

المجلة العربية للدراسات الجغرافية



AIESA

ISSN: 2537-0839

eISSN : 2537-088X

المجلة العربية للدراسات الجغرافية

jasg

دورية - علمية - محكمة - إقليمية - متخصصة

تصدر عن

المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب

عضو الاتحاد النوعي لجمعيات البحث العلمي وبنك المعرفة المصري

ISSN: **2537-0839**

eISSN : **2537-088X**

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

Impact Factor: **1.52 / 2025**

تقييم المجلس الأعلى للجامعات المصرية (٧/٧)



المجلد الثامن - العدد (٢٤) يوليو ٢٠٢٥ م

يتم النشر الإلكتروني على المنصات الآتية



أكاديمية البحث
العلمي والتكنولوجيا
Academy of Scientific
Research & Technology



Egyptian Knowledge Bank
بنك المعرفة المصري



السنة	2025
المجلة	المجلة العربية للدراسات الجغرافية
القطاع	الدراسات الإقليمية
ISSN	2537-0839

م	القطاع	اسم المجلة	اسم الجهة / الجامعة	ISSN-P	ISSN-O	السنة	تخط المجلة
1	الدراسات الإقليمية	المجلة العربية للدراسات الجغرافية	المؤسسة العربية للدراسات والبحوث	2537-0839	2537-088X	2025	7
2	الدراسات الإقليمية	المجلة العربية للدراسات الجغرافية	المؤسسة العربية للدراسات والبحوث	2537-0839	2537-088X	2024	6

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قالوا

لسببناك لا علم لنا
إلا ما علمتنا إنك أنت
العليم العظيم

صدق الله العظيم

سورة البقرة الآية: ٣٢

إدارة المجلة غير مسؤولة عن الأفكار والآراء الواردة بالبحوث المنشورة في أعدادها وإنما فقط تقع مسؤوليتها في التحكيم العلمي والنضوابط الأكاديمية

هيئة التحرير

أ.د/ محمد الخزامي عزيز	جامعة الفيوم - مصر	رئيساً للتحرير
أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز	جامعة المنوفية - مصر	مديراً للتحرير
أ.م.د/ عمر عبد الله القصاب	جامعة الموصل- العراق	مساعد مدير التحرير
د. أحمد يونس صالح	جامعة الفيوم - مصر	مساعد ثان مدير التحرير
أ.د/ بهجات محمد محمد	جامعة دمشق - سوريا	عضواً
أ.د/ مضر خليل العمر	جامعة ديالى - العراق	عضواً
أ.د/ محمد عبد السلام حسين	جامعة عين شمس - مصر	عضواً
أ.د/ أشرف أبو الفتوح مصطفى	جامعة السويس - مصر	عضواً
أ.د/ سعدون شلال ظاهر	جامعة الكوفة - العراق	عضواً
أ.د/ أمينة بنت عبد الرحمن الدوهان	جامعة الأميرة نورة - السعودية	عضواً
أ.م.د/ ساكار بهاء الدين عبد الله	جامعة صلاح الدين - العراق	عضواً
أ.م.د/ منير الجراية	جامعة صفاقس - تونس	عضواً
أ.م.د/ عبد السلام عبد المولى الحداد	جامعة عمر المختار - ليبيا	عضواً
أ.م.د/ خليفة محمد ساعد الكندي	جامعة نزوى - سلطنة عمان	عضواً

الهيئة العلمية الاستشارية

أ.د/ سهام محمد هاشم	أستاذ الجيومورفولوجي بجامعة عين شمس
أ.د/ محمود توفيق محمود علي	أستاذ الجغرافيا السياسية بجامعة الزقازيق
أ.د/ أميمة فهمي مهدي إبراهيم	أستاذ الجغرافيا الاقتصادية بجامعة الأزهر
أ.د/ أحمد السيد محمد الزالمى	أستاذ الجغرافيا الاقتصادية بجامعة القاهرة
أ.د/ وفيق محمد جمال الدين إبراهيم	أستاذ الجغرافيا الاقتصادية بجامعة حلوان
أ.د/ إبراهيم علي غانم	أستاذ الجغرافيا الاقتصادية بجامعة طنطا
أ.د/ سمير عبد القادر خطاب	أستاذ أصول التربية (جغرافيا) جامعة الأزهر
أ.د/ محمد ذكي السديمي	أستاذ الجغرافيا بجامعة طنطا
أ.د/ عمر محمد علي محمد	أستاذ جغرافية العمران بجامعة حلوان

ميثاق أخلاقيات النشر :

تنشر المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب من خلال إصداراتها البحوث العلمية الأصيلة والمحكمة، بهدف توفير جودة عالية لقرّائها من خلال الالتزام بمبادئ مدونة أخلاقيات النشر و منع الممارسات الخاطئة. وتصنف المدونة الأخلاقية ضمن لجنة أخلاقيات النشر (COPE Committee on Publication Ethics :) وهي الأساس المرشد للمؤلفين والباحثين والأطراف الأخرى المؤثرة في نشر البحوث بالمجلات من مراجعين، بحيث تسعى المجلات لوضع معايير موحّدة للسلوك؛ وترغب المجلات على أن يقبل الجميع بقوانين المدونة الأخلاقية، وبذلك فهي ملتزمة تماما بالحرص على تطبيقها في ظل القبول بالمسؤولية والوفاء بالواجبات والمسؤوليات المسندة لكل طرف.

١- مسؤولية الناشر:

قرار النشر: يجب مراعاة حقوق الطبع وحقوق الاقتباس من الأعمال العلمية السابقة، بغرض حفظ حقوق الآخرين عند نشر البحوث بالمجلات، و يعتبر رئيس التحرير مسؤولا عن قرار النشر والطبع ويستند في ذلك إلى سياسة المجلات والتقيد بالمتطلبات القانونية للنشر، خاصة فيما يتعلق بالتشهير أو القذف أو انتهاك حقوق النشر والطبع أو القرصنة، كما يمكن لرئيس التحرير استشارة أعضاء هيئة التحرير أو المراجعين في اتخاذ القرار.

النزاهة: يضمن رئيس التحرير بأن يتم تقييم محتوى كل مقال مقدم للنشر، بغض النظر عن الجنس، الأصل، الاعتقاد الديني، المواطنة أو الانتماء السياسي للمؤلف. السرية: يجب أن تكون المعلومات الخاصة بمؤلفي البحوث سرية للغاية وأن يُحافظ عليها من قبل كل الأشخاص الذين يمكنهم الاطلاع عليها، مثل رئيس التحرير، أعضاء هيئة التحرير، أو أي عضو له علاقة بالتحرير والنشر وباقي الأطراف الأخرى المؤتمنة حسب ما تتطلب عملية التحكيم. الموافقة الصريحة: لا يمكن استخدام أو الاستفادة من نتائج أبحاث الآخرين المتعلقة بالبحوث غير القابلة للنشر بدون تصريح أو إذن خطي من مؤلفها.

٢- مسؤولية المحكم (المراجع):

المساهمة في قرار النشر: يساعد المحكم (المراجع) رئيس التحرير وهيئة التحرير في اتخاذ قرار النشر وكذلك مساعدة المؤلف في تحسين البحث وتصويبه.

سرعة الخدمة والتقيد بالآجال: على المحكم المبادرة والسرعة في القيام بتقييم البحث الموجه إليه في الآجال المحددة، وإذا تعذر ذلك بعد القيام بالدراسة الأولية للبحث، عليه إبلاغ رئيس التحرير بأن موضوع البحث خارج نطاق عمل المحكم، تأخير التحكيم بسبب ضيق الوقت أو عدم وجود الإمكانيات الكافية للتحكيم.

السرية: يجب أن تكون كل معلومات البحث سرية بالنسبة للمحكم، وأن يسعى المحكم للمحافظة على سريتها ولا يمكن الإفصاح عليها أو مناقشة محتواها مع أي طرف باستثناء المرخص لهم من طرف رئيس التحرير.

الموضوعية : على المحكم إثبات مراجعته وتقييم الأبحاث الموجهة إليه بالحجج والأدلة الموضوعية، وأن يتجنب التحكيم على أساس بيان وجهة نظره الشخصية، الذوق الشخصي، العنصري، المذهبي وغيره.

تحديد المصادر: على المحكم محاولة تحديد المصادر والمراجع المتعلقة بالموضوع (البحث) و التي لم المؤلف، و أي نص أو فقرة مأخوذة من أعمال أخرى منشوره سابقا يجب تهميشها بشكل صحيح، وعلى المحكم إبلاغ رئيس التحرير وإنذاره بأي أعمال متماثلة أو متشابهة أو متداخلة مع العمل قيد التحكيم.

تعارض المصالح: على المحكم عدم تحكيم البحوث لأهداف شخصية، أي لا يجب عليه قبول تحكيم البحوث التي عن طريقها يمكن أن تكون هناك مصالح للأشخاص أو المؤسسات أو يلاحظ فيها علاقات شخصية.

٣- مسؤولية المؤلف :

معايير الإعداد: على المؤلف تقديم بحث أصيل وعرضه بدقة وموضوعية، بشكل علمي متناسق يطابق مواصفات البحوث المحكمة سواء من حيث اللغة، أو الشكل أو المضمون، و ذلك وفق معايير و سياسة النشر في المجلات، وتبيان المعطيات بشكل صحيح، و ذلك عن طريق الإحالة الكاملة، ومراعاة حقوق الآخرين في البحث ؛ وتجنب إظهار المواضيع الحساسة وغير الأخلاقية، الذوقية، الشخصية، العرقية، المذهبية، المعلومات المزيفة وغير الصحيحة وترجمة أعمال الآخرين بدون ذكر مصدر الاقتباس في البحث.

الأصالة و القرصنة: على المؤلف إثبات أصالة عمله وأي اقتباس أو استعمال فقرات أو كلمات الآخرين يجب تهميشه بطريقة مناسبة وصحيحة ؛ والمجلة تحتفظ بحق استخدام برامج اكتشاف القرصنة للأعمال المقدمة للنشر.

إعادة النشر: لا يمكن للمؤلف تقديم العمل نفسه (البحث) لأكثر من مجلة أو مؤتمر، وفعل ذلك يعتبر سلوك غير أخلاقي وغير مقبول.

الوصول للمعطيات والاحتفاظ بها: على المؤلف الاحتفاظ بالبيانات الخاصة التي استخدمها في بحثه، و تقديمها عند الطلب من قبل هيئة التحرير أو المقيّم.

مؤلفي البحث: ينبغي حصر (عدد) مؤلفي البحث في أولئك المساهمين فقط بشكل كبير وواضح سواء من حيث التصميم، التنفيذ، مع ضرورة تحديد المؤلف المسؤول عن البحث وهو الذي يؤدي

دوراً كبيراً في إعداد البحث والتخطيط له، أما بقية المؤلفين يُذكرون أيضاً في البحث على أنهم مساهمون فيه فعلاً، ويجب أن يتأكد المؤلف الأصلي للبحث من وجود الأسماء والمعلومات الخاصة بجميع المؤلفين، وعدم إدراج أسماء أخرى لغير المؤلفين للبحث؛ كما يجب أن يطلع المؤلفون جميعاً على البحث جيداً، وأن يتفقوا صراحة على ما ورد في محتواها ونشرها بذلك الشكل المطلوب في قواعد النشر.

الإحالات والمراجع: يلتزم صاحب البحث بذكر الإحالات بشكل مناسب، ويجب أن تشمل الإحالة ذكر كلِّ الكتب، المنشورات، المواقع الإلكترونية و سائر أبحاث الأشخاص في قائمة الإحالات والمراجع، المقتبس منها أو المشار إليها في نص البحث.

الإبلاغ عن الأخطاء: على المؤلف إذا تنبه و اكتشف وجود خطأ جوهرياً و عدم الدقة في جزئيات بحثه في أيّ زمن، أن يشعر فوراً رئيس تحرير المجلات أو الناشر، ويتعاون لتصحيح الخطأ.

شروط النشر :

- يجب أن لا يتجاوز البحث المقدم للنشر عن (٤٠) صفحة، متضمنة المستخلصين: العربي، والإنجليزي على أن لا تتجاوز كلمات كل واحد منهما (٢٠٠) كلمة، والمراجع.
- يلي المستخلصين: العربي، والإنجليزي، كلمات مفتاحية (Key Words) لا تزيد على خمس كلمات (غير موجودة في عنوان البحث)، تعبر عن المجالات التي يتناولها البحث؛ لتستخدم في التكشيف.
- تكون أعداد جميع هوامش الصفحة الأربعة (العليا، والسفلى، واليمنى، واليسرى) (٣) سم، والمسافة بين الأسطر مفردة.
- يكون نوع الخط في المتن للبحوث العربية وللبحوث الإنجليزية (Times New Roman)، بحجم (١٣).
- يكون نوع الخط في الجداول للبحوث العربية وللبحوث الإنجليزية (Times New Roman)، بحجم (١٠).
- تستخدم الأرقام العربية (١-٢-٣...Arabic) في جميع ثنايا البحث.
- يكون ترقيم صفحات البحث في منتصف أسفل الصفحة.
- يكتب عنوان البحث، واسم الباحث، أو الباحثين، والمؤسسة التي ينتمي إليها، وعنوان المراسلة، على صفحة مستقلة قبل صفحات البحث. ثم تتبع بصفحات البحث، بدءاً بالصفحة الأولى حيث يكتب عنوان البحث فقط متبوعاً بكامل البحث.

- يراعى في كتابة البحث عدم إيراد اسم الباحث، أو الباحثين، في متن البحث صراحة، أو بأي إشارة تكشف عن هويته، أو هوياتهم، وإنما تستخدم كلمة (الباحث، أو الباحثين) بدلاً من الاسم، سواء في المتن، أو التوثيق، أو في قائمة المراجع.
- أسلوب التوثيق المعتمد في المجلة هو نظام جمعية علم النفس الأمريكية، الإصدار السادس.
- يتأكد الباحث من سلامة لغة البحث، وخلوه من الأخطاء اللغوية والنحوية.
- توضع قائمة بالمراجع العربية بعد المتن مباشرة، مرتبة هجائياً حسب الاسم الأول أو الأخير للمؤلف (اختياري)، وفقاً لأسلوب التوثيق المعتمد في المجلة.
- لهيئة التحرير حق الفحص الأولي للبحث، وتقرير أهليته للتحكيم، أو رفضه.
- في حال قبول البحث للنشر تؤول كل حقوق النشر للمجلة، ولا يجوز نشره في أي منفذ نشر آخر ورقياً أو إلكترونياً، دون إذن كتابي من رئيس هيئة التحرير.
- الآراء الواردة في البحوث المنشورة تعبر عن وجهة نظر الباحثين فقط، ولا تعبر بالضرورة عن رأي المجلة.
- رسوم النشر (٢٠٠ دولار)، وللصيرين داخل مصر وفي مؤسسات مصرية (٢٠٠٠ جنيه)
- يتم تقديم البحوث إلكترونياً من خلال موقع المجلة أو بريد المجلة الإلكتروني:

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

search.aiesa@gmail.com

محتويات العدد	
-	افتتاحية العدد
٣٦ - ١	أمل بنت جزاء بن منصور الاحمدي تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في محافظة الخرج
٦٤ - ٣٧	جواهر مفرح مرعي القحطاني - دلال محمد المطيري - محمد بادخن تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤ م على المملكة العربية السعودية
٨٠ - ٦٥	أ.م.د/ محمد نوح محمود عدو انتشار السكان وفلسفة فهم المكان "دراسة تحليلية في جغرافية السكان"
١٠٨ - ٨١	د. ملهي علي مفرح الغزواني التحليل المكاني للنظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية لعام ٢٠٢٢ م
١٣٨ - ١٠٩	هيا فلاح علي الشهراني تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للمدة (2000 - 2020)
١٦٤ - ١٣٩	د. وداد حمدان الروقي تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و ٢٠٢٤ في محمية الملك خالد الملكية باستخدام الاستشعار عن بعد

افتتاحية العدد :

تم اصدار هذا العدد برعاية أكاديمية البحث العلمي وبنك المعرفة المصري ، وقد تم تخصيص هذه المجلة لنشر بحوث كل مجالات الجغرافيا، وحرصا من هيئة تحرير المجلة على المستوى العلمي لها سوف يتم نشر البحوث المتميزة دائما بها لتكون منارة جديدة للمتخصصين والباحثين في مجال الجغرافيا ، وقبلة علمية للباحثين العرب من مختلف أرجاء وطننا العربي الكبير من الخليج إلى المحيط، وإذ ندعو الباحثين الراغبين في نشر بحوثهم بها الالتزام بمعايير النشر بالمجلة والحرص على إجراء التعديلات والملاحظات التي يبدونها المحكمين، ونأمل لأن تكون الإعداد القادمة من المجلة أكثر ثراءً وجدة بفضل الله وعونه، والله ولي التوفيق.

ومرحبًا بوجهة نظركم ورأيكم في أية فكرة قد تسهم في الرقي والتطوير لمجلتكم التي قد تعد صورةً من صور التعبير عن أشخاصكم ووجهتكم، بل مرحبًا بالنقد البناء في أي جانب، وبمقترحاتكم لتحقيق الرقي الدائم والتطوير المستمر لمجلتكم الغراء، وعمومًا فإن النقد البناء دائمًا ما يُعلَى ويرفع من شأن الأشياء، في الحياة بوجه عام، وفي الحقل العلمي والبحثي بوجه خاص، ذلك أن وجهة النظر المفردة لم تُعدّ تجدي، وإنما الفكرة على الفكرة، واليد مع اليد، ووجهة النظر مع وجهة النظر، كل ذلك جميعًا هوييني ويطور ويكمل الصورة، وكل ذلك لا يتأتى إلا بالنقد البناء الذي يُرَقِّع ويطور ويكمل الصورة والعمل، ومن هنا قيل: يد بمفردها لا تصفق، ... ومن ثم نتعاهد سويًا على المزيد من بذل الجهد من أجل التطلع إلى مستويات أفضل في الأداء.

وختاماً إذ نقدم هذا العدد للقارئ الكريم، متمنين أن يجد فيه الفائدة المرجوة، لأرجو الله تعالى أن يكون لنا خير معين للوصول إلى تعليمٍ نوعي.

هيئة التحرير



**تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على
الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من
المرئيات الفضائية في محافظة الخرج**

**Assessment of the Performance of Pixel-based and GEOBIA
supervised Classification for Extracting IUIC from Satellite
Images in Kharj Governorate**

إعداد

**أمل بنت جزاء بن منصور الاحمدي
Amal Jaza Mansour Al-Ahmadi**

طالبة دراسات عليا في قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود

Doi: 10.21608/jasg.2025.443041

استلام البحث: ٢٠٢٥/٣/١٢

قبول النشر: ٢٠٢٥/٥/٦

الاحمدي، أمل بنت جزاء بن منصور (٢٠٢٥). تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في محافظة الخرج. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٤)، ١ - ٣٦.

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

تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في محافظة الخرج المستخلص:

لقد أدت التطورات الحديثة في تكنولوجيا الأقمار الصناعية إلى توسيع قدرات الحصول على البيانات بشكل كبير، مما جعل صور الأقمار الصناعية أكثر سهولة في الوصول إليها. وعلى الرغم من هذه الخطوات، فإن تقييم أداء التصنيف لصور الأقمار الصناعية يتطلب تفسيرًا فعالًا. وقد شهد تصنيف الصور، وهو أسلوب معتمد على نطاق واسع لاستخراج المعلومات القيمة، زيادة كبيرة في تطبيق منهجيات التعلم الآلي. ومع ذلك، فإن نجاح استخدام أدوات التعلم الآلي الخاضعة للإشراف يعتمد على جودة بيانات التدريب. في هذه الدراسة استخدم أسلوب تقني حديث يتمثل في مصنف الغابة العشوائية Random Forest الذي يشكل أبرز أدوات التعلم الآلي الخاضعة للإشراف حيث قارنت بين كفاءة التصنيفات القائمة على الخلايا والتصنيفات القائمة على الأهداف الجغرافية في صور الأقمار الصناعية Sentinel-2 لعام ٢٠٢٤م وقد بلغ مؤشر الصحة العامة للحقائق الأرضية على التوالي في التصنيف القائم على الخلية والتصنيف القائم على الهدف ٠,٩٤ و ١,٠٠ لعينات التدريب بينما في عينات التحقق بلغت ٠,٧٩ و ٠,٧٨ على التوالي، بينما بلغ المتوسط الموزون ٠,٩٥ و ١,٠٠ لعينات التدريب بينما بلغ لعينات التحقق ٠,٧٩ و ٠,٧٧ على التوالي. أبرزت هذه الدراسة دقة الأداء الفعال للطريقة القائمة على الهدف الجغرافي. يمكن أن تكون هذه النتائج بمثابة مرجع قيم للدراسات المستقبلية لاستخدام الأرض والغطاء الأرضي في المملكة العربية السعودية، مما يساعد في تحسين الدقة مع توفير الوقت والجهد من أجل إنتاج قاعدة بيانات جغرافية مكتملة الخصائص الفنية والبيانات المكانية للاستخدام مستقبلاً في مختلف التطبيقات، في ظل عدم وجود تصنيف موحد للمملكة العربية السعودية عدا التصنيف العالمي الذي اقتصر على عدد فئات اقل للمملكة. كما تم إنتاج خريطة موضوعية مكتملة العناصر الكارتوغرافية لإبراز التصنيف الأمثل لاستخدام الأرض والغطاء الأرضي لمحافظة الخرج ضمن منطقة الرياض في المملكة العربية السعودية.

الكلمات المفتاحية: التصنيف المبني على الخلية، التصنيف المبني على الهدف، الغابة العشوائية.

Abstract:

Recent advancements in satellite technology have significantly expanded data acquisition capabilities, making satellite imagery more accessible than ever before. Despite these advancements, the evaluation of classification performance for satellite imagery still necessitates effective interpretation techniques. Image classification, a



widely adopted approach for extracting valuable information, has witnessed a notable increase in the application of machine learning methodologies. However, the effectiveness of supervised machine learning tools heavily depends on the quality of the training data in this study, I employed a modern technical approach using the Random Forest classifier, one of the most prominent supervised machine learning algorithms. The study compares the efficiency of pixel-based classification and object-based classification using Sentinel-2 satellite imagery. The Overall Accuracy (OA) for ground truth data in the training samples reached 0.94 for pixel-based classification and 1.00 for object-based classification. For validation samples, the OA values were 0.79 and 0.78, respectively. The Weighted Average Accuracy was 0.95 and 1.00 for the training samples, while for validation samples it reached 0.79 and 0.77, respectively, these accuracy metrics highlight the superior performance of the object-based classification approach. The results can serve as a valuable reference for future land use and land cover (LULC) studies in the Kingdom of Saudi Arabia, contributing to enhanced classification accuracy while reducing the time and effort required to develop a comprehensive geospatial database with full technical specifications and spatial data attributes. This is especially significant given the absence of a standardized national classification system for Saudi Arabia, aside from a generalized global classification scheme with limited category representation for the region Furthermore, a thematic map was produced, incorporating all essential cartographic elements, to illustrate the optimal land use and land cover classification for Al-Kharj Governorate, located within the Riyadh Region of the Kingdom of Saudi Arabia.

المقدمة:

تتطلب الدراسات البيئية والتخطيط الحضري توفر خرائط لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي (Land use land cover, LULC) بصفة عالية وتحديث مستمر نظراً



لطبيعتها المتغيرة خاصة في المناطق التي تشهد تطوراً عمرانياً وزراعياً مضطرباً (Sandipta&Dasharatha, ٢٠٢٢). وتشكل تقنيات الاستشعار عن بعد وخوارزميات تصنيف المرئيات الفضائية أحد الروافد الأساسية لإنتاج الخرائط المختلفة للظواهر الجغرافية على سطح الأرض مثل خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي (LULC) وتحديثها بشكل دوري من المرئيات الفضائية بتكلفة أقل من المسح الميداني خاصة عندما يكون ذلك لمناطق كبيرة. ورغم التطور الهائل لتقنيات الاستشعار عن بعد وخوارزميات معالجتها في العقود الأخيرة، إلا أن صحة خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي المشتقة من المرئيات الفضائية يعتمد بشكل كبير على طريقة التصنيف المتبعة ((Rawat & Kumar, ٢٠١٥). ويعد التصنيف المراقب المبني على الخلية (Pixel-based classification) من المرئيات الفضائية الطريقة التقليدية والقياسية لتصنيف المرئيات الفضائية لأغراض إنتاج خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي (Hamad, ٢٠٢٠)، إلا أن الخرائط المنتجة بالتصنيف المراقب المبني على الخلية تعاني من بعض أوجه القصور التالية:

١. يكون المنتج مشوش بسبب تناثر العديد من خلايا المرئية المصنفة في غير سياقها المفترض وهو ما يعرف بظاهرة الملح والفلفل (salt & pepper phenomenon) وذلك يقلل من قيمة المنتج بهذه الطريقة (Hu at al, ٢٠٢١).
٢. التصنيف المراقب المبني على الخلية يأخذ في الحسبان البيانات الطيفية (spectral) فقط ويتجاهل المعلومات المكانية مثل الشكل والحجم والامتداد وغيرها للظواهر الجغرافية على سطح الأرض والتي يمكن أن تساعد كثيراً في عملية التصنيف وتزيد من صحته ووضع الظواهر الجغرافية في سياقها الصحيح

(congaltion & Green, 2019)

وللتغلب على أوجه القصور في تصنيف المرئيات الفضائية بالطريقة التقليدية المبنية على الخلية طورت مؤخراً طريقة أحدث لتصنيف المرئيات الفضائية وتنامى استخدامها في الأوساط العلمية تتمثل في اعتماد الهدف الجغرافي بدلاً من الخلية في عملية التصنيف المراقب وهو ما يعرف بالتصنيف المراقب المبني على الهدف الجغرافي (Geographic Object-Based Classification) أو تحليل المرئيات المبني على الهدف الجغرافي (Geographic Object-Based Image Analysis, GEOBIA). فطريقة التصنيف هذه تأخذ في الحسبان المعلومات المكانية للظواهر الجغرافية إلى جانب المعلومات الطيفية في عملية تصنيف المرئيات الفضائية مما يجعل الخرائط المشتقة منها أكثر صحة وتمثيلاً للظواهر الجغرافية على سطح الأرض (Blachke, et al. 2014; Chen, et al). (٢٠١٨).

لذلك برزت دراسات في السنوات الأخيرة تقارن بين أداء الطريقة التقليدية للتصنيف المبني على الخلية والطريقة الأحدث للتصنيف المبني على الهدف الجغرافي للأغراض المختلفة في الأقاليم المختلفة من العالم لتكون دليلاً للباحثين والهيئات المعنية لاختيار طريقة التصنيف الأمثل لموضوع وإقليم الدراسة (Hamad, 2020).

وتأتي هذه الدراسة في هذا السياق من أجل المساهمة في تحديد نوع التصنيف المناسب لإنتاج خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في محافظة الخرج التي تشهد تغيرات متسارعة في استخدامات الأرض نتيجة للتنمية الزراعية والعمرانية غير المسبوقة في المحافظة لتدعم متخذي القرار لرسم خطط التنمية المستدامة للمحافظة.

موضوع الدراسة وأهميتها:

تبرز أهمية هذه الدراسة في دعم صناعات القرار من أجل المساهمة في إعداد خطط التنمية المستدامة، فهي بحاجة إلى تحديد نوع التصنيف المناسب لإنتاج خرائط موضوعية لمنطقة الدراسة، وذلك لأن محافظة الخرج تشهد مؤخراً تنمية متسارعة غير مسبوقة في كافة المجالات، حيث تُعتبر هذه الدراسة خطوة مهمة لسد الفجوة التطبيقية والعلمية في تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة إنتاج خرائط موضوعية ذات دقة مناسبة لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي في محافظة الخرج.

مشكلة الدراسة:

تأتي هذه الدراسة لتقييم أداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في البيئة الصحراوية المحلية لمحافظة الخرج لتشكّل مرجعاً للدراسات والمشاريع التطبيقية لإنتاج وتحديث خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في اختيار طريقة التصنيف الأفضل لاشتقاق خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في هذه المنطقة الحيوية التي تشهد تغيرات متسارعة في استخدامات الأرض والغطاء الأرضي بسبب النمو السكاني والتنمية العمرانية المتسارعة لتكون منتجاتها أكثر موثوقية ودعمًا لعمليات التنمية المستدامة.

اهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى ما يلي:

- تقييم أداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية في البيئة الصحراوية المحلية ممثلة بمحافظة الخرج.



▪ انتاج وتحديث خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في المنطقة من خلال اختيار الطريقة الأمثل لتصنيف المرئيات الفضائية، لتشكل مرجعاً للدراسات والمشاريع التطبيقية.

الدراسات السابقة

أجريت العديد من الدراسات التي تناولت دراسة تقييم أداء المصنف بناء على الخلية والتصنيف بناء على الهدف الجغرافي وتنوعت من حيث الأهداف والتطبيق والمنهجية، ومن ذلك دراسة اكسيوكا واخرون (Xiaoxia et al, ٢٠٠٥) التي تناولت الفرق بين نهج التصنيف بناء على الهدف الجغرافي ونهج التصنيف المراقب اعتماد على الخلية، باستخدام مرئية عالية الدقة نوع Quick Bird لمنطقة صغيرة تقع بمدينة شنغهاي بالصين، وقد أظهرت نتائج الدراسة أن التصنيف المبني على الهدف الجغرافي تميزت مخرجاته بانها ذات دقة افضل، والسبب في ذلك هو خصائص المرئية الفضائية ذات الدقة المكانية العالية.

وتناولت دراسة ايريا وهيجرتين (Araya & Hergarten, ٢٠٠٨) عمل المقارنة بين تصنيف الغطاء الأرضي باستخدام التصنيف الهدي والتصنيف المبني على الخلية في منطقة أسمره عاصمة إريتريا، لإنشاء خريطة غطاء أرضي للمنطقة المحددة باستخدام صور Landsat ETM بدقة مكانية متوسطة ٣٠م لسنة ٢٠٠٠، وسجل التصنيف المبني على الهدف الجغرافي دقة أعلى بنسبة ٨٥٪، أما دقة التصنيف المبني على الخلية بلغت نسبته ٧٨٪. واكد البحث ان التصنيف الموجه المبني على الهدف الجغرافي له مزايا تتناسب مع المرئيات ذات الدقة المكانية المتوسطة.

وكذلك تناولت دراسة بيلبسي ومكاميرا (Al-Bilbisi & Makhamreh, ٢٠١٠) تصنيف الغطاء الأرضي في منطقة البحر الميت بالأردن باستخدام بيانات القمر الصناعي Landsat TM ذو الدقة المكانية المتوسطة البالغة ٣٠م، وتم التصنيف بناء على الخلية وعلى الهدف الجغرافي، وللتأكد من مدى صحة التصنيف تم الاعتماد على الخرائط المتوفرة للمنطقة والصور الجوية من نوع aerial photographs والمعرفة الشخصية للمنطقة المدروسة. وخلال عملية تحليل المرئية الفضائية ظهرت مشكلة وحدات الخلية الضوضاء المعروفة باسم (ملح وفلفل) في البيانات. مما كان لها تأثير على مدى دقة التصنيف، وأشارت نتيجة التصنيف إلى تصنيف القائم على الخلية قد سجل دقة إجمالية تبلغ ٨١.٦٪ وهي الأعلى مقارنة بالتصنيف المبني على الهدف الجغرافي والذي بلغ الدقة الاجمالية ٨٠.٧٪، واكد الدراسة على فعالية التصنيف الهدي لتحديد حدود الفئات (الظاهرة) خاصة بالنسبة لفئة الارض الزراعية، مما يؤكد ان اختيار نوع التصنيف يعتمد في الاساس على طبيعة أنواع الغطاء الأرضي للمنطقة المراد دراستها. ونستنتج من هذا البحث ان رغم قيمة فرق الدقة بين كلا التصنيف (الخلية والهدي) ليست بكثيرة، الا ان التصنيف المبني على الخلية أكثر كفاءة لتصنيف المرئيات متوسطة الدقة المكانية.

وكذلك دراسة سو واخرون (Soe et al ٢٠١١), (التي هدفت الى استخدام كلا من التصنيف المبني على الخلية والتصنيف المبني على الهدف الجغرافي لاستخراج الغطاء الأرضي الحضري باستخدام مرئيات فضائية ذات دقة مكانية عالية، حيث استخدم البحث مرئيات فضائية من نوع Quick Bird image لتغطية مركز فونكس بمدينة اريزونا بالولايات المتحدة الامريكية. وأوضح الباحث عدم كفاءة التصنيف المبني المراقب حيث سجل معدل دقة منخفضة باستخدام أكثر من نوع تصنيف وصل متوسط دقتهم إلى ٦٣.٣%، مما دفع الباحث للبحث عن طريقة تصنيف مختلفة لرفع كفاءة التصنيف. وقام بعمل مقارنة لخمسة اساليب تصنيف مختلفة لمعرفة ايها أكفاً وأعلى دقة لطبيعة المنطقة الحضرية المختارة ونوع المرئية الفضائية المستخدمة، واستنتج ان استخدام التصنيف المبني على الهدف الجغرافي باستخدام الأساليب التالية (the e membership functions and the nearest neighbor classifier) أعطت أعلى معدل دقة بلغت إجمالي (٩٠.٤%) مقارنة باستخدام اسلوب التصنيف المبني على الخلية المستخدم الذي سجل أقل معدل دقة عن طريق استخدام اسلوب (maximum likelihood) بمعدل دقة وصل الى (٦٧.٦%). واستنتج ايضاً ان الطريقة الاكثر فعالية ودقة لتصنيف الغطاء الأرضي للمناطق الحضرية باستخدام الصور عالية الدقة هو التصنيف المبني على الهدف الجغرافي.

وهدف دراسة زانج وجايا (Zhang & Jia, ٢٠١٤) رسم خريطة لتصنيف الغطاء الأرضي في البيئة القاحلة في منطقة المصب لحوض نهر هيهي في الصين، عن طريق استخدام كل من طرق تحليل الصور القائمة على الخلية والقائمة على الهدف باستخدام مرئيات فضائية عالية الدقة المكانية نوع SPOT-٥ ذات الدقة المكانية ٢.٥ متر وبالاعتماد على المسح الميداني. وللوصول لأهداف الدراسة تم حساب مؤشرات الغطاء النباتي واستخدامها خلال عملية التصنيف. وقد رجحت الدراسة ضعف الدقة في تحديد فئة الأراضي العشبية، إلى عدم كفاية العينات المختارة خلال عملية التصنيف في منطقة الدراسة. ومن اهم النتائج التي توصل لها البحث والتي يمكن الاستفادة بها خلال البحث الحالي هو الحرص على أحد عينات كافية لكل فئة خلال عملية التصنيف لما له عائد قوى في مدى دقة التصنيف سواء كان تصنيف مبني على الخلية او الهدف.

وقدم البحث كراكوس واخرون (Karakus et al, ٢٠١٧) مقارنة بين استخدام كلا من طرق التصنيف المعتمدة على الخلية والتصنيف المعتمدة على الهدف الجغرافي لتصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة قديري في تركيا، حيث استخدم في البحث صور القمر الصناعي SPOT ٥ ذو الدقة المكانية ١٠ كم. ولاحظ الباحث ان التصنيف القائم على الهدف الجغرافي أكثر كفاءة ودقة. وقام الباحث بعمل التصنيف للمرئية، وعند تطبيق طرق التصنيف المختلفة وقياس مدى دقتهم، تم تسجيل اعلى دقة في طريقة التصنيف القائمة على الهدف الجغرافي

بقيمة (دقة ٩٦٪، قيمة kappa ٠.٩٤٩)، أما بالنسبة للطرق المبنية على الخلية كانت اعلامهم هي طريقة تعيين الزاوية الطيفية spectral angle mapper method مسجلة (دقة ٩٣.٨٨٪، قيمة kappa ٠.٧٨).

وقامت دراسة ديزاي وآخرون (Dezhi et al, ٢٠١٨) برصد التغيرات بغابات المانجروف الطبيعية في منطقة ناشا الواقعة بالصين لرسم الخرائط لغابات المانجروف ومراقبتها ديناميكياً، وقد تم استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد على نطاق واسع لرسم خرائط لغابات باستخدام مرئيات Landsat 8 بدقة ٣٠متر، في تصنيف أنواع المانجروف بتطبيق عدة طرق تصنيف تعتمد على الخلية وأخرى تعتمد على الهدف الجغرافي. وقد أظهرت النتائج أن كلا النهجين المبنى على الخلية والمبنى على الهدف، يمكن أن يتعرف على كيفية التمييز بين أنواع المانجروف الاصطناعية الأربعة الرئيسية، ولكن اثبت التصنيف المبنى على الهدف ان لديه دقة إجمالية أفضل من الطريقة المبنية على الخلية خلال عملية تحليل وتصنيف المرئية عالية الدقة المستخدمة.

وتعد دراسة دونق-دونق وآخرون (Dong-dong et al, ٢٠١٩) (من الدراسات التي اعتمدت على عمل تصنيف بناء على الخلية والتصنيف بناء على الهدف، وذلك لعمل استقطاع لمناطق العمران عن طريق استخدام مرئيات نوع (Gaofen) (GF-2) عالية الدقة لمنطقة تشينهواي بالصين. وأكدت الدراسة فعالية التصنيف المعتمد على الهدف لتصنيف الفئات البيئية الحضرية المراد استخراجها، حيث ساعد التصنيف الهدي على عدم تداخل الفئات، وتحقيق اعلى معدل دقة بين الفئات حيث حقق معدل دقة بلغت ٩٥.٤٤٪، مما قابلة عدم كفاءة التصنيف المعتمد على الخلية في تحقيق معدل دقة كلي بلغ ٧٨.٥٦٪. وهذا يؤكد مدى كفاءة التصنيف الهدي للصور عالية الدقة.

وهدف دراسة درفيسوغلو وآخرون (Dervisoglu et al, ٢٠٢٠) إلى تحديد الخط الساحلي للأراضي الرطبة ببحيرة اوز والبحيرات المحيطة بها بتركيا، لرصد التغيرات البيئية في المحمية الطبيعية، حيث اعتمد البحث على استخدام صور القمر الصناعي Sentinel ٢ عالي الدقة، وقد قام الباحث بالاعتماد على تصنيف الصور باستخدام أساليب التصنيف القائمة على الخلية والقائمة على الهدف. تم دراسة وتقييم إمكانية تطبيق الطرق في تحديد الساحل الضحل للأراضي الرطبة، عن طريق مقارنة نتائج صور التصنيف المعتمدة على الخلية والمعتمد على الهدف. وقد أكد البحث ان التصنيف المبنى على الخلية لتصنيف المرئية الفضائية نوع Sentinel ٢ عالي الدقة كان الأنسب لتصنيف منطقة الدراسة ولطبيعة بيئتها الرطبة وأعطى دقة اعلى وكفاءة اعلى عن التصنيف المبنى على الهدف.

وقامت دراسة جيو وآخريين (Guo et al, 2021) بمراقبة التغيرات في خريطة استخدام الأراضي والغطاء الأرضي في مدينة جوانجزو الصينية في الفترة الزمنية بين عامي ١٩٨٦ إلى ٢٠١٨ باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد المتمثلة في ثلاثة أنواع من المرئيات

الفضائية (Landsat و Hyperion و Sentinel-2). حيث استخدم صور لاندسات بإصداراتهم المختلفة ذات الدقة المكانية المتوسطة (TM / ETM + / OLI)، بدقة مكانية متوسطة تبلغ ٣٠ مترًا، والنوع الثالث هو مرئيات Sentinel-2 عالية الدقة تبلغ ١٠ أمتار وتم إعادة تشكيلها إلى ٣٠ مترًا لتتوافق مع بيانات لاندسات.

أكدت الدراسات السابقة على أن التصنيف المبني على الهدف هو منهجية حديثة نسبياً، حيث كانت جميع أساليب التصنيف المراقب مسبقاً كانت تعتمد على قيمة الخلية، ولكن تم تطوير أساليب التصنيف لرفع كفاءة ودقة عمليات التصنيف. وأوضحت الدراسات ان هناك فرق في دقة التصنيف المراقب بين منهجية استخدام التصنيف المبني على الخلية والمبني على الهدف، ويعود ذلك الى عدة اسباب منها مدى الدقة المكانية للصورة المستخدمة.

وختاماً تستخدم الدراسة الحالية أسلوب المقارنة بين التصنيف المبني على الخلية والتصنيف المبني على الهدف الجغرافي، ولكن تتميز عما سبق من الدراسات بأنها سوف تستخدم نوعين من التصنيف باستخدام المرئية لفضائية متوسطة الدقة المكانية متمثلة بالقمر الصناعي سيسنتال ٢ بدقة ١٠ متر ، وذلك لعمل المقارنة وتطبيق الخوارزميات المناسبة لأهداف الدراسة، وذلك من اجل توضيح مميزات ومحددات كل منهجية ،بالإضافة الى ذلك سيتم تحديد ماهي الفئات المناسبة لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي التي يمكن اشتقاقها من المرئية الفضائية باستخدام كلا المنهجيتين.

الإطار النظري

يعتبر التصنيف من العمليات المعقدة في الاستشعار عن بعد، وذلك لمعالجة الصور؛ سواء كان عن طريق الحاسوب او التفسير البصري لإنتاج الخرائط الموضوعية (Lillesandm & Chipman, ٢٠١٥). حيث إن لكل ظاهرة على سطح الأرض خصائص طيفية أو نمط طيفي يختلف عن غيره باختلاف خصائصه المكانية والتي بدوها تؤثر على انعكاسية خلايا الصورة في النطاقات المختلفة، ولكي تتم عملية التصنيف يتم الاستعانة بالمعلومات أو الأنماط الطيفية في الصورة متعددة الاطيف كأساس لتقسيم خلايا الصورة حسب فئات الظاهرة قيد الدراسة (Yi Zou, Jonathan, ٢٠١٩).

يستخدم التصنيف في العديد من الدراسات الجغرافية وذلك لما له من اهمية في مجال تحديد فئات الظاهرة محل الدراسة، حيث تشمل الخطوات الرئيسية لتصنيف الصور في الاستشعار عن بعد ما يلي: تحديد نظام التصنيف المناسب، واختيار عينات التدريب، والمعالجة المسبقة للصور، واستخراج الميزات، واختيار أساليب التصنيف المناسبة، ومعالجة ما بعد التصنيف، وتقييم الدقة ((Rawat & Kumar, ٢٠١٥). تعد حاجة المستخدم، وحجم منطقة الدراسة، والحالة الاقتصادية، ومهارات المحلل من العوامل المهمة التي تؤثر

على اختيار البيانات المستشعرة عن بعد، وتصميم إجراءات التصنيف، ونوعية نتائج التصنيف (Blaschke et al, ٢٠١٤).

تعد دراسات استخدام الارض والغطاء الأرضي من ابرز الدراسات الجغرافية التي تستخدم التصنيف في انتاج الخرائط وتحقيق اهداف الدراسة ، حيث تلعب خرائط استخدام الارض والغطاء الأرضي (Land use land cover, LULC) دورًا مهمًا ورئيسيًا في تخطيط وإدارة ورصد برامج التنمية على المستويات المحلية والإقليمية والوطنية حيث يعتمد نمو المجتمع كليا على تطوره الاجتماعي والاقتصادي (Sandipta & Dasharatha, 2022) ، ولذلك لابد من تصنيف استخدام الأراضي والغطاء الأرضي على مدى فترة من الزمن، من أجل تحقيق التنمية الحضرية المستدامة والتحقق من التطور العشوائي للبلدات والمدن، لمعرفة أفضل الجوانب لهذه الاستخدامات، وذلك لأهميتها في تشكيل السياسات والبرامج المطلوبة للتخطيط التنموي (congaltion & Green, 2019).

على الرغم من ضرورة وجود نظام تصنيف موحد للأقاليم المتشابهة، لم يتم قبول أي تصنيف من التصنيفات الحالية دوليا دون ان يتم عليه بعض التعديلات ليتوافق مع جغرافية المنطقة، وكثيراً ما تكون فئات الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض غير مناسبة لأغراض معينة، فإن هذا يترتب عليه وجود مشاكل في أنظمة التصنيف العالمية عند تطبيقها على مناطق أخرى وضرورة إيجاد تصنيف يتناسب مع منطقة الدراسة المحلية (Duhamel, ١٩٩٥). واعتمدت هذه الدراسة على نظام تصنيف الأمم المتحدة (FAO).

منطقة الدراسة:

تقع محافظة الخرج في منطقة الرياض في وسط المملكة العربية السعودية بين دائرتي عرض (٠٢ ° ٠٦ ° ٢٣ °، ١٠ ° ٣٤ ° ٢٤ °) شمال خط الاستواء وبين خطي طول (٣٧ ° ٣١ ° ٤٦ °، ١٨ ° ١٣ ° ٤٨ °) شرق خط جرينتش (الشكل رقم ١) وتبلغ مساحة محافظة الخرج حوالي (١١١٦٤ كم^٢) تمثل (٥,٢٩ %) من إجمالي مساحة منطقة الرياض التي تقدر بحوالي (٣٧٤٣٤٠ كم^٢) (بلدية محافظة الخرج، ٢٠٢٢).

ويبلغ عدد سكانها حوالي (٣٧٣,١٧٧) نسمة، حسب تعداد السعودية ٢٠٢٢ (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٤)، ومن الناحية الإدارية يتبع إقليم الخرج منطقة الرياض إدارياً، حيث يحده من الشمال الرياض ومن الغرب محافظة الدلم ومحافظة المزاحمية ومحافظة الحريق، ومن الجنوب الغربي محافظة حوطة بني تميم، ومن الجنوب محافظة الأفلاج، ومن الشرق المنطقة الشرقية. ويشمل الإقليم الجزء الأكبر من الحوض الأعلى لوادي السهباء والذي تصب فيه الأودية التي تصرف المنحدر الخلفي لجبال طويق الرسوبية الوعرة. كما يحتل النطاق الحضري والريفي للإقليم الجزء الأكبر من هذا الحوض وبالتحديد في المنطقة السهلية (سهل الخرج) المحصورة ما بين الحافة الشرقية المرتفعات جبال عليّة غرباً حتى

السهباء شرقاً ومن جبال مغرة شمالاً وحتى مرتفعات القصيعة جنوباً (الجعدي، ٢٠١٩)، وتعد مدينة السيح عاصمة الخرج الحديثة ومركزها الإداري والاقتصادي. وتقع محافظة الخرج بشكل كامل ضمن حدود الرف العربي لذا فإن التتابع الطبقي للتكوينات الرسوبية من الغرب إلى الشرق هو السمة الغالبة على الخريطة الجيولوجية. وتحتوي المحافظة على عدد من المنكشفات الرسوبية مثل حافة العرمة وحافة الجبيل. وتنتشر صخور العصر الجوراسي الأعلى الكربونية في معظم الجزء الغربي، بينما تحتل صخور العصر الكريتاسي معظم منطقة الوسط، وصخور عصر الباليوسين على الجزء الشرقي للمحافظة. ويقطع هذه التكوينات ما يعرف بسهل الخرج الذي يمثل منخفضاً تكتونياً بسبب وجود كتل جبلية تظهر على جانبي السهل وترجع لنفس هذه التكوينات (الجعدي، ٢٠١٩).

وتتجمع رواسب الأودية في منطقة وادي السهباء شمال شرق مدينة الخرج والمناطق المحيطة بمدينتي (الهيثم والدلم) مكونة التربة الصالحة للزراعة حيث تتركز المناطق الزراعية، كما تتركز معظم التجمعات العمرانية بالمحافظة حول هذه المنطقة حيث توجد الأراضي الصالحة للزراعة وتتوافر المياه الجوفية.

يلعب المناخ دور بارزاً وتأثيراً واضحاً على الخصائص البيئية للإقليم من تربة ونباتات ومصادر المياه بالإضافة إلى أنشطة الانسان من زراعة ورعي وغيرها. فالموقع الفلكي والجغرافي لإقليم الخرج في وسط المملكة العربية السعودية وبعدها عن المسطحات المائية يجعلها ضمن النطاق المداري الحار الجاف الذي يغلب عليه المناخ القاري المعروف بشدة الحرارة صيفاً والبرودة شتاءً، كما يلعب الموقع الفلكي دوراً مهماً في تحديد زاوية سقوط أشعة الشمس والمسافة التي تقطعها الأشعة في رحلتها إلى الأرض ولذلك تتأثر المنطقة بالتقلبات الحرارية التي تحدث بين فصل وآخر. كما أن وقوع إقليم الخرج وسط المملكة يجعله ضمن نطاق الضغط الجوي المرتفع شبه المداري، الذي يؤدي إلى سيادة هبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية الجافة، التي تجعل أيام الشتاء ذات طقس مستقر بارد يضعف مع بداية فصل الربيع ويتلاشى في فصل الصيف.

أما امطار محافظة الخرج فهي متذبذبة وغير منتظمة، تتساقط عادة بشكل فجائي وبزخات شديدة ومتباينة الكمية في المكان والزمان كما هو حال الأقاليم الجافة، ولذلك يعد إقليم الخرج من أبرز الأقاليم في وسط المملكة التي يوجد بها تنوع نباتي جيد تبعاً لسيطرة البيئة السهلية على أكثر مناطق الإقليم.

منهجية البحث:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التحليل الكمي باستخدام الطرق التجريبية الكمية، لاشتقاق نوع الغطاء الأرضي في محافظة الخرج بخوارزميات تعلم الآلة من مرئيات القمر الصناعي Sentinel-2 بناء على الحقائق الأرضية ومن ثم تقييم أداء التصنيف باستخدام التصنيف المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي واستخدام الطريقة الامثل، لإنتاج وتحديث خرائط موضوعيه لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي في محافظة الخرج.

