculty of Humanities, Al-  
Azhar University, Cairo, Egypt.

**E-mail:** fatmaabdelrafea45@gmail.com

**Abstract:**

The research aims to monitor the rate of sand dune movement in the Kharga Depression, identify the areas of risk of sand dune encroachment and its classes using spatial modeling, and propose methods to reduce and protect against these risks. The importance of this research stems from the danger posed by the encroachment of sand dunes in the Kharga Depression on human activities. This causes Financial losses and costs the state to repair damaged areas. The study relied on the spatial modeling method and quantitative analysis to monitor and estimate the rate of movement of crescent sand dunes through digitizing of the dune layer from satellite images in different years using Arc GIS. The study identified the potential hazards of sand dunes - using spatial modeling - and classified the hazards into severe, medium, and weak, calculating the area of each category, then field verification of the results of this model and monitoring some areas exposed to risk such as the village of Janah and Khartoum, and some roads such as the Kharga -Paris road, and the Kharga-Assiut road. The study came up with some proposed methods to protect and reduce the dangers of sand dune encroachment, such as constructing bridges over dune ranges, or constructing tunnels underneath them. A number of stabilization methods used in the study area

## النمذجة المكانية لصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة

were monitored in the field, such as spraying asphalt, covering the dunes with clay, or planting trees.

**Keywords:** Spatial Modeling, Sand Dune Movement, Dune Hazards, Sand Dunes, Kharga Depression.

مقدمة:

يعد موضوع النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية من الموضوعات الجديرة بالدراسة والبحث، حيث تغطي الأشكال الرملية نحو ١٦٠ ألف كيلو متر مربع من مساحة الأراضي المصرية، أي حوالي ١٦٪ من جملة مساحتها. وتنتزع في الصحراء الغربية والشرقية ودلتا النيل وشبه جزيرة سيناء، وتستأثر الصحراء الغربية وحدها بنحو ٩٠٪ من جملة مساحة الرواسب الرملية في مصر. وتبلغ مساحة الرواسب الرملية في منخفض الخارجة ما يقرب من ١٥٠٠ كيلو متر مربع وتعد الكثبان الرملية الهلالية من أهم الأشكال الرملية التي تنتشر في قاع المنخفض وعلى جوانبه، والتي تمثل حركتها إحدى المشكلات الجغرافية الطبيعية التي تواجه الأنشطة البشرية بالمنخفض (محمد محمد عبده وصيف وآخرون، ٢٠٠٠، ص ٩٠).

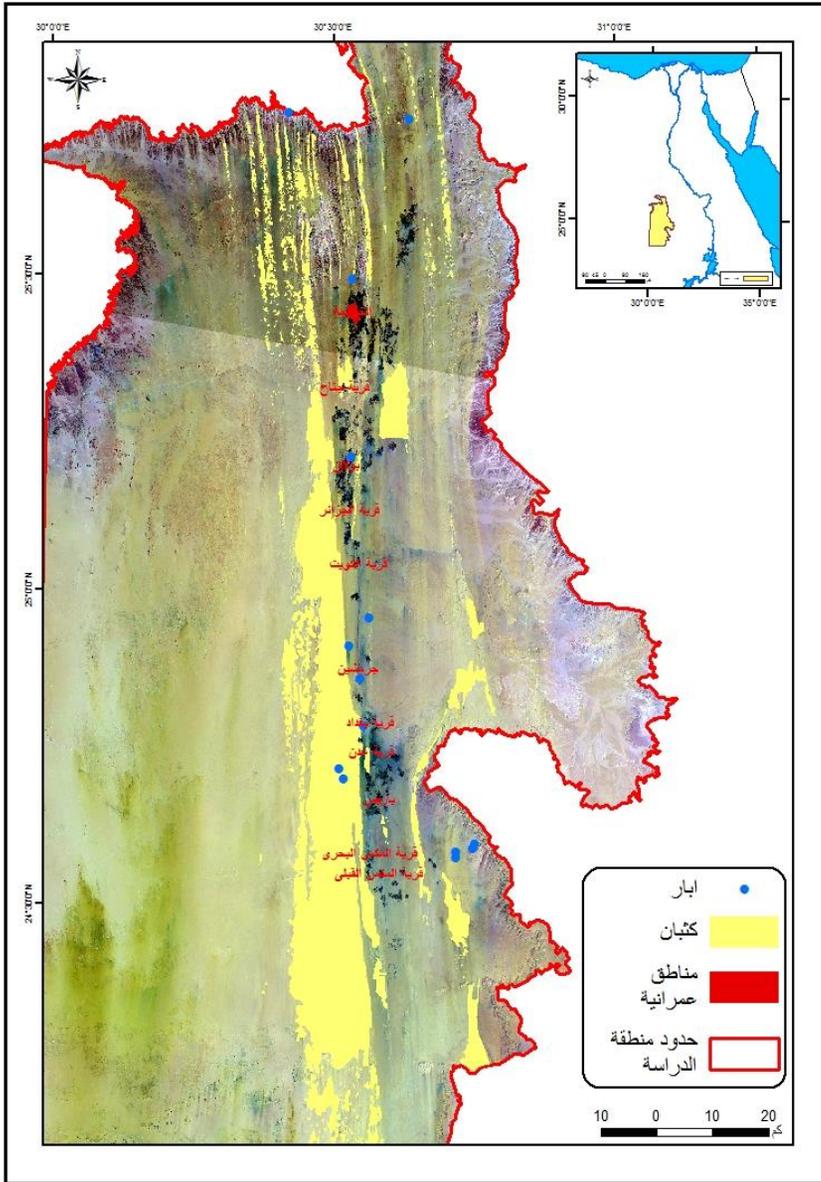
موقع منطقة الدراسة:

يقع منخفض الخارجة في النصف الجنوبي من الصحراء الغربية شكل (١)، وتحده الحافات من الشرق والشمال والشمال الغربي، أما من الشمال فتحده دائرة عرض ٢٤ درجة شمالاً، ويحده من الجنوب جبل أبو بيان القبلي، ومن الغرب خط طول ٣٠ شرقاً.

مشكلة البحث:

تنتطق مشكلة البحث من خطر زحف الكثبان الرملية على الطرق والأرض الزراعية والمنشآت العمرانية نتيجة حركة الكثبان الرملية ومن ثم كان من الأهمية بمكان دراسة ورصد معدل حركة الكثبان الرملية ورصد الأخطار المحتملة الناتجة عنها.

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة



شكل (1) يوضح: موقع منطقة الدراسة

### أهداف البحث:

يهدف البحث إلى:

- ١- رصد معدل حركة الكثبان الرملية، وإنشاء نموذج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية يقيس هذه الحركة من خلال المرئيات الفضائية.
- ٢- رصد الأخطار المتعلقة بزحف الرمال على مناطق الاستقرار البشري وإنشاء نموذج يحدد مواقع الخطر ودرجته.
- ٣- اقتراح الحلول الملائمة لتقادي أخطار زحف الكثبان الرملية في المنخفض.

### الدراسات السابقة:

بدأت دراسات الكثبان الرملية في مصر منذ أكثر من قرن مضى، وكان ذلك في نهاية القرن التاسع عشر (Cornish 1897). ومع بداية القرن العشرين، تمت مجموعة من الدراسات الرائدة على الكثبان (Cornish 1900, Beadnell 1910, Hading King 1916, 1818, Hume 1925, Ball 1927, Kadar 1934, Bagnold 1941, 1933). وقد مثلت هذه الدراسات الأساس الذي اعتمدت عليه الدراسات التي تمت بعد ذلك. ثم بدأت مرحلة جديدة في دراسة الكثبان الرملية ابتداء من النصف الثاني من القرن العشرين، حيث قام العديد من الباحثين المصريين وغير المصريين بدراسات تفصيلية غطت كل جوانب وخصائص الكثبان الرملية مثل التوزيع الجغرافي، والشكل والنمط، والحركة، وخصائص الرمال ومصادرها، والعمر الجيولوجي (Embabi 1967, 1976, 1977, 1982, 1986 – 87, 1995, 1998, 2000; Embabi et al 2012, 2020; El-Baz 1992; EL- Baz et al 1979; EL – Baz and Prestel 1982; Farag 1950; Haynes 1982a, 1982b, 1989; Haynes et

al 1993; Kamel et al 1982; Maxwell 1982; Maxwell and Haynes 1995; Misk and Attia 1982; Philip et al 1992, 1994; Sadiq et al 1995; Tsoar 1974, 1983, 1989; Besler (2002, 2008). بالإضافة الى هذه الدراسات المنشورة، هناك العديد من الدراسات المنشورة وغير المنشورة (نبيل سيد امبابي، ٢٠٢٤، ص ٢٤) وفيما يلي عرض لبعض هذه الدراسات:

١- دراسات باللغة العربية منها :

✓ دراسة (نبيل إمبابي، ١٩٧٩) تحت عنوان حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير بمنخفض الواحات الخارجة، واعتمدت على القياس الميداني خلال الفترة من عام ١٩٧٠ حتى ١٩٧١ لعينة ممثلة للكثبان الهلالية بالمنخفض (٢٥ كثيباً) شرق وغرب جبل الطير وشرق جبل طارف، وقد تراوح معدل الحركة السنوي بين ٢٠ و ١٠٠ متر.

✓ دراسة (أماني حسين محمد، ٢٠٠٣) وعنوانها المشكلات البيئية بمنخفض الخارجة- دراسة جغرافية، وقد رصدت حركة ٢٠ كثيب هلالتي من خلال القياس الميداني، لمدة عام خلال الفترة من ٢٠٠١ حتى ٢٠٠٢م، وقد تراوحت حركة الكثبان بين ١٢,٥ و ٩٦,١ متراً/ السنة.

✓ دراسة (عماد عبدالفتاح صالح، ٢٠١٥) تحت عنوان الأشكال الأرضية الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الخارجة -دراسة جيومورفولوجية، وقد تناول دراسة حركة الكثبان الرملية في منخفض الخارجة من خلال القياس الميداني حيث تم قياس ١٥ كثيب لمدة عام وبلغ متوسط الحركة السنوي ٤٢,٦ متر، وقياس

معدل حركة ٣٥ كثيب هلالى من المرئيات الفضائية وبلغ متوسط الحركة السنوي ١٦,٤ متر.

