التحليل المكاني لبعض خصائص حركة الكثبان الرملية في شرقي الفرافرة ومنخفض الخارجة وشمال توشكي

د. منصور عبد العاطي سعد محمد(*)

الملخص:

تعتبر الكثبان الرملية المتحركة من أهم المشكلات التي تواجه تعمير الصحاري في العالم عامة وفي مصر خاصة خصوصاً صحراء مصر الغربية، فهي تهدد الطرق والسكك الحديدية والأراضي الزراعية والقرى في حال وقوعها في إتجاه الرياح، بالإضافة إلى تحركها في إتجاه بحيرات توشكى وهي المفيض المائي لبحيرة ناصر جنوب مصر، لذا كان من الهام دراسة حركة الكثبان الرملية دراسة علمية وافية في أكثر من منطقة لإظهار معدل الحركة السنوي والذي تراوح بين ٤,٢ م/السنة في الفرافرة و٨,٦ م/السنة في الخارجة و٦,٧ م/السنة بتوشكى، ومدى تأثير ذلك على النشاط البشري، ومن ثم وضع الحلول المختلفة لتفادي الخطر الذي قد تشكله هذه الكثبان علي مفيض توشكى، وأوجه التعمير المختلفة في محافظة الوادي الجديد.

تغطي الدراسة معدلات حركة الكثبان الرملية في منطقة شرق الفرافرة ومنخفض الخارجة وشمال بحيرات توشكى، من خلال إستخدام تقنيات الاستشعار من بعد لمراقبة حركة الكثبان الرملية وتحديد المناطق المهددة بزحف الرمال، بإستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعارمن البعد من خلال تحليل الخرائط الطبوغرافية القديمة والمرئيات الفضائية لسنوات مختلفة، بالاضافة إلي البيانات الرقمية المتنوعة.

الكلمات الدالة: الكثبان الرملية، الفرافرة، الخارجة، مفيض توشكى، المرئيات الفضائية، الاستشعار من البعد، نظم المعلومات الجغرافية.

(*) المعهد العالي للدراسات الأدبية كنج مريوط، الأسكندرية (art_mansour@kma.edu.eg).

مقدمة:

تعد الكثبان الرملية أحد مظاهر سطح الأرض الرئيسة البارز وجودها في البيئات الجافة وشبه الجافة في مناطق مختلفة من العالم، وذلك لتوفر الأحوال البيئية الملائمة لتكوينها، إذ تتصف هذه البيئات الجافة وشبه الجافة بإنها ذات أنظمة هشة تكون سريعة التأثر والاستجابة لعوامل التدهور المختلفة، لاسيما بعد التغيرات المناخية التي يشهدها كوكب الأرض بعد تآكل جزء من طبقة الأوزون، وبتأثير إنبعاث الغازات الحرارية أو مايطلق عليها ظاهرة الإحتباس الحراري، وما نتج عنها من إزدياد وتكرار سنوات الجفاف، وقلة سقوط الأمطار وإرتفاع درجة حرارة الأرض، مما أثر في نظامها الطبيعي وإختلال توازنها البيئي، ومن ثم تدهورها ونشاط عمليات التعرية الريحية من نقل وترسيب وتكوين الكثبان في مناطق مختلفة من العالم.

تبلغ مساحة الرواسب الرملية في منخفض الخارجة مايقرب من ١٥٠٠ كيلومتر مربع، ويتضح أن حركة الكثبان الهلالية، وهي إحدي المشكلات المرتبطة بالظروف الجغرافية الطبيعية، أدت إلي نشأة بعض المشكلات بسبب طغيإنها علي مظاهر العمران المختلفة، وسوف تزداد هذه الخطورة مع زيادة حركة التعمير في الوادي الجديد **(نبيل سيد إمبابي، ١٩٧٠، ص ٤١-٤٢)**.

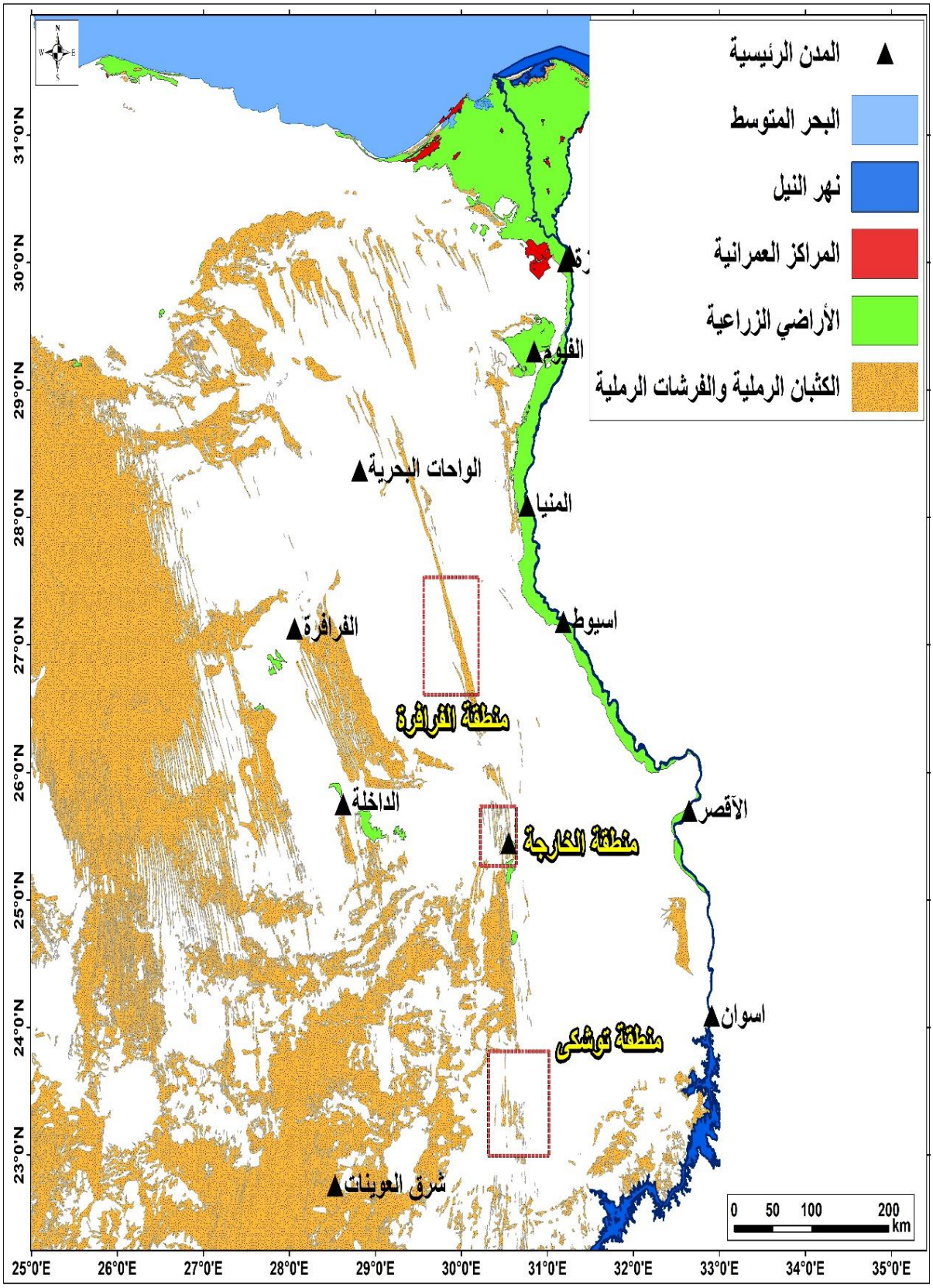
١. موقع منطقة الدراسة:

تنتشر الكثبان والفرشات الرملية بالصحراء الغربية بطول ١٠٠٠ كم تقريباً من الشمال إلى الجنوب وبعرض ٨٠٠ كم تقريباً وتبلغ مساحتها ٢١٤٨٢٢,٣ كم٢ أى ما يمثل ٢٢٪ من إجمإلي مساحة جمهورية مصر العربية، شكل (١).

جدول (١) مساحات ونسب مناطق التراكمات الرملية بالصحراء الغربية

مسلسل	منطقة التراكمات الرملية	المساحة الكلية (كم٢)	المساحة المغطاة الرمال (كم٢)	نسبة التغطية بالرمال (٪)
١	بحر الرمال الأعظم	١٤٤٤٠٠	٨٥٦٠٠	٥٩,٢٨
٢	فرشة رمال سلمية	٦٣٢٠٠	٥٦٠٠٠	٨٨,٦١
٣	بحر رمال جنوب القطارة	١٠٤٠٠	٦٨٠٠	٦٥,٣٨
٤	غرد أبو المحاريق	٦٠٠٠	٤٠٠٠	٦٦,٦٧
٥	بحر رمال شرق الفرافرة	١٠٣٠٠	٧٠٠٠	٦٧,٩٦
المجموع	–	٢٣٤٣٠٠	١٥٩٤٠٠	–

المصدر: نبيل سيد إمبابى (١٩٩٨).

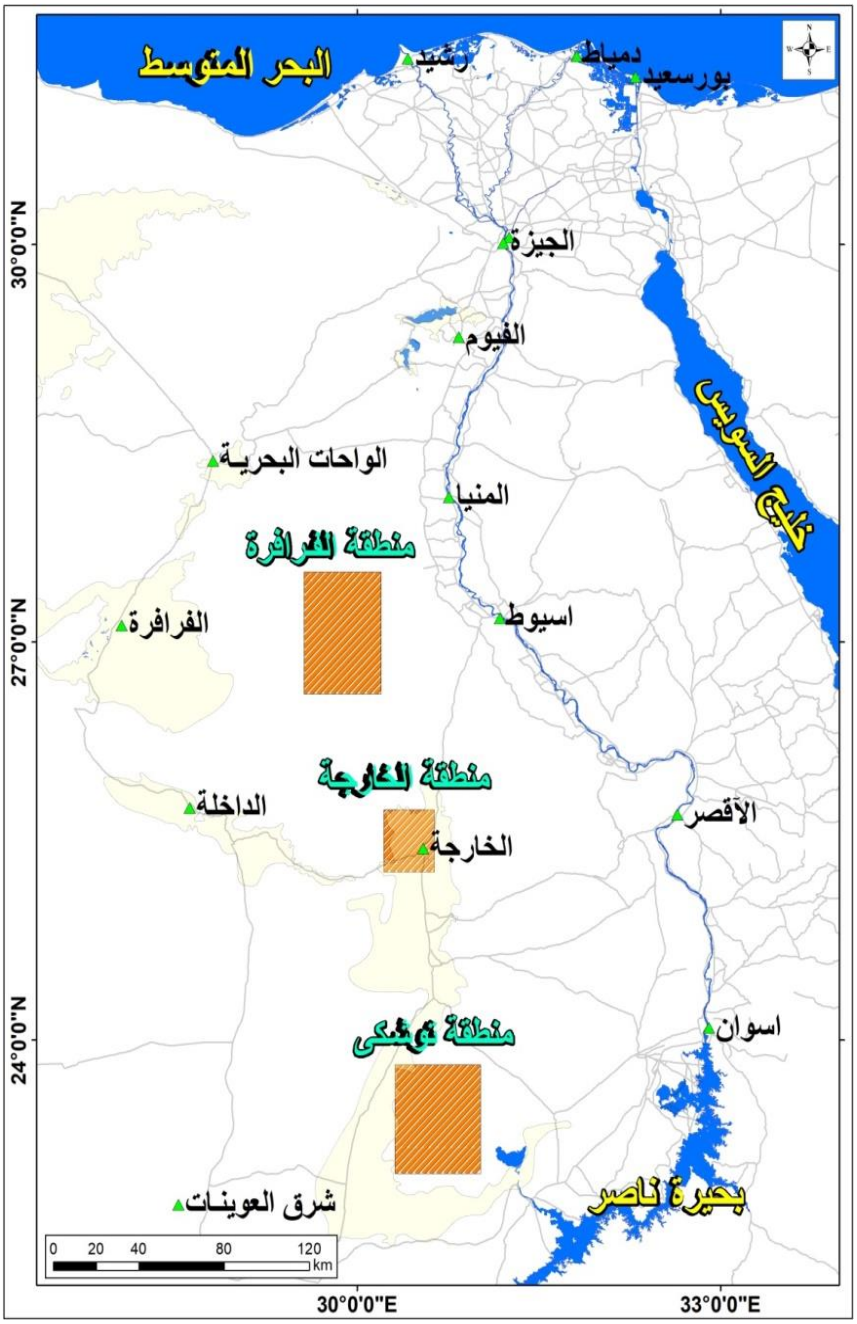


المصدر: من عمل الباحث اعتمادا علي الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠ انتاج منظمة اليونسكو، ٢٠٠٦.

شكل (١) توزيع الكثبان والفرشات الرملية بالصحراء الغربية

وتقوم الدراسة الحالية لحركة الكثبان الرملية في ثلاث مناطق مختلفة بالصحراء الغربية، شكل (٢)، وهي:

- المنطقة الأولى منطقة شرق الفرافرة: وهي الواقعة بين خطي طول ٣٣' ٢٩° ، ١٢' ٣٠° ودائرتي عرض ٣١' ٢٧° ، ٣٦' ٢٦° بمساحة ٦٤٥٦,٥ كم٢.



المصدر: من عمل الباحث

شكل (٢) موقع منطقة الدراسة بالصحراء الغربية

- المنطقة الثانية منطقة منخفض الخارجة: وهي الواقعة بين خطي ١٣' ٣٠° ، ٣٨' ٣٠° ودائرتي عرض ١٦' ٢٥°، ٤٤' ٢٥° وسيتم التركيز بطرق مكثفة على هذه المنطقة لما لها من أهمية حيث تكثر بها المراكز العمرانية من طرق ومناطق سكانية وأراضي زراعية ومناطق أثرية، حيث تعد الخارجة عاصمة محافظة الوادي الجديد، ويتراوح إتساع المنخفض مابين ٢٠ – ١٠٠ كم، ويحيط به من الشمال والشرق حافات حادة الإنحدار مفككة بإرتفاع ٢٠ متراً، وعلي الحافات الغربية ينفتح نحو منخفض الداخلة، ويحاط من الشرق بحافة الحجر الجيري الإيوسيني، وبالإتجاه نحو الجنوب والغرب فإن قاع المنخفض يندمج تدريجياً بالصحراء المفتوحة المكونة من حجر رملي طارف، كما إنها تبتعد عن وادي النيل الذي يجاورها من الشرق بفاصل من التكوينات الجيولوجية التي تبرزها جيولوجية المنخفض، وتصل مساحته إلي ٢١٦٩ كم^{٢}.
- المنطقة الثالثة منطقة شمال بحيرات توشكى: وهي الواقعة بين خطي طول ١٩' ٣٠° ، ١' ٣١° ودائرتي عرض ٤٨' ٢٣° ، ٥٩' ٢٢° بمساحة تقدر بحوإلي ٦٥٣٨,٢ كم^{٢}.

