

(نسخة إلكترونية)

المجلد السابع عشر، العدد (٢)، ذو الحجة ١٤٤٥هـ يوليو ٢٠٢٤م

كلمة هيئة التحرير

البحوث

نظرية الأماكن المركزية وإمكانية تطبيقها على السهل الساحلي
لمنطقة جازان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. محمد رجب الزهراني

تصميم نموذج محاكاة لمخاطر السيول في حوض وادي وج بمحافظة
الطائف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. أفراح بنت أحمد الزهراني

الكشف عن أشجار النخيل باستخدام خوارزمية التعلم العميق

YOLOv8

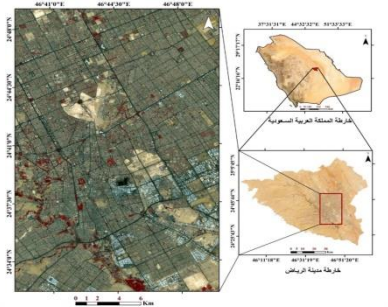
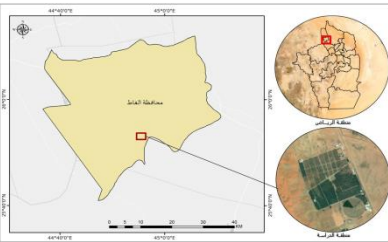
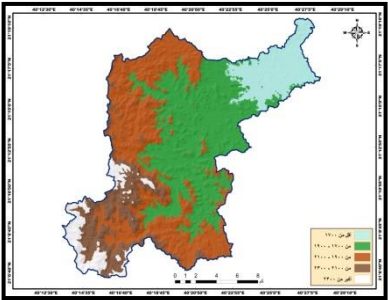
أ. مطلق فيحان البقي - د. ناصر إبراهيم اللهيبي

تأثير نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة تصنيف الغطاء
الأرضي في المناطق الجافة: دراسة تطبيقية على قمر سنتنيل-٢
في مدينة الرياض

أ. محمد سعيد - أ. د. علي معاضة الغامدي - د. علي سعيد الغامدي

- التقارير

- مراجعة الكتب



● أعضاء مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية ●

رئيساً	د. علي بن عبد الله الدوسري
نائب الرئيس	أ. محمد بن أحمد الراشد
أمين المال	د. فهد بن عبد العزيز المطلق
أمين المجلس	د. سلطان بن عياد الحربي
عضواً	د. عنبرة بنت خميس السعود
عضواً	د. بدر بن نايل العنزي
عضواً	د. بشير بن عبيد الشمري
عضواً	د. أمل بنت خميس آل مشيط
عضواً	د. مها بنت عبد الله الضبيعي

رقم الإيداع ٧٨٤٩ - ١٤٤٣ هـ

ردم ٩٢٥٤ - ١٦٥٨



المجلة العربية
لنظم المعلومات الجغرافية
(نسخة إلكترونية)
مجلة محكمة - نصف سنوية

المجلد السابع عشر العدد (٢)
(ذو الحجة ١٤٤٥ هـ / يوليو ٢٠٢٤ م)

تصدر عن:
الجمعية الجغرافية السعودية

حصلت المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية على معامل أرسيف (Q2)
لعام 2023 المتوافقة مع المعايير الدولية.

الجمعية الجغرافية السعودية (ج ج س)

● هيئة التحرير ●

رئيساً	أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكي
عضواً	د. صباح بنت صالح الجنييد
عضواً	د. عادل معتمد عبد الحميد
عضواً	د. مفرح بن ضايم القرادي

● الهيئة الاستشارية ●

- أ.د. إسماعيل بن يوسف إسماعيل	جامعة المنوفية ، مصر.
- السيد / جاك دانجرموند	رئيس شركة إزري.
- أ.د. عبد القادر عبد اللاوي	فرنسا.
- أ.د. مايكل باتي	مركز دراسات الإحصاء - بريطانيا - لندن
- أ.د. محمد إبراهيم شرف	جامعة الإسكندرية - مصر.
- أ.د. محمد الخزامي عزيز	جامعة الفيوم - مصر.
- أ.د. محمد حسن محمود بهنسي	جامعة الإسكندرية - مصر.

● المراسلات ●

ص ب ٢٤٥٦ الرياض ١١٤٥١
هاتف: ٠٠٩٦٦ ١١ ٤٦٧٨٧٩٨ فاكس: ٠٠٩٦٦ ١١ ٤٦٧٧٧٣٢
بريد إلكتروني: sgsajgis@gmail.com

تعبر البحوث والدراسات التي تنشر في المجلة العربية لتنظيم المعلومات الجغرافية عن آراء كاتبها،
ولا تعبر بالضرورة عن وجهة نظر هيئة التحرير أو الجمعية الجغرافية السعودية .

الأهداف:

نشر البحوث الأصلية في مجال النظم الجغرافية والتقنيات ذات العلاقة، ويشمل ذلك مجالات نظم المعلومات الجغرافية، والكارتوجرافيا، والمساحة، والاستشعار عن بعد، ونظم التوقيع الأرضي، والنمذجة، والتطبيقات الجغرافية التي تستخدم كافة النظم والتقنيات الجغرافية داخل المملكة وفي الوطن العربي.

قواعد النشر:

أولاً: قواعد أساسية

- ١- يُراعى في البحوث التي تتولى "المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية" نشرها الأمانة العلمية، وصحة الإخراج العلمي، وسلامة اللغة؛ ويعد تقديم البحث للمجلة منحها حق الطبع والنشر.
- ٢- يشترط في البحث المقدم للمجلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل، وللمجلة الحق في إلغاء نشر أي بحث يتضح أنه نشر أو قدم للنشر في قناة نشر أخرى.
- ٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة تحرير المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية.
- ٤- يقدم البحث على هيئة رقمية مطبوعة على (CD) مطبوع بنظام MS WORD بيئات النوافذ (Windows)، ويترك فراغ سطر واحد بين كل سطر وآخر بخط Al-Hotham للمتن وبخط Monotype Koufi للعناوين، وينط ١٦ أبيض للمتن، وينط ١٢ أبيض للهوامش، وينط أسود للآيات القرآنية والأحاديث الشريفة، ويرفق معه ثلاث نسخ مطبوعة على ورق بحجم A4 مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويكون الحد الأعلى للبحث (٣٢) صفحة، أو (٨٠٠٠) كلمة، والحد الأدنى (١٥) صفحة تتضمن الجداول والأشكال والمراجع...الخ.
- ٥- للنص باللغة الإنجليزية ينبغي أن يكون النص بحجم ١٢ نقطة، وبخط تايمز الروماني في عمود واحد ونسق واحد، وينبغي ترك فراغ سطر واحد بين كل سطر وآخر في كامل البحث، مع الأخذ في الاعتبار أن لا تقل الهوامش اليمنى واليسرى عن ٣ سم لكل منهما.
- ٦- يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة باللغتين العربية والإنجليزية.

- ٧- يراعى أن تقدم الأشكال على هيئة رقمية، وتعرض بالحاسب الآلي على برنامج Adobe Photoshop، أو على هيئة ESO أو تنسيق TIFF. على أن تكون أقل درجة وضوح للصورة ٣٠٠ نقطة، ومقاس ١٢٠ × ١٨٠ ملم، وتكون الأشكال الملونة على صيغة RGB. وتقدم الأشكال بالأبيض والأسود على وضعية التنسيق الرمادي.
 - ٨- يرسل الباحث مبلغ (٧٠٠ ريال سعودي أو ما يعادلها) للبحث الموافق عليه من قبل هيئة التحرير قبل إرساله للتحكيم لتغطية بعض تكاليف النشر، والمجلة ترحب باعتذار الباحثين عن نشر أبحاثهم عند الضرورة.
 - ٩- ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين - في الأقل - في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في المجلة، وفي حال اختلاف المحكمين يرسل البحث إلى محكم مرجح ثالث من ذوي الخبرة في موضوع البحث.
 - ١٠- تقوم هيئة تحرير المجلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه.
 - ١١- البحوث ومراجعات الكتب والتقارير لن تعاد لمؤلفيها سواء نشرت أم لم تنشر.
 - ١٢- يمنح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمساً وعشرين نسخة من البحث المنشور.
 - ١٣- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر وفقاً للآتي:
- يستخدم نظام (اسم / تاريخ) ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً بالتاريخ ورقم الصفحة. وإذا تكرر المؤلف نفسه في مرجعين مختلفين يذكر اسم المؤلف، ثم يتبع بسنة المرجع، ثم رقم الصفحة. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر على النحو الآتي:

الكتب:	يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة - إن وجد - ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر.
الدوريات:	يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال (ص ص ٥-١٥).
الكتب المحررة:	يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (في in) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر ed. أو محررين eds). ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.
الرسائل غير المنشورة:	يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/ دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

أما الهوامش فلا تستخدم إلا عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص. هناك العديد من معالجات النصوص تقوم ببناء حواشي مرتبطة بالنص، ويمكن استخدام هذه الميزة.

١٤ - رومنة المراجع العربية: يلتزم الباحث برومنة توثيق المقالات المنشورة في الدوريات العربية الواردة في قائمة المراجع العربية (مع الإبقاء عليها في قائمة المراجع العربية)، وفقاً للنظام الآتي:

أ) إذا كانت بيانات المقالة المنشورة باللغة العربية الواردة في قائمة المراجع (التي تشمل اسم، أو أسماء المؤلفين، وعنوان المقالة، وبيانات الدورية) موجودة باللغة الإنجليزية في أصل الدورية المنشورة بها، فتكتب كما هي في قائمة المراجع، مع إضافة كلمة (in Arabic) بين قوسين بعد عنوان الدورية.

ب) إذا لم تكن بيانات المقالة المنشورة باللغة العربية موجودة باللغة الإنجليزية في أصل الدورية المنشورة بها، فيتم رومنة (Romanization / Transliteration) اسم، أو

أسماء المؤلفين، متبوعة بسنة النشر بين قوسين (يقصد بالرومنة النقل الصوتي للحروف غير اللاتينية إلى حروف لاتينية، تمكن قراء اللغة الإنجليزية من قراءتها، أي: تحويل منطوق الحروف العربية إلى حروف تنطق بالإنجليزية)، ثم يتبع بعنوان المقالة إذا كان متوافراً باللغة الإنجليزية في أصل المقالة، وإذا لم يكن متوافراً فتم ترجمته إلى اللغة الإنجليزية، ثم يتبع باسم الدورية التي نشرت بها المقالة باللغة الإنجليزية إذا كان مكتوباً بها، وإذا لم يكن مكتوباً بها فيتم ترجمته إلى اللغة الإنجليزية. ثم تضاف كلمة (in Arabic) بين قوسين بعد عنوان الدورية.

ج) توضع قائمة بالمراجع العربية بعد المتن مباشرة، مرتبة هجائياً حسب الاسم الأخير للمؤلف الأول، وفقاً لأسلوب التوثيق المعتمد في المجلة.

د) يلي قائمة بالمراجع العربية، قائمة بالمراجع الإنجليزية، متضمنة المراجع العربية التي تم ترجمتها، أو رومنتها، وفق ترتيبها الهجائي (باللغة الإنجليزية) حسب الاسم الأخير للمؤلف الأول، وفقاً لأسلوب التوثيق المعتمد في المجلة.

ثانياً: ترتيب البحث:

العنوان: أدخل عنواناً موجزاً (لا يزيد عن ١٥ كلمة)، وغني بالمعلومات، مع تجنب الاختصارات والصيغ الرياضية حيثما كان ذلك ممكناً.

أسماء المؤلفين وانتماءاتهم: اذكر أسماء المؤلفين بوضوح. اعرض انتماءات المؤلفين في الحاشية مع إشارة نجمة.

مؤلف كتاب المقابلة: تتم الإشارة بوضوح إلى المؤلف في الحاشية لأولئك الذين هم على استعداد للتعامل مع المراسلات في جميع مراحل التحكيم والنشر، وأيضاً بعد نشر البحث. ويمكن توفير العنوان البريدي الكامل للمؤلف، بما في ذلك اسم الدولة، ورقم الهاتف (مع رمز المنطقة والدولة) وعنوان البريد الإلكتروني.

الخلاصة: يجب أن يشتمل كل بحث على معلومات ملخصة من ١٠٠ إلى ٢٥٠ كلمة بخط من حجم ١٠ نقطة. وينبغي أن يشرح الملخص المعلومات المهمة ذات الصلة بهدف الورقة، والأسلوب والنتائج، والاستنتاجات. وينبغي تجنب الاختصارات غير القياسية أو غير المألوفة. **كلمات رئيسية:** ينبغي إدراج خمس كلمات رئيسية بعد الملخص.

مقدمة: تضم المقدمة أهداف العمل، مع تقديم خلفية كافية، وتجنب تضمينها دراسة مفصلة للأدبيات أو ملخصاً للنتائج.

الدراسات السابقة: تقديم موجز للدراسات سابقة وأهم نتائجها، مع الإشارة إلى اختلاف هذه الدراسة عن تلك الدراسات.

المنهج: يجب أن يكون تصميم البحث ومنهجه محدداً بوضوح.

النتائج: يجب أن تكون النتائج واضحة ومختصرة.

المناقشة والاستنتاج: هذا القسم يجب أن يعرض أهمية نتائج هذا العمل. والجمع بين "المناقشة والنتائج" غالباً ما يكون مناسباً. ويمكن تقديم الاستنتاجات الرئيسية للدراسة في قسم خاص بـ "الاستنتاجات"، والتي قد تقدم لوحدها أو أن تكون فرعاً من قسم المناقشة.

خاتمة: تضم نقاط واضحة تبرز أهم ما توصلت إليه الدراسة من واقع المناقشة (يمكن أن يشمل هذا الجزء على توصيات محددة، ولا يفضل أن يفرد لها عنوان خاص).

كلمات الشكر والتقدير: توضع كلمات الشكر، بما في ذلك المعلومات عن المنح، وذلك قبل قائمة المراجع، في قسم منفصل.

المراجع: الرجاء التأكد من أن كل مرجع ورد في النص موجود أيضاً في قائمة المراجع (والعكس بالعكس). وينبغي أن تتبع المراجع المذكورة هنا النظام المتبع من الجمعية الجغرافية السعودية الذي سبق شرحه في المادة ١٢ من قواعد النشر.

الاستشهادات في النص: الرجاء التأكد من أن كل مرجع تم الاقتباس منه في النص موجود أيضاً في قائمة المراجع (والعكس بالعكس).

قائمة المراجع: المراجع يجب أن تكون مرتبة أبجدياً، ثم تفرز بعد ذلك زمنياً إذا لزم الأمر. وإذا وجد أكثر من مرجع واحد من المؤلف نفسه في السنة نفسها فلا بد من تحديدها بالحروف "أ"، "ب"، "ج"، "د"، "هـ"، والتي توضع بعد عام النشر.

الملاحق: ينبغي أن توضع الملاحق في نهاية المخطوط، بعد قائمة المراجع. وفي الدراسات التي تتضمن تطوير معايير للقياس، ينبغي التأكيد على وضع أداة القياس في النص الرئيسي أو في الملاحق.

- سيرة المؤلف:** تذكر سيرة المؤلف أو المؤلفين مختصرة (لا تزيد عن صفحة واحدة) بعد الملاحق.
- دور كل باحث في الدراسات المشتركة:** لابد أن يوضح أسفل الصفحة الأولى من البحث دور كل باحث في الجوانب الآتية:
- ١- من صاحب فكرة البحث.
 - ٢- من قام بصياغة البحث.
 - ٣- من قام بالمراجعة والتدقيق اللغوي أو التحريري.
 - ٤- من قام بإعداد البيانات وإخراجها.
 - ٥- من قام بتحليل النظري والإحصائي إن وجد.
 - ٦- من تولى طلب النشر (وإذا اشترك أكثر من باحث في أحد الجوانب السابقة تحدد نسبة إضافة كل باحث ومجال هذه الإضافة).

