



تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤ في

محمية الملك خالد الملكية باستخدام الاستشعار عن بعد

Analysis of vegetation cover between 2018 and 2024 in the King
Khalid Royal Reserve using remote sensing

إعداد

د. وداد حمدان الروقي

Wedad Hammdan ALRuqi

أستاذ مساعد في تطبيقات الاستشعار عن بعد في البيئة - قسم الجغرافيا / كلية اللغات
والعلوم الإنسانية / جامعة القصيم

Doi: 10.21608/jasg.2025.443046

استلام البحث: ٢٠٢٥ / ٥ / ٢

قبول النشر: ٢٠٢٥ / ٦ / ٢٢

الروقي، وداد حمدان (٢٠٢٥). تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤ في محمية الملك خالد الملكية باستخدام الاستشعار عن بعد. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨ (٢٤)، ١٣٩ - ١٦٤.

<https://jasg.journals.ekb.eg>

تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤ في محمية الملك خالد الملكية باستخدام الاستشعار عن بعد

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل التغيرات في الغطاء النباتي داخل محمية الملك خالد الملكية خلال الفترة من 2018 إلى 2024، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد. تم الاعتماد على مؤشري الفرق النباتي الطبيعي (NDVI) والفرق الطبيعي للرطوبة (NDMI) لرصد التغيرات البيئية. وكشفت النتائج عن زيادة مساحة الغطاء النباتي من 76.74 كم² (6.77%) في عام 2018 إلى 213.90 كم² (18.86%) في عام 2024؛ مما يشير إلى تحسن في التغطية النباتية، رغم تسجيل انخفاض طفيف في القيم العظمى لمؤشر NDVI من 0.29 في 2018 إلى 0.19 في 2024. كما أظهرت الدراسة تراجعاً في مؤشر NDMI، حيث انخفض الحد الأعلى من 0.149 في 2018 إلى 0.071 في 2024؛ مما يعكس انخفاضاً في مستويات رطوبة التربة نتيجة العوامل المناخية. أما فيما يتعلق بمناطق التدهور والنمو، فقد بلغت مساحة المناطق التي شهدت نمواً نباتياً جديداً 147.17 كم²، أي ما يعادل 12.98% من إجمالي مساحة المحمية، بينما سجلت مناطق التدهور 10.07 كم²، بنسبة 0.88%؛ ما يشير إلى أن المحمية شهدت تحسناً عاماً في الغطاء النباتي. كما تم رصد علاقة ارتباط قوية بين مؤشري NDVI و NDMI، حيث بلغت قيمة معامل التحديد 0.99 في 2018 و 0.97 في 2024؛ مما يعكس الترابط الوثيق بين كثافة الغطاء النباتي ومستويات الرطوبة. وتوصي الدراسة بضرورة تعزيز استراتيجيات الاستدامة البيئية، مثل التشجير باستخدام نباتات مقاومة للجفاف، وتطبيق تقنيات متقدمة للاستشعار عن بعد لمتابعة التغيرات البيئية المستقبلية بدقة.

الكلمات المفتاحية: الاستشعار عن بعد. NDVI، NDMI، محمية الملك خالد، تدهور، التغيرات البيئية.

Abstract:

This study aims to analyze vegetation cover changes within King Khalid Royal Reserve from 2018 to 2024 using remote sensing. The study employs the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Moisture Index (NDMI) to monitor environmental changes. The results reveal an increase in vegetation cover area from 76.74 km² (6.77%) in 2018 to 213.90 km² (18.86%) in 2024, indicating an overall improvement despite a slight decline in the maximum NDVI values from 0.29 in 2018 to 0.19 in 2024. Additionally, the NDMI index recorded a decrease in its upper



limit from 0.149 in 2018 to 0.071 in 2024, reflecting a decline in soil moisture levels due to climatic factors. Regarding vegetation degradation and expansion, newly grown vegetation covered an area of 147.17 km², accounting for 12.98% of the total reserve area, while degraded vegetation areas measured 10.07 km², representing 0.88%, indicating an overall positive trend in vegetation cover. A strong correlation was observed between NDVI and NDMI, with a coefficient of determination (R^2) of 0.99 in 2018 and 0.97 in 2024, highlighting the relationship between vegetation density and moisture levels. The study recommends adopting sustainable environmental strategies, such as afforestation with drought-resistant plant species, and utilizing advanced remote sensing techniques for precise monitoring of future environmental changes.

Keywords: Remote Sensing, NDMI, NDVI, King Khalid Royal Reserve, Degradation, Environmental Changes.

١. المقدمة

تعد مراقبة الغطاء النباتي من القضايا البيئية المهمة؛ نظرًا لدوره الأساسي في الحفاظ على التوازن البيئي والتنوع الحيوي. وتتيح تقنيات الاستشعار عن بعد أدوات متقدمة لتحليل التغيرات في الغطاء النباتي بمرور الزمن، كمؤشر الفرق النباتي الطبيعي (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)، الذي يعتمد على تحليل الصور الفضائية لتحديد كثافة ونشاط الغطاء النباتي. من خلال تطبيق هذا المؤشر على محمية الملك خالد، ستوفر الدراسة بيانات موضوعية حول ديناميكيات الغطاء النباتي باستخدام بيانات الأقمار الصناعية وعمليات التصنيف الطيفي؛ وذلك لتحديد أنماط التغير المكاني والزمني للغطاء النباتي داخل المحمية منذ بداية إنشائها عام 2018 وحتى عام 2024؛ مما يساعد على وضع استراتيجيات للحفاظ على البيئة.

٢. أهمية الدراسة

١. تعكس هذه الدراسة أهمية استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد التغيرات البيئية؛ مما يساهم في وضع استراتيجيات مستدامة لمكافحة التصحر والمحافظة على الموارد الطبيعية.

٢. توفير بيانات علمية دقيقة تدعم التخطيط والإدارة المستدامة للمحميات الطبيعية.



٣. مشكلة الدراسة

تعاني العديد من المناطق المحمية، بما في ذلك محمية الملك خالد، من تغيرات في الغطاء النباتي نتيجة العوامل البيئية، هذا التغير يهدد استدامة المحمية ويؤثر سلبيًا على تنوعها البيولوجي. ولا تزال هناك حاجة إلى دراسات أكثر تفصيلاً لفهم نطاق هذه التغيرات وأسبابها. لذلك، يسعى البحث إلى الإجابة عن الأسئلة التالية:

- كيف يمكن استخدام بيانات الاستشعار عن بعد لمراقبة تغيرات الغطاء النباتي في محمية الملك خالد؟

- ما مدى التغيرات التي حدثت في الغطاء النباتي خلال الفترة الزمنية المشمولة بالدراسة (2018-2024)؟

- ما الدلالة الإحصائية للعلاقة الارتباطية بين مؤشري NDVI و NDMI؟

٤. أهداف الدراسة

١. حساب كثافة الغطاء النباتي لمحمية الملك خالد للفترة ما بين 2018-2024 باستخدام NDVI.

٢. تحليل التغيرات الزمنية والمكانية في الغطاء النباتي داخل محمية الملك خالد.

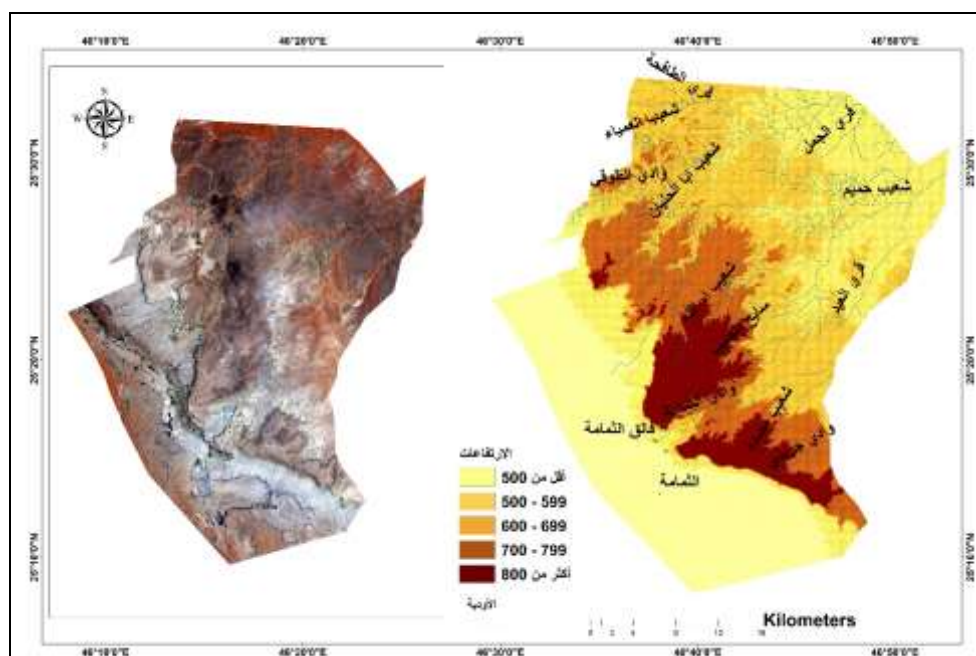
٣. تصنيف الغطاء النباتي إلى فئات محددة بناءً على كثافته.