٢. أسباب الدراسة:

يرجع السبب في إختيار منطقة الدراسة إلي تناول التحليل المكاني لبعض خصائص حركة الكثبان الرملية في شرقي الفرافرة ومنخفض الخارجة وغربي توشكي، ودراسة معدل الحركة السنوية لإظهار تأثير ذلك على المراكز العمرانية (القرى– الطرق– المناطق الأثرية)، وأثر إتجاه إرساب هذه الرمال على مفيض توشكى المائي، والذي يمثل جزء من المخزون المائي لمصر وهو ما يؤثر على الأمن المائي لجمهورية مصر العربية.

٣. أهداف الدراسة:

- رصد وحساب معدل حركة الكثبان الرملية في مناطق الدراسة والمدة الزمنية لها، وإستخلاص المتوسط السنوي للحركة من خلال تحليل المرئيات الفضائية لفترات زمنية مختلفة ١٩٨٤، ٢٠٢١ والخرائط الطبوغرافية القديمة عام ١٩٣٦ لمنطقة الخارجة، ومدي تأثيرها علي مظاهر العمران المختلفة وتأثيرها علي المناطق الزراعية.
- توضيح أثر أخطار تحرك الكثبان الرملية على الطرق والأراضي الزراعية والمناطق الأثرية بمنطقة الدراسة.
- التركيز على مفيض توشكى لبيان خطر الكثبان على التنمية المستدامة في المفيض.
- وضع الحلول المناسبة لتفادي أخطار حركة الكثبان الرملية بالمناطق قيد الدراسة.

٤. الدراسات السابقة:

- نورة عبدالتواب السيد (٢٠١٩): هدف البحث إلي تحليل خصائص رمال الكثبان الرملية بمنخفض الخارجة من خلال تطبيق فولك وورد، وقد أظهرت نتائج التحليل الميكانيكي أن رمال منطقة الدراسة تسودها الرمال متوسطة الحجم، أما فيما يتعلق بالخصائص النسيجية لرمال الكثبان فإنها تتألف من رمال ناعمة ومتوسطة وجيدة التصنيف جداً وموجبة الإلتواء والتفرطح، وتراوحت من حيث معامل الإستدارة مابين شبه المستديره وشبه الحادة.
- فاطمة عبد الرافع عبد الفتاح (٢٠١٦): تناولت الدراسة أنواع الكثبان الرملية وخصائصها من حيث الحجم والتحليل المعدني للظاهرات الدقيقة لأسطح الرمال، ورصد عمليات الإذابة والإرساب التي تتم علي سطح الكثبان الهلالية، وتقدير حركة الكثبان وإنشاء نموذج بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية لقياس هذه الحركة، من خلال المرئيات الفضائية ودراسة الأخطار المتعلقة بزحف الرمال علي مناطق الإستقرار البشري، وإنشاء نموذج يحدد مواقع الأخطار وأوضحت نتائج الدراسة أن كمية الرمال المتوقع تحركها تتباين من شهر لآخر خلال العام، مما يترتب عليه خطورة علي الطرق والقرى والأراضي الزراعية بالإضافة إلي الخطورة علي المناطق الأثرية.
- حسن علي العتر (٢٠٠٢): هدف البحث إلي دراسة جيوبيئية لمنخفضات الصحراء الغربية الرئيسة الخارجة، الداخلة، الفرافرة، البحرية، سيوة، القطارة، كما اعتمدت الدراسة علي صور فضائية للقمر الأمريكي لاندسات TM، بغرض توضيح الظواهر الطبوغرافية والوحدات الصخرية والتراكيب الجيولوجية وشبكة الطرق والصرف الطبيعي.
- نبيل سيد إمبابي (١٩٨٤): هدفت إلي دراسة حركة الكثبان الرملية الهلالية وأثرها علي العمران والتعمير في منخفض الواحات الخارجة، وإلي التعرف علي قياس معدل الحركة والعوامل التي تؤثر في الكثبان الهلالية في منخفض الداخلة، والمشكلات الناتجة عن حركة تلك الكثبان، وقد إتضح أنها أدت إلي ظهور بعض المشكلات بسبب طغيانها علي مظاهر العمران المختلفة، وإعتمدت هذه الدراسة علي الزيارات الحقلية لحركة الكثبان الهلالية في منخفض الخارجة في الفترة ٢٠-٢-١٩٧٠ حتي ٢٤-٢-١٩٧١.
- نبيل سيد إمبابي (١٩٧٠): هدفت الدراسة إلي معالجة المميزات المورفولوجية للكثبان الرملية والعوامل المؤثرة في توزيعها في منخفض الواحات الخارجة، وتباين الأماكن الرئيسة الحالية والمحتملة التي قد تشكل فيه الكثبان الرملية خطراً علي نواحي مشروعات العمران المختلفة، ومناقشة بعض الحلول الخاصة بالمشكلات التي قد تسببها الكثبان الرملية في الواحات الخارجة.

٥. منهجية الدراسة وأساليبها:

من أجل تحقيق أهداف الدراسة تم إستخدام المناهج والأساليب التالية:

- المنهج الإقليمي: أستُخدم في تقييم حركة الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة.
- المنهج التاريخي: من خلال دراسة حركة الكثبان الرملية من الفترة ١٩٣٦-١٩٨٤-٢٠٢١ وذلك من خلال جمع البيانات من الخرائط والمرئيات الفضائية المختلفة.
- الأسلوب الكاتوجرافي: تم الإعتماد عليه في إعداد وتصميم وإنتاج الخرائط ورسمها.

٦. طريقة الدراسة:

إعتمد البحث علي إستخدام تقنيات الإستشعار من البعد ونظم المعلومات الجغرافية في تحليل وتفسير وتحسين صور الأقمار الصناعية متوسطة وعالية الدقة، وتطلبت الدراسة تحليل لقطات لاندسات تتراوح المدة الزمنية من ١٩٨٤- ٢٠٢١ بالإضافة إلى الخرائط الطبوغرافية القديمة لبعض مناطق الدراسة، جدول(٢)، بالإضافة إلى الدراسة الميدانية خلال عامي ٢٠١٧ و٢٠٢٠ لمنطقة الفرافرة والخارجة.

جدول (٢) بيانات المرئيات الفضائية المستخدمة في الدراسة

المنطقة	البيان	التاريخ	النوع	المنطقة	المصدر
شرق الفرافرة	مرئية فضائية	١٩٨٤/١١/١٤	لاند سات ٥	١٧٧/٤١	USGS
	مرئية فضائية	٢٠٢٠/٦/٢٩	لاند سات ٨		
الخارجة	خريطة طبوغرافية	١٩٣٦	لوحة المحاريق		مصلحة المساحة المصرية
			لوحة الخارجة		
	مرئية فضائية	١٩٨٤/١٠/٢٢	لاند سات ٥	-٤٢	USGS
	مرئية فضائية	٢٠٢١/١٠/٢٨	لاند سات ٨	١٧٦	
شمال توشكى	مرئية فضائية	١٩٨٤/٩/٤	لاند سات ٥	١٧٦/٤٤	
	مرئية فضائية	٢٠٢١/١٢/٢٩	لاند سات ٨		

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً علي بيانات المرئيات الفضائية.

أولاً: تعريف الكثبان الرملية:

بدأت أبحاث بعض الجيومورفولوجين في دراسة الكثبان الرملية في النصف الثاني من القرن العشرين، فقد عرف العالم لونكويل وجماعته (Long J,T etal,1964,pp. 149-156) الكثبان الرملية، على إنها عصف الرياح بالحطام الصخري، الذي يكون رملاً ليتجمع بعد ذلك ويكون هضاب صغيرة دائرية أو ذات شكل طولي أحياناً أو غير منتظمة الشكل.

وهكذا نجد أن هنالك إختلاف في آراء العلماء والباحثين في وضع تعريف محدد وشامل يمكنه أن يجسد المعنى الحقيقي للكثبان الرملية، ومع إختلاف التعاريف المذكورة أعلاه، إلا أن هذا الإختلاف ليس كبيراً لأن الحقيقة العلمية للكثبان، هي إنها تمثل شكلاً من أشكال سطح الأرض التي تتكون من رواسب مفككة كونتها العمليات الجيومورفولوجية المختلفة، ليأتي بعدها دور العامل الجيومورفولوجي الأكثر أهمية في تكوين الكثبان الرملية والمتمثل بعامل الرياح، والذي يسهم في نقل نواتج المفتتات الصخرية، ومن ثم ترسيبها في مناطق أخرى قد تكون قريبة أو بعيدة عن مصدر تكوينها اعتماداً على عاملين، الأول: هو إنخفاض سرعة الرياح التي تؤدي إلى ضعف قدرتها على حمل الحبيبات الرسوبية فتسقط إلى الأرض، والعامل الآخر هو وجود العوائق أو العوارض التي تقف بوجه الرياح، مؤدية إلى استنزاف طاقتها فترسب حمولتها ودقائقها الرسوبية بهيئة أكوام وتجمعات، والتي تُكون مع توالي عمليات الإرساب أشكالاً مختلفة من الكثبان الرملية، وبمساحات وإرتفاعات مختلفة، وعلي ما سبق ذكره يمكن أن نُعرف الكثبان الرملية بإنها (ظاهرة طبيعية رسوبية، تكونت بفعل تجمع الرواسب المنقولة بواسطة الرياح الناتجة عن عمليات التجوية والتعرية المختلفة، لصخور الأرض وترسيبها بهيئة أشكال وأحجام ومساحات مختلفة).

ثانيًا: مصدر الرمال:

تشير الدراسات المورفولوجية والجيولوجية والمعدنية إلي أن مصدر الرمال في المنطقة هو:

- الرمال المنقولة بواسطة الرياح من منخفض القطارة شمال الصحراء الغربية، والتي يرجع أصلها إلي الحجر الرملي النوبي في جنوب مصر، والتي نقلته مياه الأنهار من الجنوب إلي الشمال في العصور الجيولوجية المختلفة، مثلها مثل مناطق الرمال في الصحراء الغربية.
- المجاري المائية وما تحمله من رواسب نهرية من ناتج تجوية الصخور التي تكون الهضبة الشرقية، والتي ترسبت في منخفض شرق الفرافرة.

وفيما يلي بعض الآراء عن مصدر الكثبان الرملية في مناطق الدراسة:

- تبين من دراسة أجراها (Harga, A,A, 1983, No 2) عن المعادن الحقيقية والثقيلة في كثبان الواحات الخارجة والداخلة، أن جميع القطاعات الأرضية المدروسة غير متجانسة، ويرجع ذلك إلي تعدد المواد الأصلية المكونة لها أو لإختلاف ظروف الترسيب.
- ذكر (Beadnell, 1910) في دراسة للكثبان الرملية في الصحراء الليبية، أنه لم يجد دليلاً يثبت افتراضية أن الحجر الرملي النوبي هو مصدر الكثبان بالمنطقة، ويري أن مصدر الرمال هو الحجر الجيري الإيوسيني، وإستدل علي ذلك أن الرياح السائدة حالياً هي الرياح الشمالية وهو نفس إتجاه حركة الرمال، بالإضافة لقيامه بتحليل عينة من هذا الجزء الأوسط بالمنخفض وتبين أن نسبة كربونات الكالسيوم تمثل ٧.٧٪ مما يؤكد أن مصدره الحجر الجيري إلي الشمال.
- ذكر (Embabi, 1998) أن هناك مصدرين للرمال أحدهما محلي والآخر خارجي، وقال أن المصدر المحلي لرمال الصحراء الغربية، اشتق من الرواسب النهرية القديمة التي ترسبت في أحواض بحار الرمال خلال الفترات المطيرة، والتي استمرت في الفترة الزمنية من أواخر الميوسين حتي الرباعي، وقد ترسب أسفل هذه البحار الرملية رواسب نهرية اشتقت من الهضاب المجاورة أو جبال البحر الأحمر، قبل نشأة وادي النيل بواسطة الرياح عندما حل الجفاف في عصر البلستيوسين، وتمثل الرواسب النهرية التي نقلت من جبال البحر الأحمر المصدر الخارجي لرمال تلك البحار الرملية.
- ذكر (إمبابي ١٩٨٧) أن رمال منخفض الخارجة مشتقة من مصدرين، الأول يتمثل في الصخور البلورية شرق وادي النيل، حيث نقلتها المجاري المنحدرة من الصحراء الشرقية قبل تطور وادي النيل في أواخر الميوسين، والثاني يتمثل في مجموعة الحجر الرملي النوبي والتي تمثل صخور الأساس لمنخفض الخارجة.

ثالثًا: جيولوجية منطقة الدراسة:

١. جيولوجية الفرافرة:

من خلال دراسة الخريطة الجيولوجية إنتاج منظمة اليونسكو المنشورة عام ٢٠٠٦، إتضح إنتشار رواسب الزمن الثالث متمثلة في الطباشيري العلوي عند هضبة أبو منقار، وتمتد حتى تغطي منخفض الفرافرة، وتوجد الرواسب على شكل نطاقات صخرية، كما تتداخل صخور منطقة الفرافرة مع صخور منطقة وادي النيل، حيث يتحول تتابع طباشير طروان وطفل إسنا إلى تتابع سميك من الحجر

الجيري، ويبلغ سمك هذا المكون ١٠٠م، وهو عبارة عن قطاع من الحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري وتوجد به بعض الحفريات، وتعلو صخور عصر الباليوسين صخور الإيوسين التى تتألف من تتابع من الحجر الجيري والمارل الغني بالحفريات، ويعرف هذا التتابع باسم تكوين الفرافرة، وبالإضافة إلى هذه الرواسب توجد بعض رواسب الحقب الرابع وتتمثل في رواسب الطوفة ورواسب البحيرات والكثبان الرملية.