قائمة المحتويات

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
١	د. محمد رجب الزهراني	نظرية الأماكن المركزية وإمكانية تطبيقها على السهل الساحلي لمنطقة جازان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
٣١	د. أفراح بنت أحمد الزهراني	تصميم نموذج محاكاة لمخاطر السيول في حوض وادي وج بمحافظة الطائف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
٨٥	أ. مطلق فيحان البقمي د. ناصر إبراهيم اللهيبي	الكشف عن أشجار النخيل باستخدام خوارزمية YOLOv8 للتعلم العميق
١٢١	أ. محمد سعيد د. علي معاضة الغامدي	تأثير نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة تصنيف الغطاء الأرضي في المناطق الجافة: دراسة تطبيقية على قمر سنتيل-٢ في مدينة الرياض
١٥٩	د. علي سعيد الغامدي	انطلاق فعاليات اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣ م
١٨٥	أ. د. مفرح القرادي د. زهور المعلم	مقدمة في التحليلات الإحصائية والجيومكانية باستخدام لغة البرمجة R - ملخص كتاب

كلمة التحرير

يضم هذا العدد مجموعة من البحوث التطبيقية عن المملكة العربية السعودية. فنجد الدراسة الأولى هدفت إلى تطبيق نظرية الأماكن المركزية على السهل الساحلي لمنطقة جازان بالمملكة العربية السعودية، واتخذت من المنهج الاستقرائي والاستدلالي إطاراً منهجياً لها في تحقيق هدفها معتمدة على نتائج التعداد السكاني لعام ٢٠٢٢م. وخلصت الدراسة إلى وجود خمس مستويات للأماكن المركزية في السهل الساحلي للمنطقة. وهدفت الدراسة الثانية إلى نمذجة ومحاكاة مخاطر الفيضانات على المنشآت السكنية في مدينة الطائف التي تقع في أدنى حوض وادي وج، وذلك من خلال تحليل معايير هذه المخاطر ونمذجتها للفترة بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣م. وتوصلت الدراسة إلى نتائج مهمة حول أماكن تركيز المخاطر العالية إلى العالية جداً في أدنى الحوض وفي مجاري الأودية، مما يساعد على التخطيط المستقبلي لمواجهة هذه المخاطر.

واهتمت الدراسة الثالثة بتطبيق أدوات الكشف عن مواقع أشجار النخيل؛ وهو أمر بالغ الأهمية في أي منطقة زراعية لتحقيق الإدارة والتخطيط الذكي للمزارع بتطبيق نماذج اكتشاف الأشياء في التعلم العميق المستخدمة على نطاق واسع في التطبيقات الحاسوبية، مما يعد أمراً مهماً وضرورياً للحصول على البيانات بسرعة، وبدقة عالية، وتقليل أخطاء عمليات العد البشرية. وطبقت هذه الدراسة استخدام أحدث خوارزميات التعلم العميق للكشف عن أشجار النخيل من خلال صور الطائرات بدون طيار، وذلك عن طريق خوارزمية YOLOv8، ذات القيمة التقنية العالية وآفاق التطبيق الواسعة في الكشف عن أشجار النخيل بجميع أحجامها. ومن ثم تم بناء قاعدة بيانات في منصة RoboFlow بعد جمعها وتحليلها ومعالجتها، وذلك بزيادة عدد البيانات عبر العديد من طرق تحسينها ورفع دقة نموذج الكشف، ثم بناء شبكة YOLOv8 للكشف عن الكائنات، وتدريبها على جميع أحجام أشجار النخيل للحصول على أوزان الترتيب.

وهدفت الدراسة الرابعة إلى تحليل مساهمة إجراء تصحيح الغلاف الجوي كأحد عمليات المعالجة الأولية - في تحسين صحة التصنيف المراقب للغطاء الأرضي في جزء من

مدينة الرياض. وعرضت الدراسة تساؤلاً مهماً حول فائدة عملية التصحيح، وأوصت بضرورة القيام بدراسات أخرى لمناطق أخرى للوصول إلى تحديد أدق لفائدة عملية التصحيح.

وتضمن العدد تقريراً عن فعاليات اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣ م الذي نظمه قسم الجغرافيا بجامعة الملك سعود بالتنسيق مع الجمعية الجغرافية السعودية، وذلك لمدة يومين من الخامس عشر وحتى السادس عشر من شهر نوفمبر. تضمنت هذه الفعالية احتفالاً بنظم المعلومات الجغرافية، وتقنياتها، وتطبيقاتها المختلفة التي تساعد في تحليل البيانات المرتبطة بالمواقع، والأماكن الجغرافية؛ مما يساعد على تصميم وإنتاج الخرائط وحل المشكلات الطبيعية والبشرية المتعلقة بالمكان. وضمت احتفالية هذا العام التي أقيمت على مدار يومين، جلسات علمية قدمت فيها مجموعة من الأوراق البحثية في مختلف مجالات وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، والتقنيات الجيومكانية الحديثة؛ بجانب مجموعة من ورش العمل النوعية، إضافة إلى معرض مصاحب للفعالية أقيم في بهو الجامعة على مدار يومين، وضم مشاركة مجموعة من القطاعات الحكومية، والخاصة المعنية بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية.

وفي الختام، نأمل أن تسهم الموضوعات المتنوعة لهذا العدد في إثراء الذخيرة العلمية والثقافية للمتخصصين والمهتمين بنظم المعلومات الجغرافية. ويسعد هيئة التحرير أن تقدم خالص شكرها للباحثين والمراسلين الذين يتواصلون دوماً مع مجلتهم سواءً بمدها بالبحوث العلمية الرصينة أو الأخبار ذات العلاقة أو المراجعات المفيدة التي تبقى المتخصصين والمهتمين على اطلاع مستمر بالجديد في مجالات اهتمام المجلة. وتفيد هيئة التحرير بأن الجمعية الجغرافية السعودية قامت بدعم نشر جميع أبحاث هذا العدد من المجلة.

هيئة التحرير

نظرية الأماكن المركزية وإمكانية تطبيقها على السهل الساحلي لمنطقة جازان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. محمد رجب الزهراني

أستاذ مساعد، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبدالعزيز، المملكة العربية السعودية

الملخص:

تقوم نظرية الأماكن المركزية على أساس وجود نظام وترتيب طبيعي يتحكم في انتشار المدن وتوزيعها مكانيًا، وتشرط وجود منطقة خالية تتصف باستواء سطحها مع سهولة الحركة والانتقال بين التجمعات السكانية للمنطقة المدروسة، بشرط توزيع السكان بشكل منتظم، مع ضرورة الانتقال بين نقاط المنطقة بأقصر مسافة. وهدفت الدراسة إلى تطبيق نظرية الأماكن المركزية على السهل الساحلي لمنطقة جازان بالمملكة العربية السعودية. واتخذت من المنهج الاستقرائي والاستدلالي إطاراً منهجياً لها في تحقيق هدفها معتمدة على نتائج التعداد السكاني لعام ٢٠٢٢م. وتم استخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في توقيع الشكل السداسي على التجمعات السكانية. وخلصت الدراسة إلى وجود خمس مستويات للأماكن المركزية في السهل الساحلي، بحيث تتركز معظم التجمعات السكانية في الجزء الجنوبي منه، في حين تقل تلك التجمعات في أقصى شماله وتتوزع بشكل متباعد. واختتمت الدراسة بعدد من التوصيات العلمية والعملية.

كلمات مفتاحية: الأماكن المركزية، كريستالر، جازان، السهل الساحلي، GIS

أولاً: مقدمة:

تلقي ظاهرة توزيع السكان والمراكز العمرانية على سطح الأرض اهتماماً كبيراً من قبل المهتمين بهذه التوزيعات سواء كانوا جغرافيين أو اقتصاديين أو اجتماعيين أو غيرهم، فقد اهتمت الدراسات الجغرافية بالمراكز العمرانية من حيث الأشكال والأنماط والتوزيعات بأنواعها وأحجامها وميلها نحو التغير مع مرور الوقت، وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على مواقع المراكز العمرانية وسكانها، كتضاريس الأرض، والمناخ، والغطاء النباتي، والعوامل السياسية، والاجتماعية، والاقتصادية، والتاريخية (عباصرة، ٢٠١٦).

ولذا فقد أهتم العديد من الجغرافيين بدراسة نمط توزيع الخدمات والنشاطات البشرية وأماكن تواجدها من خلال دراسة الموقع كونه الوسيلة المهمة لتفسير العلاقات بين الأماكن المركزية ومناطق الخدمة التابعة لها، وقد كان لوالتر كريستالر قصب السبق في ذلك من خلال أطروحته لدرجة الدكتوراه والمتعلقة بالأماكن المركزية في منطقة بافاريا بجنوب ألمانيا عام ١٩٣٣م، إذ تعد هذه الرسالة حجر الزاوية التي نمت عليه نظرية المكان المركزي (الشاعر، ١٩٨٦م).

ومنذ أن ظهرت هذه النظرية فقد تم دراستها وتمحيصها ونقدها والتعديل عليها من قبل العديد من الباحثين، حيث طبقت في العديد من مدن ودول العالم، خصوصاً في الولايات المتحدة الأمريكية في أربعينيات وخمسينيات القرن العشرين. كما أن هناك العديد من الدراسات التي قامت بتطبيق هذه النظرية في مصر والأردن والصين وجنوب أفريقيا.

وتتمتع منطقة جازان في المملكة العربية السعودية بكثافة سكانية عالية تقدر ب (١٠١) نسمة لكل كيلو متر مربع. ويرتبط توزيع السكان في الحصول على الخدمة وفق ترتيب إداري يبدأ من عاصمة المنطقة ومقر الإمارة كمدينة رئيسية ومركزية على مستوى المنطقة ومرجع رئيسي لجميع الخدمات، خاصة الخدمات الرئيسية، ثم محافظة فئة (أ)، ومحافظة فئة (ب)، ثم مركز فئة (أ)، ثم مركز فئة (ب)، ثم قرية. وتقل الخدمات وتزداد

المسافة التي يقطعها الساكن للحصول على الخدمة كلما ابتعد عن عاصمة المنطقة. وبما أن النظرية تعتمد على توزيع الخدمات بشكل تراتبي ومنظم بداية من المدينة المركزية ذات الترتيب الأعلى وحتى العزبة ذات الترتيب الأدنى. لذلك تم اختيار منطقة جازان لتطبيق نظرية كريستالر عليها، وبالتحديد الجزء الساحلي كنطاق للتطبيق وذلك لمطابقة معظم شروط النظرية عليها. كذلك تحاول الدراسة إثراء المحتوى العلمي على وجه العموم والمحتوى الجغرافي على وجه الخصوص من خلال دراسة واحدة من أهم النظريات المكانية التي حاولت تفسير سبب ظهور المدن وتحولها إلى المركزية في خدمة التجمعات السكانية حولها من خلال مدّهم بما يحتاجون من خدمات وأنشطة بالاعتماد على تقليل مسافة الرحلة التي يقطعها أي شخص ضمن المنطقة التي يقع فيها للحصول على الخدمات الأساسية كالصحة والتعليم وغيرها. كما يمكن أن تسهم الدراسة في معرفة مدى إمكانية تطبيق هذه النظرية على السهل الساحلي لمنطقة جازان، وإسهامها في محاولة إعادة صياغة النظام الهرمي فيها وإيصال الخدمة إلى المستفيدين بشكل أيسر وأكثر بساطة من الواقع الحالي. وذلك خلال تحقيقها للهدف الرئيسي من الدراسة وهو إمكانية تطبيق نظرية الأماكن المركزية على السهل الساحلي بمنطقة جازان بالمملكة العربية السعودية.

ثانياً: الإطار النظري والدراسات السابقة:

أ- الإطار النظري:

يعرف المكان المركزي بأنه " أي مدينة أو بلدة تكون مركزاً لوحدة إقليمية وتزودها بسلع مركزية مثل الآلات الزراعية، وخدمات مركزية مثل خدمات المستشفى، ويتم تقديم هذه السلع والخدمات لسكان المركز أو الإقليم الذي يخدمه على حد سواء (الشاعر، ١٩٨٦م).

وقد طرح كريستالر نظريته المعروفة بنظرية الأماكن المركزية في ثلاثينات القرن الماضي، عندما نشر أطروحته لدرجة الدكتوراه في العام ١٩٣٣م وذلك بتطبيقها على منطقة بافاريا في جنوب ألمانيا. ولقد أضاف لوش (Losch) إضافات جوهرية على النظرية

وتبعه في ذلك بيكمان (Bechmann)، وديسي (Dacca)، وبرايين بري (Brian Berry). وهناك العديد من الدراسات التي لا حصر لها في مختلف بلدان العالم عن تطوير وتطبيق هذه النظرية (السرياني والصالح، ١٩٧٩م).

وكان الأثر لأفكار كريستالر محدوداً في ألمانيا، ولكن عندما تم ترجمة دراسته إلى اللغة الإنجليزية ووصولها إلى الولايات المتحدة الأمريكية في أربعينيات وخمسينيات القرن العشرين بدأت قيمتها تتضح بشكل كبير من خلال التمهيص والنقد الشديدين (الشاعر، ١٩٨٦م).

وتقوم نظرية الأماكن المركزية على أساس وجود نظام وترتيب طبيعي يتحكم في انتشار المدن وتوزيعها. ويشدد كريستالر في نظريته على أن المدينة لا تقوم في موقعها على الراجح إلا حين يدعوها الريف إلى القيام بخدمات مركزية لا يمكن قيامها مبعثرة في الريف (السرياني والصالح، ١٩٧٩م)، وتستمد المدينة وجودها من الظهير المحيط بها، غير أن هناك بعض المدن التي تعود أسباب نشأتها إلى وظائف خاصة كالعواصم والقواعد البحرية وأماكن الترفيه ومراكز الصناعة، وهذه لا تتحدد أماكنها بعامل الخدمات التي تقدمها، وإنما تتحدد بظروف موضوعية وتضاريسية أو تاريخية خاصة. ولو لم تكن هذه الظروف الخاصة موجودة فإن المدن ستقوم بالرغم من ذلك لضرورة الحاجة إلى تركيز وظائف أساسية في المدينة وهي ما يطلق عليه اسم الخدمات المركزية (حمدان، ١٩٧٢م)، تلك الخدمات التي أسس كريستالر أصول نظريته عليها فمبدأ التسويق كان هو اللبنة الأولى لقيام هذه النظرية.

وتقوم نظرية كريستالر على منطقة خيالية تتصف بما يأتي:

- المنطقة سهل مستو، غير مميز بخصائص طبيعية عاتقة أو أي مظاهر بشرية.
- إن الحركة من وإلى هذه المنطقة سهلة وميسورة كما أن التنقل بين مختلف بقاع هذه المنطقة أمر ميسور أيضاً.
- السكان موزعون في هذه المنطقة توزيعاً منتظماً وعلى كافة بقاع المنطقة.
- أن السكان يتصرفون في هذه المنطقة طبقاً لقانون تقليل المسافة، القاضي بأن الإنسان يحاول أن يسلك أقصر الطرق أثناء التنقل في هذه المنطقة، خاصة عند شراء ما يلزمه منها.