٤. استخراج قيم مؤشر NDMI لتحليل مستويات المياه داخل النباتات.

٥. تقييم العلاقة الارتباطية بين التغيرات في NDVI و NDMI.

٥. منطقة الدراسة:

تقع محمية الملك خالد الملكية إلى الشمال الشرقي من العاصمة الرياض على بعد ٨٠ كم تقريباً، ضمن تكوين العرمة الرسوبي بمرتفعاته المتفاوتة، حيث يبلغ أعلى ارتفاع للمحمية عند ارتفاع ٨١١ م عن مستوى سطح البحر (شكل 1)، وبالرغم من صغر مساحتها البالغة (١١٦٠ كم^٢) إلا أنها تتميز بتنوع جيومورفولوجيتها؛ حيث هضبة العرمة الملقبة ببنت طويق نظراً لتشابهها المورفولوجي مع جبال طويق، وتنحدر نحو الشمالي الشرقي، وتعد مورداً للمياه الجوفية والسطحية (مجلة أرضنا، ٢٠٢٥)، وتخلدها العديد من الأودية والشعاب التي تنحدر صوب الشرق، كوادي الثمامة الذي ينبع من خشم الثمامة، متجهاً نحو الشمال الشرقي، ثم ينحدر شرقاً ليصل إلى حزم ضبع. بعد ذلك، ينحرف مساره باتجاه الشمال الشرقي حتى يصل إلى بلدة الغيلانة؛ حيث يُعرف هناك باسم وادي الغيلانة، قبل أن ينتهي مصبه في روضة خريم. يتميز الوادي باتساعه وطوله الكبير؛ ممّا يجعله واحداً من أكبر الأودية في هضبة العرمة، ويلعب دوراً مهماً في تصريف مياه الأمطار وجريان السيول في المنطقة، كما تحوي المحمية واحد من أجمل التكوينات الجيومورفولوجية وهو فائق الثمامة، الذي يمثل مجموعة من الشقوق الصخرية العميقة بتجويفات وتشكيلات صخرية باطنها رمال بيضاء. (<https://www.iarda.gov.sa>)

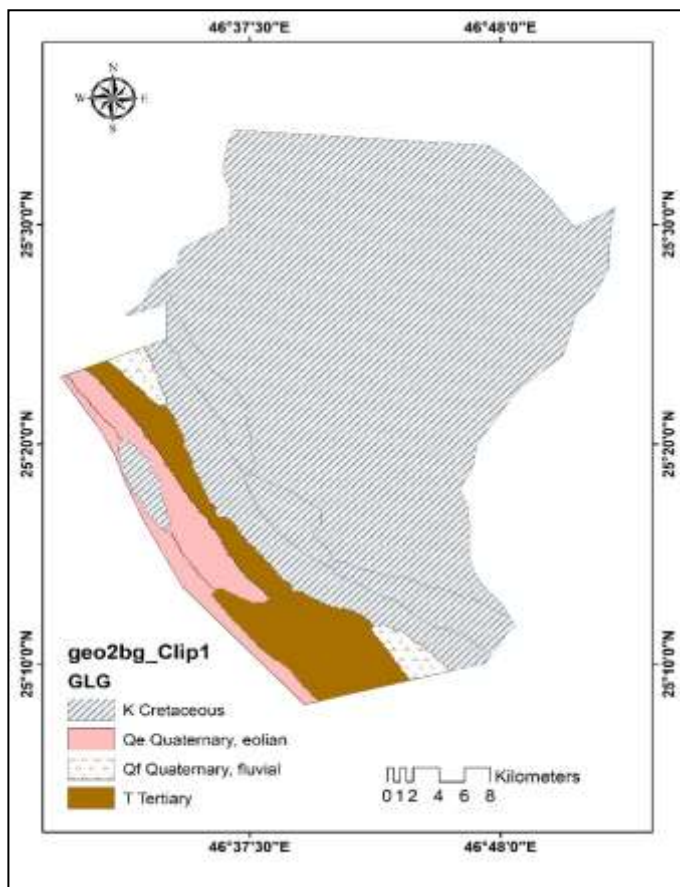


شكل 1: طبوغرافية محمية الملك خالد الملكية

المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على نموذج SRTM ومرئية Landsat 9

اعتماداً على الخريطة الجيولوجية (شكل 2) الصادرة من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية، يمكن تصنيف التكوينات الجيولوجية في المحمية إلى أربعة أنواع رئيسية: التكوين الرسوبي (K) والذي يغطي معظم مساحة المحمية، ويشير إلى بيئة ترسيب قديمة كانت جزءاً من بحر داخلي أو بيئة قارية جافة لفترة طويلة. يتكون من الحجر الجيري والدولوميت. وذو طبيعة مسامية، ويمكن أن يدعم تكوين التربة المناسبة للنباتات الصحراوية، كذلك تمتد الرواسب اللاحقة (Qe) بشكل طولي غرب المحمية حيث نفوذ الثمامة، بينما يمتد التكوين الفيضي (Qf) في أجزاء صغيرة شمال وجنوب المحمية، حيث يتكون من رواسب أكثر خشونة، مثل الحصى والرمل، والتي ترسبت بسبب الفيضانات القديمة، ويتميز بخصائص جيولوجية غير مستقرة نسبياً، حيث يمكن أن يتغير بفعل الرياح أو التدفقات المائية الموسمية، كما يمكن أن يكون هذا التكوين مؤشراً على مناطق منخفضة قد تحتوي على احتياطات صغيرة من المياه الجوفية. كما يتواجد التكوين الصخري القديم (T) بشكل طولي في المحمية، خاصة في الجنوب الغربي، ويشير إلى وجود صخور قديمة، نارية أو متحولة أو صخور رملية صلبة. هذه التكوينات أقل عرضة

للتعرية مقارنةً بالتكوينات الرملية، وغالبًا ما تشكل مرتفعات أو هضاب صغيرة داخل المحمية. بسبب صلابتها، قد لا تكون هذه المناطق غنية بالمياه الجوفية، لكنها توفر بيئات مناسبة لبعض الأنواع النباتية المتكيفة مع الظروف الجافة.

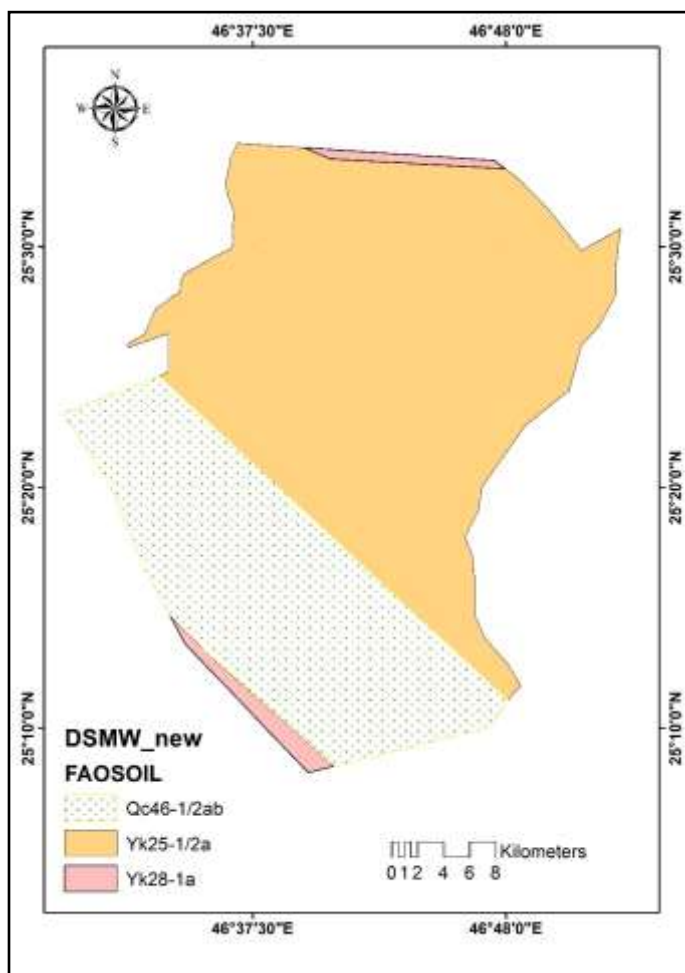


شكل 2: جيولوجية محمية الملك خالد الملكية

المصدر: من إنجاز الباحثة بالاعتماد على الخريطة الرقمية لهيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية.

تم تصنيف التربة في منطقة الدراسة باستخدام نظام تصنيف التربة العالمي (FAO) على النحو التالي: تنتشر تربة Qc46-1/2ab (Acrisols) الحامضية، في المنطقة الجنوبية والغربية، وهي تربة معرضة للتآكل بسبب نقص العناصر المغذية. بينما

تظهر تربة (Yk25-1/2a) الصحراوية في غالبية أجزاء المحمية، وهي تربة منخفضة الخصوبة. وتتركز تربة (Yk28-1a) في مناطق صغيرة أقصى الجنوب والشمال؛ ممّا يدل على وجود تربة خصبة يمكن أن تكون أكثر ملائمة للزراعة. (شكل3).