٢. جيولوجية الخارجة:

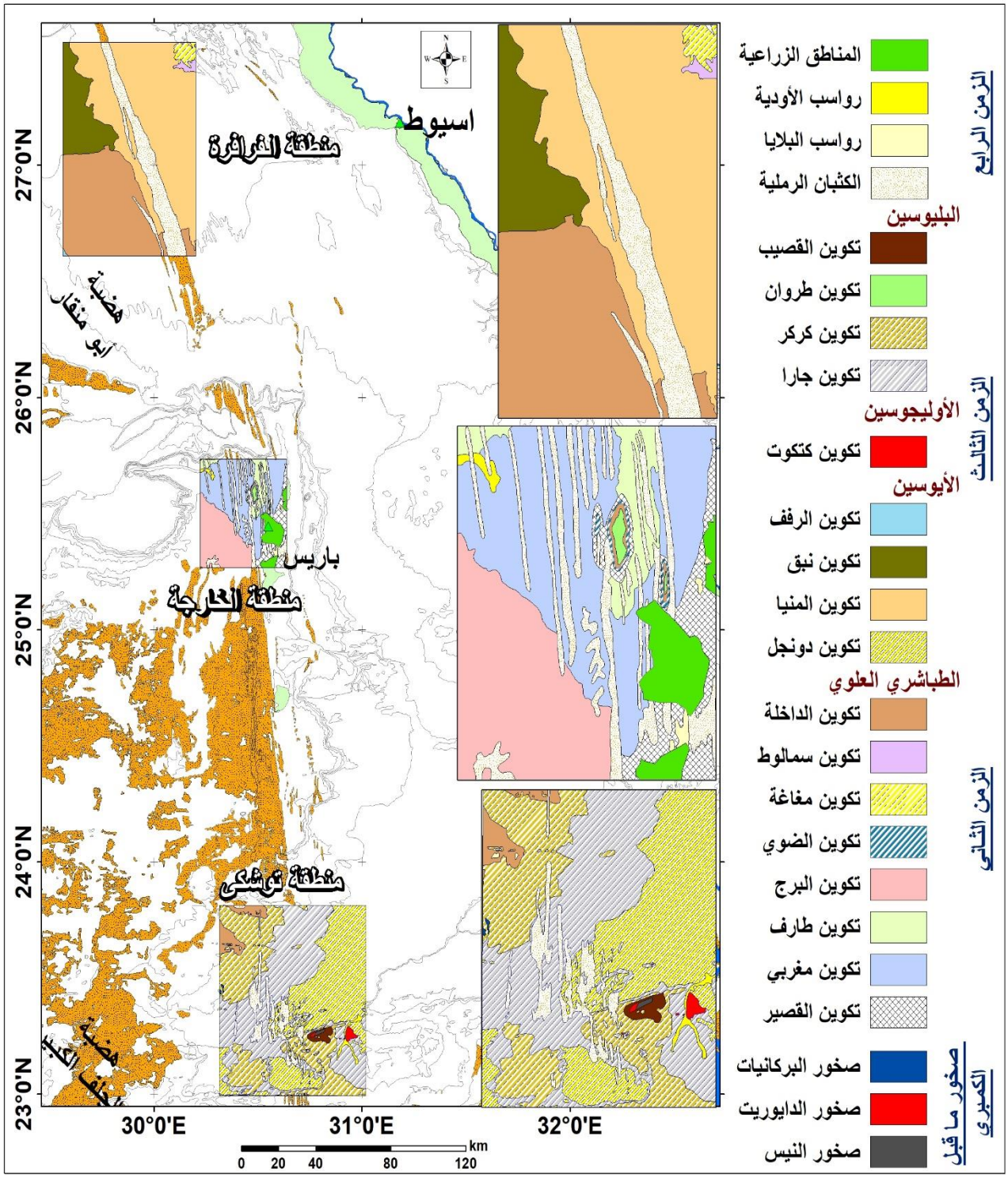
تتكون صخور منطقة الخارجة من الصخور الرسوبية خلال العصر الطباشيري الأعلي وحتي الزمن الرابع، كما تظهر صخور القاعدة بالمنطقة علي شكل تلال الجرانيت والجرانوديوريت في الجزء الجنوبي من الخارجة متمثل بمنطقة جبل أبوبيان جنوب منخفض باريس، كما تغطي صخور الحجر الرملي النوبي قاع المنخفض، ويعلو الحجر الرملي النوبي مكون الضوي، شكل (٣)، وهو الوحدة الصخرية التي تحتوي علي طبقات من الفوسفات، والتي تكون ذات قيمة إقتصادية كبيره بمنطقة هضبة أبو طرطور التي تقع بين منخفضي الخارجة والداخلة، ويبلغ سمك هذا التكوين بمنطقة أبو طرطور ٦٠م ويتألف من تتابع من طبقات الفوسفات والطفلة والحجر الجيري.

كما تغطي الجزء الجنوبي من هضبة الخارجة وحدتين صخريتين، هما تكوين كركر يعلوه تكوين كتكوت، ويتداخل وادي النيل بمنطقة جاجا شمال باريس مع الهضبة اللفية شرق أبو طرطور، حيث يتألف تكوين كركر في هذه المنطقة من طبقات الحجر الجيري مع تبادلات من الطفلة ويتراوح سمكها بين ١٥-٥م (Hermina, 1990,p.279)، وتنتشر الرواسب البحرية والسبخات ورواسب البلايا بالمنخفض وتغطي جزءاً كبيراً منه، كما يلاحظ وجود رواسب السبخات علي هيئة قشور ملحية سمكها ١٠ سم، كما تأخذ الرواسب الرياحية بالمنطقة شكل الكثبان الطولية والهلالية، حيث تكون أذرعاً تمتد لمسافات كبيرة أهمها كثيب أبو محرك الذي يقطع المنخفض من الشمال إلي أقصى جنوب (Mussa, 1982, P.208).

٣. جيولوجية توشكى:

تنتشر الصخور الرسوبية في معظم منطقة توشكى والتي تكونت جيولوجياً من الطباشري الأعلى إلى الزمن الرابع، كما تبرز صخور القاعدة في مناطق صغيرة بجنوب وغرب المنطقة متمثلة في بعض صخور الديوريت والنيس والبازلت، شكل (٣)، كما أن معظم المنطقة من تكوين جارا المكون من تداخل

من تكوين اسنا وتكوين طروان، ويتألف من صخور الحجر الجيري والطفلة والمارل، كما تنتشر رواسب الزمن الثالث في باقي المنطقة.



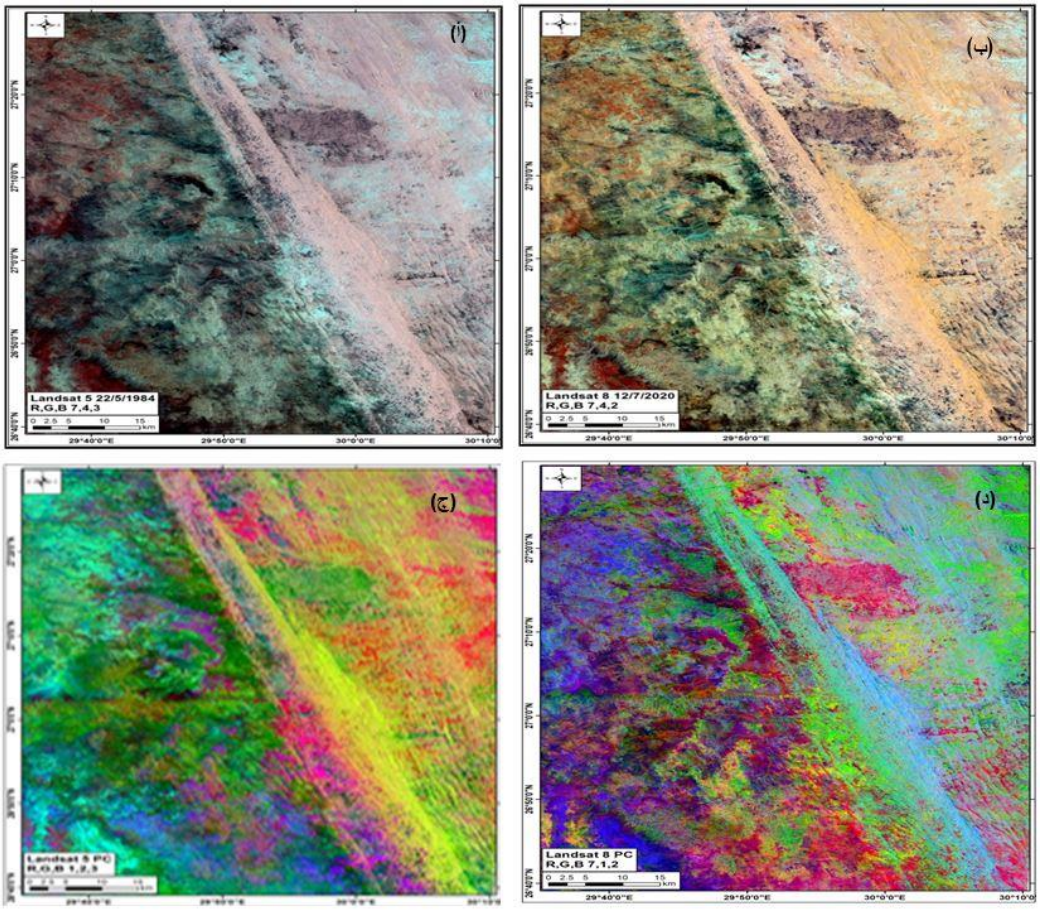
المصدر: اعتماداً علي الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠ انتاج منظمة اليونسكو، ٢٠٠٦.

شكل (٣) التكوينات الجيولوجية لمناطق الدراسة

رابعًا: التوزيع الجغرافي لكثبان منطقة الدراسة:

١. كثبان الفرافرة:

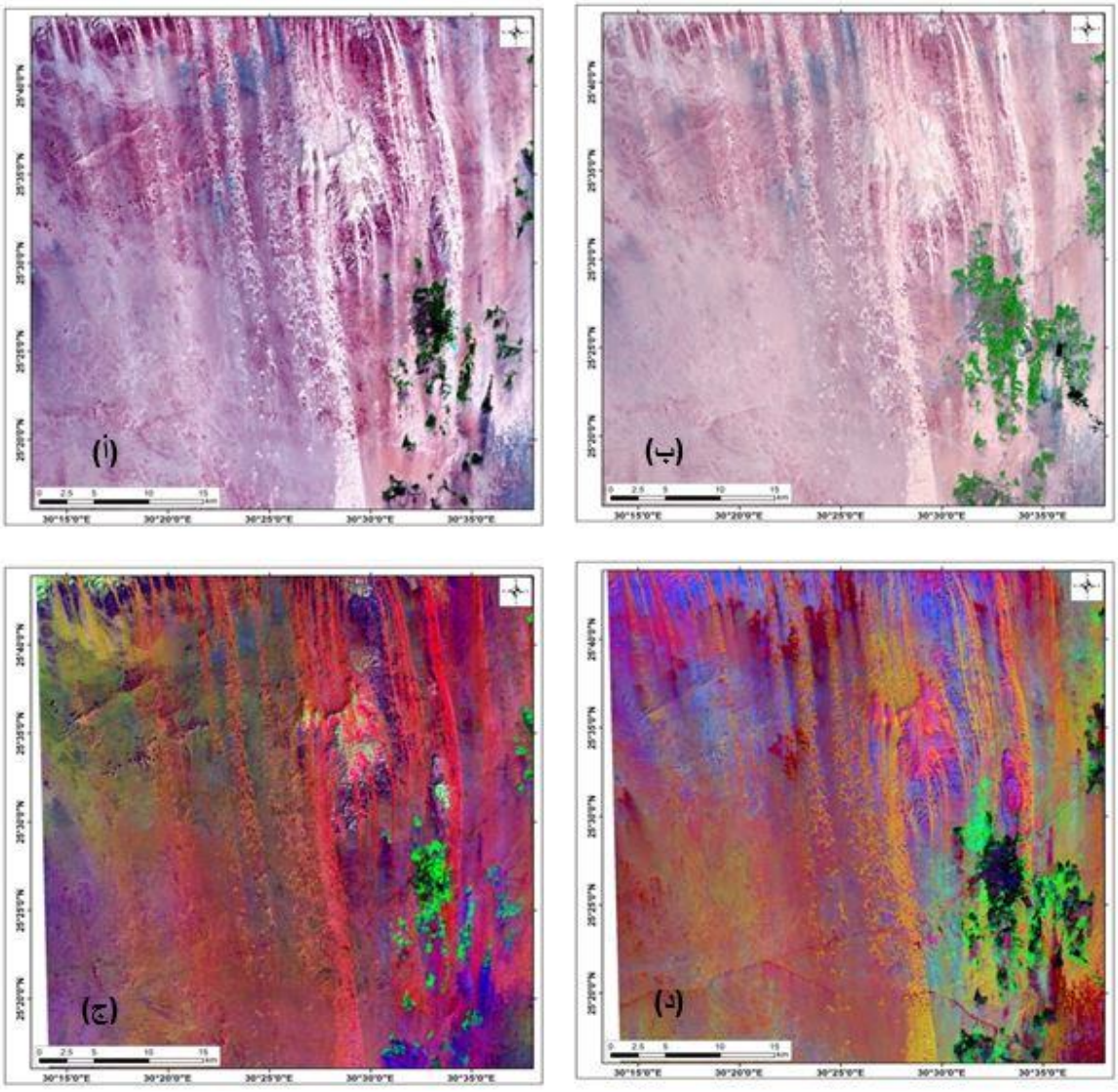
يأخذ بحر الرمال بشرق الفرافرة شكلاً مستطيلاً في إتجاه شمال شمال غرب–جنوب جنوب شرق، وتنجرف الرمال من هذا البحر بواسطة الرياح الشمالية إلى الجنوب، ويتراوح عرض هذا البحر من الرمال من ١٠ كم في المناطق الشمالية إلى ٦٠ كم في المناطق الوسطي، ثم يقل العرض تدريجياً إلى ٢٥ كم شمال حافة منخفض الواحات الداخلة، وقد أوضحت الصور الفضائية، شكل (٤)، أن بحر الرمال بشرق واحة الفرافرة يتكون من سلاسل من الكثبان الرملية الطولية التي تمتد موازية لبعضها البعض من الشمال إلى الجنوب، وبعض هذه الكثبان يمتد إلى أكثر من ١٠٠ كم قبل أن تلتحم بالكثب المجاورة لها، ويحتل البحر الرملي منخفضاً في أقصى الجانب الشرقي من منخفض واحة الفرافرة، ويحاط من الناحية الجنوبية بحافتين ترتفعان إلى حوالى ٣٥٠ متراً فوق مستوي سطح البحر، بينما تقع أقل نقطة في هذا الحوض علي منسوب ١٨٥ متراً، أي أن عمق الحوض يزيد عن ١٥٠ متراً.