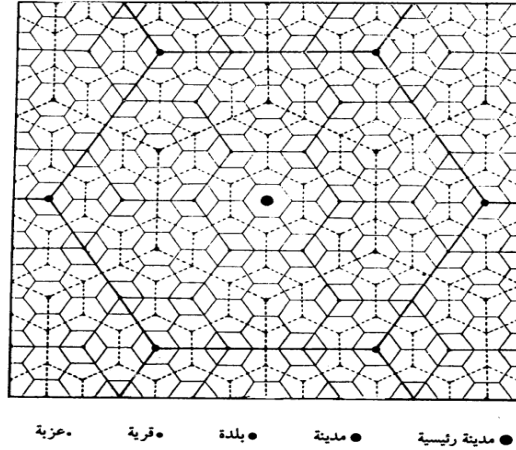
- إن أنسب شكل لإقليم مراكز الخدمات هو الشكل السداسي الذي يحقق معظم شروط الدائرة ولا يترك فجوات في الإقليم دون خدمات (السرياني والصالح، ١٩٧٩م). ويمكن تلخيص العناصر الرئيسية للنموذج الذي اقترحه كريستالر بأن تكون الأماكن المركزية لنفس المستوى متباعدة بانتظام مشكلة شبكة ثلاثية تقع ضمن مناطق الخدمة السداسية المراكز ذات التصنيف الأعلى، وأن ترتب الأماكن ذات الأحجام المختلفة في نظام تسلسلي حسب أهمية الوظائف التي تؤديها. ويقل عدد الأماكن المركزية الأكبر وتتباعدها عن بعضها، ثم تقع الأماكن المركزية الأخرى على نقاط الجذب للمثلثات المكونة من المراكز الأكبر. وتؤدي المراكز الأعلى ترتيباً جميع وظائف المراكز ذات الترتيب الأدنى بالإضافة إلى الوظائف المتخصصة التي تتميز بها. وتكون مناطق الخدمة للأماكن المركزية ذات الترتيب الأعلى أكبر مساحة من مناطق الخدمة للأماكن ذات الترتيب الأدنى، وهكذا تقع الأماكن المركزية ذات الترتيب الأدنى ضمن مناطق الخدمة للمراكز ذات الترتيب الأعلى (الشاعر، ١٩٨٦م).

جدول رقم (١): ترتيب المستوطنات عند كريستالر.

نوع المستوطنة	الترتيب	عدد السكان التقريبي	المسافة من المستوطنات الأخرى (كم)	مساحة منطقة الخدمة (كم ^٢)	سكان منطقة الخدمة
مدينة رئيسية	الأعلى	500000	187	35000	2025000
مدينة كبيرة		100000	109	11650	675000
مدينة صغيرة		30000	63	3880	225000
بلدة كبيرة		10000	36	1243	75000
بلدة صغيرة		4000	21	414	24000
قرية		2000	13	140	8100
عزبة	الأسفل	1000	7	47	2700

المصدر: الشاعر، ١٩٨٦م، ص ٢٧٤.

شكل رقم (١): الترتيب السداسي الخاص بنموذج كريستالر.



المصدر: الشاعر، ١٩٨٦م، ص ٢٧٤.

ب- الدراسات السابقة:

نظراً لتعدد العلوم المهمة بالمدن تعددت المحاولات النظرية التي وضعت لتفسير وتحديد حجم ووظائف المدن؛ ومنها نظرية الأماكن المركزية لكريستالر التي تقوم على أساس وجود نظام وترتيب طبيعي يتحكم في انتشار المدن وتوزيعها. وساعدت الثورة الكمية وتوفر أجهزة الحاسب الآلي والأساليب الإحصائية المتقدمة الكثير من الباحثين في الحصول على المعلومات والبيانات الضخمة للتطبيق والتحليل والتفسير والتوصل إلى نتائج وتوصيات، وبالرغم من مرور عدة عقود على نظرية كريستالر إلا أننا نجد العديد من الدراسات الأجنبية والعربية والمحلية تناولت النظرية. فهناك دراسات أجنبية وجدت بأن هناك ارتباط بين الوظائف المركزية والمستوطنات (Boussauw et al., (2014، Dale & Sjøholt (2007)، Morrill (1987)، Neal (2011)، Shearmur & Doloreux, (2015)، Van Meeteren & Poorthuis, (2018) واستطاع تابوتشي وديس (Tabuchi and Thisse, 2011) من تقديم نموذج جغرافي اقتصادي جديد للأماكن المركزية وتوصل إلى أن العمال ينجذبون إلى الأماكن

التي يوجد بها العديد من الشركات. وذكر هسو و مروجان (Hsu and Morgan, 2014) بأن نظرية المكان المركزي تعد اللبنة الأساسية في الجغرافيا الاقتصادية وتقدم وصفاً لأنظمة المدينة. وحاولت دراسة تشاو وآخرون (Zhao et al ٢٠٢٣)، تطبيق نظرية الأماكن المركزية على نظام الاتصالات في منطقة جينغ جين جي (Jing-Jin-Ji) الريفية، باستخدام البيانات الضخمة، حيث توصلت الدراسة إلى وجود اتفاق ما بين نظرية الأماكن المركزية ونطاق الخدمة في منطقة جينغ جين جي (Jing-Jin-Ji) الريفية.

ففي الدراسات العربية أظهرت دراسة المعيوف (٢٠١١م) عند تطبيقه للنظرية على محافظة المفرق إلى تحديد سبع طبقات، وأن التوزيع الشبكي للتجمعات السكانية في المحافظة يشهد نقصاً في مستوى المراكز التنموية خاصة في الطبقتين السادسة والسابعة، إضافة إلى تدني الخدمات، كما تعاني البنية الهرمية في الطبقات الأخيرة من اختلال تنموي. وقارن حمزة (٢٠١٦م) في دراسته عن مدينة بابل بين علاقة النظام الحضري بنظرية الأماكن المركزية، وتوصلت الدراسة إلى أن المحافظة في المستقبل لو توسعت بنشوء مراكز حضرية جديدة في الأماكن الفارغة منها الشمال والجنوب سيميل نمطها نحو الانتظام بسبب طبيعة أرضها المنبسطة وربما يظهر فيها النمط السداسي كما هو عند كريستالر. وتوصلت السقاف وآخرون (٢٠١٨م) في دراستهم التحليلية عن نظريات التخطيط الإقليمي، إلى أن هناك نظريات متنوعة في التخطيط الإقليمي، ولكل نظرية موضوع محدد تدور حوله، ويحدث النمو والتنمية الإقليمية وفقاً لهذه النظريات بطرق متعددة وبآليات مختلفة، وتطرق إلى نظرية كريستالر وأنها من النظريات الجغرافية التي ركزت على مواقع التجمعات العمرانية على سطح الإقليم.

بالنسبة للدراسات المحلية نجد أن دراسة القحطاني (١٩٩٣م) عن التوزيع المكاني للخدمات في منطقة الباحة وجدت أن التسلسل الهرمي في الباحة لا يمكن توضيحه بواسطة نظرية الأماكن المركزية وفسر ذلك بأن السكان غير موزعين بطريقة متساوية من ناحية وشبكة الطرق بها غير منظمة من ناحية أخرى. وعلى العكس من ذلك وجد الشريعي (١٩٩٥م) في دراسته عن التوزيع الحجمي لمدن عسير أن هناك تناسب واضح بين مدن

عسير في الهيراركية من حيث الوظائف والحجم، ولا يظهر هذا التناسب في المسافات، أي أن النظرية يمكن تطبيقها كوظائف وخدمات وأيضاً كأحجام، إلا أن الانتظام في المسافات بين المدن ذات الأحجام والوظائف المحددة لا يتحقق. واستطاع الجار الله والهويش (١٩٩٩م) من خلال دراسته التي قدمت عرض تحليلي لنظرية المكان المركزي، وتحديد درجة مركزية المستوطنات وتصنيفها في المنطقة الشرقية، تصنيف مراكز الاستيطان في المنطقة الشرقية إلى خمسة مستويات حضرية معتمدة على ٢٨ متغير لتحديد درجة المركزية. وهناك العديد من الدراسات السابقة المحلية ذكرت النظرية في الإطار النظري لدراستهم، منها دراسة الجابري (٢٠٠٨م) عن التحضر في المملكة العربية السعودية، ودراسة الغزواني (٢٠١٤م) عن النمو الحضري وعلاقته بالتخطيط للتنمية الإقليمية المتوازنة في منطقة جازان، ودراسة السليم والدغيري (٢٠٢٢م) عن التحليل المكاني للأسواق الأسبوعية بمنطقة القصيم.

وتعقياً على ما سبق صممت نظرية الأماكن المركزية في الأساس لتحديد حجم وتوزيع المدن، وطبقت فيما بعد في مسائل اقتصادية، بل أن بعض الدراسات ذهبت لأبعد من ذلك فنجد دراسة آدامز ووكاساكوف (Adams and Kasakoff, 1976) ربطت بين نظرية الأماكن المركزية وزواج الأقارب في الصين، ومهما يكن نجد أن موضوع إمكانية تطبيق نظرية الأماكن المركزية حظي باهتمام كثير من الباحثين في مختلف دول العالم، وجاءت نتائج بعض الدراسات متوافقة في بعض الجوانب، ومختلفة في الجوانب الأخرى، بل أن بعضهم ذهب إلى صعوبة تطبيقها، نتيجة لصعوبة تطبيق شروط النظرية، ومن ضمنها شرطين أساسيين افترضها كريستالر هما التجانس الطبيعي والتجانس الاقتصادي وهذا نادراً ما يتحققان في الواقع، ولا يجب أن يغفل عاملي طرق النقل وعدم انتظام أشكال سطح الأرض الذين يشوهان الشكل السداسي الذي افترضه كريستالر؛ فالطرق الرئيسية للنقل قد تغدي القرية فتجعل منها مدينة.

ثالثاً: منطقة الدراسة:

تعد منطقة جازان إحدى المناطق الإدارية الثلاث عشرة للمملكة العربية السعودية، وتقع في أقصى جنوبي غرب المملكة وتطل على ساحل البحر الأحمر، وتحدها منطقة عسير من جهتي الشمال والشمال الشرقي، والجمهورية اليمنية من جهتي الجنوب والجنوب الشرقي، فيما يحدها البحر الأحمر من جهة الغرب. وتقع المنطقة بين درجتي عرض $(N16.384666^\circ)$ و $(N18.019416^\circ)$ شمالاً وخطي طول $(E41.939843^\circ)$ و $(E43.228223^\circ)$ شرقاً. وتضم المنطقة ١٦ محافظة و ٤٥ مركزاً إدارياً. وتعد مدينة جازان العاصمة الإدارية للمنطقة وأكبر مدنها ومركز كبير للعديد من الخدمات، ويتألف سطح المنطقة من مظهرين تضاريسيين أحدهما شرقي ويتمثل في المرتفعات الجبلية والآخر غربي ويشمل باقي المنطقة والمكون من منطقة سهلية ساحلية (القحطاني، ٢٠١٧م). وتمتاز المنطقة بتنوعها البيئي والمناخي وهي من أهم المناطق الزراعية في المملكة. وتعتبر منطقة جازان ثاني أصغر مناطق المملكة مساحة بعد منطقة الباحة إذ تقدر مساحتها بنحو ١٣٤٥٧ كم^٢، ولقد بلغ الحجم السكاني لمنطقة جازان في عام (٢٠١٠م) حوالي (١٣٦٥١١٠) نسمة، ارتفع العدد ليصل في عام (٢٠٢٢م) إلى (١٤٨٤٦٥١) نسمة، بزيادة سنوية تقدر (٩٩٦١) نسمة سنوياً. ويوضح الجدول (٢) التباين المكاني لعدد السكان في محافظات المنطقة لعام ٢٠٢٢م، حيث أتضح ارتفاع العدد في مقر الامارة بحوالي (٢٩٩٩١١) نسمة، ونسبة تقدر (٢٠٪) من إجمالي سكان المنطقة، يليها محافظة صبيا بحوالي (٢٢٣٠٨٣) نسمة، ونسبة بلغت (١٥٪)، أما محافظتي أبو عريش وصامطة شكلت مجتمعة (٢٣٪)، أما بقية المحافظات جاءت بأقل من ١٠٪.

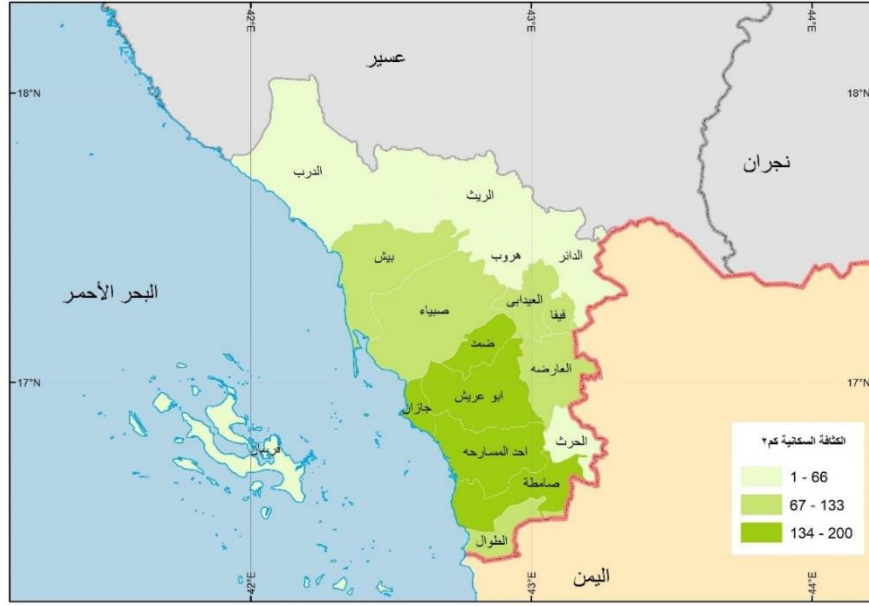
أما بالنسبة للكثافة السكانية يتضح من الشكل (٢) ارتفاعها ما بين ١٣٤ - ٢٠٠ نسمة/ كم^٢ في محافظات (جازان، أبو عريش، ضمد، أحد المسارحة، صامطة)، في حين تعد محافظات (الطوال، العارضة، فيفا، العيدابي، صبيا، بيش) ذات كثافة سكانية متوسطة تتراوح ما بين ٦٧ - ١٣٣ نسمة/ كم^٢، وانخفضت الكثافة السكانية إلى أقل من ٦٧ نسمة/ كم^٢ في محافظات (الحرث، الدائر، هروب، الريث، الدرب).

جدول رقم (٢): التوزيع العددي والنسبي لسكان منطقة جازان ٢٠٢٢ م.

م	المحافظة	العدد	النسبة
١	مقر الامارة	200911	14.3
٢	صبيا	223083	15.9
٣	أبو عريش	187060	13.3
٤	صامطة	154926	11
٥	أحد المسارحة	130545	9.3
٦	بيش	86996	6.2
٧	العارضة	79730	5.7
٨	الدرب	68965	4.9
٩	ضمد	64136	4.6
١٠	الدائر	47424	3.4
١١	الطوال	36259	2.6
١٢	العيدابي	32940	2.3
١٣	هروب	30709	2.2
١٤	فيفا	19346	1.4
١٥	الريث	16877	1.2
١٦	فرسان	13529	1
١٧	الحرث	11561	0.8
	الاجمالي	1404997	100

المصدر: التعداد العام للسكان والمساكن ، الهيئة العامة للإحصاء ٢٠٢٢ م.

شكل رقم (٢): الكثافة السكانية لمحافظة جازان لعام (٢٠٢٢م).



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للإحصاء ٢٠٢٢م.

رابعاً: الإجراءات المنهجية للدراسة:

أ- منهج الدراسة:

تتخذ هذه الدراسة من المنهج الاستقرائي - الاستدلالي إطاراً منهجياً لها، معتمد على استخدام الأساليب التحليل السكاني والمكاني كالتوزيع العددي والنسبي للسكان وكثافتهم، وذلك من أجل تحقيق هدفها.