شكل3: تربة محمية الملك خالد الملكية
المصدر: من إنجاز الباحثة بالاعتماد على موقع تصنيف التربة العالمي (FAO)

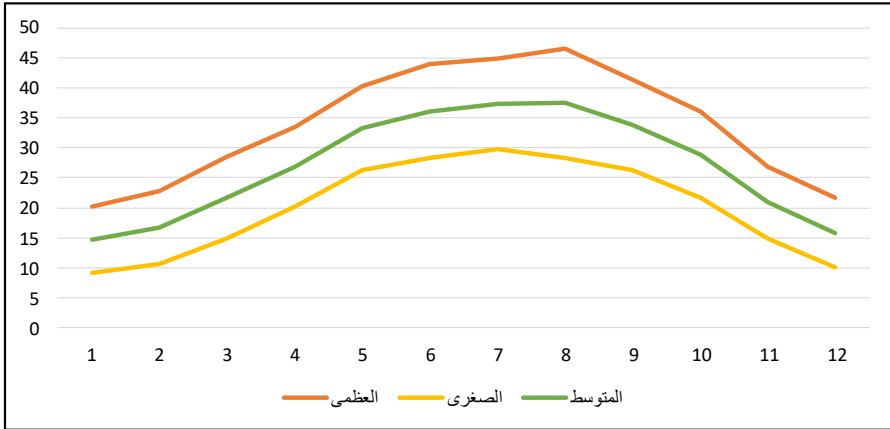
تم تحليل البيانات المناخية لدرجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسط الشهري وذلك من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٣ المبينة في الجدول (١) بالاستناد إلى TerraClimate ؛ حيث يتضح من البيانات أن المناخ يتسم بصيف حار طويل يمتد من مايو إلى سبتمبر، وتتجاوز درجات الحرارة العظمى الأربعين درجة مئوية، إذ تصل إلى ذروتها في أغسطس عند ٤٦.٥ درجة مئوية، مع تراجع التباين الحراري بين الليل والنهار بسبب ارتفاع درجات الحرارة الصغرى، هذه الظروف تؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر بشكل كبير؛ ممّا يحد من قدرة النباتات على الاحتفاظ بالمياه كما أن درجات الحرارة المرتفعة قد تسبب إجهاداً حرارياً للنباتات. أما الشتاء فيكون معتدلاً إلى بارد ؛ حيث تنخفض درجات الحرارة الصغرى إلى أقل من ١٠ م° في يناير وديسمبر، إذ تسجل أدنى مستوياتها عند ٩.٢ م°، هذه الظروف قد تكون مناسبة لبعض النباتات الموسمية التي تستغل اعتدال درجات الحرارة وزيادة الرطوبة النسبية في هذه الفترة، لكن مع استمرار الانخفاض قد تتأثر بعض الأنواع الحساسة للبرودة خاصة تلك التي تعتمد على درجات حرارة معتدلة للنمو.

جدول 1: درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط الشهري (م°) للفترة ٢٠٠٠-٢٠٢٣ في المحمية

الشهر	درجات الحرارة الصغرى	درجات الحرارة القصوى	المتوسط الشهري
1	9.20	20.29	14.7
2	10.73	22.8	16.76
3	14.85	28.44	21.64
4	20.12	33.44	26.77
5	26.31	40.34	33.32
6	28.35	43.86	36.11
7	29.69	44.93	37.31
8	28.35	46.48	37.41
9	26.23	41.45	33.84
10	21.65	36.03	28.84
11	14.90	26.81	20.84
12	10.07	21.62	15.85

ويُظهر الرسم البياني في الشكل (4) نمطاً موسمياً واضحاً لدرجات الحرارة حيث تبدأ جميع القيم بالارتفاع التدريجي من يناير حتى تصل إلى ذروتها في يوليو وأغسطس ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي حتى ديسمبر. تسجل درجات الحرارة العظمى أدنى قيمة لها في يناير بحوالي ٩ م°، ثم ترتفع تدريجياً لتصل إلى أقصى قيمة في أغسطس عند ٤٦ م° قبل أن تبدأ في الانخفاض مرة أخرى. درجات الحرارة الصغرى تتبع نمطاً مشابهاً حيث تكون في أدنى مستوياتها في يناير عند ٩ م° ثم ترتفع تدريجياً حتى تبلغ ذروتها في يوليو وأغسطس عند

٢٩ م° قبل أن تنخفض تدريجيًا نحو ديسمبر. درجات الحرارة المتوسطة تعكس الاتجاه العام حيث تبدأ منخفضة في يناير عند ١٤.٧ م°، ثم ترتفع تدريجيًا حتى تصل إلى أقصى قيمة في يوليو وأغسطس عند حوالي ٣٧ م° ثم تنخفض مجددًا مع نهاية العام. الفرق بين درجات الحرارة العظمى والصغرى يكون أكبر خلال الشتاء حيث يتجاوز ١٠ م° بينما يقل في الصيف بسبب ارتفاع كلا من العظمى والصغرى مما يعكس استقرارًا حراريًا نسبيًا خلال أشهر الصيف.



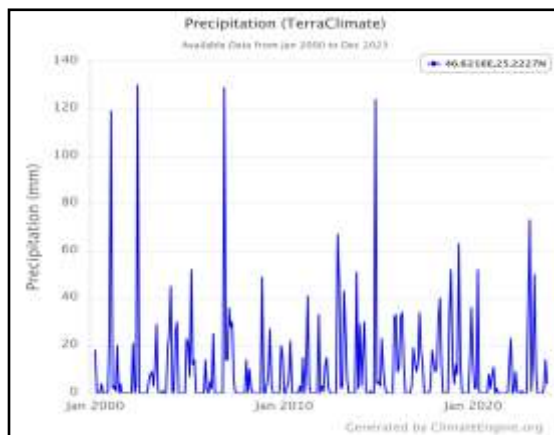
شكل 4: رسم بياني يوضح منحنيات درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط الشهري (م°) للفترة ٢٠٢٣-٢٠٠٠ في المحمية

المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على القيم الصادرة من TerraClimate
كما تم تحليل البيانات المناخية لهطول الأمطار من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٣ المبينة في الجدول (٢) بالاستناد إلى TerraClimate، والتي أظهرت أن فصل الربيع هو الأكثر غزارة في الأمطار، حيث بلغ إجمالي الهطول 47.9 ملم، بمتوسط شهري 15.97 ملم. ويمثل الخريف بداية النشاط المطري، لكنه لا يصل إلى المستويات المرتفعة التي تُسجل في الربيع بمعدل هطول بلغ ٣٦,٦ ملم، ويأتي الشتاء في المرتبة الثالثة من حيث الهطول بحوالي ٣٣.٦ ملم، بينما يعد فصل الصيف الفترة الأكثر جفافًا خلال السنة، حيث بلغ إجمالي الهطول المطري 6.60 ملم، كما لم يتم تسجيل أي هطول في بعض الأشهر.
كما يُظهر الرسم البياني (شكل 5) بيانات الهطول المطري (ملم) للمحمية خلال الفترة الممتدة من يناير ٢٠٠٠ إلى ديسمبر ٢٠٢٣، يتضح من التحليل أن هناك تذبذبًا واضحًا في معدلات الهطول المطري؛ حيث شهدت بعض الفترات كميات هطول مرتفعة تجاوزت ١٢٠ ملم،

بينما كانت الفترات الأخرى شبه جافة مع هطول قليل جداً. ويعكس هذا التباين الحاد طبيعة الأمطار غير المنتظمة في المناطق الجافة وشبه الجافة. وعند تحليل الاتجاهات الزمنية للهطول المطري، يمكن ملاحظة أن الفترات الأولى من السجل المناخي، وخصوصاً بين عامي ٢٠٠٠ و ٢٠١٠، شهدت ذروات مطرية مرتفعة، بينما يظهر هناك انخفاضاً تدريجياً في قيم الذروة خلال السنوات الأخيرة.

جدول 2: كمية المطر الشهري (مم) للفترة ٢٠٠٠ – ٢٠٢٣ في المحمية

الشهر	متوسط المطر (مم)
1	13.8
2	7.16
3	13.58
4	28.30
5	6.04
6	0
7	0
8	0.12
9	0
10	2.79
11	33.83
12	12.58



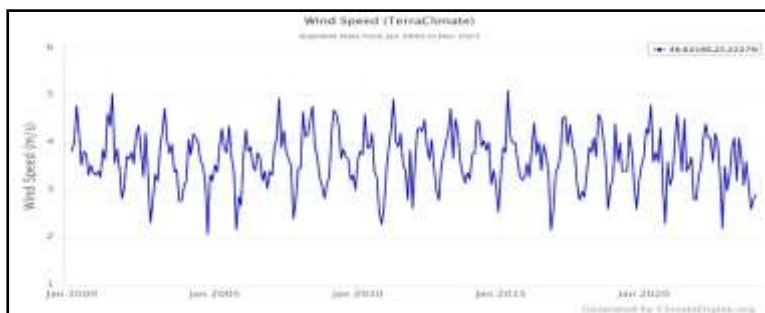
شكل 5: رسم بياني يوضح كمية المطر الشهري ملم للفترة ٢٠٠٠ – ٢٠٢٣ في المحمية
المصدر: TerraClimate

ويتضح من خلال (جدول 3) سرعة الرياح الشهرية المستمدة من بيانات TerraClimate للفترة الممتدة بين يناير ٢٠٠٠ وديسمبر ٢٠٢٣ في المحمية، أن أشهر الربيع تتمتع بأعلى متوسط لسرعة الرياح، بينما يسجل فصل الخريف أدنى متوسط. حيث بلغت سرعة الرياح في أشهر الربيع ١٢,٤ م/ث، بينما في أشهر الخريف بلغت ٩,١ م/ث، في حين نجد أن سرعة الرياح في أشهر الشتاء بلغت ١٠,٦ م/ث، بينما في أشهر الصيف كانت ١١,٦ م/ث.