تعتمد هذه الدراسة على تصنيف World Cover لتصنيف الغطاء الارضي لمنظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة (Food and Agriculture Organization of (the United Nations) (FAO)، حيث ان هذا التصنيف يتوافق في كثير من نقاطه مع نظام الحساب العالمي (System of National Accounts (SNA وهو نظام معلوماتي عالمي، ويعتبر هذا التصنيف مرناً وبسيط الفهم وذلك لوجود توافق بين تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض، ويمكن اسقاط المتغيرات عند اعتماد أحد التصنيفين ، ويتيح هذا التصنيف ايضاً إمكانية تجميع البيانات على مستويات مختلفة من خلال وحدات رسم الخرائط ،حيث يتم من خلاله تحليل اثر النشاطات البشرية المختلفة في الأرض وذلك لتلبية احتياجات المستخدمين، عن طريق الاعتماد على نظام تصنيف الغطاء الأرضي العالمي World Cover وذلك لتصنيف عينات التدريب والحقائق الأرضية جدول رقم (1) لما له اهمية التغلب على جمود التصنيفات السابقة للغطاء الأرضي ، حيث كانت لا تسمح بسهولة تخصيص الفئات المحددة. ويعد هذا التصنيف من التصنيفات الهرمية حيث ان كل ما زاد عدد المصنفات المستخدمة، زادت تفاصيل فئة الغطاء الأرضي المحددة حيث ان جميع الفئات المستمدة من نظام التصنيف المقترح فريدة ولا يوجد بها لبس وذلك بسبب الاندماج الداخلي والوصف المنهجي للفئات.

وتم اقتراح استخدام الفئات المستخدمة في التصنيف العالمي World Cover مع بعض التعديل ليتلاءم مع منطقة الدراسة جدول رقم (1)

جدول رقم (1) فئات التصنيف المستخدمة في الدراسة

م	الفئة	Land cover class
1	أراضي جرداء	Bare/sparse vegetation
2	حقول زراعية	Cropland
3	أراضي مبنية (المباني والطرق)	Built-up
4	مياه دائمة	Permanent water bodies
5	اشجار	Tree cover
6	أعشاب غدقة	Herbaceous wetland

البيانات المستخدمة:

اعتمدت الدراسة على عدد من البيانات مختلفة المصدر تتمثل في التالي:

١- المرئيات الفضائية

تم الحصول على المرئية الفضائية متعددة الاطراف ملتقطة بواسطة القمر الصناعي الأوربي Sentinel-2 وبوضوح مكاني ١٠ متر جدول (٢)، من الموقع الإلكتروني Copernicus data space ecosystem، تجدر الإشارة ان المرئية المستند عليها في هذه الدراسة ملتقطة خلال الفترة من ١٠ ابريل الى ١٠ مايو من عام ٢٠٢٤م، وذلك لضمان خلو البيانات من تأثير الغيوم والسحب التي بدورها تساهم في تقليل جودة المرئية الفضائية، وكذلك لرصد الحقول الزراعية قبل موسم الحصاد في شهر مايو. وتم اختيار القمر الصناعي Sentinel-2 لعدة أسباب لعل من أبرزها هي مهمة تصوير أوروبية واسعة النطاق وعالية الدقة ومتعددة الأطياف. حيث تم تصميم مواصفات المهمة الكاملة للأقمار الصناعية التوأم التي تحلق في نفس المدار، ولكن على مراحل عند ١٨٠ درجة، لإعطاء تردد إعادة زيارة عالي لمدة ٥ أيام عند خط الاستواء. ويحمل Sentinel-2 أدوات مسح بصرية تأخذ عينات من ١٣ نطاقا طيفيا: أربع نطاقات على بعد ١٠ أمتار، وستة نطاقات على بعد ٢٠ مترا، وثلاثة نطاقات بدقة مكانية تبلغ ٦٠ مترا. بحيث تبلغ عرض الرقعة المدارية ٢٩٠ كم (<https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>).

٢- قاعدة بيانات جغرافية لحدود محافظه الخرج الرسمية من بلدية محافظة الخرج: وتشمل حدود منطقة الخرج الرسمية المعتمدة من هيئة تطوير مدينة الرياض لعام ١٤٤٥هـ.

الحقائق الأرضية:

تعتمد دراسة تقييم اداء التصنيف المراقب على عينات التدريب Training area التي تمثل مواقع يتم فيها تحديد نوع الغطاء الأرضي ميدانياً، او من خلال الأدوات المساعدة الأخرى كالخرائط الطبوغرافية أو المرئيات الفضائية عالية الدقة (العمران، ٢٠١٢)، وذلك لتدريب خوارزمية التصنيف لاشتقاق فئات الغطاء الأرضي، وتم توزيع العينات توزيعاً عادلاً، لتغطي منطقة الدراسة وتستوفي جميع فئات التصنيف، وبلغ عدد عينات الحقائق الأرضية ٧٤٥ عينة. وتم اخذ العينات على النحو التالي: بلغ عدد العينات عن طريق التحليل البصري لمرئيات فضائية عالية الدقة ((Google Earth ما مجموعه ٧٤٥ عينة، كما هو متبع في بعض الادبيات كدراسة دونق-دونق وآخرون (Dong-dong et al, ٢٠١٩) (وهي من الدراسات التي اعتمدت على عمل تصنيف بناء على الخلية والتصنيف بناء على الهدف لمنطقة تشينهو واي بالصين، ودراسة مينغ وآخرون (ming et al, ٢٠١٦) لتصنيف الغطاء الأرضي في منطقة تشانغ بينغ شمال غربي مدينة بكين، وكذلك دراسة الدوسري (الدوسري، ٢٠٢٣) والتي اعتمدت على التصنيف المبني على الهدف في استخلاص السبخ في السهل الساحلي شرقي المملكة العربية السعودية. وكذلك تم اخذ ٥٠ عينة عشوائية ميدانياً

من خلال استخدام GPS ، وقد تم اختيار ٧٠% من العينات عشوائياً؛ لتدريب خوارزمية Algorithm Training، بينما استخدمت ٣٠% من العينات للتحقق من صحة التصنيف .Validation

جدول (٢) الخصائص الطيفية للنطاقات المستخدمة في الدراسة

النطاق	طول الموجة (نانومتر)	النطاق	الاستخدام	الوضوح المكاني
1	433-453	أزرق (للساحل)	يفيد في دراسة المياه الضحلة	60
2	458-523	الأزرق (المرئي)	يفيد في دراسة مياه السدود والتمييز بين أنواع التربة والغطاء النباتي بالإضافة الى الدراسات الحضرية	10
3	543-578	الأخضر (المرئي)	يفيد في دراسة صحة النبات وكذلك المسطحات المائية ودرجة امتصاص الكلوروفيل، والظواهر على اختلاف أنواعها	10
4	650-680	الأحمر (المرئي)	يفيد في تمييز الغطاء النباتي وتحديد طبيعة المياه والتربة وتمييز الرطوبة.	10
5	698-713	الأشعة تحت الحمراء القريبة (VNIR)	يفيد في تحديد الغطاء النباتي، ورطوبة التربة وتمييز بين الأراضي الرطبة والجافة وكذلك يستخدم في الدراسات الحضرية..	20
6	733-748			20
7	773-793			20
8	785-900			20
٨	855-875			20
9	935-955	الاشعة تحت الحمراء قصيرة الموجة (SWIR)	يساعد في تحديد رطوبة محتوى التربة والكشف عن المعادن، وتمييز أنواع المعادن والصخور.	60
10	1360-1390			60
11	1565-1655			20
12	2100-2280			20

المعالجة الرقمية:

تمر المعالجة الرقمية لتصنيف المرئيات الفضائية بثلاث مراحل، المعالجة الأولية ومن ثم المعالجة الرئيسية المتمثلة في تصنيف المرئية وأخيراً المعالجة الثانوية لتحسين الناتج من عملية التصنيف، ويمكن تناولها بالتفصيل كما يلي:

اولاً: المعالجة الأولية للمرئيات الفضائية: pre-processing

١- فحص جودة المرئية: قبل الشروع في عمليات المعالجة والتحليل لابد من التأكد من سلامة المرئيات الفضائية من العيوب التقنية عند الالتقاط ومن العوائق الجوية مثل

- الغبار والسحب، وتم ذلك عن طريق فحص المرئية الفضائية بصرياً بالإضافة لفحص ملف البيانات المرفق بالمرئية (Metadata)، وذلك لتسهيل التعرف على المظاهر الطبيعية والبشرية المختلفة لمنطقة الدراسة والتقريب بينها ومن ثم تفسيرها.
- ٢- تحويل قيم المرئية من خلال قسمة القيم على ١٠ الاف بحيث تصبح قيم المرئية ممثلة لانعكاسية الأشعة على سطح الأرض surface reflectance.
- ٣- مصفوفة المرئيات (دمج المرئيات) Image Mosaic: هي عملية دمج مجموعة من المرئيات الفضائية المتجاورة مكانياً ضمن صورة واحدة متكاملة تغطي مساحة جغرافية واسعة، مع الحفاظ على التناسق الطيفي والمكاني في المرئية الاصلية، وذلك من اجل انشاء مرئية فضائية موحدة ذات دقة مكانية وزمانية متجانسة (Lille sand et al, ٢٠١٥). ونظراً لاتساع مساحة منطقة الدراسة وتغطيتها ب٩ مرئيات فضائية أُجريت عملية مصفوفة المرئيات Image Mosaic؛ لتمثيل منطقة الدراسة بمرئية واحدة، وتمت هذه العملية باستخدام أداة Mosaic to New Raster ضمن برنامج ArcGIS ١٠.٨.
- ٤- الاقتطاع Subset: تمت عملية الاقتطاع بالاستناد على حدود منطقة الدراسة، من خلال استخدام أداة Extract by Mask احدى أدوات برنامج ArcGIS ١٠.٨، وتفيد هذه العملية في اختصار الوقت المستغرق في العمليات اللاحقة من معالجة وتحليل ونحوه، فضلاً عن أهميتها في تقليل حجم الذاكرة في جهاز الحاسوب.
- ٥- المؤشرات الطيفية: Spectral Indices تم اشتقاق المؤشرات الطيفية لتسهيل تعرف المصنف على فئات استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في المحافظة وتشمل المؤشرات التالية:

١. مؤشر النبات الفارقي المعياري (Normalized difference vegetation

$$\text{index-NDVI): } NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$$

حيث إن:

NDVI = مؤشر النبات الفارقي المعياري

NIR = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة

R = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة الحمراء

٢. مؤشر المناطق المبنية (الفارق المعياري) Normalized Difference Built-

$$\text{up Index (NDBI): } NDBI = \frac{SWIR-NIR}{SWIR+NIR}$$

حيث إن:



NDBI = مؤشر المناطق المبنية

SWIR = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة

٣. مؤشر

المياه الفارقي (Normalized Difference Water Index (NDWI): ويتم حسابه

كما يلي:

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

حيث إن:

NDWI = المؤشر الفارقي المعياري للمياه.

Green = قيمة الانعكاس الطيفي في النطاق الأخضر المرئي.

و تركيب النطاقات (دمج النطاقات): Band Stacking: في هذه المرحلة تم تركيب النطاقات؛ وذلك من أجل الحصول على مرئية واحدة تضم الطبقات التالية (الأطياف المرئية والاشعة الحمراء القريبة والقصيرة، والمؤشرات الطيفية)؛ لتسهيل عمليات المعالجة اللاحقة، وقد تم تجميع النطاقات بالاعتماد على برنامج ArcGIS ١٠.٨ وذلك من خلال أداة Composite Bands، وبذلك أصبحت المرئية التي تم تطبيق التصنيف مكونة من ٨ نطاقات كما في جدول رقم (٣).

جدول (٣) النطاقات المركبة

النطاقات
النطاق ١ المرئي (الأزرق) Blue
النطاق ٢ المرئي (الأخضر) Green
النطاق ٣ المرئي (الأحمر) Red
النطاق ٥ NIR تحت الحمراء القريبة
النطاق ٦ SWIR تحت الحمراء القصيرة
طبقة مؤشر النبات الفارقي المعياري (Normalized Difference Vegetation) NDVI
طبقة مؤشر المباني الفارقي المعياري (Normalized Difference Built-up) NDBI
Index
طبقة مؤشر المياه الفارقي المعياري (Normalized Difference Water) NDWI
Index

المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية Digital Image Processing:

تعد عملية التصنيف احدى العمليات ذات الأهمية في الاستشعار عن بعد، ونظراً لهذه الأهمية تم تطوير مناهج وطرق مختلفة صُنفت الى ثلاث فئات، واستُخدمت هي وما تشتمل عليه من أساليب وخوارزميات على نطاق واسع؛ لإنتاج خرائط الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض (Al-doski al, ٢٠١٣).

ومن خلال هذه الدراسة تم المقارنة بين فئتين من فئات التصنيف الموجه وهي كما يلي:

أ- التصنيف الموجه المبني على الخلية: Pixel-Based Classification

يعتبر التصنيف الموجه المبني على الخلية (Pixel-Based Classification) أحد أساليب التصنيف الشائعة في تحليل الصور الفضائية. في هذا النوع من التصنيف، يتم تصنيف كل بيكسل في الصورة بناءً على قيم البيانات الطيفية لها، ويتم ذلك عن طريق اعداد البيانات Data Preparation باستخدام برنامج ArcGIS Pro حيث يتم استيراد البيانات للمرئية الفضائية للقمر الصناعي Sentinel-٢، والتي تشتمل على جميع الطبقات (النطاق المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة والقصيرة) والمؤشرات (الغطاء النباتي والمباني والمياه). وبعد التأكد من جاهزية البيانات، وعينات التحقق -من خلال تحديد المناطق التي تمثل كل فئة من فئات الغطاء الأرضي-، والتأكد من اختيار عينات تمثل جميع الأنماط الطيفية لكل فئة لضمان دقة التصنيف. حيث تم اختيار أداة التصنيف (تصنيف الأشجار العشوائية) (Random Trees Classification)، شكل رقم (٢) وشكل (٣) ومن ثم تتم عملية التصنيف ((Classifying the Image) وتحليل النتائج (Analyzing Results) باستخدام أدوات التحليل المكاني لمراجعة النتائج والتأكد من دقتها واستخدام مصفوفة (Confusion Matrix) لمقارنة النتائج مع البيانات المرجعية (Ground Truth Data) ثم حساب مؤشرات دقة التصنيف. وبلي ذلك عملية تحسين التصنيف (Refining the Classification) بعد مراجعة التصنيف إذا كان هناك أخطاء يمكن تحسينها عن طريق إضافة عينات تدريب لتحسين تمثيل الفئات وزيادة عدد الفئات للحصول علي دقة أفضل في الفصل بين فئات التصنيف. واخيراً يتم تصدير النتائج (Exporting Results) كملف Shapefile لاستخدامه في التطبيقات المختلفة لنظم المعلومات الجغرافية.

ب- تقسيم المرئيات الفضائية الى أهداف جغرافية Image segmentation

تُشكل عملية تقسيم المرئية image segmentation الى اهداف image objects حجر الأساس للتصنيف المراقب للمرئيات الفضائية المبني على الهدف الجغرافي object-based classification لأن صحة التصنيف المراقب المبني على الهدف الجغرافي يعتمد على مدى توافق الأهداف المنتجة في عملية التقسيم مع الأهداف الجغرافية الحقيقية على الأرض (Blaschke, ٢٠١٠)، لدرجة أن التصنيف المراقب للمرئيات الفضائية المبني على الهدف الجغرافي يفقد ميزته التفضيلية على التصنيف المراقب للمرئيات الفضائية المبني

على الخلية إذا كانت الأهداف المنتجة في عملية التقسيم لا تتوافق بشكل جيد مع الأهداف الجغرافية الحقيقية على الأرض (Blaschke, 2010)، حيث تعتمد هذه العملية على تقنيات تحليل الصور الرقمية لتقسيم المرئية إلى مناطق متجانسة بناءً على خصائصها الطيفية والمكانية.

ج- التحقق من صحة التصنيف classification accuracy assessment

يعد التحقق من صحة التصنيف احد الركائز الأساسية لعملية إنتاج خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي بالتصنيف المراقب للمريئات الفضائية، وسيستخدم لذلك نموذج الغابة العشوائية المعايير على عينات التدريب لتصنيف عينات التحقق وإنتاج مصفوفة الخطاء confusion matrix من فئات استخدامات الأرض والغطاء الأرضي الملاحظة في عينات التحقق مقابل فئات استخدامات الأرض والغطاء الأرضي المقدره بالنموذج المعايير الشكل رقم (٢) لكل من التصنيف على مستوى الخلية والتصنيف على مستوى الهدف الجغرافي، ومن ثم حساب مؤشرات صحة التصنيف التالية:

$$\text{Precision} = \text{TP}/(\text{TP} + \text{FP}).$$

$$\text{Recall} = \text{TP}/(\text{TP} + \text{FN}).$$

$$\text{F-score} = 2(\text{precision} \times \text{recall})/(\text{precision} + \text{recall})$$

د- تصنيف المرئية الفضائية

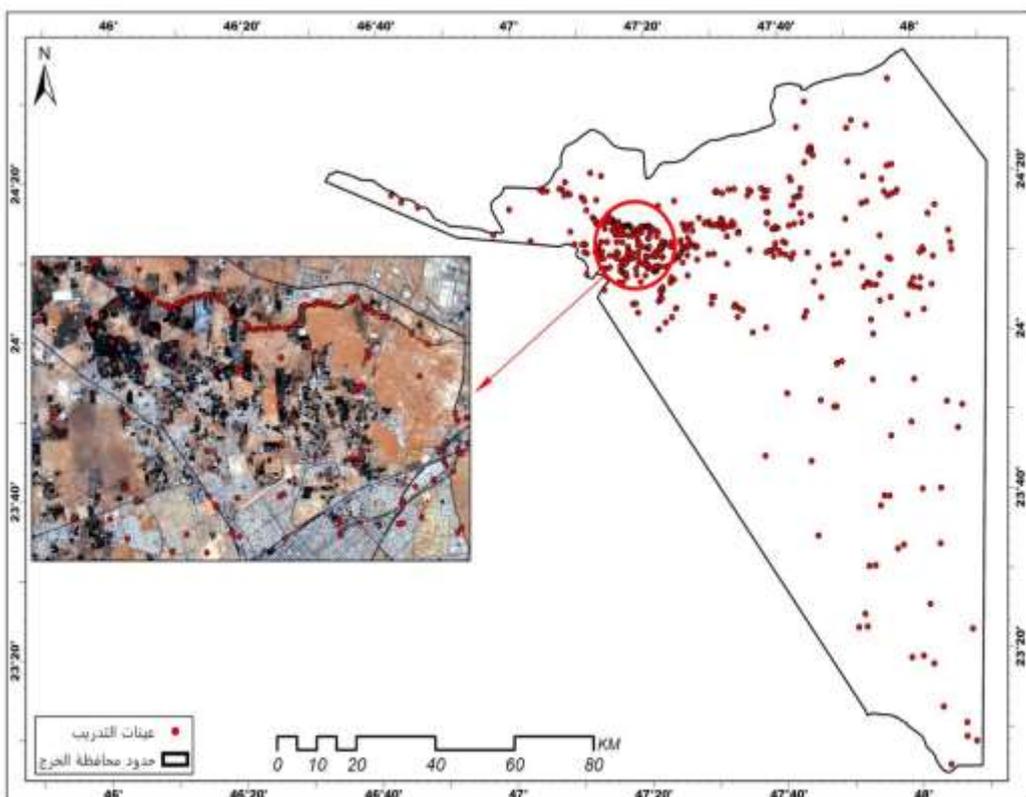
يستخدم أسلوب التصنيف الأفضل أداء سواء كان التصنيف المبني على الخلية أم التصنيف المبني على الهدف الجغرافي بالنموذج المعايير من المرئية الفضائية أو الأهداف الجغرافية المشتقة من المرئية في حالة التصنيف المراقب المبني على الهدف الجغرافي لاشتقاق استخدامات الأرض والغطاء الأرضي لكامل منطقة الدراسة.

جدول (٤) معامل الوزن المستخدم لكل نطاق في عملية التقسيم

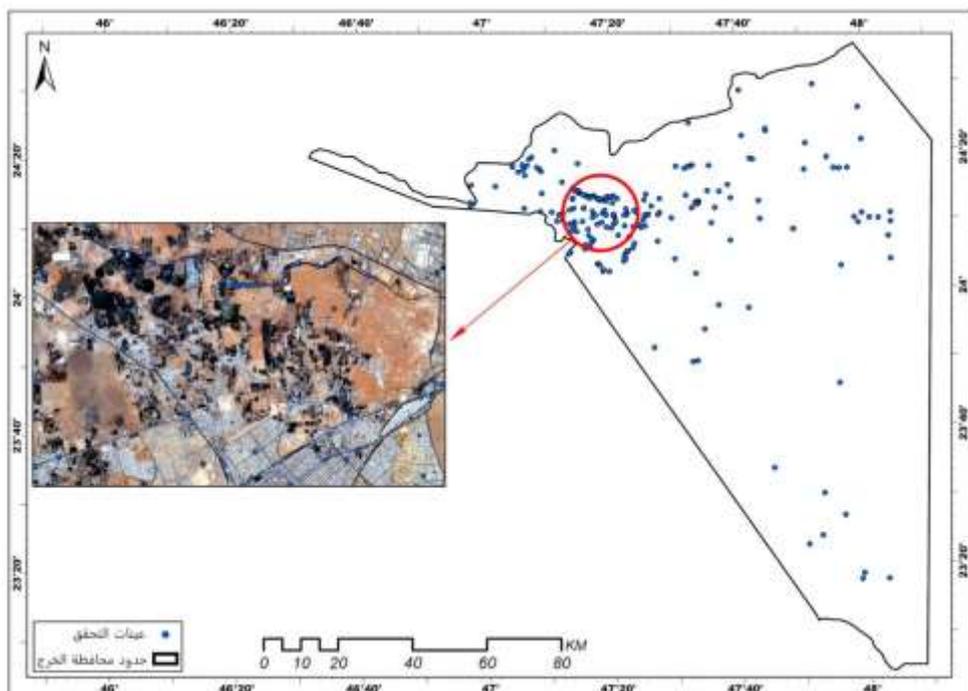
الاوزان	النطاقات
1	النطاق ١ المرئي (الأزرق)
1	النطاق ٢ المرئي (الأخضر)
1	النطاق ٣ المرئي (الأحمر)
1	النطاق ٥ NIR تحت الحمراء القريبة
1	النطاق ٦ SWIR تحت الحمراء القصيرة
5	طبقة مؤشر النبات الفارقي المعياري (NDVI Normalized Difference Vegetation)
4	طبقة مؤشر المباني الفارقي المعياري (NDBI Normalized Difference Built-up Index)
4	طبقة مؤشر المياه الفارقي المعياري (NDWI Normalized Difference Water Index)

جدول (٥) المعاملات المعتمدة في عملية التقسيم

المعاملات	
0.4	معامل المقياس Scale
0.1	الشكل Shape
0.5	التركيز Compact



الشكل (٢) عينات التدريب العشوائية لمنطقة الدراسة.



الشكل (٣) عينات التحقق العشوائية لمنطقة الدراسة

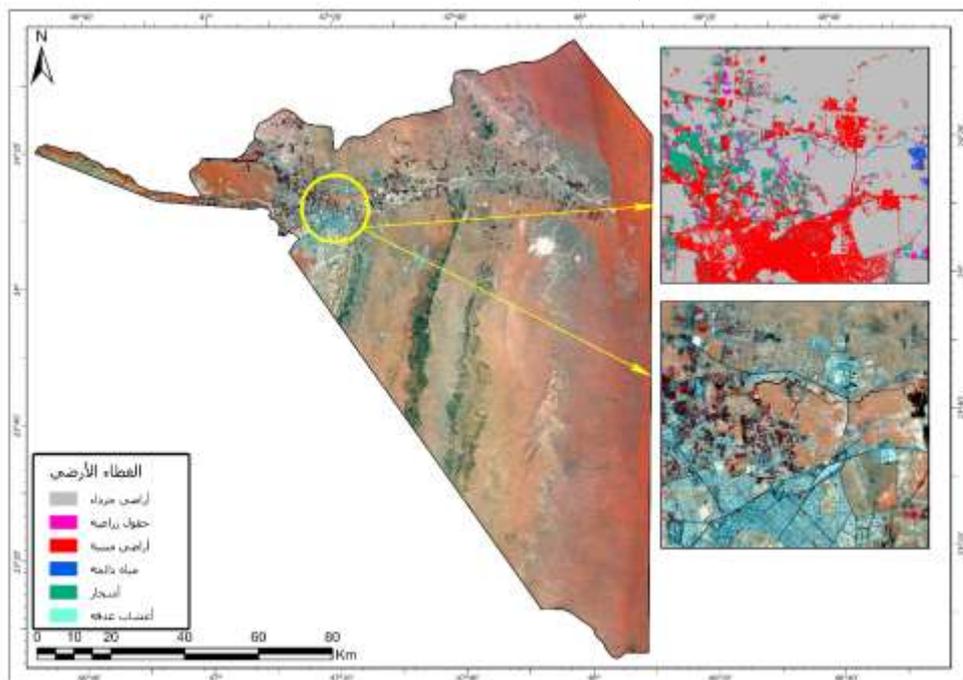
النتائج والمناقشة

تم تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي في محافظة الخرج بتقنية ذات مصداقية عالية من المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Sentinel ٢ بوضوح مكاني يبلغ ١٠ متر، وقد تم فحص جودة المرئيات الفضائية بصرياً قبل البدء بعمليات المعالجة والتحليل للتأكد من مدى جودتها وخلوها من الأعطال التقنية ، وسلامتها من تأثيرات الغلاف الغازي كالسحب والغبار، بالإضافة الى ذلك تم فحص البيانات المصاحبة للمرئيات المعروفة بـ Metadata، ومن ثم أجريت عليها العديد من خطوات المعالجة الأولية قبل البدء بعملية التصنيف، كمصفوفة المرئيات Image Mosaic ، والاقطاع Subset، وعملية تركيب النطاقات Band Stacking، بالإضافة للمؤشرات الطيفية Indices Spectral؛ لتصبح بعد ذلك المرئية جاهزة للتصنيف، حيث صنفت المرئية بأسلوب التصنيف المراقب بنوعية؛ المبني على الخلايا(البيكسل) والمبني على الهدف الجغرافي. حيث تم جمع عينات الحقائق الأرضية من خلال المسح الميداني واستخدام برنامج Google Earth، ومن ثم تقسيمها الى عينات

التدريب والتحقق بواسطة Subset Feature بنسبة ٧٠% عينات التدريب الشكل (٢) و ٣٠% عينات التحقق الشكل (٣)، وباستخدام خوارزمية الغابة العشوائية Train Random ArcMap Pro في برنامج Trees Classifier على الخلية (البيكسل) باستخدام الأداة Classify Raster، وكذلك تم تصنيف المرئية الفضائية تصنيفاً مبنياً بأسلوب التصنيف المبني على الهدف حيث يتم فيه تحويل خلايا المرئية الى أهداف جغرافية تُشكل مجموعة من الخلايا المتجاورة والمتشابهة في خصائصها الطيفية والمكانية، وكمرحلة أولى في عملية التصنيف قُسمت المرئية الى أهداف باستخدام خوارزمية التقسيم متعدد الوضوح Multi-resolution segmentation التي تعد من أفضل طرق التقسيم؛ وذلك لأخذها في الحسبان كل من الخصائص الطيفية الموزونة، والخصائص المكانية (الشكلية) الموزونة والتي تتمثل في تركيز الهدف object compactness ونعومته smoothness أثناء اجراء العملية. وقد شكلت الأهداف الجغرافية الناتجة من عملية التقسيم وخصائصها الطيفية والمكانية المدخلات الأساسية لعملية التصنيف بخوارزمية الغابة العشوائية Random Forest التي تتفوق على غيرها من الخوارزميات بالقدرة على استخدام عدد غير محدود من المتغيرات المستقلة independent (explanatory) variables، لتغلبها على مشكلة تعدد الأبعاد multidimensionality problem ، التي تعاني منها بقية خوارزميات التصنيف، كما أن هذه الخوارزمية تعطي تصنيفاً أكثر صحة accuracy وثبات، وبعد التأكد من ذلك تم تصنيف كامل أهداف المرئية all image objects باستخدام نموذج الغابة العشوائية Random Forest المعايير والخصائص الطيفية والمكانية للأهداف، ومن ثم عُملت مجموعة من طرق المعالجة الثانوية لتحسين المنتج كالإذابة Dissolves، والاستقصاء بالدمج Eliminate، والتنعيم Smoothing، وبعد استخراج التصنيف المناسب للغطاء الأرضي واستخدام الأرض، واختيار التصنيف المناسب بعد التقييم؛ أُنتجت قاعدة بيانات جغرافية مكتملة الخصائص الفنية والبيانات المكانية لتكون كاملة التوثيق للاستخدام مستقبلاً في مختلف التطبيقات، في ظل عدم وجود تصنيف موحد للمملكة العربية السعودية عدا التصنيف العالمي الذي اقتصر على عدد فئات اقل للمملكة. كما تم انتاج خريطة موضوعية مكتملة العناصر الكارتوغرافية لإبراز التصنيف الأمثل لاستخدام الأرض والغطاء الأرضي لمحافظة الخرج ضمن منطقة الرياض في المملكة العربية السعودية.

تعتمد صحة وتفوق التصنيف المبني على الخلية والمبني على الهدف على مدى ملائمة وموثوقية البيانات الناتجة من عملية التصنيف للمرئية بناء على المدخلات من المعاملات المدونة في جدول (٥) والأوزان الموضحة في جدول (٤) لتتوافق حدودها بشكل كبير مع مركب الألوان الزائفة في جزء من منطقة الدراسة ممثله في محافظة الخرج حيث يلاحظ التطابق الكبير لحدود الفئات مع حدود الظاهرة الجغرافية بكافة فئات الظاهرة قيد الدراسة

الشكل (٤) (الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، الأراضي المبنية، المياه الدائمة، الأشجار، الأعشاب الغدقة). وكذلك يلاحظ من الشكل مناسبة أحجام الأهداف وعدم وجود أكثر من ظاهرة جغرافية في الهدف الواحد مما يشير الى الموثوقية العالية لعملية تقسيم المرئية الى أهداف جغرافية لتتم عليها عملية التصنيف.



الشكل (٤) أشكال العينات الناتج عن عملية التصنيف بالمقارنة مع مركب الألوان الزائفة، ومدى توافق حدود العينات مع حدود الظواهر الحقيقية على الأرض أداء خوارزمية التصنيف للحقائق الأرضية:

١- أداء خوارزمية التصنيف المعايير على عينات التدريب في التصنيف المبني على الخلية: تشير مصفوفة الخطأ Error Matrix المصنفة بالنموذج المعايير لعينات التدريب (جدول ٦) الى أن ١٣٦ عينة من عينات الأراضي الجرداء قد تم تصنيفها بشكل صحيح بينما عينة واحدة تم تصنيفها عن طريق الخطأ، حيث ان عدد عينات الأراضي الجرداء هي ١٣٧ عينة، بينما نجد ان فئة الحقول الزراعية بلغت ٨٠ عينة صحيحة وتم تصنيف ٧٤ عينة على انها حقول زراعية بينما ٦ عينات تم تصنيفها عن طريق الخطأ الى الفئات الأخرى، ونجد أيضاً ان فئة الأراضي المبنية تم تصنيف ١٠٨ عينات على انها أراضي

مبنيه وتم الارتباك في عينة واحده فقط، ونجد ايضاً ان فئة المياه الدائمة قد تم تصنيف ٥٠ عينة على انها مياه دائمة من أصل ٥٣ عينه وتم الخطأ في ثلاث عينات من فئة الأراضي الجرداء والحقول الزراعية والأشجار، وكذلك نجد ان عينات فئة الأشجار قد تم تصنيف ٧٩ عينة على انها من فئة الأشجار و ٨ عينات حدث ارتباك للمصنف فيها، بنما نجد ان فئة الأعشاب الغدقة تم تصنيف ٤٦ عينه منها بشكل صحيح و ١٠ عينات بشكل خاطئ من مجموع عينات الفئة ٥٦ عينة. وبالنسبة لمجمل الأهداف البالغ عددها ٥٢٢ عينة بمصفوفة الخطأ Erro Matrix لعينات التدريب فقد صنف نموذج الغابة العشوائية Random Forest المعايير ٤٩٣ عينة بشكل صحيح، في حين تم تصنيف العينات المتبقية والبالغ عددها ٢٩ عينة بشكل خاطئ.

جدول (٦) مصفوفة الخطأ لعينات التدريب في التصنيف المبني على الخلية

الواقع المستخدم	أراضي جرداء	حقول زراعية	أراضي مبنية (المباني والطرق)	مياه دائمة	أشجار	أعشاب غدقة	الحقائق الارضية
أراضي جرداء	136	0	1	0	0	0	137
حقول زراعية	4	74	0	1	1	0	80
أراضي مبنية (المباني والطرق)	1	0	108	0	0	0	109
مياه دائمة	1	1	0	50	1	0	53
أشجار	2	4	0	0	79	2	87
أعشاب غدقة	0	1	0	6	3	46	56
المجموع	144	80	109	106	84	52	522

أداء خوارزمية التصنيف المعايير على عينات التحقق في التصنيف المبني على الخلية: اختلف الأداء لخوارزمية التصنيف على عينات التحقق حيث انخفض نسبياً؛ وذلك لعدم تعرف الخوارزمية على عينات التحقق من قبل أي خلال عملية التدريب، لذلك أصبح الأداء فيها أقل من الأداء على عينات التدريب، لذلك أصبح الأداء فيها أقل من أداء عينات التدريب، وهذا ما جعلها تمثل الفحص الحقيقي لأداء خوارزمية التصنيف لعينات استخدام الأرض والغطاء الارضي ((LULC).

ومن خلال الجدول (٧) تبين لنا ان مصفوفة الخطأ Error Matrix التي تم تصنيفها بواسطة خوارزمية الغابة العشوائية Random Forest لعينات التحقق تشير الى انه ٤٦ عينة من الأراضي الجرداء تم تصنيفها بشكل صحيح من مجمل ٤٦ عينه في الفئة، بينما نجد في فئة الحقول الزراعية قد تم تصنيف ٣٠ عينة بشكلها الصحيح و ٦ عينات بشكل مخالف للواقع، وكذلك الحال في فئة الأراضي المبنية قد تم تصنيف ٣٥ عينة بشكلها الصحيح من مجمل ٤١ عينة بينما ٦ عينات لم تصنف بالشكل الصحيح، وكذلك الحال في

فئة المياه الدائمة قد بلغ تصنيف العينات بشكل صحيح ٢٧ عينة و ٧ عينات تم تصنيفها بشكل غير صحيح، بينما نجد ان فئة الأشجار تم تصنيف ٢٨ عينة مطابقة للواقع و ١٢ عينة جاءت بخلاف الواقع، ونجد أيضاً ان فئة الأعشاب الغدقة تم تصنيف ١١ عينة بشكل صحيح بينما ١٥ عينة تم تصنيفها بشكل غير صحيح. وبالنسبة لمجمل العينات والبالغ عددها ٢٢٣ عينة بمصفوفة الخطأ Error Matrix لعينات التحقق فقد صنف نموذج الغابة العشوائية Random Forest المعايير ١٧٧ عينة بشكل صحيح، في حين ان ٤٦ عينة قد تم تصنيفها بشكل غير صحيح.

جدول (٧) مصفوفة الخطأ لعينات التحقق في التصنيف المبني على الخلية

الواقع المستخدم	أراضي جرداء	حقول زراعية	أراضي مبنية (المباني والطرق)	مياه دائمة	أشجار	أعشاب غدقة	الحقائق الارضية
أراضي جرداء	46	0	0	0	0	0	46
حقول زراعية	2	30	0	0	2	2	36
أراضي مبنية (المباني والطرق)	3	1	35	2	0	0	41
مياه دائمة	0	1	0	27	1	5	34
أشجار	0	10	0	0	28	2	40
أعشاب غدقة	0	1	0	7	7	11	26
المجموع							223

أظهرت نتائج مصفوفة الخطأ (Error Matrix) للتصنيف المبني على الخلية (البيكسل) في جدول (٨) وجدول (٩) أداءً جيداً بشكل عام في عينات التدريب، حيث تراوحت قيم الدقة النوعية (Precision)، والاستدعاء (Recall)، ودرجة F بين ٠.٨٢ و ٠.٩٩ عبر الفئات الست وهي: الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، الأراضي المبنية، المياه الدائمة، الأشجار، والأعشاب الغدقة. وبلغت الدقة الكلية ٩٤% تقريباً، بينما كان المتوسط الكلي لمؤشرات الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F حوالي ٠.٩٤ و ٠.٩٣ و ٠.٩٣ على التوالي، في حين سجل المتوسط الموزون لهذه المؤشرات قيمة تقارب ٠.٩٤ - ٠.٩٥، مما يعكس مستوى جيداً من الدقة داخل البيانات التدريبية مع وجود بعض التباين في التنبؤ بين الفئات. وفي عينات التحقق، انخفض الأداء بشكل ملحوظ مقارنةً ببيانات التدريب، حيث بلغت الدقة الكلية نحو ٧٩%، في حين كان المتوسط الكلي لكل من الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F حوالي ٠.٧٧، وبلغ المتوسط الموزون لهذه المؤشرات نحو ٠.٧٩، وهو ما يشير إلى أن النموذج حافظ على مستوى مقبول من التعميم رغم الانخفاض الملحوظ. من حيث دقة الفئات، حافظت فئة الأراضي الجرداء على أفضل أداء ببلوغ درجة F

مقدارها ٠.٩٥ مع استدعاء كامل (١.٠٠)، بينما أظهرت الفئات الأخرى تفاوتاً واضحاً، إذ جاءت فئات مثل الأراضي المبنية بأداء مرتفع نسبياً، في حين سجلت الحقول الزراعية والمياه الدائمة والأشجار أداءً متوسطاً. وقد كانت فئة الأعشاب الغدقة الأضعف أداءً حيث حققت أدنى القيم في الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F1، مما يعكس تحديات في التنبؤ الدقيق لهذه الفئة.

جدول (٨) مقاييس الصحة لعينات التدريب في التصنيف المبني على الخلية

الحقائق الأرضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الأرضي
137	0.97	0.99	0.94	أراضي جرداء
80	0.93	0.93	0.93	حقول زراعية
109	0.99	0.99	0.99	أراضي مبنية (المباني والطرق)
53	0.91	0.94	0.88	مياه دائمة
87	0.92	0.91	0.94	أشجار
56	0.88	0.82	0.96	أعشاب غدقة
522	0.93	0.93	0.94	المتوسط الفعلي
522	0.94	0.94	0.95	المتوسط الموزون

جدول (٩) مقاييس الصحة لعينات التحقق في التصنيف المبني على الخلية

الحقائق الأرضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الأرضي
46	0.95	1.00	0.90	أراضي جرداء
36	0.76	0.83	0.70	حقول زراعية
41	0.92	0.85	1.00	أراضي مبنية (المباني والطرق)
34	0.77	0.79	0.75	مياه دائمة
40	0.72	0.70	0.74	أشجار
26	0.48	0.42	0.55	أعشاب غدقة
223	0.77	0.77	0.77	المتوسط الفعلي
223	0.79	0.79	0.79	المتوسط الموزون

أداء خوارزمية التصنيف المعايير على عينات التدريب في التصنيف المبني على الهدف: تشير بيانات مصفوفة الخطأ Error Matrix المصنفة بالنموذج المعايير لعينات التدريب في جدول رقم (١٠) ان جميع أهداف الفئات قد تم تصنيفها بشكل صحيح، حيث بلغ مجمل عدد الأهداف ٥٢٢ هدف وهذا يمثل العدد الصحيح لمجموع اهداف عينات التدريب المصنفة بحسب نموذج الغابة العشوائية Random Forest.

أداء خوارزمية التصنيف المعايير على عينات التحقق في التصنيف المبني على الهدف: من خلال رقم (١١) يتبين لنا من مصفوفة الخطأ Error Matrix المصنفة بحسب نموذج الغابة العشوائية Random Forest المعايير لعينات التحقق قد تم تصنيفها على النحو التالي:

- فئة الأراضي الجرداء تم تصنيف كافة الأهداف بالشكل الصحيح حيث بلغ عدد الأهداف ٤٦ هدفاً.
 - فئة الحقول الزراعية تم تصنيف ٢٦ هدفاً بشكل صحيح بينما ١٠ أهداف تم تصنيفها بشكل غير صحيح من مجمل الأهداف ٣٦ هدفاً في هذه الفئة.
 - فئة الأراضي المبنية نجد أن النموذج قد صنف ٣٨ هدفاً كما هو في الواقع بينما ٣ أهداف تم تصنيفها بشكل غير صحيح.
 - فئة المياه الدائمة بلغ عدد الأهداف المصنفة بشكل صحيح ١٩ هدفاً، بينما بلغ عدد الأهداف المصنفة بشكل غير صحيح ١٥ هدفاً من مجمل عدد الأهداف البالغ ٣٤ هدفاً.
 - فئة الأشجار تم تصنيف ٣٤ هدفاً بشكل صحيح ومماثل للواقع، في حين ان ٦ من الأهداف تم تصنيفها بشكل غير صحيح من إجمالي عدد الأهداف البالغ ٤٠ هدفاً.
 - فئة الأعشاب الغدقة تم تصنيف ١٠ أهداف بالشكل الصحيح، بينما ١٦ هدفاً تم تصنيفها بشكل غير صحيح من مجمل عدد الأهداف البالغ ٢٦ هدفاً.
- اما بالنسبة لمجمل الأهداف في عينات التحقق والبالغ عددها ٢٢٣ هدفاً بمصفوفة الخطأ Error Matrix فقد صنف نموذج الغابة العشوائية Random Forest المعايير ١٧٣ هدفاً بشكل صحيح، في حين ان ٥٠ هدفاً قد تم تصنيفها بشكل غير صحيح.

جدول (١٠) مصفوفة الخطأ لعينات التدريب في التصنيف المبني على الهدف

الواقع المستخدم	أراضي جرداء	حقول زراعية	أراضي مبنية (المباني والطرق)	مياه دائمة	أشجار	أعشاب غدقة	الحقائق الارضية
أراضي جرداء	137	0	0	0	0	0	137
حقول زراعية	0	80	0	0	0	0	80
أراضي مبنية (المباني والطرق)	0	0	109	0	0	0	109
مياه دائمة	0	0	0	53	0	0	53
أشجار	0	0	0	0	87	0	87
أعشاب غدقة	0	0	0	0	0	56	56
المجموع							522

جدول (١١) مصفوفة الخطأ لعينات التحقق في التصنيف المبني على الهدف

الحقائق الارضية	أعشاب غدقة	أشجار	مياه دائمة	أراضي مبنية (المباني والطرق)	حقول زراعية	أراضي جرداء	الواقع المستخدم
46	0	0	0	0	0	46	أراضي جرداء
36	0	8	0	0	26	2	حقول زراعية
41	0	1	0	38	0	2	أراضي مبنية (المباني والطرق)
34	12	1	19	0	2	0	مياه دائمة
40	3	34	0	0	3	0	أشجار
26	10	4	7	1	4	0	أعشاب غدقة
223	المجموع						

أظهرت نتائج مصفوفة الارتباك في جدول (١٢، ١٣) للتصنيف الهدفي (Object-Based Classification) أداءً مثاليًا في مجموعة التدريب، حيث بلغت قيم الدقة النوعية (Precision)، والاستدعاء (Recall)، ودرجة F١ لجميع الفئات الست (الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، الأراضي المبنية، المياه الدائمة، الأشجار، الأعشاب الغدقة) القيمة الكاملة (١.٠٠)، مما يشير إلى قدرة النموذج على التمييز الدقيق بين الفئات دون أي أخطاء ضمن بيانات التدريب. كما بلغت الدقة الكلية، والمتوسط الكلي، والمتوسط الموزون للمؤشرات أيضًا القيمة ١.٠٠، وهو ما يعكس أداءً مثاليًا داخل العينة التدريبية. في المقابل، انخفض الأداء في مجموعة التحقق، حيث سجّلت الدقة الكلية ما يقارب ٧٧%، بينما بلغ المتوسط الكلي لكل من الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F١ حوالي ٠.٧٥ و ٠.٧٤ و ٠.٧٣ على التوالي، في حين بلغ المتوسط الموزون لتلك المؤشرات نحو ٠.٧٧. وقد أظهر النموذج أداءً جيدًا في تمييز فئات مثل الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، والأراضي المبنية، بينما كانت دقة التنبؤ أقل نسبيًا في فئتي المياه الدائمة والأشجار. وسجّلت أضعف النتائج في فئة الأعشاب الغدقة، حيث حصلت على أقل قيم في مؤشرات التقييم الثلاثة، مما يدل على حاجة هذه الفئة إلى تعزيز في عدد العينات أو إدخال مزيد من الخصائص التمييزية لتحسين تصنيفها.

جدول (١٢) مقاييس الصحة لعينات التدريب في التصنيف المبني على الهدف

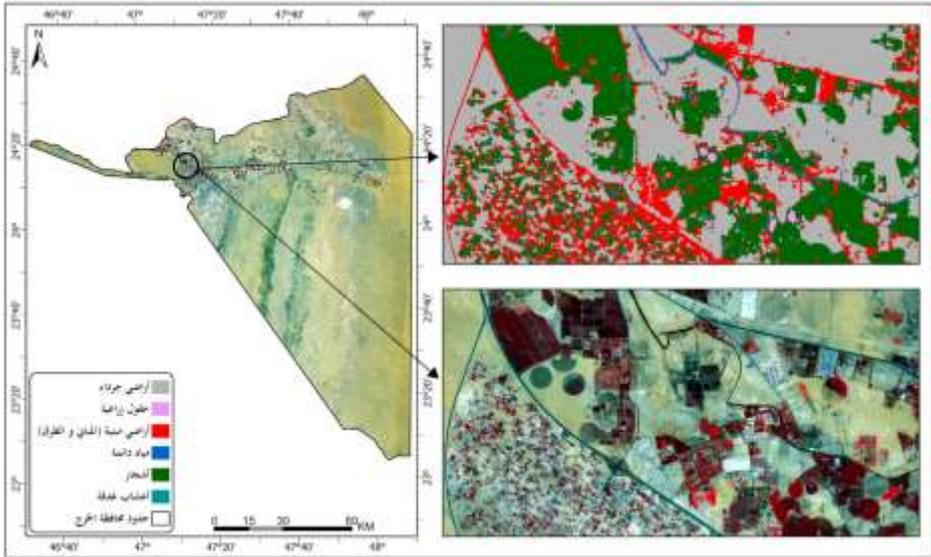
الحقائق الارضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الارضي
137	1.00	1.00	1.00	أراضي جرداء
80	1.00	1.00	1.00	حقول زراعية
109	1.00	1.00	1.00	أراضي مبنية (المباني والطرق)
53	1.00	1.00	1.00	مياه دائمة
87	1.00	1.00	1.00	أشجار
56	1.00	1.00	1.00	أعشاب غدقة
522	1.00	1.00	1.00	المتوسط الفعلي
522	1.00	1.00	1.00	المتوسط الموزون

جدول (١٣) مقاييس الصحة لعينات التحقق في التصنيف المبني على الهدف

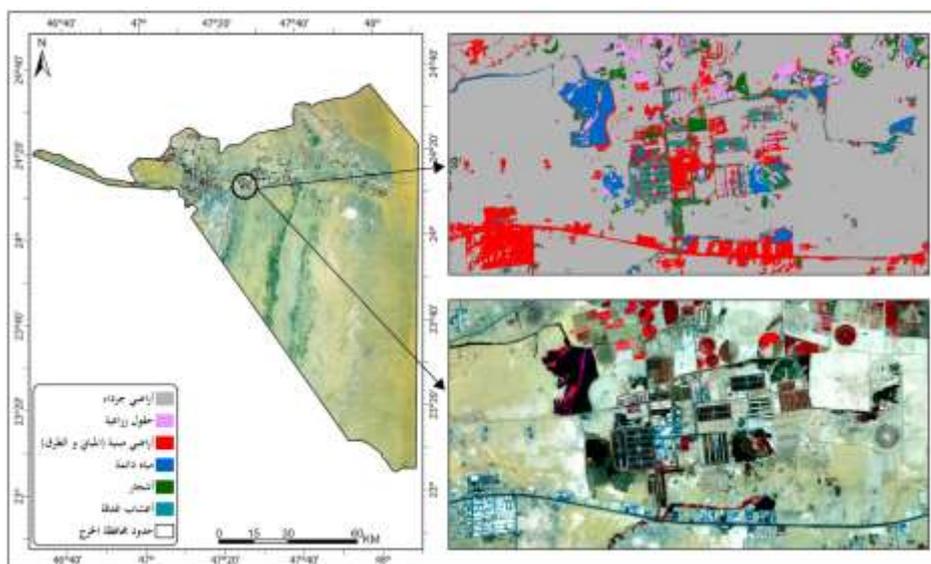
الحقائق الارضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الارضي
46	0.96	1.00	0.92	أراضي جرداء
36	0.73	0.72	0.74	حقول زراعية
41	0.95	0.93	0.97	أراضي مبنية (المباني والطرق)
34	0.63	0.56	0.73	مياه دائمة
40	0.77	0.85	0.71	أشجار
26	0.39	0.38	0.40	أعشاب غدقة
223	0.74	0.74	0.75	المتوسط الفعلي
223	0.77	0.78	0.77	المتوسط الموزون

عند مقارنة نتائج مصفوفتي الارتباك للطريقتين، يتضح أن التصنيف الهدي في (Object-Based Classification) حقق أداءً أعلى من التصنيف بالبيكسل (Pixel-Based Classification) سواء في مرحلة التدريب أو التحقق. فقد بلغ الأداء في التصنيف الهدي قيمة أعلى في بيانات التدريب لجميع الفئات من حيث الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F1، في حين بلغت القيم في التصنيف بالبيكسل مستويات جيدة لكنها أقل نسبياً، إذ تراوحت ما بين 0.82 و 0.99 في التدريب مع دقة كلية بلغت نحو 94%. أما في مرحلة التحقق، فقد حافظ التصنيف الهدي على دقة كلية قدرها 77% تقريباً مع متوسطات مقبولة

لمؤشرات التقييم، بينما سجل التصنيف بالبيكسل دقة كلية أقل نسبياً بنحو ٧٩% مع انخفاض ملحوظ في بعض الفئات، خاصة فئة الأعشاب الغدقة التي أظهرت أضعف النتائج في الطريقتين، لكنها كانت أفضل نسبياً في التصنيف الهدي مقارنة بالبيكسل. تظهر النتائج أن التصنيف المبني على الخلية كما في الشكل (٥) كان ذا موثوقية لابس بها وقد تم تصنيف الخريطة بالتطابق الكبير مع المرئية الأساسية الهدي وكذلك نجد ان التصنيف المبني على الهدف كما في الشكل (٦) يتميز بقدرته على التعامل بفعالية أكبر مع التباين المكاني والمعالم المتجانسة، مما يتيح للنموذج تمييز الفئات بناءً على خصائص الكائن ككل وليس بناءً على وحدات البيكسل المفردة، وهو ما يقلل من الضوضاء ويحسن الدقة العامة. في المقابل، يعاني التصنيف بالبيكسل من تأثره بالنشابه الطيفي بين الفئات المجاورة مما قد يؤدي إلى زيادة الأخطاء خاصة في الفئات ذات التداخل مثل الأعشاب الغدقة. ومما يجدر الإشارة اليه ان القيم الناتجة عن حساب المؤشرات جيدة للغاية وعالية الموثوقية سواء كانت مصفوفة الخطأ Error Matrix للعينات التي تم التدريب عليها أو مصفوفة الخطأ Error Matrix لعينات التحقق، مما يعني ان هناك دقة في التصنيف الموجه لاستخدامات الأرض والغطاء الأرضي بنوعية المبني على الخلية (البيكسل) والمبني على الهدف باستخدام نموذج الغابة العشوائية Random Forest.