شكل (٤) التوزيع الجغرافي للكثبان الرملية بمنطقة الفرافرة، (أ) مرئية فضائية عام ١٩٨٤، (ب) مرئية فضائية ٢٠٢٠، (ج) المكونات الرئيسية للمرئية عام ١٩٨٤، (د) المكونات الرئيسية للمرئية عام ٢٠٢٠

٢. كثبان الخارجة:

تعد الكثبان الرملية في منخفض الخارجة امتداداً طبيعياً في الإتجاه الجنوبي للكثيب الطولي الضخم المعروف باسم غرد أبو محرك، والذي يمتد لمسافة تزيد علي ٥٠٠ كم، بدءاً من شمال شرق منخفض الواحات البحرية (نبيل سيد إمبابي، ١٩٨٥، ص ٥٥)، ولقد تبين من دراسة المرئيات الفضائية خلال عامي ١٩٨٤، ٢٠٢١ شكل (٥)، أن الكثبان الرملية تمتد علي شكل نطاقات طويلية وتأخذ إتجاه الشمال/ الجنوب (شكل ١، ٢)، ويبدأ معظمها عند أقدام الحافة الشمالية الغربية للمنخفض علي شكل كثبان ذيلية طولية، ثم تتحول إلى كثبان هلالية، وفي بعض النطاقات تتحدد الكثبان الهلالية لتشكل جسماً رملياً مموجاً كبيراً وتنقسم إلى ثلاث نطاقات كما يلي:



شكل (٥) التوزيع الجغرافي للكثبان الرملية بمنطقة الخارجة، (أ) مرئية فضائية عام ١٩٨٤، (ب) مرئية فضائية ٢٠٢١، (ج) المكونات الرئيسية للمرئية عام ١٩٨٤، (د) المكونات الرئيسية للمرئية عام ٢٠٢١

أ. النطاق الغربي:

يعد أكبر النطاقات الموجودة في المنطقة، ويترواح إرتفاعة بين صفر و٣٢٤ متراً فوق سطح البحر، ويمتد من الحافة الشمالية الغربية للمنخفض وحتي نهايته عند دائرة عرض ٢٤ درجة شمالاً ويبلغ طوله نحو ١٩٤,٥ كم، ويتراوح عرضه بين ٥ ، ٢٠ كم بمتوسط ٧ كم، ويغطي مساحة ١٣٧٧,١ كم٢ بنسبة ٨٣,٧٪ من مساحة الأشكال الرملية بالمنخفض، ونحو ٦٪ من مساحة المنخفض، وتمتد الرمال من الشمال في شكل نطاقات منفصلة تتراوح المسافة البينية بينها من ٠,٥ إلي ١,٥ كم، ويختلف هذا النطاق علي محوره الطولي تبعاً لإختلاف خصائصه المورفولوجية من الشمال إلي الجنوب ولذا يمكن تقسيمه إلي ثلاث وحدات:

- الجزء الشمالي: يمتد علي هيئة ألسنة رملية من أسفل حافة الهضبة في إتجاه الجنوب، يصل طولها نحو ٣,٥ كم، وتبدأ من الغرب وتمتد لنحو ١٠ كم شرقاً، ومتوسط المسافة بينها ١ كم، يليها الجزء الشرقي من نطاق الكثبان الهلالية المركبة، بينما توجد الكثبان الهلالية البسيطة في الجزء الغربي منه، وتمتد جنوباً حتي تصطدم بجبلي الشيخ والطارف، شكل رقم (٦)، وما تلبث أن تغطي الرمال السفوح الشمالية والجنوبية لهذين التلين وتملأ الأودية التي تقطعهما، كما تتميز الرمال التي طغت علي السفوح المواجهة للرياح الشمالية بإنها ذات شكل غير منتظم وتوصف هذه السفوح بإنها sand Flanked or sand Drifted (نبيل سيد إمبابي، ١٩٧٠، ص٦٥)، بينما علي السفوح الجنوبية لهذين التلين تتراوح الإرسابات الرملية بين أشكال رملية غير منتظمة وبين ألسنة رملية طولية، ماتلبس إلي أن تتحول إلي نطاقات من البرخان عند نهايتها الجنوبية، مابين المركبة في شرق النطاق والبسيطة في غربة حتي قرية جناخ تقريباً شكل رقم (٦).
- الجزء الأوسط: كبير ومتماسك ذو تموجات سطحية تمثل جبهات البرخانات الممتده إلي الجنوب من جبل الطارف بنحو ١٥ كم، ويبلغ طوله نحو ٨٥ كم وعرضه ٢ كم في الجنوب وحتي دائرة عرض قرية باريس.
- الجزء الجنوبي: ينقسم ذلك الجسم المموج الكبير إلي عدد من البرخانات تمتد مره أخري لمسافة ٥٠ كم إلي الجنوب من خط عرض قرية باريس وغرب جبل أبو بيان البحري، وتنتهي عند الحدود الجنوبية للمنخفض إلي الجنوب من جبل أبو بيان القبلي.

ب. النطاق الأوسط:

يمتد من أقدام الحافات الشمالية الغربية للمنخفض إلي الشرق من النطاق الغربي السابق، ويتراوح إرتفاعه بين أقل من متر و١٦٠ متراً فوق مستوي سطح البحر، ويغطي مساحة نحو ١٠٨,٥ كم^{٢}

بنسبة ٦,٥٪ من مساحة الأشكال الرملية بالمنخفض، وينقسم إلى ثلاث نطاقات من البرخان هي علي النحو التإلي:

- النطاق الأول: يمتد من الطرف الشرقي للجروف الشمالية الغربية، ويسير جنوباً حتي دائرة عرض ٢٥ درجة شمالاً، وهو كثيب طولي يبدأ من قاعدة الجروف ويمتد جنوباً لمسافة ٥ كم، ثم يتحول إلى كثبان هلالية مركبة، وتعبر إلى الشرق من جبل الطير وعين سراج القبلية وتقطع طريق أسيوط الخارجة، وتعبر مدينة الخارجة حتي تصل إلى جبل القرون، وتوجد إرسابات رملية تمتد بطول ١١ كم نحو الجنوب قريبا من عين جرمشين، وعلي هذا النطاق يقع سهل باريس في جنوب المنخفض، شكل رقم (٦)، ويضم نطاقاً صغيراً من البرخانات بطول ٥ كم تقريباً.
- النطاق الثاني: يمتد بشكل متقطع بحيث يبدأ في الشمال عند أقدام الحافة الشمالية كمجموعة من البرخانات المنفصلة عن بعضها، ثم تتلاشي الكثبان لمسافة تقترب من ٣٢ كم لتظهر مرة أخري إلي الشرق من قرية بورسعيد علي شكل كتل متصلة، ثم تتحول جنوباً إلى كثبان بسيطة ومركبة وأحياناً غير منتظمة الشكل.
- النطاق الثالث: وهو صغير ومحدود يقع شرقي سهل الشركة وفيه عدد قليل من البرخانات المركبة.

ج. النطاق الشرقي:

يغطي هذا النطاق مساحة تبلغ ١٦٠ كم^{٢} ويمثل ٩,٧٪ من مساحة التكوينات الرملية في المنخفض، ويتراوح ارتفاعه بين ٤٠-٢٦٠ متراً فوق مستوي سطح البحر، ويبدأ هذا النطاق شمالاً من أقدام الحافة الشرقية، ويمتد جنوباً بشكل طولي متصل حتي نقب الرفوف، حيث تتحول الكثبان إلي هلالية وتظل هكذا حتي تلتقي بالجروف المواجهة لسهل باريس، شكل رقم (٦)، وتتميز معظم هذه الكثبان بأنها مركبة ومنها ماهو مشوه نتيجة لإعتراض التضاريس المحلية مساراتها.

خامسًا: مورفولوجية الكثبان الرملية في منخفض الخارجة:

من خلال دراسة المرئيات الفضائية Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI، والخرائط الطبوغرافية بمقياس رسم ١:١٠٠٠٠٠، والدراسة الميدانية لمنخفض الواحات الخارجة، يتضح أن الكثبان الرملية المتحركة هي البرخانات التي تمتد علي هيئة نطاقات طولية موازية إلى حد كبير المحور الطولي (شمال-جنوب) للمنخفض، ويتضح أن هذه النطاقات تنقسم إلى ثلاثة مجموعات رئيسية هي:

١. النطاق الغربي (الرئيسي):

يعد هذا النطاق هو الإمتداد الطبيعي لنطاق غرد أبو المحاريق الذي يمتد عبر الصحراء الغربية، في إتجاه شمالي شمالي غربي-جنوبي جنوبي شرقي، إلي الجنوب قليلاً من منخفض القطارة

حتي شمال منخفض الخارجة، حيث يدخل عند حافته الشمالية الغربية، وعند الجروف الشمالية الغربية تنحدر الكثبان الرملية إلي داخل المنخفض، ثم تتجمع حول التل المعروف بإسم جبل طارق، ثم تمتد بعده جنوباً لمسافة ١٧٥ كم في إتجاه جنوبي–جنوبي شرقي وبعرض ٥–٢٠ كم دون أن تقف في طريقها عقبات ذات أهمية كبرى، وعلي الرغم من أن هذا النطاق يتكون أساساً من كتلة واحدة متماسكة من الرمال، إلا أنه في الحقيقة يتكون من عدة نطاقات صغيرة في كثير من أجزائه، ويختلف في مميزاته المورفولوجية علي طول محوره الشمإلي الجنوبي، وبناء علي ذلك يمكن تقسيم هذا النطاق الرئيسي إلي قسمين رئيسين:

- القسم الشمالي: يبدأ على هيئة مجموعة من نطاقات الكثبان البرخانية الصغيرة ذات طول ٦– ١٠ كم، تجري في الأودية الرئيسة التي تنبع من حافة الهضبة، وتمتد في إتجاه شمالي شمالي غربي– جنوبي جنوبي شرقي، وتتكون هذه النطاقات في البداية من ألسنة من الرمال ذات قمم حادة لمسافة ٢–٣ كم، من أسفل حافة الهضبة في إتجاه الجنوب، ثم تظهر بعد ذلك الأمواج الرملية علي قمم هذه الألسنة الضخمة، يتلوها بعد ذلك ظهور الكثبان الرملية المركبة التي تتطور إلي برخانات منفصلة، تزداد المسافات البينية بينها في الإتجاه الجنوبي، وفي سيرها في الإتجاه الجنوبي تصطدم البرخانات بالتلين المعروفين بإسم جبل طارق وجبل الشيخ، شكل رقم (٦)، اللذان يقفان حجر عثرة في سبيل تقدمها في الإتجاه الجنوبي، لذا نجد أن الرمال قد طغت وغطت علي كل السفوح الشمالية والجنوبية لهذين التلين وملأت الأودية التي تقطع فيهما.

وتتميز الرمال التي طغت علي السفوح المواجهة للرياح (الشمالية) بإنها ذات شكل غير منتظم، وتوصف هذه السفوح دائماً بإنها في مواجهة الرياح، ومن قاعدة هذه السفوح تمتد الرمال في الإتجاه الشمالي لعدة كيلو مترات، وذلك لأن المساحة التي تطغي عليها الرمال تكبر مع الزمن نتيجة لحجز الرمال الدائم بواسطة هذين التلين، أما علي السفوح الجنوبية التي تقع في ظل الرياح، فالإرسابات الرملية تتراوح فيما بين الأشكال الغير منتظمة إلي الألسنة الرملية الطولية المعروفة باسم الكثبان الغير متحركة ذات القمم الحادة وذات الحجم الكبير (ذات طول ٢–٣ كم وذات عرض ١٠٠–٢٠٠ متراً)، وهي عادة ما تتحول إلى نطاقات من البرخانات عند نهايتها الجنوبية مثل تلك النطاقات التي يبتدئ بها هذا النصف الشمالي من النطاق الغربي الرئيسي.

- القسم الجنوبي: ويبدأ بأن تدفع الرياح الرمال من السفوح الجنوبية لجبل طارق وجبل الشيخ علي هيئة نطاقات برخانية طولية، وتهدد هذه البرخانات الطريق الذي يربط قرية الخارجة بقرى منخفض الداخلة، والذي يتعامد تقريباً مع هذه البرخانات، فهذه الكثبان تغطي باستمرار نتيجة تحركها في

الإتجاه الجنوبي علي الطريق، وتقف حجر عثرة في طريق مرور السيارات بحيث تضطرها إلى الإلتفاف حوله مما يعرضها لكثير من المخاطر، ونتيجة لزيادة عدد البرخانات المتحركة إلي الجنوب من جبل طارق، تتحد وتكون نطاق رملي واحد إلى الجنوب من هذا التل بحوالي ١٥ كم، وهذا النطاق الرملي الكبير يتكون من كتلة متماسكة من الرمال ذات تموجات سطحية تمثل جبهات البرخانات المتحدة، ويبلغ طوله حوالي ٨٠ كم، ويزداد عرضه في الإتجاه الجنوبي (٢-٣) كم في البداية إلي أن يصل ١٥ كم عند خط عرض قرية باريس، وإلى الجنوب من خط العرض هذا يتحلل هذا النطاق الطولي الضخم إلى نطاقات من البرخانات مرة أخرى والتي تجري لمسافة ٥٠ كم أخرى وتنتهي عند الحدود الجنوبية للمنخفض بالقرب من جبل أبو بيان القبلي، شكل رقم (٦).

٢. نطاقات الكثبان الوسطي:

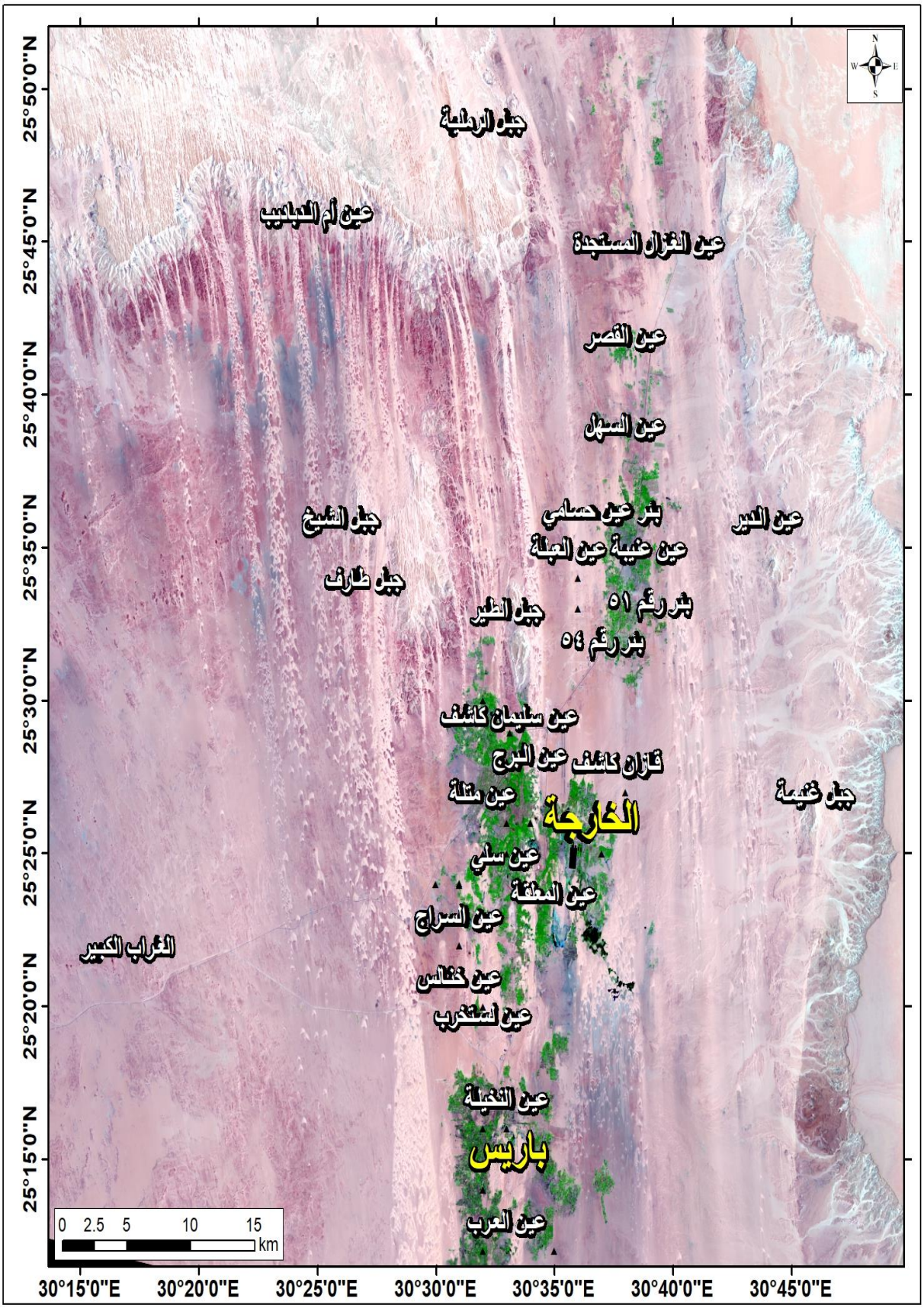
توجد ثلاث نطاقات من البرخانات في وسط المنخفض كالتالي:

- النطاق الأول: تعبر هذه البرخانات أثناء سيرها في الإتجاه الجنوبي الطريق الرئيسي القادم من أسيوط وقرية المحاريق، في شمال المنخفض والمؤدي إلى قرية الخارجة، وهذه الكثبان تهدده بصفة مستمرة وتعوق حركة المرور عليه، وقد كانت هذه البرخانات تهدد في الماضي سكة حديد الواحات الغير مستعملة في الوقت الحاضر، وإلى الجنوب من جبل القرن يتكون هذا النطاق من عدد قليل من الكثبان الهلالية، تسير أيضاً في خط مواز لبقية سلسلة التلال البيضاوية، وعلي طول إمتداد خط هذا النطاق يوجد في سهل باريس في الجزء الجنوبي من المنخفض نطاق صغير من البرخانات يبلغ طولها ٥ كم تقريباً، شكل رقم (٦)، وهو يبدأ إلي الجنوب من مجموعة من الكدوات الطينية، وهذا النطاق يهدد الأراضي الزراعية والآبار التي تقع في الجنوب منه بصفة مستمرة.
- النطاق الأوسط: يبدأ في أقصى شمال المنخفض كمجموعة من البرخانات المنفصلة عن بعضها، ويستمر هكذا علي طول إمتداده حتي تلك المنطقة المنخفضة نسبياً، وهو منخفض مقفل صغير يمتد ٥ كم من الشمال إلى الجنوب، وبعرض ٣ كم من الشرق إلي الغرب، ويبلغ منسوبه ٢-٤ متراً فوق سطح البحر، وتقع هذه المنطقة المنخفضة شرقي جبل القرن بحوالي ٢,٥ كم، حيث تستقر معظم الكثبان التي تمر بها، كما تعتبر بمثابة مصيدة كثبان، وذلك لأنه من السهل أن تدفع الرياح الكثبان إلي المناطق المنخفضة، ولكن من الصعب أن تخرجها منها إلي أرض مرتفعة.
- النطاق الثالث: يقع في وسط المنخفض وهو أصغرها جميعا، وهو محدود في المنطقة التي تقع شرقي سهل الشركة، ويتكون من عدة قليل من البرخانات المركبة.

٣. نطاق الكثبان الشرقي:

يمتد هذا النطاق من أقدام جروف المنخفض الشرقية عند جبل إليابسة في الشمال حتي التلال الجرانيتية في الجنوب، وهو يمتد لمسافة ٢٥ كم ككتلة متماسكة من الرمال في الإتجاه الجنوبي في جبل اليابسة، وعلي طول هذه المنطقة تصعد الرمال وتنزل منحدرات تلال "أقدام الجروف"، وإلى الجنوب قليلاً من جبل اليابسة _عند أقدام جروف المنخفض_ يعبر هذا النطاق الطولي المتماسك الطريق القادم من أسيوط والمؤدي إلي الخارجة، ويشكل المرور علي هذا الطريق خطراً مستمراً، ويزيد من خطورة طغيان الرمال علي شدة إنحدار أقدام الجروف، بحيث لا تعطي للسيارات من وإلي المنخفض فرصة كبيرة للإلتفاف حول الجزء الذي تطغي عليه الرمال، وعند نقطة تقع إلى الشمال من مصب الوادي الرئيسي في نقب الرفوف بحوالي ٥ كم تظهر البرخانات لأول مرة في هذا النطاق، ثم يستمر كنطاق من البرخانات حتي يصطدم بالجانب الشمإلي لنتوء الجروف المواجهة لسهل باريس، شكل رقم (٦)، وعندما يصطدم النطاق بالجروف تتكون الظاهرات الآتية:

- تراكم الرمال أمام الجروف مكونة سطح شاسع من الرمال، يزداد اتساعاً في الإتجاه الشمالي مع الزمن نتيجة للإرساب المستمر.
- تغير الرياح إتجاهها تحت تأثير تغير إتجاه الجروف من الإتجاه الشمالي–الجنوبي إلي الإتجاه الشمالي الشرقي–الجنوبي الغربي، حاملة معها الرمال في نفس الإتجاه، ونتيجة لذلك تتراكم الرمال في ظل تلال أقدام الجروف مكونة كثبانا طولية غير متحركة، والتي تتناسب أبعادها (الطول، الارتفاع، العرض) مع أبعاد هذه التلال.
- عند النتوء نفسه وعندما تصبح الرياح حرة من أثر تغير إتجاه الجروف، يتكون نطاق من البرخانات طوله ٢٠ كم من الرمال التي دفعتها الرياح علي طول أقدام الجروف، وهذا النطاق ذا إتجاه ش ش غ_ج ج ش، ويعترض الجزء الجنوبي منه ذلك التل المنخفض (١٢٠ متراً) ذا الإنحدارات الخفيفة والمعروف باسم تل الدابة الغربية.
- يصعد تيار من الرياح الشمالية السائدة الجانب الشمإلي للنتوء، ويدفع معه إلي فوق الهضبة بعض الرمال المتراكمة إلي الشمال منه، تاركاً جزءاً منها علي الهضبة في ظل عديد من الجروف الصغيرة، ومرسباً جزءاً آخر في ظل الجانب الجنوبي للنتوء.

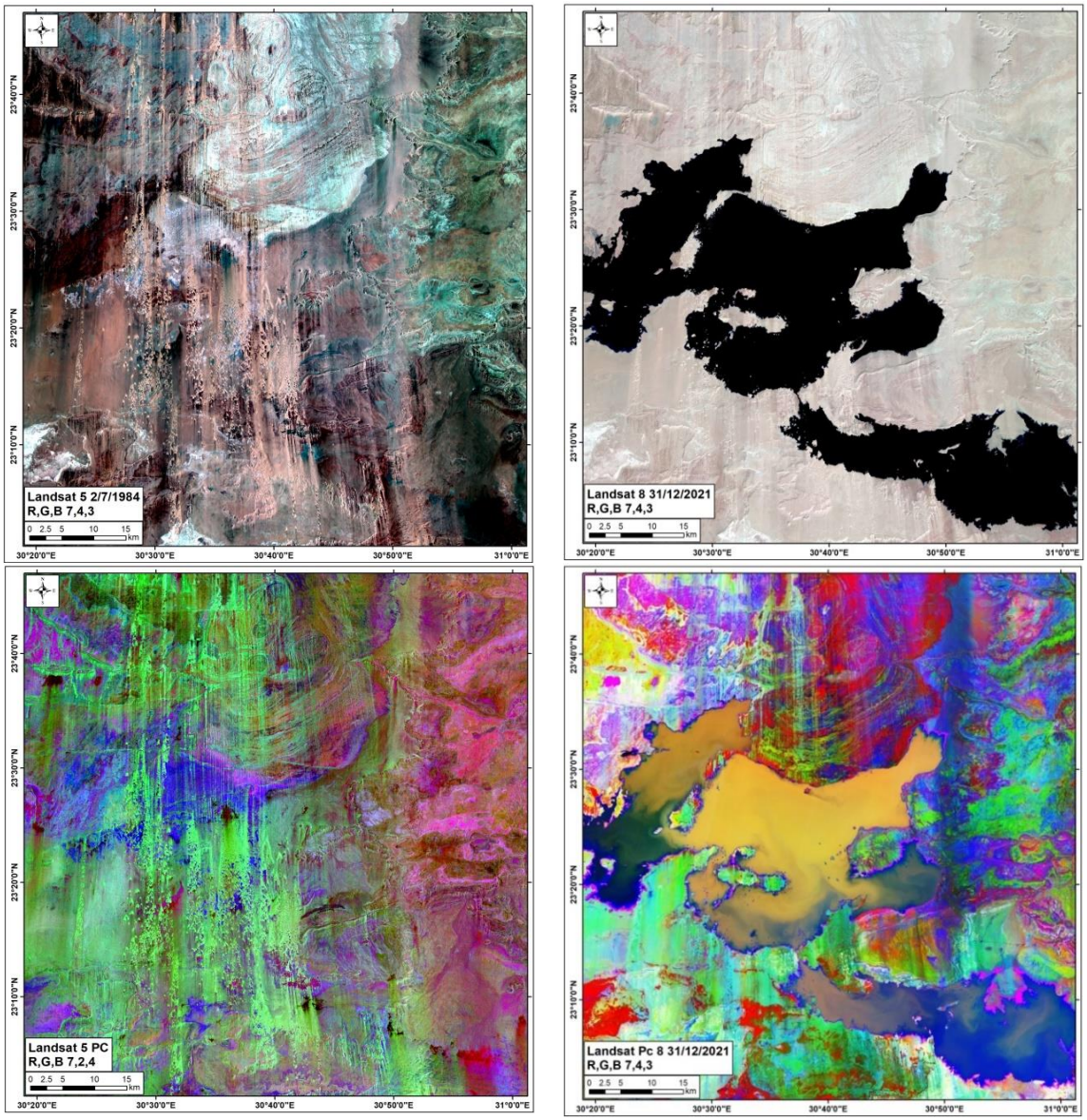


المصدر: من عمل الباحث.

شكل (٦) مرئية فضائية تبين نطاق الكثبان الرملية في منخفض الخارجة

سادسًا: كثبان توشكى:

تعد الكثبان الرملية في شمال بحيرات توشكى امتداداً طبيعياً في الإتجاه الجنوبي للكثيب الطولي غرد أبو محرك، والذي يمتد لمسافة تزيد علي ٥٠٠ كم بدءاً من شمال شرق منخفض الواحات البحرية، وقد تبين من دراسة شكل (٧) أن الكثبان الرملية تمتد علي شكل نطاقات طولية وتأخذ إتجاه شمال الشمال الغربي–جنوب الجنوب الشرقي، ويبدأ معظمها عند أقدام الحافة الشمالية الغربية للمنخفض علي شكل كثبان ذيلية طولية، ثم تتحول إلي كثبان هلالية، وفي بعض النطاقات تتحدد الكثبان الهلالية لتشكل جسماً رملياً مموجاً كبيراً.



شكل (٧) التوزيع الجغرافي للكثبان الرملية بمنطقة توشكى، (أ) مرئية فضائية عام ١٩٨٤، (ب) مرئية فضائية ٢٠٢١، (ج) المكونات الرئيسية للمرئية عام ١٩٨٤، (د) المكونات الرئيسية للمرئية عام ٢٠٢١

سابعًا: حركة الكثبان:

اهتم الكثير من الباحثين بقياس مدى حركة الكثبان الرملية في منخفض الخارجة، لما لها من تأثير علي المناطق العمرانية والزراعية وآبار المياه، ولقد تمت أغلبية القياسات من خلال الدراسات الآتية:

- القياسات التي قام بها عشري (١٩٧٠)، وتوصل إلي معدل حركة الكثبان الرملية يتراوح ما بين ١٠-١٨ م/سنة.
- القياسات التي قام بها إمبابي (١٩٧٠)، وأوضح ان معدل حركة الكثبان سنوياً يتراوح ما بين ٢٠,٨-١٠٠ م/سنة وأن سرعة الرياح الفعالة المؤثرة في تحرك رمال الكثبان الرملية ٢٠ كم/س.
- القياسات التي قامت بها إمبابي (١٩٧٧)، وتوصلت إلي أن كثبان الخارجة تعتبر سريعة الزحف أكثر من ١٠ م/ سنة.

ويعتمد تقدير حركة الكثبان علي عدة وسائل أهمها:

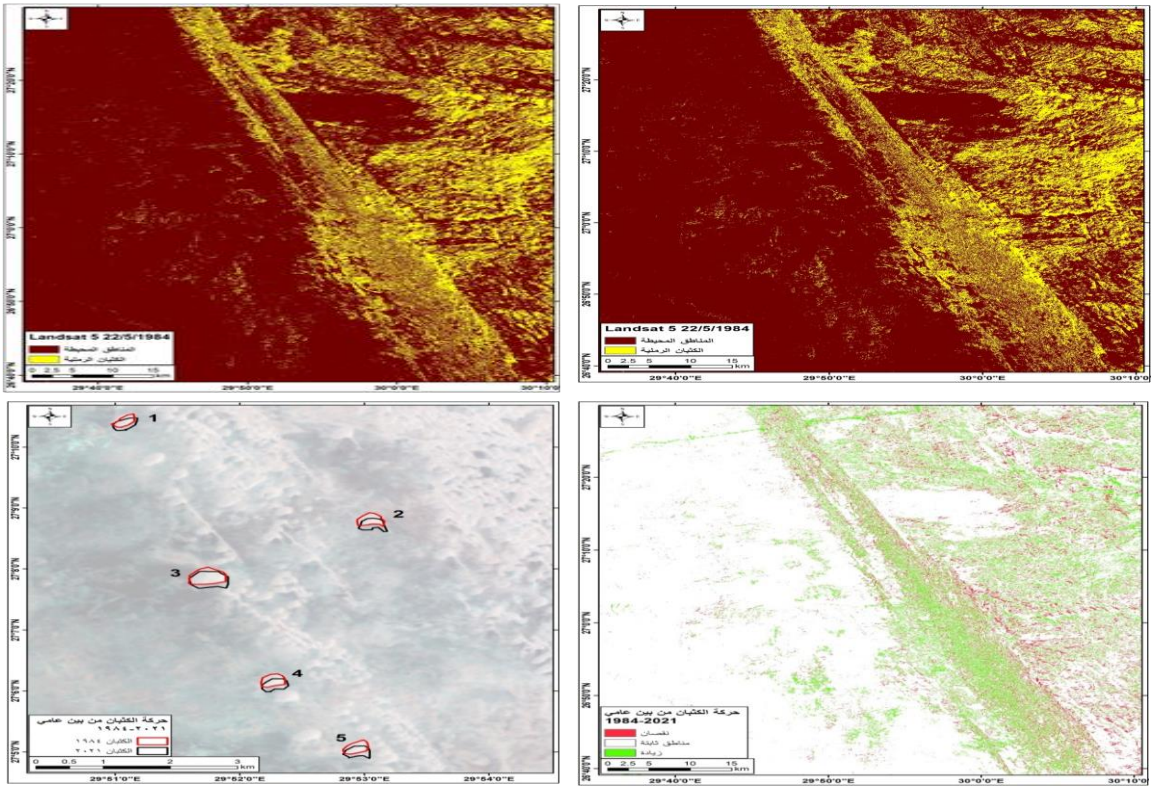
- القياسات الميدانية.
- تتبع حركة الرمال من خلال المرئيات الفضائية.
- النماذج الرياضية إعتمادا علي بيانات سرعة الرياح وإتجاهاتها وازدحام الرواسب الرملية.