جدول 3: سرعة الرياح الشهرية م/ث للفترة ٢٠٠٠-٢٠٢٣ في المحمية

الشهر	سرعة الرياح م/ث
1	3.51
2	3.97
3	4.15
4	4.32
5	3.96
6	4.01
7	3.87
8	3.74
9	3.34
10	2.74
11	3.05
12	3.16

كما يُظهر الرسم البياني (شكل 6) سرعة الرياح الشهرية المستمدة من بيانات TerraClimate للفترة الممتدة بين يناير ٢٠٠٠ وديسمبر ٢٠٢٣ في المحمية. إذ تُشير البيانات إلى تذبذب واضح في سرعة الرياح عبر الزمن حيث تتراوح القيم بين حوالي ٢ م/ث كحد أدنى إلى ما يقارب ٥ م/ث كحد أقصى. يتضح من الاتجاه العام أن هناك استقراراً نسبياً في متوسط سرعة الرياح مع وجود بعض الفترات التي شهدت انخفاضاً أو ارتفاعاً ملحوظاً في سرعات الرياح. ويشير التذبذب الدوري في البيانات إلى تأثير العوامل المناخية الموسمية التي قد تكون مرتبطة بأنظمة الضغط الجوي وأنماط الرياح الإقليمية. كما يمكن ملاحظة أن سرعة الرياح لم تشهد اتجاهاً تصاعدياً أو تنازلياً واضحاً على مدار أكثر من عقدين مما يدل على ثبات نسبي في النظام المناخي فيما يتعلق بالرياح في هذه المنطقة.



شكل 6: رسم بياني يوضح سرعة الرياح الشهرية م/ث للفترة ٢٠٢٣-٢٠٠٠ في المحمية

المصدر: TerraClimate

٦. الإجراءات المنهجية للدراسة وأدواتها

٦.١ منهجية الدراسة

- منهج التحليل المكاني: لتحليل التغيرات في الغطاء النباتي اعتمادًا على البيانات المستخرجة.

- المنهج التاريخي: لتتبع التغيرات في التغطية النباتية بين عامي (٢٠١٨-٢٠٢٤).

٦.٢ أدوات الدراسة

٦.٢.١ صور الأقمار الصناعية:

بيانات فضائية متمثلة في مرئيات القمرين (٩-٨ Landsat) كما في الجدول (٤) وتم مراعاة تقارب الأشهر لكلا العامين، حيث تم اختيار شهري الصيف ٧ و٨ .

جدول 4: البيانات الفضائية المستخدمة في الدراسة

القمر	التاريخ	البيانات المتاحة
Landsat-8	10/7/2018	صور متعددة الأطياف (OLI/TIRS)
Landsat-9	19/8/2024	صور متعددة الأطياف (OLI-2/TIRS-)

(2)

٦.٢.٢ برنامج نظم المعلومات الجغرافية: (ArcGIS Pro)

- معالجة البيانات:

- تم تطبيق التصحيح الإشعاعي على الصور لتحسين دقة البيانات وتقليل تأثير الضوضاء البيئية.

- حساب مؤشر NDVI باستخدام المعادلة:

(Bhattacharya, et al. 2021) $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$

حيث تمثل NIR الأشعة تحت الحمراء القريبة، و RED الانعكاسية في الطيف الأحمر لمستشعرات لاندسات.



حساب مؤشر الاختلاف الطبيعي للرطوبة (NDMI) Normalized Difference Moisture Index

وذلك لتقييم صحة الغطاء النباتي ومراقبة مستويات المياه داخل النباتات، وهو يعتمد على الفرق بين الأطياف في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (NIR) والأشعة تحت الحمراء القصيرة (SWIR) لقياس محتوى المياه داخل النباتات.

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (Halder, et al. 2021)$$

- أدوات التحليل المكاني:

تم كشف التغير في التغطية النباتية من خلال أسلوبين:

- بعد حساب (NDVI) تم إعادة التصنيف (Reclassification)، وتحويل البيانات إلى (polygon)، ومن ثم استخدام أداة اتحاد الطبقات (Union) للعامين (٢٠١٨ - ٢٠٢٤).

- استخدام أداة استكشاف التغير change Detection.

٧. الدراسات السابقة

نظرًا لأهمية المحميات الطبيعية في الحفاظ على التنوع البيئي ومكافحة التصحر، تزايدت الحاجة إلى دراستها باستخدام تقنيات حديثة مثل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. تلعب هذه الأدوات دورًا محوريًا في فهم التغيرات البيئية التي تتعرض لها المحميات؛ مما يساهم في تحسين إدارتها وحمايتها من التدهور. وقد تناولت العديد من الدراسات السابقة تحليل الغطاء النباتي في المناطق المحمية وغيرها من المناطق، مع التركيز على أهمية استخدام المؤشرات الطيفية وعليه، فإن البحث في هذا المجال يظل ضروريًا لتطوير استراتيجيات بيئية أكثر كفاءة، وهو ما تسعى إليه هذه الدراسة في محمية الملك خالد من خلال تحليل ديناميكيات الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤.

دراسة (Halder et al., 2021) لتقييم الجفاف باستخدام مؤشرات متعددة في حوض نهر شيلاباتي في البنغال، تم تصنيف الجفاف إلى أربعة أنواع رئيسية: الجفاف المناخي، الجفاف الهيدرولوجي، الجفاف الزراعي، والجفاف الاجتماعي-الاقتصادي، ويحدث نتيجة عوامل طبيعية أو بشرية مثل التغيرات المناخية وإزالة الغابات. استخدمت الدراسة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل الجفاف، من خلال تطبيق عدة مؤشرات، مثل مؤشر الفرق النباتي الطبيعي (NDVI)، ومؤشر الفرق الطبيعي للرطوبة (NDMI)، ومؤشر الجفاف القياسي (SPI)، إضافة إلى تحليل بيانات هطول الأمطار، درجة حرارة سطح الأرض، ومستويات المياه الجوفية. كشفت النتائج أن الجفاف أصبح أكثر حدة وتكرارًا بسبب تغير المناخ والاستخدام غير المستدام للموارد المائية. كما أظهرت العلاقة بين NDVI و NDMI وجود ارتباط قوي بين رطوبة التربة وصحة الغطاء النباتي. أشارت البيانات إلى أن المناطق ذات القيم المنخفضة لمؤشرات الرطوبة تعاني من ظروف

جفاف أكثر حدة؛ مما يتطلب استراتيجيات مستدامة للتخفيف من آثاره. توصي الدراسة باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد لمراقبة الجفاف بفعالية، وتعزيز برامج إعادة التشجير وإدارة الموارد المائية، واتخاذ تدابير وقائية لمواجهة آثار الجفاف على المجتمعات المتأثرة. دراسة (Hartoyo et al., 2021) لتحليل الغطاء النباتي في محمية ليزر البيئية في سومطرة، إندونيسيا، من خلال استخدام مؤشر الفرق الطبيعي للغطاء النباتي (NDVI)، بهدف تقييم التغيرات البيئية المرتبطة بالأنشطة البشرية، مثل إزالة الغابات والتوسع الزراعي وإنشاء البنية التحتية. اعتمد الباحثون على صور الأقمار الصناعية من Landsat 8 لحساب قيم NDVI وتصنيف الغطاء النباتي إلى خمس فئات تتراوح بين المناطق غير النباتية والغابات الكثيفة. تم تحليل البيانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد أنماط التغير في الكثافة النباتية، وبلغت دقة النتائج ٨٣.٣٣%؛ مما يعكس موثوقية التصنيف المستخدم في الدراسة. أظهرت النتائج أن غالبية منطقة ليزر البيئية تحتوي على غطاء نباتي كثيف بنسبة ٧٠.٩١%؛ مما يشير إلى استدامة النظام البيئي في معظم أجزائها. ومع ذلك، كشفت الدراسة عن تأثير إزالة الغابات الناتج عن زراعة زيت النخيل، حيث ساهم هذا النشاط في تدهور بعض المناطق البيئية وتقليل الغطاء النباتي في أجزاء معينة من المنطقة. كما أوضحت الدراسة أن أنظمة الحراثة الزراعية في المنطقة لم تُظهر نمط المنحنى العكسي؛ مما يدل على الحاجة إلى تعزيز التنوع النباتي عبر زراعة أنواع محلية ذات قيمة بيئية واقتصادية. كما خلصت الدراسة إلى أن المحمية لا تزال تلعب دوراً حيوياً في الحفاظ على الغطاء النباتي والتنوع البيولوجي، إلا أن الأنشطة البشرية، ولا سيما زراعة زيت النخيل، تشكل تهديداً لهذا التوازن البيئي. وأكد الباحثون ضرورة تكثيف الجهود الرامية إلى إعادة التحريج وتحسين الإدارة البيئية، مع التركيز على إشراك المجتمعات المحلية في استراتيجيات الحفاظ على الغابات لضمان استدامة الموارد الطبيعية على المدى الطويل. كما أوصت الدراسة بضرورة استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد بشكل دوري لمراقبة التغيرات البيئية واتخاذ قرارات مستندة إلى بيانات دقيقة بهدف الحد من التأثيرات السلبية على النظام البيئي في المنطقة.