✓ دراسة (جهان عبد القادر الخليف، ٢٠٢١) وموضوعها توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة في تحديد المناطق المهدهة بزحف الرمال على الطرق الرئيسية حول مدينة الرياض، وتضمنت الدراسة مراقبة زحف الرمال باستخدام صور الأقمار الصناعية للتمييز بين مناطق التغير خلال سنوات مختلفة باستخدام نتائج تحليل PCA المكونات الرئيسية Principal Component Analysis إضافة إلى مؤشر الرمل القياسي NDSI ومؤشر النبات الطبيعي NDVI .

✓ دراسة (نبيل سيد امبابي، ٢٠٢٤) تحت عنوان بحار الرمال وحقول الكتبان الرملية في مصر، وقد تناول دراسة الأخطار الطبيعية لحركة الرمال والكتبان في مصر، والقيمة الاقتصادية والعلمية لها

٢- دراسات باللغة الاجنبية منها:

✓ دراسة (Beadnell,1910, The Sand Dunes of ) (TheLibyan Desert) اعتمدت هذه الدراسة على القياسات الحقلية لحركة خمسة كتبان خلال الفترة من ١٩٠٧ حتى ١٩٠٨ وتوصلت هذه الدراسة إلى وجود علاقة عكسية بين ارتفاع الكثيب ومعدل الحركة.

✓ دراسة (Ashri,1970, The Movement of Sand Dune ) (at Kharga Oasis) والتي رصدت حركة ٩٢ كثيب من الصور

- الجوية خلال الفترة من ١٩٤٤ حتى ١٩٦١، وتراوح معدل حركة الكثبان بين ٣,٠٨ و ٤٠,٣٩ متراً / السنة.
- ✓ دراسة (Issawi & El-Hinnawi, 1982) رصدت حركة الكثبان شرق قرية بولاق، وتراوح معدل حركة الكثيب بين ٣٠ و ٤٠ متراً / السنة.
- ✓ دراسة (Embabi, 1987, Dune Movement In The (Kharga and Dakhla Oases Depressions
- ✓ تناول فيها دراسة حركة الكثبان في منخفض الخارجة والداخلية، وقام بقياس حركة ٥٠ كثيب من خلال الخرائط الطبوغرافية مقياس ١: ٢٥٠٠٠، خلال الفترة من ١٩٣٠ حتى ١٩٦١م، وتراوح معدل الحركة السنوي بين ٢٤,٢ و ٤,٨ متراً، بمتوسط سنوي ٩ أمتار.
- ✓ دراسة (Embabi, 2000, Sand Dunes In Egypt) قام بقياس حركة خمسة كثبان في أجزاء مختلفة من منخفض الخارجة خلال الفترة من ١٩٧٠ حتى ١٩٨٠، وقد تراوحت الحركة بين ١٠,٨٠ و ١٨,٧٨ متراً، بمتوسط ١٥ متراً / السنة.
- ✓ دراسة (Hassan & Eleithy, 2004, Monitoring of sand dunes migration for developing migrative measures in El-kharga depression
- ١٤٠ كتيباً في منخفض الخارجة من المرئية الفضائية Landsat ETM لعامي ١٩٨٤ و ٢٠٠٠م، وقد بلغ متوسط الحركة ٨ متر / السنة.
- ✓ دراسة (Abdalla, 2022) وعنوانها Monitoring Sand Dune Movement using Remote Sensing

وتناولت دراسة قدرات تقنيات الاستشعار عن بعد الجديدة المختلفة (أي أجهزة استشعار الأقمار الصناعية البصرية متعددة الأطياف، وتقنيات الرادار ذو الفتحة الصناعية، والليدار المحمول جواً) للكشف عن حركة الكثبان الرملية ومراقبتها وتأثيرها على المناطق الحضرية وحقول المحاصيل والغابات والمساحات المائية والمواقع الأثرية، لتحديد المناطق الأكثر عرضة لحركة الكثبان الرملية.

✓ دراسة (Abd El-Aal, et al., 2024, Geo-Environmental Risk Assessment of Sand Dunes Encroachment Hazards in Arid Lands Using Machine Learning Techniques)

تُقدّم هذه الدراسة دمج تقنيات التعلم الآلي مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبرنامج "R" لرصد حركة الكثبان الرملية في مدينة نجران، المملكة العربية السعودية. باستخدام آلة متجه الدعم الخفي (SVM) والغابات العشوائية (RF) والشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) مع تسعة متغيرات متعلقة بالكثبان، تُقدّم هذه الدراسة مؤشر الرمال المنجرفة (DSI) لتحديد تراكمات الكثبان الرملية ورسم خرائطها بفعالية. يدمج مؤشر الرمال المنجرفة بيانات أجهزة الاستشعار متعددة الأطياف، ويُظهر قدرةً قويةً على رصد ديناميكيات الكثبان الرملية. مصادر الدراسة:

اعتمدت الدراسة على عدة مصادر تتمثل فيما يلي:

١- الخرائط: توافرت لمنطقة الدراسة مجموعة من الخرائط المتنوعة

والتي من أهمها:

أ - الخرائط الطبوغرافية وتتمثل في:

الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٢٥٠,٠٠٠، لوحتا الخارجة وباريس.

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة

الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ١٠٠,٠٠٠ إصدار المساحة العسكرية المصرية عام ١٩٩٥م.

الخرائط الطبوغرافية مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ إصدار المساحة العسكرية المصرية عام ١٩٩٥م.

ب- المرئيات الفضائية:

✓ مرئية Landsat ETM لعام ٢٠٠٠م، بدقة ٢٨,٥ متراً  
Row/42,43 & Path/176

✓ مرئية Landsat 8-OLI-TIRS لعام ٢٠١٤، بدقة ٢٨,٥ متراً  
Row/42,43 & Path/176

✓ مرئية Landsat 9-OLI-TIRS لعام ٢٠٢٤، بدقة ٢٨,٥ متراً  
Row/42,43 & Path/176

✓ نماذج الارتفاع الرقمية بدقة ٣٠ متراً، تصوير عام ٢٠٠٩ من نوع ASTER.

طريقة الدراسة:

تم اتباع عدة خطوات لدراسة معدل حركة الكثبان الرملية، وفيما يلي عرض لهذه الخطوات:

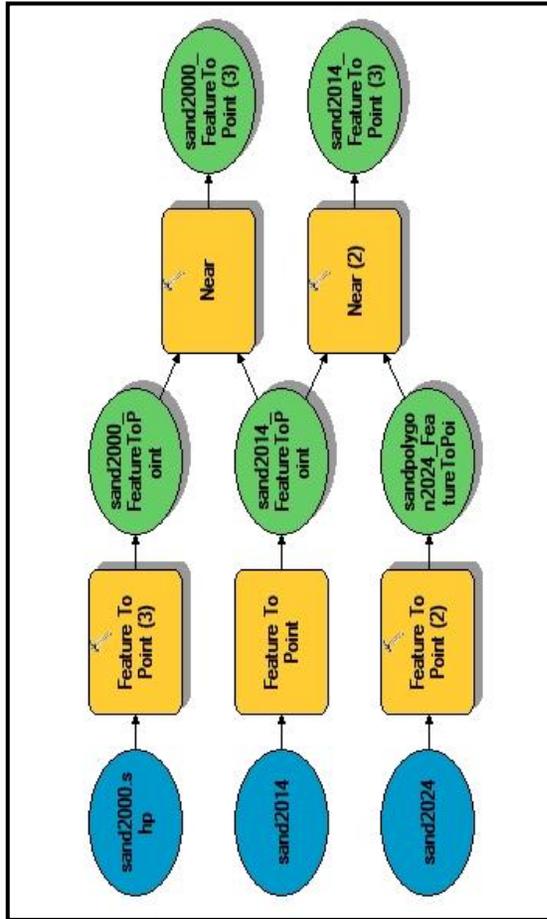
أ- تم إنشاء قاعدة بيانات Personal Geodatabase تضم ثلاث طبقات من نوع Polygon تمثل الكثبان الرملية لأعوام ٢٠٠٠ و٢٠١٤، ٢٠٢٤م.

ب- تم التحويل الرقمي Digitizing لخمسين كتيب هلالى بسيط من المرئية Landsat 7 ETM+ في عام ٢٠٠٠، والتحويل الرقمي لنفس الكثبان من المرئية Landsat 8 OLI في عام ٢٠١٤، وأيضا للكثبان في عام ٢٠٢٤م من المرئية Landsat 9 OLI

ج- إنشاء نموذج مكاني Spatial Modeling شكل (٢)، لرصد معدل حركة الكثبان الرملية خلال الفترتين (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م)

و(٢٠١٤ - ٢٠٢٤م) عن طريق وضع نقطة في مركز كل كتيب في طبقة الكتيبان الأولى (٢٠٠٠) ونقطة في مركز الكتيب الذي يناظره في الطبقة الثانية (٢٠١٤)، ونقطة في مركز الكتيب الذي يناظرهم في الطبقة الثالثة (٢٠٢٤).

د- قياس المسافة بين كل نقطتين في عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٤ - لرصد معدل حركة الكتيبان في الفترة الأولى -، ثم قياس المسافة بين كل نقطتين في عامي ٢٠١٤ و ٢٠٢٤م - لرصد معدل حركة الكتيبان في الفترة الثانية.



المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على برنامج ARC GIS

شكل (٢) يوضح: الرسم التخطيطي نموذج حساب معدل حركة الكتيبان

موضوعات البحث:

- أولا: رصد معدل حركة الكثبان الرملية خلال الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م) باستخدام النموذج المكاني Spatial Modeling .
- ثانيا: رصد معدل حركة الكثبان الرملية خلال الفترة (٢٠١٤ - ٢٠٢٤م) باستخدام النموذج المكاني Spatial Modeling .
- ثالثا: رصد التغير في حركة الكثبان الرملية بين الفترتين (٢٠٠٠ - ٢٠١٤) الى (٢٠١٤ - ٢٠٢٤م).
- رابعا: التغيرات الطبيعية المرتبطة بالحركة.
- خامسا: الحركة المستقبلية المتوقعة للكثبان الرملية عام ٢٠٤٤م.
- سادسا: رصد الأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية باستخدام النموذج المكاني Spatial Modeling .
- سابعا: النتائج والتوصيات:

اولا: رصد معدل حركة الكثبان باستخدام النموذج المكاني Spatial

Modeling خلال الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤) م.

