المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل
The Scientific Journal of King Faisal University
العلوم الأساسية والتطبيقية
Basic and Applied Sciences

استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم مشروع حجز الرمال بواحة الأحساء

عبدالرحيم عبدالمطلب محمد صالح و سعيد بن محمد القرني و عباس الطيب بابكر
قسم الجغرافيا، كلية الشريعة والدراسات الإسلامية بالأحساء، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية
الأحساء، المملكة العربية السعودية

Using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) Techniques to Evaluate the Sand Reservation Project in Al Ahsa Oasis

Abdelrahim Abdelmutalib Mohamed Salih, Saeed Mohammed Al-Qarni and Abbass Eltayeb Babiker
Department of Geography, College of Shari'a & Islamic Studies in Al Ahsa, Imam Muhammad ibn Saud Islamic University
Al Ahsa, Saudi Arabia

KEYWORDS
الكلمات المفتاحية
Sand encroachment, Al Ahsa, GIS, climatological geomorphology, NDSI
زحف الرمال، الأحساء، نظم المعلومات الجغرافية، الجيومورفولوجيا المناخية، نموذجNDSI

RECEIVED الاستقبال 09/10/2019
ACCEPTED القبول 18/04/2020
PUBLISHED النشر 01/12/2020
https://doi.org/10.37575/b/geo/2139

الملخص

تعد مشكلة زحف الرمال على الأراضي الزراعية في واحة الأحساء بشرقي المملكة العربية السعودية من أهم مظاهر التصحر التي تسببت في تقلص مساحة الأراضي الزراعية بفعل الرياح الشمالية والشمالية الشرقية والشمالية الغربية التي تتحمل بالرمال من صحراء الدهناء، النفود والجافورة التي تحيط بالواحة من جهة الغرب والشمال والشرق. ونظرًا للأهمية التاريخية للواحة زراعيًا وسكنيًا تم إنشاء مشروع حجز الرمال لوقف زحف الرمال باتجاه الواحة ومعالجة المشكلات البيئية ذات الصلة. هدفت الدراسة إلى تقييم الوضع البيني في واحة الأحساء من حيث الضرر الذي تسبب به زحف الرمال على الأراضي الزراعية في واحة الأحساء عبر استخدام بيانات الأقمار الاصطناعية وإمكانيات برامج نظم المعلومات الجغرافية. حيث تم توظيف عدد من البرمجيات في كل مراحل الدراسة لمعالجة وتصنيف المرئيات الفضائية لاندسات للأعوام (1979، 1987، 2000، 2017)، تم اعتماد التصنيف غير المحكم، كما تم استخدام نموذج الارتفاع الرقمي بالإضافة إلى إجراء القياسات الحقلية للكثبان الرملية خلال الفترة من 15 يوليو إلى 14 أغسطس 2018م، والملاحظة المباشرة للظواهر والمقابلات الشخصية مع عدد من المواطنين (30 مواطن) المقيمين بالمنطقة وعدد من المسؤولين من وزارة البيئة والمياه والزراعة (قسم إدارة المشروع) والعاملين بموقع المشروع (عدد 2 من العاملين)، وتحليل جيومورفولوجية الإرسابات الرملية لمختلف الخصائص مثل الانحدار واتجاهاته والجريان السطحي والتضرس والأشكال والتوزيع والانتشار. أشارت النتائج إلى ازدياد معدلات تركز الكثبان الرملية في المناطق الشمالية من منطقة الدراسة مما يدل على تدهور أجزاء كبيرة من الأشجار في المصدات، الأمر الذي يتطلب التقييم البيئي للمشروع وفقا لسلسة زمنية محددة مع الصيانة المستمرة.

ABSTRACT

The problem of sand creeping on to agricultural land in the oasis of Al-Ahsa in the Eastern Province of Saudi Arabia is one of the most important manifestations of desertification. The agricultural land of the oasis has shrunk due to the northern, north-east and north-west winds that bear sand from the deserts of Dahna, Nafud and Jafora, which surround the oasis on the west, north and east. Due to the historical importance of the oasis for agricultural and residential use, the Sand Reservation Project has been established to stop the encroachment of sand onto the oasis and to address related environmental problems. The aim of this study is to evaluate the efforts to limit the sand creep onto agricultural lands in Al-Ahsa Oasis and to show to what extent the project has achieved its objectives in preserving agricultural lands in the region. A number of software programs such as QGIS 2.8.2, ERDAS Imagine 8.5 and IDRISI have been employed in all phases of the study to calibrate and classify Landsat images of different years (1979, 1987, 2000 and 2017, respectively). A digital elevation model (DEM) to study the relationship between the geomorphology of the area and its role in sand creep has been employed, and the Normalized Difference Sand Dunes Index (NDSI) and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) have been applied. In addition to analysing the geomorphology and sand sediments for a variety of characteristics such as gradient and direction, surface runoff has been calculated, mapping and distribution performed, field measurements taken, direct observation of phenomena carried out, interviews conducted, and the DEM analysed. The results indicate an increase in the concentration of sand dunes in the northern parts of the study area and the deterioration of large numbers of fender trees, problems that require environmental assessment of the project and ongoing maintenance of areas still untouched by sand creep.

1. المقدمة

لقد واجهت مشكلة التصحر الكثير من الدول منها على سبيل المثال لا الحصر: السودان، المغرب، ليبيا، الولايات المتحدة الأمريكية، والمملكة العربية السعودية (سليم، 1984). تختلف ظاهرة التصحر من دولة لأخرى، ففي المملكة العربية السعودية، تنحصر في زحف الرمال (الزحف الصحراوي) نحو الأراضي الزراعية والسكنية والمناطق الترفيهية كما هو الحال في واحة الأحساء، وما ترتب على ذلك من أضرار تجعل زحف الرمال مشكلة عالمية. وتعتبر تجربة واحة الأحساء الأولى من نوعها في المملكة العربية السعودية في مجال تثبيت الرمال (وزارة الزراعة والمياه، 1985).

إن مشكلة زحف الرمال يمكن دراستها من منظور العلاقة العلمية بين الجيومورفولوجيا وعلم المناخ (الجيومورفولوجيا المناخية) التي تعالج ضمن اهتماماتها تأثير المناخ على العمليات الجيومورفولوجية وأشكال الأرض التي تميزها في أقاليم مورفومناخية محددة، كما أنها تدرس أثر تباين خصائص أشكال سطح الأرض على المناخ المحلي والعام. ويشير البحث إلى مساهمة الجيومورفولوجيا في تقييم الأثر البيئي لمشاريع حجز الرمال وبخاصة التأثيرات البيئية ذات الصلة بجيومورفولوجية المنطقة التي تهدف لحماية المناطق السكنية والمشاريع الزراعية بالتطبيق على مشروع حجز الرمال بالمنطقة الشرقية.

إن مشكلة زحف الرمال وتركزها على الأراضي الزراعية بمنطقة الدراسة (واحة الأحساء) تعتبر من أهم مظاهر التصحر في المنطقة (الطاهر، 1996). والتي تسببت في خسارة جزء كبير من الأراضي الزراعية وتقلصها بسبب تغطية جزء كبير من أراضي الواحة بالكثبان الرملية، وذلك بسبب سيادة الرياح الشمالية والشمالية الشرقية والشمالية الغربية التي تنقل الرمال من صحاري الدهناء والنفود والجافورة التي تحيط بالواحة من جهات الغرب والشمال والشرق (التقرير السنوي لمشروع حجز الرمال، 1962). وللحد من خطورة هذه المشكلة ذات الأبعاد البيئية السلبية، تم إنشاء مشروع لحجز الرمال (متنزه الأحساء الوطني حاليًا) بجهود محلية متمثلة في وزارة الزراعة والمياه في العام 1962، وذلك بإنشاء مصدات طبيعية عبر زراعة مساحات محددة من الأشجار المتنوعة مثل الأثل المحلي والاكاسيا وغيرها لوقف زحف الرمال باتجاه الواحة (الشكل 2). ولكن في السنوات الأخيرة (تحديدًا منذ العام (2000) تعرض القطاع الشجري بمصدات المشروع إلى تدهور كبير مما تسبب في تزايد الرمال الزاحفة تجاه الواحة.