ب- مصادر البيانات:

استمدت هذه الدراسة البيانات اللازمة لتحقيق أهدافها والإجابة على تساؤلاتها البحثية من الإحصاءات والمطبوعات الحكومية المتوفرة لدى الهيئة العامة للإحصاء و المركز الوطني للمحفوظات والوثائق، بالإضافة إلى العديد من الكتب والمجلات

والدوريات العلمية. كما تم استخدام خرائط بمقياس رسم ١:٢٥٠٠٠٠ لمنطقة جازان صادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، وصورة فضائية للقمر Landsat-8 بدقة مساحية ٣٠م لكل خلية.

ج- أداة الدراسة:

تم استخدام برنامج (ArcGIS10.7.1) لدراسة التجمعات البشرية في السهل الساحلي لمنطقة جازان، وتوزيعها، وانتشارها، ودراسة حجم السكان، وتوزيعهم المكاني، والكشف عن النمط أو التكتل المكاني للمراكز العمرانية وامتدادها الجغرافي بالسهل الساحلي لمنطقة جازان ومقارنه ذلك مع نظرية الأماكن المركزية من خلال الخطوات التالية:

- ١- تحديد نطاق الدراسة.
- ٢- حصر التجمعات العمرانية وتصنيفها وفق نظام المناطق في وزارة الداخلية.
- ٣- تمثيل الارتباط الحالي للتجمعات العمرانية.
- ٤- إنشاء الأشكال السداسية للنظرية المركزية وتطبيقها على منطقة الدراسة.

خامساً: التحليل والمناقشة:

أ- النطاق المكاني للدراسة:

بناءً على نظام المناطق الصادر في ٢٧/٨/١٤١٢ هـ نصت مادته الثالثة على " تتكون كل منطقة إدارياً من عدد من المحافظات فئة (أ)، والمحافظات فئة (ب)، والمراكز فئة (أ)، والمراكز فئة (ب)، ويراعى في ذلك الاعتبارات السكانية والجغرافية والأمنية وظروف البيئة وطرق المواصلات. وترتبط المحافظات بأمير المنطقة، ويتم تنظيمها بأمير ملكي بناءً على توصية من وزير الداخلية. أما المراكز فيصدر بشأنها وارتباطها قرار من وزير الداخلية بناءً على اقتراح من أمير المنطقة (المركز الوطني للوثائق والمحفوظات، ١٤١٢هـ).

وتعد منطقة جازان إحدى مناطق المملكة الثلاث عشرة، وتتكون المنطقة من ١٦ محافظة بالإضافة إلى أمانة المنطقة، ومن ٤٦ مركز إداري. وقد بلغ عدد سكان المنطقة

حسب التعداد السكاني للعام ٢٠٢٢ م (١٤٠٤٩٩٧) نسمة. ويدخل ضمن نطاق الدراسة فقط المحافظات والمراكز التي تقع ضمن السهل الساحلي أو ما يعرف بمنطقة تهامة جازان وعددها ١١ محافظة بالإضافة إلى أمانة المنطقة، وعدد ٢١ مركز إداري مرتبطة بهذه المحافظات، وأكثر من ١٠٠٠ قرية وبلدة صغيرة (شكل ٣). ويبلغ عدد سكان نطاق الدراسة (١,٢١٠,٧٩٩) نسمة وبنسبة تتجاوز (٨٨٪) من مجموع سكان المنطقة. ويضم السهل أكبر المراكز الحضرية سكاناً بالمنطقة مثل مدينة جازان وصبيا وييش وأبو عريش وصامطة. ويوضح الجدول (٣) توزيع السكان في هذه المحافظات وعدد المراكز والقرى الواقعة ضمن نطاق الدراسة.

وترتبط المحافظات الست عشرة بالعاصمة الإدارية للمنطقة مدينة جازان، والتي تعد المركز الرئيس لجميع الدوائر الحكومية والمرجع الوحيد أحياناً للعديد من المصالح الحكومية، والكثير من الخدمات في المحافظات والمراكز. ويتعين على السكان في كثير من الأحيان مراجعة المدينة الرئيسية "جازان" لقضاء العديد من حوائجهم وخدماتهم كالسفر بالطائرة أو الدراسة بالجامعة أو غيره من المعاملات التي لا تُقضى إلا في المدينة الرئيسية. ويوضح الشكل (٤) نمط الارتباط الإداري للمحافظات والمراكز في منطقة الدراسة. كما ترتبط المراكز الإدارية هي الأخرى بالمحافظات دون مراعاة للمسافة أو العوامل الجغرافية الأخرى. فنجد في بعض الأحيان ارتباط مركز بمحافظة بعيدة على الرغم من وجود محافظة أخرى أقرب للمركز من المحافظة التي يرتبط بها، وهذا يتسبب في الكثير من الصعاب في إنجاز بعض الخدمات الحكومية أو الخدمية من هاتف ومياه وكهرباء. ويوضح الجدول (٤) مسافة الارتباط الإداري للمحافظات بالعاصمة الإدارية، وارتباط المراكز بالمحافظات.

جدول رقم (٣): محافظات ومراكز نطاق الدراسة.

م	المدينة	عدد السكان على مستوى المحافظة**	عدد المراكز	عدد القرى
١	جازان	٢٠٠٩١١	١	٤٨
٢	صبيا	٢٢٣٠٨٣	٣	١٦٣

م	المدينة	عدد السكان على مستوى المحافظة**	عدد المراكز	عدد القرى
٣	أبو عريش	١٨٧٠٦٠	٢	١٤٧
٤	صامطة	١٥٤٩٢٦	٢	١٣٩
٥	الحرث	١١٥٦١	٣	١٣٤
٦	ضمد	٦٤١٣٦	١	٣٧
٧	بيش	٨٦٩٩٦	٣	٤٢
٨	أحد المسارحة	١٣٠٥٤٥	١	٩٧
٩	العيدابي	٣٢٩٤٠	٣	٩
١٠	العارضة	٧٩٧٣٠	٣	١٤٣
١١	الدرب	٦٨٩٦٥	٤	٦٥
١٢	الطوال	٣٦٢٥٩	١	٣٢
المجموع		١٢٧٧١١٢	٢٧	١٠٥٥

المصدر: الترميز الموحد للمحافظات الإدارية بالمملكة العربية السعودية، المركز الوطني للمحفوظات والوثائق.
** التعداد العام للسكان والمساكن للعام ٢٠٢٢م، الهيئة العامة للإحصاء.

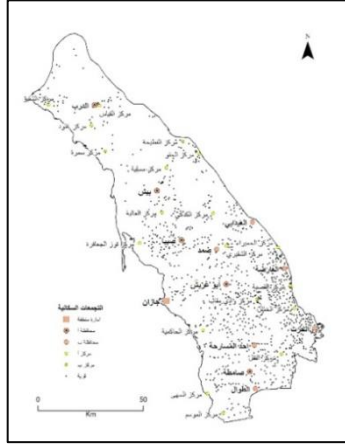
جدول رقم (٤): المسافات الأفقية بين المحافظات والمراكز والعاصمة الإدارية في منطقة الدراسة.

العاصمة	المسافة الأفقية	المحافظة	التصنيف	المسافة الأفقية كم	المركز	التصنيف
جازان	١٠٠ كم	الدرب	محافظة أ	٢٠٢	القياس	مركز أ
				٢١	الشقيق	مركز أ
				٢٢.٦	سمرة	مركز ب
				١٠	عتود	مركز أ
	٧١ كم	الحرث	محافظة ب	١٣.٦	الخشل	مركز أ

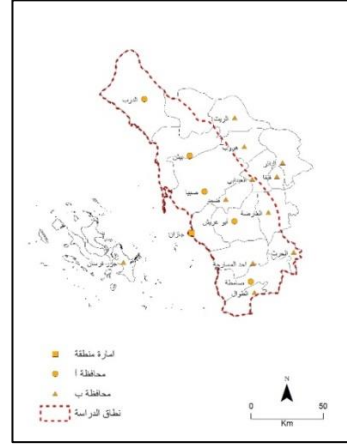
العاصمة	المسافة الأفقية كم	المحافظة	التصنيف	المسافة الأفقية كم	المركز	التصنيف
	٦٠ كم	الطوال	محافظة ب	١٩.٣ كم	الموسم	مركز أ
	٥٨ كم	العارضة	محافظة ب	١٠ كم	الحميراء	مركز أ
				٨ كم	القصبية	مركز أ
	٥٥ كم	العيدابي	محافظة ب	-	-	
	٥٢.٥ كم	بيش	محافظة أ	٢٦.٦	الحقو	مركز أ
				١١.٧	مسلية	مركز أ
				١٣.٤	الخلاوية والنجوع	مركز ب
	٥٢ كم	صامطة	محافظة أ	١٧	الففل	مركز أ
				٢٢	السهي	مركز أ
	٤٦.٨ كم	أحد المسارحة	محافظة ب	٢٥	الحاكمية	مركز أ
	٣٤ كم	ضمد	محافظة ب	٤.٨	الشميري	مركز أ
	٣٠ كم	صيبا	محافظة أ	١٩.٦	الكدمي	مركز أ
				١٦.٢	العالية	مركز أ
				٢٠	قوز الجعافرة	مركز أ
	٣٠ كم	أبو عريش	محافظة أ	١٤.٣	وادي جازان	مركز أ
				١٦.٣	وادي مقاب	مركز ب
				٧٦	القطيحة	مركز ب
متوسط المسافة	٥٣.٣ كم			١٨.٥		

المصدر: من إعداد الباحث.

شكل رقم (٤): توزيع المدن والمحافظات والمراكز والقرى في نطاق الدراسة.

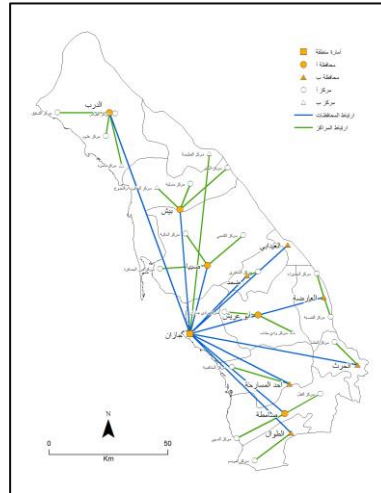


شكل رقم (٣): محافظات منطقة جازان.



المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على خريطة الأساس المصدر: من إعداد الباحث.
الصادرة من هيئة المساحة الجيولوجية.

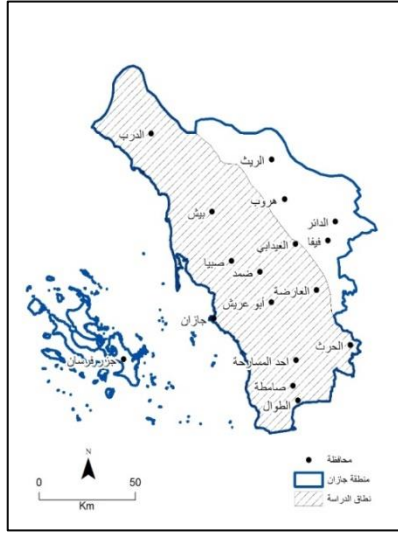
شكل (٥): نمط الارتباط الإداري للمحافظات والمراكز في منطقة الدراسة.



المصدر: من إعداد الباحث.

وتشترط نظرية كريستالر لتطبيقها أن يكون سطح الأرض منبسطة و متجانساً بحيث لا يحقق فيه موضع ما ميزة نسبية عن الآخر، وأن لا يتمتع أي موقع بميزة اقتصادية خاصة، وأن تخدم جميع أجزاء المظهر الجغرافي من أمكنة مركزية، وأن يتم شراء السلع من أقرب مكان مركزي، وأن تتصف حركة المستهلك بحدها الأدنى وفقاً لمبدأ تقليل المسافة (الشاعر، ١٩٨٦م). ووفقاً لذلك تم تحديد نطاق الدراسة بالمنطقة السهلية المستوية من منطقة جازان واستثناء النطاق الجبلي من الدراسة. وقد بلغت مساحة نطاق الدراسة حوالي (٨٨٨٢ كم^٢) أي ما نسبته ٦٦٪ من مساحة المنطقة، فيما بلغ عدد سكان نطاق الدراسة حوالي (١,٢٧٧,١١٢) نسمة. ويبلغ طول نطاق الدراسة من الجنوب إلى الشمال حوالي (١٩٠ كم) وبمتوسط عرض من الشرق إلى الغرب حوالي (٤٥ كم). وقد بلغ عدد المحافظات التابعة لنطاق الدراسة ١١ محافظة بالإضافة إلى إمارة المنطقة، و ٢١ مركز إداري موزعة بين فئتي أ و ب، و ١٠٥٥ قرية، شكل (٦).

شكل رقم (٧): خريطة نطاق الدراسة.



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية.

شكل رقم (٦): خريطة منطقة جازان.



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المساحة الجيولوجية.

ب- تطبيق نظرية الأماكن المركزية على نطاق الدراسة:

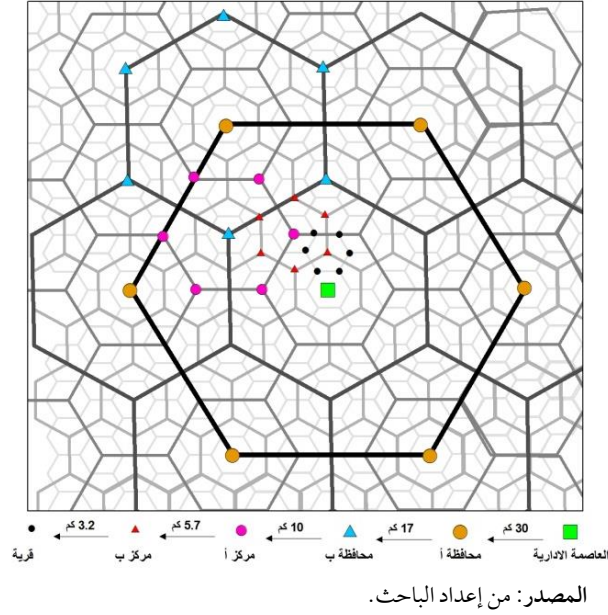
تم اقتراح خمس مستويات من الشكل السداسي بهدف تطبيق نظرية الأماكن المركزية على نطاق الدراسة بمنطقة جازان، وتم اعتماد المستويات الخمس من التنظيم المركزي للأماكن بناءً على التنظيم المعتمد من قبل وزارة الداخلية، بحيث تأخذ المدينة الرئيسة في منطقة الدراسة المستوى الأول، في حين تأخذ المحافظات فئة (أ) المستوى الثاني، والمحافظات فئة (ب) المستوى الثالث، بينما تأخذ المراكز الإدارية فئة (أ) المستوى الرابع، والمراكز الإدارية فئة (ب) المستوى الخامس وفق ترتيب من الأعلى إلى الأسفل. ويوضح الجدول (٥) ترتيب المستويات والمسافة بين كل مستوى وآخر ومساحة المستوى. وبين الشكل (٨) النموذج المقترح لتطبيق نظرية الأماكن المركزية لكريستالر على السهل الساحلي لمنطقة جازان.

جدول (٥): ترتيب المستويات المقترحة والمسافة بين كل مستوى وآخر ومساحة كل مستوى.

المستوى	مركز الشكل	الأطراف	المسافة الأفقية (كم)	مساحة الشكل (كم ^٢)
الأول	العاصمة الإدارية	المحافظات فئة أ	٣٠	٢٣٠٠
الثاني	المحافظات فئة أ	المحافظات فئة ب	١٧	٧٧٠
الثالث	المحافظات فئة ب	المراكز فئة أ	١٠	٢٥٥
الرابع	المراكز فئة أ	المراكز فئة ب	٥.٧	٨٥
الخامس	المراكز فئة ب	القرى	٣.٢	٢٨

المصدر: من إعداد الباحث..

شكل رقم (٨): النموذج المقترح تطبيقه على نطاق الدراسة.