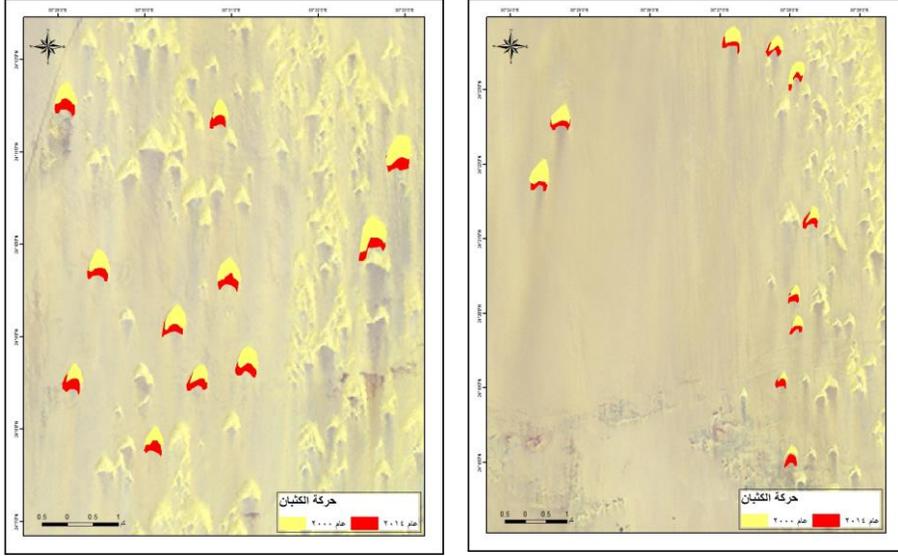
يقصد بحركة الكثبان انتقال الكثبان من مكان إلى آخر في اتجاه منصرف الرياح السائدة نتيجة إزالة الرمال من الكساح وإرسابها على الصباب. ويتبين من دراسة الجدول (١) والشكل (٣) لمعدل حركة الكثبان ما يلي

- تراوح معدل حركة الكثبان الرملية بين ٢٥٦,٥ و ٤١,٣ مترا خلال أربعة عشر عاما (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م)، بمتوسط سنوي قدره ٨٨,٩ مترا.

- تراوح المعدل السنوي لحركة الكثبان بين ١٨,٣ و ٢,٩ مترا، بمتوسط قدره ٦,٤ متر سنويا.

- بلغ متوسط درجة الإزاحة ١٠٥,٥ درجة، مما يعني أن حركة الكثبان في اتجاه الجنوب الشرقي.
- يفسر معظم التباين (٩٤%) في مسافة تحرك الكثبان بواسطة ثلاثة عوامل وهي: حجم الكثيب، وطول وانحدار سطح الكساح (الجانِب المواجه للرياح)، كما تخضع حركة الكثبان في الاتجاه الجنوبي لتأثير الرياح الفعالة (٢٠ كم/ الساعة فأكثر) التي يهب معظمها (٩٥%) من الاتجاهات الشمالية (نبيل سيد إمبابي، ١٩٧٩، ص٦٥).
- تتحرك الكثبان الرملية في المناطق الجافة بمعدل أكبر من تلك التي ترتفع بها نسبة الرطوبة والمناطق السبخية، حيث يؤدي ارتفاع نسبة الرطوبة إلى تشبع حبيبات الرمال بالمياه وتماسك سطحها الخارجي مما يبطئ من حركتها، ويظهر ذلك بوضوح في الكثبان التي تقع شرق بولاق وجنوب شرق باريس (Embabi, 1981)
- تؤثر المسافات البينية بين الكثبان الرملية الهلالية على معدل حركتها، حيث تزيد معدلات الحركة كلما زادت المسافة البينية مما يؤدي زيادة حجم الكثبان والتحامها وتحولها إلى كثبان مركبة ومعقدة، وتخفض معدلات الحركة كلما انخفضت المسافة البينية
- تتسم الكثبان التي تتحرك في مناطق مستوية وشبه مستوية خالية من التضرس المحلي بمعدل حركة أكبر من معدل حركة غيرها التي تتحرك في مناطق متضرسة، حيث تعمل التضاريس المحلية الدقيقة على الحد من حركة الكثبان الرملية الهلالية، ويظهر ذلك بوضوح في الكثبان التي تقع شرق جبل الطارف وجنوب شرق وشرق وغرب جبل الطير وغرب جبلي أم الغنايم وغنيمة (عماد البنا، ٢٠١٥، ص ٢٩٥).

## النمذجة المكانية لصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة



المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على Landsat 9 OLI & Landsat 8 OLI باستخدام برنامج Arc

شكل (٣) يوضح: حركة الكثبان الرملية الهلالية خلال الفترة من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١٤

جدول (١) معدل حركة الكثبان خلال الفترة من ٢٠٠٠ حتى ٢٠١٤

المسافة السنوية بالمتري	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتري	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتري	إجمالي المسافة	م
٤,٣	٧٠,٨	٣٧	٦,٥	٤١,٩	١٩	٤,٣٥	٦٠,٩	١
٥,١	٦٠,٠	٣٨	٢,٩	١٠١,٢	٢٠	٤,٨	٦٧,٤	٢
٤,٣	٨٥,٩	٣٩	٧,٢	٨٩,٦	٢١	٥,٩	٨٢,١	٣
٦,١	٦٨,٩	٤٠	٦,٤	١١١,٧	٢٢	٣,٥	٤٨,٩	٤
٤,٩	٧٩,٠	٤١	٧,٩	١٣٢,٧	٢٣	٣,٨	٥٣,٧	٥
٥,٦	١٠٦,٦	٤٢	٩,٥	٦٦,٣	٢٤	٥,١	٧١,٢	٦
٧,٦	١١٢,٥	٤٣	٤,٧	٩٠,٧	٢٥	٤,٨	٦٦,٦	٧
٨,٠	٨٦,٢	٤٤	٦,٥	٦٩,٠	٢٦	١٦,٣	٢٢٨,١	٨
٦,٢	٨٧,١	٤٥	٤,٩	١٣٩,٨	٢٧	١٨,٣	٢٥٦,٥	٩
٦,٢	١١٠,٩	٤٦	٩,٩	١٤٥,٨	٢٨	٤,٧	٦٥,٥	١٠
٧,٩	٩٥,١	٤٧	١٠,٤	٩٣,٢	٢٩	٦,١	٨٦,٠	١١

المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م
٦,٨	١١٠,٢	٤٨	٦,٧	٩٥,٣	٣٠	٥,٦	٧٨,٣	١٢
٧,٩	٦٢,٣	٤٩	٦,٨	٩١,٦	٣١	٧,٩	١١٠,٢	١٣
٤,٥	١٣١,٤	٥٠	٦,٦	٧٠,٨	٣٢	٣,١	٤٢,٩	١٤
٩,٤	٧٤,١	٥١	٥,١	١٠٢,١	٣٣	٥,٥	٧٦,٦	١٥
المتوسط السنوي للحركة بالمتر			٧,٣	٥٧,٠	٣٤	٢,٩	٤١,٣	١٦
			٤,١	٦٧,٨	٣٥	٣,٠	٤٢,١	١٧
٦,٤			٤,٨	٦٨,٨	٣٦	٧,٩	١١١,٩	١٨

المصدر: اعتمادا على بيانات النموذج المكاني لحركة الكثبان باستخدام برنامج Arc GIS

ثانيا: معدل حركة الكثبان باستخدام النموذج المكاني Spatial

Modeling خلال الفترة (٢٠١٤ - ٢٠٢٤ م)

يتضح من دراسة وتحليل الجدول (٢) والشكل (٤) ما يلي:

١- ان معدل حركة الكثبان خلال الفترة (٢٠١٤ - ٢٠٢٤ م) يتراوح

بين ٨,٥ و ١١,٦ مترا، وبلغ المتوسط السنوي نحو ٤٩,٦ مترا.

٢- بلغ متوسط درجة الإزاحة ١٠٥,٥ درجة، مما يعني أن حركة

الكثبان في اتجاه الجنوب الشرقي.

ثالثا: التغير في حركة الكثبان الرملية بين الفترتين (٢٠٠٠-

٢٠١٤م) و(٢٠١٤ - ٢٠٢٤م)

بلغ المعدل السنوي لحركة الكثبان الرملية في المنطقة خلال الفترة من

٢٠٠٠ الى ٢٠١٤م نحو ٦,٤ متر، وقد انخفض هذا المعدل الى ٥ متر

خلال الفترة من ٢٠١٤ الى ٢٠٢٤م، وعلى الأرجح أن هذا الانخفاض في

معدل حركة الكثبان يرجع الى انتشار الطرق المستخدمة في الحد من حركة

الكثبان الرملية عن طريق الاستزراع واقامة الأسوار كمصدات واستخدام

الطفلة في الحد من حركة الكثبان.

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخاريجة

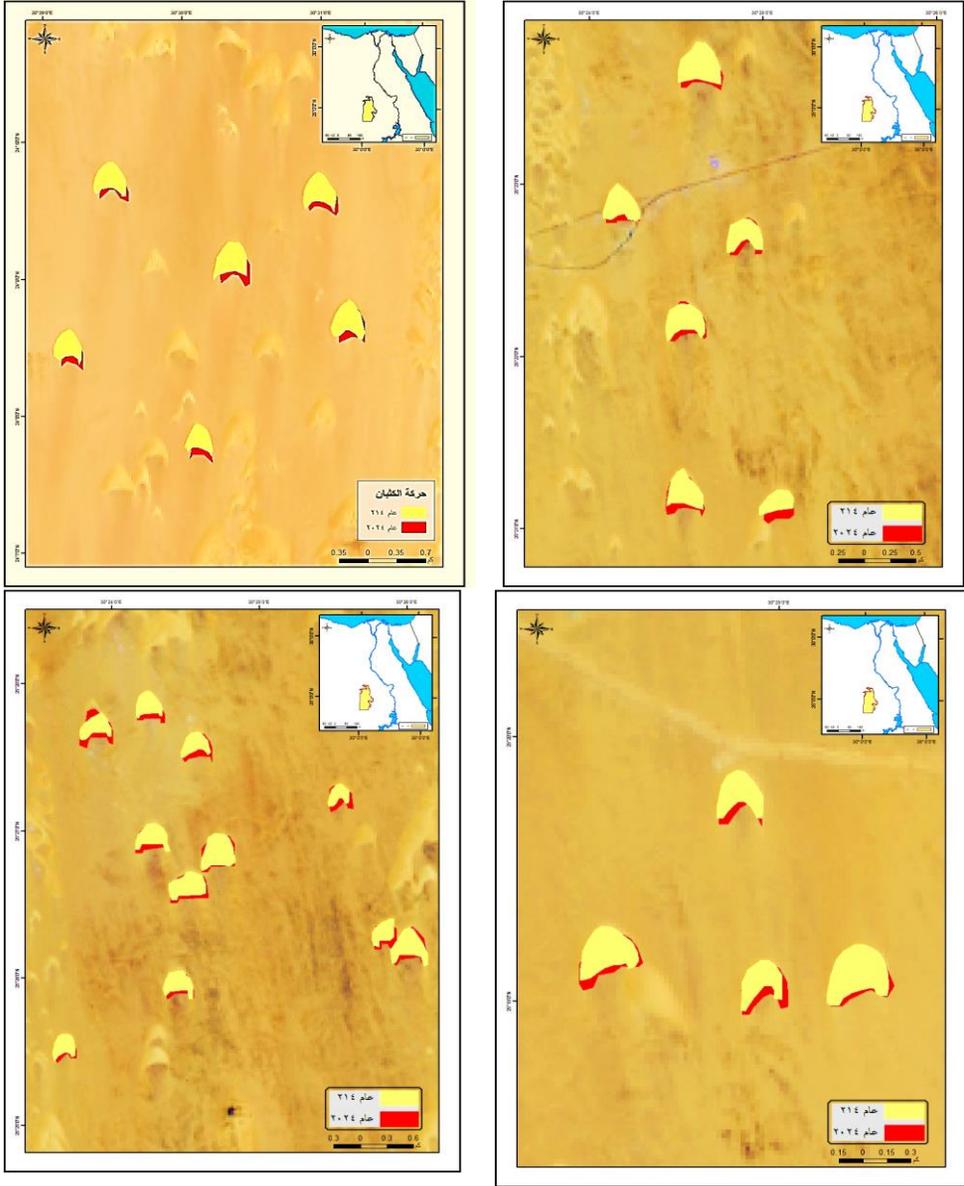
### رابعاً: رصد التغيرات الطبيعية المرتبطة بالحركة