2. الدراسات السابقة

عدد من الدراسات (Hidore and Albokair, 1982; Al-Hinai,1989; شعث، 1989، البراك، 1993، يوسف، 1994، الرويلي 2001، آل سعود، 2004)

Corresponding Author: Abbass Eltayeb Babiker aamastaf@imamu.edu.sa ،00966553586690 المؤلف المراسل: عباس الطيب بابكر

حاولت الوقوف على هذه المشكلة وتقييم المخاطر البيئية المترتبة عليها من حيث تأثيرها على المناطق السكنية والزراعية والترفيهية بالواحة. من بين هذه الدراسات تأتي دراسة Al-Hinai, (1989) ودراسة آل سعود (2004) من بين الدراسات التي سلطت الضوء على أهمية بيانات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية بواحة الأحساء. توصلت الدراستان إلى إمكانية تمييز أنواع مختلفة من الكثبان الرملية (الطولية والهلالية) وأخذ القياسات المورفولوجية عبر استخدام المرئيات الفضائية من القمر الصناعي لاندسات (Landsat) بنوعيه الراسم الموضوعي (TM) والماسح المتعدد الأطياف (MSS) والصور الجوية مختلفة المقياس. ولكن هذه الدراسات لم تدرس العلاقة بين العمليات الجيومورفولوجية وأشكال الأرض المختلفة ولم تبين مدى مساهمة الجيومورفولوجيا في تقييم الأثر البيئي لمشاريع حجز الرمال وبخاصة التأثيرات البيئية ذات الصلة بجيومورفولوجية المنطقة، كما ركزت على التفسير البصري للمرئيات الفضائية.

من هنا تأتي أهمية هذه الدراسة لملء هذا الفراغ ولتبين مدى قدرة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية على تحليل وتخريط الغطاء الأرضي بالواحة وإنشاء خرائط موضوعية لسنوات مختلفة تساعد في حساب التغير في تركز الكثبان الرملية خلال السنوات المختلفة، من جانب آخر تركز الدراسة على تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) للوقوف على جيومورفولوجية الإرسابات الرملية لمجموعة مختلفة من الخصائص مثل خشونة السطح والمنحدرات والمواد السطحية، وتحليل التضاريس، واختلافات الارتفاعات ونمط الكثبان الرملية، والموقع الطبوغرافي، والأبعاد الثلاثية لشكل المنحدر (Rao,2002). وفي تصنيف التأثيرات الطبوغرافية (الظلال) في الحصول على معلومات إحصائية متعددة المتغيرات لمجموعة بيانات فيما يتعلق باستخدام الأراضي ورسم الخرائط، وتقييم استخدام الأراضي المتأثرة بحركة الرمال في المناطق القاحلة وشبه القاحلة لفترات طويلة (Salih, 2018).

3. الهدف من الدراسة

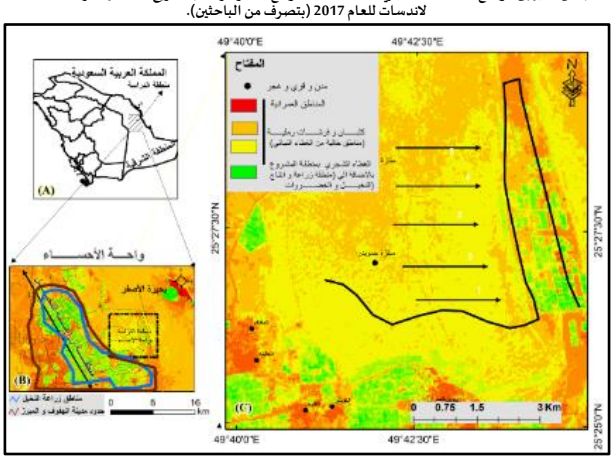
الهدف من هذه الدراسة هو تقييم الوضع البيئي بواحة الأحساء بعد تنفيذ مشروع الحد من زحف الكثبان الرملية على واحة الأحساء وتقييم مدى تأثيرها على المنشآت العمرانية والأراضي الزراعية وغيرها من النشاطات التي يزاولها سكان المنطقة خلال السنوات المختلفة عبر توظيف بيانات وتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

4. المواد وطرق العمل

4.1. منطقة الدراسة:

تقع واحة الأحساء فلكيًّا بين خطي طول '05 °25 و'40 °25 شمالاً ودائرتي عرض '10 °49 و'55 °49 غربا (شكل 1)، وجغرافيًّا تمتد حوالي 75 كيلومترًا من الساحل الغربي للخليج العربي (الطاهر، 1996)، بمساحة تم تقديرها بحوالي 600 كيلو مترا مربعا (آل سعود، 2004)، وهي تقع في شرق المملكة العربية السعودية ضمن المنطقة الشرقية إداريًّا وفي النطاق الصحراوي الجاف، حيث يسودها مناخ حار جاف صيفا حيث تصل درجة الحرارة إلى ما يزيد عن 46 °مئوية، وبارد جاف نسبيا في الشتاء، ويتأثر مناخها بالقارية والتقلبات المناخية الناتجة عن الرياح الموسمية الشتوية قليلة التساقط (الشريف، 2009). وهي تشكل جزءا من الرف العربي الذي يتألف من صخور رسوبية يمتد عمرها ما بين العصر الكمبري إلى العصر الحديث حيث تغطي صخور القاعدة، وتتكون الطبقات الرسوبية من الصخور الرملية والجيرية والطينية، ومن أهم التكوينات الجيولوجية الحاملة للمياه في الواحة: تكوين الوسيع، تكوين العرمة، تكوين أم الرضمة، تكوين أم الرؤوس (البراك، 1993). كما يتميز سطحها بالاستواء مع انتشار بعض التلال والجبال المتناثرة (مثل جبل البريقة، والشعبة وجبل القارة). حيث تقع في السهل الأوسط الذي تحف به حافات صحراء الغوار الصخرية - الجزء الشرقي من هضبة الصمان في الغرب والكثبان الرملية شرقًا. تتميز المنطقة بالاستواء مع الميل الطفيف نحو الشرق والشمال الشرقي. معظم أجزاء الواحة تقع بين ارتفاع 100 – 250 متر فوق سطح البحر. مما جعلها تتعرض كغيرها من المناطق في الأقاليم الشبه مدارية لموجات من الجفاف تمثلت مظاهره في ارتفاع معدلات التذرية وزحف الكثبان الرملية ومن ثم تأثيرها على الإنتاج الزراعي. حيث كانت الزراعة أهم مورد اقتصادي لمعظم سكان الواحة قبل اكتشاف البترول حيث تفوق جميع مناطق المملكة في إنتاج التمور بالإضافة إلى الخضروات والفواكه والبرسيم (الجبر، 2002).

شكل 1: (A) خريطة المملكة العربية السعودية. (B) موقع منطقة الدراسة في شمال شرق واحة الأحساء. (C) منطقة الدراسة، والمشار إليه بالمخطط الأسود موضحًا عليها بعض الظواهر الأرضية. الأسهم باللون الأسود والأرقام باللون الأبيض تشير إلى مواقع المصدات الشجرية المستخدمة كموانع لحجز الرمال بالمشروع. المصدر: المرئية الفضائية لاندسات للعام 2017 (بتصرف من الباحثين).



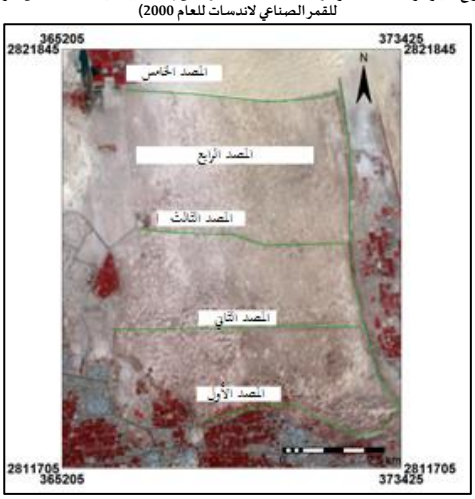
تضم واحة الأحساء ثلاثة مدن (المبرز، الهفوف، والعيون) وحوالي 48 قرية بعدد سكان يصل إلى المليون نسمة تقريبًا (العمل الميداني، 2016).

مشروع حجز الرمال (المنطقة المستهدفة للدراسة والتقييم)، يقع في شمال شرق الواحة على بعد (20 كلم) تقريبًا عن مدينة الهفوف (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2016). المشروع به أربعة مصدات (أحزمة شجرية)، تم تصميم أول مصد بالمشروع عام 1382هـ بطول 20 كلم تقريبًا، بعرض يمتد من 250-750 متر في شكل حرف (L). كما تم إنشاء أربعة مصدات أخرى موازية للمصد الأول بطول 5 كلم وعرض 400 متر (شكل 2). تبلغ المساحة الإجمالية للمشروع حوالي 4143.5 هكتار، المساحة المغطاة منها بالأشجار (يشكل الأثل المحلى منها حوالي 90 %) حوالي 1800 هكتار.

من الأهداف التي من أجلها أنشئ المشروع (وزارة البيئة والمياه والزراعة، 2016):

- حماية الواحة من الأخطار البيئية التي تسببها حركة الكثبان الرملية بشكل سنوي.
- الحفاظ على المناطق الأثرية من مخاطر الزحف الصحراوي.
- حماية الأراضي الزراعية من حيث الحفاظ على قدرة التربة الإنتاجية وعدم تدهورها.