دراسة (باحمدان، ٢٠٢٢) حول مراقبة تغير المساحات الزراعية في منطقة القصيم باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية خلال الفترة من 1973 إلى 2020 تهدف الدراسة إلى تحليل التغيرات في المساحات الزراعية، وتحديد العوامل الطبيعية والبشرية المؤثرة عليها، باستخدام صور الأقمار الصناعية من سلسلة Landsat، والخرائط الطبوغرافية وخرائط التربة والطبقات المائية. اعتمدت الدراسة على طرق تصنيف متعددة، منها تصنيف الفئة الواحدة، مؤشر NDVI، ومؤشر SAVI، وخلصت إلى أن منطقة القصيم شهدت توسعاً ونقصاً متعاقباً في المساحات الزراعية على مدار الفترات الزمنية المحددة، حيث حدث توسع كبير في المساحات الزراعية خلال الفترتين الأولى والثانية

(١٩٧٣-١٩٩٠) نتيجة دعم الحكومة للزراعة، كما توصل إلى انخفاض المساحات الزراعية في الفترات اللاحقة (١٩٩٥-٢٠٠٦) بسبب ترشيد استهلاك المياه وتغير السياسات الزراعية، بعد ذلك عودة التوسع في المساحات الزراعية خلال الفترات (٢٠١٠-٢٠١٥) نتيجة تعزيز الاستثمار في الري الحديث. ومن ثم تراجعت المساحات الزراعية في الفترة الأخيرة (٢٠١٥-٢٠٢٠) بسبب السياسات البيئية وترشيد استهلاك الموارد المائية. وأوصت الدراسة بأهمية استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في مراقبة التغيرات الزراعية، وضرورة إجراء دراسات دورية لتحديث البيانات الزراعية وتعزيز استخدام تقنيات الري الحديثة للحفاظ على الموارد المائية.

دراسة (الشهري، ٢٠٢٣) عن التحليل المكاني للغطاء النباتي في المملكة العربية السعودية باستخدام مؤشر NDVI ، مع التركيز على منطقتي عسير والباحة كنموذج. استخدمت الدراسة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التغيرات في الغطاء النباتي خلال الفترة 1985-2016، بالاعتماد على صور الأقمار الصناعية Landsat TM و Landsat 8 ، وتوصلت الباحثة إلى انخفاض المساحات الخضراء في ٩ من أصل ١٣ منطقة بالمملكة، حيث تراجع الغطاء النباتي الطبيعي بنسبة 28% خلال فترة الدراسة، إضافة إلى زيادة الغطاء النباتي في أربع مناطق فقط، وهي جازان، عسير، مكة المكرمة، وتبوك، بسبب العوامل المناخية وبرامج التشجير ، و تدهور الغطاء النباتي بشدة في بعض المناطق مثل المنطقة الشرقية والرياض، بسبب الزحف العمراني والتغيرات البيئية ، و ارتفاع معدل النمو النباتي في منطقة جازان وعسير، بينما سجلت الرياض والمنطقة الشرقية أعلى معدلات التراجع في الغطاء النباتي. وأوصت الدراسة بإجراء مسح شامل للغطاء النباتي في المملكة للحفاظ على التنوع البيولوجي، ووضع خطط لتنظيم الرعي ومنع الاحتطاب للحفاظ على الغطاء النباتي. ورسم خرائط رقمية لمراقبة التغيرات في الغطاء النباتي بشكل دوري، وتعزيز برامج إعادة التشجير واستصلاح المناطق المتدهورة.

دراسة (الجصاني، ٢٠٢٣) بعنوان التحليل الجغرافي لتباين الغطاء النباتي القياسي وخصائصه في النصف للموسم الصيفي، تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات في الغطاء النباتي في استخدام (NDVI)، تم تقسيم الفترة الزمنية للدراسة إلى خمس دورات مناخية، وتم تتبع التغيرات في الغطاء النباتي عبر هذه الدورات باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وأظهرت الدراسة أن المنطقة تتجه نحو الجفاف، مع تراجع المساحات الخضراء لصالح المناطق الجافة. وكانت هناك اختلافات مكانية وزمانية واضحة في مؤشر الغطاء النباتي NDVI ، حيث تركزت أعلى كثافة للغطاء النباتي في الدورتين المناخيتين الثالثة والخامسة. بينما سجلت المناطق ذات الكثافة النباتية القليلة أعلى نسبة

انتشار. وأوصت ضرورة إنشاء محطات استشعار عن بعد لمراقبة التغيرات البيئية والغطاء النباتي بشكل أكثر دقة. وزيادة الوعي البيئي لدى المواطنين وتشجيعهم على الحفاظ على الغطاء النباتي.

ستستكمل هذه الدراسة ما سبقها من دراسات، وستقدم نموذجًا علميًا متكاملًا لتحليل التغيرات في الغطاء النباتي باستخدام NDVI ، مما يعزز فهم استراتيجيات إدارة المحميات الطبيعية ويسهم في تطوير سياسات فعالة للحفاظ على النظم البيئية في المناطق المهددة بالتدهور.

٨. التحليل والمناقشة

التغطية النباتية في محمية الملك خالد الملكية

يُعد مؤشر NDVI أداة علمية دقيقة لمراقبة وتحليل التغيرات الزمنية في الغطاء النباتي؛ مما يُسهم في تحسين إدارة الموارد الطبيعية. من خلال تطبيق هذا المؤشر على محمية الملك خالد، وفرت الدراسة بيانات موضوعية حول ديناميكيات الغطاء النباتي.

يتضح من خلال شكل (٧) أن قيم NDVI للمحمية في عام ٢٠١٨ قد تراوحت بين (٠,٢٩ - ٠,٠٠١)، وهي بشكل عام تعد قيميا ضعيفة. إذ تركز الأضعف منها (٠,٠٠٢ - ٠,٠٠٨) في القطاع الجنوب الغربي من المحمية، بينما ظهرت القيم المتوسطة (٠,٠٨ - ٠,٠٩) في أجزاء متبعثرة وسط المحمية، في حين نجد قيم المؤشر التي تراوحت بين (٠,٢٩ - ٠,٠٩) في القطاع الشمالي من المحمية. وبشكل عام نجد أن أعلى تغطية نباتية كانت في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية من المحمية، متوافقة مع شبكات الأودية، إضافة إلى امتداد التغطية في منتزهات الثمامة. وبلغت مساحة التغطية حوالي ٧٦,٧٤٢٤ كم^٢ بما نسبته ٦,٧٧% من المساحة الإجمالية للمحمية. (جدول ٥)