وقد اعتمدت الدراسة الحالية علي تتبع حركة الرمال من خلال تحليل المرئيات الفضائية لأعوام مختلفة لمناطق الدراسة، وإجراء التحسينات المختلفة لفصل الكثبان الرملية فقط، ومن ثم حساب التغير المكاني للكثبان لمعرفة إجمالي الحركة وإتجاهها في المنطقة ككل، ثم تحديد عدد من الكثبان في كل منطقة وحساب معدل الحركة سنوياً عليها بإستخدام نظام الرسم الجغرافي للكثبان وبالتالي إظهار أدق النتائج بالتكامل بين تقنيات الاستشعار من البعد ونظم المعلومات الجغرافية.

١. منطقة الفرافرة:

من خلال تتبع المرئيات الفضائية ١٩٨٤ -٢٠٢٠ وتتبع حركة عدد خمسة من الكثبان الهلالية بمنطقة الفرافرة لعدة مناطق، بلغ معدل الحركة في الفتره من ١٩٨٤-٢٠٢٠ حوالي ٤,٢ م/ سنة في إتجاه شمإلي-جنوبي، شكل (٨)، بإتجاه منخفض الخارجة، وبلغ إجمإلي المساحة المغطاة بالرمال من خلال المرئية الفضائية لعام ٢٠٢٠ ما يقارب ١٤٣٤ كم^{٢}، بينما بلغت في عام ١٩٨٤ حوالي ١١٩٦,٧ كم^{٢}، حيث بلغت مساحة الإختلاف ٥٨٢,٣ كم^{٢} زيادة للكثبان و٣٣٩ كم^{٢} نقصان للرمال، أي أنه قد دخلت مجموعة من الكثبان خلال ٣٦ عام بإجمالي مساحة ٢٣٧,٣ كم^{٢}، وقد تبين من شكل (٨)

وجدول (٣) أن المعدل السنوي لحركة الكثبان في المنطقة ٤,٢ م/سنة في إتجاه الجنوب صوب منخفض الخارجة.



شكل (٨) الكثبان الرملية بمنطقة الفرافرة، (١) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان ١٩٨٤،(٢) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان ٢٠٢٠ (٣) نطاق عدد ٥ كثبان تمت الدراسة التفصيلية لحركة الكثبان من عام ١٩٨٤ إلى عام ٢٠٢٠- (٤) التغير المكاني للكثبان الرملية خلال الفترة الزمنية من ١٩٨٤ إلى ٢٠٢٠

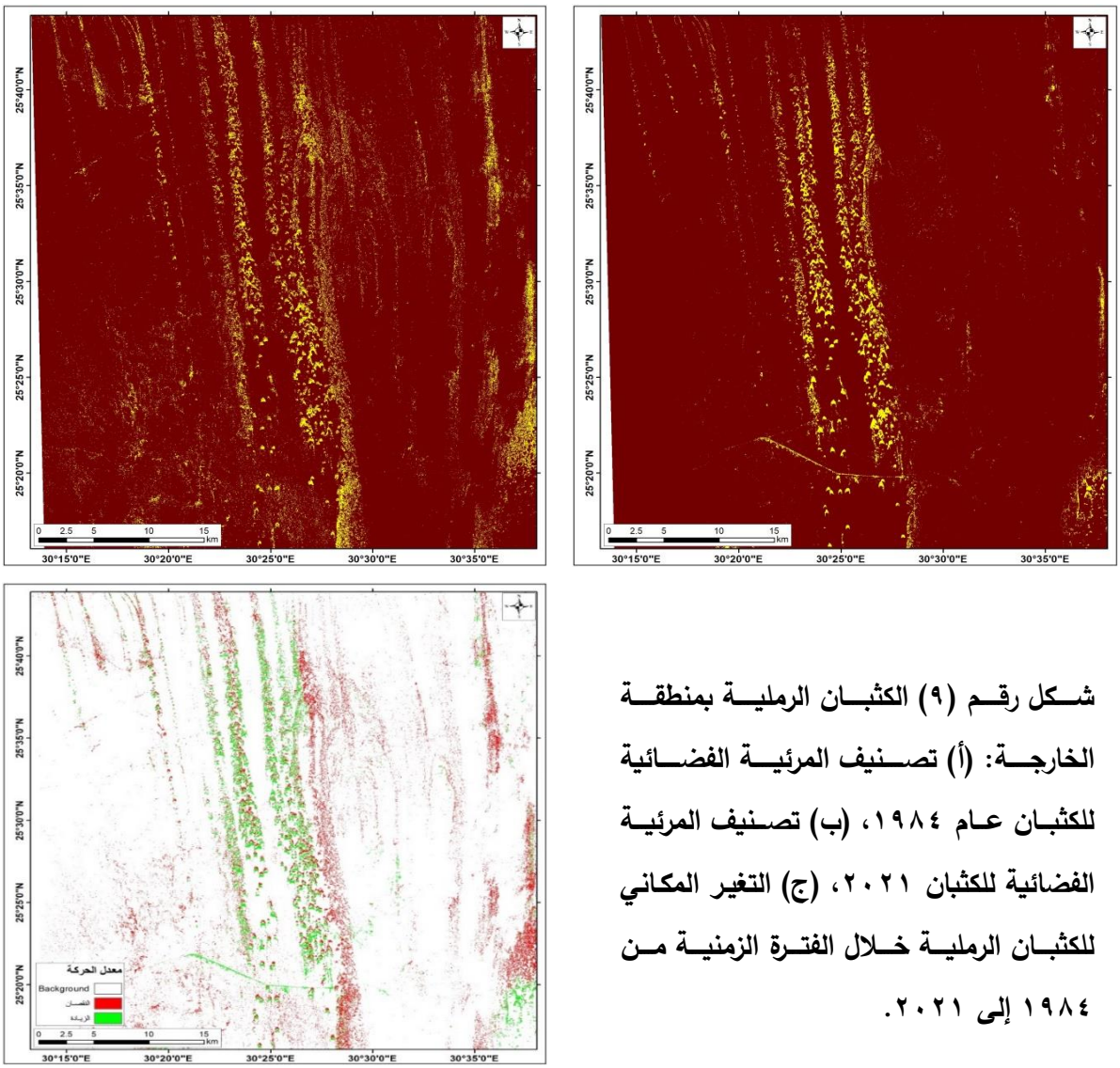
جدول (٣) معدل حركة الكثبان الرملية بمنطقة الفرافرة (١٩٨٤-٢٠٢١)

الكثيب	معدل الحركة ١٩٨٤-٢٠٢٠	إتجاه الحركة
١	٣,٦	من الشمال- الشمال الغربي إلى الجنوب- الجنوب الشرقي
٢	٤,٨	
٣	٣,٦	
٤	٤,٣	
٥	٥	
المتوسط	٤,٢	

المصدر: من عمل الباحث إعتماداً علي حركة الرمال من المرئيات الفضائية.

٢. منطقة الخارجة:

من خلال تتبع المرئيات الفضائية ١٩٨٤-٢٠٢١، والخريطة الطبوغرافية عام ١٩٣٦ وتتبع حركة ١٧ كثيب هلالي بمنطقة الخارجة لأماكن مختلفة، شكل (٩)، إتضح أن هناك تفاوت في معدل حركة الكثبان الرملية بالمنطقة، حيث بلغ متوسط حركة الكثبان في الفترة ١٩٣٦-١٩٨٤ (٨,٦ م/سنة)، بينما بلغ معدل الحركة في الفتره ١٩٨٤-٢٠٢١ (٥ م/سنة)، جدول (٤)، كان إجمالي المساحة المغطاة بالرمال خلال المرئية الفضائية لعام ٢٠٢١ (٦٣,٦ كم^{٢})، بينما بلغت المساحة في عام ١٩٨٤ (٣٠,٤ كم^{٢})، حيث بلغت مساحة الإختلاف ٤٦,٨ كم^{٢} زيادة للكثبان و١٠٦,٥ كم^{٢} نقصان للرمال، أي أن هناك مجموعة من الكثبان قد دخلت خلال ٣٧ عام بمساحة ٣٠,٢ كم^{٢}، وقد تبين من شكل (١٠) وخريطة (٣) وجدول (٣) أن المعدل السنوي لحركة الكثبان في المنطقة ٨ م/سنة خلال الفترة من ١٩٣٦-١٩٨٤، و٥ م/سنة خلال الفترة ١٩٨٤- ٢٠٢١ في إتجاه الجنوب صوب مفيض توشكى.

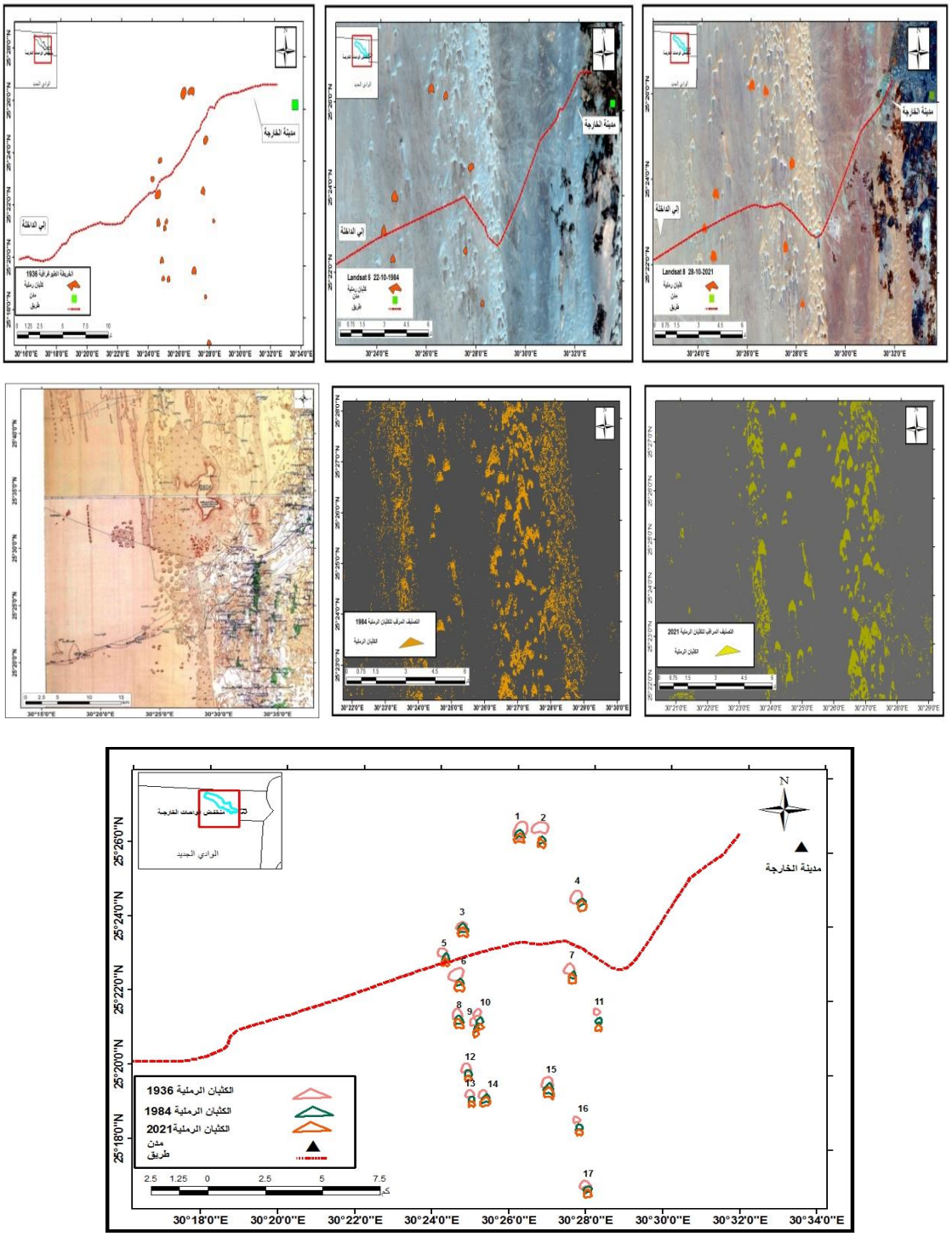


شكل رقم (٩) الكثبان الرملية بمنطقة الخارجة: (أ) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان عام ١٩٨٤، (ب) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان ٢٠٢١، (ج) التغير المكاني للكثبان الرملية خلال الفترة الزمنية من ١٩٨٤ إلى ٢٠٢١.

جدول (٤) معدل حركة الكثبان الرملية بمنطقة الخارجة خلال الفترة من (١٩٣٦-١٩٨٤-٢٠٢١)

١٠	معدل الحركة (م)		إتجاه الحركة
	١٩٨٤-١٩٣٦	٢٠٢١-١٩٨٤	
١	٨.١	٤.٣	شمال- جنوب
٢	١٤.٣	٤	شمال-جنوب
٣	.٤	٦.٦	شمال-جنوب
٤	٩.٤	٢	شمال-جنوب
٥	٤.٥	٧.٩	شمال-جنوب
٦	١٠.٩	٤.٦	شمال-جنوب
٧	٩.٨	٣.٧	شمال-جنوب
٨	٧.٩	٤	شمال-جنوب
٩	٨.٤	٦.٣	شمال-جنوب
١٠	٨.٨	١	شمال-جنوب
١١	١١	٣.٦	شمال-جنوب
١٢	٧.٢	٧	شمال-جنوب
١٣	٧.١	٦	شمال-جنوب
١٤	٤.٦	٣	شمال-جنوب
١٥	٦	٦	شمال-جنوب
١٦	٨	٨	شمال-جنوب
١٧	٦.٧	٥.٥	شمال-جنوب
المتوسط	٨	٥	شمال-جنوب

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً علي المرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية.