شكل (٥) التصنيف المبني على الخلية باستخدام خوارزمية الغابة العشوائية Random Forest



شكل (٦) التصنيف المبني على الهدف باستخدام خوارزمية الغابة العشوائية Random Forest

الخاتمة والتوصيات:

جرى في هذه الدراسة تقييم أداء التصنيف المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي لاستخدام الأرض والغطاء الأرضي في محافظة الخرج بأسلوب تقني يتمثل في مصنف الغابة العشوائية Random Forest الذي يُشكل أبرز أدوات التعلم الآلي الخاضعة للأشراف والذي يقوم على انشاء العديد من أشجار القرار Decision tree ، واختيار مجموعات فرعية عشوائية من المتغيرات لكل شجرة واعتماد مخرجات الشجرة الأكثر شيوعاً كتصنيف شامل، وقد أعطت هذه العملية نتائج جيدة تم فحصها بصرياً وكمياً من خلال مجموعة من مؤشرات صحة التصنيف التي من ابرزها الصحة الشاملة Overall Accuracy والدقة Precision والاستدعاء Recall والصحة المتوازنة F1-Score للتأكد من مدى دقة التصنيف، وذلك من أجل إيجاد تصنيف موحد للفئات في المملكة العربية السعودية وذلك لعدم وجود تصنيف عدا التصنيف العالمي العام وبناء على الأداء العالي لخوارزمية الغابة العشوائية Random Forest في جودة مخرجات التصنيف كما يتضح من النتائج السابقة الذكر، فضلاً عن القيم العالية لمؤشرات صحة التصنيف فان الدراسة توصي بما يلي:

- ١- المساهمة في انشاء تصنيف خاص للمملكة العربية السعودية يعتمد على التصنيف الهديفي وذلك لجودة مخرجاته.
- ٢- عمل خريطة مصنفه لجميع مناطق المملكة العربية السعودية واستحداث فئات تصنيف مناسبة حسب جغرافية المملكة العربية السعودية .



المصادر والمراجع:

- الجعدي، فرحان حسين (٢٠١٩). إقليم الخرج. مكتبة الملك فهد الوطنية. الرياض.
- العمران، علي إبراهيم (٢٠١٢). مقدمة في الاستشعار عن بعد ومعالجة الصور رقمياً. دار وجوه للنشر والتوزيع. الرياض.
- Al-Bilbisi, H. & Makhamreh, Z. (2010). A comparison of pixel-based and object-based classification approaches in arid and semi-arid areas of Dead Sea region using Landsat imagery. *Dirasat: Human and Social Sciences*. 3.
- Araya, Y., & Hergarten, C., (2008). A comparison of pixel and object-based land cover classification: a case study of the Asmara region, Eritrea. 233-243. 10.2495/GEO080231.
- Blaschke, T., G. J. Hay, M. Kelly, S. Lang, P. Hofmann, E. Addink, & R. Q. Feitosa (2014). "ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a New Paradigm." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 87: 180–191. doi:10.1016 / j.isprsjprs.2013.09.014.
- Chen, Renxim Li, Xinhui, Li, & Jonathan. (2018). Object-based features for house detection from rgb high-resolution images. *Remote Sensing*, 10.3, 451.
- Congalton, G., & Green, k., (2019) *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices*, Third Edition. 348 Pages.
- Dervisoglu, A., Bilgilioğlu, Baha & Yağmur, Nur. (2020). Comparison of Pixel-Based and Object-Based Classification Methods in Determination of Wetland Coastline. *International*



- Journal of Environment and Geoinformatics. 7. 213-220. 10.30897/ijegeo.713307.
- Dezhi, W., Id, B., Wan, Qiu, P., Su, Y., Guo, Q., & Wu, Xincui. (2018). Artificial Mangrove Species Mapping Using Pléiades-1: An Evaluation of Pixel-Based and Object-Based Classifications with Selected Machine Learning Algorithms. *Remote Sensing*. 10. 10.3390/rs10020294.
- Dong-dong,Z., Lei,Z., Vladimir,Z.,Feng,X.,Yan-wen,W.,&Tingting,L.,(2019). Research on the pixel-based and object-oriented methods of urban feature extraction with GF-2 remote-sensing images. *Environmental Science, Computer Science*,10.2583-2606.
- Duhamel, C. (1995). Programme télédétection et statistique. Cadre de travail statistique utilisation des sols. Draft. Eurostat/CESD-Communautaire, Luxembourg.
- Guo, L., Xiaohuan, X., Weijun Y., & Lei, L.. (2021). "Monitoring Land Use/Cover Change Using Remotely Sensed Data in Guangzhou of China" *Sustainability* 13, no. 5: 2944.
- Hamad,R.,:(2020): an assessment of artificial neural networks, support vector machines and decision trees for land cover classification using sentinel-2A data, *Sciences* 8 (6) (2020) 459–464.
- Hu,L., Na,Li & Shengrong,Z.,(2021)Salt and Pepper Noise Removal Method Based on a Detail-Aware Filter.*Symmetry* 2021, 13, 515
- Iqbal, M.F., Khan, I.A., 2014. Spatiotemporal land use land cover change analysis and erosion risk mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 17,209–29.
- Karakus, P., Karabork, H.,& Kaya, S., (2017) .A Comparison of the Classification Accuracies in Determining the Land Cover of

- Kadirli Region of Turkey by Using the Plxel Based and Object Based Classification Algorithms. . *International Journal of Engineering and Geosciences*. 2. 52-60. 10.26833/ijeg.298951.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote Sensing and Image Interpretation*. Wiley.
- Ming, D.; Zhou, T.; Wang, M.; Tan, T. (2016). Land cover classification using random forest with genetic algorithm-based parameter optimization. *J. Appl. Remote Sens.*, 10,035021
- Rawat, J.S.,& Kumar, M.,:(2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: a case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Egypt. J. Remote Sens. Space Sci.* 18, 77–84.
- Sandipta,D.,&Dasharatha ,P.,(2022). Land use land cover change detection and monitoring of urban growth using remote sensing and GIS techniques: a micro-level study:Springer.Geojournal87(1):1-23.
- Soe,W., Patricia,G., Anthony,B., Susanne,G.,&Qihao,W.,(2011)Per-Pixel vs.object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery.*Remote Sevsing of Environment*,15,1145-1161.
- Xiaoxia, S., Jixian, Z. & Liu, Z.: (2005). A Comparison of Object-Oriented and Pixel-Based Classification Approachs USING Quickbird Imagery.
- Yi zou ,Jonathan A.Greenberg.(2019). A spatialized classification approach for land cover mapping using hyperspatial imagery.*Remote Sensing of Environment*.volume 232.111248.

Zhang, Jingxiao & Jia, Li. (2014). A comparison of pixel-based and object-based land cover classification methods in an arid/semi-arid environment of Northwestern China. 3rd International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications, EORSA 2014 - Proceedings. 403-407. 10.1109/EORSA.2014.6927922.

المواقع والمنشورات الالكترونية:

منشورات بلدية محافظة الخرج، ٢٠٢٢

<https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s2-mission>





تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م

على المملكة العربية السعودية

Analysis of the Most Prominent Dust Storm Cases in April 2024 in the Kingdom of Saudi Arabia

إعداد

جواهر مفرح مرعي القحطاني
Jawaher Mufreh Marai Al-Qahtani

المركز الاقليمي للعواصف الغبارية

دلال محمد المطيري
Dalal Mohammed Al-Mutairi

المركز الاقليمي للعواصف الغبارية والرملية

محمد بادخن
Mohammed Badakhan

مدير عمليات المناخ بالمركز الوطني للأرصاد

Doi: 10.21608/jasg.2025.443042

استلام البحث: ٢٠٢٥ / ٤ / ١٢

قبول النشر: ٢٠٢٥ / ٦ / ٢

القحطاني، جواهر مفرح مرعي و المطيري، دلال محمد و بادخن، محمد (٢٠٢٥). تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية السعودية. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٤)، ٣٧ - ٦٤.

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

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية السعودية

المستخلص:

هدفت هذه الدراسة إلى رصد الحالات الغبارية الأبرز في شهر أبريل عام ٢٠٢٤م وتتبع مساراتها، من أجل معرفة النمط الذي تتخذه العواصف الغبارية في مواسمها الفعلية، وقد تم رصد الحالات الأكثر وقعًا لهذا الموسم في حينه من النشرات الساعية وبيانات من المنظمة الأوروبية للأقمار الصناعية لرصد الطقس EUMETSAT ، واستنتجت الدراسة أن اختلاف مراكز الضغط الجوي واضطرابها على المملكة هي السبب الرئيسي لحدوثها في هذا الشهر من كل سنة، وأوصت بضرورة تتبع الحالات الغبارية في المواسم القادمة لتحديد مساراتها لمساعدة متحذي القرار لتفادي تبعاتها وسرعة الإنذار المبكر منها، بالإضافة لدعم عمليات النمذجة المكانية وتطويرها.

الكلمات المفتاحية: العواصف الغبارية، الأقمار الصناعية، مناخ المملكة العربية السعودية

Abstract:

This study aimed to document the most significant dust events in April 2024 and track their trajectories to understand the typical patterns followed by dust storms during their active seasons. The most impactful cases were monitored in real time using hourly weather bulletins and data from the European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) and were further supported by live images captured by residents in the affected areas and shared via social media platforms. The study concluded that fluctuations and disturbances in atmospheric pressure systems over the Kingdom are the primary drivers of these events during this particular month each year. It recommended continued monitoring of dust storms in upcoming seasons to better identify their paths, thereby supporting decision-makers in mitigating their impacts and enhancing early warning systems. Additionally, the study emphasized the importance of advancing and supporting spatial modeling processes.

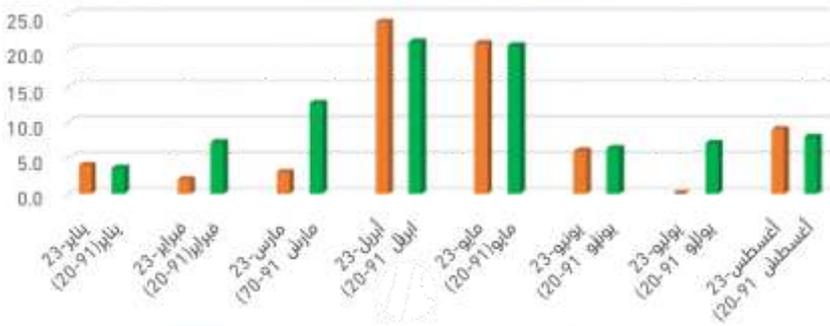
Keywords: dust storms, satellites, numerical models, Saudi Arabia's climate

المقدمة:

يُعدّ موسم الربيع هو الموسم الفعلي لهبوب العواصف الغبارية، وتمتاز حركة العواصف الغبارية في المملكة العربية السعودية بأنها تقطع مساحات شاسعة منها بحركة نمطية من الشمال إلى الجنوب مُتخذةً شكلاً دورانياً موازياً لتضاريس السطح وارتفاعاته إذا ما وصلت لوادي الدواسر تقريباً (Labban&Butt, 2020)، وتتسبب الاضطرابات السينابتكية في خلق حالات من العواصف الغبارية خلال أشهر الربيع الانتقالية في المملكة العربية السعودية، مما يجعله الموسم الفعلي لهبوبها وتشكل الموجات الأعنف منها.

المشكلة:

تتواتر تكرارات العواصف الغبارية في المملكة خاصة في الفصول الانتقالية؛ حيث أظهرت تقارير (المركز الإقليمي للتغير المناخي، ٢٠٢٣م) أن تكرارات هبوب العواصف الغبارية كانت الأعلى خلال شهر أبريل وكانت أعلى من المعدل الطبيعي لأشهر أبريل خلال الفترة المرجعية ١٩٩١-٢٠٢٠ وأن أكثر محطة سجلت رصدًا للعواصف الغبارية هي وادي الدواسر بعدد ٩ حالات غبارية في شهر أبريل (الشكل-١)، وهذا يُحسب كمشكلة بيئية ينبغي فهمها وتحليلها للتوصل إلى الحل الأمثل لمعالجتها؛ الأمر الذي دعانا لتحليل حالات شهر أبريل لعام ٢٠٢٤م كأثر الأشهر في تواتر حدوث العواصف الغبارية على المملكة العربية السعودية، وتجدر الإشارة إلى أن تلك العواصف تتسبب في كوارث صحية حقيقية لمرضى الجهاز التنفسي فضلاً عن أضرارها السلبية على البيئة وكافة القطاعات الأخرى.



(الشكل: ١) تكرار العواصف الغبارية على المملكة العربية السعودية لعام ٢٠٢٣ مقارنة بالفترة المناخية المرجعية (١٩٩١ - ٢٠٢٠) المصدر: المركز الإقليمي للتغير المناخي، ٢٠٢٣م، ص ١٢

أهمية الدراسة:

تبرز أهمية هذا البحث في الحاجة الماسة لمعرفة مسارات العواصف الغبارية السائدة على المملكة العربية السعودية ومواسمها؛ حيث إن ذلك يساعد في اتخاذ القرارات الاستباقية اللازمة لحماية الأرواح والممتلكات والبيئة.

أهداف الدراسة:

يهدف هذا البحث إلى:

- ١- رصد أبرز الحالات الغبارية في شهر أبريل لعام ٢٠٢٤م
- ٢- تحديد مناطق تشكلها ومساراتها وتلاشيها.
- ٣- حصر العوامل المؤثرة في تشكلها.

منطقة الدراسة:

تشمل حدود البحث جميع مناطق المملكة العربية السعودية التي تمرّ بها العواصف الغبارية وتتأثر بها في منتصف فصل الربيع (شهر أبريل) لعام ٢٠٢٤م، وتضمن هذا البحث المحطات المذكورة في الجدول (١)

الجدول (١) محطات رصد حالات العواصف الغبارية الأرضية

الارتفاع بالمتري	خط الطول (LONG)	دائرة العرض (LAT)	الرقم	اسم المحطة
646.71 m	43° 46' 03"	26° 18' 28"	40405	القصيم
16.77 m	50° 09' 39"	26° 15' 34"	40416	الظهران
12 m	49° 49'	26° 27'	40417	الدمام
619.63 m	46° 44' 18"	24° 42' 40"	40438	الرياض
622 m	45° 13'	20° 30'	41061	وادي الدوaser
724.65 m	47° 06' 29"	17° 28' 04"	41136	شروهر

المصدر: المركز الوطني للأرصاد، ٢٠٢٤م

الدراسات السابقة:

- تناول (Alharbi,2010) المناطق المصدرة للعواصف الغبارية التي تؤثر على شمال ووسط وشرق السعودية، وتوضح الديناميكيات الجوية اللازمة لرفع الغبار إلى الغلاف الجوي ونقله إلى المنطقة. كما ناقش كيفية تغير العواصف الغبارية على مدار السنة وأنماط الطقس السطحية التي تحملها في المملكة العربية السعودية بهدف تحليل أعنف العواصف الغبارية التي أثرت على السعودية، خاصة في المناطق الحيوية والاقتصادية، وتقييم تأثيرها واعتمدت الدراسة على تحليل ثلاث حالات عواصف شديدة من عام ٢٠٠٩ باستخدام بيانات رصد أرضي، صور أقمار صناعية، ونماذج عددية مثل NAAPS. وأوصت الدراسة

بضرورة تحسين شبكة الرصد السطحي، وتحديث النماذج العددية، وزيادة استخدام صور الأقمار الصناعية للتنبؤ الفعال.

- تعمق (Al-Jumaily et al,2013) في دراسة الأنماط السينبتكية المرتبطة بتشكيل العواصف الغبارية في العراق من خلال تحليل ثلاث حالات شديدة بين عامي ٢٠١٠ و٢٠١٢، اعتمدت على صور الأقمار الصناعية (MODIS)، وبيانات مؤشر الهباء الجوي TOMS، وخرائط الطقس السطحية والعليا من NOAA، مع تحليل بيانات الضغط، الرياح، والسرعة الرأسية أظهرت الدراسة أن معظم العواصف تنشأ بسبب تشكل منخفض سطحي فوق إيران يؤدي إلى رياح شمالية (شمالية غربية) باردة تدفع الغبار من صحراء سوريا نحو العراق. كما يرتبط ارتفاع قيم مؤشر TMS AI (>125) بشدة الحدث الغباري، وخاصة عند وجود سرعة رياح غربية وصعود هوائي واضح.

- صنف (Mashat, 2020) في هذه الدراسة حالات الغبار الربيعية في شمال شبه الجزيرة العربية إلى خمس فئات، بناءً على مؤشر الهباء الجوي (AI) من القمر الصناعي TMS، ودرج تلك التصنيفات من "خالية من الغبار" إلى "شديدة الغبار". وقد تم تحليل التوزيع الأفقي للأوزون الكلي والخصائص السينبتكية لهذه الفئات باستخدام بيانات TMS وبيانات إعادة التحليل من NCEP/NCAR. وانتهت النتائج إلى أن تركيز الأوزون زاد في المناطق الجنوبية مع زيادة شدة الغبار، بينما انخفض في المناطق الشمالية، وأن أنظمة الغبار تشتد عندما تكون الظروف الجوية مواتية مع تعمق الضغط المنخفض السطحي أو عند تأثير منخفض علوي واضح على المنطقة، وأكدت النتائج أن تركيز الأوزون في شمال شبه الجزيرة العربية ينخفض مع زيادة شدة الغبار، بينما يزداد في الجنوب مع ضعف الغبار، وأن الجانب الشرقي من المنطقة يتعرض لعواصف غبارية أكثر مقارنةً بالجانب الغربي القريب من البحر الأحمر.

- حلل (Labban et al,2021) العواصف الغبارية والترابية في المملكة العربية السعودية وارتباطها بتداعيات التغير المناخي بهدف تقييم سلوك العواصف الغبارية والترابية في فترات دورات النينو من خلال استجلاب بيانات ٣٠ عامًا ١٩٨٥-٢٠١٤ وتحليلها. وأظهرت النتائج أن الارتباط بين العواصف الغبارية وهطول الأمطار وسرعة الرياح باتجاه تنازلي بينما الحرارة مع العواصف الغبارية لها اتجاه تصاعدي خلال فترة الدراسة، وأن العواصف الغبارية لها أقصى درجة ارتباط مع الرياح والحرارة وأقل درجة ارتباط مع الأمطار، وأن العلاقة بين العواصف الغبارية وظاهرة النينا في العقد الأخير وظاهرة النينو في العقد الأولين كانت مهيمنة وأن هذه النتائج ستكون مفيدة في الأبحاث المتعلقة بالمركبات العضوية على المستوى الإقليمي والعالمي.

- هدف (Awadh,2023) إلى تحليل أسباب ازدياد تكرار العواصف الرملية والغبارية في منطقة الشرق الأوسط باستخدام العراق كنموذج، مع تحديد مصادرها واقتراح حلول للتخفيف من أثارها. واعتمدت الدراسة على تحليل بيانات مناخية تمتد لـ ٦٠ عامًا (١٩٦٠-٢٠٢٢)، وبيانات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، باستخدام أدوات إحصائية مثل SPSS ، وتقنيات استشعار عن بعد، وتحليل تركيبي ومعدني لجزيئات الغبار، وأظهرت الدراسة أن ارتفاع درجات الحرارة بمقدار ٢ °C وزيادة انبعاثات الكربون أديا إلى ارتفاع تكرار العواصف الغبارية من ٧٥ إلى ٢٠٠ مرة سنويًا. وأوصت الدراسة بتقنيات التنبؤ والإنذار المبكر، والتشجير بمقاومات للجفاف، للحد من أثارها البيئية والصحية.

من هنا يبرز اختلاف هذه الدراسة عما سبق في عدة أوجه: أنها تعتمد على تحليل بيانات محطات الرصد الأرضية من حيث مدى الرؤية الأفقية وسرعة الرياح واتجاهاتها ودرجة الحرارة وكذلك صور الأقمار الصناعية، وتفسير مسببات حركة العاصفة الغبارية بناءً على التظافر الديناميكي بين طبوغرافية السطح والوضع العام للطقس، فيما اختلفت منهجية (Alharbi,2010) عن هذه الدراسة من حيث تحليلها للعوامل المسببة والآثار الناجمة عن العواصف الغبارية واعتماده على مخرجات النماذج العددية NAAPS ، أما دراسة (Al-Jumaily et al,2013) فهي تتقارب إلى حد ما من هذه الدراسة باستثناء اختلاف منطقة البحث، بينما اختلفت دراسة (Mashat, ٢٠٢٠) من حيث اعتماده على البيانات المعاد تحليلها من NCEP/NCAR فضلاً عن تحليله لعلاقة طبقة الأوزون مع عمق الهباء الجوي وتركيزه في الغلاف الجوي، ويتباين تحليل (Labban et al,2021) مع هذه الدراسة في إدخال ظاهرة النينو وعلاقتها بمواسم الغبار في المملكة ، بينما دراسة (Awadh, ٢٠٢٣) حللت الوضع الكامل للعواصف الغبارية المؤثرة على الشرق الأوسط على مدى ٦٠ عامًا وليست لحالات وشهر محدد كما أوردنا في هذه الدراسة، وبشكل عام فإنه ليس هناك منهجية محددة لتتبع سلوك العواصف الغبارية طالما أن الدراسة تحقق النتائج المستهدفة بدقة وموضوعية.

منهجية الدراسة وأدواتها:

اتبع هذا البحث المنهج الوصفي التحليلي إسوة بجميع الدراسات الجغرافية-المناخية التي تتطلب وصف تفاصيل الظاهرة ومن ثم تحليلها حسب الظروف التضاريسية والبيئية الراهنة، وهنا تم الاعتماد على:

١- النشرات الساعية للمحطات المناخية المأهولة التي رصدت عناصر الطقس أبان حدوث العاصفة الغبارية، وقد تم تحويل التوقيت من التوقيت العالمي UTC إلى المحلي Local، ويدل الرمز Bldu على ظاهرة الأتربة المثارة بينما DS فيعني العواصف الغبارية كأكواد معتمدة من منظمة الأرصاد الجوية العالمية.

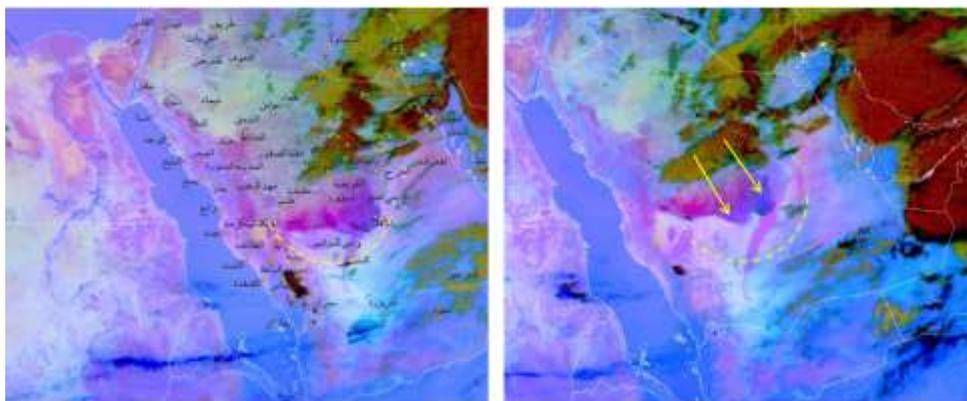
٢- صور من موقع EUMETSAT في نفس توقيت العاصفة الغبارية للتحقق من دقة النشرات الساعية المرصودة في مواقع المحطات المأهولة
(<https://view.eumetsat.int>)

التحليل والمناقشة:

تحقيقاً لأهداف البحث الثلاثة ومنهجية المتبعة تم تحليل أبرز الحالات الغبارية في شهر أبريل ٢٠٢٤م على الترتيب من الأقدم إلى الأحدث وكانت على النحو الآتي:
الحالة الأولى ١٥ أبريل ٢٠٢٤م:

نشأت العاصفة شمال شرق منطقة القصيم الساعة ٧:٠٠ صباحاً من النفود؛ حيث كانت درجات الحرارة ٢٠° واتجاه الرياح شرقية شمالية وبلغت سرعتها ١٣ عقدة/الساعة (٢٦ كلم/الساعة) جدول (٢) وهي سرعة كافية لرفع جزيئات التربة خاصة أن تلك المناطق عبارة عن السنة رملية متحركة ممتدة من نفود الثويرات تتخذ شكلاً قبايياً ترتفع قممها بين ٥٠-٣٠٠ متر وتتخللها انخفاضات ذات تربة مفككة خالية من الغطاء النباتي تسهل إثارته (الشكل ١)، وبملاحظة سرعات الرياح الساعة ٦:٠٠ صباحاً يتضح أنها كان أعلى منها حين بدء العاصفة ودرجات الحرارة كانت أعلى منها وهذا ما هياً الفرصة لحدوث العاصفة، ويظهر أنها نشأت من تيارات رياح هابطة من السحب الركامية، وبالنظر للجدول يلاحظ أيضاً أنها بلغت ذروتها عند الثالثة عصرًا حتى ٨ مساءً؛ حيث بلغ أدنى مدى للرؤية الأفقية ٢٠٠٠م وذلك بعد ما انحرف اتجاه الرياح إلى الشمال الغربي عند ١٢:٠٠ ظهرًا (الشكل ٢) ثم عادت أدراجها إلى شمال شرق القصيم، ويعزى ذلك إلى الفروقات الواضحة بين درجات الحرارة وقيم الضغط الجوي خلال ساعات حدوثها.

دخلت العاصفة الغبارية إلى شمال وشمال شرق الرياض بعد نشأتها بساعتين وذلك عند ٩:٠٠ صباحاً ودرجات الحرارة آنذاك ٢٦° ورياح شرقية جنوبية بسرعة ١٢ عقدة/الساعة وما لبثت أن زاد تسارعها إلى ٢٣ عقدة/الساعة فيما تدرج انخفاض الرؤية الأفقية إبان حدوثها إلى ٣٠٠٠م عند الساعة ١١:٠٠ مساءً، جدول (١) ثم واصلت الكتلة الغبارية مسارها ووصلت الدوادمي عند الساعة ٨:٠٠ مساءً فيما سجلت المحطة رياح شمالية سرعتها ٢٨ عقدة/الساعة وتدنّت الرؤية الأفقية إلى ١٠٠م، وقد واصلت مسيرها نحو الجنوب إلى أن وصلت وادي الدواسر عند ٨:٠٠ مساءً على هيئة أتربة مثارة بمدى رؤية ٢٠٠٠م حتى انتهت عند ١:٠٠ صباح ١٦ أبريل ٢٠٢٤م



(الشكل ٢) صورة فضائية لعاصفة
١٥ أبريل ٢٠٢٤ م الغبارية الساعة ١٢ مساءً

(الشكل ١) صورة فضائية لعاصفة
١٥ أبريل ٢٠٢٤ م الغبارية الساعة ٧ صباحاً

المصدر: <https://view.eumetsat.int>

(الجدول ١-٢-٣-٤) بيانات المحطات المناخية التي رصدت عاصفة ١٥ أبريل ٢٠٢٤ م

الرؤية	الضغط الجوي	الندى	الحرارة	اتجاه الرياح	سرعة الرياح/عقدة	التوقيت
CAVOK	1005	4	21	50	15	06:00
NCS 6000	1006	5	20	40	13	07:00
DU 4000	1005	6	22	40	13	08:00
BLDU 5000	1006	6	24	50	15	09:00
BLDU 5000	1007	6	27	20	15	10:00
DU 5000	1006	5	28	40	12	11:00
DU 5000	1006	5	29	320	8	12:00
BLDU 3000	1005	5	30	350	16	13:00
BLDU 2000	1005	5	30	360	18	14:00
BLDU3000	1006	7	30	10	22	15:00
BLDU 5000	1006	7	28	360	22	16:00
NCS 7000	1007	6	27	360	20	17:00
FEW 8000	1007	7	24	10	22	18:00
SCT 8000	1010	8	22	360	22	19:00
BKN 8000	1013	10	20	310	23	20:00
TSRA 8000	1013	13	17	340	17	21:00
RA 9999	1012	12	16	20	15	22:00

محطة القصيم ١٥-٤-٢٠٢٤

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤ م على المملكة العربية ...، جواهر القحطاني وآخرون

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
08:00	10	130	24	1	1010	cavok
09:00	12	140	26	2	1011	nsc8000
10:00	23	140	28	1	1011	bldu5000
11:00	23	150	29	0	1010	bldu5000
12:00	22	140	30	1	1009	bldu5000
13:00	12	150	31	3	1008	bldu5000
14:00	12	150	32	5	1007	bldu5000
15:00	10	150	33	7	1005	du5000
16:00	10	180	33	7	1005	du5000
17:00	11	160	33	8	1004	bkn6000
18:00	12	230	33	5	1004	bkn6000
19:00	9	240	32	11	1005	few 7000
20:00	5	270	29	9	1006	nsc 8000
21:00	16	60	23	9	1007	bldu 3000
22:00	16	70	21	10	1007	bldu 3000
23:00	8	70	21	10	1008	du 3000
00:00	7	70	20	10	1009	nsc 6000
01:00	4	110	20	10	1008	nsc 7000

محطة الرياض ٢٠٢٤-٤-١٥

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
19:00	10	350	27	0	1007	cavok
20:00	28	360	25	6	1008	ds 800
21:00	38	360	19	8	1010	ds 100
22:00	34	20	17	10	1010	ds 400
23:00	30	360	17	10	1011	ds 600
00:00	23	350	15	10	1012	bldu 2000
01:00	22	350	15	10	1012	bldu 3000
02:00	16	330	15	9	1012	cavok

محطة الدمامي ٢٠٢٤-٤-١٥



التوقيت	سرعة الرياح / عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
19:00	4	350	34	6	1004	cavok
20:00	14	280	34	4	1005	bldu5000
21:00	8	300	33	1	1006	du2000
22:00	10	300	33	1	1006	du2500
23:00	10	300	31	1	1007	du4500
00:00	6	310	29	4	1007	du4800
01:00	14	300	28	9	1007	vsc7000

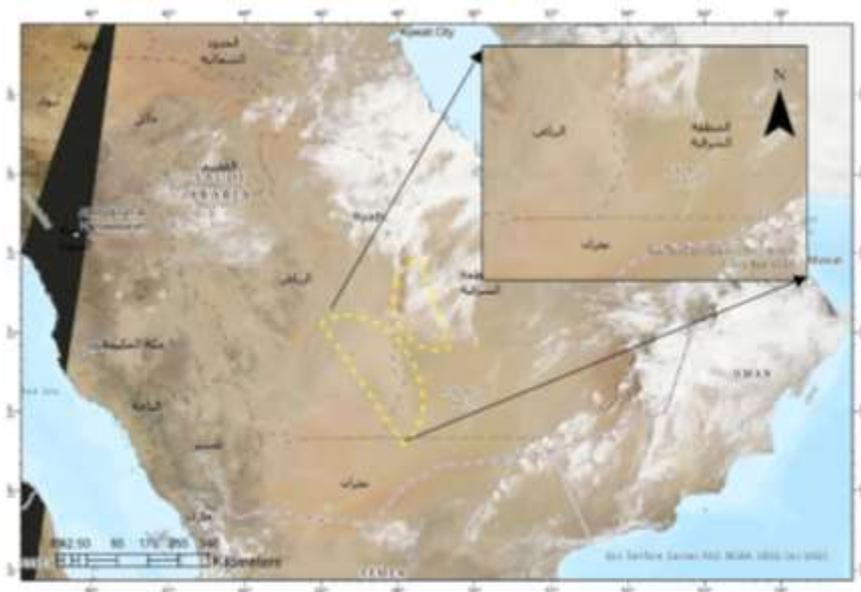
وادي الدواسر ١٥-٤-٢٠٢٤م

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

الحالة الثانية ١٦ أبريل ٢٠٢٤م:

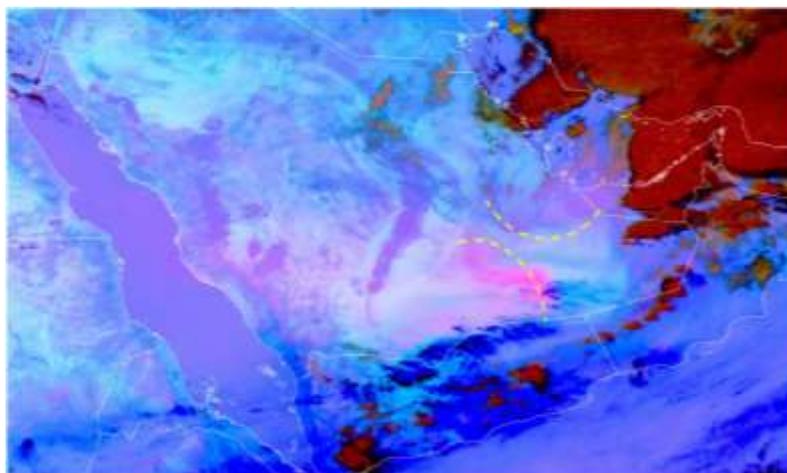
يتضح من (الشكل ٣) وجود كتلتين غباريتين متوازيتين ومختلفتي الاتجاه ، فالكتلة الأولى قادمة من الجنوب الغربي بالتحديد من شمال شرق منطقة نجران والمناطق المفتوحة شرق بيشة ووادي الدواسر التي تُعد من البؤر التي تنبثق منها حالات متكررة من الغبار، أما الكتلة الأخرى فهي قادمة من السواحل الشرقية ذات الترب الملحية المفككة الجافة التي تصنّف ضمن ترب التوري سامنتس Torripsamments الناتجة عن انحسار بحر تنس إبان العصر الجيولوجي الثالث (الإيوسين) ويسهل حملها وإثارتها، ولكن لم تسجل النشرات الساعية أي تدني للرؤية الأفقية آنذاك (الجدولين ٥،٦) وهو خلاف ما أظهرته صور الأقمار الصناعية في (الشكل ٤).

بدأت بوادر الحالة عند الساعة ٥:٠٠ عصرًا بأتربة مثارة نتجت عن رياح شمالية غربية سرعتها ١٤ عقدة كما في (الجدول ٥) وما لبثت أن تسارعت الرياح مع تدني الرؤية الأفقية حتى وصلت إلى ٨٠٠م عند الساعة ٠٨:٠٠ مساءً سجلتها المحطة حالة DS حينما زادت سرعة الرياح الشمالية الغربية إلى ٢٢ عقدة، وتوضح كثافة الغبار في (الشكل ٣) ثم بدأ هذا الغبار بالتمرحل شرقًا متجهة إلى شرورة عند الساعة ٠٩:٠٠ مساءً وتحسّن مدى الرؤية الأفقية إلى ١٠٠٠م في وادي الدواسر، وفي (الشكل ٤) يظهر جلياً كثافة وتركيز الغبار على محافظة شرورة! بيد أن أدنى انخفاض في الرؤية الأفقية سجلته المحطة هو ٣٥٠٠م عند الساعة ١٠:٠٠ مساءً (الجدول ٦)، وربما يعزو ذلك لبعدهم موقع المحطة عن مسار الغبار مما يقلل من تأثيره على محيط المحطة وعين الراصد المجردة. وهنا تظهر أهمية هذه الدراسة من حيث اعتمادها على بيانات محطات الرصد مع التحقق بواسطة مخرجات الأقمار الصناعية ذات الألوان الحقيقية والمزيفة التي تنعكس من ذرات الغبار.



(الشكل ٣) موقع الجبهة الهوائية المسببة للعاصفة الغبارية

المصدر: <https://view.eumetsat.int> بتصريف



(الشكل ٤) صورة فضائية لعاصفة ١٦ أبريل الغبارية عند الساعة ٤ مساءً

المصدر: <https://view.eumetsat.int>

(الجدول ٥-٦) بيانات محطات الرصد المناخية التي رصدت عاصفة ١٦-٤-٢٠٢٤م
الغبارية

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط	الرؤية
05:00	14	320	24	3	1009	bldu3200
06:00	14	320	24	5	1010	bldu2000
07:00	14	330	23	8	1011	bldu2000
08:00	22	330	24	8	1012	ds 800
09:00	22	300	25	7	1012	ds 1000
10:00	18	310	27	7	1012	bldu1200
11:00	20	310	30	3	1012	bldu 3000
12:00	16	290	31	2	1011	bldu5000

٢٠٢٤-٤-١٦
وادي النواصر

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط	الرؤية
07:00	6	40	34	4	1010	du5000
08:00	7	40	34	4	1011	du4000
09:00	8	20	33	4	1011	du3500
10:00	12	20	31	5	1012	du3500
11:00	6	30	30	4	1014	du4000
12:00	6	20	30	4	1013	few 7000

٢٠٢٤-٤-١٦
مشوررة

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

الحالة الثالثة: ٢٣ أبريل ٢٠٢٤م:

تشكلت العاصفة بدايةً في محافظة المثنى بالعراق في مدينة السماوة تحديداً و هي تقع على الضفة الشرقية من نهر الفرات، وعند استكشاف تلك البقعة عن طريق Google Earth ظهر بوضوح جفافها وخلوها من الغطاء النباتي (الشكل ٥) وهي من ضمن مصادر الغبار الإقليمية المؤثرة على المملكة العربية السعودية، وبسبب خلوّ مسارها من أي مصدات طبيعية وصلت إلى حدود دولة الكويت (الشكل ٦) ثم استمرت بالاتجاه جنوباً عند الساعة ٤:٠٠ عصرًا؛ لتوفر الظروف الملائمة لها من حيث سرعة الرياح ٢١ عقدة واتجاهها (شمالية) فيما سُجلت مدى الرؤية ٥٠٠٠م، ولكنها انخفضت الرؤية بتوغل العاصفة داخل الأراضي الكويتية إلى ٢٠٠٠م في الساعة ٨:٠٠ مساءً وبدأت بالتلاشي في تمام الساعة ١٠:٠٠ مساءً، ثم استمرت في طريقها للدخول إلى الأراضي السعودية، ويتضح من (الشكل ٧) أن الغبار يسير بمحاذاة سواحل الخليج العربي السعودية؛ لذلك لم ترصد المحطات المناخية أرقامًا تنم عن وجود غبار كثيف كما في (الجدول ٧) حتى وصلت الدمام عند

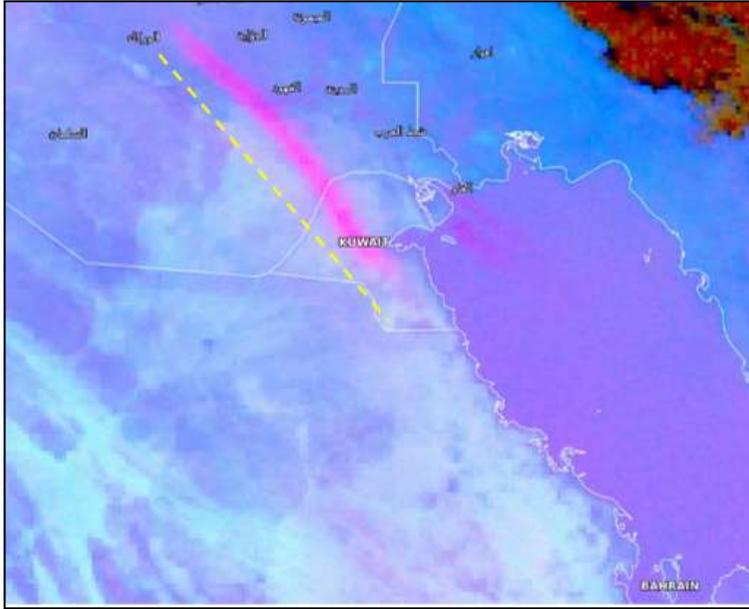
تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤ على المملكة العربية ...، جواهر التقطاني وآخرون

الساعة ٠٤:٠٠ فجرًا برياح شمالية غربية سرعتها لم تتجاوز ١٢ عقدة! وهي سرعة غير كافية لحمل ذرات الأتربة والغبار ، وعندما مرت بمحاذاة محطة الظهران عند الساعة ٥:٠٠ فجرًا سجّلت رياح شمالية غربية سرعتها ١٣ عقدة ؛ حيث إن مدى للرؤية الأفقية سجلته المحطتين أثناء عبور العاصفة الغبارية فوق سواحل الخليج العربي المحاذية للدمام و الظهران هو ٥٠٠٠م فقط ، وتجدر الإشارة إلى خلو المناطق الساحلية التي مرت بها العاصفة من أي مصدات طبيعية كالجبال ونحوها سوى تكوينات الدهناء الرملية يتراوح ارتفاعها بين ٥٠-٣٠٠م وتتميز بأنها كثبان قبايية سريعة الحركة وتقطع مسافة أكثر من ١٥ متر سنويًا (الإدارة العامة للمساحة العسكرية، ٢٠١٣م) الأمر الذي يجعل من إعادة تأهيلها ذو أهمية بالغة.

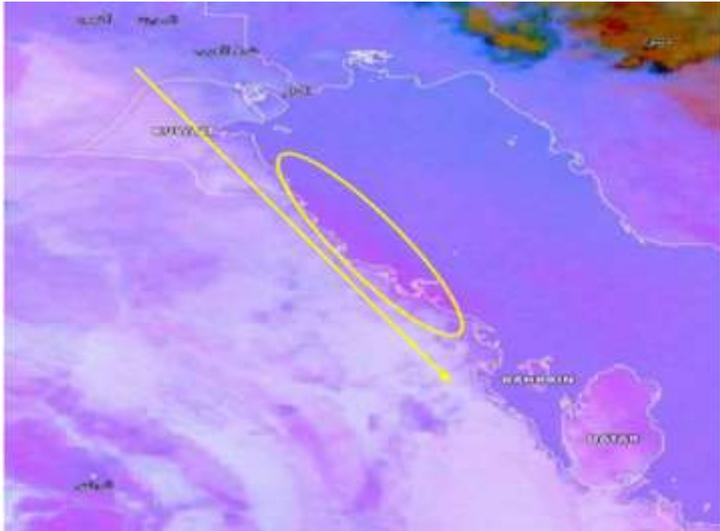


(الشكل ٥) موقع تشكل العاصفة

المصدر : <https://view.eumetsat.int> بتصريف



(الشكل ٦) صورة فضائية للعاصفة أثناء دخولها إلى الكويت



(الشكل ٧) مسار العاصفة على السواحل السعودية الشرقية

المصدر: <https://view.eumetsat.int>

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية ... جواهر القحطاني وآخرون

(الجدول ٧) بيانات محطات الرصد المناخية التي رصدت عاصفة ٢٣ أبريل ٢٠٢٤م
المناخية

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط	الرؤية
16:00	21	320	31	4	1007	5000 HZ
17:00	13	330	32	3	1008	4500DU
18:00	13	330	32	3	1007	3500DU
19:00	13	350	33	4	1007	3000BLDU
20:00	17	340	34	4	1007	2000BLDU
21:00	19	340	35	4	1006	5000BLDU
22:00	18	350	35	4	1006	8000BLDU

محطة الكويت ٢٣ أبريل ٢٠٢٤م

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط	الرؤية
04:00	12	310	25	16	1009	8000NSC
05:00	12	310	24	16	1010	8000NSC
06:00	12	310	24	17	1010	5000BLDU
07:00	13	310	25	16	1010	8000NSC
08:00	13	320	28	12	1011	CAVOK

محطة الدمام ٢٣ أبريل

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط	الرؤية
04:00	10	330	25	18	1008	8000NSC
05:00	13	330	25	17	1008	6000NSC
06:00	14	330	26	15	1008	5000BLDU
07:00	16	340	27	14	1009	6000NSC
08:00	16	330	29	12	1009	7000NSC
09:00	14	320	30	13	1010	7000NSC
10:00	19	320	32	10	1010	CAVOK

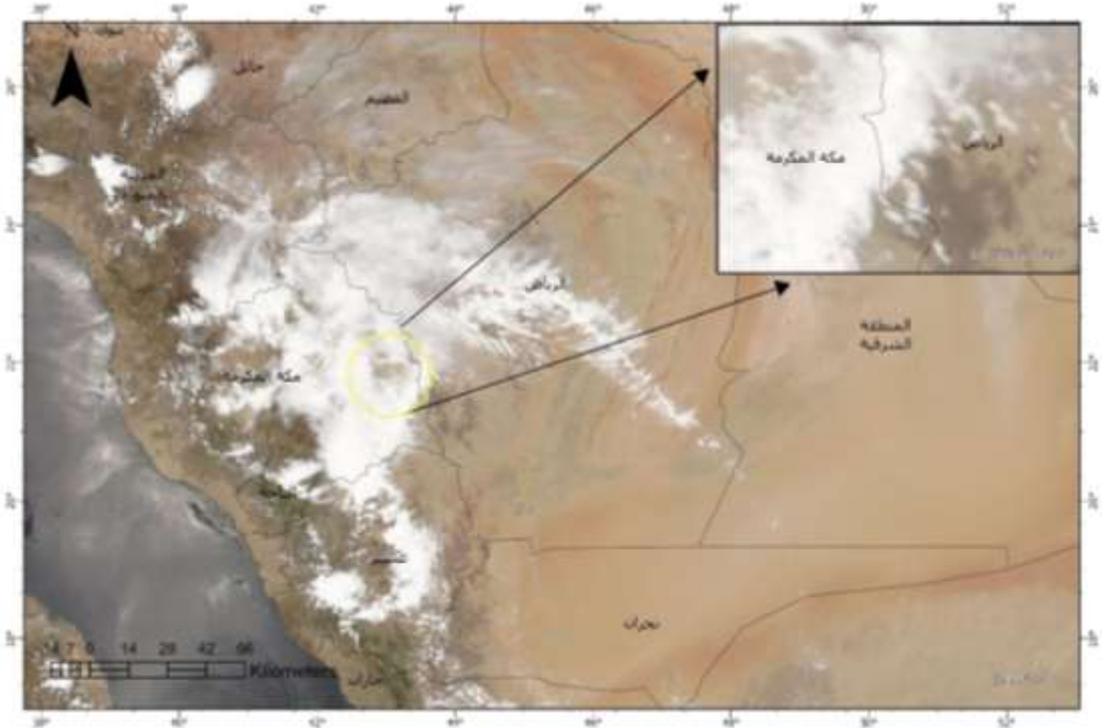
محطة الظهران ٢٣ أبريل ٢٠٢٤م

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

الحالة الرابعة: ٢٦ أبريل ٢٠٢٤م:

تشكلت العاصفة غرب محافظة وادي الدواسر؛ حيث سجلت المحطة رياح جنوبية غربية سرعتها ١٦ عقدة/الساعة عند الساعة ٦:٠٠ صباحًا وما لبثت أن زادت سرعتها إلى ٢٢ عقدة/الساعة باتجاه شمالي إلى شمالي غربي وبلغ مدى الرؤية الأفقية نحو ١٠٠٠م

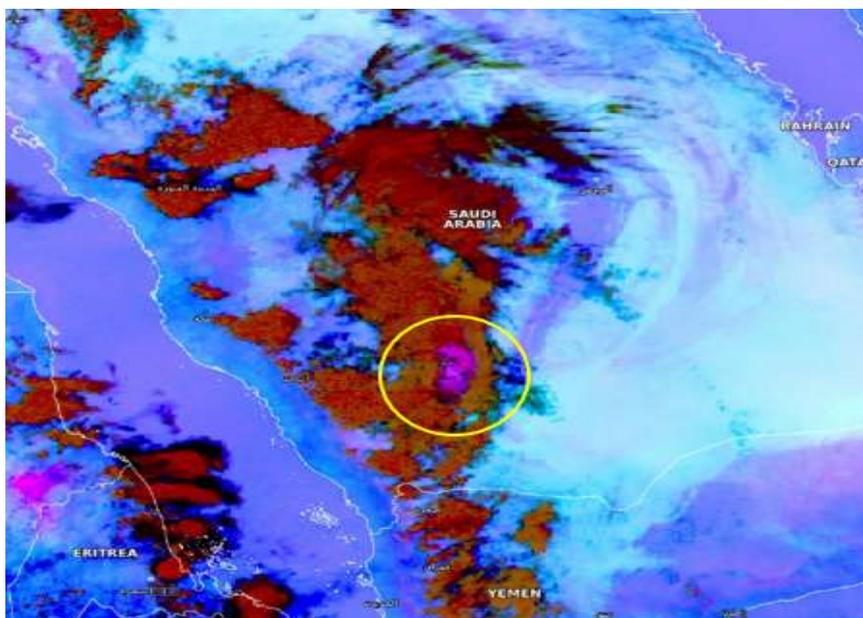
صنفها الراصد كظاهرة Dust storm ويظهر من تحليل صورة القمر الصناعي في (الشكل ٨) أن موقع نشوء العاصفة مغطى بالكامل بالسحب الكثيفة مما يعني أن هذه الحالة ناتجة عن رياح هابطة من تلك السحب الركامية، ويُلاحظ أن لون الغبار الزهري الزائف ذو انعكاس واضح جداً لدى القمر الصناعي في (الشكل ٩) وبالعودة للجوانب الطبوغرافية نجد أن تلك المنطقة هي من البؤر التي كثيراً ما ينبثق منها الغبار نتيجة لتوفر الظروف الملائمة من تربة مفككة و سطح ساخن بالإضافة إلى كونها منطقة منبسطة ومفتوحة لا تُصد عنها الرياح من جميع الاتجاهات، و الجدير بالذكر أن ترب تلك المنطقة هي من رواسب السهول الفيضية التي جفت و تفككت إبان حلول عصر الجفاف؛ لذلك نجد الرؤية الأفقية تدنت إلى ١٠٠٠م لأكثر من خمس ساعات متواصلة رصدتها محطة وادي الدواسر كما في (الجدول ٨) بعد ذلك تدنت سرعات الرياح إلى ١٠ عُقد وذلك جعل مدى الرؤية الأفقية يتسع إلى نحو ٢٥٠٠م عند الساعة ١٠:٠٠ صباحاً.