شكل 2: مشروع حجز الرمال شمال شرق واحة الأحساء. المصدر: (من إعداد الباحثين، مقتطعة من المرئية الفضائية للقمر الصناعي لاندسات للعام 2000)



ولذلك تهدف الدراسة إلى تقييم وضع الواحة بعد تنفيذ مشروع الحد من زحف الكثبان الرملية وتوغلها داخل الواحة وتأثيرها على المنشآت العمرانية والأراضي الزراعية وغيرها من النشاطات التي يزاولها سكان المنطقة خلال السنوات المختلفة، بالاعتماد على تحليل بيانات الاستشعار عن بعد المتمثلة في مرئيات لاندسات (Landsat) ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

4.2. بيانات الدراسة:

ارتكزت الدراسة بشكل أساسي على البيانات التالية:

- بيانات الاستشعار عن بعد Remote Sensing، حيث تم استخدام بيانات لاندسات Landsat الفضائية، التي تم تحميلها من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية USGS.
استندت الدراسة فيما يخص بيانات الاستشعار عن بعد بشكل أساسي على بيانات اللاقط الأمريكي لاندسات Landsat(1،5، و8) والذي يضم The Thematic Mapper (TM)والماسح الإلكتروني المتعدد الأطياف Multispectral Scanner (MSS)، بالإضافة إلى بيانات اللاقط The Operational Land Imager (OLI). حيث تم استخدام أربع صور فضائية لسنوات مختلفة بالخصائص التالية:

- لاندسات_1 MSS بتاريخ 1979/01/26، (Path176/Row42) بدقة مكانية توضيحية 60x60 متر، عدد النطاقات(Bands) 4، اثنان منها (1 و2) في نطاق الطيف المرئي (الأخضر والأحمر)، واثنان منها (3 و4) في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.
- لاندسات_5 TM بتاريخ 1987/04/02، (Path164/Row42) بدقة مكانية توضيحية 60x60 متر، عدد النطاقات (Band) 4، اثنان منها (1 و2) في نطاق الطيف المرئي (الأخضر والأحمر)، واثنان منها (3 و4) في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.
- لاندسات_5 TM بتاريخ 2000/07/26، (Path164/Row42) بدقة مكانية توضيحية 30x30 متر، عدد النطاقات (Band) 7، ثلاثة منها (1، 2، و3) في نطاق الطيف المرئي (الأزرق والأخضر والأحمر)، وحدة منها (4) في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، بينما اثنان منها (5 و7) تقعان في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي القصير. واحدة فقط من النطاقات (نطاق 6) تقع في نطاق الأشعة الحرارية بدقة 120 متر ولم يتم استخدامها في البحث.
- لاندسات_8 OLI بتاريخ 2017/04/04، (Path164/Row42) بدقة مكانية توضيحية 30x30 متر، عدد النطاقات (Band) 11، أربعة منها (1، 2، 3، 4) في نطاق الطيف المرئي (الأزرق والأخضر والأحمر)، وحدة منها (5) في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة، بينما اثنان منها (6 و7) تقعان في نطاق الأشعة تحت الحمراء ذات الطول الموجي القصير. اثنان فقط من النطاقات (10 و11) تقع في نطاق الأشعة الحرارية بدقة 120 متر ولم يتم استخدامها في البحث. هنالك باند (8 و9) لم يتم استخدامهم في البحث.

- القياسات الحقلية خلال الفترة من 15 يوليو إلى 14 أغسطس 2018م، والملاحظة المباشرة للظواهر والمقابلات الشخصية مع عدد من المواطنين (30 مواطن) المقيمين بالمنطقة وعدد من المسؤولين من وزارة البيئة والمياه والزراعة (قسم إدارة المشروع) والعاملين بموقع المشروع (عدد 2 من العاملين).
كما اعتمدت الدراسة على القياسات المورفومترية والمورفولوجية للكثبان الرملية من حيث التوزيع والكثافة والحجم اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model (DEM) بدقة أفقية 90 مترًا وراسية 16 مترًا، ونسبة ثقة تصل حتى 90 % تم تحميله من الوكالة الأمريكية للمسح الجيولوجيUSGS تحت مسمى Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM).

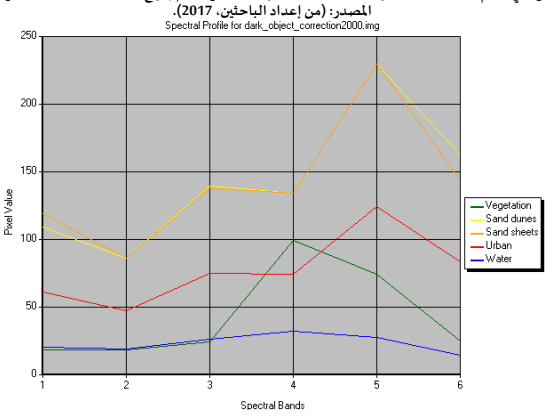
4.3. معالجة وتحليل بيانات الدراسة:

4.3.1. تحليل الصور الفضائية (لاندسات):

عملية الحصول على معلومات من بيانات الاستشعار عن بعد مرت بعدة خطوات، وهي:

- **الخطوة الأولى:** المعالجة الأولية لبيانات الاستشعار عن بعد والمتمثلة في التصحيح الهندسي Geometric correction ((Campbell and Wynne, 2011)) الذي تم عبر برمجية ILWIS 3.4. في هذه المعالجة تم تعريف وربط صور الأقمار الاصطناعية بمواقعها على سطح الأرض عبر إحداثيات جغرافية Ground Control Points (GCPs) والتي تم الحصول عليها من الخريطة الطبوغرافية متوسطة المقاس 1: 50000 وذلك عبر ما يعرف بعملية التصحيح Image Georeferenceing . وبهدف تحسين (تعزيز) المرئيات الفضائية وزيادة قابليتها للتفسير البصري تم استخدام ما يعرف بمعالجة التباين وهو زيادة التميز بين معالم الصورة Image.
- **الخطوة الثانية:** التفسير البصري للمرئيات الفضائية وذلك عبر تركيب أنواع مختلفة من الأطياف لبناء صورة فضائية ملونة يسهل تفسرها تفسيرًا بصريًا. حيث تم تركيب ثلاثة نطاقات (Band) مختلفة من كل مرئية لبناء أربعة مرئيات فضائية للأعوام 1979، 1987، 2000، 2017، وذلك بمساعدة معطيات الانعكاسات الطيفية للنطاقات لمختلف الظواهر الأرضية من المرئيات الفضائية. الشكل (3) يوضح الانعكاسات الطيفية لبعض الظواهر الأرضية لنطاقات المرئية الفضائية المأخوذة في العام 2000. نلاحظ من الشكل (3) الانعكاسات الطيفية لظواهر أرضية مختلفة من منطقة الدراسة، ومنه نلاحظ أن الكثبان الرملية والفرشات الرملية تعطي انعكاس عالي في النطاق رقم (5) وانعكاس أقل في النطاق رقم (2). وبالتالي يدل ذلك على قدرة هذا النطاق (5) على تمييز الكثبان الرملية والفرشات الرملية من باقي الظواهر الأرضية الأخرى. كما تم الاستعانة بنموذج الاخضرار NDVI لتدعيم عملية التفسير البصري للمرئيات وتقييم وضع الغطاء النباتي في الواحة.
- **الخطوة الثالثة:** تم تصنيف المرئيات الفضائية إلى أربعة أصناف عبر التصنيف غير المحكم باستخدام برمجية IDRISI. ثم بمساعدة التفسير البصري وبيانات العمل الميداني تم تصنيف المرئيات الفضائية إلى ثلاثة أصنافClasses رئيسة وهي: أرض زراعية، أرض سكنية، وكثبان وفرشات رملية، والمناطقة الخالية (الجرداء).
- **الخطوة الرابعة:** التأكد من صحة التنصيف. حيث تم استخدام بيانات من العمل الميداني للتحقق من مدى صحة تصنيف بيانات الأقمار الاصطناعية ومدي مطابقتها للواقع عبر ما يعرف بتقييم دقة التصنيف Image Accuracy Assessment (Congalton and Green, 2002; Lunetta and Lyon, 2004)

شكل 3: الانعكاسات الطيفية لمختلف الظواهر الأرضية بمنطقة الدراسة للنطاقات (Bands) المختلفة للمرئية الفضائية المأخوذة في العام 2000 ذلك لاختيار النطاقات الأمثل للدراسة. ملحوظه: تم إدراج هذا الشكل هنا فقط للتوضيح.
المصدر: (من إعداد الباحثين، 2017).



فكرة نموذج "NDSI" Normalized difference sand index قائمة على ناتج قسمة كثافة نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة short wave infrared spectral band (SWIR2) والأشعة الحمراء Red bandمن المرئية الفضائية، حيث يستخدم في الكشف عن وجود الكثبان الرملية existence of the sand dunes والرمال الزاحفة drifting sands. وبحسب من المعادلة الرياضية رقم (1).

$$NDSI = \frac{SWIR2 - R}{SWIR2 + R} \quad (1)$$

حيث إن:

- SWIR2 : هي الأشعة تحت الحمراء القصيرة والتي تحتل النطاق (band7:2.08-2.35 µm).
- R : هي الأشعة الحمراء (band 3: 0.63-0.069 µm) من الطيف الكهرومغناطيسي.