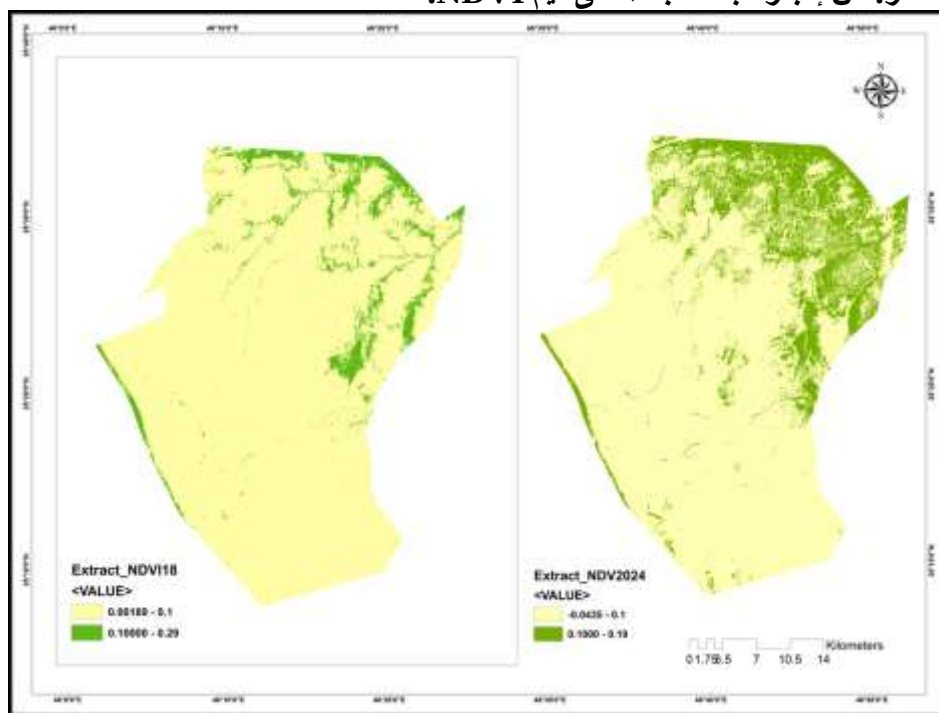
وبعد مرور ست سنوات نجد أن قيم مؤشر NDVI تراوحت في عام ٢٠٢٤ بين (٠,٢٠ - ٠,٠٤)، سجلت الأجزاء الغربية والممتدة من شمال المحمية إلى جنوبها القيم الأضعف والتي تراوحت بين (٠,٠٤ - ٠,٠٩)، بينما انتشرت القيم المتوسطة لمؤشر NDVI في أجزاء واسعة من المحمية بقيم متراوحة بين (٠,٠٨ - ٠,٠٩) بامتداد أوسع مما كانت عليه في عام ٢٠١٨، وسادت القيم الأعلى لهذا المؤشر في الأجزاء الشمالية الشرقية من المحمية وعلى حدها الغربي حيث منتزه الثمامة، بقيم متراوحة بين (٠,٠٩ - ٠,١٩). بشكل عام نجد أن التغطية النباتية في هذا العام امتدت إلى وسط المحمية، إضافة إلى انتشارها السابق منذ عام ٢٠١٨ في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي. وبلغت مساحة التغطية حوالي ٢١٣,٩٠٠ كم^٢ بما نسبته ١٨,٨٦% من المساحة الإجمالية للمحمية. ولكن بالرغم من ذلك نلاحظ أن القيم العظمى في عام ٢٠١٨ كانت 0.29 بينما في ٢٠٢٤ كانت 0.19؛ مما قد يشير إلى تراجع طفيف في كثافة الغطاء النباتي رغم انتشاره الجغرافي.

نستنتج من ذلك أن هناك تحسن عام في انتشار الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و٢٠٢٤، إذ زادت التغطية بنحو ١٣٧,١٦ كم^٢ في عام ٢٠٢٤ عما كانت عليه في عام ٢٠١٨. بالرغم من أن أعلى قيم NDVI في ٢٠٢٤ أقل من ٢٠١٨، إلا أن الانتشار الجغرافي للغطاء النباتي زاد مما قد يكون مؤشرًا إيجابيًا على نجاح التشجير والحماية من عمليات الرعي الجائر والاحتطاب.

جدول 5: مساحة التغطية النباتية داخل المحمية للفترة (٢٠١٨-٢٠٢٤)

العام	مساحة الغطاء النباتي (كم ^٢)	نسبته (%)
٢٠١٨	٧٦.٧٤٢٤	6.77
٢٠٢٤	٢١٣.٩٠٠	18.86

المصدر: من إنجاز الباحثة بناء على قيم NDVI.



شكل 7: التغطية النباتية بحسب مؤشر NDVI في المحمية خلال الفترة (٢٠١٨-٢٠٢٤)، الخارطة اليسار تمثل عام ٢٠١٨ والخارطة يمين تمثل عام ٢٠٢٤.

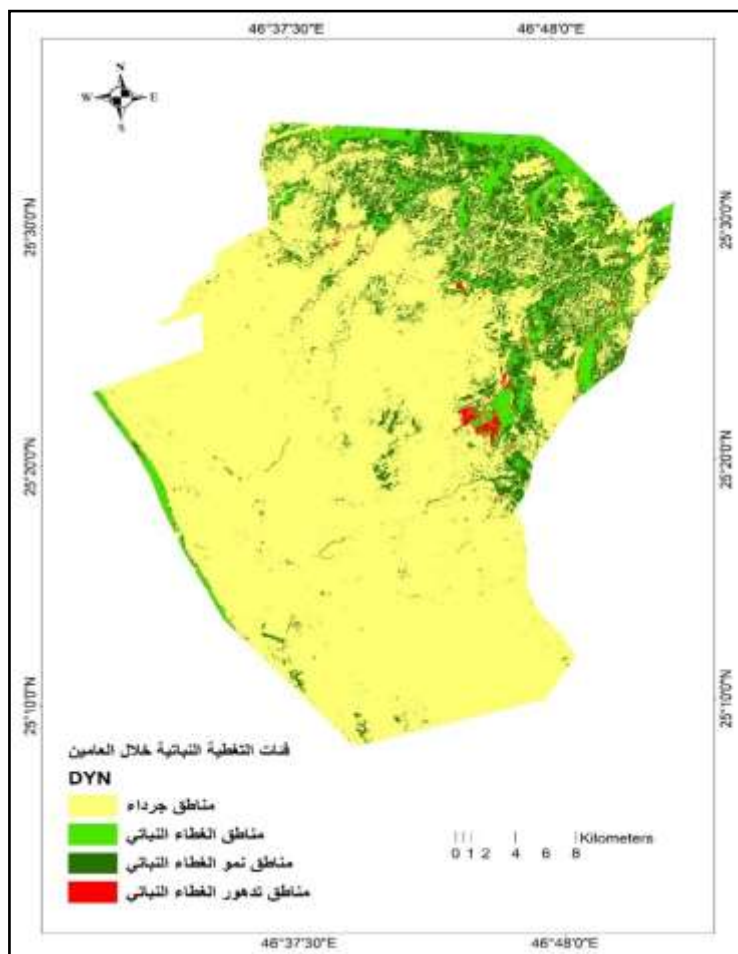
تحليل التغيرات في الغطاء النباتي للفترة (٢٠١٨-٢٠٢٤)

تم تصنيف المحمية إلى أربع فئات رئيسية وفقاً لتغطية الغطاء النباتي، حيث يشير الجدول (٦) و (الشكل ٨) إلى توزيع تغير الغطاء النباتي بالمحمية على النحو التالي:

جدول 6: مساحة تغيرات الغطاء النباتي داخل المحمية خلال (٢٠١٨ - ٢٠٢٤)

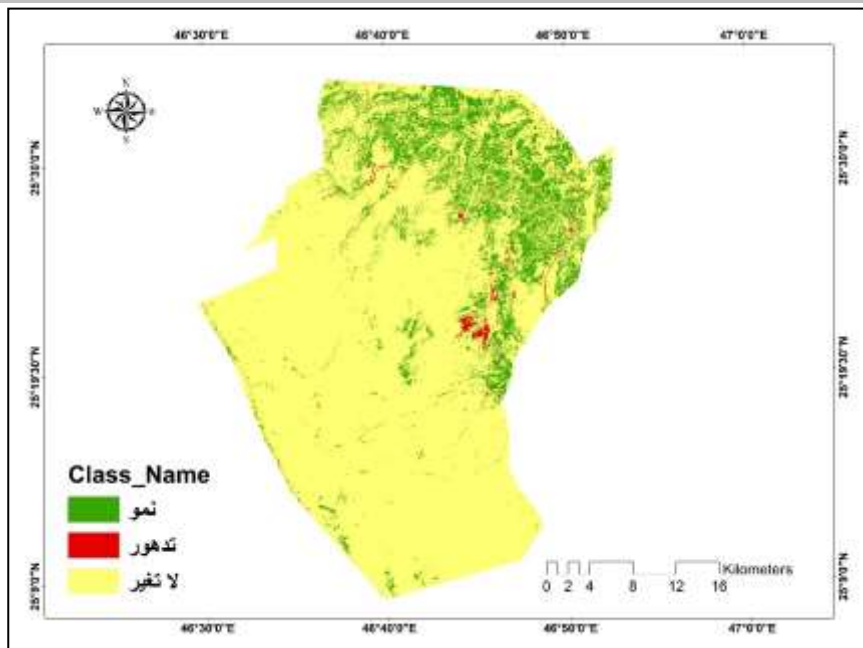
تغطية النبات	المساحة بالكم ^٢	النسبة (%)
مناطق جرداء	910.099998	80.258
غطاء نباتي	66.640195	5.8767
مناطق نمو	147.168189	12.978
مناطق تدهور	10.066513	0.8877
المجموع	1133.974895	100

- المناطق الجرداء: تشغل المساحة الأكبر بمقدار 910.1 كم^٢، وهي التي تفتقر إلى الغطاء النباتي، وتشكل ٨٠,٢٦ % من المساحة الإجمالية للمحمية. مثل هذه النسبة يعكس ما تواجهه المحمية من تحديات بيئية كونها تقع ضمن مناخ صحراوي.
- الغطاء النباتي: يمثل مناطق لم يحدث لها تغيير أوتدهور، بمساحة بلغت 66.64 كم^٢، وهو يشير إلى وجود مناطق صغيرة تحتفظ بخصائص بيئية داعمة للنباتات. وتركزت في الأجزاء الشمالية والشرقية من المنطقة.
- مناطق النمو: يلاحظ أن هناك مناطق حدث فيها نمو غطاء نباتي جديد خلال عام ٢٠٢٤ حيث تغطي مساحة 147.17 كم^٢، بما نسبته حوالي (12.978%) من مساحة المحمية، وتتركز هذه الزيادة في الجزء الشمالي الشرقي والجزء الأوسط من المحمية، الأمر الذي يظهر نجاح مشاريع التشجير وسياسات المحميات الفعالة. إن وجود هذه النسبة يدل على إمكانية تحسين الوضع العام إذا تم دعم هذه الجهود بشكل مستمر.
- مناطق التدهور: نجد أنها تشغل مساحة صغيرة جداً تبلغ 10.07 كم^٢، غالباً ما تكون هذه المناطق نتيجة للتدهور التدريجي بسبب الرعي الجائر، أو قطع الأشجار، أو الأنشطة الزراعية غير المستدامة. وقد تركزت في الجزء الجنوبي الشرقي والشمالي الشرقي من المحمية.