أ- تقلص حجم بعض الكثبان الصغيرة، بسبب زيادة كمية الرمال  
لتى تزال من جسم الكثيب عن كمية الرمال التى تترسب عليه  
اثناء حركتها اتجاه منصرف الرياح

جدول (٢) معدل حركة الكثبان خلال الفترة (٢٠١٤ - ٢٠٢٤ م)

المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م	المسافة السنوية بالمتر	إجمالي المسافة	م
٢,١	٢١,٣	.٤٣	٤,٢	٤١,٧	.٢٢	١١,٠	١١٠,٤	.١
٦,٤	٦٣,٩	.٤٤	٢,٧	٢٧,٣	.٢٣	١١,٢	١١١,٦	.٢
٣,٠	٣٠,٥	.٤٥	٦,٨	٦٨,٠	.٢٤	١٠,٢	١٠١,٥	.٣
٣,٠	٣٠,٢	.٤٦	٥,٩	٥٩,٤	.٢٥	٧,٥	٧٥,٠	.٤
٥,٣	٥٢,٨	.٤٧	٧,٨	٧٨,٠	.٢٦	١٠,٠	١٠٠,٤	.٥
٦,٣	٦٣,٠	.٤٨	٤,٠	٤٠,٤	.٢٧	٧,٣	٧٢,٦	.٦
٤,٩	٤٩,١	.٤٩	٣,٧	٣٧,٠	.٢٨	٩,٦	٩٥,٩	.٧
٢,١	٢٠,٧	.٥٠	٦,٥	٦٤,٦	.٢٩	٨,٦	٨٥,٧	.٨
٠,٩	٨,٦	.٥١	٣,٣	٣٣,٣	.٣٠	٥,٩	٥٩,١	.٩
٥,٤	٥٣,٥	.٥٢	٠,٩	٨,٥	.٣١	٦,٤	٦٤,٤	.١٠
٥,٢	٥٢,٢	.٥٣	٥,٠	٥٠,٢	.٣٢	١٠,٥	١٠٤,٧	.١١
٤,٧	٤٦,٦	.٥٤	٤,٢	٤١,٨	.٣٣	٧,٩	٧٨,٨	.١٢
٢,٩	٢٨,٧	.٥٥	٣,٩	٣٩,٢	.٣٤	٧,٠	٦٩,٨	.١٣
٤,٣	٤٢,٧	.٥٦	٦,٣	٦٣,٥	.٣٥	٨,٦	٨٦,٠	.١٤
١,٠	١٠,٠	.٥٧	٣,٠	٣٠,٤	.٣٦	٧,٥	٧٤,٨	.١٥
٧,٥	٧٤,٧	.٥٨	٥,٦	٥٦,٢	.٣٧	٦,٢	٦٢,٠	.١٦
٧,٥	٧٤,٩	.٥٩	٢,٦	٢٦,٤	.٣٨	٦,٦	٦٦,١	.١٧
٥,٢	٥١,٥	.٦٠	٢,٨	٢٨,٣	.٣٩	٣,٣	٣٣,٠	.١٨
٦,٢	٦١,٦	.٦١	٥,٢	٥٢,٤	.٤٠	٥,٣	٥٢,٩	.١٩
٤,٧	٤٦,٦	.٦٢	٦,٧	٦٧,٢	.٤١	٣,٨	٣٨,١	.٢٠
٧,١	٧٠,٩	.٦٣	٣,٧	٣٦,٦	.٤٢	٤,٤	٤٤,١	.٢١
٥			المتوسط السنوي للحركة					
١١١,٦			اقصى قيمة					
٨,٥			ادنى قيمة					

المصدر: اعتمادا على بيانات النموذج المكاني لحركة الكثبان باستخدام برنامج Arc GIS



المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على Landsat 9 OLI & Landsat 8 OLI

باستخدام برنامج Arc GIS

شكل (٤) يوضح: حركة الكثبان الرملية الهلالية خلال الفترة من ٢٠١٤ حتى ٢٠٢٤

ب- ظهور بعض الكثبان الصغيرة امام قرون الكثبان الكبيرة الحجم.

ج- ازاحة بعض الكثبان عن مساراتها الأولى في اتجاه منصرف الرياح السائدة، في الاتجاه الشرقى

- عدم تماثل حركة اجزاء الكثيب إذ تتقدم بعض الاجزاء لمسافة أكبر من غيرها خاصة القرن الشرقى.

د- التحام بعض الكثبان الرملية ببعضها، فتتحول الكثبان الرملية الهلالية البسيطة الى كثبان هلالية مركبة.

خامسا: الحركة المستقبلية المتوقعة للكثبان الرملية في منطقة الدراسة عام ٢٠٤٤م.

١- طريقة الدراسة.

أ- تم حساب متوسط حركة الكثبان الرملية خلال الفترتين (٢٠٠٠ - ٢٠١٤ م) و(٢٠١٤ - ٢٠٢٤م) فكانت ٦,٤م و ٥ م على الترتيب.

ب- ثم حساب معدل الحركة خلال الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٤ م) فكانت ٥,٧ م

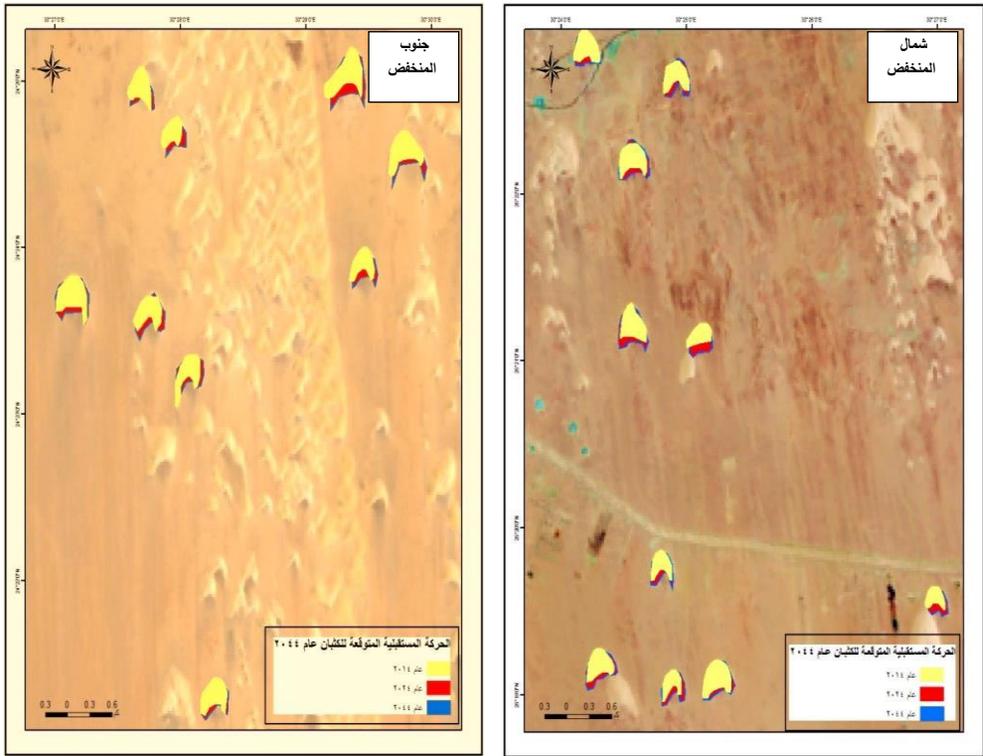
ج- ثم ضرب معدل الحركة خلال الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠٢٤ م) في عشرين سنة والتي تمثل الفترة المستقبلية (٢٠٢٤ - ٢٠٤٤) فكانت  $٥,٧ \times ٢٠ = ١١٤$  مترا جدول(٣).

د- وبناءا عليه تم تحريك الكثبان مسافة ١١٤ مترا، وذلك اذا افترضنا ثبات العوامل المؤثرة في حركة الكثبان خلال الفترة المستقبلية.