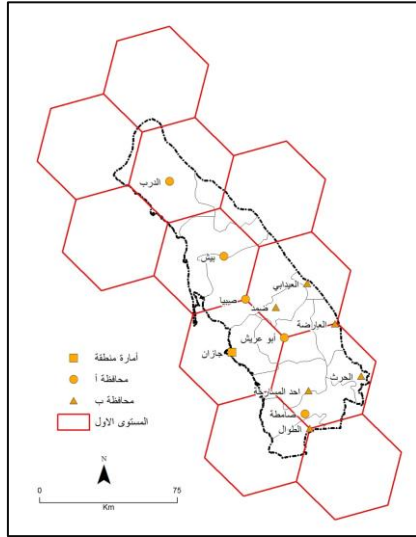
• المستوى الأول من الشكل السداسي:

تم تحديد مدينة جازان المدينة الرئيسية للنموذج المقترح ومركز الخدمات للمستوى الأول إذ أنها تحتوي على ١٠٤ خدمة تقدمها لسكان المدينة وتقدم بعض منها للمدن والمراكز والقرى على مستوى المنطقة، وتم رسم ضلع يبلغ طوله ٣٠ كم يربط مدينة جازان المدينة الرئيسية في النموذج مع المدن من المستوى الثاني في النموذج وهي المدن القريبة من المدينة الرئيسية وهي مدينة صبيا البالغ عدد سكانها ٦٣١٤٣ نسمة وعدد سكان المحافظة ٢٢٣٠٨٣ نسمة، ويتبع لها ٣ مراكز و ١٦٣ قرية، ومدينة أبو عريش البالغ عدد سكانها ٦١٠٤٧ نسمة وعدد سكان المحافظة ١٨٧٠٦٠ نسمة ويتبع لها مركزين و ١٤٧ قرية.

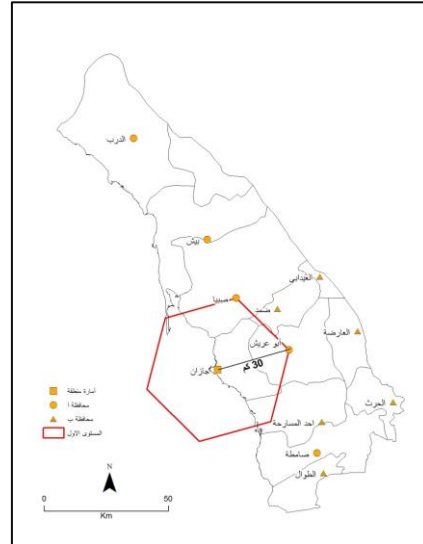
وقد اعتمد الباحثان هذا الشكل السداسي المقترح بطول ضلع ٣٠ كم ليكون هو الشكل السداسي من المستوى الأول، ويكون مركز الشكل السداسي من المستوى الأول

المدينة الرئيسية جازان وتتكون في زوايا الشكل السداسي مدن المستوى الثاني وهي محافظات الفئة (أ)، على أن يستند في بناء الأشكال السداسية المقترحة للمستويات الدنيا على الشكل السداسي من المستوى الأول الذي تعد مدينة جازان مركزه الرئيس، وتبلغ مساحة الشكل حوالي ٢٣٠٠ كم٢.

شكل (٩): المستوى الأول من الترتيب المركزي. شكل (١٠): خريطة الشكل السداسي من المستوى الأول.



المصدر: من عمل الباحث.



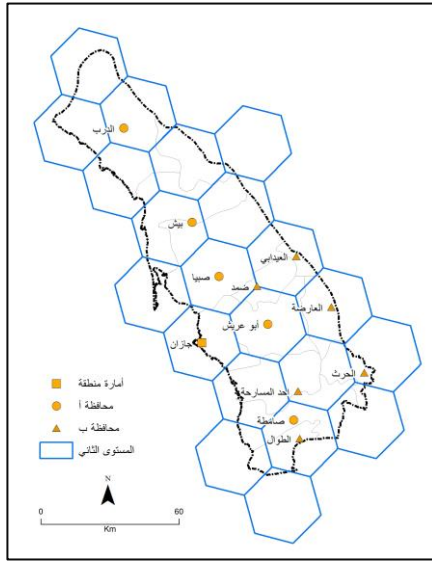
المصدر: من عمل الباحث.

● المستوى الثاني من الشكل السداسي:

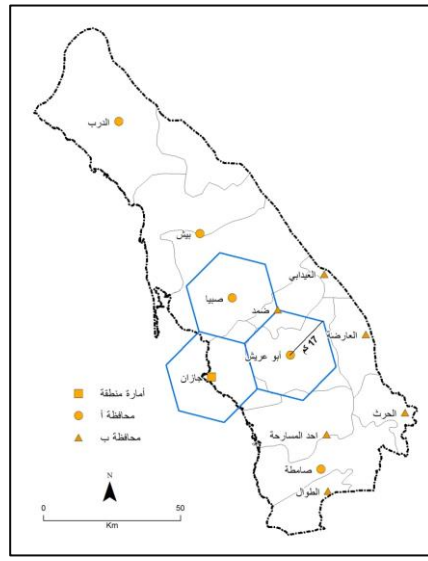
في المستوى الثاني من الشكل السداسي اعتمدت المحافظات من الفئة (أ) كمركز للشكل. ويبلغ طول ضلع المثلث في الشكل السداسي ١٧ كم على أن تتوزع المحافظات من الفئة (ب) على زوايا الشكل السداسي. ويوضح الشكل (١١) الشكل السداسي للمستوى الثاني. ويلاحظ أن مدينة جازان مركز المستوى الأول هي أيضاً مركز للمستوى الثاني في حين أن محافظتي صبيا وأبو عريش من الفئة (أ) هي مركزي المستوى الثاني، وهذا ما يقترح أن

تكون عليه بقية المحافظات من الفئة (أ) في منطقة الدراسة وفقاً لنظرية الأماكن المركزية، وتبلغ مساحة الشكل حوالي ٧٧٠ كم^٢.

شكل (١١): المستوى الثاني من الترتيب
شكل (١٢): خريطة الشكل السداسي من
المستوى الثاني.



المصدر: من عمل الباحث.

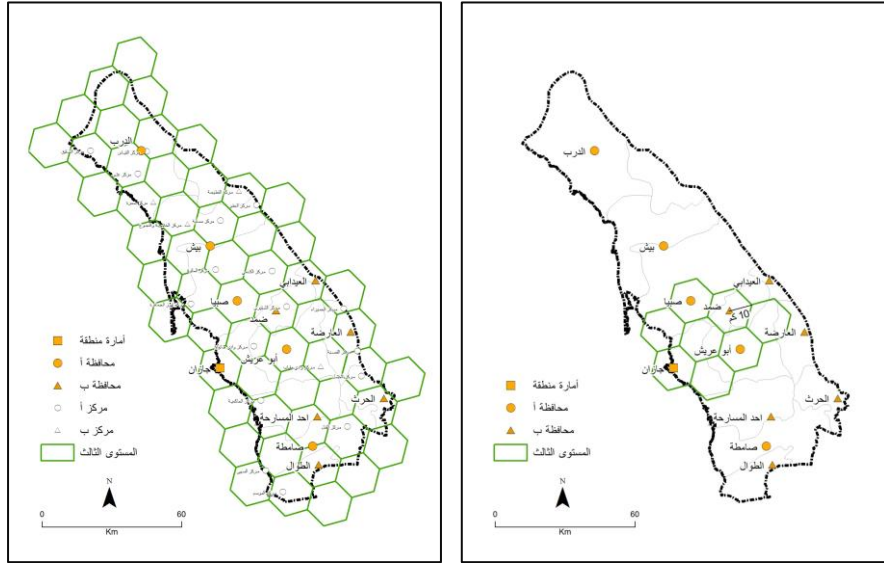


المصدر: من عمل الباحث.

• المستوى الثالث من الشكل السداسي:

في المستوى الثالث من الشكل السداسي اعتمدت المحافظات من الفئة (ب) كمركز للشكل السداسي وبلغ طول ضلع المثلث في الشكل السداسي ١٠ كم وتتنوع المراكز من الفئة (أ) على زوايا الشكل السداسي بحيث تكون المحافظة من فئة (ب) هي المركز للشكل السداسي ويحيط بها المراكز من الفئة (ب) كمستوى رابع في الترتيب الهرمي للنظام المركزي للأماكن، وتبلغ مساحة الشكل ٢٥٥ كم^٢.

شكل رقم (١٣): المستوى الثالث من الترتيب المركزي.
شكل (١٤): خريطة الشكل السداسي من المستوى الثالث.



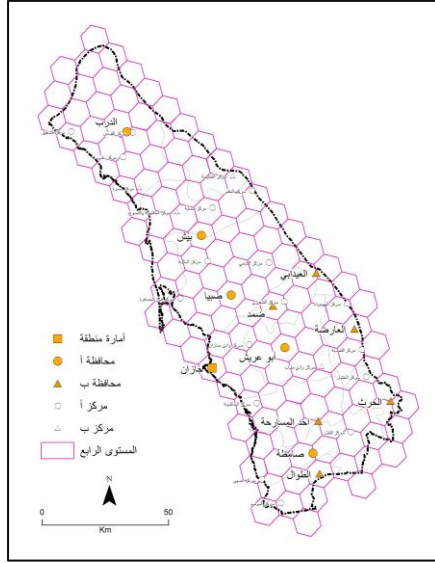
المصدر: من عمل الباحث.

المصدر: من عمل الباحث.

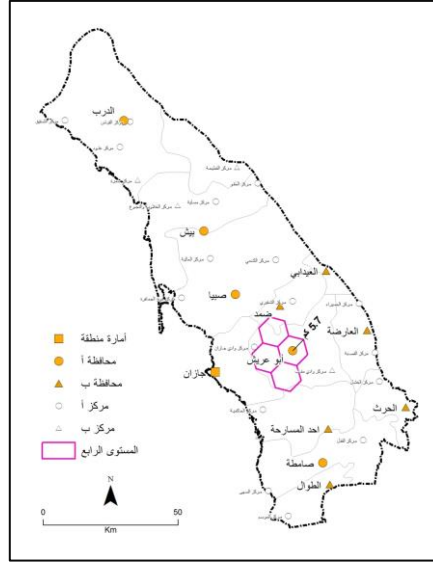
• المستوى الرابع من الشكل السداسي:

في المستوى الرابع من الشكل السداسي اعتمدت المراكز من الفئة (أ) كمركز للشكل السداسي، وبلغ طول ضلع المثلث في الشكل السداسي ٥.٧ كم، وتوزع المراكز من فئة (ب) على زوايا الشكل السداسي، وتبلغ مساحة الشكل ٨٥ كم^٢.

شكل رقم (١٥): المستوى الرابع من الترتيب المركزي.
شكل (١٦): خريطة الشكل السداسي من المستوى الرابع.



المصدر: من عمل الباحث.



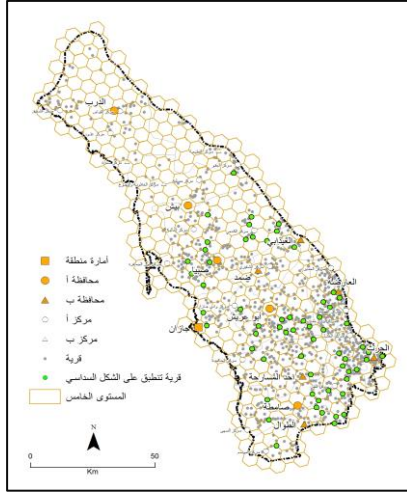
المصدر: من عمل الباحث.

• المستوى الخامس من الشكل السداسي:

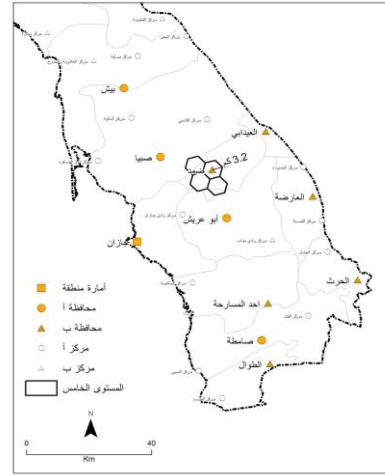
في المستوى الخامس من الشكل السداسي اعتمدت المراكز من الفئة (ب) كمركز للشكل السداسي، في حين يبلغ طول ضلع المثلث في الشكل السداسي ٣.٢ كم، وتتنوع القرى على زوايا الشكل السداسي، وتبلغ مساحة الشكل ٢٨ كم^٢.

شكل رقم (١٧): المستوى الخامس من الترتيب المركزي.

شكل (١٨): خريطة الشكل السداسي من المستوى الخامس.

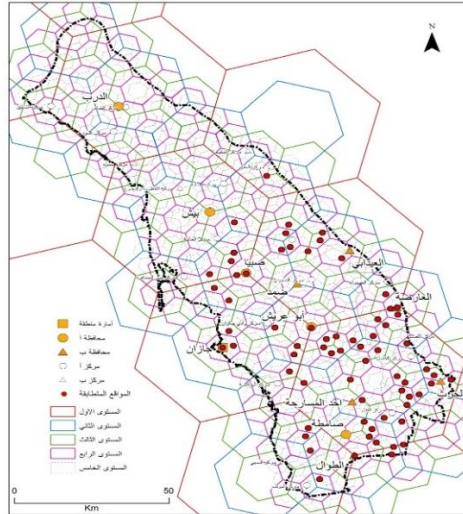


المصدر: من عمل الباحث.



المصدر: من عمل الباحث.

شكل رقم (١٩): المستويات الخمس لنموذج الأماكن المركزية بمنطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحث.

سادساً: النتائج والتوصيات:

أ- النتائج:

- بناء على دراسة نظرية الأماكن المركزية لكريستالر ومحاولة تطبيقها على نطاق السهل الساحلي في منطقة جازان من خلال بناء نموذج مقترح من خمس مستويات للأماكن المركزية في نطاق الدراسة، فقد خلص الباحثان إلى النتائج التالية:
- في المستوى الأول: تم اقتراح مدينة جازان كمركز رئيسي لهذا المستوى ثم بناء باقي المستويات في الشكل السداسي على ذلك، بحيث تنطبق المحافظات من الفئة (أ) على زوايا المستوى الأول من الشكل السداسي، وعليه فقد انطبقت محافظتي صبيا و أبوعريش من إجمالي خمس محافظات فئة (أ)، فيما انطبقت أيضاً محافظتي الطوال والعارضة وهما من محافظات الفئة (ب).
 - في المستوى الثاني: تكون المحافظات من الفئة (أ) مركزاً للشكل السداسي وتوزع على أطراف هذا الشكل المحافظات من الفئة (ب)، ولم ينطبق على زوايا هذا الشكل سوى محافظة ضمد، فيما تقترب محافظتي الحرث وأحد المسارحة من الانطباق على زوايا الشكل السداسي.
 - في المستوى الثالث: تكون المحافظات من الفئة (ب) مركزاً للشكل السداسي وتوزع على زوايا هذا الشكل المراكز فئة (أ)، ولم يلاحظ وجود أي تطابق للمراكز من فئة (أ) على زوايا الشكل السداسي.
 - في المستوى الرابع: تكون المراكز من الفئة (أ) مراكز للشكل السداسي وتوزع على زوايا هذا الشكل المراكز من فئة (ب)، ولم يلاحظ الباحثان وجود أي تطابق للمراكز من الفئة (ب) على زوايا الشكل السداسي.
 - في المستوى الخامس: تكون المراكز من الفئة (ب) مركزاً للشكل السداسي وتوزع على زوايا هذا الشكل القرى والهجر والتجمعات العمرانية، ولم ينطبق على زوايا هذا الشكل في هذا المستوى من عدد القرى البالغ ١٠٥٥ قرية سوى ٦٢ قرية.
 - تتركز معظم التجمعات السكانية (محافظات، مراكز، قرى) في الجزء الجنوبي من

نطاق الدراسة.