شكل (١٠) الكثبان الرملية حول طريق الخارجة– الداخلة بمنطقة الخارجة، (أ) الكثبان الرملية عام ١٩٣٦، (ب) أماكن الكثبان الرملية المختارة في عام ١٩٨٤، (ج) أماكن الكثبان الرملية المختارة في عام ٢٠٢، (د) الخريطة الطبوغرافية لطريق الخارجة–الداخلة في عام ١٩٣٦ (٥) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان عام ١٩٨٤– (٦) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان عام ٢٠٢١– (٧) التغير المكاني للكثبان الرملية خلال الفترة الزمنية من ١٩٣٦ إلى ١٩٨٤ إلى ٢٠٢١

٣. منطقة توشكي:

مفيض توشكى هو قناة طبيعية في جنوب الصحراء الغربية، تقوم بتصريف المياه الزائدة أمام السد العالي (بحيرة ناصر) بأسوان خلال فترة الفيضان المرتفعة، وهو منخفض طبيعي يقع غرب بحيرة ناصر، بالقرب من مدينة أبو سمبل، وهو عبارة عن عدد من بحيرات المياه العذبة القادمة من نهر النيل، والتي شقت الصحراء لتصل إلي جنوب الوادي الجديد، ويعتبر أحد أهم العوامل الطبيعية التي تساعد في رفع درجة أمان السد العالي، خلال الفيضانات المرتفعة حيث يقوم المفيض بتصريف المياه الزائدة عند منسوب ٥٥-١٧٨ متراً، في بحيرة ناصر إلى المنخفض الطبيعي المعروف بمنخفض توشكى، يبلغ طول قطاع قناة مفيض توشكى٢٢ كيلو متراً، وعرض القاع عند المأخذ ٧٥٠ متراً، وعرض القاع عند النهاية ٢٧٥ متراً، ومنسوب القاع عند المأخذ ١٧٨ متراً، وانحدار القاع ١٥ سم لكل كيلو، وأقصى تصرف للقناة ٢٥٠ مليون متراً مكعب في إليوم.

جدول (٥) معدل حركة كثبان منطقة توشكي (١٩٨٤-٢٠٢١)

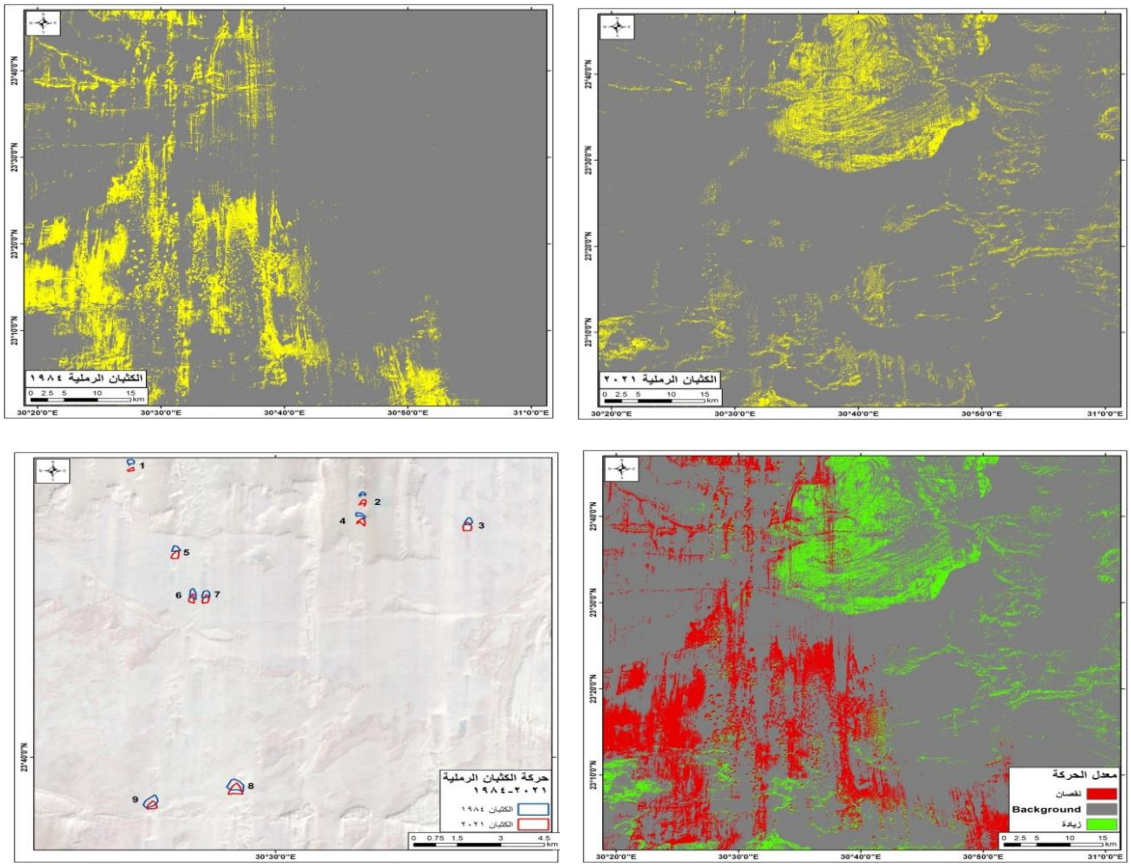
إتجاه الحركة	معدل الحركة	الكثيب
شمالي – جنوبي	**٨,١**	**١**
شمالي – جنوبي	**٥,١**	**٢**
شمالي – جنوبي	**٥,٦**	**٣**
شمالي – جنوبي	**٨,٩**	**٤**
شمالي – جنوبي	**٦,٩**	**٥**
شمالي – جنوبي	**٣,٦**	**٦**
شمإلي – جنوبي	**٦,٥**	**٧**
شمالي – جنوبي	**٦.٢**	**٨**
شمالي – جنوبي	**٨,٧**	**٩**
شمالي – جنوبي	**٦,١**	**١٠**
شمالي – جنوبي	**٦,٧**	**المتوسط**

المصدر: عمل الباحث إعتماداً علي حركة الرمال من المرئيات الفضائية.

ثامنًا: تحليل حركة الكثبان بمنطقة توشكي:

من خلال تتبع المرئيات الفضائية خلال الفترة ١٩٨٤-٢٠٢١ وتتبع حركة عدد ١٠ من الكثبان الهلالية بمنطقة شمال بحيرات توشكى، شكل (١١)، لعدة مناطق نجد ان معدل الحركة بلغ ٦.٧م/ سنة في إتجاه الجنوب، جدول (٥)، ومن خلال تحليل المرئية الفضائية خلال عامي ١٩٨٤ و٢٠٢١، شكل (١١)، نجد أن المساحة المغطاة بالرمال بلغت ٥٠٣,١ كم^{٢}، بينما بلغت المساحة ٧٧٥ كم^{٢} خلال عام

١٩٨٤، شكل (١١)، ليكون الإختلاف في المساحة بمقدار ٤٤٠,٤ كم^{٢} زيادة للكثبان و٧١٣,١ كم^{٢} نقصان للرمال، وهو ما يفضي إلي أن هناك مجموعة من الكثبان قد زادت خلال ٣٧ عام بمساحة تقدر بـ ٢٧١,٩ كم^{٢}.



شكل (١١) الكثبان الرملية بمنطقة توشكى، (أ) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان عام ١٩٨٤، (ب) تصنيف المرئية الفضائية للكثبان ٢٠٢١، (ج) نطاق عدد ١٠ كثبان تمت الدراسة التفصيلية لحركة الكثبان من عام ١٩٨٤ إلى عام ٢٠٢٠، (د) التغير المكاني للكثبان الرملية خلال الفترة الزمنية من ١٩٨٤ إلى ٢٠٢١

تاسعًا: رصد أخطار حركة الكثبان الرملية إعتماداً علي المرئيات الفضائية:

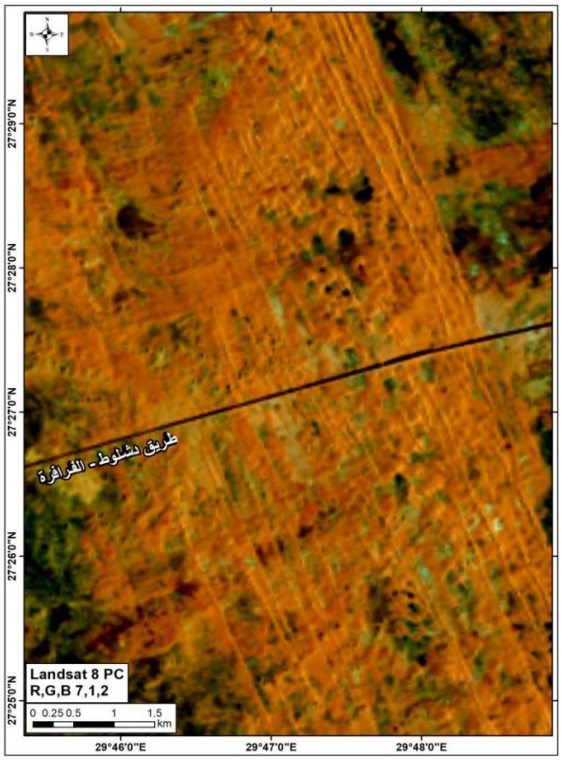
تشكل الكثبان الرملية خلال تحركها خطراً كبيراً يهدد الأنشطة البشرية كافة، فضلاً عن تأثيراتها البيئية الكبيرة، وتهدد في أثناء حركتها كافة الطرق والمشاريع الإستراتيجية، والإقتصادية، والزراعية، والخدمية وسوف يتم تناول كل منها بالتفصيل في النقاط التالية:

١. الأخطار علي الطرق:

تعد الطرق من أكثر المناطق تعرضاً لخطر زحف الكثبان الرملية، ومعظم هذه الطرق يتعامد على نطاقات الكثبان الثلاثة بمنطقة الدراسة، مما يؤدي إلى وجود مشكلة ردم الطرق وغلقها تماما مؤدياً

إلى قطع الاتصال بين قرى محافظة الوادي الجديد، وإنعزالها عن بعضها البعض لفترات طويلة، حتى تقوم الهيئات المسئولة بتطهير وإزالة الرمال من فوق هذه الطرق، وقد قامت الدولة بمد عديد من الطرق البديلة للتغلب على هذه المشكلة، وقد بلغ طول الطرق الرئيسية والفرعية بمنخفض الخارجة ١٨١٣٣ كم، ومن أهم الطرق بمنطقة الدراسة:

أ. **طريق ديروط–الفرافرة:** هو محور جديد يربط بين وادي النيل ومحافظة الوادي الجديد حيث يصل بين مدينتي ديروط في محافظة أسيوط ومدينة الفرافرة بمحافظة الوادي الجديد بطول ٣١٠كم، حيث يمر بشمال منطقة الفرافرة، شكل (١٢) وصورة (١).



شكل (١٢) مرئية فضائية عام ٢٠٢١ تبين حركة الكثبان الرملية على طريق ديروط– الفرافرة

صورة (١) الكثبان الرملية في منطقة الفرافرة خلال الرحلة الحقلية لمنطقة الدراسة خلال عام ٢٠٢٠

ب. **طريق أسيوط–الخارجة:** يبلغ طول الطريق ٢٣٠ كم، ويتقاطع طريق أسيوط الخارجة مع نطاق الكثبان الشرقي أثناء مروره بالقرب من سطح الهضبة داخل المنخفض، ويسير في إتجاه شمالي–جنوبي، مما يؤدي لتعرض الجزء الشمالي منه لخطر تراكم الكثبان الرملية، نتيجة لإقتراب الرياح المحملة بالرمال من سطح الهضبة، عندئذ تقل سرعتها وتترسب الرمال التي تحملها على سطح الهضبة وتؤدي إلي إعاقة حركة المرور، ويزيد من خطورة طغيان الرمال على الطريق شدة انحدار

أقدام الجروف بحيث لا تعطي للسيارات العابرة فرصة للإلتفاف حول الجزء الذي تطغى عليه، صورة (٢).

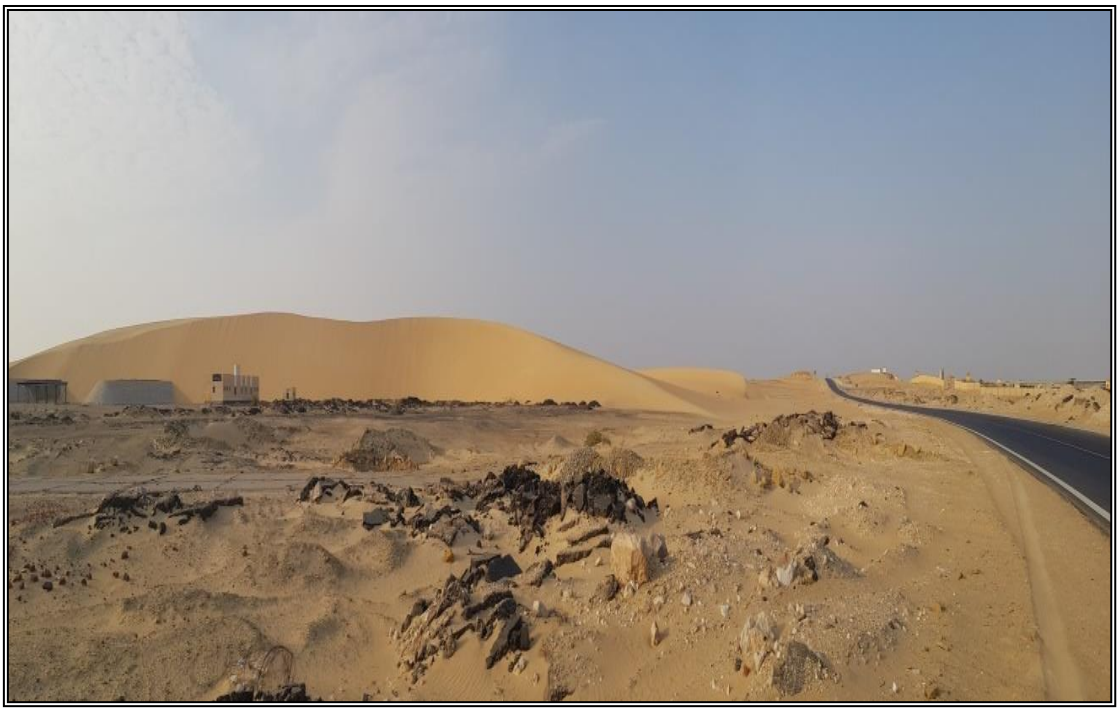
صورة (٢) الكثبان الرملية على طريق أسيوط- الخارجة

ج. **طريق الخارجة–باريس:** ويبلغ طوله ٩٠ كم، ويتعرض هذا الطريق إلى خطر زحف الرمال، حيث أن نطاق الكثبان الأوسط يؤدي إلى زحف الرمال عليه في أجزاء متفرقة، صورة (٣).