(الشكل ٨) موقع تشكّل العاصفة

المصدر: <https://view.eumetsat.int> بتصريف

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية السعودية... جواهر القمحاني وآخرون



(الشكل ٩) عاصفة يوم ٢٦ أبريل ٢٠٢٤م الغبارية على محافظة وادي الدواسر

المصدر: <https://view.eumetsat.int>

(الجدول ٨) بيانات محطة وادي الدواسر ٢٦ أبريل ٢٠٢٤م

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
05:00	8	130	37	6	1006	CAVOK
06:00	16	220	36	8	1007	1000DU
07:00	22	310	34	1	1008	1000DS
08:00	22	320	33	4	1008	1000DS
09:00	10	320	32	4	1010	1500DU
10:00	3	100	32	3	1009	1800DU
11:00	10	280	32	4	1010	2500DU

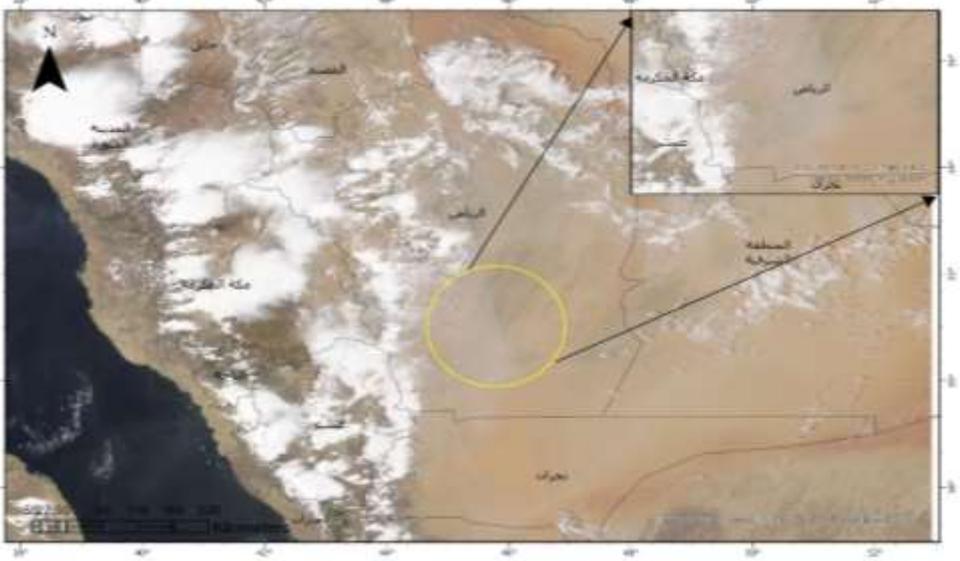
وادي الدواسر ٢٦ أبريل ٢٠٢٤م

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

الحالة الخامسة: ٢٧ أبريل ٢٠٢٤م:

تشكلت هذه الحالة الغبارية على وادي الدواسر عند الساعة ١٢:٠٠ مساءً بفعل رياح غربية شمالية سرعتها ٥ عُقد ومن الواضح أنها هبت على سطح ساخن وترب شديد الجفاف مما جعل الرؤية الأفقية تتدنّى إلى ٢٥٠٠م وسجلتها المحطة كظاهرة Du بالرغم من

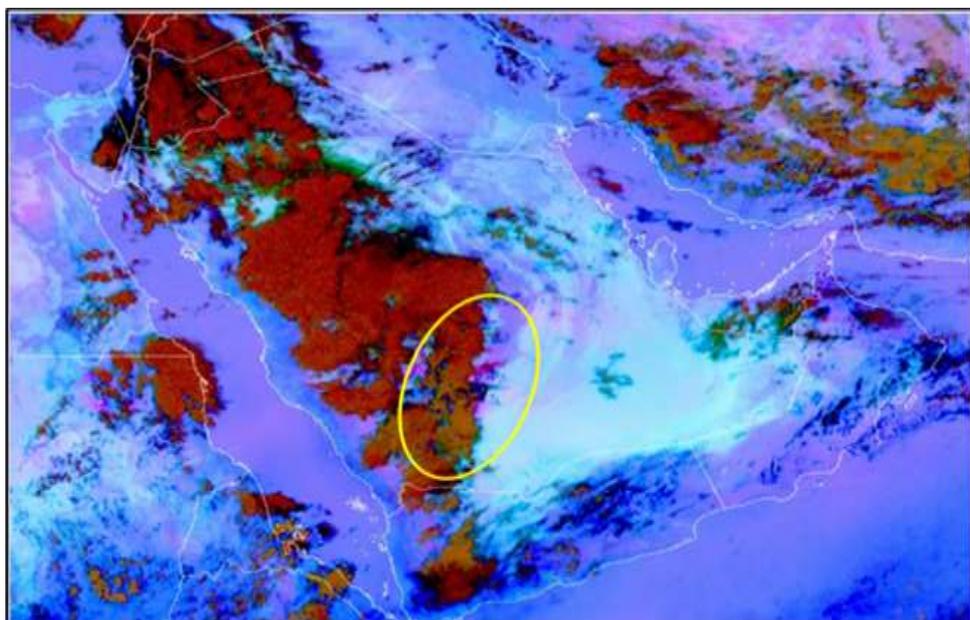
انخفاض سرعة الرياح، واستمرت سرعات الرياح الجنوبية الغربية بالتذبذب بين ٥ إلى ٩ عُقد حتى اشتدت سرعتها إلى ١٨ عقدة عند الساعة ٥:٠٠ عصرًا وانعكس اتجاهها إلى غربية شمالية وعندها تددت الرؤية الأفقية إلى ٣٠٠م وسجلتها المحطة كأثرية مثارة BLDU، وبالنظر لـ (الجدول ٩) يلاحظ أن الرؤية وصلت لهذا المدى بعد ارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٥° أي أنه زاد تسخين سطح الأرض مما سهل عملية تفكيك جزيئات التربة على أرض جرداء كما في (الشكل ١٠) و من ثم سهولة رفعها عند وصول الرياح للسرعة الحرجة، وقد واصلت العاصفة السير شمالاً باتجاه الدوامي التي سجلت آنذاك رياح جنوبية إلى جنوبية غربية عند الساعة ٣:٠٠ عصرًا ثم انحرف اتجاهها إلى جنوبية مع سرعة بلغت ١٨ عقدة عند الساعة ٥:٠٤ عصرًا وتددت الرؤية الأفقية آنذاك إلى ٣٠٠٠م كما في (الجدول ٩) وبلغت الرياح أقصى سرعتها عند ٦:٠٠ مساءً ٢٠ عقدة لكن كان هناك تحسنًا ملحوظًا في مدى الرؤية الأفقية بلغ ٤٠٠٠م وسُجلت في بيانات المحطة كأثرية مثارة BLDU الأمر الذي يُعزز نتائج دراسة (Mashat,2020) في تصنيف شدة الحالات الغبارية من حيث عمق تركيز الغبار وعلاقته بعمق المنخفض الجوي وتسارع الرياح الناتج عنه.



(الشكل ١٠) موقع تشكّل العاصفة

المصدر: <https://view.eumetsat.int> بتصريف

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية ...، جواهر القحطاني وآخرون



(الشكل ١١) صورة فضائية للعاصفة يوم ٢٧ أبريل ٢٠٢٤م

المصدر: <https://view.eumetsat.int>

(الجدول ٩) بيانات محطات الرصد المناخية التي رصدت عاصفة ٢٧ أبريل ٢٠٢٤م
الغبارية

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
12:00	5	290	31	6	1009	2500DU
13:00	9	320	30	8	1009	3000DU
14:00	5	290	29	11	1009	4500DU
16:00	4	260	38	0	1006	6000NSC
17:00	18	300	35	6	1006	300BLDU
18:00	18	300	34	7	1007	2000BLDU
19:00	20	320	33	7	1008	2000BLDU
20:00	8	350	33	5	1009	2000DU
21:00	8	130	32	6	1010	4000DU
22:00	6	330	31	7	1011	5000DU

وادي الدواسر ٢٧ أبريل



الرؤية	الضغط الجوي	الندى	الحرارة	اتجاه الرياح	سرعة الرياح/عقدة	التوقيت	الدوامي ٢٧ أبريل
8000BKN	1009	4	33	160	6	15:00	
3000BLDU	1009	10	27	180	18	16:00	
9999BKN	1009	8	26	90	15	17:00	
4000BLDU	1009	10	25	240	20	18:00	

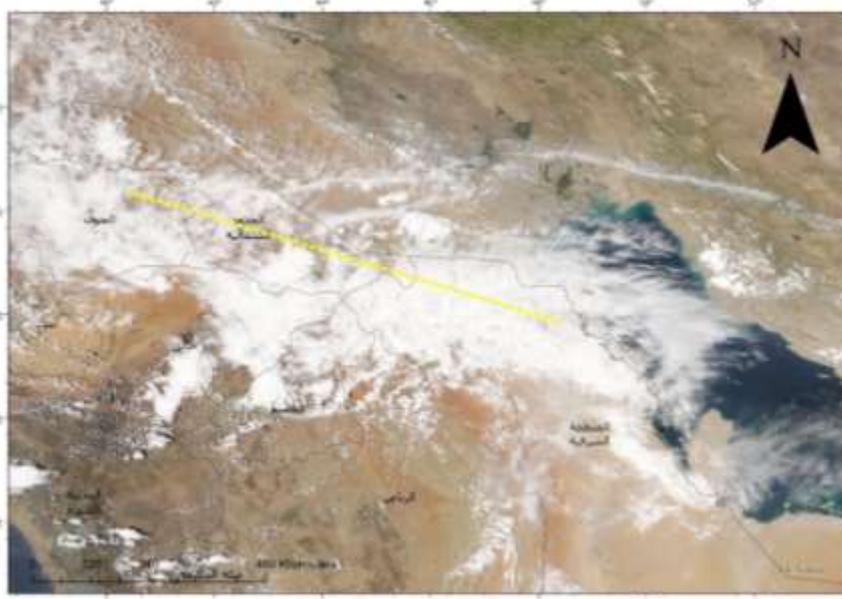
المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

الحالة السادسة: ٢٨ أبريل ٢٠٢٤م:

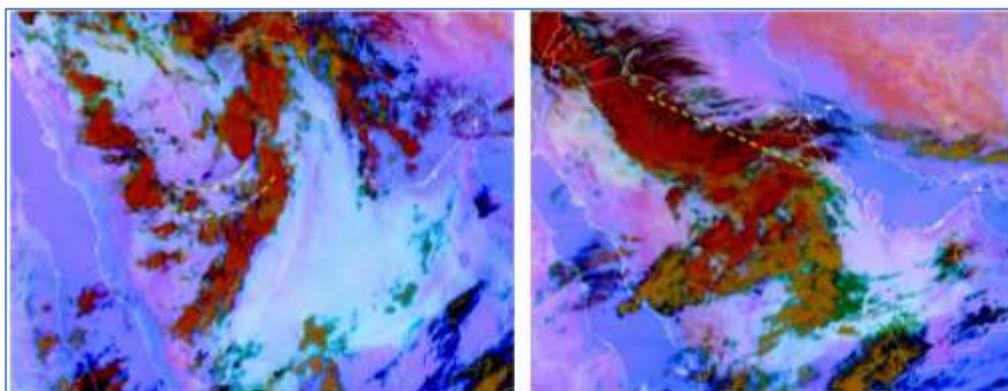
سجلت محطة النجف جنوب العراق عند الساعة ٦:٠٠ مساءً أولى الحالات الغبارية التي استمرت ثماني ساعات أظهرت صور الأقمار الصناعية (الشكل ١٢) أنها نشأت بسبب رياح هابطة من السحب الركامية؛ حيث سجلت المحطة أقصى سرعاتها بنحو ٢٢ عقدة عند ١٠:٠٠ صباحاً وتدنّى مدى الرؤية الأفقية ٢٠٠ مترًا ، قبل أن تتجه جنوبًا نحو البصرة عند الساعة ١٠:٠٠ مساءً ، وسجلت المحطة أدنى مدى للرؤية في تلك الحالة إلى ٢٠٠٠م فقط (الجدول ١٠) وقد تطرقت دراسة (Awadh, 2023) لتلك المواقع الجغرافية من العراق و أنها تؤثر بشكل كبير على المملكة العربية السعودية بالانبعاثات المتكررة للغبار ذو الأثر البالغ على الصحة العامة نظرًا لتركز المعادن الثقيلة فيها ؛ حيث تشكّل نسبة الطين في عواصف الغبار ٧٠%، مع كمية صغيرة من الطمي (٢٠.٦%) والرمل (٩.٤%) والكوارتز (٤٩.٢، ٦٧.١) والفلسبار (٤.٩، ٢٠.٩) والكالسيت (٣٨، ٥) والجبس (٤.٨، ٠.٤) والدولوميت (٠.٨، ١.٠).

واستقبلت القيصومة بداية تأثيرات العاصفة الغبارية فسجلت تسارعًا في الرياح الغربية إلى ٢٨ عقدة مع تدني في مدى الرؤية الأفقية إلى ٢٠٠٠م كأثرية مثارة BLDU عند الساعة ١٠:٠٠ صباحًا، ويظهر من خلال بيانات (الجدول ١٠) أيضًا أن محافظة عرعر تعرضت لنتيار هابط من السحب الركامية عند الساعة ١٠:٠٠ صباحًا نتج عنها إثارة للأتربة والغبار ويبرهن ذلك (الشكل ١٣)، وفي نفس الوقت سجلت محطة الدوامي تدني للرؤية الأفقية إلى ٨٠٠م بنتيار هابط من السحب الركامية بلغت سرعته ٢٥ عقدة، بينما سجلت محطة وادي الدواسر رياح شمالية إلى شمالية غربية سرعتها ٢٠ عقدة أثارت الأتربة والغبار على مدى لرؤية ١٣٠٠م ، وتعد تلك المناطق التي مرت من المناطق شديدة التعرض للعواصف الغبارية نظرًا لطبيعتها وجفافها (الشكل ١٢)

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤ م على المملكة العربية ...، جواهر القحطاني وآخرون



(الشكل ١٢) موقع تشكل العاصفة



(الشكل ١٤) صورة فضائية للعاصفة في
الدوامي يوم ٢٨ أبريل ٢٠٢٤ م

(الشكل ١٣) صورة فضائية للعاصفة شمال
المملكة يوم ٢٨ أبريل ٢٠٢٤ م

المصدر: <https://view.eumetsat.int> بتصرف



(الجدول ١٠) بيانات محطات الرصد المناخية التي رصدت عاصفة يوم ٢٨ أبريل ٢٠٢٤ م
الغبارية

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
18:00	5	260	25	12	1009	5000DU
19:00	6	220	26	12	1009	4000DU
20:00	6	250	27	11	1009	4000DU
21:00	7	160	28	10	1010	4000DU
23:00	6	350	30	9	1010	4000DU
00:00	13	230	30	9	1008	2000DU
01:00	27	190	29	12	1007	1500DU
02:00	6	110	35	8	1006	200DS

التوقف ٢٨ أبريل

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
21:00	8	90	31	10	1010	9999FEW
22:00	10	750	30	12	1009	2500DU
23:00	10	330	29	13	1009	2000DU
00:00	10	330	29	13	1010	2000DU
01:00	8	330	28	12	1009	2000DU
02:00	8	250	28	11	1009	2000DU

البصرة ٢٨ أبريل

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
00:00	20	210	29	9	1012	4000BLDU
01:00	28	210	26	10	1012	2000BLDU
02:00	24	280	25	10	1012	8000BKN
03:00	18	180	22	13	1014	9999RA
04:00	10	120	22	15	1013	9999RA

القيصومة ٢٨ أبريل

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
09:00	12	200	27	5	1009	9999SCT
10:00	18	150	25	8	1012	3000BLDU
11:00	16	150	23	10	1012	3000BLDU
12:00	13	170	23	10	1011	5000BLDU

عرعر ٢٨ أبريل



تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية ...، جواهر القحطاني وآخرون

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
05:00	15	150	30	4	1009	9999SCT
06:00	7	210	30	6	1010	9999SCT
07:00	20	360	26	7	1011	1000BLDU
08:00	25	360	23	10	1013	800SS NSC

أبريل
٢٨
الدوامي

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

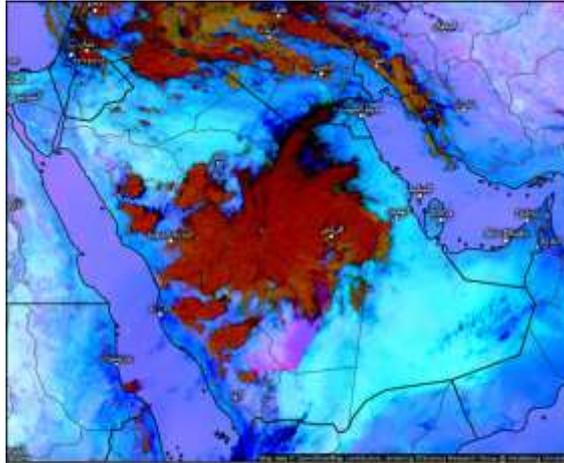
الحالة السابعة: ٢٩ أبريل ٢٠٢٤م:

سجلت محطة البصرة عند الساعة ٣:٠٠ صباحاً أولى الحالات الغبارية التي استمرت ثماني ساعات وظهرت جلياً في صور الأقمار الصناعية في (الشكل ١٦) بأنها نشأت بسبب رياح هابطة من السحب الركامية؛ حيث سجلت المحطة سرعات بنحو ٨ عقدة عند ٣:٠٠ صباحاً وتدنّى مدى الرؤية الأفقية ٢٠٠٠ مترًا ، أما محطة النجف فسجلت مدى الرؤية الأفقية ٢٥٠٠م في تمام الساعة ١٢ مساءً برياح جنوبية شرقية (الجدول ١١) ويظهر أيضاً أن محطة القصيم تعرضت لتيار هابط من السحب الركامية باتجاه رياح جنوبي وعلى سرعة ١٩ عقدة عند الساعة ٠٤:٠٠ مساءً نتج عنها إثارة للأتربة و الغبار ، وانخفض مدى الرؤية إلى ٢٠٠٠م واستمرت ٤ ساعات ، وكذلك محطة الدوامي التي سجلت تدني مدى الرؤية الأفقية عند ٩:٠٠م في ١٢:٠٠ مساءً بسرعة رياح ٣٥ عقدة باتجاه رياح جنوبيه غربية، وفي نفس الوقت سجلت محطة وادي الدواسر تدني للرؤية الأفقية إلى ١٠٠م بتيار هابط من السحب الركامية بلغت سرعته ٢٨ عقدة واستمرت لأكثر من نصف يوم تفاوتت فيها الرؤى الافقية ما بين ٣٠٠٠ متر و ٣٠٠ متر ، وقد رصدت الأقمار الصناعية كثافة الغبار آنذاك ويظهر جلياً في (الشكل ١٦) ويلاحظ من خلال تحليل بيانات عناصر الطقس في (الجدول ١١) أن العواصف الغبارية تتشكل عندما تبلغ درجات الحرارة ذروتها خلال اليوم ؛ ولذلك تسهل إثارة الغبار بعد تسخين سطح الأرض وجفاف التربة بالتزامن مع سرعات الرياح التي تتجاوز ١٢ عقدة في الغالب، ويلاحظ أيضاً أن المناطق التي ينخفض فيها المدى الرطوبي ينخفض معها مدى الرؤية الأفقية أكثر من المناطق الأعلى منها نسبياً من حيث معدلات الندى في وقت حدوث العاصفة الغبارية، وهذا يبرهن انخفاض العواصف الغبارية والأتربة المثارة في المناطق الرطبة والساحلية، وانخفاض زمن مكوث العوالق الغبارية في الغلاف الجوي لتلك المناطق بسبب تشبع ذرات الغبار ببخار الماء ومن ثم ثقل وزنها وترسبها على السطح.



(الشكل ١٥) موقع تشكل العاصفة الغبارية على وادي الدواسر

المصدر: <https://view.eumetsat.int> بتصريف



Satellite Dust

© Kachelmann GmbH - Download for private use only!
Sharing: Please get the pic's permaline from share button top right

Saudi Arabia

MIS 54/202024, 03:02:00.0317+03

meteologix.com

www.meteologix.com

(الشكل ١٦) صورة فضائية تُظهر كثافة الغبار على وادي الدواسر

تحليل حالات العواصف الغبارية الأبرز في شهر أبريل ٢٠٢٤ م على المملكة العربية ... جواهر المحطاني وآخرون

الجدول (١١) بيانات محطات الرصد المناخية التي رصدت عاصفة يوم ٢٩ أبريل ٢٠٢٤ م
الغبارية

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
03:00	8	500	28	12	1010	2000DU
04:00	6	300	27	13	1010	2000DU
06:00	8	80	27	13	1011	2000DU
07:00	6	90	29	17	1011	6000FEW
08:00	10	70	29	15	1011	9999FEW
09:00	12	60	30	15	1011	6000FEW
10:00	11	70	30	12	1011	4000DU
11:00	3	80	33	11	1011	6000FEW

البصرة ٢٩ أبريل ٢٠٢٤ م

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
05:00	8	120	28	11	1010	6000FEW
06:00	5	110	25	12	1011	7000SCT
07:00	8	130	26	12	1011	7000SCT
08:00	6	100	27	13	1012	7000SCT
09:00	6	110	28	13	1012	7000BKN
10:00	12	140	32	11	1011	6000BKN
11:00	10	140	33	11	1011	4000DU
12:00	9	150	34	11	1010	2500DU
13:00	17	170	35	10	1010	4000DU
14:00	15	150	34	11	1009	5000BLDU
15:00	11	160	25	18	1010	6000SHRA

النجف ٩ أبريل 2024 م

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
16:00	6	230	29	8	1011	8000BKN
17:00	19	180	27	9	1011	2000BLDU
18:00	19	170	26	9	1011	3000BLDU
19:00	16	180	25	10	1011	5000BLDU
20:00	52	180	27	13	1010	2000TSSA

القصيم ٢٩ أبريل



التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
08:00	12	120	22	13	1013	6000BKN
09:00	16	260	24	13	1015	4000BLDU
10:00	20	220	24	11	1016	4000BLDU
11:00	22	210	23	10	1016	3000BLDU
12:00	35	200	21	12	1015	900DS
13:00	32	160	20	12	1015	3000BLSA
14:00	30	140	19	12	1014	9999BKN

النوامي ٢٩ أبريل

التوقيت	سرعة الرياح/عقدة	اتجاه الرياح	الحرارة	الندى	الضغط الجوي	الرؤية
12:00	4	70	37	2	1011	9000NSC
13:00	28	360	30	10	1011	100DS/VV
14:00	28	360	31	9	1009	300DS/VV
15:00	28	10	32	8	1008	400DS/VV
16:00	18	360	33	7	1007	1200BLDU
17:00	18	10	33	7	1007	1600BLDU
18:00	28	360	32	7	1008	600DS/VV
19:00	24	360	30	9	1010	300DS/VV
20:00	24	340	28	10	1013	800DS/VV
21:00	30	320	26	12	1015	600DS/VV
22:00	20	30	22	14	1013	1000BLDU
23:00	22	10	22	13	1014	3000BLDU
00:00	18	20	22	13	1013	7000FEW

وادي السواسر ٢٩ أبريل 2024م

المصدر: المركز الوطني للأرصاد ٢٠٢٤م

النتائج والتوصيات:

- بعد تحليل أبرز الحالات الغبارية التي حدثت في شهر أبريل ٢٠٢٤م على المملكة العربية السعودية استنتجنا ما يلي:
- أن العواصف الغبارية تبلغ ذروتها في شهر أبريل بالمقارنة والمراقبة مع الأشهر الأخرى.
 - أن الحرارة عامل رئيسي مؤثر على تشكّل العواصف الغبارية نظرًا لكونها العنصر الأهم في تدرج رياح الضغط الجوي التي تولّد العواصف الغبارية.



- هناك نمط خاص لحركة العواصف الغبارية في المملكة تحتمه عليها الطبيعة التضاريسية لسطح الأرض.
- تتشكل العديد من العواصف الغبارية في المنطقة الجنوبية الحدودية للعراق مع المملكة العربية السعودية، وتصنّف تلك المنطقة ضمن النقاط الساخنة لانبعثات العواصف الغبارية.
- التوصيات:
- في ضوء النتائج السابقة يطرح البحث عددًا من التوصيات وهي:
- أهمية الاعتماد على مخرجات الأقمار الصناعية وضرورتها في الدراسات المناخية جنبًا إلى جنب مع البيانات المرصودة؛ نظرًا لاتساع مساحة المملكة العربية السعودية وتباعد مواقع التغطية الجغرافية للمحطات المأهولة.
- بناءً على التوصية السابقة توصي الدراسة بزيادة نطاق محطات الرصد المناخي المأهولة خاصّة في المناطق التي تشهد أحداثًا متكررة من الطقس القاسي كالمناطق بين وادي الدواسر والرياض وكذلك شرق الدوادمي.
- ضرورة سرعة إيجاد الحلول المستدامة لتأهيل الترب الملحية المفككة على سواحل المملكة الشرقية خاصّة أنها توازي مناطق ذات أهمية اقتصادية وصناعية وبتروولية هامة.

المراجع:

محمد بن، محمد محمود و العبيد، عبد العزيز إبراهيم (٢٠١٢) المملكة العربية السعودية دراسة في الهوية الجغرافية، الإدارة العامة للمساحة العسكرية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

Alharbi, M. (2023). *Analysis and prediction of dust storms across Saudi Arabia* [Master's thesis, King Abdulaziz University]. ResearchGate.

Al-Jumaily, K. J., & Ibrahim, M. K. (2013). Analysis of synoptic situation for dust storms in Iraq. *International Journal of Energy and Environment*, 4(5), 851–858. Retrieved from http://www.ijee.ieefoundation.org/vol4/issue5/IJEE_09_v4n5.pdf

Awad, A. M., & Mashat, A. A. (2016). Synoptic characteristics of spring dust days over northern Saudi Arabia. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 9(3), 285–294. <https://doi.org/10.1007/s11869-015-0320-0>

Awadh, S. M. (2023). Impact of North African sand and dust storms on the Middle East using Iraq as an example: Causes, sources, and mitigation. *Atmosphere*, 14(1), 180. <https://doi.org/10.3390/atmos14010180>

Labban, A., & Butt, M. (2021). Analysis of sand and dust storm events over Saudi Arabia in relation with meteorological parameters and ENSO. *Arabian Journal of Geosciences*. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05998-0>

Mashat, A. A., Al-Mamoon, A. M., Awad, A. M., Khan, M. A., & Gassman, P. W. (2020). Springtime dust classification and associated ozone distribution and synoptic features over northern Arabian Peninsula. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, Article 949. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05998-0>

المواقع الإلكترونية:

- <https://view.eumetsat.int>
- <https://worldview.earthdata.nasa.gov>
- <https://meteologix.com/>





انتشار السكان وفلسفة فهم المكان ”دراسة تحليلية في جغرافية السكان“

Population Dispersion and the Philosophy of Understanding
Place: An Analytical Study in Population Geography

إعداد

أ.م.د / محمد نوح محمود عدو
Dr. Mohamed Nouh Mahmoud Aduo
جامعة كركوك / كلية الآداب

Doi: 10.21608/jasg.2025.443043

استلام البحث: ١٧ / ٤ / ٢٠٢٥

قبول النشر: ٥ / ٦ / ٢٠٢٥

عدو، محمد نوح محمود (٢٠٢٥). انتشار السكان وفلسفة فهم المكان "دراسة تحليلية في جغرافية السكان". *المجلة العربية للدراسات الجغرافية، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٤)، ٦٥ - ٨٠.*

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

انتشار السكان وفلسفة فهم المكان "دراسة تحليلية في جغرافية السكان"

المستخلص:

هدف البحث دراسة ظاهرة انتشار السكان من زاوية فلسفية مكانية، محاولاً تجاوز التفسير الكلاسيكي الذي يربط التوزيع السكاني فقط بالعوامل البيئية والاقتصادية، لفهم أعمق يُبرز الدور الذي يلعبه إدراك الإنسان للمكان في اتخاذ قرار الاستقرار أو الهجرة. ينطلق البحث من فرضية أساسية مفادها أن الإنسان لا يختار المكان عشوائياً بل بناءً على فهم مركب لطبيعته، وإمكاناته، ورمزيته، وتاريخه، ومدى توافقه مع منظومته الثقافية والاجتماعية. يركز البحث على تحليل العلاقة الجدلية بين "المكان" كمفهوم جغرافي، و"الفهم" كآلية عقلية وثقافية توجه سلوك الإنسان السكاني، حيث يُظهر انتشار السكان ارتباطه بدرجة تقدير الإنسان للمكان وتفسيره له كملاد صالح للعيش، وليس فقط كموقع جغرافي مناسب، وقد توصل البحث إلى أن العوامل الجغرافية (كالبيئة، الماء، المناخ، الموقع) لا تعمل بمعزل عن الوعي البشري، بل إن تأثيرها يتفاوت حسب فهم السكان لها وإدراكهم لفرصها أو تهديداتها، كما بين أن بعض المناطق تشهد "فراغاً سكانيًا" لا بسبب قسوتها الطبيعية فقط، بل بسبب قصور في فهمها أو ضعف في إدماجها ضمن التصورات الاجتماعية السائدة. اعتمد البحث المنهج السلوكي، مدعوماً بإطار نظري من الفكر الجغرافي والفلسفي، وبالاستعانة بدراسات حالة مختارة لتوضيح كيف يؤثر الفهم البشري للمكان في رسم خريطة الانتشار السكاني. ويُعد هذا البحث مساهمة في توسيع أفق الدراسات السكانية، من خلال دمج الفلسفة الجغرافية في تفسير السلوك السكاني، وفتح المجال أمام مقاربات جديدة لقراءة العلاقة بين السكان والمكان .

الكلمات المفتاحية: التشظي السكاني، معنى المكان، افضلية الاماكن، الادراك المكاني.

Abstract:

The research aims to study the phenomenon of population distribution from a philosophical and spatial perspective, attempting to move beyond the classical interpretation that links population distribution solely to environmental and economic factors. It seeks a deeper understanding that highlights the role of human perception of place in decisions related to settlement or migration. The study is based on a core hypothesis that humans do not choose locations randomly, but rather based on a complex understanding of the place's nature, potential, symbolism, history, and its compatibility with their cultural and social system. The research focuses on analyzing the dialectical relationship between "place" as a geographic concept and



"understanding" as a mental and cultural mechanism that guides human settlement behavior. It reveals that population spread is closely linked to how individuals value and interpret a place as a viable habitat, not merely as a suitable geographic location, The study concludes that geographic factors (such as environment, water, climate, and location) do not operate in isolation from human awareness; rather, their impact varies depending on how populations perceive them and interpret their opportunities or threats. It also shows that certain regions experience "population voids" not only due to harsh natural conditions but also due to limited understanding or the failure to integrate these areas into prevailing social perceptions, The research adopts the behavioral approach, supported by a theoretical framework that combines geographic and philosophical thought, along with selected case studies to illustrate how human understanding of place shapes patterns of population distribution, This study is a contribution to expanding the horizon of population studies by integrating geographic philosophy into the interpretation of population behavior, and by opening the door to new approaches for analyzing the relationship between people and place.

Keywords: Population Fragmentation, Meaning of Place, Spatial Preference , Spatial Perception.

المقدمة

لطالما شكّل "المكان" في الفكر الجغرافي إطاراً مرجعياً لفهم الظواهر الإنسانية والطبيعية على حد سواء، غير أن ما غاب كثيراً عن التناول الأكاديمي التقليدي هو السؤال الفلسفي العميق لماذا يختار الإنسان مكاناً دون غيره، وإذا كان علم جغرافية السكان قد اعتنى بدراسة التوزيع والخصائص والحركات السكانية بوصفها مؤشرات كمية، فإن هذا البحث يتجه إلى إعادة قراءة الظاهرة السكانية من زاوية فلسفية، تسلط الضوء على طبيعة العلاقة المركبة بين السكان والمكان، ليس فقط من حيث الاستغلال والاستقرار، بل من حيث الفهم والتأويل والتفاعل الرمزي. إن انتشار السكان على سطح الأرض لا يُعد مجرد عملية فيزيائية أو استجابة آلية للعوامل الطبيعية، بل هو انعكاس لمجموعة من القراءات التي

يُجريها السكان على المكان، بما يحمله من إمكانات، وما يرمز إليه من معانٍ تاريخية وثقافية واقتصادية، فالكثافة السكانية في منطقة ما لا تعني فقط توافر مقومات العيش، بل تعني أيضاً أن الإنسان قد وجد في ذلك الموضع ما يستحق البقاء، سواء من حيث الأمن، أو الشعور بالانتماء، أو الفرص، أو استمرارية التاريخ.

من هذا المنطلق يسعى هذا البحث إلى استجلاء المنظور الفلسفي لفهم انتشار السكان، باعتباره فعلاً واعياً، مقصوداً، ومبنياً على إدراك عميق لقيمة المكان، ذلك أن كل موضع جغرافي في نظر الإنسان يمر عبر مرشّح ذهني، ثقافي، اجتماعي، قبل أن يُحكم عليه بالصلاحية أو بعدمها، وبالتالي فإن الأنماط السكانية الكبرى ما هي إلا خريطة للفهم الجمعي للمكان، ويبرز في هذا السياق دور مجموعة من العوامل الجغرافية المتداخلة التي تسهم في تشكيل "فلسفة المكان"، بدءاً من الماء والتربة والمناخ، مروراً بالموقع والمسافة والبنية التحتية، ووصولاً إلى عوامل أكثر تعقيداً كالهوية، والرمزية، والانتماء، والاستقرار السياسي، ومن هنا فإن الانتشار السكاني وإن بدا للوهلة الأولى ظاهرة مادية إلا أنه محكوم بتصورات عميقة حول المكان، وهذه التصورات تختلف باختلاف المجتمعات والثقافات والأزمنة.

لقد أدرك الجغرافيون الكلاسيكيون مثل راتزل وهنتنغتون أهمية العامل الطبيعي في التأثير على الانتشار السكاني، ولكن الفكر الجغرافي الحديث خصوصاً مع طروحات هنري لوفيفر وديفيد هارف في تجاوز التفسير الحتمي نحو مقاربة أكثر شمولاً ترى أن الإنسان يصنع الفضاء بقدر ما يتأثر به، وأن للمكان روحاً وتاريخاً وثقافة تُدرك وتُفهم قبل أن تُستغل (حميدة، ١٩٨٥، صفحة ١٣).

لذلك فإن الغاية من هذا البحث ليست وصف أنماط الكثافة أو خريطة التوزيع السكاني، بل الوقوف على "منطق الانتشار"، وتحليل الفهم السكاني الذي يقف خلف ذلك الانتشار، واستكشاف ما إذا كانت هناك فلسفة خفية تحكم هذا الوجود الإنساني المكاني، وكيف تؤثر هذه الفلسفة في القرارات السكانية الكبرى من التوطن والاستقرار أو الهجرة والنزوح. إن هذا التوجه في دراسة جغرافية السكان يُسهم في إغناء الفهم الجغرافي المعاصر، ويعيد الاعتبار للمكان ليس فقط كحاوية للوجود البشري، بل كفاعل في تشكيله وإعادة إنتاجه.

أولاً: مشكلة البحث:

تتبع مشكلة هذا البحث في الكشف عن الفجوة المعرفية بين التفسير الكمي والتفسير الفلسفي لظاهرة الانتشار السكاني، ومحاولة بناء تصور تحليلي تكاملي يُعيد للمكان حضوره المفاهيمي بوصفه كياناً مركباً، من خلال الأسئلة الجوهرية المطروحة لماذا يختار الإنسان مكاناً دون غيره؟ ما الذي يجعل كثافة السكان ترتفع هنا وتنخفض هناك؟ وهذه الأسئلة بحاجة

إلى إجابات تتجاوز المؤشرات الرقمية، لتتعمق في التفسير السلوكي والثقافي والجغرافي لانتشار السكان

ثانياً: فرضية البحث:- ينطلق هذا البحث من فرضية أساسية مفادها أن: الانتشار السكاني ليس فعلاً عشوائياً، بل هو انعكاس لفهم الإنسان للمكان ضمن إطار من العوامل البيئية والثقافية والاقتصادية التي تُشكّل قراره في الاستقرار أو الانتقال.

ثالثاً: هدف البحث:- يهدف البحث إلى تقديم تحليل فلسفي لعلاقة السكان بالمكان من خلال تفسير أنماط الانتشار والكثافة السكانية بوصفها تعبيراً عن وعي جمعي بأفضلية المكان، مع دراسة أثر التقنيات الجغرافية والذكاء الاصطناعي في إعادة فهم هذه العلاقة، بالإضافة إلى تحليل التحول المكاني للمهاجرين بوصفه أحد تعبيرات إعادة إنتاج الفضاء السكاني.

رابعاً: منهجية البحث:- اعتمد البحث على المنهج السلوكي الذي يربط النتائج المكانية بالسلوك البشري المدفوع بعمليات ذهنية داخلية، يستند هذا المنهج إلى مبدأ المثير والاستجابة، حيث يتفاعل الإنسان مع البيئة ويتخذ قرارات تؤدي إلى أنماط مكانية محددة، وقد تبنته الجغرافيا من علم النفس لفهم كيفية إدراك الأفراد للمكان وسلوكهم تجاهه، ويقوم على مبدئين: أن السلوك البشري ينظم المجتمعات، وأن هناك تسلسلاً منتظماً في تعامل الإنسان مع المكان لتشكيله وتنظيمه.

خامساً: الخلاصة التمهيدية للمقدمة

يتضح من خلال الطرح الأولي أن الانتشار المكاني للسكان يعكس تفاعلاً عميقاً بين السكان وخصائص المكان، ما يستدعي تجاوز القراءات الكمية نحو قراءة فلسفية - مكانية تؤسس لفهم معمق لجغرافية السكان كعلم إنساني بامتياز.

١- تطور المفاهيم ضمن فلسفة فهم المكان وعلاقتها بانتشار السكان

أن انتشار السكان يتبع أنماطاً فلسفية ثقافية بقدر ما هي بيئية واقتصادية، فالإنسان لا يعيش فقط حيث توجد الموارد، بل حيث "يشعر بالأمان والهوية والانتماء" فجغرافية السكان لا تدرس توزيع السكان، نموهم، خصائصهم، وأنماط تحركاتهم فقط، ولا تكتفي فقط بالوصف الكمي، بل تتجه نحو تحليل كيف يؤثر المكان في الإنسان، والعكس (زهرا، ٢٠٠٣، صفحة ٣٥). فالمكان ليس مجرد حيز فيزيائي، بل هو بنية اجتماعية معرفية تتشكل من خلال التجربة البشرية، وهذا ما أكده هنري لوفيفر في نظريته "إنتاج الفضاء". (Henri, 1991, p. 58). وعلى هذا النحو لا يمكن أن نعرف جغرافية السكان بالمفهوم التقليدي وإنما يجب الأخذ بعين الاعتبار الحداثة في ضوء الفلسفة المكانية، فحسب المفهوم التقليدي لجغرافية السكان باعتبارها أحد الفروع الأساسية في الجغرافيا البشرية، وهي تُعنى بدراسة توزيع السكان، نموهم، تركيبهم، وهجرتهم، والأنماط التي يتخذونها في التوطن داخل الحيز الجغرافي (سلطان و حسن، ٢٠٢٥، ٧٠-٧١).

لكن تطور تعريفها بتطور الفكر الجغرافي ذاته متحولاً من الرصد الكمي والإحصائي إلى التفسير المكاني والفلسفي لسلوك السكان واختياراتهم، فان قارنه تعريف (Clarke) في الرؤية التقليدية.

حيث كانت جغرافية السكان تُعرّف على أنها "دراسة الأعداد السكانية وتوزيعهم في المكان، وتحليل خصائصهم الديموغرافية (مثل العمر والنوع والنمو) باستخدام الأساليب الإحصائية والخرائط. (الحديثي، جغرافية السكان، ٢٠٠٠). فسنجد ان هذا التعريف يُركّز على وصف السكان كمتغير قابل للقياس، ويربط انتشارهم غالباً بالعوامل الطبيعية كالبيئة والمناخ والتربة والماء.

أما في الفكر الجغرافي الحديث، فقد بدأ التركيز يتحول نحو فهم العلاقة المعقدة بين الإنسان والمكان، بحيث لا يُنظر إلى السكان كأرقام فقط، بل ككائنات واعية تُعيد إنتاج المكان وفقاً لفهمها وإدراكها وهويتها، وفي هذا الإطار تُعرّف جغرافية السكان بأنه علم يبحث في كيفية إدراك الإنسان للمكان، واختياره له كمجال للعيش وفق تفاعلات ثقافية، اجتماعية، وبيئية، تؤدي إلى تشكيل أنماط مكانية معقدة تُعبّر عن فهم جمعي أو فردي للمكان (Gregory, 2009, 42).

ويُضيف "ديفيد هارفي" (David Harvey) أحد أبرز الجغرافيين الفلاسفة أن الحيز السكاني ليس مجرد نتيجة للعوامل الجغرافية، بل هو نتاج لعملية إدراكية ثقافية يرى من خلالها الإنسان المكان ويعيد تشكيله (David, 2000, p. 132).
اذ فالمفهوم التقليدي لتعريف جغرافية السكان يُركّز على السكان كظاهرة رقمية متأثرة بالعوامل الطبيعية، اما المفهوم الحديث الفلسفي يُفسّر السكان كفاعلين يُتججون المكان ويفهمونه عبر بُنى إدراكية وثقافية.

اما اختيارنا لمصطلح الانتشار السكاني لا التوزيع السكاني، كونه المصطلح الادق والاعمق دلاليًا فهو لا يقتصر على وصف الوضع الحالي لكيفية توزيع السكان في مساحة جغرافية معينة مثلاً ان نقول ٧٠% من السكان حضر و ٣٠% من سكان ريف، فالتوزيع هنا مصطلح احصائي وصفي، اما مصطلح الانتشار مصطلح ديناميكي يتضمن فلسفة التوزيع في المكان والعوامل المحفزة ويتضمن تحليل حركة السكان ودوافعهم وعلاقتهم بالمكان وتأثير الزمان والتطور على هذا الانتشار فهو مصطلح فلسفي تحليلي يرتبط بالإدراك والسلوك المكاني للسكان ويناسب الطابع المتقدم للبحث، رغم أن المصطلحين يُستخدمان أحياناً بشكل متبادل في الكتابات العامة، إلا أن هناك فرقاً علمياً دقيقاً بينهما في الجغرافيا خاصة في التحليل المكاني وكما يأتي :-

أولاً: توزيع السكان (Population Distribution)

هو الوصف المكاني لكيفية تواجد السكان على سطح الأرض، أي ما إذا كانوا يتركزون في أماكن معينة (مثل المدن أو القرى) أو متفرقين في أماكن أخرى والتركيز هنا

يُعنى بتحديد مواقع التجمعات السكانية، وبمستويات الكثافة في كل منطقة، أما الجانب التحليلي فتوزيع السكان يُقاس غالبًا بـ"الكثافة السكانية"، ويُظهر أنماط التركيز أو التشتت. مثال نقول "يتركز السكان على طول نهر دجلة"، أي هناك توزيع غير متساوٍ للسكان.

ثانيًا: انتشار السكان (Population Dispersion/Spread)

هو العملية أو الكيفية التي ينتقل بها السكان أو يتمددون في المكان بمرور الزمن، أي هو البعد الديناميكي لتوزيع السكان والتركيز يُعنى بالحركة، والانتقال، والتوسع الأفقي للسكان داخل المجال الجغرافي، أما الجانب التحليلي يشير إلى التحول في التوزيع (مثلًا من التركيز إلى التشتت)، ويرتبط بالزمن والتغيرات الاجتماعية أو البيئية مثال نقول "انتشر السكان من المدينة إلى الضواحي"، أي أن هناك تغيرًا في نمط التوزيع بفعل عوامل اقتصادية أو سكانية.

٢ - فلسفة فهم المكان وعلاقتها بانتشار السكان وكثافتهم

إن المكان في جغرافية السكان ليس مجرد إطار جغرافي محايد، بل هو كيان مركب يتداخل فيه البعد الفيزيائي مع البعد الإنساني الثقافي والسياسي والاقتصادي، تنطلق فلسفة فهم المكان من اعتبار أن العلاقة بين الإنسان والمكان علاقة جدلية مستمرة، حيث يؤثر كل منهما في الآخر، ويعيد تشكيله بمرور الزمن. ومن هذا المنطلق، فإن دراسة انتشار السكان وكثافتهم لا يمكن فصلها عن فهم عميق لفلسفة المكان بوصفه حيزًا يحمل دلالات تتجاوز الجغرافيا الطبيعية، إذ يختار الإنسان أماكن عيشه وفق "أفضلية مكانية" تتشكل من عدة مستويات (Harvey, 1973, p. 265) وهي :

- ٢-١ . المستوى الطبيعي: توفر الماء، التربة، المناخ المعتدل.
 - ٢-٢ . المستوى الاقتصادي: وجود فرص عمل، طرق تجارة، موارد.
 - ٢-٣ . المستوى الاجتماعي والثقافي: شعور بالانتماء، رمزية المكان، اللغة والدين.
 - ٢-٤ . المستوى السياسي والأمني: الاستقرار، غياب التهديد، السيادة.
- هذه المستويات تؤدي إلى نشوء أنماط انتشار وتكتل يختار فيها الإنسان المكان الذي "يفهمه" على أنه أصلح وأجدر بالعيش، فالانتشار السكاني يعبر عن طريقة تموضع السكان على سطح الأرض، وهو مرآة لتفضيلاتهم، أما الكثافة السكانية تعكس درجة الاستفادة من المكان أو الإحجام عنه (Smith, 1977, p. 5).

اذ ترتبط أنماط انتشار السكان مباشرة بفهمهم للمكان وقيمتها فاختيار موقع السكن لا يعتمد فقط على توفر الموارد الطبيعية، بل يتأثر أيضًا بعوامل رمزية وثقافية، كالقرب من مواقع مقدسة، أو الانتماء العرقي، أو حتى التصورات التاريخية للمكان، وتشير دراسات جغرافية السكان إلى أن هناك ميلًا بشريًا مستمرًا لتكوين "أماكن مألوفة" ترتبط بالهوية والانتماء (Tuan, 1977, p. 4). أما الكثافة السكانية ليست فقط انعكاسًا لحجم السكان

مقارنة بالمساحة، بل تعكس أيضاً قدرة المكان على استيعاب النشاط البشري من منظور فلسفي، يمكن اعتبار الكثافة مقياساً للتفاعل الاجتماعي والاقتصادي مع الحيز المكاني، فكما زادت كثافة السكان زادت الحاجة إلى إعادة تنظيم المكان سواء عبر التخطيط الحضري أو عبر إعادة تأويل رمزي للمكان (Harvey, 2021, 7).

مثال مقارن فهم المكان وانتشار السكان في مصر والعراق، ففي مصر يُظهر التوزيع السكاني نموذجاً تقليدياً متمركزاً حول نهر النيل والدلتا، وهذا النمط يعكس فهماً مكانيًا متجذراً في الوعي التاريخي للمجتمع المصري، حيث يمثل نهر النيل ليس فقط مصدرًا للماء بل محوراً للهوية الثقافية والتاريخية الذي يتكرر عبر الزمن، إذ يعيش أكثر من ٩٥% من سكان مصر على أقل من ٥.٥% من المساحة الإجمالية، وهي المناطق الممتدة على ضفاف النيل والدلتا، يدل ذلك على فهم جمعي متوارث للمكان، باعتباره الحيز الذي يضمن الأمن المائي والزراعي والبنية التحتية، مقابل المساحات الصحراوية التي تُعتبر "غير مأهولة مكانيًا" رغم توفر مشاريع تنمية فيها (CAPMAS, 2022).

أما في العراق نجد تفاعل جغرافي سياسي مع المكان إذ يظهر في المقابل التوزيع السكاني في العراق تفاعلاً معقدًا بين البعد الطبيعي والبعد السياسي الأمني والعرقي والطائفي، فعلى الرغم من أن نهري دجلة والفرات يقدمان ظروفًا مشابهة للنيل، إلا أن انتشار السكان في العراق لا يُظهر التركيز الحاد نفسه، وينتشر السكان في العراق على امتداد نهري دجلة والفرات، ولكن بانتشار متفاوت حسب العامل الطائفي، العرقي، الأمني، والاقتصادي. حيث تشهد مناطق الوسط والجنوب كثافات سكانية عالية بسبب ندرة الأراضي الصالحة للزراعة أو التنافس المكاني للسكن في المدن ذات المراكز الدينية المقدسة (مدينة كربلاء المقدسة، مدينة النجف الأشرف) بينما تشهد مناطق غرب العراق وشماله الغربي انخفاضاً نسبياً في الكثافة السكانية لسعة انتشار الأراضي الزراعية وإمكانات مائية وفيرة كونهم لا يرتبطون بمجرى الأنهار فقط وإنما بالمناخ المطري التي تتميز بها أماكنهم، أما العامل الاقتصادي والأمني والسياسي فيمثل القاسم المشترك لانتشار السكان في العراق بسبب التغيرات السياسية الغير مستقرة بين الحين والآخر (UN-Habitat, 2020).

نجد في المقارنة لانتشار السكان في البلدين عمق فلسفي لفهم المكان بالنسبة للسكان، ففي مصر تشكل العلاقة مع المكان علاقة تاريخية - ثقافية مستقرة نسبياً، حيث المكان يُفهم على أنه "الضامن للحياة"، وبالتالي ينعكس ذلك في تركيز السكان، أما في العراق يُعاد تعريف المكان بشكل مستمر نتيجة التحولات السياسية والأمنية والاقتصادية، مما يجعل نمط الانتشار السكاني غير مستقر ويعتمد على ظرفية التفاعل مع المكان.

وهذا يتفق مع رؤية "ديفيد هارفي" بأن المكان يُنتج اجتماعياً، ويُعاد تشكيله حسب العلاقات الاجتماعية والسلطة، لا فقط حسب المعطيات الطبيعية (Harvey, OP cit, 2021, p. 12). فانتشار السكان في المثاليين يعكس إدراكاً جماعياً لأفضلية المكان.