- تقل التجمعات السكانية في أقصى شمال نطاق الدراسة وتتوزع بشكل متباعد.

ب- التوصيات:

- بناءً على نتائج الدراسة يوصي الباحثان بالتالي:
- اعتماد تطبيق نموذج الأماكن المركزية لكريستالر بالسهل الساحلي لمنطقة جازان بعد التعديل المقترح عليه.
- ترقية بعض التجمعات السكانية من المستوى الأدنى إلى المستوى الأعلى منه، بهدف تعزيز التنمية وتقديم خدمات للتجمعات المحيطة بها.
- العمل على تنمية القطاع الشمالي من منطقة الدراسة من خلال تكثيف الخدمات لقرى ومراكز هذا القطاع.
- تعديل نظام الارتباط الإداري بحيث يرتبط كل تجمع سكاني بالمستوى الأعلى منه والأقرب إليه مباشرة عكس ما هو متبع في النظام الحالي.
- تأهيل وإنشاء عدد من الطرق بين المراكز العمرانية لخدمة ساكني هذه المراكز وتسهيل تنقلاتهم وإيصال الخدمات إليهم.

المصادر والمراجع

المراجع العربية:

- الجابري، نزهة يقظان، (٢٠٠٨م)، "التحضر في المملكة العربية السعودية"، مجلة جامعة أم القرى للعلوم الإنسانية والاجتماعية، مجلد ٢٠، العدد ٢، ص ٨٤-١٥٧.
- الجار الله، احمد و الهويش، عبد الكريم (١٩٩٩م)، "تحليل النظام الحضري للمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية بتطبيق مفهوم المكان المركزي"، الندوة الجغرافية السادسة لأقسام الجغرافية المنعقدة بجامعة الملك عبد العزيز، للفترة من ١٦ - ١٤ ذو القعدة، جدة.

- حمدان، جمال (١٩٧٢م)، جغرافية المدن، عالم الكتاب، القاهرة.
- حمزة، أميرة محمد (٢٠١٦م)، "النظام الحضري في محافظة بابل"، مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، العراق، المجلد (٣٣)، العدد ٤، ص ص ١ - ٢٣.
- السرياني، محمد محمود، والصالح، ناصر عبدالله (١٩٧٩م)، الجغرافيا الكمية والاحصائية أسس وتطبيقات، د.م، مكة المكرمة.
- السقا، هبة وحريلي، لميس وملندي، حلا (٢٠١٨م). "دراسة تحليلية في نظريات التخطيط الإقليمي"، مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة، المجلد (٩) العدد ١، ص ص ١٧ - ٣١.
- السليم، أسيل، والدغيري، محمد (٢٠٢٢م)، "التحليل المكاني للأسواق الأسبوعية بمنطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية"، مجلة الجامعة الإسلامية للعلوم التربوية والاجتماعية، المدينة المنورة، العدد ٩، ص ص ٤٠٨ - ٤٧١.
- الشاعر، عيسى موسى، (١٩٨٦م)، "نظرية المكان المركزي بين كريستالر ولوش"، مجلة كلية الآداب، المجلد ١٣ العدد ١، ص ص ٢٦٧ - ٢٩٨.
- الشريعي، احمد البدوي (١٩٩٥م)، دراسات في جغرافية العمران، دار الفكر العربي، مدينة نصر.
- عياصرة، ثائر مطلق (٢٠١٦)، "الخصائص المكانية لتوزيع المراكز العمرانية في محافظة جرش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"، مجلة دراسات العلوم الانسانية والاجتماعية، المجلد ٤٣، (٢٠١٦م)، ص ص ٥٨١ - ٦٠١.
- الغزواني، ملهي (٢٠١٤)، النمو الحضري وعلاقته بالتخطيط للتنمية الإقليمية المتوازنة في منطقة جازان، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الملك سعود، الرياض.
- القحطاني، هادية مبارك (٢٠١٧م)، تطبيق المؤشرات الجيومورفولوجية في تقييم الخطر السيلي بمنطقة جازان باستخدام التقييم متعدد المعايير ونظم المعلومات الجغرافية، الملتقى الوطني الحادي عشر لنظم المعلومات الجغرافية.

- القحطاني، محمد (١٩٩٣م)، "التحليل المكاني للخدمات في منطقة الباحة بالمملكة العربية السعودية"، مجلة العلوم الاجتماعية، الكويت، ع ١، ص ص ٢٦٠ - ٢٨٥.
- المعيوف، فيصل مناور (٢٠١١م)، "تنظيم المجال في محافظة المفرق بالمملكة الأردنية الهاشمية"، مجلة آداب البصرة، العراق، العدد ٥٥، ص ص ٢١٨ - ٢٤١.
- الهيئة العامة للإحصاء ٢٠٢٢م، التعداد العام للسكان والمساكن، الرياض.
- الهيئة العامة للإحصاء، دليل الخدمات السادس عشر، ٢٠١٧م، منطقة جازان.
- وكالة وزارة الداخلية لشئون المناطق، ١٤١٢هـ، نظام المناطق، الرياض، المركز الوطني للوثائق والمحفوظات، الرياض.

المراجع غير العربية:

- Adams, J. W., & Kasakoff, A. B. (1976). Central-place theory and endogamy in China. In *Regional analysis* (pp. 175-187). Academic Press.
- Boussauw, K., Van Meeteren, M., & Witlox, F. (2014). Short trips and central places: The home-school distances in the Flemish primary education system (Belgium). *Applied Geography*, 53, 311-322.
- Dale, B., & Sjøholt, P. (2007). The changing structure of the central place system in Trøndelag, Norway, over the past 40 years—viewed in the light of old and recent theories and trends. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 89(sup1), 13-30.
- Hsu, W. T., Holmes, T. J., & Morgan, F. (2014). Optimal city hierarchy: A dynamic programming approach to central place theory. *Journal of Economic Theory*, 154, 245-273.
- Morrill, R. (1987). The structure of shopping in a metropolis. *Urban geography*, 8(2), 97-128.
- Neal, Z. P. (2011). From central places to network bases: A transition in the US urban hierarchy, 1900–2000. *City & Community*, 10(1), 49-75.
- Shearmur, R., & Doloreux, D. (2015). Central places or networks? Paradigms, metaphors, and spatial configurations of innovation-related service use. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 47(7), 1521-1539.
- Tabuchi, T., & Thisse, J. F. (2011). A new economic geography model of central places. *Journal of Urban Economics*, 69(2), 240-252.

- Van Meeteren, M., & Poorthuis, A. (2018). Christaller and “big data”: recalibrating central place theory via the geoweb. *Urban Geography*, 39(1), 122-148.
- Zhao, P., Hu, H., & Yu, Z. (2023). Investigating the central place theory using trajectory big data. *Fundamental Research*.

Central Places Theory and its Applicability to the Coastal Plain of the Jazan Region Using GIS

Muhammad Rajab Al-Zahrani

Geography Department, Faculty of Arts & Humanities, King Abdul Aziz University

Abstract

The central places theory is based on the presence of a natural order and arrangement that controls the spread of cities and their spatial distribution, and requires the existence of an empty area characterized by flat surface with ease of movement and movement between the population agglomerations of the studied area, provided that the population is distributed on a regular basis, with the necessity of moving between the points of the region in the shortest distance. The study aimed to apply the central places theory on the coastal plain of the Jazan region in the Kingdom of Saudi Arabia. The study took the inductive and deductive approach as a methodological framework for achieving its goal, based on the results of the population census for the year 2022 AD. The Geographic Information Systems (GIS) program was used for the projection of the hexagonal shape on the population agglomerations. The study concluded that there are five levels of central places in the coastal plain, so that most of the population agglomerations are concentrated in the southern part of it, while those agglomerations are less in the far north and are distributed far apart. The study concluded with a number of scientific and practical recommendations.

Keywords: central places, Christaller, Jazan, coastal plain, GIS.

تصميم نموذج محاكاة لمخاطر السيول في حوض وادي وج بمحافظة الطائف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. أفراح بنت أحمد الزهراني

أستاذ مساعد بقسم العلوم الفيزيائية - برنامج نظم المعلومات الجغرافية - جامعة جدة
aalzahrani@uj.edu.sa

المخلص:

تهدف الدراسة لنمذجة ومحاكاة مخاطر الفيضانات على المنشآت السكنية في مدينة الطائف التي تقع في أدنى حوض وادي وج، وذلك من خلال تحليل معايير أو معلمات هذه المخاطر ونمذجتها، وبالتالي القيام بمحاكاة مخاطر أشد عاصفة مطرية تعرض لها الحوض بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣م، وهي عاصفة ٢٨/٤/٢٠٠٥م، حيث بلغت كمية الأمطار ٥٣.٣٤ ملم خلال ٢٤ ساعة. وبالتالي تم جمع بيانات متغيرات معايير النموذج ومعالجتها، تمهيدا لاستخلاص خريطة لكل متغير مكاني، وتقييم مخاطره في فيضانات الحوض، وأعقبها استخدام عملية التحليل الهرمي لإيجاد مصفوفة المقارنة الزوجية بين متغيرات معايير النموذج، وتحديد نسبة ثباتها، والأهمية النسبية لكل متغير، وأخيرا جبرت طبقات جميع متغيرات معايير النموذج في حاسبة (GIS) حسب أوزانها أو أهميتها النسبية لتقييم مخاطر فيضانات الحوض بحسب جميع المتغيرات.

وتظهر نتائج تقييم مخاطر الفيضانات حسب نتائج نموذج قابلية الحوض للفيضانات، تباين مخاطر الفيضانات من مكان إلى آخر، حيث تتركز المخاطر العالية إلى العالية جدا أدنى الحوض وفي مجاري الأودية، وبالتالي تراوحت نسب ملائمة الحوض للفيضانات بين ٢٥.١٦٪ كحد أدنى، إلى ٨٧.٠٨٪ كحد أعلى، بمتوسط مكاني بلغ ٥٦.٦٧٪. وتبين نتائج التصنيف وقوع المنطقة التي تتصف بقابلية عالية للتعرض لمخاطر الفيضانات أدنى ووسط وشمال غرب الحوض، بمساحة بلغت ٦٨.٩٥ كم^٢، بنسبة ٢٣.٤٢٪ من مساحة الحوض، وبلغت مساحة

المباني ضمن هذه المنطقة ٩.٧١ كم^٢، بنسبة ٤٦.٥٦٪ من مساحة المنطقة المبنية. وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمخاطر الفيضانات أدنى الحوض، بمساحة ١٥.٢١ كم^٢، بنسبة ٥.١٦٪ من إجمالي مساحة الحوض، وتبلغ المساحة المبنية بهذه المنطقة ٣.٩٩ كم^٢، بنسبة ١٩.١٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة المبنية، وعليه يقع ما نسبته ٦٥.٦٨٪ من إجمالي مساحة المباني في الحوض ضمن مناطق تتصف بمخاطر عالية إلى عالية جدا للفيضانات.

كلمات مفتاحية: محاكاة، مخاطر، الفيضانات، وادي وج، نظم المعلومات الجغرافية.

المقدمة:

تعتبر الفيضانات واحدة من أكثر الكوارث الطبيعية خطراً، والتي تتسبب في وفاة السكان وتلحق أضراراً كبيرة في ممتلكاتهم، وبحسب تقدير الأمم المتحدة فقد تضرر ٢.٣ مليار نسمة، وفُقد ١٥٧ ألف نسمة بسبب الفيضانات بين عامي ١٩٩٥-٢٠١٥م، وتتسبب الفيضانات كذلك في خسائر اقتصادية تقدر بنحو ٣٨٦ مليار دولار في جميع أنحاء العالم. وكانت حالات الجفاف والفيضانات من أكثر الكوارث الطبيعية فتكاً (Amen, et al, 2023, p. 2). وتعد الفيضانات واحدة من أكثر المخاطر الطبيعية تدميراً وتكلفة في العالم، مما يؤدي إلى وفيات وخسائر كبيرة في الممتلكات (Suresh, et al., 2013, p. 13).

ونظراً لأن الفيضانات حدث طبيعي معقد، فقد اجتذبت منذ فترة طويلة الباحثين من جميع أنحاء العالم الذين يسعون إلى فهم وتحليل أفضل للعوامل التي يمكن أن تؤدي إلى تحسين الإدارة وتجنب الفيضانات. وبالتالي هناك حاجة إلى بنية تحتية تتحكم في الفيضانات، وتنبؤات أكثر دقة للحد من أضرار الفيضانات، الأمر الذي يتطلب فهماً أفضل لآلية توليد الفيضانات (Villarini & Wasko, 2021, p. 727).

وبذلك أجريت عدة دراسات للتحقق من أسباب الفيضانات في جميع أنحاء العالم (Zhang, et al, 2018, p. 387). وركزت عدة دراسات على فحص الخصائص البيئية والاجتماعية التي تؤدي إلى أحداث الفيضانات الكارثية (Liu, et al., 2021, p. 1136). وركز آخرون على مواقع فردية عادة ما تكون مخارج أحواض مائية، لاستكشاف العوامل المؤثرة للفيضانات والاتجاهات المستقبلية (Brunner, et al., 2016, p. 822).

وشهدت المملكة العربية السعودية وتحديداً منطقة مكة المكرمة، حيث يقع حوض وادي وج في الفترة الأخيرة العديد من أحداث الفيضانات. وتشير العديدة من التنبؤات والتقديرات البحثية الحديثة بأن تأثير وشدة أحداث الفيضانات على مستوى العالم سوف تزداد بشكل كبير بسبب تغير المناخ، وقد تتفاقم الأضرار الناتجة عنها بشكل أكبر بسبب تزايد تواتر وشدة هطول الأمطار الغزيرة وفقاً لتوقعات تغير المناخ من قبل الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ. وتنتج فيضانات المناطق الجافة وشبه الجافة كما هو

الحال في حوض وادي وج بسبب هطول الأمطار الغزيرة خلال مدة قصيرة. ويمكن أن تحدث الفيضانات نتيجة للهطول المفاجئ في المناطق شبه الجافة، مما يؤدي إلى حدوث فيضانات مفاجئة (Tehrany, 2013, p.71).