شكل 8: تغيرات التغطية النباتية داخل المحمية خلال (٢٠١٨ - ٢٠٢٤)

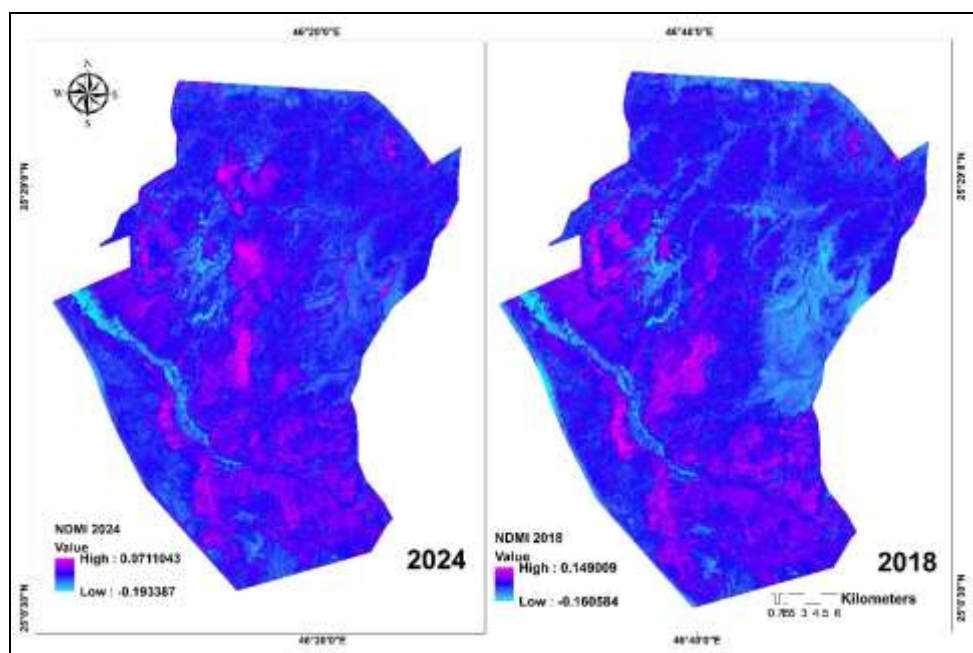
كما تم استخدام أداة استكشاف التغير (change Detection) وأعطت نفس النتائج حيث أثبتت أن هناك تغير في التغطية النباتية خلال فترة الدراسة، ما بين نمو وتدهور، بما نسبته (12.9% و 0.90%) على التوالي، بينما المساحة الأكبر من المحمية لم يحدث لها تغيير. (شكل ٩)



شكل ٩: تغيرات التغطية النباتية باستخدام استكشاف التغير خلال (٢٠١٨ - ٢٠٢٤)

مؤشر الاختلاف الطبيعي للرطوبة (NDMI) Normalized Difference Moisture Index

أظهرت نتائج مؤشر NDMI (شكل ١٠) أن القيم القصوى للمؤشر قد تغيرت بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤. ففي عام ٢٠١٨، بلغ الحد الأعلى للمؤشر ٠.١٤٩، بينما الحد الأدنى وصل إلى -٠.١٦٠، مما يشير إلى أن المناطق الأكثر رطوبة كانت محددة بقيمة ٠.١٤٩، منتشرة في الجهات الشمالية الغربية والغربية للمحمية، في حين أن المناطق الأكثر جفافاً كانت عند -٠.١٦٠ بشكل أوسع في الجهات الجنوبية الشرقية. في حين أنه عام ٢٠٢٤، انخفض الحد الأعلى إلى ٠.٠٧١، بينما انخفض الحد الأدنى إلى -٠.١٩٣؛ مما يشير إلى انخفاض عام في رطوبة التربة أو الغطاء النباتي، خاصة في الأجزاء الغربية من المحمية. حيث انخفضت القيمة العظمى بنسبة تقارب ٥٢.٣٪، بينما زادت القيمة الدنيا في الاتجاه السلبي بنسبة ٢٠.٤٪؛ مما يدل على توسع المناطق الأكثر جفافاً. هذا التغير من الممكن أن يكون ناتجاً عن انخفاض معدلات الهطالات، زيادة درجات الحرارة.

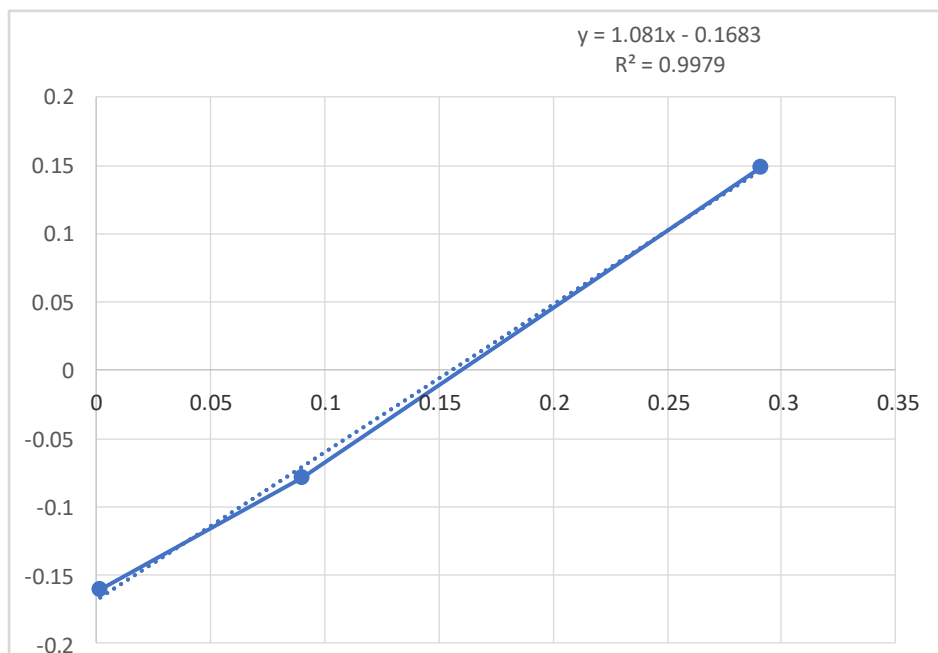


شكل ١٠ : مؤشر الاختلاف الطبيعي للرطوبة في المحمية خلال (٢٠١٨ - ٢٠٢٤)

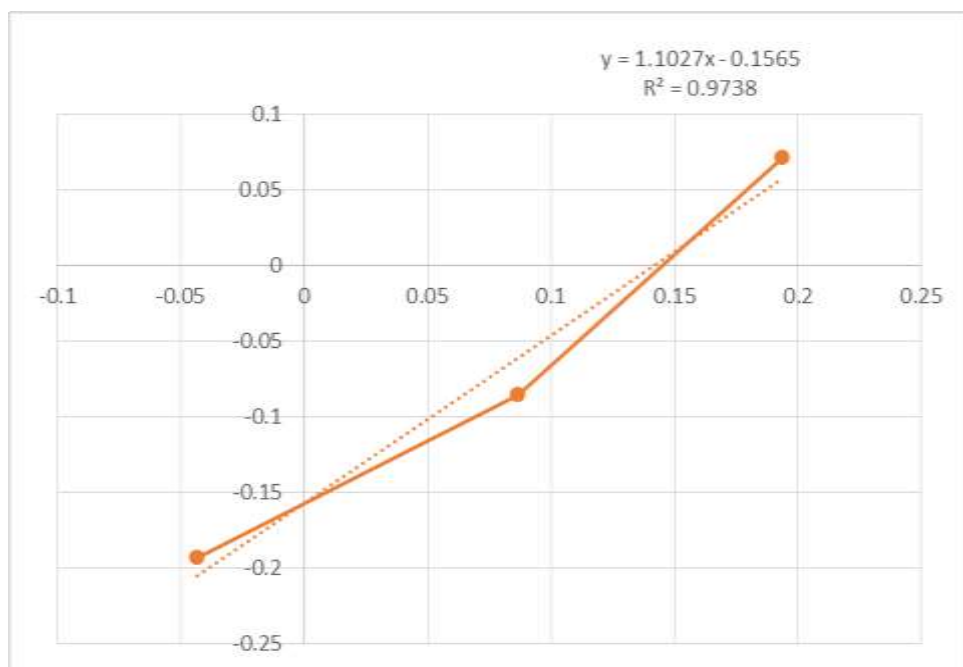
العلاقة الارتباطية بين قيم مؤشر NDMI و NDVI