٣- دور التقنيات الجغرافية والذكاء الاصطناعي في انتشار السكان وفهم المكان

يتجه العالم بوتيرة متسارعة نحو الرقمنة والاعتماد على البيانات، وفي هذا الإطار أصبح من الصعب فهم التوزيع السكاني وتحليل المكان بمعزل عن التقنيات الجغرافية الحديثة والذكاء الاصطناعي فقد أحدث الدمج بين نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بعد والذكاء الاصطناعي ثورة في كيفية تحليل أنماط الانتشار السكاني على الأرض، وفهم سلوك الإنسان في تعامله مع المكان من حيث السكن، والهجرة، والتوسع الحضري، وحتى التفاعل مع الكوارث البيئية، وهذا ظهر بشكل جلي في العقدين الأخيرين حيث مزجت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والتحليل المكاني، والاستشعار عن بعد مع الذكاء الاصطناعي (AI)، بما أُطلق عليه GeoAI. هذه المقاربة أحدثت ثورة في فهم نمط انتشار السكان والتفاعل بين الإنسان والمكان فمثلاً، يمكن اليوم تحليل بيانات الأقمار الصناعية وبيانات الهواتف المحمولة لمعرفة الكثافة السكانية، أنماط تنقلهم، وحتى تحديد المناطق ذات الاستجابة السريعة للبيئة أو التخطيط الحضري (Robinson et al., 2017, 1-4).

ولا بد من الإشارة الى ان هذا التحول لم يكن مجرد تقدم أدواتي، بل حمل معه بُعداً فلسفياً عميقاً، أعاد النظر في العلاقة بين "السكان" و"المكان"، وطرح تساؤلات وجودية حول قدرة الآلة على فهم الكينونة البشرية في فضاءها المكاني، فبينما توفر هذه الأدوات إمكانيات هائلة في رصد التحولات السكانية، وتحليل أنماط الهجرة، ورسم خرائط دقيقة لتوزيع التجمعات البشرية فإنها في الوقت ذاته قد تنزلق إلى اختزال المكان في بُعد الكمي البحت، مما قد يغيب التجربة المعيشة وسياقاتها الثقافية والاجتماعية، ولا يفوتنا ان نوه ان الذكاء الاصطناعي ولا سيما تقنيات التعلم العميق (Deep Learning) والتعلم الآلي (Machine Learning) التي تُستخدم في تحليل صور الأقمار الصناعية، ودمجها مع قواعد بيانات سكانية تولد أنماط مكانية معقدة، التي يمكن ان تُنتج خرائط استيطان سكاني عالية الدقة في الدول النامية (Yuan, Q., et al, 2020,458).

وفي دراسة حديثة أجراها (Xie, Y., Liu, X., & Chen, Y, et al, 2021,125-139). تم توظيف نماذج شبكات عصبية لتحليل توزيع السكان في المناطق الريفية الصينية بالاعتماد على صور متعددة الأطياف، مما أتاح استنتاجات دقيقة حول علاقة الإنسان بالبيئة والمياه والموارد الطبيعية.

ويلاحظ ان هذا التقدم لم يخلُ من تحديات فقد أشار (Zhu et al) إلى خطورة "التحيز الخوارزمي" في حال عدم تمثيل البيانات لكافة الفئات السكانية، وهو ما قد يؤدي إلى تحليلات مشوهة تُعيد إنتاج الإقصاء الاجتماعي بشكل رقمي، كما أن الاعتماد المفرط على هذه التقنيات دون نقد فلسفي أو نظر اجتماعي قد يُفضي إلى فقدان البعد الإنساني في فهم

المكان، وتحويل الإنسان من "فاعل مكاني" إلى "بيانات رقمية" (Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., et al. 2021,122).

ومن هذا المنطلق تبرز الحاجة إلى مقاربة متكاملة، لا تُقصي أدوات الذكاء الاصطناعي، بل تُعيد توطينها في ضوء فهم فلسفي للمكان، مكان ليس فقط ما يُقاس ويُحلل رقمياً، بل ما يُعاش ويُفهم في سياقه الثقافي والاجتماعي والتاريخي.

وبنفس الصدد لكن على الجانب الإيجابي تُستخدم تقنيات الذكاء الاصطناعي لا سيما التعلم الآلي والشبكات العصبية لتحليل صور الأقمار الصناعية وبيانات الهاتف المحمول وتقديم تقديرات عالية الدقة لتوزيع السكان حتى في المناطق التي تفتقر إلى بيانات إحصائية رسمية، إذ يمكن استخدام الأقمار الصناعية لتجاوز مشاكل نقص بيانات التعداد، وقد أتاحت هذه التقنيات تحديد الكثافة السكانية على مستوى الأحياء مما سهل على الحكومات التخطيط الحضري وتوزيع الخدمات والموارد.

ومن زاوية أخرى لكن على الجانب السلبي فإن لهذه التقنية وجهًا آخر أكثر تعقيداً يتمثل في مخاطر التحيزات الكامنة داخل نماذج الذكاء الاصطناعي، حيث قد تؤدي البيانات غير المتوازنة إلى تقديرات خاطئة خصوصاً في المناطق الريفية أو تلك التي لا تمتلك خرائط رقمية حديثة، كما أن استخدام بيانات التنقل والأماكن المرترادة يومياً يثير مخاوف كبيرة بشأن الخصوصية، خصوصاً إذا لم تكن هناك ضوابط قانونية صارمة تنظم طريقة جمع هذه البيانات واستخدامها .

واستخلاصاً مما سبق يمكن القول إن فهم المكان في ضوء هذه الأدوات لم يعد مجرد معرفة موقع جغرافي، بل أصبح تحليلاً ديناميكياً لتفاعلات معقدة بين السكان والبيئة، تدعمه كميات هائلة من البيانات التي يتم تحليلها لحظياً بفضل الذكاء الاصطناعي، ومع تقدم هذه الأدوات وتأسيساً على ذلك فإن التحدي الحقيقي لم يعد فقط في امتلاك التقنية بل في كيفية استخدامها بشكل عادل وأخلاقي وإنساني يعكس التنوع الاجتماعي ويُراعي العدالة المكانية.

٤ - التغيرات السكانية وتحول المعنى المكاني من الانتشار إلى التثظي (الهجرة)

ضمن إطار تحليل فلسفة فهم المكان لعلم جغرافية السكان لا يمكن تجاهل التحولات الجذرية التي أصابت البنية السكانية في العقود الأخيرة، خاصة في المناطق المتأثرة بالحروب، التغير المناخي، والتحولات الاقتصادية، فالتغير السكاني لم يعد يعني مجرد انتقال أو تباين في الكثافة، بل أصبح يتداخل مع منظومة المفاهيم الوجودية المرتبطة بالمكان، ما بين الانتماء، التذكر، والهوية. إن المكان السكاني لم يعد مفهوماً جغرافياً صرفاً، بل صار بناءً ديناميكياً يتشكل ويفقد معناه تبعاً لحركة السكان، وبهذا المعنى يمكن الحديث عن تشظي مكاني، الذي يعيد إنتاج العلاقة بين الإنسان والمكان.

وفي هذا السياق ترتبط ظاهرة التشظي السكاني بمجموعة من المؤثرات، أبرزها الهجرة القسرية والاختيارية، الكوارث البيئية، والسياسات الاقتصادية التي تعيد هيكلة الحيز المكاني لصالح مراكز جذب محددة على حساب الأطراف، وبهذا تتحول العديد من الأماكن إلى فراغات سكانية تفتقد للتمثيل الاجتماعي والثقافي، مما يؤدي إلى فقدان المعنى المكاني (Loss of Place Identity)، وهو ما عبّر عنه مارك أوجيه بمصطلح "اللامكان" (Non-Places)، مشيرًا إلى المساحات التي تُستهلك وتُستخدم دون أن ترتبط بذاكرة أو انتماء (Auge, 1995, 75-76).

ولا مناص من القول ان هذا يدعونا للتأمل في بعد فلسفي أعمق هل بقي للمكان معنى إن غاب عنه الوجود البشري؟ هل تُعرّف المدن والقرى بحدودها الإدارية أم بذاكرتها الجمعية؟ وهل تقود هذه التحولات إلى محو الذاكرة المكانية وتفكك البنى الثقافية المرتبطة بها؟

من هذا المنظور، لا يمكننا فصل التحليل الديموغرافي عن الفهم الوجودي للمكان، لأن كل تغيير سكاني هو بالضرورة تغيير في طبيعة الحضور البشري في المكان، وبالتالي في دلالاته الرمزية والسياسية والثقافية.

٤-٤- دراسة حالة مدينة الموصل من إعادة التوزيع إلى تشظي المكان

اذ تُعدّ مدينة الموصل نموذجًا حيًّا لفهم ديناميكية التحولات السكانية المترافقة مع التغيير المكاني، ليس من زاوية الكثافة والنمو وحدهما، بل من خلال فقدان المعنى المكاني وتشظي الهوية الجغرافية بعد الحروب والنزاعات والتغيرات البيئية والاقتصادية. فبعد سنة ٢٠١٤ وما شهدته المدينة من التهجير الجماعي، والنزوح القسري، وتدمير البنية التحتية والاجتماعية خلال فترة الاحتلال الأمريكي وما رافقه من ظهور التنظيمات اراهابية وتخريبية تدعم حالة الفوضى وهى بالمعنى الدقيق انعدام السلطة، تحولت الموصل إلى مدينة متعددة الجغرافيا، مفككة البنية، ومتعددة السرعات المكانية (خلف، ٢٠٢١، ٥٩٢-٥٩٣).

لقد تغيّر التركيب السكاني للمدينة بشكل كبير بعض الأحياء تفرغت تمامًا من سكانها، بينما تحولت أخرى إلى مراكز مؤقتة للنزوح ولم يعد "المكان" فيها حاملاً لذاكرة جماعية واحدة، بل صار يعكس تشظيًّا في الانتماء والذاكرة، إذ يشعر كثير من السكان بالانفصال عن الأحياء التي عادوا إليها أو التي انتقلوا للسكن فيها، مما جعل "العودة" لا تعني بالضرورة "استعادة المكان". وعلى هذا الاساس قرر عدد كبير من سكان الموصل البقاء في المناطق التي نزحوا إليها وخاصة المترفين منهم واصبحت مناطق النزوح البديلة مكان استقرار لهم نتيجة لتوافر ظروف الاستقرار والامن , اضافة الى فقدان هوية امكانهم الاصلية, وتماشياً على ما تم ذكره فان هذا يكشف عن فجوة كبيرة بين المكان كما كان، والمكان كما عاد إليه

السكان، حيث غابت الروابط الاجتماعية، وتفككت أنماط الحياة اليومية، وانتشرت مظاهر الإحباط المكاني .

وهذه الحالة الموصليّة تعكس بوضوح أن التغير السكاني - سواء بالانخفاض، التهجير، أو إعادة التوزيع - يُنتج تحولاً في فلسفة المكان، من الفضاء الحي النابض بالهوية والانتماء، إلى فضاء مادي ممزق يُعاد إنتاجه بآليات خارجية (سياسية، اقتصادية، هندسية) دون تفاعل حقيقي مع ذاكرة المكان أو سكانه الأصليين.

وبذلك تُشكّل مدينة الموصل نموذجاً تطبيقيّاً لفهم كيف أن التحولات السكانية ليست فقط مسألة "عدد"، بل مسألة "وجود" و"ذاكرة" و"هوية مكانية" قابلة للضياع أو التشوه، وهو ما يجعل إدراك هذه التحولات ضرورة لفهم التحول الفلسفي للمكان في جغرافية السكان الحديثة.

خاتمة البحث :

المكان كمعنى لا كموقع فقط في فهم الانتشار السكاني من منظور إنساني واقعي، من هذا المنطلق حاول البحث أن يقترب من الظاهرة السكانية عبر مدخل مختلف، يتجاوز المنهج الوصفي أو الإحصائي الصرف، ليعيد مساءلة المفاهيم التي تُبنى عليها جغرافية السكان.

ومن بين هذه المفاهيم، يبرز "المكان" ليس بوصفه مجرد إطار جغرافي أو خلفية محايدة لانتشار السكان، بل ك تجربة إنسانية معقدة، تتداخل فيها الذاكرة، والهوية، والانتماء، والحركة، لقد أصبح من الواضح أن الانتشار السكاني لا يمكن فهمه فقط من خلال خرائط التوزيع أو جداول الكثافة، بل لا بد من النظر إليه كنتاج لتفاعل عميق بين السكان والمكان. فحيث يختار الإنسان أن يسكن ليس محض صدفة، ولا فقط بدافع الموارد أو الفرص، بل أيضاً نتيجة لعوامل رمزية، ثقافية، اجتماعية، وربما وجودية. فالمكان يُصنع بالمعنى الذي يضيفه عليه ساكنوه، ويُعاد إنتاجه من خلال سيرهم فيه، وكلامهم عنه، وطريقتهم في الانتماء إليه أو النفور منه.

وبناء على ذلك فإن إعادة فهم جغرافية السكان تتطلب استعادة البعد الإنساني للمكان، ككيان يتشكل مع وعي الإنسان به، ويتغير كلما تغيرت علاقته به، فالمكان هو سؤال قبل أن يكون جواباً، وتحديد السكان لا ينفصل عن فهمهم لذواتهم ضمن المكان، لا فقط عن مواقعهم فيه وعليه، فإن الدعوة الأساسية التي تنبثق من هذا البحث هي ضرورة الانتقال من مقاربات "المكان كموقع" إلى "المكان كمعنى"، ومن الرؤية السكونية الجامدة إلى الرؤية الديناميكية الحية، حيث يتموضع السكان في فضاء مفتوح على التفسير، وعلى إعادة التكوين.

وبطبيعة الحال فجغرافية السكان ليست علماً للأرقام فقط، بل علماً للمعنى المكاني، وهي بهذا تستدعي من الباحث الجغرافي أن يكون قارئاً للمكان، قبل ان يكون محللاً للبيانات

لهذا المكان، وهذا وحده ما يمنح البحث الجغرافي طابعه الفلسفي التحليلي، ويُبقيه متجددًا في مواجهة عالم يتغير باستمرار، وهذا يضيف للباحث الوعي المكاني وإعادة إنتاج الجغرافيا السكانية نحو رؤية فلسفية معاصرة.

٥- الاستنتاجات والمقترحات :-

أولاً: الاستنتاجات

المحور الأول: تطور المفاهيم ضمن فلسفة فهم المكان وعلاقتها بانتشار السكان

١. تُظهر فلسفة المكان أن المكان ليس مجرد حيز فيزيائي، بل هو بنية ثقافية-وجودية تتشكل عبر الذاكرة والهوية والتجربة الإنسانية.

٢. تطوّر مفهوم "الانتشار السكاني" من كونه مجرد توزيع عددي إلى تعبير عن علاقة الإنسان بالمكان وطرائق استجابته لهوية المكان وموارده.

٣. العلاقة بين الإنسان والمكان تحوّلت تاريخياً من علاقة استقرار وتفاعل إلى علاقة استهلاك وظيفي، ما أضعف الانتماء المكاني في بعض المجتمعات.

المحور الثاني: فلسفة فهم المكان وعلاقتها بانتشار السكان وكثافتهم

١. الكثافة السكانية لا تعكس فقط عوامل اقتصادية أو طبيعية، بل تعبر أيضاً عن تجاذبات رمزية وثقافية بين الإنسان والمكان.

٢. الاختلافات في الكثافة بين مناطق داخل المدينة الواحدة تعكس تفاوتاً في القيم الإدراكية للمكان، حيث تُفضّل أماكن على أخرى لأسباب معنوية لا فقط مادية.

٣. انتشار السكان يخضع أحياناً لما يُسمى "الفعل الرمزي"، حيث تؤثر المعتقدات، التصورات، والانتماءات في اختيار مواقع السكن أو العزوف عنها.

المحور الثالث: دور التقنيات الجغرافية والذكاء الاصطناعي في انتشار السكان وفهم المكان

١. وفّرت نظم المعلومات الجغرافية والتحليل بالذكاء الاصطناعي أدوات قوية لفهم أنماط الانتشار بدقة، لكنها تعجز عن تفسير البعد الرمزي والمعنوي للمكان ما لم تُدمج بمقاربات فلسفية.

٢. التقنيات الحديثة تُنتج "صوراً موجهة للمكان" (Spatial Narratives)، قد تؤثر على السياسات الحضرية وتعيد تشكيل خرائط التوسع المكاني بناءً على معايير رقمية لا اجتماعية دائماً.

٣. رغم الفائدة الواضحة، إلا أن الاستخدام غير النقدي للتقنيات قد يساهم في تجريد المكان من مناه الثقافي وتحويله إلى نقاط بيانات مجردة.

المحور الرابع: التغيرات السكانية وتحول المعنى المكاني من الانتشار إلى التشظي - مدينة الموصل أنموذجاً



١. عانت مدينة الموصل من تحولات مكانية حادة نتيجة الحرب والتهجير وإعادة التوطين، مما أنتج حالة من "التشظي المكاني" حيث فقدت المعاني الرمزية والعضوية للعديد من الأحياء.

٢. التغيرات السكانية بعد ٢٠١٤ أدت إلى تراجع مفهوم "المدينة الواحدة" وظهور نمط من التموضع الفئوي أو القبلي داخل النسيج السكاني.

٣. المعنى المكاني للموصل تغير من كونه مجالاً جامعاً للهوية الحضرية إلى كيان مكسور الهويات، ما أثر سلباً على الاستقرار المجتمعي والنفسي للسكان .

ثانياً: المقترحات

١. إعادة الاعتبار للمكان ككيان ثقافي اجتماعي في التخطيط السكاني والحضري، وليس فقط كموقع قابل للاستخدام أو القياس.

٢. دمج المناهج الفلسفية والإنسانية مع التحليل الجغرافي والتقني لفهم الظواهر السكانية بعمق، خصوصاً في البيئات المعقدة كالموصل.

٣. ضرورة تطوير مؤشرات نوعية لقياس الارتباط بالمكان والانتماء السكاني إلى جانب المؤشرات الكمية التقليدية.

٤. تشجيع البحث في فلسفة التحول المكاني لفهم كيف تؤدي الصراعات والتحويلات السكانية إلى إعادة تعريف الهوية المكانية.

٥. توظيف التقنيات الجغرافية والذكاء الاصطناعي بمسؤولية، مع تضمين البعد الإنساني في مخرجاتها، خاصة في برامج إعادة الإعمار أو توزيع الخدمات.

٦. إطلاق مشاريع مجتمعية لإعادة بناء المعنى المكاني في الموصل، من خلال الفنون، التعليم، واستعادة الذاكرة الجماعية للأحياء القديمة.

٧. تعزيز الدراسات الفلسفية ضمن علوم الجغرافيا، لا سيما في الجامعات العراقية، لتطوير رؤية تأويلية للواقع السكاني.

المصادر العربية :

- الحديثي, طه حمادي, (٢٠٠٠). جغرافية السكان , دار ابن الاثير , العراق , جامعة الموصل.
- خلف , عبدالله صالح علي, (٢٠٢١). مظاهر الفوضى في المجتمع العراقي رؤوية سوسيو – انثروبولوجية, مجلة جامعة كركوك للدراسات الانسانية, المجلد ١٩, العدد ١, الجزء الاول.
- رينيه كلوزيه, تطور الفكر الجغرافي, (١٩٨٥) تعريب عبد الرحمن حميدة, دار الفكر, بيروت.
- زهران , محمود حسن . (٢٠٠٣) , جغرافية السكان دراسة تحليلية تطبيقية, الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية .
- سلطان , اسماء حمد, كمال عبدالله حسن (٢٠٢٥) , التداخل والتكامل الزماني في الدراسات الجغرافية, مجلة جامعة كركوك للدراسات الانسانية, المجلد ٢٠, العدد ١, الجزء الاول.

English Sources:

- Auge, Marc.(1995). Non- Places Introduction to an Anthropology of Supermodernity, verso , London.
https://www.goodreads.com/book/show/328450.Non_Places .
- CAPMAS , (2022). Central Agency for Public Mobilization and Statistic, Statistical Yearbook. Cairo, Egypt.
https://www.capmas.gov.eg/Pages/Publications.aspx?Year=23561&page_id=5104 .
- Gregory, Derek et al.(2009). The Dictionary of Human Geography, Wiley-Blackwell. <https://www.wiley.com/en-gb/The+Dictionary+of+Human+Geography%2C+5th+Edition-p-9781405132886> .
- Harvey, D. (2021). Spaces of Capital: Towards a Critical Geography. Routledge, New York . <https://www.routledge.com/Spaces-of-Capital-Towards-a-Critical-Geography/Harvey/p/book/9780415932417> .
- Harvey, David (1973). Social Justice and the City. London: Edward Arnold.
https://books.google.iq/books?id=GJMFBAQAQBAJ&pg=PA3&hl=ar&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false ..

- Harvey, David.(2000) Spaces of Hope, University of California Press. https://books.google.iq/books/about/Spaces_of_Hope.html?id=W00VHZg3u2MC&redir_esc=y ..
- Lefebvre, Henri (1991). The Production of Space. Oxford: Blackwell. https://books.google.iq/books/about/The_Production_of_Space.html?id=SIXcnIoa4MwC&redir_esc=y .
- Robinson et al. (2017) , "A Deep Learning Approach for Population Estimation from Satellite Imagery" . <https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.09086>
- Smith, David M. (1977). Human Geography: A Welfare Approach. London: Edward Arnold. <https://www.amazon.co.uk/Human-Geography-Approach-David-Smith/dp/0713159251>
- Tuan, Y. F. (1977). Space and Place: The Perspective of Experience. Minneapolis: University of Minnesota Press. <https://www.upress.umn.edu/9780816638772/space-and-place/>
- United Nations Habitat (UN-Habitat). (2020). Iraq State of Cities Report. Baghdad, Iraq. <https://unhabitat.org/iraq> .
- Xie, Y., Liu, X., & Chen, Y. (2021). "Mapping population distribution using deep learning and remote sensing data in rural China", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/17/3533>
- Yuan, Q., et al. (2020). "Deep learning in environmental remote sensing: Achievements and challenges" Remote Sensing of Environment, 241, 111716. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425720300857>
- Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., et al. (2021). "Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources." IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 9(1), 52–122. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2017.2762307>





التحليل المكاني للنظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية

بالمملكة العربية السعودية لعام ٢٠٢٢ م

Analysis and Spatial Distribution of the Urban System in the
Northern Borders Region of the Kingdom of Saudi Arabia for the
Year 2022

إعداد

د. ملهي علي مفرح الغزواني

Dr.Milhi Ali Mofareh Al-Ghazwani

أستاذ الجغرافيا البشرية المشارك - كلية الملك خالد العسكرية - الرياض

Doi: 10.21608/jasg.2025.443044

استلام البحث: ٢٠٢٥ / ٥ / ٢

قبول النشر: ٢٠٢٥ / ٦ / ٢٢

الغزواني، ملهي علي مفرح (٢٠٢٥). التحليل المكاني للنظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية لعام ٢٠٢٢ م. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٤)، ٨١ - ١٠٨.

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

التحليل المكاني للنظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية
لعام ٢٠٢٢م

المستخلص:

شهد النظام الحضري في المملكة العربية السعودية تحولاً جذرياً في جميع المناطق الإدارية منذ بداية خطط التنمية إلى تبلور رؤية المملكة ٢٠٣٠م، ويركز هذا التحول على التنمية الإقليمية والمستدامة، وتعزيز جودة الحياة في المدن، من هذا المنطلق تناولت هذه الدراسة تحليل النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية بهدف التعرف على ملامحه، والكشف عن المدينة المهيمنة، وتطبيق قاعدة الرتبة والحجم، وتناول تأثير العلاقات المكانية بين المدن وأحجامها في منطقة الدراسة، واستخدمت المنهج الاستقرائي ومنهج التحليل المكاني، وتضمنت عدة جداول إحصائية، وأشكال بيانية، وخلصت إلى أن النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة يتكون من (٥) مدن تضم (٩٣%) من إجمالي سكان المنطقة، يتوزعون على المدن بنسب مختلفة منهم في مدينة عرعر (٥٧.٤%) ورفحاء (١٨.٤%)، وطريف (١٧.٧%)، والعيقيلة (4.9%)، وروضة هباس (1.6%)، وقد نتج عن هذا التباين وجود فجوة بين الثلاث المدن الأولى في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية وبين بقية المدن ذات الحجم السكاني الأصغر، ويؤكد دليل الهيمنة الحضرية الذي جاء بقيمة (1.39) أن مدينة عرر مهيمنة على النظام الحضري بمنطقة الدراسة باعتبار أنها عاصمة المنطقة الإدارية ومقر إمارتها، وتمثل المركز الوطني للتنمية بمنطقة الحدود الشمالية وفيها معظم الخدمات، كما أن معامل الجار الأقرب بلغ (٤,٢٣) مما يدل على التوزيع المنتشر للمدن في منطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية.

كلمات مفتاحية: النظام الحضري، التحليل المكاني، قاعدة الرتبة - الحجم، مؤشر الهيمنة الحضرية، معامل الجار الأقرب.

Abstract:

The urban system in the kingdom of Saudi Arabia has witnessed a radical transformation in all administrative regions since the beginning of development plans until the crystallization of the kingdoms Vision 2030 AD. This transformation focuses on regional and sustainable development and enhancing the quality of life in cities. From this standpoint This study addressed the analysis of the urban system in the Northern Borders Region of the Kingdom of Saudi Arabia, aiming to identify its features, reveal the dominant city, apply the rank-size rule, and discuss the impact of spatial relationships

between cities and their sizes in the study area. It utilized an inductive approach and spatial analysis methods, including several statistical tables and graphical forms. The study concluded that the urban system in the Northern Borders Region of the Kingdom consists of (5) cities that comprise (93%) of the total population of the region, distributed among the cities in varying proportions: Arar (57.4%), Rafha (18.4%), Turayf (17.7%), Al-Uwayqilah (4.9%), and Rawdat Habbas (1.6%). This variation led to a gap between the three largest cities in the urban system of the Northern Borders Region and the other smaller cities, confirming the urban dominance indicator that yielded a value of (1.39). The city of Arar dominates the urban system in the study area as it is the capital of the administrative region and the headquarters of its emirate. It represents the national center for development in the Northern Borders region and hosts most of the services. Additionally, the nearest neighbor index is (4.23), indicating the dispersed distribution of cities in the Northern Borders area of the Kingdom of Saudi Arabia.

Keywords: urban system, spatial analysis, rank-size rule, urban dominance index, nearest neighbor index.

المقدمة:

شهدت المملكة العربية السعودية منذ انطلاق خطط التنمية عام ١٩٧٠م عملية تحول مستمرة من حياة البدو والترحال إلى التحضر والاستقرار، وزادت هذه العملية نتيجة للتغيرات التنموية بعد دخول البترول كقوة اقتصادية فازدهرت المدن القديمة وظهرت المدن الجديد بمناطق المملكة العربية السعودية، وكانت منطقة الحدود الشمالية التي تتميز بموقعها الجغرافي في أقصى شمال المملكة أحد المناطق الإدارية التي شهدت نمواً حضرياً، متنامياً، وسريعاً، وتضم مركزاً وطنياً يمثلها مدينة عرعر مقر الإمارة، وثلاثة مراكز إقليمية (رفحاء، وطريف، والعيقيلة)، وتضم (٢٨) مركزاً محلياً ساهمت في التنمية الحضرية فيها، وقد نشأ النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية؛ نظراً لما شهدته مناطق المملكة من تغيرات ديناميكية حضرية وريفية ساهمت في ظهور مراكز حضرية لها تأثيرها الوظيفي والمكاني في النظام الحضري.

مشكلة الدراسة:

يشهد النمو الحضري بمنطقة الحدود الشمالية نمواً مطرداً في ضوء التغيرات التنموية التي تعيشها المملكة العربية السعودية منذ انطلاقة خطط التنمية (١٩٧٠م)، والتي ساهمت في نمو المدن بمنطقة الحدود الشمالية بشكل سريع، وبدأت شبكة النظام الحضري تتشكل خاصة بعدما تبنت خطط التنمية المراكز الوطنية للتنمية بمناطق المملكة، وهنا تكمن أهمية هذه الدراسة التي تتناول بالتحليل المكاني النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية لعام ٢٠٢٢م، وعلاقتها بالتنمية الحضرية على المستويات المحلية، والإقليمية، والوطنية، وذلك من خلال دراسة نسبة الحضرية، وتطبيق قانون الرتبة والحجم، ومؤشرات الهيمنة الحضرية، كما تناولت هذه الدراسة تأثير العلاقات المكانية بين المدن وأحجامها بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية، والمؤمل أن تساعد نتائجها في دعم المخططين، والمهتمين بالتنمية الحضرية، والإقليمية لمعالجة مشكلات التخطيط الحضري، والتباين الإقليمي، للوصول إلى تنمية حضرية وإقليمية شاملة ومستدامة تتسجم مع استراتيجية التنمية العمرانية بالمملكة، وأهداف التنمية المستدامة، ورؤية المملكة (٢٠٣٠م)، ولقد هدفت هذه الدراسة إلى:

- التعرف على ملامح النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية عام (٢٠٢٢م) في ضوء بعض القوانين، والمؤشرات الحضرية.
 - تناول تأثير العلاقات المكانية بين المدن وأحجامها بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية.
 - تحليل مكونات شبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية وأنماط انتشارها.
- وفي ضوء ما سبق من مشكلة الدراسة، وأهدافها وضعت الدراسة فرضيات وتسعى للإجابة عليها وهي:
- الفرضية الأولى:** توجد هيمنة حضرية لمدينة عرعر على النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة.
- الفرضية الثانية:** النمط المنشر من أهم ملامح النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة.
- منهجية الدراسة:**

- ١- **مصادر الدراسة:** اعتمدت هذه الدراسة على نتائج تعداد السعودية (٢٠٢٢م) باعتباره أحدث، وأدق البيانات المنشورة رسمياً، إضافة للمصادر والمراجع المتخصصة، والتقارير والمطبوعات الحكومية، وخطط التنمية بالمملكة.
- ٢- **منهج الدراسة:** استخدمت هذه الدراسة المنهج الاستقرائي، والمنهج التحليلي المكاني لدراسة النظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية للوصول

إلى تفسير أحجام المدن، وتباينها المكاني بمنطقة الدراسة مع دعم البحث بالجداول الإحصائية، والأشكال البيانية، والخرائط.

٣- **حدود البحث:** تشمل الحدود المكانية لمنطقة الدراسة الحدود الإدارية لمنطقة الحدود الشمالية في المملكة، أما الحدود الزمانية فتتمثل بفترة تعداد السعودية لعام ٢٠٢٢م، وحدوده الموضوعية تتناول دراسة النظام الحضري وتوزيعه المكاني في إطار جغرافية المدن، والتخطيط الحضري، والتنمية الإقليمية.

مصطلحات الدراسة:

- **النظام الحضري (The Urban System):** يقصد به مجموعة المدن في الدولة أو الإقليم التي تتفاعل وظيفياً وتتكامل فيما بينها محلياً، وإقليمياً، ووطنياً مما ينشأ عنه نظام حضري ذو تسلسل هرمي.
- **مؤشر الهيمنة الحضرية (Primacy Index):** يستخدم هذا المؤشر لدراسة التناسب بين عدد سكان المدينة الأولى وإجمالي سكان المدن الثلاثة التالية لها (الجابري، ٢٠٠٨م).
- **التحليل المكاني (Spatial Analysis):** هو عملية معالجة، وتفسير البيانات المكانية، بهدف فهم العلاقات المكانية بين الظواهر الجغرافية.

الإطار النظري والدراسات السابقة

ترتبط التغيرات التي تطرأ على أحجام المدن بقوانين وعوامل تتحكم في اتجاهاتها، لذلك طور عدد من الباحثين مجموعة من النظريات، والقوانين، والمؤشرات لتفسير العوامل المؤثرة في المدن وأحجامها، وتوزيعها، وتركيبها، وتناول بعض الباحثين دليل الهيمنة الحضرية، ومؤشر التوازن الحضري، والتوزيع المكاني لشبكة النظام الحضري، وركزت دراسات أخرى على المدن، وتصنيفها على مستوى المملكة، والوطن العربي، والعالم، وطبقت أحدث الأساليب والاتجاهات الذي شهدته الدراسات الجغرافية المعاصرة ومنها استخدام التقنيات العلمية الحديثة، وفي هذا الإطار تستعرض هذه الدراسة جانب من تلك الأبحاث التي تناولت الأنظمة الحضرية، ونذكر منها على سبيل المثال:

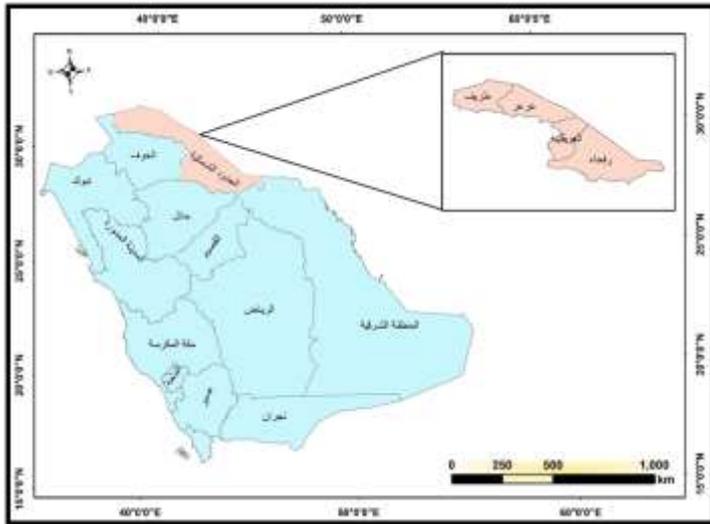
الدراسات العربية والأجنبية ومنها دراسة ماك ليمونت، وآخرون (McClymont, et al (2022)) والتي ناقشت إمكانية استخدام هيراريكية النظام الحضري كأداة حيادية لفهم الترابط بين أجزاء النظام الحضري، ودراسة عبده (٢٠٢١م) عن شبكة النظام الحضري في مصر خلال الفترة (١٩٨٦م-٢٠١٧م)، حيث تم تحليل مكونات النظام الحضري من حيث التوزيع، والأنماط، ومؤشرات الهيمنة الحضرية، ومدى اختلال التوازن داخل النظام الحضري، كما تناول هاشم، وعبد الله (٢٠١٨م) مؤشرات الهيمنة الحضرية للمراكز الحضرية وأثارها السلبية وسبل معالجتها في البصرة، واستعرضا أنماط التوزيع المكاني للمراكز الحضرية، والتغيرات الحجمية بمكونات النظام الحضري

فيها، ودرس عياصرة، (٢٠١٤م) الملامح الجغرافية للنظام الحضري في الأردن من حيث تحليل الترتيب الهيراركي للمدن الأردنية، واستخدم دليل الجار الأقرب في الكشف عن أنماط انتشار المراكز الحضارية، وركزت دراسة عبد الحميد، (٢٠١٣م) على التركيب الداخلي لمدينة دمياط، وتناولت النمو العمراني ومحاوره واستخدامات الأرض فيها، ودرس الديب، (١٩٩٢م) شبكة المدن العمانية الحجم والتباعد، ونمط توزيعها والعوامل المؤثرة فيها بناء على نتائج تعداد (١٩٨٩م) وقد أظهرت نتائجها سيادة المدينة الأولى على التوزيع الحجمي للمدن العمانية،

أما الدراسات بالمملكة فقد تناولت موضوع النظام الحضري من عدة جوانب حيث حددت الجابري، (٢٠٠٨م) في دراستها عن التحضر في المملكة العربية السعودية الفترة من (١٩٩٢م-٢٠٠٤م)، وتناولت مراحل عملية التحضر بالمملكة، وتقدير الحجم السكاني لبعض المدن السعودية، وتشكيل الهرم الحضري السعودي، وخلصت إلى عدم وجود تنظيم هرمي متوازن للمدن السعودية، وعدم ابتعاد التوزيع الفعلي للمدن السعودية عن التوزيع النظري لقاعدة الرتبة والحجم، وبين الزهراني، (٢٠٠٦م) في دراسته عن توزيع المدن السعودية تسارع وتيرة التحضر بالمملكة مع وجود تباين في معدلات التحضر بين مناطق المملكة المختلفة، وقام الجار الله، والهويش (١٩٩٩م) بتحليل النظام الحضري للمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية حيث اعتمدت الدراسة على (٢٨) متغيراً لتحديد درجة المركزية في المستوطنات التي يزيد حجمها على (٥٠٠٠ نسمة)، وخلصت إلى تصنيف منطقة الدراسة إلى (٥) مستويات حضرية، وطبق الخريف، (١٩٩٨م) مقياس الهيمنة ومؤشر المدن الأربع، وقاعدة الرتبة والحجم في صيغتها التقليدية في دراسته عن التحضر في المملكة العربية السعودية، وبينت الدراسة أن النظام الحضري السعودي لا توجد به هيمنة حضرية كبيرة، وأشار إلى وجود توازن بين التوزيع الفعلي لأحجام المدن وتوزيعها النظري وفقاً للصيغة التقليدية لقاعدة الرتبة- الحجم، كما طبق الجار الله، (١٩٩٦م) في دراسته عن تحليل النظام السعودي الصيغة التقليدية والمعدلة لقاعدة الرتبة والحجم باستخدام بيانات (١٤٠٧-١٤١٣هـ)، وتوصل إلى نتائج منها وجود سيطرة حضرية للمدن الكبرى على مستوى المملكة، واعتمد مكي، (١٩٨٧م) في دراسته عن التوزيع الحجمي للمدن في المملكة العربية السعودية على بيانات (١٣٩٠هـ) وتوصل إلى عدم وضوح دلائل التوزيع الحجمي المنتظم للمستوطنات في المملكة العربية السعودية حيث الانحدار الحاد في توزيع المدن الكبيرة والصغيرة، وفي إطار التسلسل الهرمي للمراكز الحضرية السعودية درس مصيلحي، (١٩٨٥م) مدن المملكة العربية السعودية من حيث إمكانية الموقع بناء على عدة متغيرات، وخلصت إلى تصنيف الهرم الحضري السعودي إلى خمس طبقات، بالإضافة إلى دراسات أخرى تتعلق بموضوع بهذا البحث نذكر منها (Arshad, et al., 2019)، ودراسة (Dolui, S., 2017)، وجبر (٢٠١٦م)، والغامدي، (٢٠٠٤م)، والشريف، (٢٠٠٢م)، عبد

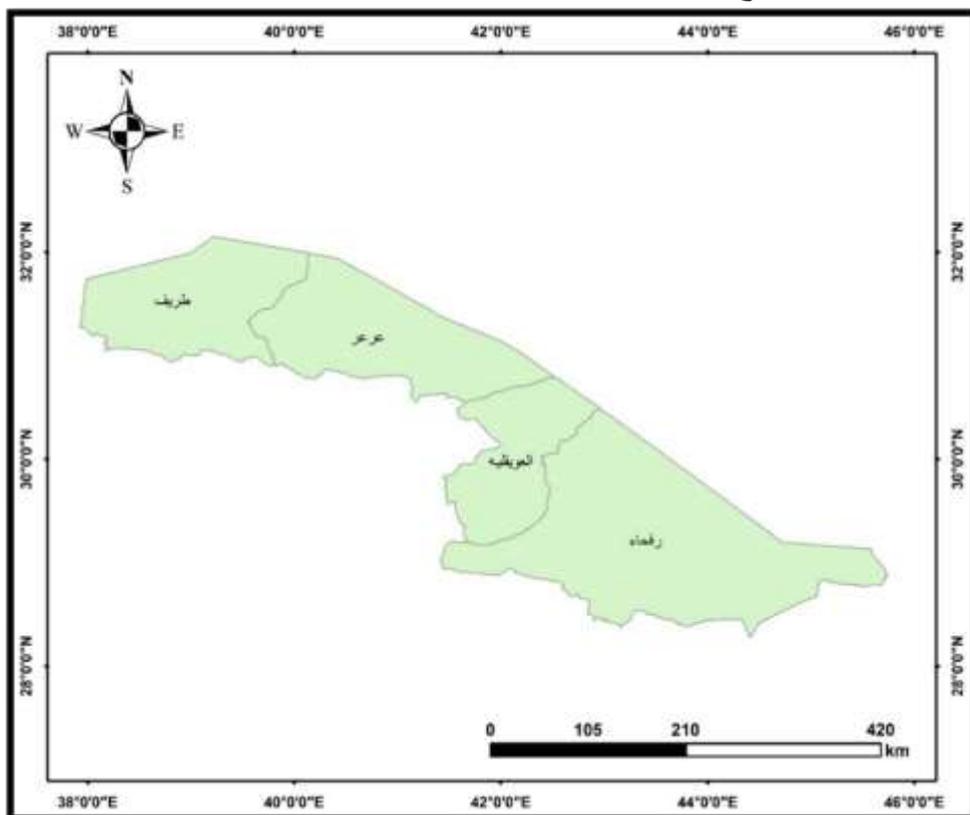
الرؤوف، وأرباب، (٢٠٠٠م)، والشمالي، (١٩٩٥م)، والسرياني، (١٩٩٢م)، والعنقري (١٩٨٧م)، والسعيد، (١٩٨٦م)، والأشعب، (١٩٨٣)، والسيد رجب، (١٩٧٨)، وتكمن أهمية الدراسات السابقة في التعرف على اتجاهاتها، ونتائجها المتعلقة بموضوع النظام الحضري، والاسترشاد بها في تحديد منهج هذه الدراسة، والأساليب التحليلية المناسبة لدراسة شبكة النظام الحضري، والتي يمكن الأخذ بها لتحقيق أهداف البحث، واختبار فرضياته، وصولاً إلى وضع النتائج والتوصيات، وتختلف هذه الدراسة عما سبقها في كونها تركز على منطقة الحدود الشمالية باعتبارها إحدى المناطق الإدارية الطرفية، وتشهد نمواً حضرياً سريعاً في إطار التغيرات التنموية بالمملكة العربية السعودية.

منطقة الدراسة: تقع منطقة الحدود الشمالية في أقصى شمال المملكة العربية السعودية شكل (١)، وتنحصر بين دائرتي عرض ٤٦ ° ١٦ ° و ١٤ ° ٣٢ ° شمالاً، وخطي طول ٢٩ ° ٣٤ ° و ٤٠ ° ٥٥ ° شرقاً، وتبلغ مساحتها (١٠٤٠٠٠ كم٢)، وتمثل (5.3%) من إجمالي مساحة المملكة العربية السعودية، وعدد سكانها (٣١٧٤٢٣٠٨ نسمة) حسب تعداد السعودية (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢م)، وتتكون منطقة الحدود الشمالية من مقر الإمارة، وثلاث محافظات هي: رفحاء فئة (أ)، وطريف فئة (ب)، والعيقيلة فئة (ب) شكل (٢)، ومجموع المراكز الإدارية بمنطقة الحدود الشمالية (٢٨) مركزاً (هيئة المساحة الجيولوجية، ٢٠١٧م، ص ٤٣).



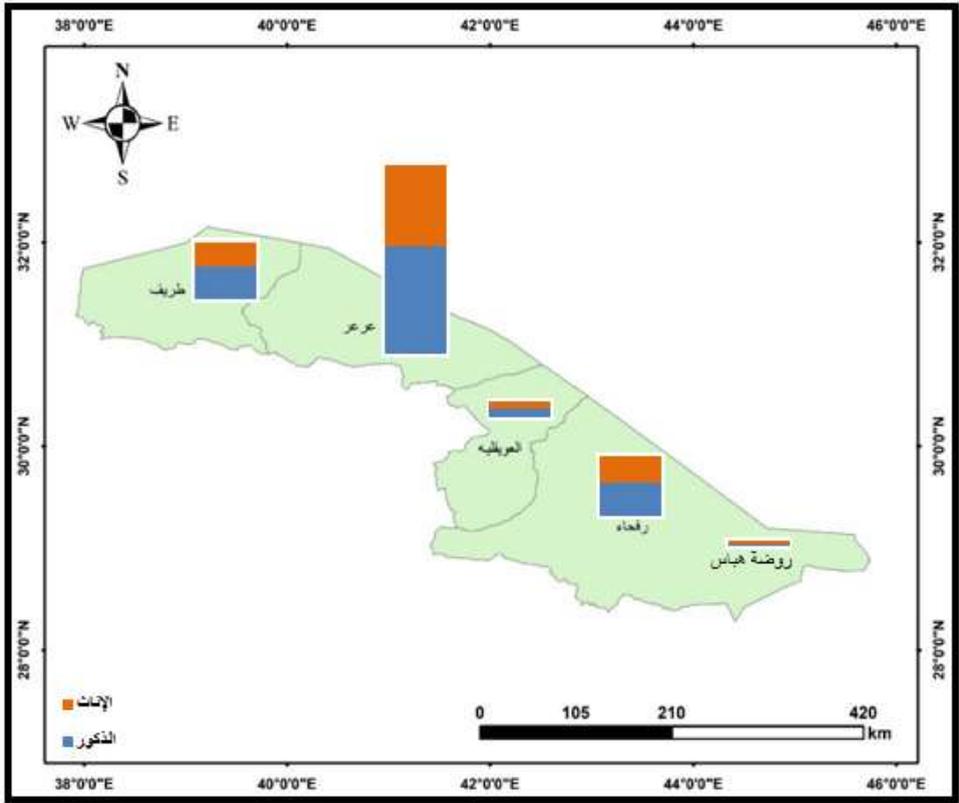
شكل (١): موقع منطقة الحدود الشمالية بالنسبة للمملكة العربية السعودية المصدر: الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠١٧م).

ويبلغ إجمالي سكان المنطقة الشمالية بالمملكة العربية السعودية (٣٧٣٥٧٧ نسمة)، يمثل الذكور (٥٧.٤%)، وتمثل الإناث (٤٢.٦%) من إجمالي سكان المنطقة، ويمثل سكان الحضر (٩٣%) من إجمالي السكان بمنطقة الدراسة شكل (٣)، وشكل (٤)، أما سكان الريف فيمثلون بمنطقة الحدود الشمالية (٧%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢م)، ويلاحظ زيادة عدد الذكور على عدد الإناث في إجمالي عدد السكان بالمراكز الحضرية والريفية على حد سواء بمنطقة الدراسة؛ نظراً لارتفاع عدد الذكور من العمالة الأجنبية.

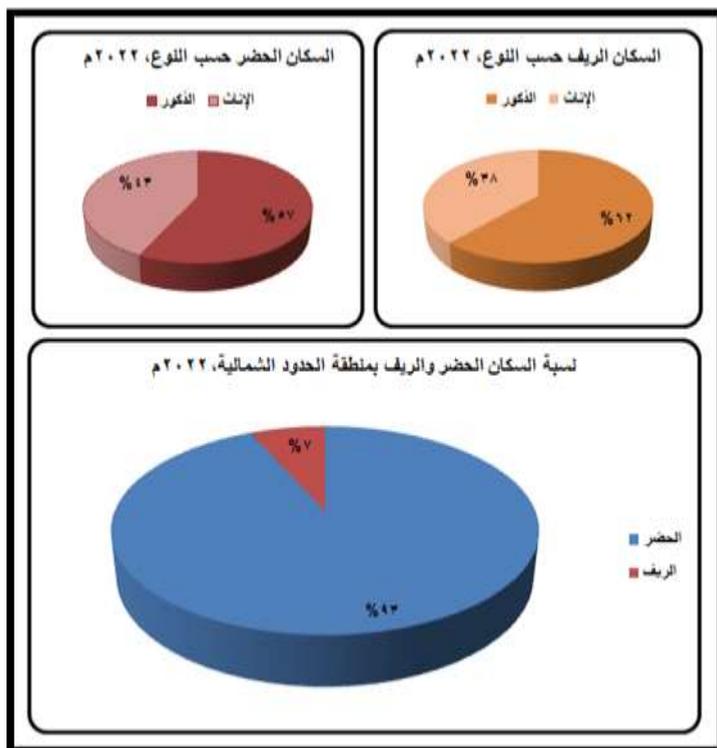


شكل (٢): محافظات منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية
المصدر: هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، (٢٠١٧م).

ويتركز معظم السكان بمنطقة الحدود الشمالية في المدن، وتستأثر مدينة عرعر بالنصيب الأكبر من الحجم السكاني لأهميتها كعاصمة إدارية لمنطقة الحدود الشمالية، وكونها تمثل أحد مراكز التنمية الوطنية، ونشأتها كمدينة تزامنت مع مدّ خط أنابيب البترول (التابلاين) عام ١٣٧٠هـ (١٩٥٠م) بالقرب من محطة ضخ (بدنة) والتي تمثل واحدة من أربع محطات أنشأتها شركة التابلاين لضخ الزيت من بقيق شرق المملكة العربية السعودية إلى جنوب صيدا في لبنان بطول (١٧١٣كم)، ويعبر مدينة عرعر وادي عرعر من الجنوب إلى الشمال والذي سميت به (غرابية، ٢٠٠٤م).



شكل (٣): أحجام المدن بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة لعربية السعودية، ٢٠٢٢م
المصدر: من إعداد الباحث، بالاعتماد على: ١- بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢م)،
٢- مصادر الشكل (١)، والشكل (٢).



شكل (٤): النسبة المئوية لمجموع سكان الحضر والريف حسب النوع بمنطقة الحدود الشمالية، ٢٠٢٢ م

المصدر: من إعداد الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢ م).

أولاً: تحليل النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية: يتكون النظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية من خمس مدن مرتبة حسب أحجامها تنازلياً من الأكبر إلى الأصغر هي: عرعر، ورفحاء، وطريف، والعيقيلة، وروضة هباس، ويبلغ مجموع سكانها (٤٧٢٤٦ نسمة)، وتمثل (٩٣%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية لعام (٢٠٢٢ م)، ويشير جدول (١) إلى أحجام المراكز الحضرية بمنطقة الدراسة، ولفهم وتحليل هذا النظام الحضري والعلاقة بين المدن من حيث رتبها وأحجامها ومدى التوازن الحضري، يتطلب ذلك تطبيق قواعد وطرق منها نسبة الحضرية، وقاعدة الرتبة والحجم المعدلة (زيبف)، وقانون الهيمنة الحضرية (مارك جيفرسون)، ودليل الهيمنة الحضرية.