جدول (٣) الحركة المستقبلية المتوقعة للكثبان خلال الفترة (٢٠٢٤ - ٢٠٤٤) م

المعدل السنوي بالمتري	الفترة
٦,٤	المعدل السنوي للحركة خلال الفترة (٢٠١٤ - ٢٠٠٠)
٥	المعدل السنوي للحركة خلال الفترة (٢٠٢٤ - ٢٠١٤)
٥,٧	المعدل السنوي للحركة خلال الفترة (٢٠٢٤ - ٢٠٠٠)
٥,٧	المعدل السنوي للحركة خلال الفترة (٢٠٤٤ - ٢٠٢٤)

المصدر: اعتمادا على نتائج النموذج المكاني لرصد حركة الكثبان خلال الفترات المذكورة



المصدر: اعتمادا على Landsat 9 OLI & Landsat 8 OLI

باستخدام برنامج Arc GIS v.10.8

شكل (٥) يوضح: الحركة المستقبلية المتوقعة للكثبان عام ٢٠٤٤

سادسا: رصد الأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية باستخدام

### النمذجة المكانية Modeling

تمثل حركة الرمال ظاهرة طبيعية في الأراضي الجافة، وحركة الرمال في حد ذاتها لا تسبب مشكلة، ولكنها يمكن أن تهدد البشر عندما يحدث تقاطع بين الأنشطة البشرية وحركة الرمال والكثبان (نبيل سيد امبابي، ٢٠٢٤، ص ٢١١).

تتسم منطقة الدراسة بانخفاض كمية المطر، وندرة الغطاء النباتي، مما أدى إلى نشاط حركة الرواسب الرملية وسيادة التعرية الريحية، وما ترتب على ذلك من تهديد وخطورة على طرق المواصلات الرئيسية والفرعية، وكذلك مناطق العمران بالإضافة إلى الآبار وزماماتها الزراعية، والمناطق الأثرية، وقد تم رصد هذا التهديد من خلال إنشاء نموذج مكاني Spatial Modeling شكل (٦) لرصد المخاطر المحتملة باستخدام برنامج ARC GIS 10.8، وفيما يلي عرض لطريقة الدراسة.

١- طريقة الدراسة

أ- مرحلة اختيار وادخال البيانات

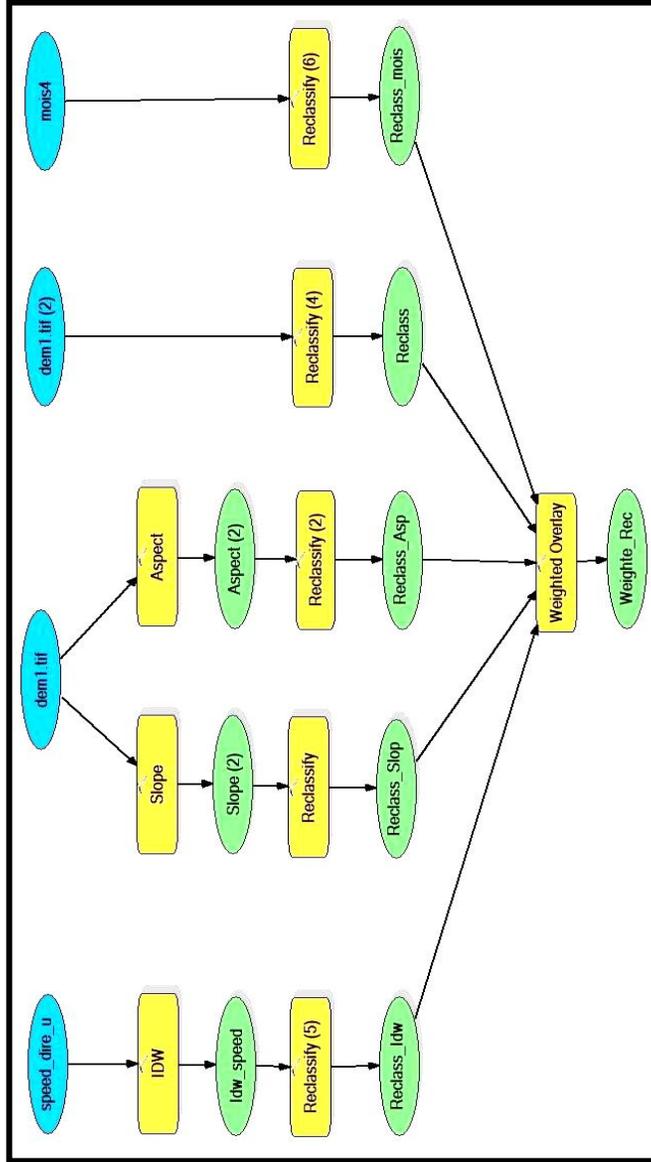
✓ نموذج الارتفاع الرقمي DEM

✓ خريطة درجة الانحدار SLOPE

✓ اتجاه الانحدار ASPECT

✓ وسرعة الرياح WIND SPEED

✓ ومؤشر الرطوبة النسبية Relative Moisture Index



المصدر : اعتمادا على برنامج ARC GIS

شكل (٦) يوضح : الرسم التخطيطي لنموذج الأخطار المحتملة للثبان الرملية

ب- مرحلة تجهيز البيانات

✓ تم تصنيف كل طبقة من الطبقات السابقة إلى ثلاث فئات (تمثل كل فئة درجة خطورة من ١ إلى ٣).

## النمذجة المكانية لريصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخاريجة

✓ تم وضع مقياس خطورة موحد حتى يمكن عمل تطابق بين الطبقات الخمس (الارتفاع-الانحدار- اتجاه الانحدار-سرعة الرياح-مؤشر الرطوبة النسبية) كما هو مبين في جدول (٤) .

جدول (٤) يوضح: تصنيف مقياس الخطورة الموحد لمدخلات النموذج

مقياس الخطورة	الارتفاع بالمتري	درجة الانحدار	اتجاه درجة الانحدار	مؤشر الرطوبة النسبية	سرعة الرياح بالعقدة
١	٢٩- لأقل من ١٠٠	صفر لأقل من ١٥	٤٥ لأقل من ٣١٥	٢ لأقل من ٦,٣	٩,٦ لأقل من ١٠
٢	١٠٠ لأقل من ٢٠٠	١٥ لأقل من ٣٠	١٥ لأقل من ٤٥	١ لأقل من ٢	١٠ لأقل من ١٠,٥
٣	٢٠٠ لأقل من ٤٤١	٣٠ لأقل من ٦٨,٣	٣١٥ لأقل من ٣٦٠ صفر لأقل من ١٥	٤- لأقل من ١	١٠,٥ لأقل من ١١,٨

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي والمعدلات المناخية.

### ج- مرحلة عمل التطابق بين الطبقات Overlay

تم عمل تطابق Weighted Overlay للطبقات الخمس السابقة، وإعطاء كل خريطة وزنا على أساس أهميتها وتأثيرها على حركة الكثبان لإنتاج خريطة الأخطار المحتملة للكثبان الرملية جدول (٥).

جدول (٥) يوضح: وزن الطبقات المدخلة الى النموذج Weighted Overlay

م	الطبقات	الوزن النسبي %
١	نموذج الارتفاع الرقمي	١٠
٢	انحدار السطح	٢٠
٣	اتجاه انحدار السطح	٢٠
٤	سرعة الرياح	٣٠
٥	مؤشر الرطوبة النسبية	٢٠

المصدر: من إعداد الباحثة .

يتضح من الجدول السابق أن سرعة الرياح من أهم العوامل المؤثرة على حركة الكثبان ولهذا كان لها الوزن الأكبر (٣٠%)، وتلاها في الوزن مؤشر الرطوبة النسبية Relative Moisture Index لانه من العوامل الهامة في تحديد درجة الخطورة، حيث أن جفاف الكثبان يؤدي إلى زيادة حركتها وبالتالي خطورتها ولذا شغلت نسبة (٢٠%)، وقد تم حساب مؤشر الرطوبة عن طريق تطبيق معادلة<sup>(١)</sup> (Anderson & Burt, 1985)، ثم ارتفاع السطح (من نموذج الارتفاع الرقمي DEM) وتعد الأجزاء الأعلى (قمة الكثيب) أقل استقراراً؛ وبناء عليه فإن الفئات الأكثر ارتفاعاً تعد أكثر خطورة وقد اخذ وزناً بنسبة (١٠%)، كما تؤثر درجة الانحدار Slope على حركة الكثبان حيث أن الرمال التي تقع على منحدرات شديدة تكون أكثر عرضة لتأثير الرياح؛ مما يؤدي إلى زيادة النشاط على أسطح الكثبان، وتعد المناطق الأكثر انحداراً هي الأكثر خطورة وقد اخذ وزناً بنسبة (٢٠%)، ونفس النسبة لاتجاه الانحدار Aspect حيث تعد الكثبان المواجهة لاتجاه الرياح أكثر عرضه للحركة وبالتالي أكثر خطورة.

(1)

$$\text{Relative moisture index} = \text{Ln} \left( \frac{\text{Catchments area} + 1}{\text{Slope} + 1} \right)$$

After: Anderson & Burt, 1985

### ج- إنتاج خريطة الأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية

يتم تفعيل النموذج Model بعد اتمام الخطوات السابقة (ادخال جميع المدخلات الخمسة السابقة الذكر)، ومن ثم يتم اخراج خريطة الأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية شكل (٧).

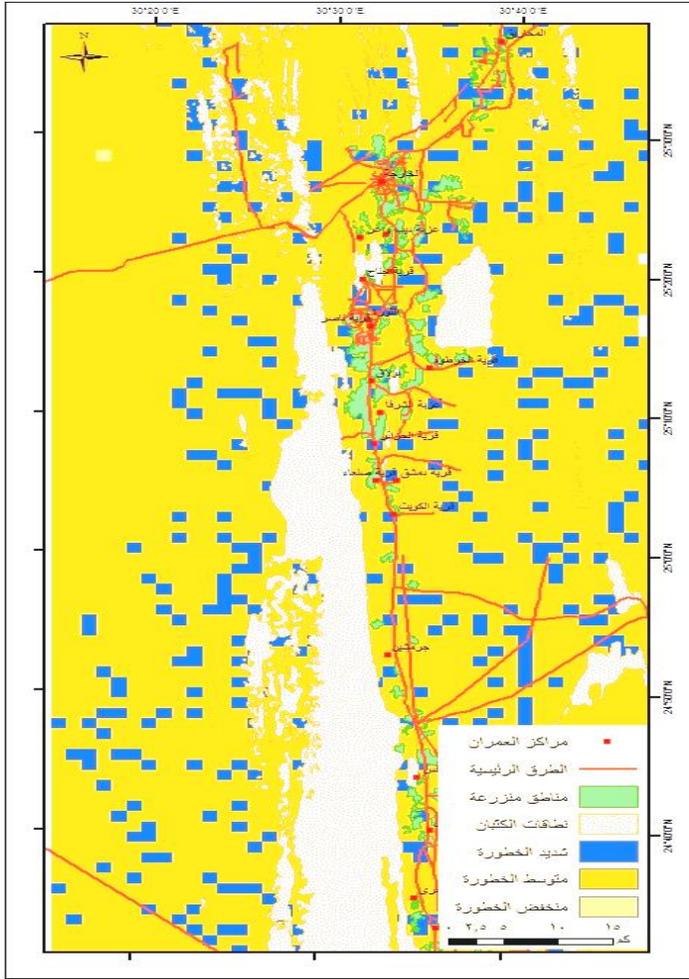
### د- التحويل Convert from Raster to Vector

يتم تحويل خريطة الاخطار من راستر الى فيكتور بعد اعادة تصنيفها حتى يمكن حساب مساحات فئات الخطورة الثلاث كما هو مبين في جدول(٦).