4.3.2. التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS:

للحصول على نتائج أكثر موثوقية للخصائص المورفومترية والمورفولوجية من نموذج الارتفاع الرقمي DEM، تم إزالة التشوهات التي تعرف باسم (pits) عبر برمجية ILWIS 3.4. كما تم استخراج اتجاهات الجريان وأماكن تجمع المياه كما تم استخراج شبكة التصريف ومعدل الانحدارات. هذا بجانب أخذ قياسات جيومورفومترية هندسية لأنواع مختلفة من الكثبان الرملية لمناطق مختلفة في منطقة الدراسة.

5. النتائج والمناقشة

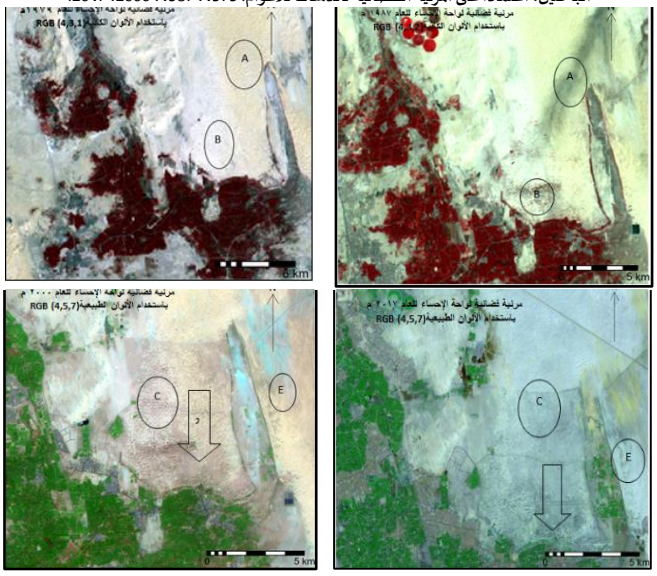
5.1. التفسير البصري للصور الفضائية:

يوضح شكل (4) نتائج المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية، ومن خلال تفسير ومقارنة الصور الفضائية بصريًا يظهر التناقص الواضح في نسبة الكثبان الرملية في منطقة الدراسة خلال الفترة ما بين عامي 1979 إلى 2017 نلاحظ الآتي:

- في العام 1979 (شكل 4/ a) أي قبل إنشاء المصدات من 2-5 للحد من زحف الرمال، نلاحظ تركز الكثبان الرملية في الواحة بصورة كبيرة (صورة 1)، وبمساحات واسعة (جدول 2، شكل 4، و5) خاصة في الجزء الشمالي والشمال الشرقي والجنوبي من الواحة والمشار إليه بالحرف (B وA). كما نلاحظ اختلاف نوعية الرمال المتركزة من حيث الملمس والنسيج واللون، ففي المنطقة المشار إليها بالحرف (A) تميل الرمال إلى اللون الأصفر، أما في المنطقة المشار إليها بالحرف (B) فتميل إلى اللون الأبيض مما يدل على وجود عدة مصادر للرمال فعليًا. بعد العام 1979 تم إنشاء المصد رقم 2 لتعزيز الحد من زحف الرمال والذي اكتمل في العام 1979.
- تناقص تركز الكثبان الرملية عام 1987 (جدول 2) في نفس الأماكن المشار إليها أيضا بالأحرف (B وA) مما يدل على نجاح المشروع بصورة كبيرة للحد من زحف الرمال على الواحة.
- انخفاض نسبة تركز الكثبان الرملية بصورة كبيرة في أجزاء كبيرة من الواحة عام 2000 إلى الوقت الراهن، ولكن مع ازديادها وتركزها في مناطق وأجزاء أخرى وبخاصة في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من الواحة (شكل 4: C, D, E) ويرجع السبب في ذلك إلى عدد من الأسباب يمكن حصرها في الآتي:
  - تدهور مساحات كبيرة من الأشجار وجفافها (صورة 2) (خاصة التي تعتمد على رطوبة التربة في نموها).
  - ازدياد في سرعة الرياح الشمالية والشمالية الشرقية والشمالية الغربية خاصة في شهري أبريل ومايو خلال العام.

كما أشارت نتائج دراسة التقييم الوضع البيئي للواحة التي قام بها الخولي وآخرون (2004) بأن أجزاء واسعة من المصدات مغطاة بالأشجار الميتة والجافة خاصة بالمصد الخامس. حيث أوضحت الدراسة أن نسبة الأشجار المتدهورة حسب القياسات الحقلية بلغت 67% من النسبة الكلية للأشجار المزروعة في هذا المصد، مما يعزز ازدياد تراكم الكثبان والفرشات الرملية في مناطق (صورة 2 و3) وتناقصها في مناطق أخرى من منطقة الدراسة كما في العام 2000 و2017.

شكل 4: المرئيات الفضائية من نوع لاندسات Landsat لسنوات مختلفة (1979، 1987، 2000، 2017) موضحًا عليها مناطق تركزوتجمعات الكثبان الرملية والفرشات الرملية بمنطقة الدراسة. المصدر: من إعداد الباحثين، اعتمادا على المرئية الفضائية لاندسات للأعوام: 1979، 1987، 2000، 2017.



صورة (1) تزايد حركة الكثبان الرملية على شمال شرق واحة الأحساء

صورة (3) الخامس

5.2. نتائج تصنيف المرئيات الفضائية:

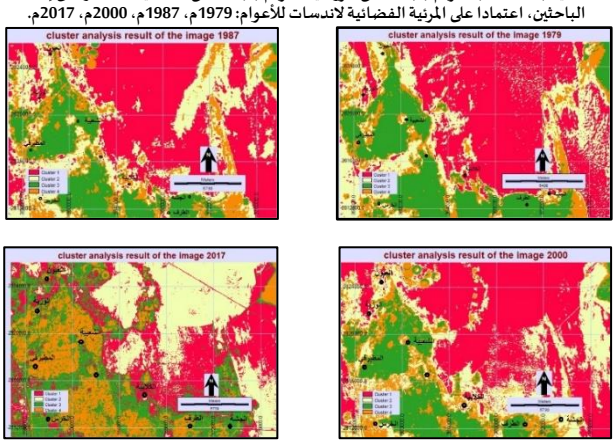
لتعزيز نتائج التفسير البصري للمرئيات الفضائية، تم استخدام التصنيف الرقمي لهذه المرئيات عبر برمجية إدريسي IDRISI Selva باتباع التصنيف غير الموجه Unsupervised Classification، والذي بين أن منطقة الدراسة تحتوي على أربعة أصناف رئيسة من الغطاء الأرضي Land cover classes وهي: الأراضي الزراعية، والسكنية والأراضي الخالية، والكثبان والفرشات الرملية بمساحات ونسب مئوية متفاوتة.

بلغت نسبة صحة تصنيف المرئيات الفضائية Accuracy Assessment عبر برمجية إدريسي واتباع التنصيف غير المحكم Unsupervised classification: (74%)، (89%)(87%)، (78%) للأعوام 1979، 1987، 2000، و2017 على التوالي، مما يعزز المعلومات الإحصائية التي بينها الجدول (1). ومن الشكل (5) والجدول (1) نلاحظ التناقص في المساحة المغطاة بالغطاء النباتي والكثبان والفرشات الرملية في منطقة الدراسة خاصة بين عامي 1979 و1987، يمكن توضيح ذلك من خلال النقاط التالية:

- بلغت نسبة الأراضي الزراعية 21% بمساحة 70 كلم^2 في العام 1979، و16% بمساحة 55 كلم^2 في العام 1987، و16% بمساحة 56 كلم^2 في العام 2000، أما في العام 2017 فبلغت نسبة الأراضي المزروعة من جملة مساحة منطقة الدراسة حوالي 26% بمساحة قدرها 90 كلم^2. يرجع الباحثان الزيادة في المساحة المغطاة بالغطاء النباتي في العام 2017 إلى إنشاء مشاريع زراعية محورية في الأجزاء الشمالية والجنوبية والغربية من واحة الأحساء. وتغطي الكثبان الرملية مساحة 150.75 كيلومتر مربع، أي ما يعدل 44% من مساحة منطقة الدراسة في العام 1979. وتناقصت هذه المساحة في الأعوام 1987 و2000 إلى أقل من 41% بمساحة قدرها 143 كيلو متر مربع، أما في العام 2017 فقد بلغت المساحة المغطاة بالرمال حوالي أقل من 96 كيلومتر مربع، أي ما يعادل نسبة 28% من مساحة منطقة الدراسة. وبحسب نتائج التنصيف يرجع السبب وراء تناقص المساحات المغطاة بالكثبان الرملية إلى عدة أسباب من بينها اهتمام وزارة البيئة والمياه والزراعة بالأشجار وتنوعها وكثافتها في السنوات الأخيرة، وذلك عبر الحد من انتشار الآفات مثل النمل الأبيض خاصة في المصد الثاني والثالث والخامس والحد من انتقالها من الأشجار المريضة إلى السليمة، والاهتمام بخصوبة التربة والعمل على زيادة عناصرها الغذائية والحد من تملحها، واستحداث نباتات جديدة بدل التي تلفت وماتت سوى بسبب الجفاف أو أسباب أخرى (الخولي وآخرون، 2004).
- فيما يخص الأراضي الخالية نلاحظ ازديادها خلال الأعوام 1979 إلى 2000، وتناقصها في العام 2017 حيث بلغت مساحة هذه المناطق حوالي 23% عام 1979، و25% عام 1987، و28% في العام 2000 من جملة مساحة المنطقة، ثم