- مقارنة درجة الحضرية لمنطقة الحدود الشمالية بالمناطق الإدارية في المملكة:

يتم قياس نسبة الحضرية بناء على نسبة سكان الحضر إلى مجموع السكان، من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

$$\text{درجة الحضرية} = \text{سكان حضر المنطقة} / \text{إجمالي سكان المملكة} \times 100$$

ومن الجدول (٢) يتضح أن منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية تقع في المرتبة الثانية عشر في درجة الحضرية مقارنة بالمناطق الإدارية في درجة الحضرية بالنسبة للمملكة لعام (٢٠٢٢م)، فقد بلغت نسبة الحضرية فيها (1.1%)، وتعد منخفضة بشكل كبير مقارنة بمناطق الرياض (٢٥.٤%)، ومكة المكرمة (٢٣%)، والمنطقة الشرقية (15.4%)، ولكنها تقترب من النسب في المناطق الطرفية في المملكة الواقعة في الشمال حيث بلغت منطقة تبوك (2.5%)، ومنطقة الجوف (١.٧%)، ومنطقة حائل (١.٦%)، وفي جنوب المملكة بلغت منطقة عسير (٤.٢%)، ومنطقة جازان (٢.١%)، ومنطقة نجران (١.٦%)، ومنطقة الباحة (٠.٦%) شكل (٥).

جدول (١): أحجام المراكز الحضرية والريفية بمنطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية، ٢٠٢٢م

المراكز الحضرية		ذكر	%	أنثى	%	الجملة	%
أكثر من ٥٠٠٠ نسمة	عرعر	١١٣٦٥٠	٥٧	٨٥٥٩٧	٤٣	١٩٩٢٤٧	٥٧.٤
	رفحاء	٣٦٠٣٩	٥٦.٤	٢٧٨٩٠	٤٣.٦	٦٣٩٢٩	18.4
	طريف	٣٦٠٨٦	٥٨.٨	٢٥٣٠٩	٤١.٢	٦١٣٩٥	١٧.٧
	العويقيلة	٩٤٧٣	٥٥.٥	٧٥٨٢	٤٤.٥	١٧٠٥٥	٤.٩
	روضه هباس	٣٠١٦	٥٣.٧	٢٦٠٤	٤٦.٣	٥٦٢٠	١.٦
مجموع سكان الحضر		١٩٨٢٦٤	57.1	١٤٨٩٨٢	39.9	٣٤٧٢٤٦	١٠٠
المراكز الريفية		ذكر	%	أنثى	%	الجملة	%
أقل من ٥٠٠٠ نسمة	القرى والهجر	١٦٢٦٨	61.8	١٠٠٦٣	38.2	٢٦٣٣١	١٠٠
	مجموع سكان منطقة الحدود الشمالية	٢١٤٥٣٢	٥٧.٤	١٥٩٠٤٥	٤٢.٦	٣٧٣٥٧٧	١٠٠

المصدر: الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢م).

جدول (٢): نسبة الحضرية بمنطقة الحدود الشمالية مقارنة بمناطق المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٢م

م	المنطقة الإدارية	عدد سكان الحضر	درجة التركز الحصري	عدد سكان الريف	الجملة	نسبة الحضرية
١	الرياض	٨١٨٥٤٧١	٢٨.٧	٤٠٦٢٧٧	٨٥٩١٧٤٨	٢٥.٤
٢	مكة المكرمة	٧٣٨٦٠٠٨	٢٥.٩	٦٣٥٤٥٥	٨٠٢١٤٦٣	٢٣
٣	المدينة المنورة	١٩١٧٣٣٥	٦.٧	٢٢٠٦٤٨	٢١٣٧٩٨٣	٦
٤	القصيم	١١٢٤٨٩٦	٣.٩	٢١١٢٨٣	١٣٣٦١٧٩	٣.٥
٥	المنطقة الشرقية	٤٩٤٠٨١٧	١٧.٣	١٨٤٤٣٧	٥١٢٥٢٥٤	١٥.٤
٦	عسير	١٣٤٧٧٥١	٤.٧	٦٧٦٥٣٤	٢٠٢٤٢٨٥	٤.٢
٧	تبوك	٧٩٣٨٠٤	٢.٨	٩٢٢٣٢	٨٨٦٠٣٦	٢.٥
٨	حائل	٥٢٤٦١٦	١.٨	٢٢١٧٩٠	٧٤٦٤٠٦	١.٦
٩	الحدود الشمالية	٣٤٧٢٤٦	١.٢	٢٦٣٣١	٣٧٣٥٧٧	١.١
١٠	جازان	٦٦٦٣٤٧	٢.٣	٧٣٨٦٥٠	١٤٠٤٩٩٧	2.1
١١	نجران	٥٢٢٤٢٤	١.٨	٦٩٨٧٦	٥٩٢٣٠٠	1.6
١٢	الباحة	٢٠٠١٠٤	٠.٧	١٣٩٠٧٠	٣٣٩١٧٤	0.6
١٣	الجوف	٥٣٤٥٨٩	١.٩	٦١٢٣٣	٥٩٥٨٢٢	1.7
	المجموع	٢٨٤٩١٤٠٨	١٠٠	٣٦٨٣٨١٦	٣٢١٧٥٢٢٤	٨٨.٦

المصدر: النسب من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢م).

وهذا التباين في نسبة الحضرية بين مناطق المملكة يفسر ما شهدته المناطق الشمالية، والجنوبية من هجرة سكانية إلى المناطق الحضرية الكبرى في الشريط الحضري الأوسط من المملكة، والمتمثل في منطقة الرياض، والمنطقة الشرقية، ومنطقة مكة المكرمة حيث توفر فرص العمل، والمستويات المعيشية الأفضل.

- درجة الحضرية على مستوى محافظات منطقة الحدود الشمالية:

يوضح الجدول (١)، والشكل (٦) نسبة الحضرية في مدن منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية، حيث تحتل مدينة عرعر المرتبة الأولى بنسبة (٥٧.٤%)، يليها على الترتيب مدينة رفحاء (١٨.٤%)، ثم مدينة طريف (١٧.٧%)، ومدينة العويقيلة (٤.٩%)، وأخيراً مدينة روضة هباس (١.٦%). ويتضح أن هناك تباين مكاني في نسبة الحضرية بين مدن منطقة الحدود الشمالية؛ بسبب اختلاف الأحجام السكانية للمدن فيها، وعدد السكان المهاجرين إليها من داخل وخارج المنطقة.



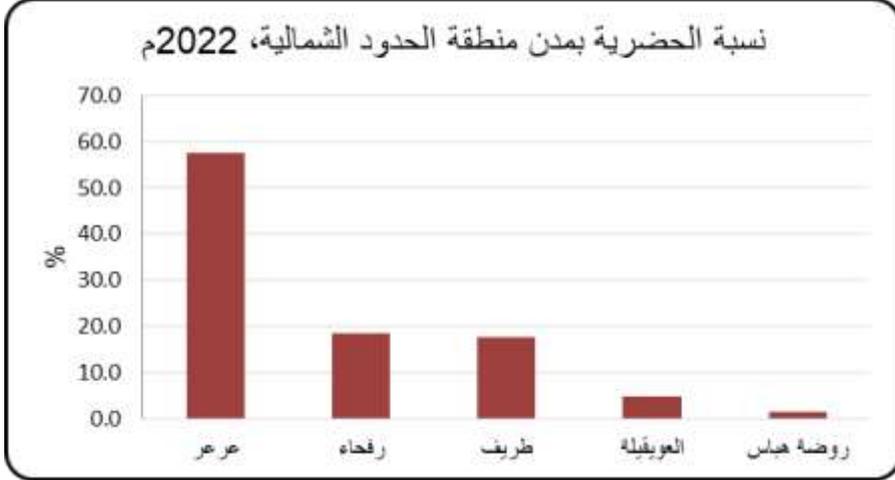
شكل (٥): مقارنة نسبة الحضرية بمناطق المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٢ م
المصدر: من إعداد الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢ م).
جدول (٣): درجة التركيز الحضري بمدن منطقة الحدود الشمالية، ٢٠٢٢ م

م	المدينة	السكان (نسمة)	درجة التركيز الحضري (%)
١	عرعر	١٩٩٢٤٧	٥٧.٤
٢	رفحاء	٦٣٩٢٩	١٨.٤
٣	طريف	٦١٣٩٥	١٧.٧
٤	العويقيلة	١٧.٥٥	٩.٤
٥	روضة هباس	٥٦٢٠	٦.١
	مجموع سكان الحضر	٣٤٧٢٤٦	١٠٠

المصدر: النسب من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢ م).
وعليه يمكن تصنيف المدن بمنطقة الحدود الشمالية تبعاً لنسبة الحضرية إلى ثلاث فئات على النحو الآتي:

(١-١) مدن ذات نسبة حضرية مرتفعة: ويمثلها مدينة عرعر وهي العاصمة الإدارية لمنطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية، وتبلغ نسبة الحضرية فيها (٥٧.٤%)، وقد نشأة هذه المدينة في عدة مراحل حيث بدأت مرحلتها الأولى خلال الفترة من ١٣٧٠هـ-١٣٧٤هـ (١٩٥٠م-١٩٥٤م)، وارتبط وجودها بإنشاء محطة

التابلاين (ضخ بدنة)، ثم توسعت وتنوعت استعمالات الأرض فيها، وأصبحت نقطة جذب اجتماعي لمختلف فئات السكان (غرايية، ٢٠٠٤م) من داخل المنطقة ذاتها أو القادمين من المناطق الأخرى بالمملكة.



شكل (٦): درجة التركيز الحضري بمدن منطقة الحدود الشمالية بالمملكة لعربية السعودية، ٢٠٢٢م

المصدر: من إعداد الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢م).
 (٢-١) مدن ذات نسبة حضرية متوسطة: ويمثلها على الترتيب مدينة رفحاء بنسبة (١٨.٤%)، يليها مدينة طريف بنسبة (٧.١٧%)، وتقترب نسبة الحضرية لهاتين المدينتين من بعضهما، وتمثلان مجتمعتين (١.٣٦%) من إجمالي نسبة التحضر بمنطقة الحدود الشمالية.

(٣-١) مدن ذات نسبة حضرية منخفضة: ويمثلها على التوالي مدينة العويقيلة بنسبة (٤.٩%)، ومدينة روضة هباس بنسبة (١.٦%)، وتنخفض نسبة الحضرية فيهما؛ نظراً لكونهما الأحدث في النشأة مقارنة بمدن عرعر، ورفحاء، وطريف.

- قاعدة الرتبة - الحجم للمدن بمنطقة الحدود الشمالية:

نالت قاعدة المرتبة - الحجم انتشاراً واسعاً من خلال كتابات (جورج زييف G.K.Zipf) في الخمسينات من القرن الماضي، والهدف من تطبيقها التعرف على واقع النظام الحضري، وترتيب المدن بمنطقة الدراسة، والمقارنة بين توزيعها، وبطبيق هذه القاعدة تم الاعتماد على الحجم السكاني للمدن بمنطقة الحدود الشمالية، حيث تشكل علاقة بين أحجام المدن ورتبتها في صورة تمثيل بياني للرتبة والحجم، وعندما تتخذ المدن منحني انسيابي متدرج أقرب إلى الخط المستقيم يكون مؤشر لنظام حضري متكامل يمكن وصفه

بأنه بلغ النضج الاقتصادي، وذو دلالة على عدالة التوزيع للأنشطة الاقتصادية والخدمية لجميع المدن، وتكشف هذه القاعدة عن واقع النظام الحضري بمنطقة الدراسة إن كان خاضعاً للهيمنة الحضرية لمدينة أو مدينتين، مما يدل على وجود توزيع للخدمات ويوفر خلفية حضرية قابلة للنمو والتنمية، (الجبوري، ويوسف، ٢٠١٥م)، وتنص القاعدة على أن حجم المدينة الثانية (نصف) حجم المدينة الأولى، وحجم المدينة الثالثة (ثلث) حجم المدينة الأولى بحيث ترتب المدن بمنطقة الدراسة تنازلياً تبعاً لأحجامها السكانية (جبر، ٢٠١٦م)، ويوضح الجدول رقم (٤) تطبيق قاعدة الرتبة والحجم على المدن بمنطقة الدراسة للكشف عن مدى انتظام التدرج الهرمي للمدن بمنطقة الدراسة، وتطابق هذه القاعدة عليها.

جدول (٤): التدرج الهرمي للمراكز الحضرية بمنطقة الحدود الشمالية، عام ٢٠٢٢م تبعاً

لقاعدة زييف (Zipf)

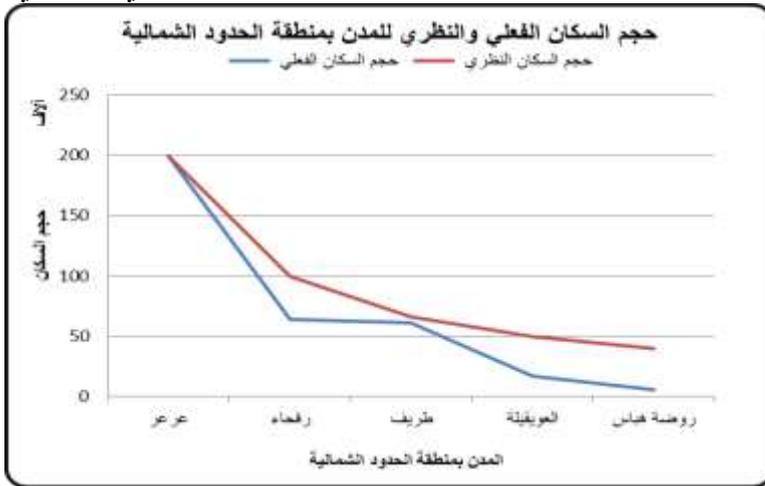
م	المدينة	الرتبة حسب الحجم (١)	مقلوب الرتبة (٢)	حجم السكان الفعلي (٣)	حجم السكان النظري (٤)	الانحراف (٣-٤)	الحجم الأمثل للسكان (٥)	الانحراف (٣-٥)
١	عرعر	١	١	١٩٩٢٤٧	١٩٩٢٤٧	صفر	١٥٢٣٠١	٤٦٩٤٦-
٢	رفحاء	٢	٠.٥	٦٣٩٢٩	٩٩٦٢٤	٣٥٦٩٥	٧٦١٥١	١٢٢٢٢
٣	طريف	٣	٠.٣٣	٦١٣٩٥	٦٦٤١٦	٥.٢١	٥٠٢٦٠	١١١٣٥-
٤	العويقيلة	٤	٠.٢٥	١٧٠٥٥	٤٩٨١٢	٣٢٧٥٧	٣٨٠٧٦	٢١٠٢١
٥	روضة هباس	٥	٠.٢	٥٦٢٠	٣٩٨٥٠	٣٤٢٣٠	٣٠٤٦١	٢٤٨٤١
	المجموع		٢.٢٨	٣٤٧٢٤٦			٣٤٧٢٤٩	٣

المصدر: من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، تعداد السعودية، (٢٠٢٢م).

حيث تبين عدم توازن الشبكة الحضرية بمنطقة الحدود الشمالية، ويدل الانكسار في الخط البياني الممثل للحجم الحقيقي للسكان على عدم تطابق قاعدة الرتبة - الحجم على مدن منطقة الحدود الشمالية شكل (٧)، والذي يبين الاختلاف الكبير بين الحجم الحقيقي، والحجم المثالي للسكان والمتمثل في درجات الانحراف بالقيم الموجبة، ويدل على عدم التوازن في التسلسل الهرمي للمدن المكونة للنظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية، مما نتج عنه تضخم مدينة عرعر لتصبح هي المدينة الأولى، والأكبر حجماً لاحتوائها على (57.4%) من جملة سكان الحضر بالمنطقة، كما تضم لوحدها (٥٣.٣%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية؛ لكونها العاصمة الإدارية وأحد مراكز التنمية الوطنية، وقد ساهم في أهمية موقعها قربها من منفذ جديدة عرعر مع الجمهورية العراقية، وفيها تتركز الخدمات العامة، والمصالح الحكومية، والأنشطة الاقتصادية، والترفيهية، مما جعلها جاذبة للسكان من داخل منطقة الحدود الشمالية، وخارجها.

وجاءت مدينة رفحاء في المرتبة الثانية من حيث حجم السكان بنسبة بلغت (١٨.٤%) من إجمالي سكان الحضر بمنطقة الدراسة، وبنسبة (١٧.١%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية، وهي من المدن الجاذبة للاستقرار السكاني؛ نظراً لوجود المناطق العسكرية ولموقعها الجغرافي على الطريق البري الرابط بين مدينة العويقيلة، ومدينة عرعر في الغرب، ومدينة حفر الباطن الواقعة في اتجاه الشرق منها، وتتوفر فيها الخدمات التعليمية، والصحية، والترفيهية، وتقوم بدور حيوي في التفاعل المكاني داخل النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية.

واحتلت مدينة طريف المرتبة الثالثة من أحجام المدن بنسبة بلغت (١٧.٧%) من إجمالي سكان الحضر وبنسبة (١٦.٤%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية، وهي تمثل أقصى مدينة سعودية في شمال المملكة العربية السعودية، ويمثل موقعها أهمية استراتيجية للمملكة؛ لقربها من منفذ الدمية البري مع المملكة الأردنية الهاشمية، وتحتوي على مطار محلي، ومراكز تجارية، وخدمية ويربطها طريق بري بمدينة القريات الواقع غربها ومدينة عرعر عاصمة منطقة الحدود الشمالية ومركزها الإداري والتنموي.



شكل (٧): الحجم الفعلي والنظري للسكان بمدن منطقة الحدود الشمالية تبعاً لقاعدة زييف، ٢٠٢٢م

المصدر: النسب من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الجدول (٤).

وقد جاءت العويقيلة في المرتبة الرابعة في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية لاحتوائها على (٤.٩%) من إجمالي سكان الحضر بمنطقة الحدود الشمالية، ونسبة (٤.٧%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية، وتقع على الطريق الرابط بين مدينة عرعر، ومدينة رفحاء، ويمثل موقعها أهمية لتوفر الخدمات الصحية، والتعليمية، والترفيهية للسكان

الحضر، والريف المجاور لها، وأخيراً جاءت مدينة روضة هباس لتمثل أصغر المدن حجماً في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية لاحتوائها على (1.6%) من إجمالي سكان الحضر بمنطقة الحدود الشمالية، ونسبة (1.5%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية، وتقع على الطريق الرابط بين مدينة رفحاء ومدينة حفر الباطن، ويمثل موقعها كمركز حضري لخدمة السكان المستقرين بها والسكان في المناطق الريفية المجاورة، ويبين منحنى الحجم الفعلي والحجم النظري للسكان الحضر بمنطقة الحدود الشمالية أن الخط البياني يوضح عدم الاستقامة بين المدن في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية ابتداءً من مدينة عرعر المدينة الأولى إلى أصغر مدينة، ويمثلها مدينة روضة هباس، وهناك تقارب بين مدينتي رفحاء، وطريف، كما أن هناك تقارب بين مدينتي العويقيلة، وروضة هباس، وهنا يتبين أن عدد سكان الحضر بمنطقة الدراسة وتبلغ نسبتهم (93%)، يتفوقون على سكان الريف الذي يمثلون (7%) من إجمالي سكان المنطقة الشمالية بالمملكة العربية السعودية، وهذا يؤكد اتجاه السكان إلى الاستقرار والتحضر، ويؤيده تراجع أعداد السكان في المناطق الريفية (أقل من 5000 نسمة) بمنطقة الحدود الشمالية مقارنة بالفترات السابقة.

وتوضح نتائج دراسة وتحليل قاعدة الرتبة والحجم للمدن بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية أن مدينة عرعر تعد المدينة الأولى في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية، بينما توجد فجوة في أحجام المدن بناء على قاعدة زيبف حيث تركز السكان في مدينة عرعر، مما يؤكد عدم التوازن بين الرتب الحجمية العليا، والدنيا للمراكز الحضرية بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية.

- قانون المدينة المهيمنة في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية:

المدن غير متساوية في الحجم السكاني؛ لأسباب متعددة منها عوامل سكانية وأخرى اقتصادية تختلف من مدينة لأخرى، مما يؤدي إلى عدم انتظام أحجام المدن، وقد نال هذا الموضوع اهتمام العلماء والباحثين منهم مارك جيفرسون الذي توصل إلى ما يعرف بقانون المدينة الأولى أو المدينة المهيمنة، بمعنى أن يكون حجم المدينة الثانية يمثل (ثلث) المدينة الأولى، والمدينة الثالثة تبلغ (خمس) المدينة الأولى (Dolui,2017)، وتعد المدن المهيمنة من سمات النظام الحضري في الدول النامية؛ نتيجة للهجرة السكانية إلى المدينة المهيمنة لدوافع اقتصادية، واجتماعية، وسياسية (Faraji,2016)، مما يعمل على إنقاص نمو وحجم المدن الواقعة في إقليم المدينة المهيمنة ولا يتناسب حجمها مع الترتيب المتدرج لباقي أحجام المدن، ويؤدي لعدم التوازن في شبكة النظام الحضري حيث وجد أن النسب بين المدينة الأولى، والثانية، والثالثة هي على الترتيب 100، 30، 20 (حمدان، 1972م)، وتطبيق قانون المدينة الأولى لجيفرسون على المدن الأولى، والثانية، والثالثة بمنطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية تبين من الجدول (5) أن مدينة رفحاء وهي التالية للمدينة الأولى

عرعر) بلغت قيمة حجمها الفعلي (32.1%) وهذه النسبة تزيد عن مقابل القيمة النظرية لجيفرسون والتي بلغت (٣٠%)، أي بنحو (٢.١%)، وأن المدينة الثانية (طريف) بلغت قيمة حجمها الفعلي (30.8%) وهي تزيد كذلك على مقابل القيمة النظرية لجيفرسون (٢٠%) بنسبة (١٠.٨%)، مما يدل على أن مدينة عرعر هي المدينة المهيمنة في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية كما يبين الشكل (٨).

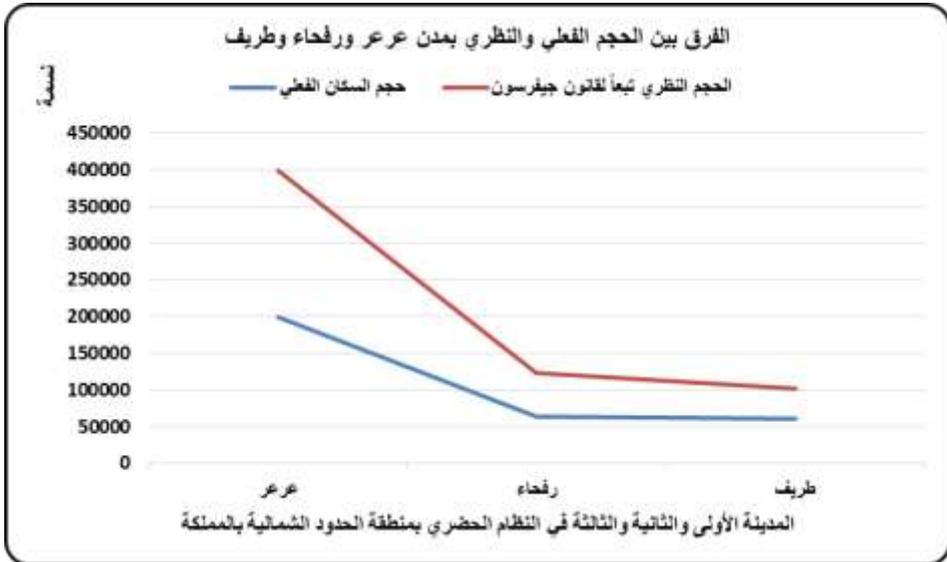
جدول (٥): تطبيق قانون جيفرسون للمدينة المهيمنة على المدن بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة، ٢٠٢٢ م

المدينة	حجم السكان الفعلي	حجم المدينة الأولى (الفعلي) %	الحجم (النظري) تبعاً لقانون جيفرسون	(نظري) لجيفرسون %
عرعر	١٩٩٢٤٧	١٠٠	١٩٩٢٤٧	١٠٠
رفحاء	٦٣٩٢٩	٣٢.١	٥٩٧٧٥	٣٠
طريف	٦١٣٩٥	٣٠,٨	٣٩٨٥٠	٢٠

المصدر: من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، تعداد السعودية، (٢٠٢٢ م).

- دليل الهيمنة الحضرية بالمدن في منطقة الحدود الشمالية:

مقياس الهيمنة الحضرية من المقاييس الشائعة توزيع المدن أحجامها، وتأتي أهميته لتأكيد قانون المدينة الأولى، وينسب حجم المدينة المهيمنة إلى مجموع المدن الثلاث التالية لها في الحجم، فإذا كان الناتج واحد صحيح دل على أن حجم المدينة الأولى يساوي مجموع المدن الثلاث التالية لها في الحجم (أبو عيانة، ١٩٨٦م)، وبتطبيق هذا المقياس على منطقة الدراسة وجد أن قيمته بلغت (1.39) بمعنى أن عدد سكان مدينة عرعر يزيد على مجموع المدن التي تليها في الرتبة مجتمعة، كما يشير إلى عدم وجود أي مدينة منافسة لمدينة عرعر في هيمنتها الحضرية، ويدل ابتعاد المؤشر عن واحد صحيح إلى عدم انتظام توزيع شبكة المدن بمنطقة الحدود الشمالية، بعكس لو كانت القيمة قريبة من الواحد صحيح، فإن ذلك يدل على التوازن الحضري، وبهذا تكون مدينة عرعر كمدينة مهيمنة وتستقطب إليها الهجرات السكانية الداخلية سواء من الحضر أو الريف بمنطقة الحدود الشمالية، أو القادمة من خارج المنطقة للبحث عن العمل.



شكل (٨): الفرق بين الحجم الفعلي والنظري بمدن منطقة الحدود الشمالية طبقاً لقانون جيفرسون، ٢٠٢٢م

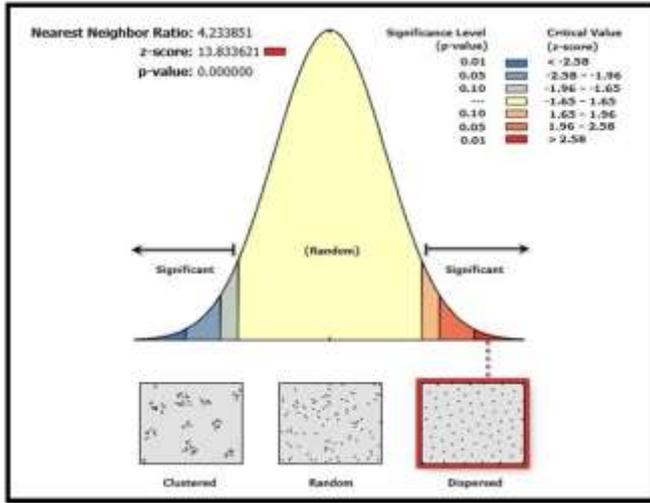
المصدر: النسب من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الجدول (٥).
ثانياً: التوزيع المكاني لشبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية:

مع التطور الذي شهدته طرق التحليل الحديثة في تحديد أنسب المواقع ورصد التغيرات والتنبؤ بها، برز منهج التحليل المكاني كأحد مناهج البحث العلمي (عزيز، ٢٠١٤م)، وأصبح أسلوباً لقياس، وتفسير العلاقات المكانية بين الظواهر والتنبؤ بسلوكها في المستقبل (شرف، ٢٠٠٨م)، ويعتمد التحليل المكاني Spatial Analysis على أن لكل ظاهرة حيز مكاني، ونمط توزيع معين، يهدف إلى الكشف عن العلاقات المكانية المتبادلة بين الظواهر المختلفة (داود، ٢٠١٢م)، ويستخدم التحليل المكاني المساحة، والطول، والأبعاد، والاتجاه في عملياته الحسابية، لإبراز العلاقة المكانية وتفسير سلوكها، وفيما يلي استعراض جانباً من التحليل المكاني لشبكة النظام الحضري بمنطقة الدراسة.

- نمط التوزيع المكاني لشبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة:
يعد الجار الأقرب من أهم المقاييس الإحصائية التي تبرز العلاقات المكانية بين المدن في منطقة الدراسة وأنماط توزيعها من خلال ثلاث مستويات هي:

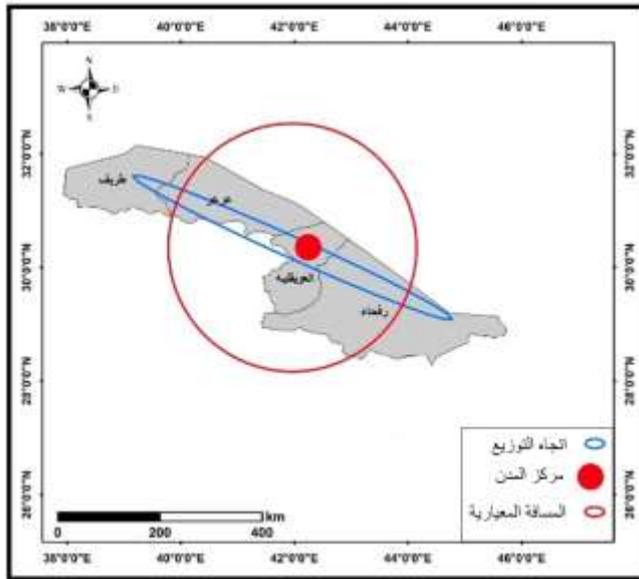
- النمط المتزاحم (Clustered)، ويشير إلى الظاهرات المتكتلة مكانياً بمعنى أن عدم مراعاة عدالة التوزيع،
- النمط العشوائي (Random)، ويشير إلى الاعتدال ما بين نمطي التزاحم والانتشار.
- النمط المنتشر (Dispersed)، والذي يشير إلى عدالة التوزيع مكانياً، وتكون قيمة معامل الجوار مرتفعة.

وكلما اقترب معامل الجوار من (2.149) كان التوزيع أكثر انتظاماً لدرجة المثالية (إبراهيم، ١٩٩٩م)، ويعتمد معامل الجوار الأقرب على المسافة بين المدن، وأعدادها، والمساحة بينها، وتطبيق معادلة متوسط الجوار الأقرب لعدد (٥) مدن في منطقة الحدود الشمالية تبين أن معامل الجوار الأقرب (٤.٢٣)، مما يدل على التوزيع المنتشر أو المتفرق كما يبين الشكل رقم (٩)، وتأخذ المدن في منطقة الحدود الشمالية شكل شريط طولي ممتد على طول الطريق البري الرئيسي ابتداءً من جهة الشرق حيث مدينة (روضة هباس)، وباتجاه الغرب حيث مدينة (رفحاء)، ثم مدينة العويقيلة، ثم مدينة (عرعر) وصولاً إلى أقصى جهة الغرب من منطقة الحدود الشمالية حيث مدينة (طريف)، وهذا النمط من التوزيع بين المدن في منطقة الحدود الشمالية ذو دلالة إحصائية عالية جداً إذ أن نشأة هذه المدن لم تكن مصادفة بل لاعتبارات أمنية، وعسكرية، واستراتيجية، مرتبطة بأمن المملكة، واقتصادية مرتبطة بنقل البترول في فترات سابقة.



شكل (٩): معامل الجوار الأقرب لمدن المنطقة الشمالية بالمملكة العربية السعودية، ٢٠٢٢م
المصدر: إعداد الباحث، باستخدام أدوات التحليل الإحصائي المكاني داخل بيئة برنامج Arc GIS، (٢٠٢٢م).

- مقاييس النزعة المركزية لشبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة: تكشف مقاييس التمركز عن المركز الجغرافي المتوسط، والمركز المتوسط الفعلي لشبكة النظام الحضري (عبده، ٢٠٢١م)، ويتم تطبيق مقاييس النزعة المركزية (Central Tendency) من خلال تحديد المتوسط الفعلي باستخدام أداة الظاهرة المركزية (Central Feature)، حيث يتم تحديد المدينة الممثلة للموقع المركزي بالنسبة لشبكة النظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية، ومثلت مدينة العويقيلة الأقرب للمتوسط الفعلي للتوزيع المكاني لشبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية، أما المركز المتوسط (Mean Center) فهو متوسط الإحداثيات (X & Y) لجميع المفردات (Mitchell, 2005)، وبتطبيق توزيع المدن بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية شكل (١٠)، يلاحظ أن المركز المتوسط للتوزيع المكاني لمواقع المدن كان قريباً من المتوسط الفعلي حيث يقع بالقرب من مدينة العويقيلة بمسافة (٢٧.٤ كم).



شكل (١٠): المركز المتوسط والمسافة المعيارية واتجاه توزيع المدن بالمنطقة الشمالية في المملكة العربية السعودية، ٢٠٢٢م
المصدر: النسب من حساب الباحث، بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢٢م).

- التشتت والانتشار المكاني لشبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة:

تعد المسافة المعيارية (Standard Distance)، واتجاه التوزيع من أهم مؤشرات التشتت، والانتشار المكاني، حيث تقيس أدوات المسافة المعيارية والقطع الناقص للانحراف المعياري التوزيع المكاني للظواهر الجغرافية، وتعد المسافة المعيارية نصف قطر الدائرة التي تحد منطقة تركيز اغلب مفردات الظاهرة، ويمكن تحديد اتجاه التوزيع (Directional Distribution) برسم شكل بيضاوي أو قطع ناقص يحدد معظم مفردات الظاهرة، ويقاس بدرجة الميل للشكل البيضاوي عن اتجاه الشمال (داود، ٢٠١٢م)، وطبقاً للشكل (١٠) فقد ضمت هذه الدائرة عدد (٣) مدن هي: عرعر، ورفحاء، والعيقيلة، ويوضح اتجاه التوزيع المكاني لمدن شبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية التأثير الواضح باتجاه مدينة عرعر، مما يبين التأثير الشديد لمواقع مدن منطقة الحدود الشمالية.

النتائج والتوصيات

تناولت هذه الدراسة موضوع النظام الحضري لمنطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية، وقد تبين التحليل والتوزيع العديد من النتائج التي يمكن إيجازها في النقاط الآتية:

١. يمثل سكان الحضر في منطقة الحدود الشمالية (٩٣%)، بينما يمثل سكان الريف (٧%) من إجمالي سكان منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية.
٢. يتركز الثقل السكاني بمنطقة الحدود الشمالية في مدينة عرعر، حيث تعد العاصمة الإدارية لمنطقة الحدود الشمالية وقد بلغت نسبة سكانها (57.4%) من إجمالي السكان الحضر في منطقة الحدود الشمالية، مما جعلها أحد المراكز الوطنية للتنمية في المملكة ويندرج تحته بشكل هرمي مراكز إقليمية ومحلية.
٣. بينت الدراسة عدم التوازن في شبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية؛ نظراً لتركز الثقل السكاني في مدينة عرعر بنسبة (57.4%)، وبذلك فهي المدينة الأولى بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية، يليها على التوالي مدينة رفحاء بنسبة (١٨.٤%)، ثم مدينة طريف بنسبة (١٨.٧%).
٤. اتضح من تطبيق قاعدة الرتبة - الحجم (جورج زيبف) على المدن بمنطقة الحدود الشمالية أن مدينة عرعر تمثل المدينة الأولى، مع وجود فجوة في أحجام المدن الأخرى بمنطقة الدراسة، مما يؤكد عدم التوازن بين الرتب الحجمية للمراكز الحضرية بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية وهذا يؤكد الفرضية الأولى للدراسة.
٥. تبين من تطبيق قانون المدينة الأولى (جيفرسون) على المدن الأولى، والثانية، والثالثة بمنطقة الحدود الشمالية أن مدينة رفحاء هي المدينة التالية لمدينة عرعر، وقد بلغت قيمة حجمها الفعلي (32.1%)، وبلغت مدينة طريف (30.8%)، ويؤكد ذلك أن مدينة عرعر

- هي المدينة المهيمنة في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية وهذا ما أشارت إليه الفرضية الأولى أيضاً.
٦. يشير دليل الهيمنة الحضرية بالمدن في منطقة الحدود الشمالية في المملكة العربية السعودية، والذي بلغت قيمته (1.39)، مما يعني أن الحجم السكاني لمدينة عرعر يزيد على مجموع الثلاث المدن التي تليها، وهذا يعني عدم وجود أي مدينة منافسة لمدينة عرعر في شبكة النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية.
٧. من خلال تطبيق معادلة متوسط الجار الأقرب لعدد (٥) مدن بمنطقة الدراسة، تبين أن قيمته بلغت (٤.٢٣)، ويدل على التوزيع المنتشر للمدن في النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من المملكة العربية السعودية وهذا يؤكد ما أشارت إليه الفرضية الثانية.
٨. بتطبيق المراكز المتوسطة لجميع المدن بمنطقة الدراسة تبين أن المركز المتوسط للتوزيع المكاني كان قريباً من المتوسط الفعلي حيث يقع بالقرب من مدينة العويقيلة بمسافة (27.4%).
٩. تأثر اتجاه توزيع المدن بمنطقة الحدود الشمالية باتجاه الطريق البري الذي يربط المدن بمنطقة الحدود الشمالية، ويتطابق مع الامتداد الجغرافي لمنطقة الدراسة من الشرق حيث مدينة روضة هباس إلى اتجاه الغرب نحو مدينة طريف.
- وبناء على النتائج السابقة تضع هذه الدراسة بعض التوصيات، والتي يمكن أن تسهم في التخطيط للتنمية الحضرية المتوازنة بمنطقة الحدود الشمالية في المملكة، ويمكن صياغتها على النحو الآتي:
١. الاهتمام بتنمية النظام الحضري في منطقة الحدود الشمالية من خلال توفير الخدمات اللازمة في المدن لتكون جاذبة للاستقرار السكاني بها وصولاً لتحقيق التنمية الحضرية الشاملة، والمتوازنة بمنطقة الحدود الشمالية.
٢. التأكيد على أهمية التخطيط الإقليمي واعتماده كآلية لتنمية المدن الصغيرة، والمتوسطة بشكل متوازن ضمن المنظومة الحضرية في منطقة الحدود الشمالية بالمملكة العربية السعودية.
٣. الاستفادة من موقع مدينة العويقيلة المتوسط كمركز تنموي إقليمي لتخفيف العبء عن مدينة عرعر، والتي تمثل المدينة الأولى، والمركز الوطني للتنمية بمنطقة الحدود الشمالية.
٤. التأكيد على أهمية التنمية الحضرية للمدن الشمالية بالمملكة العربية السعودية لكونها بوابة لعبور الدول المجاورة للمملكة من جهة الشمال بشكل مباشر إلى كل من الجمهورية العراقية، والمملكة الأردنية الهاشمية.

٥. تشجيع التوسع الحضري بمنطقة الحدود الشمالية من خلال إنشاء ضواحي أو توابع سكنية للمدن ومدّها بالخدمات اللازمة.
٦. دعم مدينة عرعر كمركز وطني بمنطقة الحدود الشمالية، وتعزيز المراكز الإقليمية، والمحلية، بالخدمات الحكومية والأهلية اللازمة بشكل هرمي ليتحقق التفاعل المكاني، ويساهم في تنمية النظام الحضري بمنطقة الحدود الشمالية.
٧. العمل على تقوية محاور الحركة التي تربط بين مدن المنطقة الشمالية والمناطق الإدارية المجاورة من المملكة للمساهمة في تنمية حضرية متكاملة، ومتوازنة تتسجم من استراتيجيات التنمية العمرانية في المملكة العربية السعودية، وأهداف التنمية المستدامة، ورؤية المملكة العربية السعودية (٢٠٣٠م).

المصادر والمراجع:

المراجع العربية:

- إبراهيم، عيسى علي، (١٩٩٩م)، الأساليب الإحصائية والجغرافيا، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- أبو عيانة، فتحي محمد، (١٩٨٦م)، مشكلات السكان في الوطن العربي، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- أرباب، محمد إبراهيم، (٢٠٠٠م)، تطور النظام الحضري السعودي ونموذج التركيب المكاني: دراسة تحليلية، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد (٩٧)، جامعة الكويت، الكويت.
- الأشعب، خاص، (١٩٨٣م)، مراتب المدن في اليمن، مجلة البحوث والدراسات العربية، العدد (١٢)، ص ص ١٢٨-١٣٦.
- الثمالي، محمد، (١٩٩٥م)، "مواقع المدن السعودية"، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد (١٨٦)، الكويت.
- الجابري، نزهة يقظان، (٢٠٠٨م)، التحضر في المملكة العربية السعودية، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الإنسانية والاجتماعية والتربوية، العدد (٢٠)، مكة المكرمة.
- الجار الله، أحمد، (١٩٩٦م)، تحليل النظام الحضري السعودي بتطبيق الصيغة التقليدية والمعدلة لقاعدة الرتبة والحجم، المجلة العربية للعلوم الإنسانية، العدد (٢٥)، السنة (١٤)، مجلس النشر العلمي، جامعة الكويت، الكويت، ص ص ٧٨-١٠٧.
- الجار الله، أحمد، وعبد الكريم الهويش، (١٩٩٩م)، "تحليل النظام الحضري للمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية بتطبيق مفهوم المكان المركزي"، الندوة الجغرافية السادسة لأقسام الجغرافية المنعقدة بجامعة الملك عبد العزيز، جدة.
- جبر، انتظار جاسم، (٢٠١٦م)، تطبيق قاعدة الرتبة - الحجم على مدن العراق، للعلمين (٢٠٠٧م، ٢٠٣٠م)، مجلة الأستاذ، كلية التربية، العدد (٢١٩)، جامعة بغداد، العراق.
- الجبوري، فؤاد، ويوسف، رفلة، (٢٠١٥م)، مؤشرات الهيمنة الحضرية لمدينة النجف، مجلة البحوث الجغرافية، العدد (٢١)، جامعة الكوفة، العراق، ص ص ١٢١-١٥١.
- حمدان، جمال، (١٩٧٢م)، جغرافية المدن، عالم الكتب، القاهرة.
- الخريف، رشود، (١٩٩٨م)، التحضر في المملكة العربية السعودية: دراسة في تعريف المدن وتوزيعها الحجمي ومعدلات نموها السكاني، مركز البحوث في كلية الآداب، العدد (٦٩)، جامعة الملك سعود، الرياض.



- داود، جمعة محمد، (٢٠١٢م)، أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية، بدون دار نشر، مكة المكرمة، المملكة العربية السعودية.
- الديب، حمدي، (١٩٩٢م)، "شبكة المدن العمانية الحجم والتباعد: دراسة جغرافية"، سلسلة دراسات عن الشرق الأوسط (١٢٤)، جامعة عين شمس، مصر.
- الزهراني، رمزي، (٢٠٠٦م)، توزيع المدن السعودية ١٤٢٥هـ، العلوم الاجتماعية، العدد(١)، ص ص ١٢١-١٦٣.
- السرياني، محمد محمود، (١٩٩٢م)، "ملاحح التحضر في المملكة العربية السعودية" سلسلة بحوث العلوم الاجتماعية (١٦)، معهد البحوث وإحياء التراث الإسلامي، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- السعيد، صبحي أحمد، (١٩٨٦م)، "تحليل صلة الجوار دراسة مقارنة من المملكة العربية السعودية، مجلة كلية الآداب"، جامعة الملك سعود، العدد (١)، المجلد (١٣)، ص ص ٨٣-١١٠.
- السيد رجب، عمر الفاروق، (١٩٧٧م)، " المدينة السعودية ملاحح وخصائص"، الفيصل، العدد (٧)، الرياض، ص ص ١-٣١.
- شرف، محمد إبراهيم، (٢٠٠٨م)، التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.
- الشريف، محمد مسلط، (٢٠٠٢م)، إشكالية التغير الحضري للمدن السعودية: المنظور المحلي، المجلة الهندسية لجامعة الإسكندرية، العدد(٤١)، مطابع جامعة الإسكندرية، مصر.
- عبد الحميد، وليد شكري، (٢٠١٣م)، التركيب الداخلي لمدينة دمياط، أطروحة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنصورة، المنصورة.
- عبده، أشرف علي، (٢٠٢١م)، شبكة النظام الحضري في مصر خلال الفترة (١٩٨٦م-٢٠١٧م)، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- عزيز، محمد الخزامي، (٢٠١٤م)، أسس ومناهج نظم المعلومات الجغرافية، العدد (٦١)، المجلة الجغرافية العربية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.
- العنقري، خالد محمد، (١٩٨٧م)، "أنماط التوزيع الحجمي للمدن السعودية" ندوة المدن السعودية انتشارها وتركيبها الداخلي، عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض.
- عياصرة، ثامر، (٢٠١٤م)، الملاحح الجغرافية للنظام الحضري في الأردن، دراسات العلوم الإنسانية والاجتماعية، العدد(٢)، ص ص ٤١١-٤٣٦.

- الغامدي، عبد الله، (٢٠٠٤م)، التوزيع الإقليمي للمدن في المملكة العربية السعودية، الدارة، العدد ١، الرياض.
 - غرابية، خليف مصطفى، (١٤٢٥هـ)، التركيب الداخلي لمدينة عرعر بالمملكة العربية السعودية، مجلة الدارة، العدد (٢٤)، دارة الملك عبد العزيز، الرياض، ص ٥٧-١١٨.
 - مصيلحي، فتحي، (١٩٨٥م)، " مدن المملكة العربية السعودية: دراسة في إمكانيات الموقع"، دراسات الخليج والجزيرة العربية، العدد ٤١، جامعة الكويت، الكويت.
 - مكى، محمد شوقي، (١٩٨٧م)، " التوزيع الحجمي للمدن في المملكة العربية السعودية" ندوة المدن السعودية انتشارها وتركيبها الداخلي، عمادة شئون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض.
 - هاشم، صلاح، وعبد الله، ماجدة، (٢٠١٨م)، مؤشرات الهيمنة الحضرية للمراكز الحضرية وأثارها السلبية وسبل معالجتها في محافظة البصرة، كلية التربية للعلوم الإنسانية، العدد (٢١)، جامعة البصرة، العراق.
 - الهيئة العامة للإحصاء، إحصاءات تعداد السعودية (٢٠٢٢م)، الرياض، المملكة العربية السعودية.
 - هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، (٢٠١٧م)، المملكة العربية السعودية: حقائق وأرقام، ط٢، جدة.
 - وزارة الاقتصاد والتخطيط، (١٩٧٠م)، خطة التنمية الأولى، (١٣٩٠هـ-١٣٩٥هـ)، الرياض.
- المراجع غير العربية:

- Abdurrouf MD & jahan. Sarwar,(2001). Urban Centres In Bangladesh: Trends, patterns and characteristics.
- Arshad, S., Shougeng Hu, Badar Nadeem Ashraf, (2019). Zipfs law, the coherence of the urban system and city size distribution: Evidence from Pakistan, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 513, pp87-103.
- Dolui,S., (2017). Rank-Size Distribution and Primate City Characteristics in India and Its Relationship with Economic Development: A Spatio- Temporal analysis of four Indian states (West – Bengal, Andhra Pradesh, Kerala, Uttar Pradesh). Scholars Journal of Arts, Humanities and Social Sciences, PP 1234-1249.

- Faraji, Seyed J., Zhang Qingping, Saman Valinoori, Mohamad Komijani, (2016). Urban primacy in urban system of developing countries, its causes and consequences, Human, Volume 6, Issue 1, pp 34-45.
- Getis, A., (2015). Analytically derived neighborhoods in a rapidly growing West African city: The case of Accra, Ghana, Elsevier, Habitat International 45 pp.126-134.
- McClymont, K., M. Bedinger, L. Beevers, A. Visser- Quinn, G.H. Walker, (2022). Understanding urban resilience with the urban systems abstraction hierarchy (USAH), Sustainable Cities and Society, Volume 80, pp1-14.
- Mitchell, A., (2005). The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2, ESRI Press.

المواقع الإلكترونية:

- <https://www.gis-zaghlol.com/2019/08/Book.Pdf.html>





تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات

الاستشعار عن بعد للمدة (٢٠٢٠-٢٠٠٠)

Analysis of Land Use and Land Cover Dynamics in Riyadh Dity
Using Remote Sensing Techniques and Random Forest Algorithm
for the Period (2000-2020)

إعداد

هيا فلاح علي الشهراني

Hayaa Falah Ali Al-Shahrani

دكتوراه في المناخ والاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية - قسم الجغرافيا -
جامعة القصيم

Doi: 10.21608/jasg.2025.443045

استلام البحث : ٢٠٢٥ / ٥ / ٢

قبول النشر: ٢٢ / ٦ / ٢٠٢٥

الشهراني، هيا فلاح علي (٢٠٢٥). تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للمدة (٢٠٢٠-٢٠٠٠). *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٨(٢٤)، ١٠٩ - ١٣٨.

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

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للمدة
(2000 – 2020)

المستخلص:

يهدف هذا البحث إلى تصنيف وتحليل التغيرات المكانية والزمانية في أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في مدينة الرياض خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢٠، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية. تم الحصول على بيانات مرئيات الأقمار الصناعية Landsat 5، Landsat 7، Landsat 8، ومعالجتها باستخدام خوارزمية "الغابة العشوائية" (Random Forest) من خلال منصة Google Earth Engine، لما تتميز به من كفاءة عالية في تصنيف الصور وتحديد الأنماط. أظهرت النتائج حدوث تغيرات جذرية في أنماط الغطاء الأرضي، تمثلت بانخفاض واضح في مساحة الأراضي المفتوحة بنسبة تجاوزت ١٢.٣% خلال العقد، يقابلها ازدياد كبير في المناطق العمرانية بنسبة تفوق ١٥٥%، مما يعكس التوسع الحضري المتسارع والنمو السكاني المستمر الذي تشهده المدينة. كما لوحظ تراجع في بعض الفئات الأخرى كالغطاء النباتي الطبيعي، في حين ظلت بعض الأنماط مستقرة نسبياً. وقد أظهرت نتائج تقييم دقة التصنيف أداءً عالياً، إذ بلغ إجمالي الدقة لعام ٢٠٢٠ نحو ٩٧.٢%، بينما سجل معامل كابتا ٩٦.٦%، مما يعزز من موثوقية نتائج التصنيف المعتمد. تشير هذه النتائج إلى أهمية دمج بيانات التغيرات في استخدامات الأراضي ضمن خطط التنمية الحضرية المستدامة، ووضع سياسات استباقية لإدارة النمو الحضري وتقليل آثاره البيئية والاجتماعية. كما يوصي هذا البحث بضرورة الاعتماد على أدوات التحليل الجغرافي والذكاء الاصطناعي لدعم اتخاذ القرار في مجالات التخطيط الإقليمي وإدارة الموارد الحضرية.