جدول ( ٦ ) نسب درجات الخطورة داخل النموذج

م	درجة الخطورة	النسبة المئوية %
١	شديدة الخطورة	٠,١%
٢	متوسطة الخطورة	٩٥,٨%
٣	منخفضة الخطورة	٤,١%

المصدر: اعتمادا على برنامج Arc gis10.8



المصدر: اعتمادا على النموذج Model باستخدام برنامج Arc GIS

شكل (٧) يوضح: الأخطار المحتملة للكثبان الرملية في منخفض الخارجة

## ٢- تحليل خريطة الأخطار

وقد تبين من دراسة الشكل (٧) وتحليل الجدول (٦) ان نطاق الخطورة الشديدة يمثل ٠,١% من مساحة المنطقة، بينما يمثل نطاق الخطورة المتوسطة اكر نسبة ٩٥,٨% في حين لا تتعدى نسبة ما يشغله نطاق الخطورة الضعيفة سوى ٤,١%.

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة

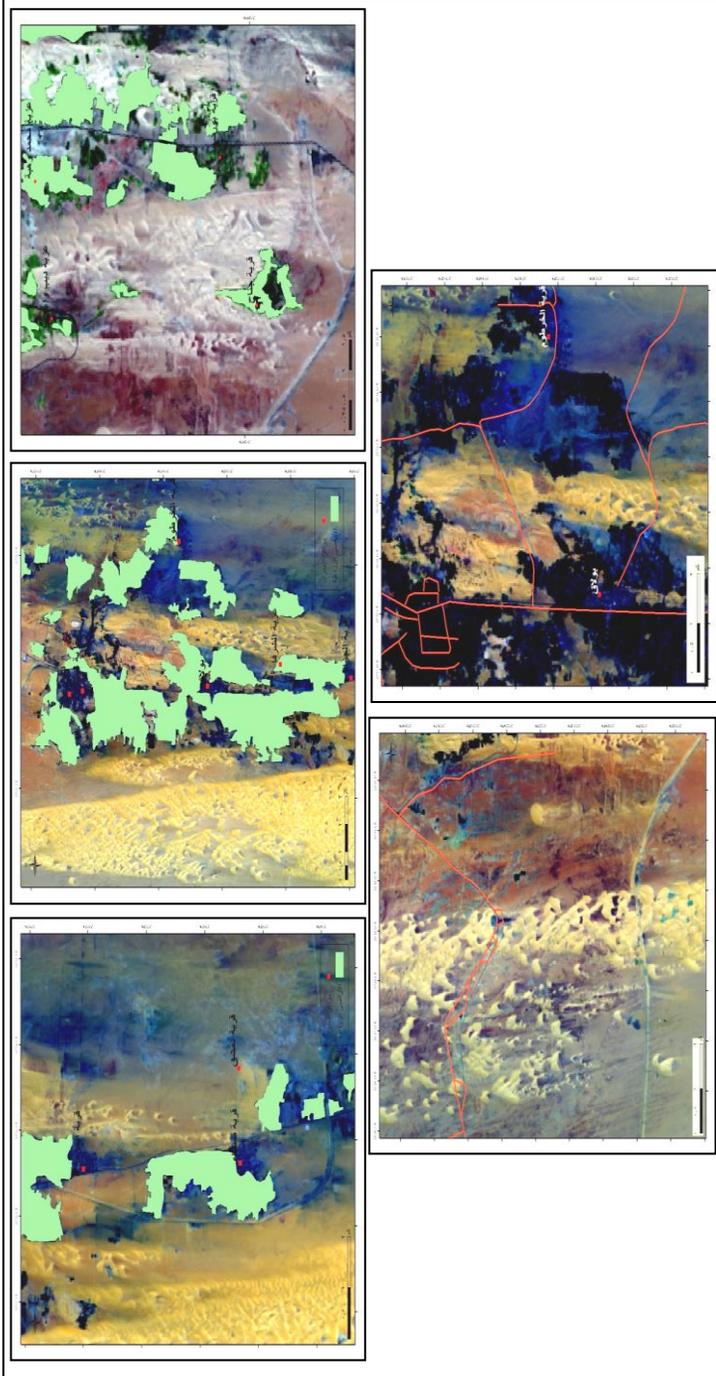
٢- التحقق من نتائج نموذج الاخطار المحتملة لحركة الكثبان وقد تم التحقق من نتائج هذا النموذج عن طريق تحديد ١٩ عينة - وشملت (طرق - عمران - زراعة) - على المرئية الفضائية Landsat 9 لعام ٢٠٢٤ ومقارنتها بخريطة أخطار الكثبان الرملية، واتضح من التفسير البصري لهذه العينات أنها مهددة بالخطر، ووجد أن ٩ عينات متفقة مع درجة الخطورة الشديدة و ١٠ عينات متفقة مع درجة الخطورة المتوسطة جدول (٧) وشكل (٨) واللوحات رقم (١،٢).

وينبغي القول إنه من الضروري عدم الاعتماد الكلي على نتائج هذا النموذج وحده، وأنه من الضروري رصد الأخطار من الدراسة الميدانية وتحليل المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية في المقام الأول - وهو ما سيرد ذكره بالتفصيل في الجزء التالي-، وأن مثل هذا النموذج يكون مفيداً للتعرف بشكل عام على مواقع الخطر ودرجته في مساحات واسعة .

جدول (٧) عينات مختارة للتحقق من نتائج النموذج المكاني للاخطار المحتملة للكثبان

م	الموقع	النشاط البشري		درجة الخطورة
(١)	قرية جناح	زراعة	عمران	شديد
(٢)	قرية ناصر الثورة	زراعة	عمران	متوسط
(٣)	قرية الخرطوم	زراعة	عمران	متوسط
(٤)	قرية بولاق	زراعة	عمران	شديد
(٥)	عزبة الشرفا	زراعة	عمران	متوسط
(٦)	قرية الجزائر	زراعة	عمران	شديد
(٧)	قرية صنعاء	زراعة	عمران	شديد
(٨)	قرية دمشق	زراعة	عمران	شديد
(٩)	طريق فرعي الخارجة - الخرطوم			شديد
(١٠)	طريق فرعي الخارجة - بولاق			شديد
(١١)	طريق الخارجة - الداخلة			شديد

المصدر: من اعداد الباحثة اعتمادا على المرئيات الفضائية



المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على المرئية الفضائية TM8 باستخدام برنامج ARC GIS v.10

شكل (٨) يوضح: عينات مختارة للتحقق من النموذج المكاني للأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية

المصدر: من إعداد الباحثة اعتمادا على المرئية الفضائية TM8 باستخدام برنامج ARC GIS v.10

## النمذجة المكانية لمرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة



خطر سفي الرمال على طريق أسيوط - الخارجة عند منطقة



زحف الكثبان الرملية على طريق الخارجة - الداخلة القديم ناظرا

منطقة



زحف الكثبان على الأرض الزراعية في قرية جناح الحالية

ناظرا صوب الغرب

اللوحة (1) توضيح: خطر زحف الكثبان على الطرق والأرض الزراعية



سفي الرمال على الأرض الزراعية بقرية الخرطوم ناظرا صوب الجنوب



سفي الرمال على عين غزال والبيوت المحيطة بها



حصار الكثبان الرملية للبيوت بقرية جناح القديمة ناظرا صوب

اللوحة (٢) توضح: خطر زحف الكثبان على البيوت والأرض الزراعية

#### ٤- طرق الحد والحماية من أخطار حركة الكثبان

حتى هذه اللحظة لم يتم التوصل الى وسيلة لوقف حركة الكثبان، ولكن هناك بعض الطرق والوسائل لتقليل أو لتحاشي ممرات تحرك الكثبان، ولتنفيذ ذلك، تمت بعض الدراسات على حركة الكثبان في كل المناطق التي يكون فيها الخطر داهما (نبيل سيد امبابي، ٢٠٢٤، ص ٢١٣). وقد قسم (عبد القادر عبد العزيز علي، ٢٠٠٣) طرق مواجهة تهديدات الكثبان الرملية لمراكز الاستقرار ومشروعات الاستصلاح بالصحراء الغربية إلى طريقتين: الطرق المؤقتة والثابتة، وفيما يلي عرض لهاتين الطريقتين:

##### ١- الطرق المؤقتة:

أ- **تغطية سطح الرمال:** باستخدام الحصى والحجر وفتات الصخور  
ب- **مثبتات كيمياوية:** من المثبتات المتوافرة في الأسواق البيتومين، وقد تمت تجربته في مصر (منير، ١٩٨٣) بمعدلات إضافية حتى ١,٥ ٪ وذلك برشه وخلطه مع التربة في الأراضي الرملية، وأثبت نجاحاً كبيراً بحيث أدى إلى تماسك حبيبات الرمال مما يجعلها غير قابلة للانجراف.

ج- **المواد البترولية:** أهم هذه المواد: مستحلبات إسفلتية، وأخرى إسفلتية مخففة ومستحلبات القار، زيوت شمعية ثقيلة، وخام البترول

د- **استخدام بعض المواد العضوية:** وقد أثبتت التجربة العملية أن استخدام المواد العضوية في تثبيت الأتربة الرملية خطوة أساسية في أي مخطط يستهدف صيانة التربة، أي يجب أن يكون جزءاً من الخطة المتكاملة لرفع مقاومة التربة للتعرية الريحية (عمر عبد الله عبد الرازق، ٢٠٠٤).

هـ- الأسوار المؤقتة: وتتكون من مواد عديدة أهمها بقايا النباتات والبراميل الفارغة والأمواج المعدنية والخشبية وأحياناً الحوائط الحجرية.

## ٢- الطريقة الثانية (التثبيت الدائم):

أ- يمثل التشجير أحد الطرق المهمة للتثبيت الدائم, وقد تصبح الكتبان المثبتة بالغطاء النباتي مصدرا جيدا للرعي إذا ما أحسن استخدامه.