بدأت بالتناقص في العام 2017 حتى بلغت 27%. يرجع السبب وراء تناقص المساحات الخالية إلى الازدياد الواضح في المساحات السكنية، حيث بلغت نسبة المناطق المغطاة بالسكن خلال العام 2017 حوالي 17% من جملة مساحة منطقة الدراسة. ويرجع السبب وراء هذا الازدياد في المساحة إلى التنمية الاقتصادية والنهضة العمرانية التي شهدتها المنطقة. هذا يتفق تمامًا مع النتائج التي توصلت إليها دراسة عبدالعاطي وآخرون (2017) Abdelatti et al., بأن المنطقة العمرانية بواحة الأحساء شهدت زيادة بمعدل 91 كلم^2 خلال الأعوام 1992-2004 وزيادة في المساحة الكلية للمدينة بمعدل 19% خلال نفس الفترة، والسبب في هذه الزيادة المتسارعة في المناطق العمرانية هو النمو المتسارع في معدل السكان.

شكل 5: الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة. الرقم (1) الكثبان الرملية والفرشات الرملية، الرقم (2) المناطق الخالية (Bare soil)، الرقم (3) المناطق الزراعية، الرقم (4) المناطق السكنية. المصدر: من إعداد الباحثين، اعتمادا على المرئية الفضائية لاندسات للأعوام: 1979م، 1987م، 2000م، 2017م.



جدول (1): مساحة الغطاء الأرضي (Land cover) في منطقة الدراسة والتي تم تصنيفها من المرئيات الفضائية عبر التصنيف المحكم أو غير الموجه (بالكيلومتر المربع).

التصنيف	1979		1987		2000		2017	
	المساحة/كلم^2	%	المساحة/كلم^2	%	المساحة/كلم^2	%	المساحة/كلم^2	%
الكثبان والفرشات الرملية	150.75	44.20	150.10	44.01	143.83	42.17	95.68	28.05
المناطق الخالية	81.81	23.99	88.35	25.91	95.44	27.98	94.25	27.63
المناطق الزراعية	69.76	20.45	54.77	16.06	56.02	16.43	90.33	26.49
المناطق السكنية	38.74	11.36	47.83	14.02	45.76	13.42	60.79	17.82
المجموع	341.05	100	341.05	100	341.05	100	341.05	100

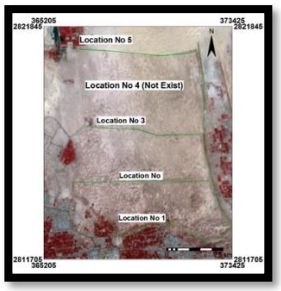
المصدر: تحليل المرئيات الفضائية من لاندسات Landsat للسنوات (1979، 1987، 2000، 2017) واتباع التنصيف غير المحكم Unsupervised classification عبر برمجية إدريسيIDRISI

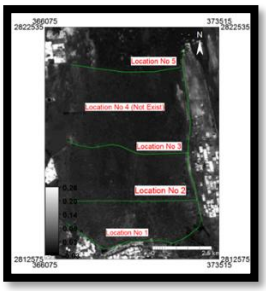
5.3. نتائج تطبيق دليل الاخضرار NDVI:

حاليا أصبحت منطقة الدراسة تشاهد ازديادا في المساحة المغطاة بالكثبان والفرشات الرملية في المنطقة المحصورة بين المصد الرابع والخامس. حيث أشارت نتائج تطبيق دليل الاخضرار NDVI (الأشكال: 6،7) إلى تناقص كبير في مساحة المنطقة المغطاة بالأشجار (جدول 2)، خاصة في منطقة المصد رقم (5) مع اختفاء الأشجار تمامًا في منطقة المصد رقم (4) حيث تراوحت نسبة الاخضرار إلى ما بين (0.03- إلى أقل من 0.09).

ويرجع ذلك من وجهة نظر الباحثين، لعدد من الأسباب من أهمها: تدني خصوبة التربة وفقدانها لأهم عناصرها الغذائية، وتناقص معدلات الأمطار وانتشار الجفاف، بالإضافة إلى ارتفاع درجات الحرارة الذي يؤدي إلى فقدان النبات إلى كميات كبيرة من المياه عن طريق النتح ومن ثم جفافها. ومن خلال التفسير البصري لهذه الخرائط اتضح أن المصدات 1و3 لم تتأثر بالأسباب سابقة الذكر الأمر الذي يفسر اقتراب نسبة الاخضرار فيها إلى ما يقارب (0.10).

شكل 6: دليل الاخضرار النباتي NDVI لتقييم المساحات المغطاة بالأشجار في المصدات لعام 2017.





شكل 7: تحديد مواقع المصدات ومقارنتها بنتائج دليل الاخضرار لعام 2017.

ويوضح الجدول (2) المساحة المغطاة بالأشجار في كل مصد للعام 2017، مقارنة بالمساحة الأولية لهذه المصدات. نلاحظ التقلص الواضح في الغطاء الشجري في كل المصدات مع تدهور بشكل تام للأشجار بالمصدات رقم (4 و5)، فمن خلال الجدول (2) نلاحظ أن المساحة الكلية للغطاء الشجري للمصدات في المشروع والتي كانت تبلغ حوالي 500 كيلومترًا مربعًا في المصد الأول و200 كيلومترًا مربعًا في باقي المصدات تناقصت بمقدار (-200 كلم^2 في المصد الأول، -140 كلم^2، -149 كلم^2، - صفر كلم^2، -180 كلم^2 على التوالي في باقي المصدات) خلال العام 2017، وهذا يفسر الزيادة في تركز الكثبان الرملية والفرشات الرملية بشكل خاص خلال هذا العام.

جدول2: تقييم الوضع البيني للأشجار بمقارنة مساحة الأشجار (بالكيلومتر المربع) بين المصدات في العام 2017 والقياسات الأولية التي قام عليها المشروع

رقم المصد	المصد 1	المصد 2	المصد 3	المصد 4	المصد 5	المساحة الإجمالية
قياسات المشروع	500	200	200	200	200	1300
النسبة المئوية لقياسات المشروع	38.5	15.4	15.4	15.4	15.4	100
قياسات من المرئيات	297	59.28	51.45	صفر	20.48	428.21
النسبة المئوية لقياسات المرئية	69.4	13.8	12	صفر	4.8	
التغيير	-203	-140.72	-148.55	-200	-179.52	-871,79

المصدر: قياسات من المرئيات (مصدرها: من إعداد الباحثين) بالاعتماد على نتائج تحليل المرئيات الفضائية. قياسات المشروع. المصدر: (سيد، و أبوريشة، 1994م، في آل سعود، 2004، ص 51، بالإضافة إلى وزارة الزراعة، منتزه الأحساء الوطني، المواقع الاستثمارية، 2016)

5.4. نتائج نموذج NDSI:

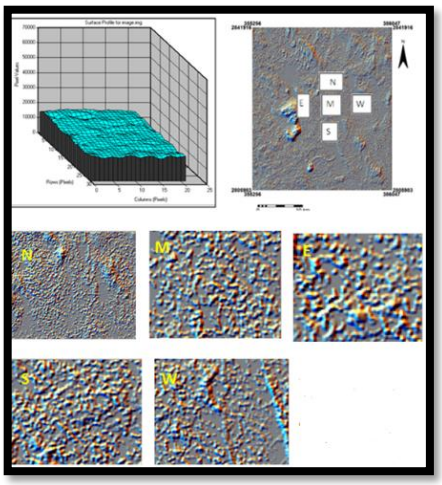
تشير نتائج نموذج NDSI إلى ازدياد نسبة تركز الكثبان الرملية في المناطق الشمالية من الواحة، وإلى انتشار الفرشات الرملية في الأجزاء الجنوبية من منطقة الدراسة والتي انحصرت بين (0.052 – 0.110) وهذا دليل واضح على تدهور أجزاء كبيرة من الأشجار في المصدات (شكل 8).

شكل 8: تركز الكثبان والفرشات الرملية بمنطقة الدراسة حسب نموذج NDSI باستخدام نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (band 7) ونطاق الأشعة الحمراء (band 4) من المرئية الفضائية عام 2017م. المصدر: (من إعداد الباحثين).