وتتفاقم مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج بسبب المزيد من العوامل كالنمو السكاني والتحضر السريع والتنمية الاقتصادية التي شهدتها مدينة الطائف أدنى ووسط الحوض، وبعض المراكز مثل الهدى والشفاء في أعلى الحوض، مما أدى إلى تغير أغطية الأرض الطبيعية في الحوض كالتربة والنبات إلى استعمالات بشرية أو أسطح مصمطة تقلص من زمن التركيز، وتعزز من حجم الجريان ومخاطره على سكان مدينة الطائف وممتلكاتهم أدنى الحوض. ومن المتوقع اتساع نطاقات الخطر في ظل هذه التغيرات التي يشهدها الحوض، لذا تحاول هذه الدراسة تقييم قابلية الحوض للفيضانات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير، فضلاً عن محاكاة أشد العواصف المطرية التي تعرض لها الحوض، لما لذلك من أهمية في دعم تخفيف المخاطر واستراتيجيات التكيف المستدام مع الفيضانات. وتشترك عدة متغيرات في حدوث الفيضانات وما ينجم عنها من مخاطر. ولأجل اتخاذ التدابير اللازمة للحد من هذه المخاطر لابد من تحليل المتغيرات المهمة التي يجب أخذها في الاعتبار عند نمذجة مخاطر الفيضان. وتعتبر متغيرات معيار طبوغرافية حوض وادي وج مهمة في نمذجة الفيضانات. وبعد الارتفاع مهم في تقييم مدى تعرض أي منطقة لمخاطر الفيضانات (Das, 2019, p. 61). ويأتي تأثير ارتفاع التضاريس من حركة المياه من المناطق المرتفعة إلى المنخفضة؛ لأن المياه تتدفق من المناطق المرتفعة نحو المنخفضة، لذا فإن المياه تغمر المناطق المنخفضة بشكل أسرع، وبالتالي لا تحدث الفيضانات الخاطفة عادةً في المناطق المرتفعة (Botzen, 2013, p. 233). ويعد الانحدار من أهم متغيرات تضاريس الحوض المؤثرة في مخاطر الفيضان، حيث يحدد حجم المياه المرشحة عبر التربة التي تقل مع زيادة الانحدار، كما يحدد زمن الاستجابة، حيث يقل زمن الاستجابة والتركز مع زيادة الانحدار. ويتحكم الانحدار في الجريان السطحي، وكثافة تدفق المياه التي تتسبب في تعرية وجرف الرواسب (Khosravi et al.,

949, p. 2016)؛ لأن المناطق المنحدرة تصرف المياه بسرعة خارج مناطقها، والعكس في المناطق المستوية التي تتجمع فيها المياه من مختلف الروافد العليا في المستجمعات المائية. ويقسم الالتواء مناطق الجريان السطحي إلى متباعدة ومتقاربة، حيث تشارك مناطق القيمة السالبة في عملية تقارب الجريان السطحي والعكس بالعكس. ويعد عامل التشارك ضروري للغاية عند رسم خرائط الفيضانات لأي منطقة. فالالتواء يعدل تغير تدرج سطح الأرض في اتجاه معين، أي مورفولوجية التضاريس (Amen et al., 2023, p. 1102). وتقع المناطق المقعرة حيث القيم السالبة لانحناء التضاريس، بينما تقع المناطق المسطحة حيث القيم السالبة لهذا المؤشر، وتشير القيم الموجبة إلى المناطق ذات التواء أو الثنية المحدبة للتضاريس (Ullah & Zhang, 2020, p. 3). أما المناطق ذات القيم الصفرية (تضاريس مسطحة) أكثر عرضة للفيضانات مقارنة بالانحناء المحدب والمقعر (Nachappa et al, 2020, p. 127). واقترح مؤشر البلب الطوبوغرافي (TWI) للتنبؤ الهيدرولوجي فمن خلاله يتم قياس تولد الجريان السطحي بناءً على سعة تخزين المياه، ودرجة تشبع سطح تربة الحوض. وتم اشتقاق سعة تخزين المياه للتربة من الحالة الطوبوغرافية لوحدة الحوض (Tehrany, et al, 2013, p.71). ويُظهر مؤشر البلب الطوبوغرافي (TWI) مقدار تراكم الجريان وقدرة الماء على التحرك نحو أسفل المنحدر مع الجاذبية؛ فلهذا علاقة مباشرة مع مناطق التعرض للفيضانات (Costache, 2019, p. 1377). ويقيم مؤشر طاقة المجاري (SPI) تعرية الأنهار للسهول الفيضية (Tehrany et al. 2014, p. 533). ويعد القوة الدافعة وراء تقدم مجاري الأودية من المنبع إلى منطقة الترسيب (Vilasan & Kapse 2022, p. 1769)، كما يشير إلى تأثير قوة تدفق المياه في الحت والتعرية بمنطقة الحوض المائي (Wang, et al., 2023, p. 5582) - لأن طاقة المجاري العليا تكون قوية، وتنقل كمية كبيرة من الحطام. وعندما تقل قوة التيار بالابتعاد من السفوح تصبح القنوات ضحلة، مما يؤدي إلى الترسيب على جانبي مجاري القنوات النهرية. وعادة ما تكون مناطق ارتفاع طاقة المجاري أكثر عرضة للفيضان، حيث يتأثر النظام الهيدرولوجي بقوة بمؤشر طاقة المجاري فيها (Edamoa, 2022, p.3). ويدل هذا المؤشر إلى قابلية تآكل

السرير النهري بالإضافة إلى إمكانية نقل الرواسب (Chen et al. 2020, p. 6). وتعرف كثافة الصرف بأنها الطول الكامل للمجري المائية في حوض النهر مقسومًا على مساحة الحوض (Rahmati, et al, 2016, p. 1135). فالمناطق ذات كثافة الصرف العالية لديها فرص أكبر لحدوث الفيضانات (Paul, et al, 2019, p, 123). وتؤثر كثافة التصريف على زمن التركز، وحجم التدفق الأقصى، فزمن التركز الطويل يعني أن هناك فرصة أكبر لتسرب الماء مما يقلل من حجم الجريان ومخاطره. وبالتالي تؤدي كثافة التصريف العالية إلى ارتفاع معدل الجريان السطحي، وتسبب ارتفاع في مخاطر الفيضانات (Shekhar & Pandey, 2015, p.407). ويعتبر البعد من مجاري الأودية من المتغيرات المهمة في تحديد مخاطر الفيضانات، فالمسافة من المجاري القريبة من الأودية لديها احتمالية أكبر للفيضانات، حيث أن المياه الفائضة من مجاري الأودية تصل في البداية إلى جانب ضفاف الأودية والمناطق المنخفضة المجاورة (Mahmoud & Gan, 2018, p. 221). ومع زيادة المسافة يصبح الانحدار والارتفاع أعلى (Lee & Rezaie, 2022, p. 3). فالترب ذات النسيج الخشن تتصف بقدرة كبيرة على تسريب مياه الأمطار، مما يؤدي إلى تأخر زمن الاستجابة والتقليل من حجم ومخاطر الجريان، والعكس تماما مع الترب ذات النسيج الناعم مثل الترب الطينية والغرينية. وبالتالي تعتبر التربة أكثر أهمية للجريان السطحي السريع والفيضانات الخاطفة (Grillakis, et al, 2016, p. 207). ويتم تحديد مدى قدرة التربة على تخزين مياه الأمطار بناءً على الخصائص السطحية لها (Hong, et al., 2018, p. 1127). ويعتمد تسرب المياه عبر التربة على سعة تخزينها المرتبط بتأثير عمق ومسامية ورطوبة التربة المسبقة، وتقل السعة التخزينية للتربة مع ضحالة عمقها، وبالتالي فإن غالبية الأمطار تساهم في توليد الجريان السطحي، وعليه فإن معدل تسرب المياه السطحية يتناسب عكسيًا مع سعة تخزين التربة. وفي إطار أنظمة التحذير من الفيضانات، تعد معرفة رطوبة التربة أمرًا بالغ الأهمية (Raynaud, et al, 2015, p. 411). وبالتالي من الضروري معرفة رطوبة التربة السابقة جيدًا لتطبيقات مخاطر الفيضان. لذا تسترجع رطوبة التربة بواسطة أجهزة الاستشعار التي يوجد بها سجل قياس من عام ١٩٧٨ (De Jeu, et al, 2008,)

402 p). وتتفاقم مخاطر الفيضانات الكارثية المرتبطة بتغير المناخ في الفترة الأخيرة (Khan, 2021, p. 29725). وهي العامل الأكثر أهمية لأن غمر الفيضانات يرجع إلى الحجم الضخم من تدفقات الجريان السطحي نتيجة لهطول الأمطار الغزيرة أو هطول الأمطار لفترة طويلة (Allafta & Opp 2021, p.2091).

دراسات سابقة:

رسم (Cao, et al, 2016) خرائط التعرض لمخاطر الفيضانات الخاطفة في مناطق مناجم الفحم في بكين بالصين. ركزت هذه الدراسة على إنتاج خرائط القابلية للتأثر بمخاطر الفيضانات المفاجئة باستخدام نماذج نسبة التردد (FR)، والمؤشر الإحصائي (SI). واعتمدت الدراسة على عدد من المعايير كالارتفاع، والانحدار، والانحناء، واستخدام الأرض، والجيولوجيا، ونسيج التربة، ومؤشر قوة الأودية، ومؤشر البلل الطبوغرافي، والأمطار.

واستخدم (Hussain, et al, 2021) نهج متعدد المعايير قائم على نظم المعلومات الجغرافية لتقييم مدى التعرض للفيضانات في منطقة شانجلا: خير بختونخوا، باكستان، والوصول إلى نقاط الضعف التفصيلية للفيضانات من خلال دمج ٢١ معياراً أساسياً حسب أهميتها المحددة بعملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)، وتم استخدام التراكب الموزون لإنتاج خريطة الملاءمة المكانية للفيضانات، وأظهرت النتائج أن ٢٥٪ من المنطقة الغربية الوسطى إلى الجزء الشمالي من منطقة الدراسة تعاني من مخاطر عالية للفيضان.

وأنتج (AlSukker, et al, 2022) خريطة مخاطر السيول لحوض وادي المفرق (الأردن) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعدد المعايير، وكان هدف الدراسة تحديد مناطق التعرض لخطر الفيضانات من خلال تصميم نموذج محاكاة متعدد المعايير. وتتضمن هذه المعايير المسافة من الأودية، والانحدار، والارتفاع، وأغطية واستخدام الأرض، والأمطار، وكثافة الصرف. وخصص لكل معيار وزن حسب أهميته، ودمجت

المعايير حسب أوزانها باستخدام (MCDA) في بيئية نظم المعلومات الجغرافية لتقييم خطر الفيضانات، وصنف الحوض إلى خمس نطاقات بناءً على قابلية التعرض لخطر الفيضانات، وبلغت مساحة النطاق حيث مخاطر الفيضانات شديدة جداً ٤٪، بينما بلغت مساحة المنطقة التي تعاني من شدة خطر الفيضانات ٩٪.

وقام (Puno, et al, 2022) بمحاكاة مخاطر الفيضانات ورسم خرائطها باستخدام نماذج الارتفاع الرقمية بدقة مختلفة في أحواض مياه ماباغ، الفلبين. كان هدف الدراسة مقارنة دقة نتائج هذه النماذج في محاكاة الفيضان باتباع الطرق التي تم تطويرها باستخدام مجموعات بيانات الارتفاع الرقمية، وطبقت الدراسة نماذج مركز الهندسة الهيدرولوجية للنمذجة الهيدرولوجية، وتحليل الشبكة النهرية ضمن نظم المعلومات الجغرافية لمحاكاة ورسم خرائط لمخاطر الفيضانات. وتم اختبار صحة النماذج ودقتها باستخدام مصفوفة الخطأ والجذر التربيعي للخطأ. وأظهرت النتائج أهمية استخدام هذه النماذج في محاكاة الفيضانات ورسم الخرائط.

وتناول (Kumne & Samanta, 2023) رسم الخرائط الجغرافية المكانية لقابلية الفيضانات بناءً على التحليل متعدد المعايير - دراسة حالة حوض نهر بوسو، بابوا غينيا الجديدة؛ كان هدف البحث رسم خريطة للمناطق المحتملة المعرضة للفيضانات وتحليل المخاطر باستخدام تقنية الاستشعار ونظم المعلومات الجغرافية. وتم أخذ عوامل الفيضان المختلفة مثل الانحدار، والارتفاع، وتراكم التدفق، وكثافة التصريف، ونسيج التربة، والجريان السطحي، والمسافة إلى الأودية، والغطاء الأرضي، والخصائص الصخرية في الاعتبار عند تقييم مخاطر الفيضانات.

ورسم (Rahman, et al, 2023) خرائط المناطق المعرضة لمخاطر الفيضانات في حوض نهر سوات، منطقة هندوكوش الشرقية، بالباكستان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. ونتج عن هذه الدراسة خريطة القابلية للفيضانات باستخدام نموذج إحصائي ثنائي المتغير لنسبة التردد (FR). وقد اعتمدت الدراسة على عدة معايير مؤثرة في الفيضانات مثل الانحدار، والارتفاع، والانحناء، وكثافة التصريف، ومؤشر البلب

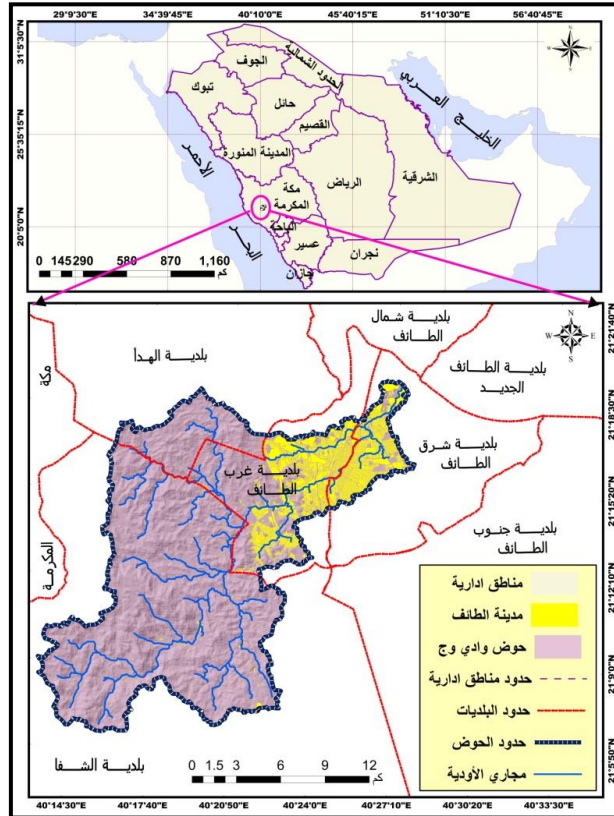
الطبوغرافي، ومؤشر طاقة الأودية، والغطاء الأرضي، والغطاء النباتي، والأمطار. وتم قياس علاقة كل منها في مخاطر الفيضانات. وأظهرت النتائج أن ٢٦٪ من مساحة الحوض تعاني من شدة للفيضانات، ١٩٪ من المساحة معرضة لمخاطر معتدلة، في حين أن ٥٥٪ من المساحة تتصف بمخاطر تتراوح بين المنخفضة والمنخفضة جداً.

مشكلة الدراسة: الفيضانات ظاهرة طبيعية ينجم عنها وفاة السكان وتدمير ممتلكاتهم، وتتفاقم هذه الظاهرة ومخاطرها بسبب التغيرات المناخية العالمية. وتأتي مشكلة الدراسة من تكرار هذه الظاهرة خلال الفترة الأخيرة بمنطقة مكة المكرمة حيث يقع الحوض، وتقع مدينة الطائف في الجزء الأدنى من حوض وادي وج، وبالتالي تستقبل المدينة كميات كبيرة من المياه التي تأتي من الروافد العليا لحوض وادي واج، وبالتالي تشكل هذه المياه مخاطر على استعمالات الأرض والسكان في المدينة. وتتضاعف مخاطر الفيضانات بين مدة وأخرى، إلى جانب تغيرات الأمطار وهطولها المفاجئ على شكل زخات قوية خلال مدة قصيرة، وعلاقتها بنمو سكان مدينة الطائف وما يرافقه من تحضر سريع، وتنمية اقتصادية أدت جميعها إلى تغير أغطية الأرض الطبيعية مثل التربة، والغطاء النباتي، ومناطق الزراعة، إلى أسطح مصمتة كالمباني والطرق التي تحول غالبية أمطار العواصف إلى جريان سطحي يهدد السكان ومنشآتهم أدنى حوض وادي وج. ومن المتوقع تزايد هذه المخاطر في المستقبل مع استمرارية تغير أغطية واستعمالات الأرض في الحوض، وتغير المناخ وما يرافقه من أحداث متطرفة كالفيضانات. ويمكن أن تساعد نتائج هذه الدراسة في تقييم ورسم خرائط مخاطر الفيضان بما يساعد الجهات المختصة على وضع استراتيجيات تخفيف فعالة لمخاطر الفيضانات. ويؤمل أن تساعد نتائج الدراسة في وضع استراتيجيات إدارة مخاطر فيضانات الحوض والتخفيف من آثارها بما يتناسب مع تحقيق التنمية المستدامة لمدينة الطائف أدنى الحوض.