ب- الزراعة الشرائطية والأسيجة الرعوية المتعامدة على اتجاه الرياح تخفض معدلات الانجراف من ٠,٦ - ١ طن / الساعة على عرض ١٠٠ متر عند سرعة رياح ١٠ - ١٢ مترا/ ثانية إلى ما دون الحدود المسموح بها (محمود خلف عسكر، ٢٠٠٤).

ج- حفر الخنادق وإزالة الرمال ونقلها في هذه الخنادق بواسطة الآليات

د- تغيير مسارات الكتبان الرملية إلى مجاري الأودية ثم تسوية سطحها وتشجيرها طبقاً للطريقة الأولى السابقة من طرق التثبيت الدائمة .

- الوسائل التي تم تطبيقها في المنطقة للحماية من خطر زحف الكتبان:

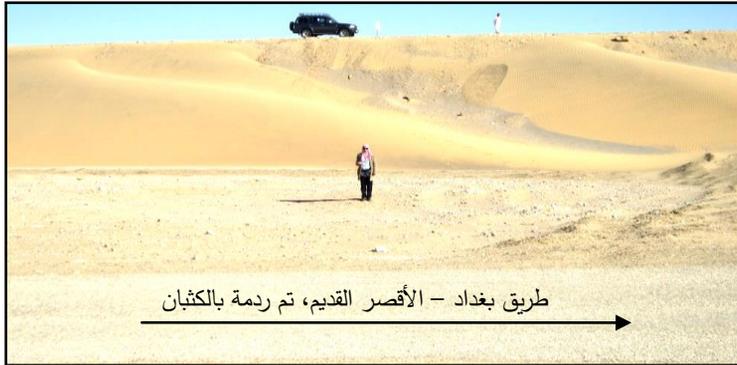
- تغطية سطح الرمال باستخدام التربة الطفلية، وتتميز طبقات الطفل بخاصية التميؤ حيث تمتص بخار الماء الموجود في الجو فتكون سطحا رطبا باستمرار ويعمل هذا السطح الرطب على زيادة تماسك حبيبات الرمال وتقليل تأثير الرياح السائدة في حمل الرمال

## النمذجة المكانية لبرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة

- ونقلها من مكان لآخر (أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا وهيئة الاستشعار من البعد , ١٩٩٠).
- الإزالة أو الإزاحة الميكانيكية العادية للكثبان باستخدام الكاسحات والناقلات وتستخدم هذه الطريقة في الأماكن الضيقة والتي يصعب تغطيتها بالتربة الطفلية كما هو الحال عند الكيلو ٢٠ طريق الخارجة - الداخلة.
  - رفع منسوب الطريق إلى أقصى ارتفاع للكثيب, وتستخدم هذه الطريقة أثناء عمليات الإنشاء, وقد تم تنفيذها بالفعل في طريق بغداد - الأقصر من الكيلو متر ٢٠ إلى الكيلو متر ٢٥ (مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار , ٢٠٠٠).
  - التحويلات, أي تحويل جزء الطريق الذي طغت عليه الكثبان إلى مسار جديد وسط المسافات البينية والتي تقع إلى الشمال أو الجنوب من الجزء الذي طغت عليه, كما هو الحال في طريق الخارجة - الداخلة, هذا إضافة إلى قيام فرق الصيانة بالعمل على إزالة الرمال من الطريق .
  - الأسوار المجمععة للرمال Impounding sand fences: وقد تبين من خلال الدراسة الميدانية انتشار استخدام هذه الوسيلة في جميع أنحاء منخفض الخارجة لحماية المزارع من سفي الرمال وزحف الكثبان الرملية كما يتم عمل الأسيجة من البوص في بعض المناطق , كما هو الحال في منطقة سكة حديد الخارجة - قنا.
  - استخدام الإسفلت على الجانب المواجه للرياح .



الإزالة الميكانيكية للكثبان باستخدام الكاسحات والناقلات على طريق الخارجة- الداخلة



طريق بغداد - الأقصر القديم، تم ردمه بالكثبان

رفع منسوب طريق بغداد - الأقصر إلى ارتفاع ٥ أمتار تقريبا ناظرا صوب الشمال



تحويلات طريق الخارجة - الداخلة ناظرا صوب الشرق

اللوحة (٣) توضح: طرق الحماية المستخدمة والحد من أخطار زحف الكثبان

الرملية في منخفض الخارجة

## النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة



تثبيت الكثبان الرملية بالطفلة شرق طريق الخارجة - باريس ناظرا صوب الشرق



الأسوار المتعددة للحماية من خطر زحف الكثبان على الأرض الزراعية



أسوار الحماية حول الزراعة ناظرا صوب الشرق



تثبيت الكثبان بمادة الإسفلت على طريق الخارجة - الداخلة ناظرا صوب

اللوحة (٤) توضح: طرق الحماية والحد

من أخطار زحف الكثبان الرملية في منخفض الخارجة

### النتائج والتوصيات:

يمكن ايجاز أهم النتائج عن النمذجة المكانية لرصد حركة الكثبان الرملية وأخطارها في منخفض الخارجة فيما يلي:

١- تم الاعتماد على اسلوب النمذجة المكانية في رصد معدل حركة الكثبان الرملية الهلالية وذلك من خلال الاعتماد على المرئيات الفضائية متنوع لاندسات باستخدام برنامج Arc Gis كبرنامج متخصص في انشاء النماذج المكانية، وتم الاعتماد في هذا النموذج على ادخال طبقات الكثبان من نوع polygon في أعوام ٢٠٠٠ و ٢٠١٤ و ٢٠٢٤ كمدخلات رئيسية مطلوبة لتطبيق النموذج.

٢- تبين من قياس معدل حركة الكثبان الهلالية البسيطة من النموذج المكاني Spatial Modeling أن المعدل السنوي لحركة الكثبان الرملية في المنطقة خلال الفترة (٢٠٠٠ - ٢٠١٤م) بلغ ٦,٤ متر، وقد انخفض هذا المعدل الى ٥ متر خلال الفترة من (٢٠١٤ - ٢٠٢٤).

٣- تم دراسة الحركة المستقبلية المتوقعة للكثبان الرملية في منطقة الدراسة عام ٢٠٤٤م وتبين أنها تقدر بنحو ٥,٧ متر.

٤- تم استخدام اسلوب النمذجة المكانية في رصد الأخطار المحتملة للكثبان الرملية وذلك من خلال استخدام برنامج Arc Gis كبرنامج متخصص في انشاء النماذج المكانية، وتم الاعتماد في هذا النموذج على نموذج الارتفاع الرقمي وخريطة الانحدار وخريطة اتجاهات الانحدار ومعدل الرطوبة الذي تم حسابه عن

- طريق تطبيق معادلة اندرسون وبيانات سرعة الرياح على شكل طبقات كمدخلات رئيسية مطلوبة لتطبيق النموذج.
- ٥- اتضح من دراسة خريطة الأخطار التي اخرجها النموذج المكاني للأخطار المحتملة أنه توجد خطورة على الطرق والأراضي الزراعية والقرى من أهمها: طريق أسيوط - الخارجه، والخارجه - الداخلة، وطريق الخارجه - باريس، وطريق بغداد - الأقصر، وطريق باريس - العوينات، وقرية جناح التي ردمت أربع مرات وبولاق وبورسعيد والمنيرة وقرية دمشق وجدة، بالإضافة إلى الخطورة على المناطق الأثرية.
- ٦- تم التحقق من نتائج النموذج المكاني للأخطار المحتملة للكثبان من خلال فحص الخرائط والمرئيات الفضائية والدراسة الميدانية، ووجد أن ٩ عينات متفقة مع درجة الخطورة الشديدة و ١٠ عينات متفقة مع درجة الخطورة المتوسطة.
- ٧- رصدت الدراسة الميدانية العديد من محاولات الحد من هذه الأخطار وتتمثل في تغطية سطح الرمال باستخدام التربة الطفلية، الإزالة أو الإزاحة الميكانيكية العادية للكثبان باستخدام الكاسحات والناقلات، رفع منسوب الطريق إلى أقصى ارتفاع للكثيب، الأسوار المجمعة للرمال، تثبيت الكثبان بمادة الإسفلت، وتثبيت الكثبان بالطفلة الحمراء.
- ٨- أن إنشاء مصدات رياح أمام الكثبان التي تهدد أوجه النشاط البشري لن يوقف تحرك الكثبان، وذلك لأن مثل هذه الكثبان سوف تتراكم أمامها ثم تطفئ عليها وتتخطاها بعد فترة زمنية تطول أو تقصر حسب كمية الرمال وحجم الكثبان وسرعة

تحركها، ثم تصبح تشكل نفس الخطر بطغيانها على أوجه النشاط البشري، وبناءا عليه توصي الدراسة بما يلي:

### توصيات الدراسة:

- ١- أهمية استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الرمال لكفاءتها العالية في تحديد المناطق المهددة بزحف الرمال.
- ٢- أهمية توظيف التقنيات الجيومكانية لتحديد تلك المواقع المهددة بالخطر.
- ٣- استخدام بيانات مرتفعة الدقة في النموذج المكاني للوصول الى نتائج عالية الدقة. وضرورة التحقق من نتائج النماذج المكانية في رصد الأخطار المحتملة لحركة الكثبان الرملية من خلال الدراسة الميدانية وتحليل المراثيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية.
- ٤- تقادي مسارات الكثبان الرملية بالمنخفض، ومحاولة إنشاء الطرق وإقامة القرى وزراعة الأراضي في المناطق التي تقع بعيدا عن مسارات هذه النطاقات .
- ٥- إنشاء كباري فوق هذه النطاقات بحيث تسمح بمرور الكثبان من تحتها، أو إنشاء أنفاق تمر الكثبان فوقها عند أماكن عبور البرخانات الطرق والسكك الحديدية، وبذلك لا تشكل هذه الكثبان أي أخطار على حركة المرور في هذه الأماكن.
- ٦- حفر منخفضات أمام مسارات نطاقات الكثبان في المناطق الزراعية وحول القرى والآبار، يتجه إليها كل كثبان هذه النطاقات.