الكلمات المفتاحية: الغطاء الأرضي، استخدامات الأراضي، الاستشعار عن بعد، Google Earth Engine.

Abstract:

This study aims to classify and analyze the spatial and temporal changes in land cover and land use patterns in Riyadh City between the years 2000 and 2020, utilizing remote sensing techniques and Geographic Information Systems (GIS). Satellite imagery from Landsat 5, Landsat 7, and Landsat 8 was processed using the Random Forest classification algorithm on the Google Earth Engine platform, known for its high efficiency in image classification and pattern recognition. The results revealed significant transformations in land cover patterns, most notably a considerable decrease in open land



areas by more than 12.3% over the two decades, accompanied by a substantial increase in built-up areas by over 155%. These findings reflect the rapid urban expansion and continuous population growth experienced by the city. A decline in some other land cover categories, such as natural vegetation, was also observed, while certain patterns remained relatively stable. The accuracy assessment showed high classification performance, with an overall accuracy of 97.2% and a Kappa coefficient of 96.6% for the year 2020, confirming the reliability of the classification results. These outcomes underscore the importance of integrating land use change data into sustainable urban planning strategies and formulating proactive policies to manage urban growth and mitigate its environmental and social impacts. The study also recommends leveraging geospatial analysis tools and artificial intelligence techniques to support decision-making in regional planning and urban resource management.

Keywords: Land cover, land use, remote sensing, Google Earth Engine.

المقدمة:

يشهد العالم تحولات مكانية متسارعة في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي، خاصة في المناطق الحضرية ذات النمو السكاني المرتفع. وفي البيئات الصحراوية، كما هو الحال في مدينة الرياض، أدى التوسع الحضري المتزايد إلى تغييرات جذرية في البنية المكانية للمدينة، ما تسبب في ضغوط كبيرة على الموارد الطبيعية، مثل الأراضي الزراعية والمياه الجوفية، فضلاً عن آثار بيئية تشمل تدهور الغطاء النباتي وازدياد الحرارة السطحية. وتُعد هذه التحولات من المؤشرات الحاسمة لفهم التفاعلات بين النشاط البشري والبيئة الطبيعية (Almadini & Hassaballa, 2019; Alshehri et al., 2023).

في هذا السياق، يُعرّف الغطاء الأرضي (Land Cover) بأنه التمثيل الفيزيائي لسطح الأرض بما يشمله من نباتات، مبانٍ، ومسطحات مائية، بينما تشير استخدامات الأراضي (Land Use) إلى الأنشطة البشرية التي تُمارَس على هذا الغطاء، مثل الزراعة أو الصناعة أو السكن (Belgiu & Drăguț, 2016). ويُعد التمييز بين هذين المفهومين أمراً جوهرياً في الدراسات الحضرية، إذ أن التداخل بينهما يُسهم في تفسير الأنماط المكانية وتحليلها ضمن الأطر التخطيطية والبيئية.



وقد ساعدت التطورات الحديثة في تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS/RS) في مراقبة هذه التغيرات بدقة زمنية ومكانية متقدمة، مما أتاح للمخططين وصناع القرار أدوات فعالة لتقييم التحولات العمرانية. ومن بين تقنيات التصنيف المعتمدة، تُعد خوارزمية "الغابة العشوائية" (Random Forest) واحدة من أكثر الخوارزميات دقة ومرونة في تصنيف صور الأقمار الصناعية، خصوصاً عند تطبيقها على مناطق ذات أنماط استخدام معقدة (Maxwell et al., 2018).

تُعد مدينة الرياض مثلاً بارزاً على المدن التي شهدت نمواً حضرياً غير مسبوق خلال العقدين الأخيرين، حيث مثل هذا النمو تحدياً حقيقياً لخطط التنمية المستدامة. وانطلاقاً من أهمية فهم وتحليل هذا التوسع، يهدف هذا البحث إلى تصنيف وتقييم أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في مدينة الرياض خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠، باستخدام مرئيات Landsat وتقنيات التصنيف الموجه، وذلك بغرض دعم سياسات التخطيط الحضري المتكاملة في ضوء توجهات رؤية المملكة ٢٠٣٠ نحو تنمية حضرية مستدامة.

منطقة البحث:

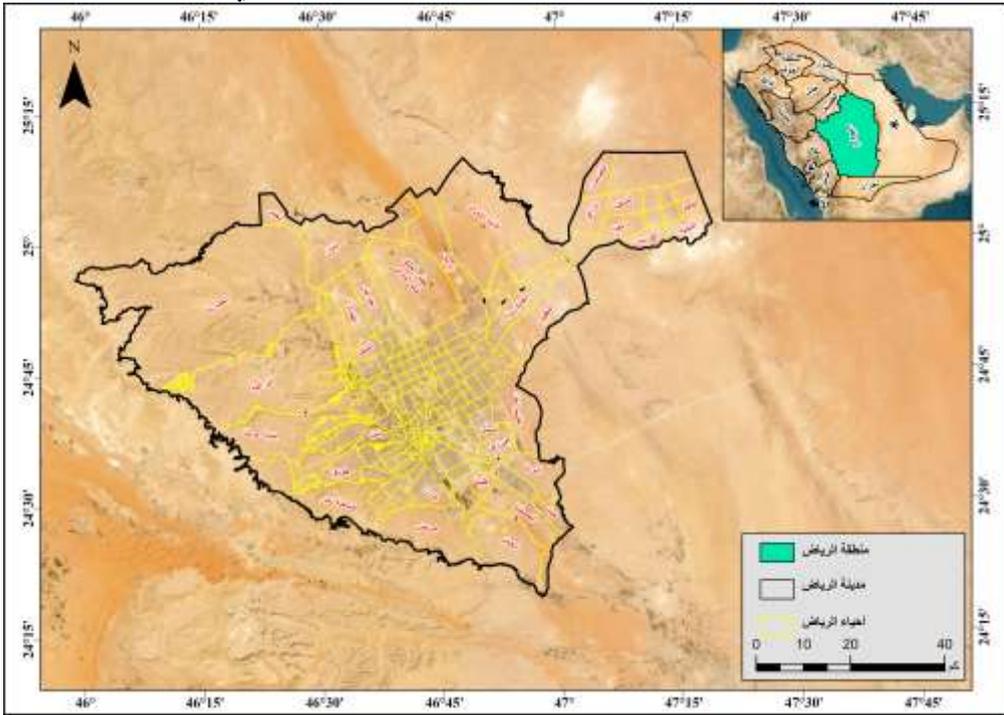
تقع مدينة الرياض في الجزء الشرقي من هضبة نجد، بين دائرتي عرض ٢٤°٤٨'٢٧' و ٢٤°٣٧'٥١' شمالاً، وخطي طول ٤٦°٤٠'٠٦' و ٤٦°٢٥'١٩' شرقاً. تمتد المدينة على مساحة تقارب ٣,١١٥ كيلومتر مربع وفقاً لإحصاءات عام ١٤٣٧هـ (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤٣٧هـ). وتتميز أراضيها بارتفاع متوسط يبلغ نحو ٦٢٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، مع انحدار تدريجي من الشمال إلى الجنوب، ومن الغرب إلى الشرق، ما يؤثر في أنماط التصريف المائي والتوزيع الجغرافي للمدينة.

تحد مدينة الرياض من الغرب جبال طويق، التي تتحدر منها عدة أودية عميقة تتبع الانحدار الطبيعي للهضبة، وتصب في وادي حنيفة الذي يمتد بشكل عام من الشمال إلى الجنوب. أما شرق المدينة، فتقل التضاريس وتصبح الأرض أكثر انبساطاً، حيث تتوزع شبكة الأودية مثل وادي الأيسن ووادي البطحاء، والتي تسهم في تصريف المياه السطحية للمنطقة الشرقية من المدينة (الصالح، ١٩٩٧م، ص٣). أما بقية الجهات، فتتسم بوجود أراضٍ صخرية تكثر فيها العروق والكثبان الرملية والتلال المنخفضة. وتحف بمدينة الرياض منخفضات رملية واسعة، من أبرزها صحراء الربع الخالي في الجنوب، ورمال الدهناء ونفود السر ونفود الدحي إلى الشرق، والنفود الكبير إلى الشمال.

من الناحية السكانية، شهدت مدينة الرياض نمواً ديموغرافياً ملحوظاً خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢٠. ففي مطلع هذه الفترة، بلغ عدد سكان المدينة نحو ٤,٠٤٧,٠٠٠ نسمة، وارتفع هذا العدد ليصل إلى حوالي ٧,٠٠٩,١٢٠ نسمة بحلول عام ٢٠٢٠. ويعكس هذا التغير زيادة سكانية قدرها ٢,٩٦٢,١٢٠ نسمة خلال العقدين، مع معدل نمو سنوي

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ،،،، هيا الشهراني

مركب بلغ نحو ٢.٧٨%. ويعزى هذا النمو المتسارع إلى عوامل عدة، أبرزها الهجرة الداخلية والازدهار الاقتصادي الذي شهدته المدينة خلال هذه الفترة. ويُظهر الشكل (١) الموقع الجغرافي لمدينة الرياض ضمن النطاق الإقليمي للمملكة العربية السعودية، كما يوضح الحدود الإدارية للأحياء والأقسام الرئيسية للمدينة، مما يعكس التداخل بين الجوانب الجغرافية والديموغرافية في رسم ملامح النمو الحضري للمدينة. ووفقًا لبيانات الهيئة العامة للإحصاء بالمملكة، بلغ عدد سكان مدينة الرياض حوالي ٧٠٠٩١٢٠ نسمة حتى عام ٢٠٢٢، مما يعكس النمو السكاني المتسارع الذي شهدته المدينة خلال العقود الأخيرة نتيجة للهجرة الداخلية والازدهار الاقتصادي.



شكل (1): موقع مدينة الرياض

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠٠ الدراسات السابقة:

تعددت الدراسات التي تناولت التغير في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في البيئات الحضرية، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، وكان

لكل منها سياقها المكاني والتقني. فقد شهدت المملكة العربية السعودية اهتمامًا متزايدًا في السنوات الأخيرة بدراسة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي نتيجة للتوسع العمراني المتسارع والتغيرات البيئية المصاحبة له. وقد اعتمدت العديد من الدراسات على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لرصد هذه التغيرات وتحليلها بشكل كمي وزماني.

ففي دراسة أجراها الغزواني (٢٠٢٤)، تم تحليل أنماط استخدام الأراضي الزراعية في المملكة العربية السعودية وتحديد علاقتها بالتنمية الإقليمية من خلال تطبيق منهجيات التحليل العاملي، ما أسهم في كشف التفاوتات المكانية في توزيع استخدامات الأراضي. وفي السياق نفسه، قامت الحسن ومدني (٢٠٢٤) بتحليل التوسع العمراني وأثره على الغطاء النباتي في مركز رجال ألمع الإداري بمنطقة عسير، معتمدين على مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)، وأشارت إلى تراجع الغطاء النباتي تزامنًا مع نمو المناطق الحضرية.

كما تناولت دراسة الضلعان وآخرون (٢٠٢١) التمدد العمراني في محافظة صبيا بمنطقة جازان، حيث أوضحت النتائج أن الزيادة السكانية والتحول العمراني أديا إلى فقدان أجزاء كبيرة من الأراضي الزراعية والمغطاة بالنباتات. أما في منطقة الأحساء، فقد قام (2005) Al-Hussaini بتحليل التغيرات الزمنية في الغطاء الأرضي، مسجلين تزايدًا واضحًا في الامتداد الحضري على حساب المناطق الطبيعية والزراعية.

وفي محافظة الغاط، استخدم المطيري (٢٠١٧) تقنيات الاستشعار عن بعد لرصد تغيرات الغطاء الأرضي خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠١٧)، وأثبتت نتائج اتساع المناطق الحضرية وتراجع الغطاء النباتي بشكل ملحوظ. وبدورها، ركزت دراسة الغامدي والحرث (٢٠١٩) على استخدامات الأراضي في مدينة جدة، خصوصًا فيما يتعلق بمشاريع التشجير، مشيرة إلى تأثير هذه المشاريع على تحسين المشهد الحضري والبيئة المحلية.

من جهة أخرى، سلطت دراسة الحفيان ومجد (٢٠١٦) الضوء على أثر التصحر في تدهور النظم البيئية في محافظة بيشة، مؤكدة على أن النشاط البشري وسوء استخدام الأرض يعدان من العوامل المؤثرة. كما أجريت دراسة الحماد (٢٠٢٣) دراسة تحليلية في محافظة الشامية، بيّنت أن التحولات في أنماط الغطاء الأرضي تعود إلى الأنشطة الزراعية والبناء العشوائي، بينما تناولت دراسة القرشي وداودي (٢٠٢٤) لودي فاطمة تغيرات استخدام الأرض في بيئة صحراوية ذات طبيعة جيومورفولوجية خاصة.

تعكس هذه الدراسات تكاملاً منهجيًا بين التحليل الكمي واستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في فهم التحولات التي يشهدها الغطاء الأرضي في السعودية، وهو ما يسهم في دعم التخطيط المكاني واتخاذ القرار البيئي.

وعلى الرغم من تعدد الدراسات السابقة التي تناولت التغير في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مناطق مختلفة من المملكة العربية السعودية، إلا أن هناك فجوات

معرفة ما تزال قائمة. فمعظم الدراسات ركزت على مناطق محددة أو استخدمت منهجيات تقليدية في التحليل، كما أن بعضها اقتصر على فترات زمنية قصيرة أو لم يعالج التغيرات الحديثة المرتبطة بالتوسع العمراني السريع في المدن الكبرى.

ويتميز هذا البحث عن الأبحاث السابقة في كونها تسلط الضوء على مدينة الرياض، التي تُعد من أسرع المدن نموًا في المملكة، مع تحليل مفصل للتغيرات التي حدثت للغطاء الأرضية واستخدامات الأرض خلال فترة زمنية طويلة نسبيًا (٢٠٠٠-٢٠٢٠). كما يعتمد البحث على تقنيات تصنيف متقدمة (مثل خوارزمية الغابات العشوائية) مع دمج التحليل المعتمد على الكائنات (Object-Based Image Analysis)، مما يرفع من دقة النتائج مقارنةً بالأبحاث التي اعتمدت فقط على التحليل التقليدي للبكسلات أو المؤشرات الطيفية. أيضًا يقدم البحث تحليلاً كميًا وزمانيًا متكاملًا للتغيرات.

وبذلك، يسعى هذا البحث إلى سد الفجوات المعرفية في الدراسات السابقة، وتقديم إضافة نوعية تساعد صناع القرار والمهتمين بالتخطيط الحضري والبيئي في المملكة العربية السعودية.

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى تحليل التحولات المكانية والزمنية في أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بمدينة الرياض خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٠)، من خلال الأهداف التالية:

- تحليل التوزيع المكاني لأنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي (LULC) في مدينة الرياض، بهدف تحديد النطاقات الجغرافية الرئيسية لكل فئة مكانية وتفسير ارتباطها بالخصائص البيئية والعمرانية.
- رصد وقياس التغيرات الزمنية في أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بين الأعوام ٢٠٠٠ و٢٠٢٠، باستخدام تقنيات التحليل المقارن (Change Detection) لتحديد اتجاهات التحول العمراني، وتقييم أثر التوسع الحضري على الأنماط الطبيعية.

منهجية البحث:

١. البيانات

أستخدم في هذا البحث مرئيات فضائية مستمدة من ثلاثة أقمار صناعية تابعة لبرنامج لاندسات الأمريكي، وهي: Landsat 5 TM، وLandsat 7 ETM+،



وLandsat 8 OLI/TIRS، وذلك لرصد وتحليل التغيرات في استخدامات الأرض والغطاءات الأرضية بمدينة الرياض خلال فترات زمنية مختلفة تشمل أعوام ٢٠١٠، ٢٠٢٠. شملت البيانات المستخرجة من القمر الصناعي Landsat 5 TM ويبلغ دقته الطيفية ٧ نطاقات Band، بينما تبلغ الدقة المكانية ٣٠م. وكذلك القمر الصناعي Landsat 7 ETM+ بنفس الدقة الطيفية والمكانية. بينما القمر الصناعي Landsat 8 OLI/TIRS فيأتي بدقة طيفية ١١ نطاق Band ودقة مكانية ٣٠م ولكن يمكن تحسينها إلى ١٥م بالاعتماد على نطاق بانكروماتيك Panchromatic. تم الاعتماد على المرئيات الفضائية التي تقع في موسم الصيف وخاصة شهري يوليو وأغسطس لكي لا تحتوي على غطاء للسحب ويؤثر على دقة النتائج والتصنيف. تم اختيار أعوام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ و ٢٠٢٠ بفترة زمنية بلغت ١٠ أعوام، من أجل التعرف على التغير في الغطاءات واستخدامات الأرض بمدينة الرياض. وقد تم اختيار هذه الأعوام نظرا الى النمو السريع الذي شهدته المدينة بداية من القرن الواحد والعشرين. وقد تم التركيز على المسارات/الصفوف (Path/Row) رقم ٠٤٣/١٦٥ و ٠٤٣/١٦٦، وذلك بسبب وقوع المدينة في أكثر من مشهد فضائي (Scene) كما في جدول (١).

تم الاعتماد على بيانات المستوى الثاني (Level-2) وهي من مجموعة لاندسات الثانية (Landsat Collection 2) من أهم البيانات العلمية التي توفرها هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) لمستخدمي بيانات الاستشعار عن بعد. تتميز هذه البيانات بأنها مشتقة من بيانات المستوى الأول (Level-1) بعد إجراء تصحيحات هندسية وإشعاعية متقدمة، وتغطي جميع مشاهد لاندسات ٤ إلى ٩ عالمياً (Crawford et al., 2023). تجدر الإشارة إلى أن جميع المرئيات الفضائية المستخدمة في هذا البحث تم الحصول عليها من منصة Earth Explorer USGS، والتي توفر أرشيفاً غنياً وعالي الجودة من البيانات الطيفية والحرارية لمختلف الأقمار الصناعية.

جدول (١) بيانات مرئيات القمر الصناعي Landsat-8-9-5 المستخدمة في البحث.

Path/Row	تاريخ الالتقاط	الدقة المكانية	القناة الطيفية	القمر الصناعي
165/043	2000/08/18	30 متر	Band 7	Landsat 5 TM
166/043	2000/08/25	30 متر	Band 7	Landsat 5 TM
165/043	2010/07/05	30 متر	Band 8	Landsat 7 ETM+
166/043	2010/07/12	30 متر	Band 8	Landsat 7 ETM+
165/043	2020/08/16	15 متر	Band 11	Landsat 8 OLI/TIRS
166/043	2020/08/25	15 متر	Band 11	Landsat 8 OLI/TIRS

المصدر: <https://earthexplorer.usgs.gov>

٢. الطرائق المستخدمة ومعالجة البيانات

يتبنى هذا البحث منهجًا تحليليًا يعتمد على تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتصنيف وتقييم الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بمدينة الرياض خلال الفترة (٢٠٠٠-٢٠٢٠). وقد تم استخدام مرئيات فضائية متعددة المصادر من الأقمار الصناعية 5, 7, 8، باستخدام منصة Google Earth Engine لعمليات المعالجة والتصنيف، وبرنامج ArcGIS 10.5 للتحليل المكاني والخرائط. تشمل خطوات المنهجية ما يلي:

(Mosaic) الدمج المشاهد

نظرًا لأن منطقة البحث تقع ضمن أكثر من مشهد فضائي (Scene)، فقد تم دمج هذه المشاهد ضمن فسيفساء واحدة (Mosaic) لضمان الاستمرارية المكانية.

تصنيف الصور الفضائية (Image Classification)

تم اعتماد أسلوب التصنيف الموجّه (Supervised Classification) لتحديد أنماط الغطاء الأرضي في المدينة. وقد استُخدمت خوارزمية الغابة العشوائية (Random Forest Classifier)، وهي خوارزمية قوية من خوارزميات التعلم الآلي غير الخطية، أثبتت فعاليتها العالية في تصنيف الصور الفضائية مقارنة بخوارزميات تقليدية مثل Maximum Likelihood (Belgiu & Drăguț, 2016).

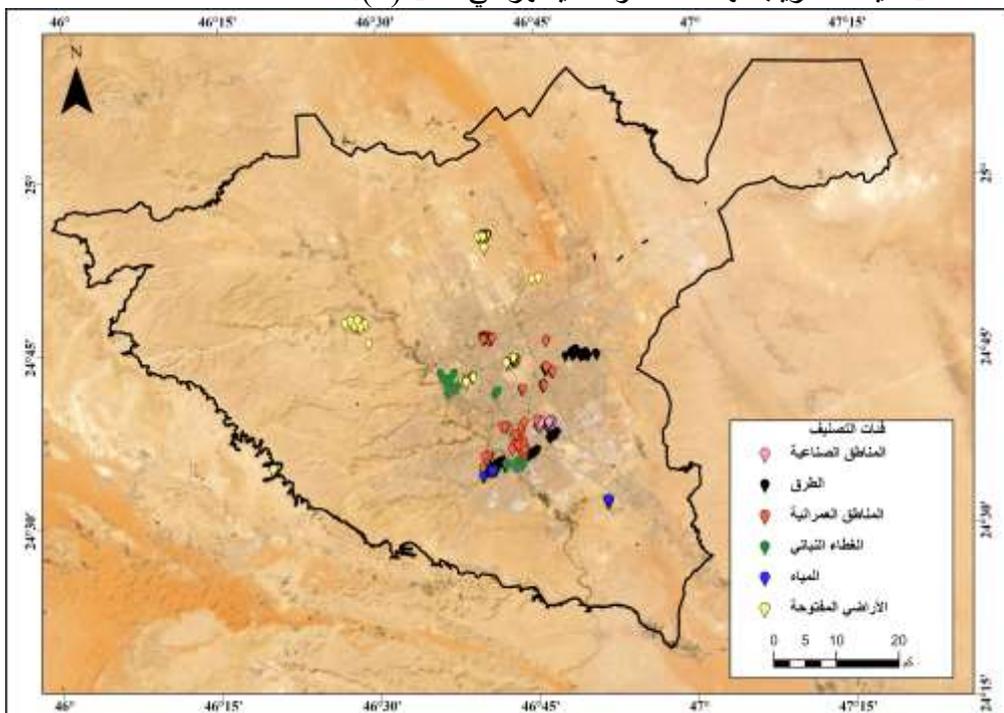
تعتمد هذه الخوارزمية على تجميع عدد كبير من أشجار القرار (Decision Trees)، ويتم اتخاذ القرار بناءً على تصويت الأغلبية. ومن ميزاتها قدرتها العالية على التعامل مع



مجموعات بيانات كبيرة، والتقليل من التحيز الناتج عن العينات غير المتجانسة، ومعالجة القيم المفقودة بطريقة إحصائية (Maxwell et al., 2018). تم تطبيق خوارزمية الغابات العشوائية على كائنات (objects) تم استخلاصها من الصورة بعد عملية تجزئة (segmentation)، حيث يتم تجميع البكسلات المتشابهة في كائنات بناءً على المعايير الطيفية أو الشكلية أو النسيجية، ثم يتم تصنيف كل كائن كوحدة واحد.

أ. خطوات التصنيف

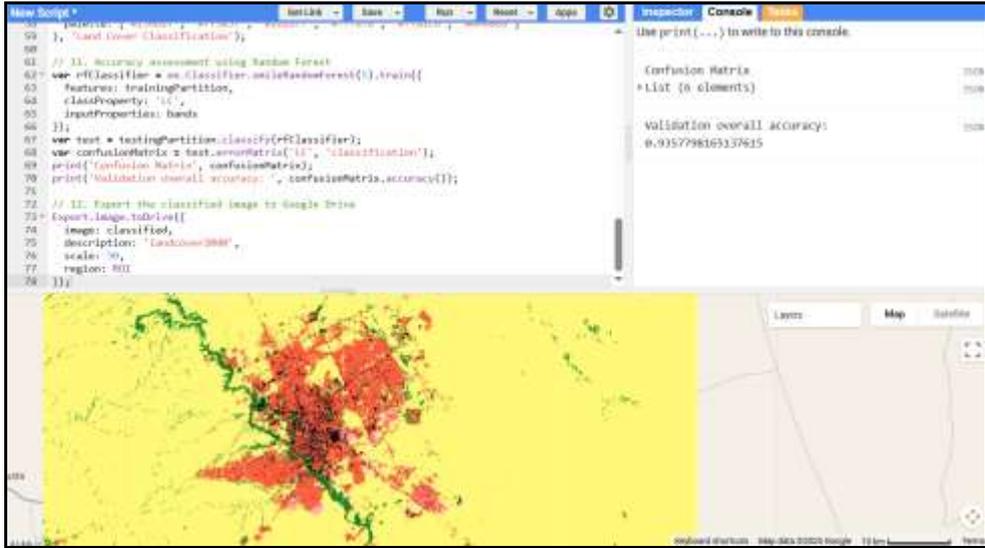
- **مرحلة التدريب:** تم تحديد مناطق تدريب تمثل كل فئة (Training Samples)، وتشمل: المناطق العمرانية، الأراضي المفتوحة، الطرق، الغطاء النباتي، المناطق الصناعية، والمسطحات المائية. وذلك بالاعتماد على خريطة الأساس في برنامج Google Earth، والدراسة الميدانية لعينات التدريب. وقد تم عزل المناطق الصناعية نظراً إلى انعكاسها الطيفية المختلفة عن المناطق العمرانية أو المناطق المفتوحة وتم عمل عينات تدريب لها مستقلة وذلك يظهر في شكل (٢).



شكل (٢): عينات التدريب لفئات التصنيف لمنطقة البحث باستخدام EEG

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام EEG.

- مرحلة التصنيف والتعميم :تم تنفيذ التصنيف داخل منصة Google Earth Engine باستخدام الكود المخصص لخوارزمية Random Forest، كما في الشكل (٤) مع الأخذ بعين الاعتبار ما يناسب طبيعة المنطقة المدروسة من تصنيفات الأراضي.
- مخرجات التصنيف: خرائط تصنيفية لسنوات البحث الثلاث، تُظهر الأنماط الستة للغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي.



شكل ٣. التصنيف داخل منصة Google Earth Engine باستخدام الكود المخصص لخوارزمية Random Forest

ب. تقييم دقة التصنيف (Accuracy Assessment)

- الدقة الكلية (Overall Accuracy)

تم حساب الدقة الكلية (Overall Accuracy) من خلال قسمة عدد العينات المصنفة بشكل صحيح (الخلايا القطرية في مصفوفة الخطأ) على العدد الإجمالي للعينات، وضرب الناتج في ١٠٠ للحصول على النسبة المئوية. وتستخدم هذه المؤشر لتقييم مدى تطابق نتائج التصنيف مع البيانات المرجعية (Choudhury et al., 2019; Hussain et al., 2013).

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\text{number of sampling classes classified correctly}}{\text{number of reference sampling classes}} \times 100$$

• **دقة المنتج (Producer's Accuracy)**

أما دقة المنتج (Producer's Accuracy) فتعكس النسبة المئوية للخلايا التي تم تصنيفها بشكل صحيح من بين جميع الخلايا التي تنتمي فعليًا إلى فئة معينة وفقًا للبيانات المرجعية. وتُحسب هذه الدقة بقسمة عدد الخلايا القطرية لكل فئة على مجموع خلايا العمود الخاص بها في مصفوفة الخطأ، وتشير إلى مدى وجود أخطاء حذف (Omission Error).

• **دقة المستخدم (User's Accuracy)**

تقيس دقة المستخدم (User's Accuracy) النسبة المئوية للخلايا المصنفة ضمن فئة معينة والتي تُمثل بدقة هذه الفئة في البيانات المرجعية، ويتم حسابها من خلال قسمة الخلية القطرية على مجموع الصف الخاص بها، وتعكس هذه الدقة ما يُعرف بخطأ الإضافة (Commission Error) (Congalton, 1991).

• **معامل كابا الإحصائي (Kappa Coefficient)**

كما تم استخدام معامل كابا الإحصائي (Kappa Coefficient) لقياس درجة الاتفاق بين نتائج التصنيف والبيانات المرجعية، أخذًا بعين الاعتبار الاتفاق الذي قد يحدث بالصدفة. ويتم احتساب معامل كابا وفق المعادلة التالية (Ayele et al., 2018):

$$K = \frac{\text{Overall accuracy} - \text{Assessment}}{1 - \text{Chance Agreement}}$$

ويتم تفسير نتائج هذا المعامل بناءً على معيار معين: إذا كانت القيمة أكبر من ٠.٨٠ فهذا يدل على وجود اتفاق قوي، وإذا تراوحت بين ٠.٤٠ و ٠.٨٠ فإن الاتفاق يُعتبر متوسطًا، أما إذا كانت أقل من ٠.٤٠ فيُعد الاتفاق ضعيفًا (Doomi et al., 2016; Hu et al., 2023). وتُعد هذه القيمة مؤشرًا إحصائيًا مهمًا لمدى جودة نتائج التصنيف، ومدى ابتعادها عن احتمالية التوافق العشوائي.

تُعد هذه المؤشرات أدوات معيارية للتحقق من جودة التصنيف، وتعتمد على مقارنة نتائج التصنيف مع بيانات مرجعية تم جمعها من صور عالية الدقة أو من العمل الميداني.

كشف التغير (Change Detection)



تم تطبيق طريقة كشف التغير (Change Detection) في هذا البحث باستخدام برنامج ArcGIS، حيث تم الاعتماد على أدوات التحليل المكاني المتقدمة لبناء مصفوفة التغير (Change Matrix) بين خرائط التصنيف للفترات الزمنية المختلفة. تبدأ العملية بدمج طبقتي التصنيف (مثلاً: تصنيف عام ٢٠٠٠ وتصنيف عام ٢٠٢٠) باستخدام أداة Combine ضمن Spatial Analyst Tools، ما ينتج طبقة جديدة تجمع القيم التصنيفية لكل خلية مكانية عبر الزمن. بعد ذلك، يتم استخدام أداة Tabulate Area لحساب المساحات التي انتقلت من فئة تصنيفية إلى أخرى، فيتم إنتاج جدول إحصائي يوضح بدقة كم مساحة الأرض التي تحولت من كل فئة إلى أخرى خلال الفترة المدروسة.

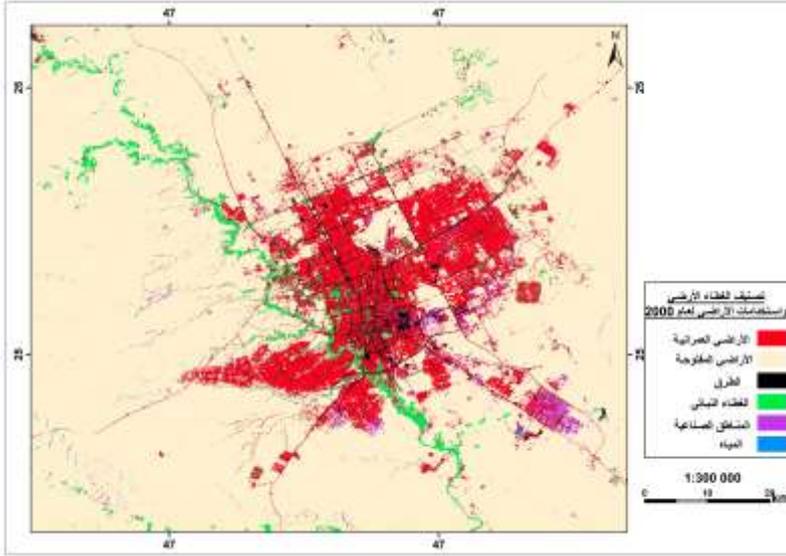
٦. نتائج وتحليلات البحث:

أولاً: توزيع أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض بمدينة الرياض

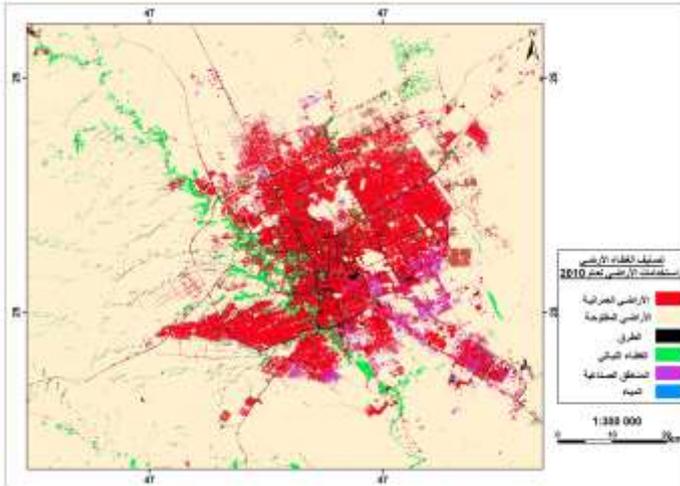
يُعد الغطاء الأرضي بمثابة مرآة ديناميكية تعكس التطورات الاجتماعية والاقتصادية والعمرائية التي تمر بها المدن، إذ تُظهر أنماطه تفاعلاً واضحاً مع التحولات الديموغرافية وتوجهات التخطيط الحضري. وفي هذا السياق، سعى هذا البحث إلى تحليل وتحقيق التغيرات في أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بمدينة الرياض خلال الفترة الزمنية من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠، باستخدام بيانات مرئيات الأقمار الصناعية عبر تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وذلك بهدف رصد اتجاهات النمو الحضري والتوسع العمراني.

أظهرت النتائج وجود ست فئات رئيسة للغطاء الأرضي في مدينة الرياض تم تحديدها عبر صور الأقمار الصناعية لسنوات ٢٠٠٠، ٢٠١٠، و٢٠٢٠، وهي: الغطاء النباتي، والمناطق العمرانية، والمياه، والأراضي المفتوحة، والمناطق الصناعية، وشبكة الطرق (الجدول ١، الأشكال ٤-٧). يتضح من البيانات أن الأراضي المفتوحة استحوذت على النسبة الأكبر من مساحة المدينة في عام ٢٠٠٠ بنسبة ٩٠.٢٪، حيث بلغت مساحتها ٥٦٦,٢٨٩ هكتار، وهي تمثل مزيجاً من الأراضي الجرداء والصخور المنكشفة، ويُعزى ذلك إلى الطبيعة الصحراوية الجافة لمنطقة الرياض واتساع نطاق الظهير الصحراوي حول المدينة (Aina et al., 2008).



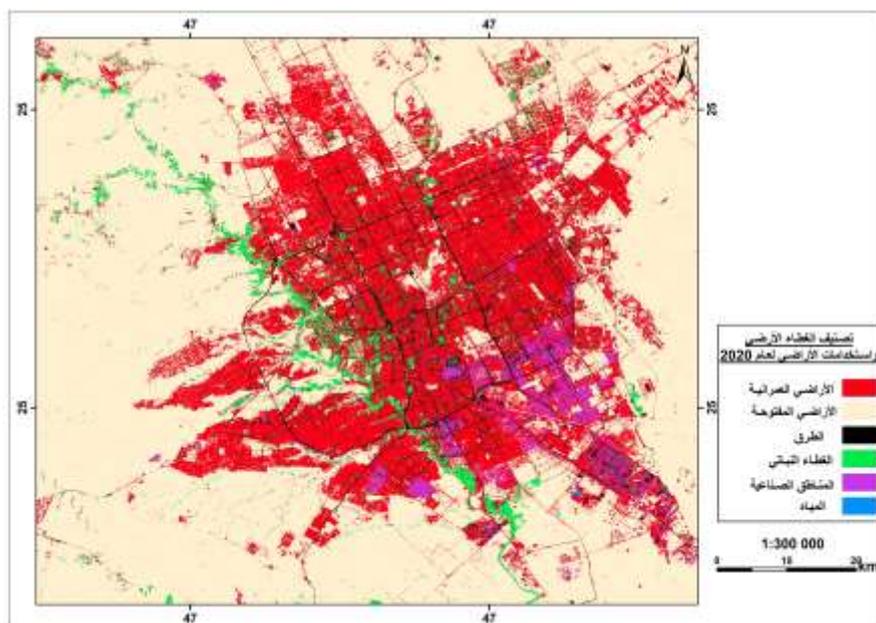


الشكل (٤): تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض عام 2000 المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية نوعية لاندسات 5 متحسس TM، وباستخدام برنامج (ARC GIS 10.5).



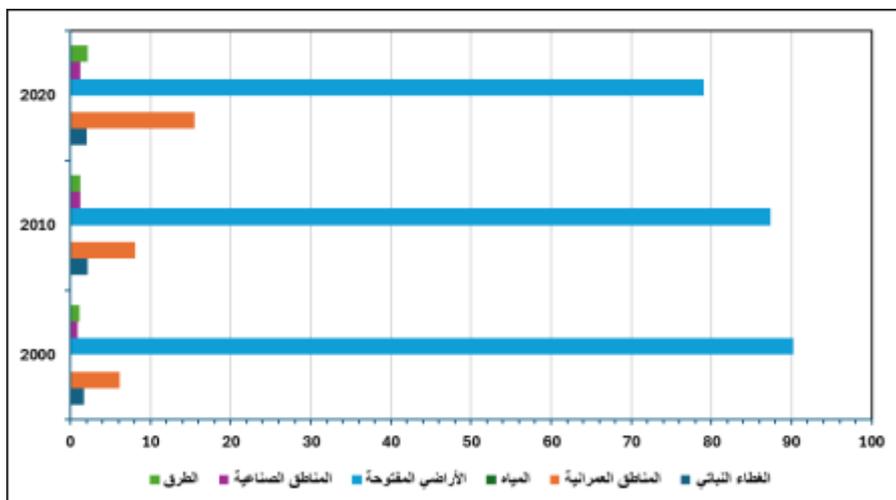
الشكل (٥): تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض عام 2010 المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية نوعية لاندسات 7 متحسس TM.

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ... هيا الشهراني



الشكل (٦): تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض عام 2020
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية نوعية لاندسات 8 متحسس OLI.
الجدول (1) : تغير مساحة الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض للأعوام
2020، 2010، 2000

2020		2010		2000		أنماط الغطاء الأرضي
%	هكتار	%	هكتار	%	هكتار	
2.0	12355	2.1	12938	1.7	10626	الغطاء النباتي
15.5	97518	8.1	50874	6.1	38104	المناطق العمرانية
0.0	162	0.0	170	0.0	236	المياه
79.0	496285	87.4	548739	90.2	566289	الأراضي المفتوحة
1.2	7841	1.3	8082	0.9	5840	المناطق الصناعية
2.2	13983	1.2	7341	1.1	7049	الطرق
100.0	628144	100	628144	100	628144	الإجمالي



شكل (٧) التوزيع النسبي لمساحة غطاء الأرض واستخدامات الأرض بمدينة الرياض للأعوام (٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢٠)

ثانياً: تقييم دقة التصنيف في المرئيات الفضائية بمدينة الرياض

تُعد دقة التصنيفات (Accuracy assessment) المنتجة من بيانات الأقمار الصناعية من أهم مراحل معالجة المرئيات الفضائية المختلفة، ويهدف إلى تقييم دقة المعلومات المستخرجة من الاستشعار من البعد. وقد تم تقييم دقة الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض لمدينة الرياض والمستخرجة من مرئيات لاندسات 5 - 7 - 8 باستخدام طريقة عشوائية طبقية للدلالة على فئات التصنيف المختلفة في منطقة البحث، مقابل تقييم عملية دقة التصنيفات المختلفة للمرئيات الفضائية المصنفة للأعوام 2000، 2010، 2020 في مدينة الرياض.

كما تحتوي الخرائط الموضوعية للغطاء الأرضي الناتجة من عملية التصنيف على نسبة من الخطأ، وقد يكون هذا الخطأ ناتجاً عن عوامل سابقة على التصنيف، مثل إهمال في التصحيح الهندسي، أو الإسناد الجغرافي للمرئية المستخدمة في التصنيف، أو وجود عيوب جوية لم يتم إزالتها كلياً أو جزئياً، وقد يكون الخطأ أيضاً ناتجاً عن عوامل أثناء عملية التصنيف مثل؛ اختيار مناطق تدريب غير متجانسة أو لا تمثل الغطاءات الأرضية المختلفة بالمنطقة، مما يؤدي إلى تصنيف هذه الفئات غير المصنفة ضمن فئات أخرى مصنفة.

توضح الجداول (2، 3، 4) تقييم دقة المنتج، ودقة المستخدم، وقيم معامل كابا للغطاءات الأرضي واستخداماتها للأعوام 2000 - 2010 - 2020 على التوالي، وفي عام 2000، كان مجموع الخلايا قد بلغ (308) خلية، وبلغ عدد الخلايا المصنفة تصنيفاً صحيحاً

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ... هيا الشهراني

(292) خلية، وبلغت الدقة الكلية 94.8% في حين بلغت دقة كبا 93.4%، وبلغت دقة المنتج ودقة المستخدم 98.1% - 94.6% على التوالي للغطاء النباتي، وقد كانتا للمناطق العمرانية 90% - 93.1% على التوالي، في حين بلغت للمياه 97.4% - 100% على التوالي، أما للأراضي فقد بلغت 91.8%، أما للمناطق الصناعية، فقد بلغت قيمتهما 98.3% و 96.6% وأخيراً بلغت 94.1% للطرق لكل منهما على حدة (الجدول 2).

الجدول (2): تقييم دقة التصنيف لمرئية لاندسات 5 عام 2000 في مدينة الرياض

دقة المستخدم %	المجموع	الطرق	المناطق الصناعية	الأراضي المفتوحة	المياه	الأراضي العمرانية	الغطاء النباتي	أنماط الغطاء الأرضي
94.6	55	1	0	2	0	0	52	الغطاء النباتي
93.1	58	1	1	2	0	54	0	المناطق العمرانية
100	37	0	0	0	37	0	0	المياه
91.8	49	1	0	45	1	2	0	الأراضي المفتوحة
96.6	58	0	56	0	0	2	0	المناطق الصناعية
94.1	51	48	0	0	0	2	1	الطرق
-	308	51	57	49	38	60	53	الإجمالي
-	-	94.1	98.3	91.8	97.4	90	98.1	دقة المنتج %
-	-	-	-	-	-	-	94.8	الدقة الإجمالية %
-	-	-	-	-	-	-	93.4	معامل كبا الإجمالي %

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية لاندسات 5 عام 2000.

ويظهر في الجدول (3) عام 2010 أن مجموع الخلايا بلغ (290) خلية، وبلغ عدد الخلايا المصنفة تصنيفاً صحيحاً (275) خلية، وبلغت الدقة الكلية 94.3%، بينما بلغت دقة كبا 93.4%، في حين بلغت دقة المنتج ودقة المستخدم 98.2% و 96.4% للغطاء النباتي، وبلغت 94.2% و 90.7% للمناطق العمرانية على التوالي، وقد بلغت للمياه 100% و 90% على التوالي، أما للأراضي المفتوحة فقد بلغت النسب 94.7% و 96.4% على التوالي، وبلغتا 92.5% و 94.2% للمناطق الصناعية، في حين كانت 92.2% و 97.2% للطرق.



الجدول (3): تقييم دقة التصنيف لمرئية لاندسات 7 عام 2010 في مدينة الرياض

دقة المستخد م %	المجموع	الطرق	المناطق الصناعية	الأراضي المفتوحة	المياه	الأراضي العمرانية	الغطاء النباتي	أنماط الغطاء الأرضي
96.4	55	0	0	1	0	1	53	الغطاء النباتي
90.7	54	2	3	0	0	49	0	المناطق العمرانية
92.0	25	2	0	0	23	0	0	المياه
96.4	56	0	1	54	0	0	1	الأراضي المفتوحة
94.2	52	0	49	2	0	1	0	المناطق الصناعية
97.2	48	47	0	0	0	1	0	الطرق
	290	51	53	57	23	52	54	الإجمالي
		92.2	92.5	94.7	100	94.2	98.2	دقة المنتج %
							94.8	الدقة الإجمالية %
							93.4	معامل كابا الإجمالي %

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية لاندسات 7 عام 2010.

أما في عام 2020، وكما يتضح بيانات الجدول (4)، ف قد بلغ مجموع الخلايا (320) خلية، وبلغ عدد الخلايا المصنفة تصنيفاً صحيحاً (311) خلية، وبلغت الدقة الكلية % 97.2 في حين بلغت دقة كابا % 96.6 وهي أفضل عما كانت عليه في عامي 2000 - 2010 ، وبلغت دقة المنتج ودقة المستخدم للغطاء النباتي % 98.3 لكل واحدة على حدة، أما للمناطق العمرانية فقد بلغتا % 94.9 و % 100 وبلغت للمياه % 100 لكل واحدة على حدة، في حين بلغتا % 100 - % 91.2 للأراضي المفتوحة، وقد بلغتا % 93.8 و % 100 للمناطق الصناعية، كما بلغتا % 98.2 و % 94.8 للطرق.



الجدول (4): تقييم دقة التصنيف لمريئة لاندسات 8 عام 2020 في مدينة الرياض

أنماط الغطاء الأرضي	الغطاء النباتي	الأراضي المفتوحة	المياه	المناطق الصناعية	الطرق	المجموع	دقة المستخدم م%
الغطاء النباتي	58	0	0	0	1	59	98.3
المناطق العمرانية	0	0	0	0	0	56	100.0
المياه	0	30	0	0	0	30	100.0
الأراضي المفتوحة	0	2	0	52	3	57	91.2
المناطق الصناعية	0	0	0	60	0	60	100.0
الطرق	1	0	0	1	55	58	94.8
الإجمالي	59	30	52	64	56	320	98.3
دقة المنتج %	98.3	100.0	100.0	93.8	98.2		
الدقة الإجمالية %	97.2						
معامل كبا الإجمالي %	96.6						

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مريئة لاندسات 8 عام 2020.

ثالثاً: تغير الغطاء الأرضي واستخداماته في مدينة الرياض خلال الفترة (2000-2020):

يتميز سطح الأرض بالديناميكية في التغير، حيث تتعرض الأرض من مدة زمنية إلى أخرى إلى تغيرات مستمرة، ومرد ذلك عوامل جغرافية طبيعية أو بشرية، وقد تحدث التغيرات حدوثاً مفاجئاً وسريعاً، أو تدريجياً عبر فترات زمنية طويلة.

يُعد رصد ومتابعة تغير الغطاء الأرضي واستخداماته وخاصة التغيرات العمرانية جزءاً مهماً من عملية التخطيط المتكاملة القائمة على وضع سيناريوهات واضحة للتنمية المستقبلية؛ لذلك فإن دراسة هذه التغيرات هي بطبيعة الحال إحدى الضروريات الأساسية في عمليات التخطيط العمراني، التي يحتاجها صناع القرار في المدينة إلى فهم الوضع الحالي للمدينة من خلال التغيرات والاختلافات بين الماضي والحاضر، بحيث يمكن تخيل المستقبل، ثم يمكن تقدير المنطقة الحضرية، والاتجاهات والتطورات، وحركة المرور وغير ذلك، كما يساعد فهم الوضع الماضي والحاضر للمدن في التنبؤ بمستقبلها (التوحيدي وآخرون، 2018).

توجد العديد من الطرق والأساليب التقنية لرصد التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته، وذلك من خلال بيانات الأقمار الصناعية، بعضها يعتمد على التحليل البصري للمرئيات الفضائية، وبعضها الآخر يعتمد على التقنيات الرقمية الحديثة، سواء كانت بالاعتماد على الاختلافات المكانية، وتُعد طريقة تحليل التتابع (Overlay Analysis) من أفضل

الطرق لحساب التغيرات في الغطاء الأرضي وحساب المساحات المتغيرة في فترات زمنية متعاقبة، وقد اعتمد البحث في رصد التغيرات في الغطاء الأرضي واستخداماته (Change Detection of LULC)، على التحقق من اكتشاف التغيرات المحتملة من خلال مصفوفة التغيرات في غطاء الأرض من خلال معرفة التحول المتبادل لمنطقة معينة في بداية فترة هذا البحث ونهاية فترة معينة، وهذه المصفوفة لا تتضمن معلومات المنطقة الثابتة لنوع الغطاء في وقت معين في منطقة البحث فقط، بل تحتوي أيضاً على معلومات حول أنواع التغيرات في الأغطية إلى أنواع الأغطية الأخرى، أو تحويل أنواع الغطاء الأصلية إلى نوع جديد (Chen et al., 2003). ويبرز كشف التغير بالتأثيرات الزمنية للتباين في الاستجابة الطيفية للمرئية الفضائية التي تتغير خصائصها الطيفية تبعاً لأنواع الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض المختلفة في وقت معين مع مرور الزمن.