5.5. تصنيف الكثبان الرملية:

ومن خلال (الشكل 9)، أمكن التعرف على أشكال مختلفة من الكثبان الرملية بمواقع مختلفة من الواحة والتي يشار إليها بالأحرف (N, E, M, W, S) والتي تتأثر تأثيرًا مباشرًا باتجاه الرياح والعوائق الطبيعية وغير الطبيعية. فتوجد الكثبان الهلالية والطولية الشكل، وغيرها من أشكال الكثبان الرملية الأخرى، بجانب الفرشات الرملية والتي تظهر كمناطق مستوية بين الكثبان الرملية.

شكل 9: أنواع الكثبان الرملية بمنطقة الدراسة حسب الاتجاهات المختلفة (شمال، جنوب، شرق، غرب ووسط) باستخدام بنموذج الارتفاعات الرقمية DEM عبر برمجية ILWIS. المصدر: (من إعداد الباحثين، اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة توضيحية 30 متر).



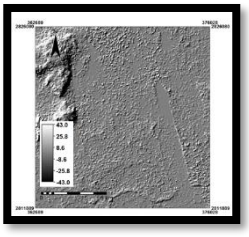
5.6. مورفومترية ومورفولوجية الكثبان الرملية:

توضح الأشكال (10، 11، 12، 13،14، 15) على التوالي مورفومترية ومورفولوجية الكثبان الرملية بواحة الأحساء. تقوس أو انحناء السطح حسب اتجاه الانحدار يشار إليه بشكل الانحدار. وشكل الانحدار يعطي فكرة عن مدى تحدب أو تقعر السطح والذي بدوره يعمل على زيادة أو نقصان سرعة الجريان السطحي داخل الأودية والمجاري المائية. أثبتت التجارب أنه حيث يسود الانحدار المحدب تكثر الكوارث مثل الفيضانات والتعرية للتربة وغيره. أما في المناطق التي يسود فيها الانحدار المقعر فتسود الرواسب. ومن خلال دراسة الشكل (10) نجد أنه حيث يسود الانحدار المحدب يسود سطح الأرض الجبال والهضاب والكثبان الرملية المترسبة خلف الموانع الطبيعية كالجبال وحيث يسود الانحدار المقعر تسود الأودية والمجاري المائية والفرشات الرملية والتي تتشكل عند سقوط الأمطار (العمل الحقلي، 2016).

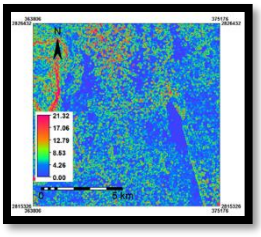
ونلاحظ أن الأجزاء الشمالية الغربية من منطقة الدراسة يسود فيها الانحدار المحدب والمقعر حيث تكثر المنخفضات مما يعزز تركز الكثبان الرملية في هذا الجزء من منطقة الدراسة، أما الأجزاء الجنوبية الشرقية فيغلب عليها الانحدار الطفيف مما يدل على استواء السطح وتركز السهول الرملية والقيزان الرملية المسطحة والمنخفضة والطبقات الرملية التي رسبتها الرياح وقلة الظواهر التضاريسية التي تتسبب في تثبيت ونشوء الكثبان الرملية في هذه الجهات من المناطق.

شكل 10: مورفومترية ومورفولوجية منطقة الدراسة، والمتمثلة في الأحرف الإنجليزية (a, b, c, d, e, f). المصدر: (من عمل الباحثين، اعتمادا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة توضيحية 30 متر).

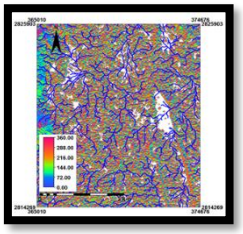
(a) خريطة الظلال لتوضيح طبوغرافية منطقة الدراسة



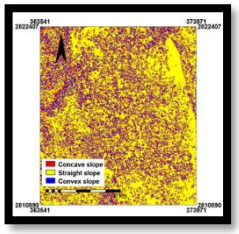
(b) الانحدارات بالدرجات في منطقة الدراسة حسب نموذج الارتفاعات الرقمية DEM



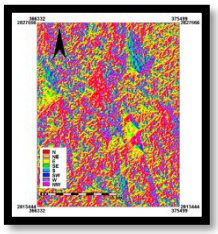
(c) شبكة الجريان و اتجاهات الجريان بمنطقة الدراسة مستخلصة من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)



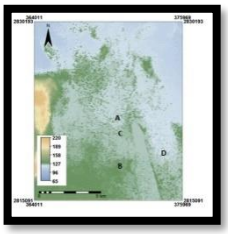
(d) الانحدار المحدب والمقعر بمنطقة الدراسة



(e) أوجه الانحدار Aspect بمنطقة الدراسة



(f) الارتفاعات Elevation بالأمتار بمنطقة الدراسة موضحًا عليها مواقع القطاعات التضاريسية العرضية للشكل 11



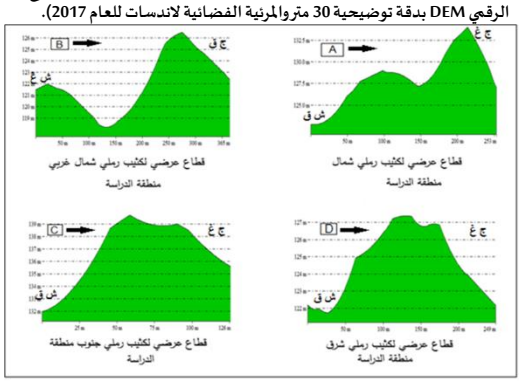
تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (SRTM-DEM) كشف عن تفاصيل تتعلق جيومرفولوجية ومورفومترية منطقة الدراسة كما هو موضح في الشكل (10). حيث اتضح من خلال تحليل الشكل 10/ (aوb) أن منطقة الدراسة شبه مستوية (Semi-Flat) بدرجة انحدار تتراوح من 0-أقل من 5 درجات، حيث نلاحظ من خلال الشكل10 / (a) أن درجة الانحدار من 0-4 درجات هو المسيطر والغالب على منطقة الدراسة والذي تمثله الفرشات الرملية والمناطق الخالية. بينما يغلب على بقية المنطقة الانحدار من 5< إلى 15 > درجة ويمثل هذا الانحدار الكثبان الرملية المنتشرة في منطقة الدراسة. كما يتضح ذلك من الشكل 10/ (b) والذي يؤكد ما تم ذكره في الفقرة السابقة من أن منطقة الدراسة شبه مستوية متمثلة في الانحدار الهين (المشار إليه باللون الأصفر) يليه النوعان الانحدار المحدب والمقعر (المشار إليهما باللون الأحمر والأزرق). وجود الانحدار المقعر يفسر انتشار بعض الأودية التي يصعب رؤيتها في المرئيات الفضائية والتي تم الكشف عنها عبر نموذج الارتفاع الرقمي مما يؤكد قدرة البيانات الرادارية على كشف الأودية والخيران المدفونة تحت الرمال والذي أكدته العديد من الدراسات (Ghoneim and El-Baz, 2007; Ghoneim et al., 2007)، وأن الاتجاه السائد لهذه الكثبان الرملية هو الشمالي والشمال الشرقي والشرقي بالإضافة إلى الجنوب الغربي (شكل 10/ e). بشكل عام، يتراوح ارتفاع منطقة الدراسة ما بين 65 متر إلى 220 متر (فوق سطح البحر) (شكل 10/ f)، وأن معظم المنطقة المتأثرة بحركة الرمال خاصة الكثبان الرملية يتراوح ارتفاعها من 127-أقل من 189 متر (فوق سطح البحر).

لمعلومات أكثر تفصيلاً عن جيومرفولوجية ومورفومترية المنطقة، تم تصميم قطاعات عرضية لعدد أربعة كثبان رملية (الشكل:11 a, b, c, d) والتي تم تلخيص خصائصها الهندسية في الجدول (3) لوصف الكثبان الرملية مورفولوجيًا ومورفومتريًا. وبدراسة الشكل (11)، والجدول (3)، نلاحظ الآتي:

- الكثيب الرملي A والذي يقع شمال شرق المصد الخامس نموذج للكثبان الرملية التي تقع خارج نطاق مشروع حجز الرمال من الجهة الشمالية، والذي يمتاز بالمساحة الكبيرة (6.6كلم^2) مقارنة بالكثبان الرملية الأخرى، كما يمتاز بالارتفاع (9 أمتار)، في حين يتجه محوره من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وذلك بزاوية انحدار 7.51 درجة.
- يقع الكثيب الرملي B ما بين المصد الأول والثاني في مساحة 5.7 كلم^2 بارتفاع 8.5 متر مع اتجاه محور شمال غرب، جنوب شرق وبدرجة انحدار 41 درجة، وهو بذلك يعد من الكثبان الكبيرة المساحة في المنطقة ويختلف عن الكثيب الرملي A في اتجاه محوره.
- يتميز الكثيب الرملي C بصغر المساحة والمحيط مقارنة بالكثبان الرملية A وB، حيث بلغت مساحته 0.1 كلم^2 بارتفاع 6 أمتار، أما اتجاه محوره فهو شمال شرق- جنوب غرب بزاوية انحدار 16.5، حيث يبين موقعه بين المصدات الرابع والخامس مدى تأثيرها عليه مقارنة بالمصد A الذي يقع شمال المنطقة خارج حدود مشروع حجز الرمال.