صورة (٣) الكثبان الرملية على طريق الخارجة – باريس

د. **طريق الخارجة–الداخلة:** يبلغ طول طريق الخارجة–الداخلة ١٩٠ كم، ويربط طريق بين قرى مركز الخارجة وقرى مركز الداخلة، ويتقاطع مع نطاق الكثبان الغربي، مما يؤدي إلي زحف الكثبان

الهلالية عليه في أكثر من موضع ويهدد حركة المرور، مما يضطر السيارات للالتفاف حوله مما يعرضها للأخطار، صورة (٤).

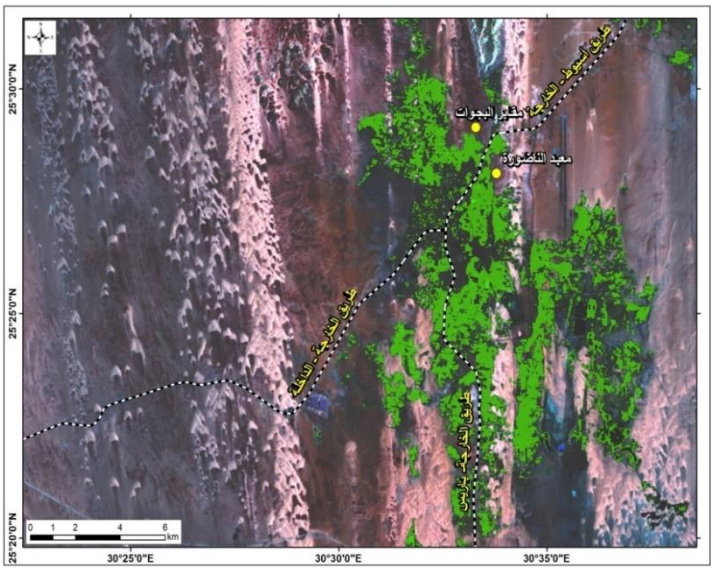


صورة (٤) الكثبان الرملية على طريق الخارجة – الداخلة

هـ. **الأخطار علي الآبار والأراضي الزراعية:** يؤدي زحف الرمال علي الآبار والأراضي الزراعية إلي طمرها وتعرضها للخطر، وتعرضت آبار قرية جناح القديمة إلى الطمر عام ١٩٧٥، وكذلك بئر جناح ٣ وزمامه الزراعي البالغ ١٤١ فداناً انطمرت عام ١٩٧٩ (مركز المعلومات ودعم إتخاذ القرار، ٢٠١٠)، وآبار قرية المنيرة شمال المنخفض تعرضت بعض هذه الآبار للطمر مثل بئر القطارة (المحاريق ٦) عام ١٩٩٩، وقد بلغ زمامه الزراعي المردوم نحو ٤٥ فداناً (مركز المعلومات ودعم إتخاذ القرار، ٢٠١٠)، صورة (٥).

صورة (٥) زحف الكثبان الرملية على الاراضي الزراعية

و. الأخطار على المناطق الأثرية: هناك خطر لسفي الرمال على بعض المناطق الأثرية، حيث تتراكم الرمال داخل الأثر مثل مقابر البجوات، قصر الناضور في مدينة الخارجة، شكل (١٣).

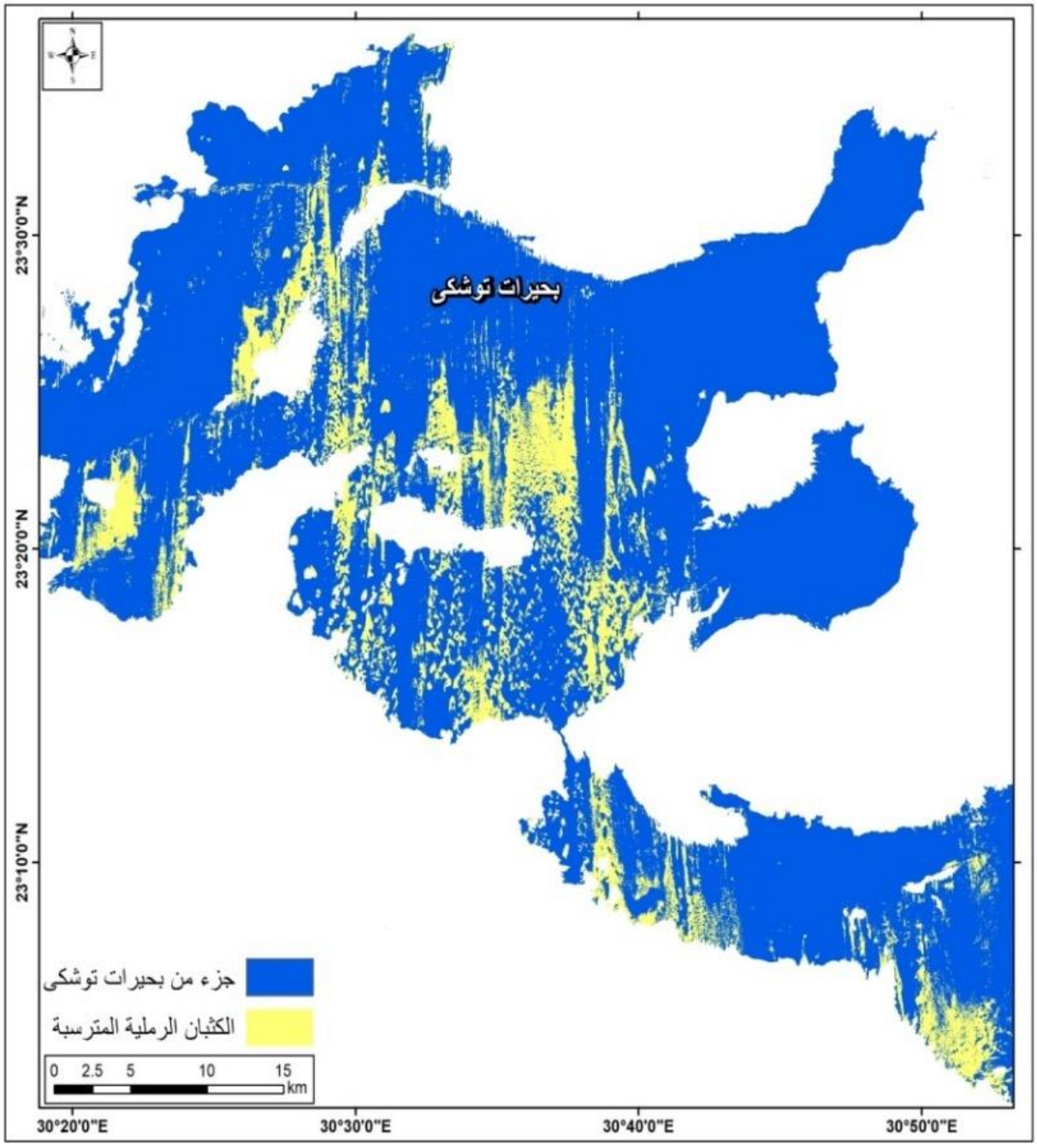


شكل (١٣) مرئية فضائية عام ٢٠٢١ تبين وقوع الأراضي الزراعية والمناطق الأثرية في نطاق حركة الكثبان الرملية داخل مدينة الخارجة

المصدر: من عمل الباحث.

ي. الأخطار على بحيرات مفيض توشكى: بلغت مساحة الرمال المترسبة في بحيرات توشكى خلال عام ٢٠٢١ حوالي ٢٢١,٣ كم^{٢}، شكل (١٤)، وهو ما يمثل ٨,١٪ من إجمالي مساحة بحيرات توشكى

في العام ٢٠٢١، وهو ما ينبئ بخطر شديد على المفيض، والمستجمع المائي لمفيض بحيرة ناصر إذا ما استمر الإرساب بنفس المعدل، لهذا لابد من إقتراح بعض الحلول العلمية لتقليل خطر حركات الكثبان الرملية في جنوب الصحراء الغربية المصرية.



المصدر: من عمل الباحث.

شكل (١٤) مرئية فضائية عام ٢٠٢١ تبين كمية الكثبان الرملية المترسبة في بحيرات توشكي

عاشرًا: بعض الحلول المقترحة:

توصي الدراسة ببعض المقترحات التي من شأنها الحد من أخطار الكثبان بمنطقة الدراسة ومنها:

- تغطية سطح الرمال بإستخدام التربة الطفلية، وذلك علي طريق أسيوط – الخارجة.
- التشجير في مناطق إتجاه الكثبان وخاصة حول مفيض توشكى حيث تتوفر المياه العذبة.
- تغطية سطح الرمال المتحركة في منطقة الخارجة بإستخدام الحصى والحجر وفتات الصخور الموجودة في مناطق الدراسة حيث تقلل حركة المواد من زحف الرمال ولا تتأثر بعوامل التعرية إلى حد كبير، إن كانت أقطارها تزيد عن ٥ مم.
- مثبتات كيماوية: توفر الصناعة الكيماوية العديد من المنتجات الصالحة كمثبتات لسطح التربة لمقاومة عوامل التعرية المختلفة، وذلك لمدة محدودة لإتاحة الفرص لنمو الغطاء النباتي والتكاثر، ومن المثبتات المتوافرة في الأسواق البيتومين.
- المواد البترولية: يعد تثبيت الرمال والكثبان الرملية بالمواد البترولية من أهم الطرق الناجحة لهذا الغرض من الناحية العلمية.

المصادر والمراجع

- **الخرائط والمرئيات الفضائية:**

- الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠.٠٠٠، لوحتي المحاريق والخارجة، إصدار إدارة المساحة المصرية، عام ١٩٣٦.
- المرئيات الفضائية من أقمار لاندسات الامريكية لأعوام ١٩٨٤، ٢٠٢٠، ٢٠٢١، موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS).

- **المراجع العربية:**

- نبيل سيد إمبابي (١٩٧٠): الكثبان الرملية المتحركة في المناطق الصحراوية، الجمعية الجغرافية العدد.
- نبيل سيد إمبابي (١٩٨٤): مشكلات استغلال المياه الجوفية في واحات الصحراء الغربية بمصر مع الإشارة بوجه خاص إلى الواحات الخارجة والداخلة، مجلة معهد البحوث والدراسات العربية، العدد ٨.
- حسن علي العتر (٢٠٠٢): دراسة جيوبيئة لمنخفضات الصحراء الغربية الرئيسية، تقرير غير منشور للهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء.
- نبيل سيد إمبابي (٢٠٠٥): طرق تثبيت الكثبان الرملية – تجارب الماضي وآفاق المستقبل في ضوء الدراسات التجريبية الحديثة، ندوة البحث العلمي ودوره في مكافحة التصحر وتثبيت الكثبان الرملية، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإجتماعية، جامعة الزقازيق.
- فاطمة عبد الرافع عبد الفتاح أحمد (٢٠١٦): جيومورفولجية الكثبان الرملية وأخطارها بمنخفض الخارجة بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة دكتوراة، كلية الدراسات الإنسانية، جامعة الأزهر.
- نورة عبد التواب السيد عطية (٢٠١٩): خصائص رمال الكثبان الهلالية في منخفض الخارجة صحراء مصر الغربية، كلية البنات للآداب والعلوم والتربية، جامعة عين شمس.

- **المراجع الأجنبية:**

- Beadnell.H.J. L, (1910): The sand dunes of the Libyan desert, the geographical journal, vol,35.

- El-Baz, F (1992): Origin and Evolution of Sand Seas in The Great Sahara and Implications to Petroleum and Ground Water Exploration, In: Sadek, A. (ed.), Proceedings of The First Conference on the Geology of The Arab World, Cairo University.
- El-Baz, etal (1979): Preliminary Analysis of Color Variations of Sand Deposits in The Western Desert of Egypt, In: El-Baz, F. & Warner, D.W. (eds.) Apollo-Soyuz Test Project, Summary Science Report, V.2, NASA, Washington.
- Embabi N. S. (1977) Slope Form of Barkhan Dunes at The Kharga and Dakhla Depression, Bull. Soc. Geog. d'Egypte, T.49-50, pp.13-38.
- Embabi, M.N.s, (1978): statistical relationships between Barchan shape dimensions, 3rd inter. Confer. On staticts., computer science and sotial research 27-30 mareh, ainshams univ.
- Embabi, M.N.s (1987|): Dune movement in the Kharga and Dakhla oases depression, The western desert, EGYPT, bull. soc. Geig.dEgypte T.ix-Lx.
- Embabi, M.N.s (1998): Sand Seas of The Western Desert of Egypt, in: Al Sharhan et al. (eds.) Proc. Inter. Conf. Quaternary Deserts and Climatic Change, Al-Ain Univ., Balkema, Rotterdam.
- Embabi.M,N.s: The semi-playa deposits of Kharga depression, The western sesert, EGYPT, bull. Soc. Geig. dEgypte t41-42, 1968-1969
- Harga, A.A. (1983): Mineralogy of The Fine Sand Fraction And its Relation to Pedogenesis of Kharga and Dakhla Oasis, Egypt. J. Soil Sci., Vol. 23, No.2.
- Hermina, M (1990): The Surroundings of Kharga, Dakhla and Farafra Oases, in: Said, R. (ed.) Geology of Egypt, Balkema, Rotterdam.
- Long, J, T, and Sharp, R, P, (1964): Barchan-Dune movement in imperial valley, California, Bull. Geol. Soc, Amer, vol 75.
- Mussa M. A. & Nadia F (1982): Air Photo Studies on The Quaternary Deposits North Eastern Part of The Kharga, Dakhla Depression, Annals of The Geol. Survey of Egypt, Vol. XII p.208.
- Said, R (1990): The geology of EGYPT.A.A., Balakana, Rotterdam, The Netherlands.

Spatial analysis of some characteristics of the movement of sand dunes in eastern Farafra, Kharga depression, and Northern Toshka

Abstract:

The moving sand dunes are considered one of the most important problems facing the reconstruction of deserts in the world in general and in Egypt in particular, especially the Western Desert of Egypt. They threaten roads, railways, agricultural lands and villages if they fall in the direction of the wind, in addition to moving in the direction of Toshka Lakes, which is the water spillway of Lake Nasser in southern Egypt. Therefore, it was important to study the movement of sand dunes in an adequate scientific study in more than one region to show the annual movement rate, which ranged between 4.2 in Farafra, 8.6 in Kharga, and 6.7 m/year in Toshka, and the extent of its impact on human activity, and then to develop different solutions. To avoid the danger that these dunes may pose to the Toshka spillway and the various aspects of reconstruction in the New Valley Governorate. The study gives rates of movement of sand dunes in the East Farafra region, Kharga Depression and northern Toshka Lakes, through the use of remote sensing techniques to monitor the movement of sand dunes and identify areas threatened by sand encroachment using GIS software and remote sensing through the analysis of old topographic maps and satellite visuals for different years.

Key words: Sand dunes, Farafra, Kharga, Toshka spillway, satellite visuals, remote sensing, geographic information systems).