وفي هذا البحث رُصد التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته خلال الفترتان (2000: 2010) - (2010: 2020)، ودرُس التغير التراكمي خلال الفترة (2000: 2020) ولمدة 20 كما يلي:

١. تغير الغطاء الأرضي واستخداماته بمدينة الرياض بين عامي (2000-2010):

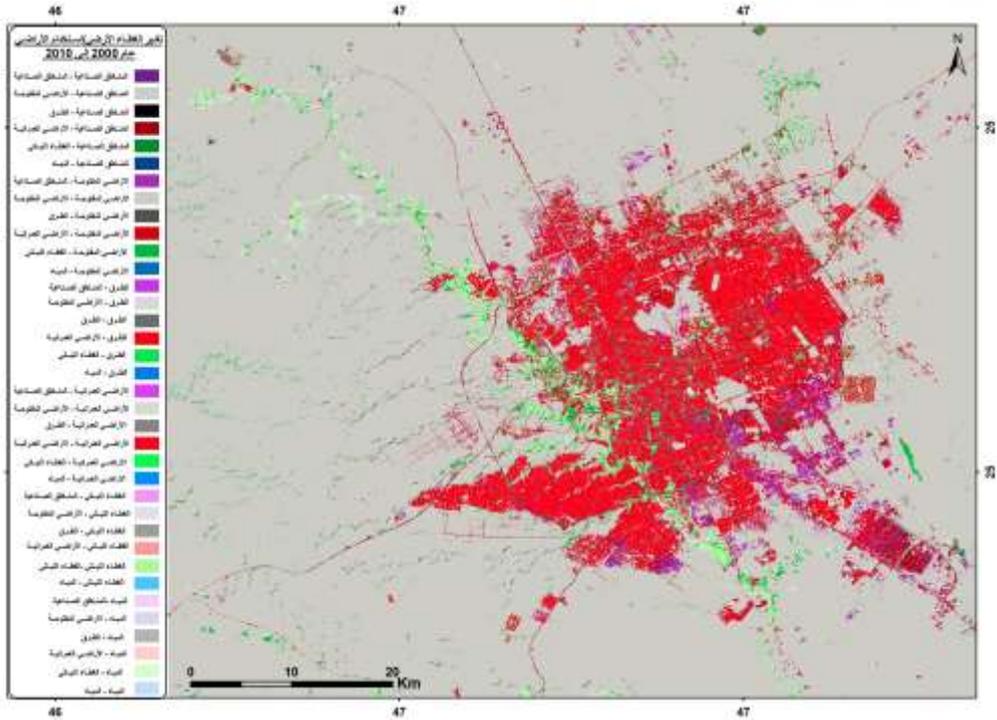
تبيّن من دراسة التغير الذي يحدث في الغطاء الأرضي واستخداماتها خلال الفترة الأولى للدراسة (2000: 2010) الموضحة بياناته في الجدول (5) والشكل (٨)، أن مجموع المساحات المتغيرة خلال هذه الفترة بلغ نحو (86515) هكتاراً وبنسبة بلغت 8% من جملة مساحة منطقة البحث، وحصلت الأراضي المفتوحة على أعلى فئة في كشف التغير نحو السالب، فقد انخفضت مساحتها من (566289) هكتاراً بنسبة 90.2% في عام 2000، إلى (548739) هكتاراً بنسبة 87.4% أي ما يعادل نسبة تغير مئوي بلغت -3.1% الشكل (5)، وبمساحة انخفاض بلغت (17550) هكتاراً بنسبة انخفاض بلغت 2.8%.

الجدول (5): مصفوفة التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي (2010-2000)

		2010						
		المناطق الصناعية	الأراضي المفتوحة	المياه	المناطق العمرانية	الغطاء النباتي	أنماط الغطاء الأرضي	
المجموع	الطرق	44	3741	14	803	5721	الغطاء النباتي	10626
38104	2101	1487	4447	2	28813	1254	المناطق العمرانية	38104
236	107	0	19	44	17	49	المياه	236
566289	1506	5387	539553	103	14548	5192	الأراضي المفتوحة	566289
5840	453	1018	788	1	3360	220	المناطق الصناعية	5840
7049	2871	146	191	6	3333	502	الطرق	7049
628144	7341	8082	548739	170	50874	12938	الإجمالي	628144

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 5 و7 عامي 2000 2010.

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ... هيا الشهراني



الشكل: (٨) كشف تغير الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي 2000 – 2010 في مدينة الرياض

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 5 و 7 عامي 2000، 2010).

أما على مستوى التغير في نوع الغطاء الأرضي نفسه، فقد بلغ مجموع التحول في الأراضي المفتوحة (26736) هكتاراً وقد تحول هذا المجموع إلى الأصناف الأخرى. وبلغ مجموع تحول صنف الأراضي المفتوحة أعلاه إلى صالح المناطق العمرانية بمساحة بلغت (14548) هكتاراً من مجموع مساحة المدينة، تلاه التحول إلى مناطق الغطاء النباتي بمساحة (5192) هكتاراً، ثم المناطق الصناعية بمساحة بلغت (5387) هكتاراً، وإلى طرق بمساحة (1506) هكتاراً، في حين بلغت مساحة الأراضي المفتوحة التي لم يطرأ عليها أي تحول نحو (539553) هكتاراً.

كما تظهر المناطق العمرانية حدوث تغير إيجابي في مساحتها خلال هذه الفترة؛ فقد زادت مساحتها بمقدار (12770) هكتاراً، وهذا ناجم عن زيادة المساحة المبنية على حساب

الأراضي المفتوحة بالدرجة الأولى، ويتبين من الشكل (٩) أن المناطق العمرانية في مدينة الرياض، قد توسعت في اتجاه الأجزاء الشمالية والشرقية الشمالية، وكذلك الجنوبية والجنوبية الغربية، كما زاد التوسع العمراني شرقاً بطول يبلغ حوالي 10 كم، وضم أحياء مثل القادسية وخشم العان والرماية المعيزيلة وغيرها، أما الامتداد العمراني باتجاه الشمال الشرقي، فقد بلغ نحو 34 كم، ويعد الأكبر من نوعه، الذي كان استجابة للنمو السكاني السريع. وكذلك تبين ارتفاع مساحة الغطاء النباتي بنسبة تغير بلغت %21.8، وكذلك حدوث توسع للمناطق الصناعية على حساب المناطق المفتوحة، وزادت مساحة الطرق، وتبين انخفاض في مساحة المياه بنسبة تغير نحو الانخفاض بلغت %28.

٢. تغير الغطاء الأرضي واستخداماته بمدينة الرياض بين عامي (2010-2020):

بدراسة التغير في الغطاء الأرضي واستخداماتها خلال الفترة الثانية للدراسة (2010-2020) الموضحة بياناته بالجدول (6) والشكل (٩) تبين أن مجموع المساحات المتغيرة خلال هذه الفترة بلغت نحو (68515) هكتاراً وبنسبة %13.8 من جملة مساحة منطقة البحث، وهي نسبة تغير أعلى من الفترة السابقة، وحصلت الأراضي المفتوحة على أعلى فئة في كشف التغير نحو السالب؛ فقد انخفضت مساحتها من (548739) هكتاراً بنسبة %87.4 في عام 2010، إلى (496285) هكتاراً بنسبة %97 في عام 2000، أي ما يعادل نسبة تغير مئوي بلغت (-9.6)، وبمساحة انخفاض بلغت (26736) هكتاراً بنسبة انخفاض بلغت %8.4، أما على مستوى التغير في الصنف نفسه، فقد بلغ مجموع التحول في الأراضي المفتوحة (60042) هكتاراً، وقد تحول هذا المجموع إلى أصناف أخرى، منه (50870) هكتاراً إلى أراضي عمرانية.

الجدول (6): مصفوفة التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي (2010-2020)

2020							أنماط الغطاء الأرضي
المجموع	الطرق	المناطق الصناعية	الأراضي المفتوحة	المياه	المناطق العمرانية	الغطاء النباتي	
12938	493	45	3789	19	1872	6720	الغطاء النباتي
50874	6662	1975	1347	10	39468	1412	المناطق العمرانية
170	5	1	96	28	24	16	المياه
548739	2657	3017	488697	72	50870	3426	الأراضي المفتوحة
8082	181	2731	1434	0	3709	27	المناطق الصناعية
7341	3985	72	922	33	1575	754	الطرق
628144	13983	7841	496285	162	97518	12355	الإجمالي

2010

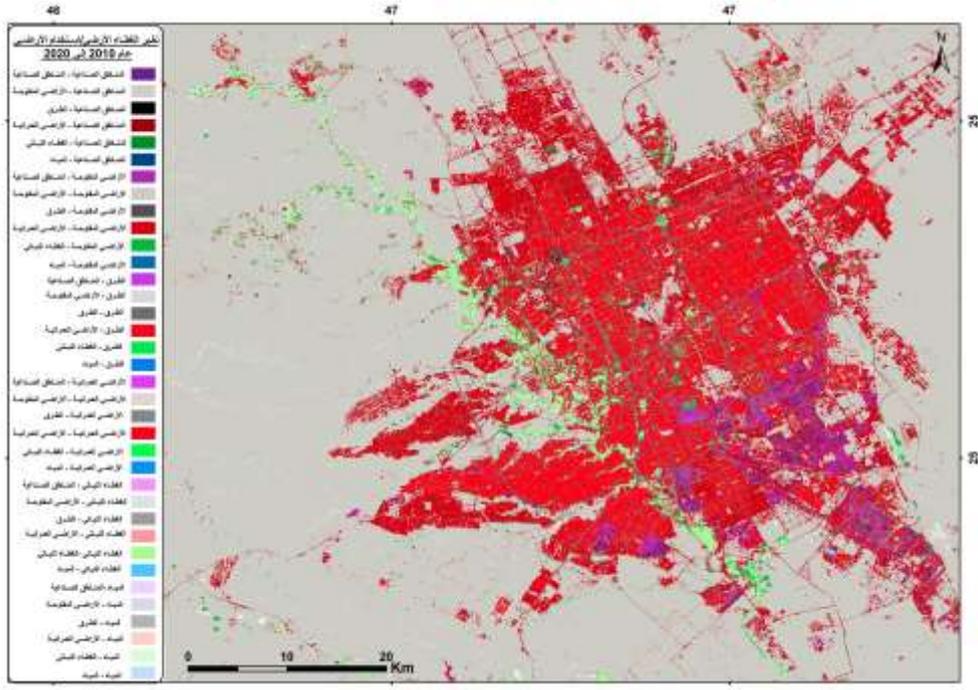
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 7 و8 عامي 2010 2020.

كما يتبين تحول مساحة (3426) هكتاراً من الأراضي المفتوحة إلى غطاء نباتي، (3017) هكتاراً إلى مناطق صناعية، ونحو (2657) هكتاراً إلى طرق، ونحو (72) هكتاراً إلى مياه، وفي المقابل لوحظ ارتفاع مساحة المناطق العمرانية من (50874) هكتاراً إلى



تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ... هيا الشهراني

(97518) هكتاراً من عام 2010 إلى عام 2020، بنسبة تغير بلغت %91.7 كما يظهرها، وقد اكتسبت المناطق العمرانية معظم مساحتها من الأراضي المفتوحة بمساحة بلغت نحو (50870) هكتاراً، ثم من المناطق الصناعية بمساحة بلغت (3709) هكتاراً، ثم من الغطاء النباتي بمساحة بلغت (1872) هكتاراً، واكتسبت أيضاً من الطرق نحو (1575)، ومن جهة أخرى فقدت اكتسبت الطرق مساحات من الأصناف الأخرى؛ إذ تحول إليها نحو (6662) هكتاراً من الأراضي العمرانية نتيجة تحول طرق ترابية إلى معبدة، وكذلك نحو (2657) هكتاراً من الأراضي المفتوحة.



الشكل (٩): كشف الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي 2010 – 2020 في مدينة الرياض

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 7 و 8 عامي 2010 2020 .

ويتبين من خريطة التغير الشكل (6) أن الزيادة الكبيرة في العمران يظهر في جميع الجهات للمدينة لا سيما المناطق الجنوبية والشمالية والشرقية، وظهر حي القبرون وحي

العارض في الشمال، وحي هيت في الجنوب، ويعزي ذلك الى الزيادة السكانية واستقبال المدينة مهاجرين من داخل المملكة وخارجها.

٣. تغير الغطاء الأرضي واستخداماته بمدينة الرياض بين عامي (2000 - 2020):

تبين من دراسة ورصد بيانات التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته خلال فترة 20 عامًا خلال الفترة (2000: 2020) الموضحة في الجدول (7) والشكل (١٠) أن نسبة التغير بلغت 15.9% خلال هذه الفترة، وبلغت مساحة الأراضي المتحولة نحو (99894) هكتاراً، ويمكن ملاحظة هذا التغير الواضح من خلال ملاحظة اللون الرمادي الفاتح، الذي يمثل الزيادة في المناطق العمرانية، مما يدل على حجم الزيادة في مساحة المناطق العمرانية خلال فترة لا تتجاوز 20 عاماً؛ فزادت مساحة المناطق العمرانية زيادة واضحة، وبنسبة تغير بلغت 155.9% في عام 2020 عما كانت عليه في بداية فترة البحث كما يظهرها الشكل (8)، ويبدو أن هذا التوسع كان بالدرجة الأولى على حساب المناطق المفتوحة التي اكتسبت منها نحو (61694) هكتاراً، ونحو (2882) هكتاراً من المناطق الصناعية، وكذلك نحو (2304) من الطرق ونحو (1447) هكتاراً من الغطاء النباتي، وذلك نتيجة زيادة استعمالات الأراضي السكنية والتجارية والنمو السكاني للمدينة.

الجدول (7): مصفوفة التغير في الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي (2020-2000)

		2020						2000
المجموع	الطرق	المناطق الصناعية	الأراضي المفتوحة	المياه	الأراضي العمرانية	الغطاء النباتي	أنماط الغطاء الأرضي	
10626	378	54	3964	18	1447	4765	الغطاء النباتي	
38104	4327	1084	2062	6	29151	1474	المناطق العمرانية	
236	87	2	32	47	40	28	المياه	
566289	4671	5172	489436	78	61694	5238	الأراضي المفتوحة	
5840	917	1248	578	1	2882	214	المناطق الصناعية	
7049	3603	281	213	12	2304	636	الطرق	
628144	13983	7841	496285	162	97518	12355	الإجمالي	

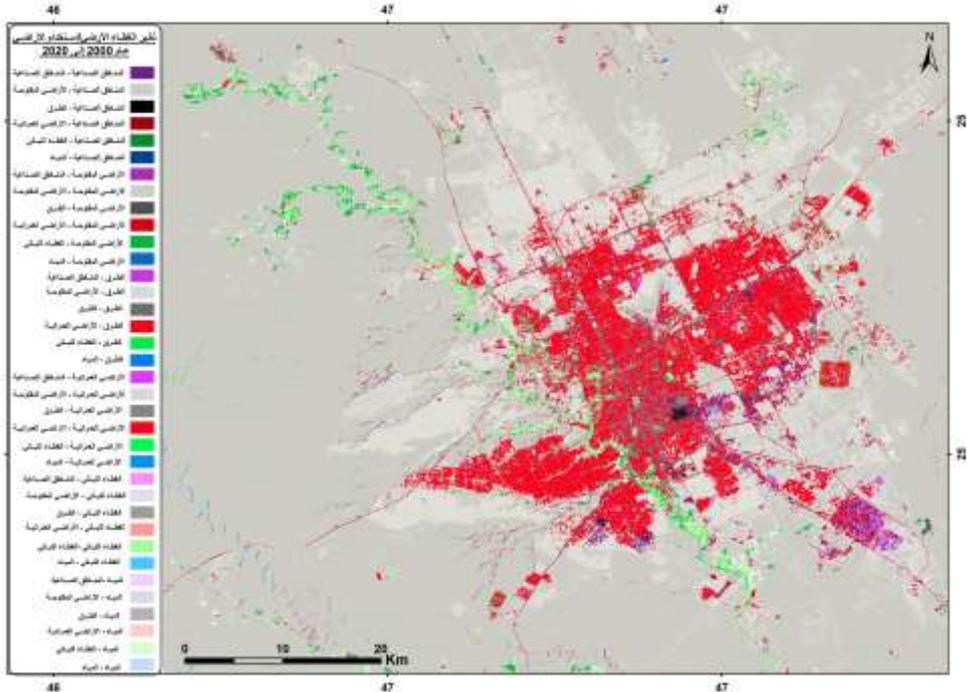
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 5 و 8 عامي 2000 2020.

إن التوسع للأراضي العمرانية على وجه التحديد يحافظ على نفس الاتجاه للتوسع، الشيء الذي قد يخلق مشاكل للدولة في التهيئة، التي قد تنجم عنها تفاوتات مجالية بالمدينة في تطور شبكة الطرق وارتفاع أسعار العقارات مقارنة بمناطق أخرى بالمدينة نفسها، ثم تأثر بعض المواقع بالانعكاسات البيئية والاقتصادية وغيرها.

ويتبين أيضاً زيادة مساحة الغطاء النباتي بمقدار (1729) هكتاراً وبنسبة تغير 16.3%، وهذا دليل على اهتمام هيئة الرياض بزيادة مساحة التشجير في المدينة، وكذلك لوحظ حدوث تغير إيجابي في مساحة المناطق الصناعية والطرق بنسب تغير إيجابي بلغت 34.3% و 98.4% على التوالي. و خلاصة القول: إن مدينة الرياض شهدت تحولات مجالية

تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ،،، هيا الشهراني

مهمة خلال العشرين سنة الماضية من الألفية الجديدة، شملت جميع أصناف الغطاء الأرضي، وعلى وجه التحديد الأراضي العمرانية الذي يعد المحدد الأساسي لتطور وتوسع المركز الحضري.



الشكل (١٠): كشف تغير الغطاء الأرضي واستخداماته بين عامي 2000 – 2020 في مدينة الرياض

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 5 - 8 عامي 2000، و2020

الخاتمة:

تُعد دراسة تغيرات استخدامات الأراضي وتدهور الغطاء الأرضي من القضايا البيئية الملحة التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتحويلات الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية، لا سيما في البيئات الجافة وشبه الجافة مثل مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية. وقد هدف هذا البحث إلى تحليل أنماط التغيرات في الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض خلال الفترة الممتدة من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠، وذلك باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد، ونماذج



تصنيف متقدمة كخوارزمية الغابة العشوائية (Random Forest)، بهدف الوصول إلى فهم معمق للاتجاهات المكانية والزمانية لهذه التغيرات.

أظهرت النتائج أن التوسع الحضري كان العامل الأكثر تأثيراً في التغيرات المكانية، حيث تزايدت المساحات الحضرية على حساب الأراضي الزراعية والمساحات النباتية، ما يعكس تحولاً في البنية المكانية لمدينة الرياض ونمط استخدام الأراضي. كما كشف البحث عن معدلات تدهور ملحوظة في الغطاء النباتي، وهو ما يُعزى إلى التوسع العمراني غير المخطط، والتغيرات المناخية، وتراجع الممارسات الزراعية التقليدية.

وُثِرَ هذه النتائج الحاجة الماسة إلى تعزيز سياسات التخطيط الحضري المستدام، ودعم برامج حماية الموارد البيئية، خاصة في المناطق التي أظهرت هشاشة بيئية واضحة. كما تبرز أهمية دمج البيانات الجغرافية والزمنية الناتجة عن تقنيات الاستشعار عن بعد مع نظم المعلومات الجغرافية لرسم صورة شاملة ودقيقة عن التحولات البيئية التي تشهدها المملكة.

وعليه، فإن هذا البحث لا يكفي برصد وتحليل التغيرات فحسب، بل تسهم في بناء قاعدة معرفية تدعم متخذي القرار في وضع سياسات فعالة لحماية الموارد الطبيعية، وتوجيه التوسع العمراني نحو مسارات أكثر استدامة، تماشية مع مستهدفات رؤية السعودية ٢٠٣٠ في مجالات البيئة، والتنمية الحضرية، وجودة الحياة. كما تمثل نتائج هذا البحث دعوة إلى إجراء المزيد من البحوث المستقبلية التي تعتمد على خوارزميات التعلم الآلي.

التوصيات:

- **تطوير البنية التحتية للطرق بشكل متوازن مع التوسع الحضري:** ازدادت مساحة الطرق من ٧,٠٤٩ هكتار في ٢٠٠٠ إلى ١٣,٩٨٣ هكتار في ٢٠٢٠، بنسبة زيادة بلغت ٩٨.٤%، ما يعكس ضغطاً متزايداً على شبكة النقل. يجب التخطيط المتكامل لشبكات الطرق بما يتناسب مع التوسع العمراني، مع إعطاء أولوية لمشاريع النقل الجماعي والمستدام لتقليل الحاجة إلى التمدد الأفقي للطرق، وتخصيص ٢٠% من مشاريع الطرق الجديدة لتطوير مسارات خضراء وممرات مشاة ودراجات.
- **الحفاظ على المناطق الصناعية وتوجيه نموها بعيداً عن المناطق السكنية:** ارتفعت مساحة المناطق الصناعية من ٥,٨٤٠ هكتار في ٢٠٠٠ إلى ٧,٨٤١ هكتار في ٢٠٢٠، بنسبة زيادة بلغت ٣٤.٣%، مع ملاحظة أن جزءاً من المناطق الصناعية تحول إلى مناطق عمرانية (٢,٨٨٢ هكتار). توصي الدراسة بأن يتم تحديث المخطط الصناعي لمدينة الرياض بحيث يُمنع تحويل المناطق الصناعية القائمة إلى استخدامات عمرانية إلا في حالات الضرورة القصوى، مع إنشاء مناطق صناعية جديدة في أطراف المدينة للحد من التداخل مع المناطق السكنية.

- ضبط التوسع العمراني وتوجيهه نحو المناطق الأقل حساسية بيئياً: ارتفعت مساحة المناطق العمرانية من ٣٨,١٠٤ هكتار في ٢٠٠٠ إلى ٩٧,٥١٨ هكتار في ٢٠٢٠، بنسبة زيادة بلغت ١٥٥.٩%، حيث استحوذت على معظم المساحات التي تغيرت من الأراضي المفتوحة (٦١,٦٩٤ هكتار) والمناطق الصناعية (٢,٨٨٢ هكتار) والغطاء النباتي (١,٤٤٧ هكتار). يجب توجيه التوسع العمراني الجديد إلى المناطق ذات القيمة البيئية المنخفضة، مع منع البناء في المناطق التي تحتوي على غطاء نباتي كثيف أو أراضٍ زراعية متبقية، ووضع خطط لتكثيف البناء الرأسي بدلاً من الأفقي للحد من استنزاف الأراضي.
- تعزيز التشجير وزيادة الغطاء النباتي الحضري: بالرغم من التوسع العمراني الكبير، ارتفعت مساحة الغطاء النباتي من ١٠,٦٢٦ هكتار في عام ٢٠٠٠ إلى ١٢,٣٥٥ هكتار في ٢٠٢٠، بنسبة زيادة بلغت ١٦.٣% فقط، وهي نسبة متواضعة مقارنة بنسبة زيادة المناطق العمرانية (١٥٥.٩%). يقترح البحث زيادة معدل التشجير السنوي ليوافق على الأقل معدل التوسع العمراني، بحيث تستهدف مدينة الرياض رفع نسبة الغطاء النباتي إلى ٥% من مساحة المدينة بحلول ٢٠٣٠ (أي ما يعادل ٣١,٤٠٧ هكتار)، وذلك عبر مشاريع التشجير الحضري، وإعادة تأهيل المناطق المفتوحة المتدهورة.

قائمة المراجع:

- التويجري، حمد بن أحمد والعتيبي، محمد هزاع والمدلج، عبد الله محمد والمالكي، فواز معيض.(٢٠١٨). التمدد العمراني لمدينة الرياض (١٩٨٧-٢٠١٧) : دراسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة الملك سعود : العمارة و التخطيط،مج. ٣٠، ع. ٢، ص ص. ١٩٥-٢١٣.
- الحسن، سويداء احمد الزين و مدني، جميلة عمر ابراهيم . (٢٠٢٤). التوسع العمراني وأثره على الغطاء النباتي في مركز رجال ألمع الإداري بمنطقة عسير خلال الفترة من (٢٠٠٠-٢٠٢٣م). مجلة العلوم التربوية و الدراسات الإنسانية، (٣٦) ، ٣٩٨-٤٢١.
- <https://doi.org/10.55074/hesj.vi36.949>
- الحفيان، عوض إبراهيم عبدالرحمن، و محمد، أمل الماحي الخليفة. (٢٠١٦). أثر التصحر على تدهور النظم البيئية بمحافظة بيشة، المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي، ٨(٢)، ٨٧-١٠٥.
- الحماد، صالح بن حماد. (٢٠٢٣). تحليل خريطة التغير في أنماط الغطاء الأرضي في محافظة الشامية "المملكة العربية السعودية". مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، ٣٩ع ، ١٨٣ - ٢٢٢. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1405154>
- الضلعان، أثير عبد اهلي، السبيعي، غادة هزاع، والنحاس، فاتن حامد.(٢٠٢١). التمدد العمراني وأثره على الغطاء النباتي لمحافظة صبيا في منطقة جازان. مجلة العلوم الطبيعية و الحياتية والتطبيقية، ٥(١)، ١٢٧-١١٥.
- <https://doi.org/10.26389/AJSRP.L101220>.
- الغامدي، سلمى بنت تركي، و الحارث، عواطف بنت الشريف شجاع بن علي بن الحسين.(٢٠١٩). استخدام الأرض في مدينة جدة: حالة مشاريع التشجير. المجلة المصرية للتغير البيئي، مج ١١، ع ١٤، ٤٢ - ٦٤. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1472626>
- الغزواني، ملهي بن علي مفرح. (٢٠٢٤). تحليل وتوزيع أنواع استخدامات الأرض الزراعية وعلاقتها بالتنمية الإقليمية في المملكة العربية السعودية. المجلة الجغرافية العربية، ٥٥(٨٤)، ٥١-٨٥.
- القرشي، فهد فيصل محمد، وداودي، محمد بن العباس. (٢٠٢٤). تصنيف استخدامات الأراضي وكشف التغيير بحوض وادي فاطمة، غربي المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي، ١٦(٥)، ١٤٩-١٧٦. doi: 10.21608/egjec.2024.381023
- المطيري، مناور بن خلف. (٢٠١٧). كشف التغير للغطاء الأرضي بمحافظة الغاط في المملكة العربية السعودية خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٧ باستخدام الاستشعار عن

بعد ونظم المعلومات الجغرافية. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ١٠ (٢)، ٧١-٩٢.

- Aina, Y. A., Merwe, J. H. V., & Alshuwaikhat, H. M. (2008, September). Urban spatial growth and land use change in Riyadh: Comparing spectral angle mapping and band ratioing techniques. In *proceedings of the academic track of the 2008 free and open source software for geospatial (FOSS4G) conference, incorporating the GISSA 2008 Conference, Cape Town, South Africa* (pp. 51-57).
- Al-Hussaini, Y. A. (2005). The use of multi-temporal Landsat TM imagery to detect land cover/use changes in Al-Hassa, Saudi Arabia. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, 6(1), 1426.
- Almadini, A. M., & Hassaballa, A. A. (2019). Depicting changes in land surface cover at Al-Hassa oasis of Saudi Arabia using remote sensing and GIS techniques. *PloS one*, 14(11), e0221115.
- Alshehri, F., Abuamarah, B. A., & Abd El-Hamid, H. T. (2023). Impact of land use dynamics on land surface temperature using optical remote sensing data integrated with statistical analysis in Riyadh, Saudi Arabia. *Advances in Space Research*, 72(5), 1739-1750.
- Ayele, G. T., Tebeje, A. K., Demissie, S. S., Belete, M. A., Jemberrie, M. A., Teshome, W. M., ... & Teshale, E. Z. (2018). Time series land cover mapping and change detection analysis using geographic information system and remote sensing, Northern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, 11, 1178622117751603.
- Belgiu, M., & Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 114, 24-31.
- Chen, J., Gong, P., He, C., Pu, R., & Shi, P. (2003). Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69(4), 369-379.
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature



- in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203-218.
- Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 37(1), 35-46.
- Crawford, C. J., Roy, D. P., Arab, S., Barnes, C., Vermote, E., Hulley, G., ... & Zahn, S. (2023). The 50-year Landsat collection 2 archive. *Science of Remote Sensing*, 8, 100103.
- Doomi, M. B., Aldayaflah, O., & Hazaymeh, K. (2016). The Effects of Land Cover Changes on Land Surface Temperature in Amman; an Urban Climate Change Study. *Dirasat: Human & Social Sciences*, 43(2).
- Hu, Y., Raza, A., Syed, N. R., Acharki, S., Ray, R. L., Hussain, S., ... & Elbeltagi, A. (2023). Land use/land cover change detection and NDVI estimation in Pakistan's Southern Punjab Province. *Sustainability*, 15(4), 3572.
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 80, 91-106.
- Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International journal of remote sensing*, 39(9), 2784-2817.
- Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?. *Remote sensing of Environment*, 75(2), 230-244.



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: ٢٢ / ٦ / ٢٥٠٢٥

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 نموًا نباتيًا جديدًا 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 وNDMI، حيث بلغت قيمة معامل التحديد 0.99 في 2018 و0.97 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 (R²) 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، سثوفر 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.

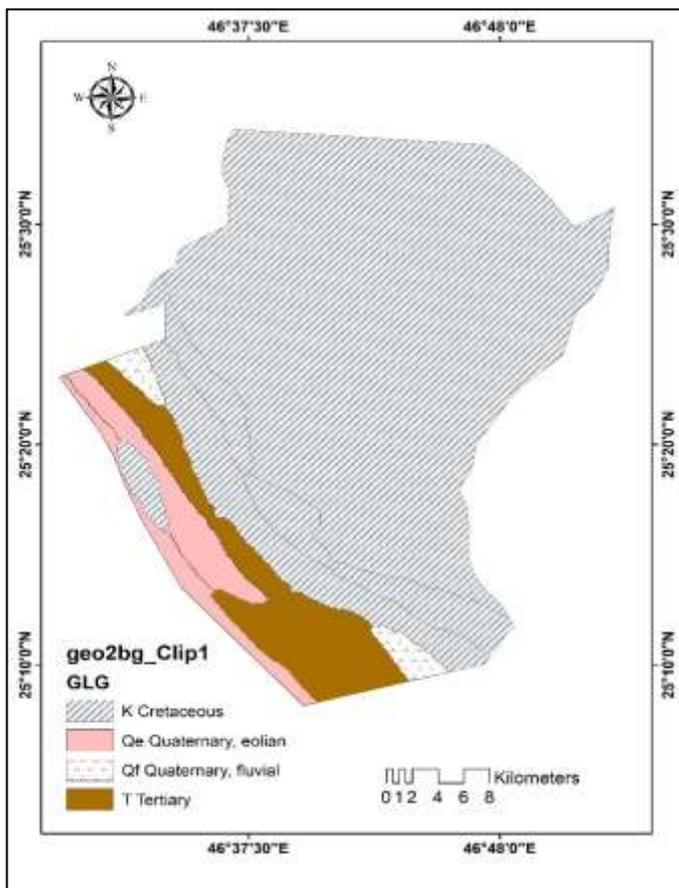
٤. استخراج قيم مؤشر NDMI لتحليل مستويات المياه داخل النباتات.

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)، وتحددها 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/>)

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.

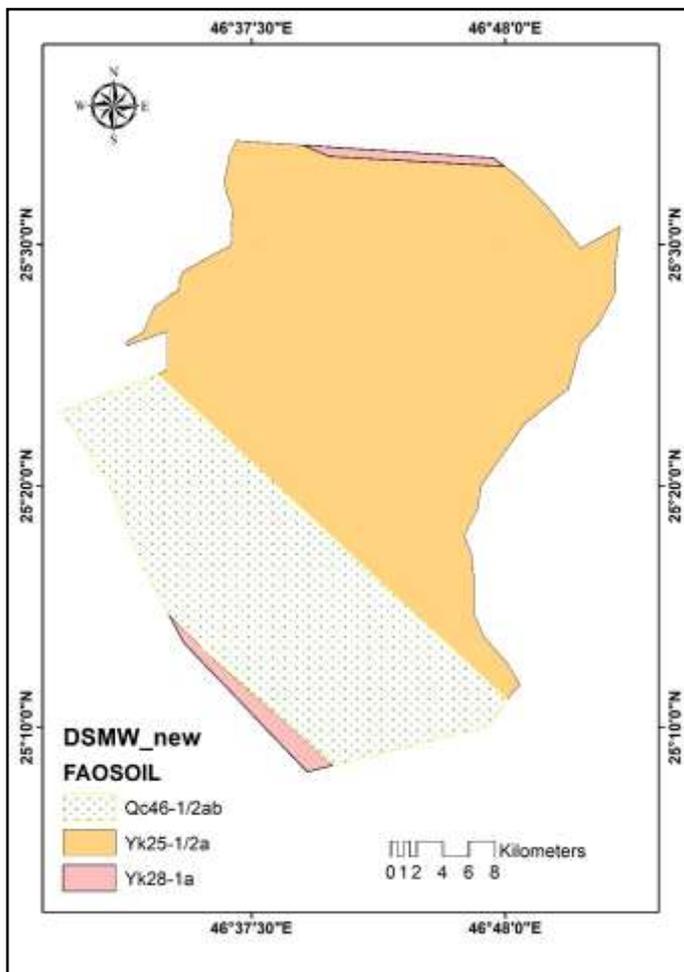


شكل 2: جيولوجية محمية الملك خالد الملكية

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)

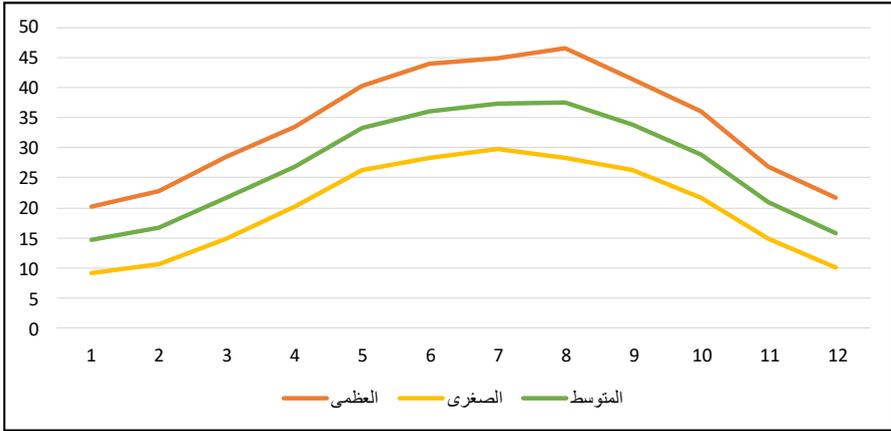
تم تحليل البيانات المناخية لدرجات الحرارة القصوى والدنيا والمتوسط الشهري وذلك من عام ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٣ المبينة في الجدول (١) بالاستناد إلى TerraClimate ؛ حيث يتضح من البيانات أن المناخ يتسم بصيف حار طويل يمتد من مايو إلى سبتمبر، وتتجاوز درجات الحرارة العظمى الأربعة درجة مئوية، إذ تصل إلى ذروتها في أغسطس 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؛ مما 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

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

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 ٢٠ 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.



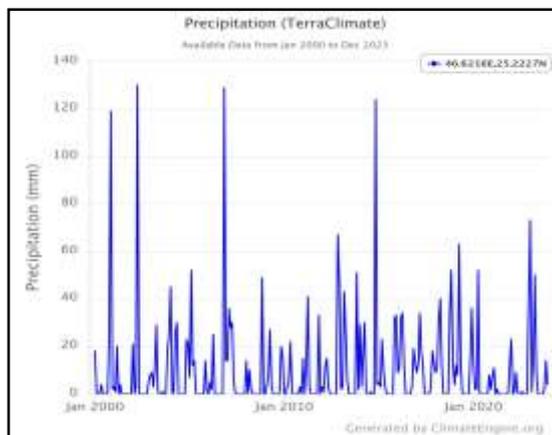
شكل 4: رسم بياني يوضح منحنيات درجات الحرارة الصغرى والعظمى والمتوسط الشهري (م°) للفترة ٢٠٠٠-٢٠٢٣ في المحمية

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 (ملم) للفترة ٢٠٠٠ - ٢٠٢٣ في المحمية

الشهر	متوسط المطر (ملم)
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



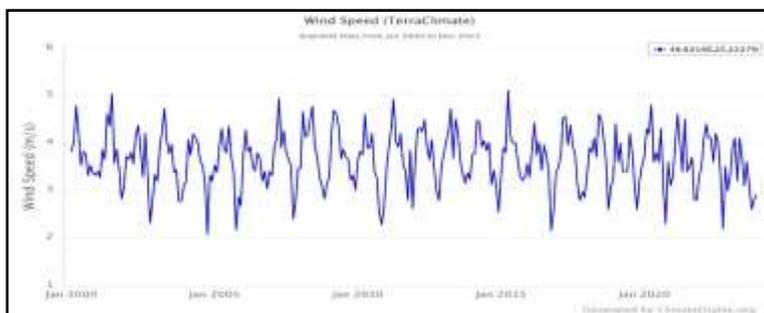
شكل 5: رسم بياني يوضح كمية المطر الشهري ملم للفترة ٢٠٠٠ - ٢٠٢٣ في المحمية
المصدر: TerraClimate

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 اتجاهًا 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 ٢٠٠٠-٢٠٢٣ في المحمية

المصدر: TerraClimate

٦. الإجراءات المنهجية للدراسة وأدواتها

٦.١ منهجية الدراسة

- منهج التحليل المكاني: لتحليل التغيرات في الغطاء النباتي اعتماداً 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 و ٨.

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-)

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.

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

- 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 يسهم 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)، إضافةً 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؛ ممّا 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 التغيير في الكثافة النباتية، وبلغت دقة النتائج ٨٣.٣٣%؛ ممّا يعكس موثوقية التصنيف المستخدم في الدراسة. أظهرت النتائج أن غالبية منطقة ليزر البيئية تحتوي على غطاء نباتي كثيف بنسبة ٧٠.٩١%؛ ممّا 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؛ ممّا يدل على الحاجة إلى تعزيز التنوع النباتي عبر زراعة أنواع محلية ذات قيمة بيئية واقتصادية. كما خلصت الدراسة إلى أن المحمية لا تزال تلعب دورًا حيويًا في الحفاظ على الغطاء النباتي والتنوع البيولوجي، إلا أن الأنشطة البشرية، ولا سيما زراعة زيت النخيل، تشكل تهديدًا 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 توسعًا ونقصًا متعاقبًا 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 تراجع 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 وLandsat 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 (الجبالي، 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 قيمة 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.

تحليل التغيرات في الغطاء النباتي بين عامي ٢٠١٨ و٢٠٢٤ في محمية الملك خالد الملكية ... د. واداد الروقي

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 - ٢٠١٤)، الخارطة اليسار تمثل عام ٢٠١٨ والخارطة يمين تمثل عام ٢٠٢٤.

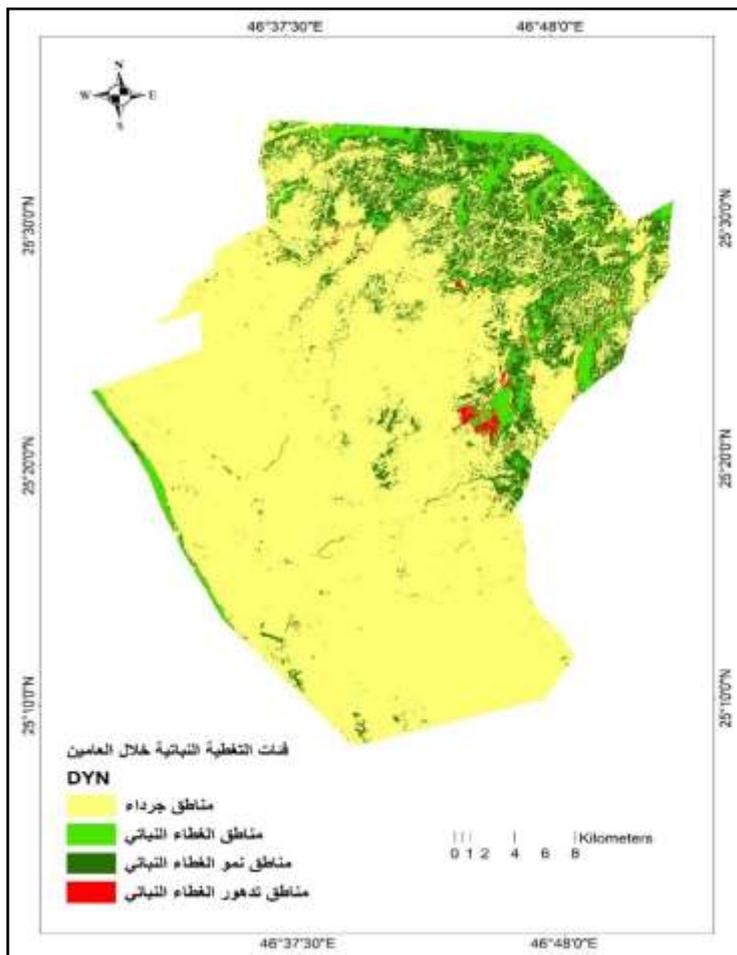
تحليل التغيرات في الغطاء النباتي للفترة (٢٠١٨-٢٠٢٤)

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)

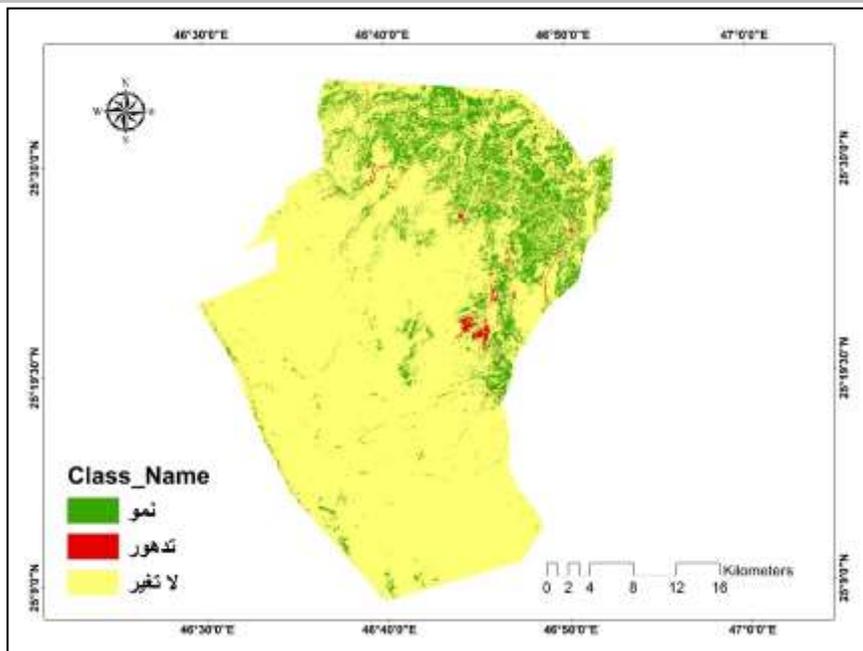
النسبة (%)	المساحة بالكم ^٢	تغطية النبات
80.258	910.099998	مناطق جرداء
5.8767	66.640195	غطاء نباتي
12.978	147.168189	مناطق نمو
0.8877	10.066513	مناطق تدهور
100	1133.974895	المجموع

- المناطق الجرداء: تشغل المساحة الأكبر بمقدار 910.1 كم²، 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 أو تدهور، 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)

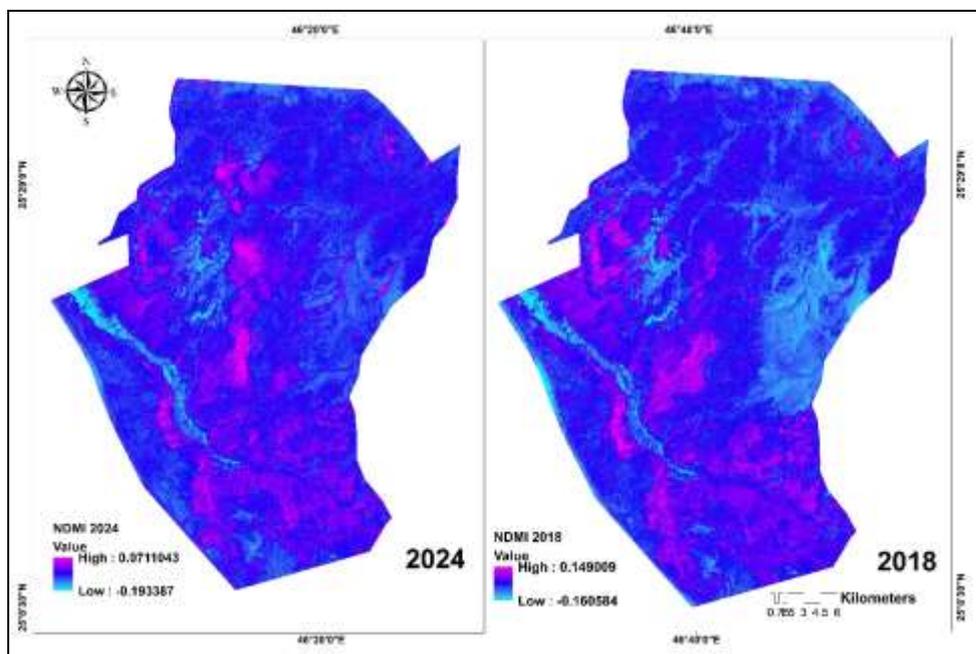
كما تم استخدام أداة استكشاف التغير (change Detection) وأعطت نفس النتائج حيث أثبتت أن هناك تغير في التغطية النباتية خلال فترة الدراسة، ما بين نمو وتدهور، بما نسبته (12.9% و 0.90%) على التوالي، بينما المساحة الأكبر من المحمية لم يحدث لها تغيير. (شكل ٩)



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 التغيير من الممكن أن يكون ناتجاً عن انخفاض معدلات التهطالات، زيادة درجات الحرارة.



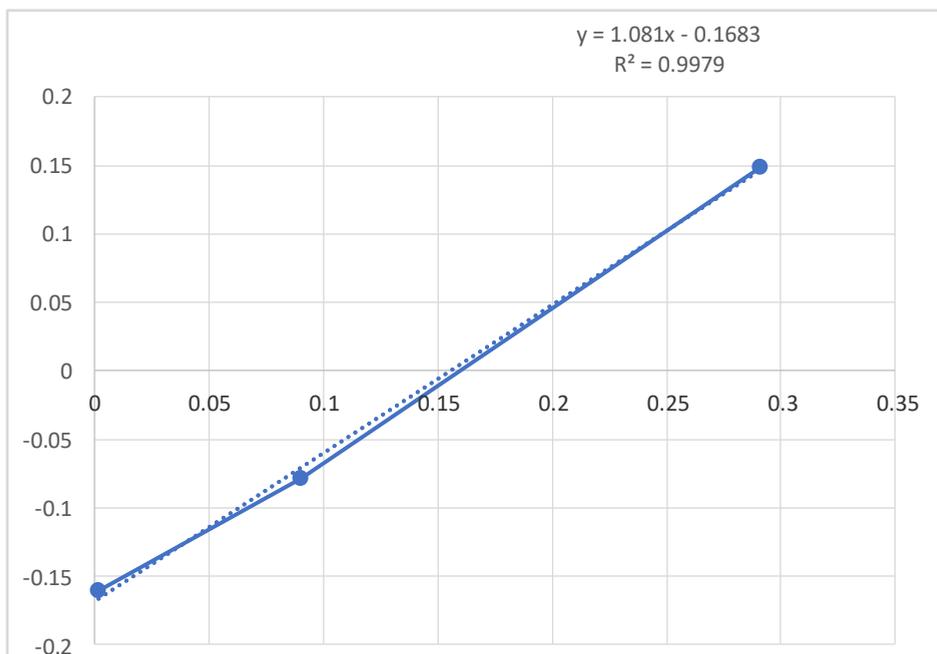
شكل ١٠: مؤشر الاختلاف الطبيعي للرطوبة في المحمية خلال (٢٠١٨ - ٢٠٢٤)

العلاقة الارتباطية بين قيم مؤشر NDMI و NDVI

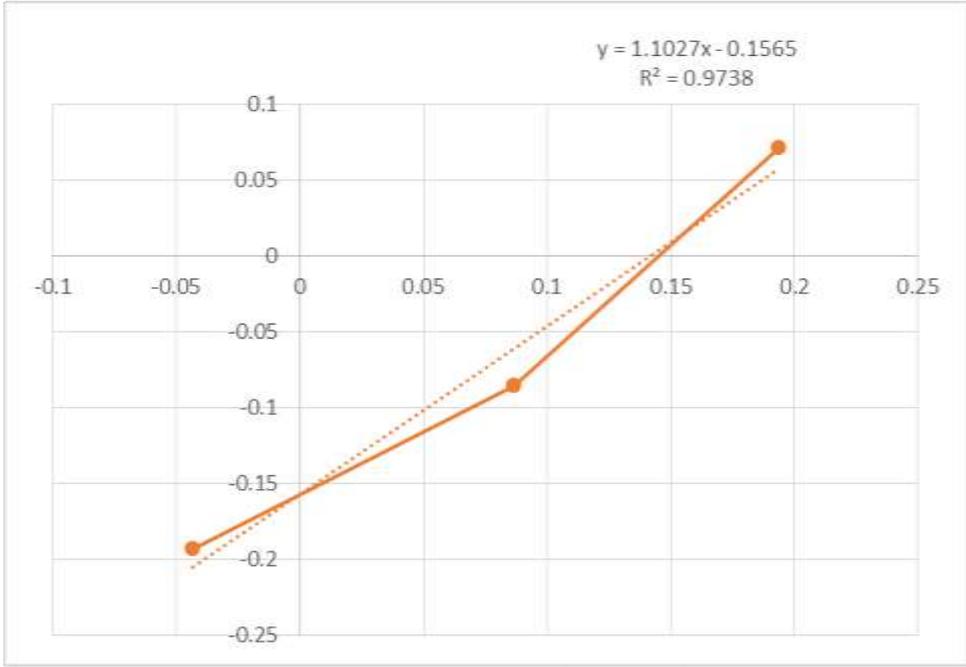
يُظهر الرسم البياني في الشكلين (١١) (١٢) عن وجود علاقة مترابطة وقوية بين مؤشري الفرق النباتي الطبيعي (NDVI) ومؤشر الفرق الرطوبي الطبيعي (NDMI) ذات دلالة بيئية وإحصائية قوية. تشير معادلة الخط الاتجاهي لعام ٢٠١٨ ، وهي $y=1.081x-0.1683$ ، إلى أن لكل زيادة بمقدار وحدة في NDVI يصاحبها زيادة قدرها ١.٠٨١ في 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 ٠,٩٧، 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؛ ممّا 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، مجلد٦، ٤٤، ١-٢٥. <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*، ١٤، مجلد٢، ٣٢٧-٣٥٠

الشهري، ريم. (٢٠٢٣). التحليل المكاني للغطاء النباتي في المملكة العربية السعودية باستخدام مؤشر NDVI (منطقة عسير والباحة كنموذج). *المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلم*، مجلد٥، ٥٤، ٢٦-٤٥. <https://www.ajrsp.com/vol/issue54/2>

المراجع الأجنبية

Alj̄s̄any, Nisr̄in ‘Awwād, Ḥamzah, Naba’ Nu‘mān. (2023). al-Taḥlīl al-jughrāfī ltbāȳn al-Ghiṭā’ al-nabātī alqyāsy wa-khaṣā’iṣuhu 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-Taḥlīl al-makānī lḡḥṭā’ al-nabātī fī al-Mamlakah al-‘Arabīyah al-Sa‘ūdīyah bi-istikhdām m’shrNDVI (mintaqat ‘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-nuzum al-ma‘lūmāt al-jughrāfīyah khilāl al-fatrah min 1973 ilá 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



Indices. 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.