يُظهر الرسم البياني في الشكلين (١١) (١٢) عن وجود علاقة مترابطة وقوية بين مؤشري الفرق النباتي الطبيعي (NDVI) ومؤشر الفرق الرطوبي الطبيعي (NDMI) ذات دلالة بيئية وإحصائية قوية. تشير معادلة الخط الاتجاهي لعام ٢٠١٨ ، وهي $y=1.081x-0.1683$ ، إلى أن لكل زيادة بمقدار وحدة في NDVI يصاحبها زيادة قدرها ١.٠٨١ في NDMI ؛ مما يعكس ارتباطاً إيجابياً مباشراً بين الكثافة النباتية ومستوى الرطوبة. القيمة الثابتة في المعادلة، وهي -٠.١٦٨٣ ، تُشير إلى أن قيمة NDMI التنبؤية عند عدم وجود غطاء نباتي (NDVI) يساوي صفراً (لا تصل إلى الصفر، بل تُظهر قيمة سالبة مما قد يعكس تأثيرات بيئية أخرى أو قيم منخفضة للرطوبة في تلك المناطق). وتعزز قيمة R^2 (٠.٩٩) هذا التفسير العلمي، إذ توضح أن نسبة كبيرة جداً من التباين في NDMI يمكن تفسيرها من خلال NDVI ، وهو ما يدل على موثوقية العلاقة

بين المؤشرين في نقل المعلومات حول النشاط النباتي ومستوى الرطوبة في البيئة. من الناحية البيئية، يُستدل من هذه النتائج على أن المناطق التي تتمتع بقيمة عالية من NDVI ، والتي ترتبط بغالبية الغطاء النباتي الكثيف، تكون مصحوبة أيضاً بارتفاع في مستويات الرطوبة كما يُظهر NDMI ، كما أن انخفاض قيم NDVI يُرتبط بانخفاض NDMI مما قد يُفسر بوجود بيئات جافة أو ضعف في الغطاء النباتي، وهو ما يساهم في تقييم الفروق البيئية بين المناطق المختلفة والتنبؤ بتأثير التغيرات المناخية على النظم البيئية.



شكل ١١: العلاقة الارتباطية بين NDVI و NDMI خلال عام ٢٠١٨



شكل ١٢: العلاقة الارتباطية بين NDVI و NDMI خلال عام ٢٠٢٤

ويعكس معامل تحديد الارتباط في عام ٢٠٢٤ مدى دقة العلاقة بين NDVI و NDMI، بدلالة إحصائية ٩٧ ،٠ ، وبالرغم من أنها انخفضت في هذا العام، فقد يكون ذلك مؤشراً على تزايد تأثير العوامل الخارجية مثل التبخر، أو تغيرات في أنماط الهطول المطري، أو تراجع صحة الغطاء النباتي. وهذا متوافق مع قيمة NDVI في هذا العام. بشكل عام، فإن أي انخفاض في R^2 قد يعكس تراجعاً في كفاءة النباتات في الاحتفاظ بالرطوبة، بينما يشير أي ارتفاع إلى تحسن الظروف البيئية وزيادة التغطية النباتية.

٩. الخاتمة والنتائج

يُبرز هذا البحث أهمية استخدام التقنيات الحديثة في مراقبة البيئة وفهم التغيرات التي تطرأ على الغطاء النباتي داخل المحميات الطبيعية. فقد أظهرت الدراسة كيف يمكن للأدوات العلمية أن تساهم في حماية الطبيعة وتحسين إدارتها. ومن هنا، تأتي الحاجة إلى مواصلة هذه الجهود وتعزيز التعاون بين الباحثين والجهات المعنية، لضمان استدامة الغطاء النباتي والحفاظ على التوازن البيئي.

وتوصل البحث إلى مجموعة من النتائج أهمها:



- تشير النتائج إلى أن نسبة كبيرة من المحمية لا تزال تصنف ضمن الفئة الجرداء؛ مما يعكس طبيعة النظام البيئي الجاف السائد في المحمية.
- هناك زيادة ملحوظة في المناطق ذات الغطاء النباتي، وتركزت هذه الزيادة في الجزء الشمالي الشرقي والجزء الأوسط من المحمية.
- على الرغم من التحسن العام في الغطاء النباتي، إلا أن بعض المناطق، خاصة في الجزء الجنوبي الشرقي والشمالي الشرقي، أظهرت مؤشرات تدهور واضحة.
- أظهرت القيم العظمى لمؤشر NDMI انخفاضاً من ٠.١٤٩ في عام ٢٠١٨ إلى ٠.٠٧١ في عام ٢٠٢٤، بنسبة تراجع بلغت ٥٢.٣%.
- وجود علاقة مترابطة وقوية بين مؤشري الفرق النباتي الطبيعي (NDVI) ومؤشر الفرق الرطوبي الطبيعي (NDMI) خلال العامين ٢٠١٨ و ٢٠٢٤ بدلالة إحصائية قوية (٠.٩٩، ٠.٩٧) على التوالي.

١٠. التوصيات

- تطبيق برامج استدامة بيئية تهدف إلى إعادة تأهيل المناطق المتضررة، مثل الزراعة المستدامة والتشجير باستخدام أنواع نباتية مقاومة للجفاف.
- إجراء دراسة طويلة المدى باستخدام بيانات متعددة التواريخ لتحليل الاتجاهات الزمنية للتغيرات البيئية في المحمية؛ مما يسمح بوضع سياسات أكثر فعالية لحمايتها.
- التوسع في استخدام تقنيات GIS والاستشعار عن بعد؛ لمراقبة التغيرات في الغطاء النباتي والتنبؤ بها من خلال تطبيق مؤشرات طبقية متنوعة.
- زيادة الوعي البيئي في المجتمع حول أهمية الحفاظ على الغطاء النباتي وتقليل الأنشطة الضارة.

المراجع العربية

باحمدان، ندا حمدان، جميل، عبد الحميد محمد. (٢٠٢٢). مراقبة تغير المساحات الزراعية في منطقة القصيم باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية خلال الفترة من ١٩٧٣ إلى ٢٠٢٠. *المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث، مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية*، مجلد ٦، ع ٤٤، ٢٥-١. <https://doi.org/10.26389/AJSRP.B050922>

الجصاني، نسرین عواد، حمزة، نبأ نعمان. (٢٠٢٣). التحليل الجغرافي لتباين الغطاء النباتي القياسي وخصائصه في النجف للموسم الصيفي. *مجلة جامعة الأنبار للعلوم الإنسانية*، ع ١، مجلد ٢، 327-350

الشهري، ريم. (٢٠٢٣). التحليل المكاني للغطاء النباتي في المملكة العربية السعودية باستخدام مؤشر NDVI (منطقة عسير والباحة كنموذج). *المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلم*، مجلد ٥، ع ٥٤، ٢٦-٤٥. <https://www.ajrsp.com/vol/issue54/2>

المراجع الأجنبية

Alj̄s̄any, Nisr̄in ‘Awwād, Ḥamzah, Naba’ Nu‘mān. (2023). al-Tahlīl al-jughrāfī ltbāyn al-Ghiṭā’ al-nabātī alqyāsy wa-khaṣā’ishuhu fī al-Najaf lil-mawsim al-Ṣayfī. *Majallat Jāmi‘at al-Anbār lil-‘Ulūm al-Insānīyah*, ‘1, mjlđ2, 327-350

al-Shahrī, Rīm. (2023). al-Tahlīl al-makānī lḡhṭā’ al-nabātī fī al-Mamlakah al-‘Arabīyah al-Sa‘ūdīyah bi-istikhdām m’shrNDVI (minṭaqat ‘Asīr wālbāḥh ka-namūdḥaj). *al-Majallah al-Akādīmīyah lil-Abḥāth wa-al-Nashr al-‘Ilm*, mjlđ5, ‘A 54, 26-45 <https://www.ajrsp.com/vol/issue54/2>

Bāḥamdān, Nadā Ḥamdān, Jamīl, ‘Abd al-Ḥamīd Muḥammad. (2022). Murāqabat Taghayyur al-masāḥāt al-zirā‘īyah fī minṭaqat al-Qaṣīm bi-istikhdām al-Istish‘ār ‘an ba‘da wa-nuẓum al-ma‘lūmāt al-jughrāfīyah khilāl al-fatrah min 1973 ilā 2020. *al-Majallah al-‘Arabīyah lil-‘Ulūm wa-nashr al-Abḥāth*, Majallat al-‘Ulūm al-ṭabī‘īyah wa-al-ḥayātīyah wa-al-Taṭbīqīyah, mjlđ6, ‘4, 1-25. <https://doi.org/10.26389/AJSRP.B050922>

Bhattacharya, S., Halder, S., Nag, S., Roy, P. K., & Roy, M.B.(2021). Assessment of Drought Using Multi-Parmeter



Indicces. In Advancws in Water Resources Management for Sustainable Use (PP.243-255). Springer. DOI: 10.1007/978-981-6412-7-18.

Hartoyo, A. P. P., Ratnaningsih, D. I., & Saputra, H.(2021). Analysis of Vegetation Cover in Leuser Ecosystem Reserve, Sumatra, Indonesia, Using NDVI Index.