## المراجع

### المراجع العربية:

- ١- أحمد عبد السلام علي (٢٠٠٩) أخطار ومشاكل زحف الرمال على الطرق والمراكز العمرانية في سلطنة عمان، المجلة المصرية للتغير البيئي، دورية علمية محكمة تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية للتغيرات البيئية، إصدارات خاصة (١).
- ٢- أشرف أبو الفتوح، ونبيل سيد إمبابي (٢٠٠٢) ديناميكا الإزالة والإرساب على سطح الكثبان الهلالية، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، الجزء الأول، العدد ٣٩.
- ٣- جهان عبد القادر اخليلف (٢٠٢١) توظيف التقنيات الجغرافية الحديثة في تحديد المناطق المهددة بزحف الرمال على الطرق الرئيسية حول مدينة الرياض، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية بكلية الآداب - جامعة المنوفية، العدد ٣٢ ص ٣٥-٨٤.
- ٤- حسن علي حسن يوسف (١٩٩٨) بعض الأشكال الرملية في شمال سيناء، المؤتمر الجيولوجي الدولي الخامس لتنمية سيناء، سانت كاترين، ص ص ١٨٧-٢١١.
- ٥- حسن علي حسن يوسف (٢٠٠٣) الكثبان الرملية بشمال دلتا نهر النيل، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، الجزء الثاني، العدد ٤٢، ص ١١١-١٠٩.
- ٦- رهام وسيم عبد الحميد (٢٠١١) الأشكال الرملية في المنطقة من بلطيم وبرج العرب- دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية-

- باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بنها.
- ٧- صابر امين دسوقي ومحمود حجاب (٢٠١٥) طرق دراسة الكتبان الرملية الهابطة، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد السابع، العدد ٢.
- ٨- عاطف معتمد عبد الحميد (٢٠٠٧) تكامل بيانات الاستشعار عن بعد والمراجعة الحقلية في دراسة الكتبان الرملية -حقل الجافورة، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٣٣.
- ٩- عبد القادر عبد العزيز علي (٢٠٠٣) تهديدات الكتبان الرملية لمراكز الاستقرار ومشروعات الاستصلاح بالصحراء الغربية وطرق مواجهتها- الريف المصري حاضره ومستقبله، المجلس الأعلى للثقافة، ص ٢٢١-٢٥٧.
- ١٠- عبير على فرغلي (٢٠٠٧) جيومورفولوجية الكتبان الرملية فيما بين الجزء الجنوبي من الإسماعيلية والحافة الغربية لهضبة التية - سيناء، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.
- ١١- عماد عبد الفتاح صالح (٢٠١٥) الأشكال الأرضية الناتجة عن فعل الرياح بمنخفض الخارجة -دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة بني سويف.
- ١٢- عواد حامد محمد موسى (١٩٩٣) الكتبان الرملية في شرق الدلتا - دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير، كلية الآداب، قسم الجغرافيا، جامعة المنوفية.
- ١٣- فاطمة عبدالرافع عبدالفتاح (٢٠١٦) جيومورفولوجية الكتبان الرملية وأخطارها بمنخفض الخارجة باستخدام نظم المعلومات

- الجغرافية والاستشعار عن بعد، رسالة دكتوراة، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر.
- ١٤- كريم مصلح صالح (٢٠٠٦) الكثبان الهلالية غرب محافظة سوهاج وأثرها على تربة الأرض الزراعية بالسهل الفيضي، مجلة كلية الآداب بسوهاج، العدد التاسع والعشرون، الجزء الثاني
- ١٥- كمال سروجي درويش (٢٠١١) حركة الكثبان الرملية وأخطارها الجيومورفولوجية على منطقة موط بمنخفض الداخلة - الصحراء الغربية، رسالة ماجستير، كلية الآداب، جامعة المنيا.
- ١٦- محسن عبد المنعم جامع (٢٠٠٤) الكثبان الرملية حركتها ومشاكلها: حماية بعض قرى الواحات من الكثبان باستخدام الري بالتنقيط والرش، المؤتمر الدولي الثاني للتنمية في الوطن العربي، مركز الدراسات والبحوث البيئية- جامعة أسيوط، مصر، ص ٢٨٥-٣٠٢.
- ١٧- محسن محمد عوادة (٢٠٢٥) خصائص الكثبان الرملية بمنطقة النفود الكبير - شمال حائل، دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية، باستخدام التكامل بين الاستشعار من بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، مجلة العلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد ٥١، العدد ٥، ص ٢١٧ - ٢٤٨
- ١٨- مشاعل بنت آل سعود (٢٠٠٤) تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد ٢٨٥.

- ١٩- نبيل سيد إمبابي (١٩٧٠) الكتبان الرملية المتحركة في المناطق الصحراوية، المجلة الجغرافية المصرية، الجمعية الجغرافية المصرية، العدد ٣، السنة ٣، ص ٦٣ - ٧٣.
- ٢٠- نبيل سيد إمبابي (١٩٧٩) حركة الكتبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير بمنخفض الواحات الخارجة، مجلة بحوث الشرق الأوسط، العدد ٦، ص ٥١ - ٨٠.
- ٢١- نبيل سيد إمبابي (١٩٨٥) حركة الكتبان الرملية الهلالية وأثرها على العمران والتعمير في منخفض الخارجة، مجلة الشرق الأوسط، العدد السادس، جامعة عين شمس، القاهرة.
- ٢٢- نبيل سيد إمبابي (٢٠٢٤) بحار الرمال وحقول الكتبان الرملية في مصر، القاهرة.

#### المراجع الأجنبية:

- 1- Abu Seif, E.S., El-Khashab, M.H. (2019) Desertification risk assessment of sand dunes in middle Egypt: a geotechnical environmental study. Arab J Sci Eng., 44, pp.357-375.
- 2- Al-Jilani, A. S. A., (2020) Sandy Forms on the Coast of El-Dafna Plateau between the Two Wadis of Al-Hariqa and Western Monastir in Northeastern Libya: A Geomorphological Analysis Using Remote sensing techniques, Journal of Scientific Research in Arts, Girls' College of Arts, Sciences and Education, Ain Shams University, No. 21, Part Two.
- 3- Embabi, N. S et al. (2012) Geomorphology of Ghord Abu Moharik Sand Sea In Egypt, Bull. Soc. Geog. d'Egypte, Vol. 85, pp. 1-28.

- 4- Embabi, N. S. (2000) Sand Dunes In Egypt, in: Soliman, M.S. (ed.) Sedimentary Geology of Egypt: Applications and Economics., Sedimentology of Egypt, pp. 45-87.
- 5- Embabi, N. S. (2000) Sand Dunes In Egypt, Geology Dept, Fac. Sci., Ain-Shams Univ.,Cairo.
- 6- Embabi, N. S. (2004) Geomorphology of Egypt, Vol. 1: The Nile Valley and The Western Desert. The Egyptian Geographical Society, Cairo.
- 7- Hassan O.A. & Eleithy B.M.(2004) Monitoring of sand dunes migration for developing migrative measures in El-kharga depression , western desert, Egypt. Jour. Remote Sensing & Space Sciences, Vol.7, pp.71 – 88.
- 8- Hassane R., et al., (2017) Modeling and Numerical Simulation of Sand Dunes Formation, Journal of Mathematic Research. Vol.9, N.4.
- 9- Hewyda A.T.,(2022) The Dynamics of Sand Dunes and Their Impact on the Capability of Soil in El-Qasr Village, El-Dakhla Depression: A Study in Applied Geomorphology, Journal of the Faculty of Arts, Port Said University, Issue No. 21, P. 212-251
- 10- Ihab, N.I. (2012) Evolution of the South Rayan Dune-field (Central Egypt) and its Interaction with the Nile Fluvial System, PhD, Leuven University.
- 11- Khedr, E., et al.,(2014) Rate and budget of blown sand movement along the western bank of Lake Nasser, southern Egypt. Arabian Journal of Geosciences, 7, 3441–3453

- 12- Konecny, G. (2014) Geoinformation: Remote Sensing, Photogrammetry, and Geographic Information Systems, CRC, London.
- 13- Lancaster, N. (1994) Dune Morphology and Dynamics, In: Abrahams A. D. & Parsons, A. J. (eds.) Geomorphology of Desert Environment, Chapman & Hall, London, pp. 474-505.
- 14- Lancaster, N. (2005) Geomorphology Of Desert Dunes, London.
- 15- Lindholm, R. (1987) Practical Approach to Sedimentology, Allan & Unwin, London.
- 16- May, J. H. (2013) Dunes and Dunefields In The Bolivian Chaco as Potential Records of Environmental Change, Jour. of Aeolian Research, Vol. 10, pp. 89-102.
- 17- Megahed, H., et al., (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.
- 18- Nouredine I., et al., (2021) On a Mathematical model for traveling sand dune, Journal of Nonlinear analysis: Real world Applications, V. 62.
- 19- Parteli, J. R. et al. (2014) Origins of Barchan Dune Asymmetry: Insights from Numerical, Jour. of Aeolian Research, Vol. 12, pp. 121-133.
- 20- Philip, G. et al. (2004) Dynamics of Sand Dunes Movement and their Environmental Impacts on The Reclamation Area In NW Sinai, Egypt. Proceeding of The 7th Conf. Geology of Sinai for Development, Ismailia, pp. 169-180

- 21- Salman A.B. et al. (2010) Environmental Impact and Natural Hazards on Kharga Oasis Monumental Sites, Western Desert of Egypt, Journal of African Earth Sciences, Vol. 58, pp. 341-353
- 22- Sauermann G. et al.(2000) The Shape of the barchans dunes of Southern Morocco, Geomorpho-logy, Vol.36, pp. 47-62.
- 23- Sauermann G. et al.(2003) Wind velocity and sand transport on barchans dune, Geomorpho-logy, Vol.54, pp. 245-255.
- 24- Sauermann, G. et al. (2000) The Shape of The Barchan Dunes of Southern Morocco, Geomorphology, Vol. 36, pp. 47-62.
- 25- Sauermann, G. et al. (2003) Wind Velocity And Sand Transport on a Barchan Dune, Jour. of Geomorphology, Vol. 54, pp. 245-255.
- 26- Seham, M. H. & Yehia, M. A. (1989) Morphostratigraphic Features of The Kharga Oasis, Western Desert, Egypt, Bull. Faculty of Arts, Cairo University, Vol.49.
- 27- Stokes S. et al. (1999) Accurate dune displacement and morphometric data using Kinematic GPS, Z.G geomorph.Nf. ,suppl-bd.116,p.195-214,Berlin. Stuttgart, November
- 28- Tchakerian, V.P. (ed.) (1995) Desert Aeolian Processes, Chapman & Hall, London,
- 29- Wang, X. et al. (2002) Geomorphology of Sand Dunes in The Northeast Taklimakan Desert, Geomorpho-logy, Vol. 42, pp. 183-195.