- بلغت مساحة الكثيب الرملي D 0.7 كلم^2 بارتفاع 7.5 متر ودرجة انحدار 13.5 درجة وبالرغم من وقوع الكثيب في المنطقة السهلية خارج نطاق مشروع حجز الرمال في شرق الواحة إلا أننا نلاحظ أن اتجاه محوره شمال شرق، جنوب غرب.
- بلغ متوسط طول الكثبان الرملية المدروسة 57.5 متر وبعرض 46.3 متر في مساحة 2.7 كلم^2 ومحيط 0.2 كلم، بينما بلغ متوسط ارتفاعها 7.8 متر، هذه المتوسطات تعكس التباين الكبير في المساحات التي تمتد فيها الكثبان الرملية خارج نطاق مشروع حجز الرمال وداخله مما يشير إلى مساهمة المصدات في الحد من نمو وتطور الكثبان الرملية بمنطقة المشروع.

شكل 11: قطاعات عرضية لبعض الكثبان الرملية المنتشرة في المنطقة والموضحة بالأحرف الإنجليزية(A،B،C،D) على الشكل 10/f. المصدر: (من إعداد الباحثين، اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة توضيحية 30 متر والمرئية الفضائية لاندسات للعام 2017).



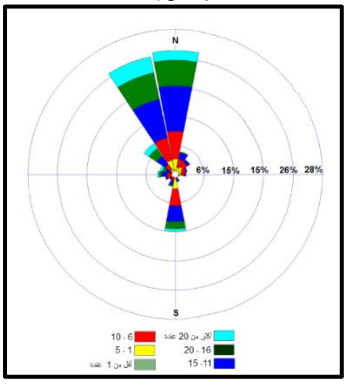
جدول 3: الخصائص المورفولوجية لنماذج من الكثبان الرملية في منطقة الدراسة

الكثيب الرملي	الطول/ متر	العرض/ متر	الارتفاع/ متر	اتجاه المحور	درجة انحدار السطح	المساحة/ كلم^2	المحيط/ كلم
A	109	61	9	ش ق-ج غ	17.5	6.6	0.3
B	90	63	8.5	ش غ-ج ق	14	5.7	0.3
C	17	8	6	ش ق-ج غ	16.5	0.1	0.1
D	14	53	7.5	ش ق-ج غ	13.5	0.7	0.1
المتوسط	**57.5**	**46.3**	**7.8**	-	**15.4**	**0.3**	**0.2**

المصدر: اعتمادا على القياسات من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة توضيحية 30 مترًا، والدراسة الميدانية (2018).

ولدراسة دور اتجاهات الرياح في تكوين الكثبان الرملية وزحفها تجاه المناطق الزراعية والسكنية والترفيهية بالواحة، تم تصميم وردة الرياح (الشكل 12) والذي يبين اتجاه ومتوسط سرعة الرياح في منطقة الدراسة خلال الفترة 1990-2018، حيث نلاحظ تأثير الرياح الشمالية والشمالية الغربية والتي تصل سرعتها إلى أكثر من 20 عقدة في اتجاه محور الكثبان الرملية في نطاق المشروع وخارجه فمعظمها يأخذ اتجاه المحور الشمال الشرقي-الجنوب الغربي (الكثبان الرملية: A،C،D) عدا الكثيب الرملي B الذي يتأثر بالرياح الشمالية الشرقية إذ إن اتجاه محوره شمال غرب-جنوب شرق. وأشار الطاهر (18:1996) أن الرياح في منطقة الأحساء تهب من جميع الاتجاهات في معظم شهور السنة ولكن تختلف نسبة الرمال المحملة بها من شهر إلى آخر، وأشار إلى أن الرياح في منطقة الأحساء خلال فصول الشتاء والصيف والخريف هي الرياح الشمالية الغربية ولكن يختلف الوضع في الربيع فتكون الرياح السائدة هي الرياح الشمالية. وهذا يتوافق إن صح التعبير مع ما ذكر حول اتجاه محاور الكثبان الرملية في الجدول (2).

شكل 12: اتجاهات ومتوسط سرعة الرياح في منطقة الدراسة خلال الفترة ما بين 1990-2018. المصدر: (من إعداد الباحثين).



6. الخاتمة

هدفت هذه الدراسة إلى تقيم الوضع البيئي بواحة الأحساء بعد إنشاء مشروع حجز الرمال للحد من زحف الرمال على الأراضي الزراعية والسكنية والمنشآت الهندسية والخدمية، حيث تم استخدام بيانات الاستشعار عن بعد والعمل الميداني وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية في لتقيم الوضع البيئي والذي استند على الدراسات الجيومورفولوجية ذات الصلة بعلم المناخ والتي تندرج تحتها دراسات تقييم المشروعات التنموية المرتبطة بتأثيرات التعرية الريحية حيث إنها تساهم في استخلاص البيانات المورفومترية والمورفولوجية لتقييم هذه المشروعات، وبإجراء القياسات المورفومترية والمورفولوجية للكثبان الرملية بالإضافة إلى كثافة الغطاء النباتي من خلال تحليل المرئيات الفضائية، توصلت الدراسة إلى الآتي:

- تناقص مساحة الكثبان الرملية بأنواعها المختلفة وكذلك الفرشات الرملية في منطقة المشروع خلال الفترة بين عامي 1979-2017 من نسبة المساحة التي كانت تغطيها من 44% إلى 28% حيث زيادة مساحات الغطاء النباتي ومرافق الترفيه والتنزه بمنطقة المشروع.
- تباين القياسات المورفومترية للكثبان الرملية داخل نطاق مشروع حجز الرمال مقارنة بتلك خارج نطاق المشروع من الناحية الشمالية والشرقية، حيث تميزت الكثبان الرملية شمال المشروع بكبر المساحة والارتفاع من الأنواع الهلالية بينما انتشرت الفرشات الرملية في الأجزاء الجنوبية من منطقة المشروع.
- بالرغم من زيادة المساحات المزروعة داخل نطاق المشروع إلا أن هنالك بعض مظاهر التدهور في الغطاء النباتي وبخاصة في المصدات الأول والرابع.
- اتجاه محور الكثبان الرملية هو شمال شرق- جنوب غرب، الأمر الذي يبين تأثير الرياح الشمالية الغربية في حركة الكثبان الرملية (الانسياق الرملي- الزحف الرملي).
- وعليه توصي الدراسة بالآتي:
  - زراعة أنواع نباتية جديدة سريعة النمو ذات جزور عميقة وذات أوراق خضراء طيلة العام ومقاومة للجفاف والتصحر (الدمس، المسكيت، الهشاب، الأراك، المرخ) خاصة في المصد الثالث والرابع والخامس ومن الناحية الشمالية الغربية للمشروع.
  - زيادة عدد المصدات أو صفوف الأشجار لتكون في حدود 7 -8 صفوف بمسافات قصيرة مع زراعة أنواع من الأشجار سريعة النمو ولها القدرة على الانتشار السريع وذلك لوقف حركة الرمال وهذه تكون محاور مواجه للاتجاه الذي تأتي منه الرمال لتخفيف حدتها على الأراضي الزراعية والسكنية.
  - يجب إجراء فحص دوري للتربة من أجل الحفاظ على خصوبتها وعدم تدهورها مع استحداث طرق حديثة للري.
  - ضرورة متابعة حركة الرمال بالأقمار الصناعية والمرئيات الحديثة بشكل دوري.

نبذة عن المؤلفين

عبد الرحيم عبدالمطلب محمد صالح

قسم الجغرافيا، كلية الشريعة والدراسات الاسلامية في الأحساء، جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية، الأحساء، السعودية، 00966538802619 ، aSalih@imamu.edu.sa

د. صالح خريج جامعة الخرطوم، وأستاذ مساعد. له اهتمامات بحثية في مجالات: الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، قضايا الاستدامة البيئية ورصد التغيرات في استخدامات الأرض والمراقبة البيئية والنموذجة البيئية. له أكثر من 20 بحث منشور في مجلات علمية محكمة في مجال تطبيقات الاستشعار عن بعد في قضايا التنمية البيئية. وقد شارك في العديد من المؤتمرات والندوات العلمية وورش العمل.

سعيد محمد القرني

قسم الجغرافيا، كلية الشريعة والدراسات الاسلامية في الأحساء، جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية، الأحساء، السعودية، 009660503842409 ، smsalgarni@imamu.edu.sa

د. القرني خريج جامعة الملك سعود، واستاذ مساعد. رئيس قسم الجغرافيا ووكيل الكلية للجودة، المدير التنفيذي لمشروع إعادة تأهيل الغطاء النباتي للأودية الجافة بالرياض 1436هـ نشر أبحاثه في العديد من

المجلات العلمية المحكمة الدولية والاقليمية ذات معامل التأثير والمصنفة ISI، كما قدم العديد من البرامج التدريبية في مجال التخصص بالإضافة إلى تقديم الأبحاث المتخصصة في الندوات الدولية والمحلية. بجانب المشاركة في ورش (IUCN) عن تقييم نباتات شبه الجزيرة العربية التي أقيمت في الشارقة 2017.

عباس الطيب بابكر

قسم الجغرافيا، كلية الشريعة والدراسات الاسلامية في الأحساء، جامعة الامام محمد بن سعود الاسلامية، الأحساء، السعودية

aamastaf@imamu.edu.sa ،00966553586690

أ.د. بابكر خريج جامعة الخرطوم، وأستاذ. ورئيس لجنة البحث العلمي بقسم الجغرافيا، ومشارك في تأليف كتاب الدراسات الميدانية في الجغرافيا، نشر وحكم مع أكثر دور النشر الأكاديمي عالميا (sapub, scirp) ذات معامل التأثير والمصنفة في ISI و Scopus والدوريات الاقليمية في الجمعيات الجغرافية المتخصصة في تخصص الهيدروجيومورفولوجي والسياحة البيئية، وله مشاركات بحثية في العديد من المشاريع البحثية والمؤتمرات الإقليمية والعالمية.

المراجع

آل سعود، مشاعل محمد. (2004). تطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الكثبان الرملية في واحة الأحساء. *رسائل جغرافية، قسم الجغرافية، كلية العلوم الاجتماعية بجامعة الكويت*، **بدون رقم مجلد**(285)، 3- 75.

البراك، سعد عبدالله. (1993). *خصائص أراضي الأحساء الزراعية*. الأحساء، المملكة العربية السعودية: مطابع الحسيني.

الجبر، محمد عبداللطيف. (2002). *الوضع الزراعي في واحة الأحساء: عرض للتنمية*. الأحساء، المملكة العربية السعودية: مطابع الحميضي.

الخولي، أحمد عبداللطيف، الموسى، خالد ناصر، والفاج، يوسف على .(2004). التقييم البيئي لتدهور أشجار مصدات الزراعة بمتنزه الأحساء الوطني في: *المؤتمر الدولي للموارد المائية والبيئية الجافة، جامعة الملك سعود*، الرياض، المملكة العربية السعودية، 05-2004/12/08.

الرويلي، مفرح معلق. (2001). *تقييم كفاءة مشروع حجز الرمال في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية*. دبلوم عالي، جامعة الخليج العربي، المنامة، البحرين.

سليم، على أحمد. (1984). أهمية الأحزمة الواقية في مكافحة التصحر. *مجلة التصحر*، **2**(بدون رقم عدد)، 56-59.

الشريف، عبدالرحمن صادق. (2009). *جغرافية المملكة العربية السعودية*. الطبعة السادسة. الرياض، المملكة العربية السعودية: دار المريخ للنشر.

شعث، بسام أحمد. (1989). دراسة تأثير زحف الرمال على المناطق الترفيهية في واحة الأحساء في: *حلقة الدراسات الصحراوية، مركز دراسات الصحراء، جامعة الملك سعود*، الرياض، المملكة العربية السعودية،

الطاهر، عبد الله محمد. (1996). العواصف الرملية والغبارية وأثرها في ترب الحقول الزراعية في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية. *سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود*، **بدون رقم مجلد**(24)، 4-52.

وزارة الزراعة. (1963). *التقرير السنوي لمشروع زحف الرمال*. الأحساء، المملكة العربية السعودية: وزارة الزراعة.

وزارة الزراعة. (1985). *منتزه الأحساء الوطني: المواقع الاستثمارية*، الأحساء، المملكة العربية السعودية، وزارة الزراعة.

Abdelatti, H., Elhadary, Y. and Babiker, A.A. (2017). Nature and trend of urban growth in Saudi Arabia: The case of Al-Ahsa province-Eastern Region. *Resources and Environment*, **7**(3), 69–80.

Al Barrak, S.A. (1993). *Khasayis 'Aradi Al'ahsa' Alziraeiatu 'Characteristics of agricultural lands Al-Ahsa'*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Hussaini Press. [in Arabic]

Al Hinai, K.G. (1989). Evaluation of remote sensing data for sand studies in Saudi Arabia. In: *Workshop on desert studies in the Kingdom of Saudi Arabia: Scopes and concerns, King Saud University*, Riyadh, Saudi Arabia.

Al Jabur, M.A. (2002). *Alwade Alziraeiufi Wahat Al'ahsa': Earad Liltanmiati. Alsaeudiat ' The Agricultural Situation in Al-Ahsa Oasis: An Outline of Development'*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Al-Homaidhi Press. [in Arabic]

Al Ruwaily, H.J. (2001). *Taqyim Kafa'at Mashrue Hajz Alramal fi Wahat Al'ahsa' Bialmamlakat Alearabiat Alsaeudiati* 'Evaluating the Efficiency of the Sand Reservation Project in Al-Ahsa Oasis, Saudi Arabia'. Higher Diploma Thesis, Arab Gulf University, Manama, Bahrain. [in Arabic]

Al Saud, M.M. (2004). Tatbiq taqniat alaistishear ean baed fi muraqabat zahif alkuthaban alramliat fi wahat al'ahsa'I 'Application of remote sensing techniques in observing sand dune creep in Al-Ahsa oasis'. *Geographical messages, Department of Geography, College of Social Sciences, Kuwait University*, **n/a**(285), n/a. [in Arabic]

Al Tahir, E.M. (1996). Aleawasif alramliat walghibariat wa'athariha fi tarabi alhuqul alziraeiat fi wahat al'ahsa' bialmamlakat alearabiat alsaeudiati 'Sand and dust storms and their impact on the soil of agricultural lands in Al-Ahsa oasis, Saudi Arabia'. *Geographical Research Series, Saudi Geographical Society, King Saud University*, **n/a**(24), 4–52[in Arabic]

Campbell, J.B., Wynne, R.H. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. 5th edition. New York: Guilford Press.

Congalton, R.G., Green, K. (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. 2nd edition. USA: CRC press.

El Khouly, A.A., Almusa, K.N., and Alfaj, Y.A. (2004). Altaqyim albiyiyi litadahuwur 'ashjar masadaat alziraeat bimutnazih al'ahsa' alwatanii 'Environmental assessment of the deterioration of the fender trees in Al-Ahsa National Park'. In: *The International Conference on Dry Water and Environmental Resources, King Saud University*, Riyadh, Saudi Arabia, 05-08/12/2004. [in Arabic]

Ghoneim, E. and El-Baz, F. (2007). The application of radar topographic data to mapping of a mega-paleodrainage in the Eastern Sahara. *Journal of Arid Environments*, **69**(4), 658–75. doi:10.1016/j.jaridenv.2006.11.018.

Ghoneim, E., Robinson, C. and El-Baz, F. (2007). Radar topography data reveal drainage relics in the eastern Sahara. *International Journal of Remote Sensing*, **28**(8), 1759-1772. Doi: 10.1080/01431160600639727

Hidore, J. J. and Albokhair, Y. (1982). Sand encroachment in Al-Hasa Oasis, Saudi Arabia. *Geographical Review*, **72**(3), 350–6.

Lunetta, R. S. and Lyon, J. G. (2004). *Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment*. After Accuracy Assessment. USA: CRC Press.

Ministry of Agriculture. (1963). *Altaqrir Alsanawiu Lizahaf Alramal 'Sand Movement Annual Report'*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Ministry of Agriculture. [in Arabic]

Ministry of Agriculture. (1985). *Muntazih Al'ahsa' Alwatani: Almawaqie Alaistithmariatu 'Al-Ahsa National Park: Investment Sites'*. Al Ahsa, Saudi Arabia: Ministry of Agriculture. [in Arabic]

Rao, D.P. (2002). Remote sensing application in geomorphology. *Tropical ecology*, **43**(1), 49–59.

Salih, A. (2018). Classification and mapping of land cover types and attributes in Al-Ahsaa oasis, Eastern Region, Saudi Arabia using landsat-7 data. *J Remote Sensing and GIS*, **n/a**(7), n/a. Doi: 10.4172/2469-4134.1000228

Salim, E. (1984). Ahamiyat al'ahzimat alwaqiat fi mukafahat altasahur 'The importance of protective belts in combating desertification'. *Journal of Desertification*, **2**(n/a), 56–59. [in Arabic]

Shaath, B.A. (1989). Dirasat tathir zahf alramal ealaa almanatiq altarfihiat fi wahat al'ahsa 'Study the effect of sand creep on recreational areas in Al-Ahsa oasis'. In: *Desert Studies Workshop, Desert Studies Center,* King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia. [in Arabic]

Sharif, A.S. (2009). *Jughrafiat Almamlakat Alearabiat Alsaeudiata* 'Geography of the Kingdom of Saudi Arabia'. Riyadh, Saudi Arabia: Mars Publishing House. [in Arabic]