منطقة الدراسة: يقع حوض وادي وج مكانيا (شكل ١) في محافظة الطائف التي تتبع منطقة مكة المكرمة غرب المملكة العربية السعودية، ويقع الحوض فلكياً بين دائرتي عرض ١٦°: ٨': ٢١' ٢١' - ١٩°: ٤٥' ٠' شمالاً، وخطي طول ١٢°: ١٥': ٤١' ٤١' - ٥٦°: ٢٨' ٠' عرض

شرقا، بمساحة بلغت ٢٩٤.٣٧ كم٢. وتبدأ الروافد العليا للحوض من المرتفعات الجبلية في الشفا والهدا الوقعتان غرب مدينة الطائف، ثم تتجه المجاري نحو الشرق والشمال ليقطع مجرى الوادي مدينة الطائف من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي، ويصب في حوض وادي العرج. ومن هنا تأتي أهمية دراسة نمذجة وتحليل مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج إلى السكان واستعمالات الأرض السكنية في مدينة الطائف بصورة عامة وعلى جانبي مجرى الوادي على وجه الخصوص.

شكل رقم (١): موقع حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية.

أهداف الدراسة:

- (١) التعرف على المتغيرات المكانية التي تسهم في تباين مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج.
 - (٢) نمذجة مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير.
 - (٣) محاكاة الفيضانات في حوض وادي وج، وتحديد مدى مخاطرها على استعمالات الأرض بمدينة الطائف.
- منهجية وأساليب الدراسة: اتبعت منهجية الدراسة المنهج التحليلي القائم على نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة وتحليل معايير مخاطر الفيضان في حوض وادي وج، وتدرجت منهجية الدراسة على النحو الآتي:
- أولاً: وصف البيانات ومصادرها: قامت الدراسة بجمع نوعين من البيانات الأولى تتعلق بالأدبيات السابقة لمحاكاة ونمذجة مخاطر الفيضانات في بيئات مكانية مشابهة للحوض، للاطلاع على المنهجيات وأساليب التحليل، ومعرفة معايير نمذجة ومحاكاة مخاطر الفيضانات، وبموجب ذلك تم جمع الدراسة كما يأتي:
- أ (بيانات طبوغرافية الحوض: وقامت الدراسة بالحصول على بيانات متغيرات معيار طبوغرافية الحوض جدول (١) من نموذج ارتفاع رقمي للقمر (ALOS) بدقة ١٢ م، تم الحصول عليه من موقع الأقمار الصناعية بالاسكا (Alaskan Satellite Facility)، وهو نموذج ارتفاع رقمي انتج من بيانات القمر الصناعي الياباني (ALOS) بالمستشعر (PALSAR) الذي قدم بيانات عالية الدقة لرسم الخرائط الطبوغرافية.

جدول رقم (١): بيانات طبوغرافية الحوض.

متغيرات المعيار الطبوغرافي	Topography Variable	القمر الصناعي	الدقة المكانية م
الانحدار	Slope	ALOS	١٢
الارتفاع	Elevation	ALOS	١٢

١٢	ALOS	Curvature	المنحنيات
١٢	ALOS	Topographic wetness index	مؤشر البلل الطبوغرافي
١٢	ALOS	Stream power index	مؤشر طاقة الاودية (SPI)
١٢	ALOS	Drainage density	كثافة التصريف
١٢	ALOS	Distance of Streams	البعد من الاودية

المصدر: (<https://search.asf.alaska.edu>).

ب) بيانات تربة الحوض: وتتضمن كما في جدول (٢) متغيري محتوى التربة من الرمل تم الحصول عليها على شكل طبقة (Raster) من موقع المركز الدولي لمعلومات التربة، وطبقة رطوبة التربة تم الحصول عليها بالصيغة السابقة نفسها من موقع وكالة ناسا بيانات مناخ الأرض، وطبقة سمك التربة من موقع ناسا بيانات الأرض.

جدول رقم (٢): بيانات تربة الحوض.

البيانات	Variants	القمر الصناعي	الدقة المكانية	وحدة القياس	بداية المدة	نهاية المدة
رطوبة التربة	Soil moisture	FLDAS	١ كم	Kg/m ²	٢٠٠٠/١/١	٢٠٢٢/١٢/٣١
محتوى التربة من الرمل	Sand Content in Soil	-	٢٤٤.٦	(g/kg)	٠ - ٥ سم	العمق
سمك التربة	Soil thickness	-	٩٠١.٤	م	-	-

المصدر: ناسا، بيانات الأرض (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>)، المركز الدولي لمعلومات التربة، (<https://soilgrids.org>).

ج) بيانات مناخ وهيدرولوجية الحوض: وتضمنت بيانات المناخ كمية أمطار الحوض بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٢م، في حين تمثلت بيانات المتغير الهيدرولوجي ببيانات الجريان السطحي في الحوض بين عامي ٢٠٠٠ - ٢٠٢٢م، وتم الحصول على بيانات المتغيرين على شكل طبقات (Raster) من موقع وكالة ناسا جدول (٣).

جدول رقم (٣): بيانات مناخ وهيدرولوجية الحوض.

المتغير	Variant	القمر الصناعي	الدقة المكانية	وحدة القياس	بداية المدة	نهاية المدة
الامطار	Precipitation	GPM	٠.١°	MM	١٩٨١/١/١	٢٠٢٢/١٢/٣١
الجريان السطحي	Surface Runoff	FLDAS	١ كم	Kg/m2-s-1	٢٠٠٠/١/١	٢٠٢٢/١٢/٣١

المصدر: وكالة ناسا (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov>).

(د) بيانات النبات واستعمالات الأرض: تم الحصول على طبقة النبات باستخدام مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة، واشتقت طبقة استعمالات الأرض باستخدام التصنيف غير الموجه لمرئية (Landsat 8) (جدول رقم ٤) التي تم الحصول عليها من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS).

جدول رقم (٤): بيانات معيار الغطاء النباتي.

المتغير	Vegetarian Variant	القمر الصناعي	تاريخ المرئية	الدقة المكانية
مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI)	Soil-Adjusted Vegetation Index	Landsat	٢٠٢٣/٩/٢٣	١٥
اغطية واستعمالات الارض	Landuse & cover (LULC)	Landsat	٢٠٢٣/٩/٢٣	١٥

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

ثانياً) تهيئة بيانات النموذج: ويقصد بتهيئة البيانات تجهيزها للحصول على تفاصيل دقيقة، ومن أهم خطواتها تحويل البيانات من نظام جغرافي إلى نظام مري، وتضمنت معالجة نموذج الارتفاع الرقمي تعبئة قيم بعض الخلايا بالاعتماد على قيم ارتفاع الخلايا المجاورة بواسطة أداة (Fill)، بينما عولجت مرئية لاندسات بالتصحيح الهندسي والرديومري، وتحسين الدقة المكانية والاقتطاع على حدود الحوض.

وتضمنت معالجة طبقات معايير التربة، والمناخ، والهيدرولوجيا بعض العمليات الرياضية كتحويل وحدات القياس، وبالتالي حولت الطبقات من (Raster) إلى (Point)، وبالاعتماد على طبقات (Points) تمت عملية الاستيفاء المكاني (Interpolation).

ثالثاً) اشتقاق خرائط معايير النموذج: أعدت خريطة الارتفاع من نموذج الارتفاع الرقمي (ALOSDEM) باستخدام أدوات التحليل المكاني في بيئة (Arc GIS)، وصنفت الطبقة إلى خمس فئات حسب ملائمة كل منها لمخاطر الفيضانات. ومن النموذج نفسه اشتقت خريطة الانحدار بواسطة أداة (Slope)، وصنفت الطبقة حسب قابليتها لمخاطر الفيضانات إلى خمس نطاقات. وأنتجت خريطة انحناء التضاريس باستخدام أداة (Curvature) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وتم تقسيمها حسب نوع الالتواء إلى ثلاث مجموعات مقعرة، مستوية، ومحدبة.

أما بالنسبة لخريطة مؤشر البلل الطبوغرافي (TWI) فقد اشتقت هي الأخرى من نموذج الارتفاع الرقمي من خلال تطبيق الصيغة الآتية في الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) لبرنامج (Arc GIS):

$$TWI = \ln \left(\frac{AS}{\tan(\beta)} \right). (Rahman, 2023, P. 6).$$

حيث (TWI) مؤشر البلل الطبوغرافي، Ln لوغريتم، AS تراكم الجريان، $\tan \beta$ نسب الانحدار.

واشتقت خريطة مؤشر طاقة الأودية (SPI) بالاعتماد على طبقتي تراكم الجريان (AS) ونسب الانحدار ($\tan \beta$)، وتم الحصول على خريطة مؤشر طاقة الأودية (SPI) بالصيغة الآتية:

$$SPI = (AS * \tan \beta). (Amen, et al, 2023, p. 6).$$

وتلى ذلك اشتقاق طبقة كثافة شبكة التصريف في الحوض (Dd) من خلال تطبيق الصيغة الآتية:

$$Dd = \frac{\sum_1^n L}{A}. (Rahman, 2023, P. 6).$$

حيث يُشار إلى كثافة الصرف بالرمز (Dd)، ويُشار إلى طول الممرات المائية بالرمز (L)، وإلى المساحة الإجمالية للحوض بالرمز (A). واستخلصت خريطة البعد من مجاري الأودية باستخدام أداة المسافة الإقليدية (Euclidean Density) في برنامج (Arc GIS).. واشتقت خرائط كل من رطوبة ومحتوى التربة من الرمل، وسمك التربة، والأمطار، والجريان السطحي باستخدام خوارزمية وزن المسافة المعكوسة (IDW). كما تم استخلاص خريطة الغطاء النباتي باستخدام مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (Soil Adjusted Vegetation Index)، من خلال تطبيق المعادلة.

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + 0.5)} * (1 + 0.5). (Huete, 1988, P. 297).$$

حيث (NIR) الأشعة تحت الحمراء القريبة، (RED) الأشعة الحمراء؛ وتتراوح قيمة هذا المؤشر بين (١-١)، وتشير القيم السالبة إلى المناطق العارية التي تفتقر للغطاء النباتي. وأخيرا تم اشتقاق طبقة استعمالات الأرض من مرئية لاندسات باستخدام التصنيف غير الموجه (Unsupervised) ببرنامج (ERDAS IMAGING). رابعاً) نمذجة مخاطر فيضانات الحوض: بعد اشتقاق طبقات معايير نمذجة مخاطر الفيضانات وإعادة تصنيف كل منها بما يتلاءم مع ملاءمتها لحدوث الفيضانات، حددت الأهمية النسبية لكل متغير باستخدام حاسبة التسلسل الهرمي (Analytic Hierarchy Process)، وبالتالي تم تحديد أوزان متغيرات معايير النموذج. وتمثلت آخر خطوات النمذجة باتخاذ القرار متعدد المعايير لدمج طبقات متغيرات المعايير حسب أهميتها أو أوزانها باستخدام تقنية تحليل تراكب الأوزان (Weighted Overlay).

خامساً) محاكاة مخاطر فيضانات الحوض: وتمت محاكاة مخاطر فيضان أشد العواصف

باستخدام برنامج (Hydrologic Ingraining Centre)، والاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي والأمطار الساعية، وأدوات (New Project)، حيث تم استيراد طبقة (Dem) بنافذة (Open RAS Mapper) أعقبها عمل (Geometry Data) بمساعد طبقة (Dem)، ومن ثم أدرجت بيانات الأمطار الساعية باستخدام أداة (Un Steady Flow Data,) (Flow Hydrograph)، ومن ثم تم عمل (Run) بواسطة أداة (Un Steady Flow Analysis).

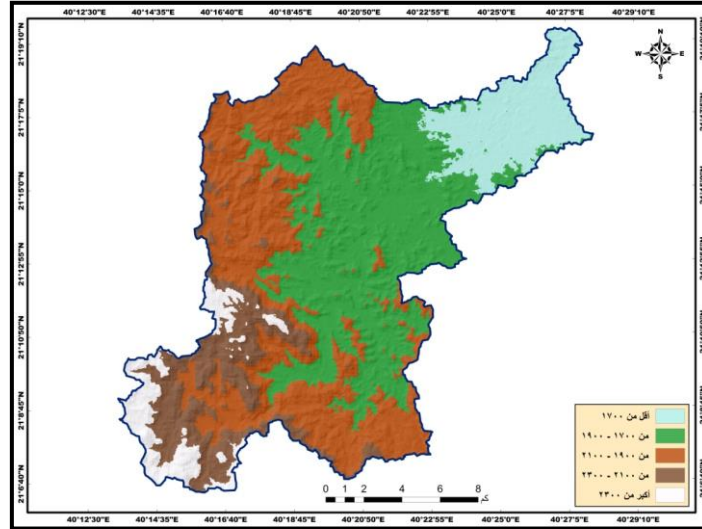
النتائج والمناقشة:

أولاً: معايير تباين مخاطر فيضانات الحوض:

أ) الخصائص التضاريسية: تعد الخصائص التضاريسية مهمة في نمذجة ورسم خرائط الفيضانات، لأنها تتحكم في الحالة الهيدرولوجية للجريان، ويأتي تأثير ارتفاع التضاريس في حركة المياه من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة، وعادة ما تتعرض المناطق المنخفضة لحدوث فيضانات أعلى من المناطق المرتفعة (Elkhrachy, 2022, p. 3). وبذلك يتراوح ارتفاع تضاريس حوض وادي وج بين ١٥٧٨.٣ عند مخرج الحوض إلى ٢٥٩٥.٨ م جنوب غرب الحوض، بمتوسط مكاني بلغ ١٩٣٥.٣ م. وتصنيف ارتفاع تضاريس الحوض إلى خمس نطاقات؛ يقع الأول حيث يقل الارتفاع عن ١٧٠٠ م، ويتصف بمخاطر شديدة لفيضان حوض وادي وج شمال شرق الحوض، بمساحة بلغت ٣٣.٥٨ كم^٢، بنسبة ١١.٤٪ من مساحة الحوض، ويضم هذا النطاق جزءاً كبيراً من الكتلة العمرانية لمدينة الطائف (شكل رقم ٢). وبمحاذاة النطاق الأول من الغرب يقع النطاق الثاني الذي يتصف بمخاطر عالية للفيضان وذلك على ارتفاع يتراوح بين ١٧٠٠ - ١٩٠٠ م، بمساحة بلغت ١٠٧.٩٨ كم^٢، بنسبة ٣٦.٦٨٪ من مساحة الحوض؛ ويقع بهذا النطاق مساحة واسعة من الكتلة المبنية لمدينة الطائف. ويقع النطاق الثالث شمال غرب وجنوب الحوض ويتسم بمخاطر معتدلة للفيضان، حيث يتراوح الارتفاع بين ١٩٠٠ - ٢١٠٠ م، بمساحة بلغت ٩٨.٥٤ كم^٢، بنسبة ٣٣.٤٨٪ من مساحة الحوض، ويقع هذا بعيداً

عن الكتلة المبنية بمدينة الطائف. ويقع نطاق الملاءمة الضعيفة لحدوث الفيضان غرب وجنوب غرب الحوض، حيث يتراوح الارتفاع بين ٢١٠٠ - ٢٣٠٠ م، بمساحة بلغت ٣٧.٦٥ كم^٢، بنسبة ١٢.٧٩٪ من مساحة الحوض، ويقع بعيداً عن العمران الحضري لمدينة الطائف. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة جداً للفيضان في الأطراف الجنوبية الغربية من الحوض، حيث يتجاوز الارتفاع بين ٢٣٠٠ م، بمساحة ١٦.٦٢ كم^٢، بنسبة ٥.٦٤٪ من مساحة الحوض.

شكل رقم (٢): فئات ارتفاع التضاريس في حوض وادي وج.

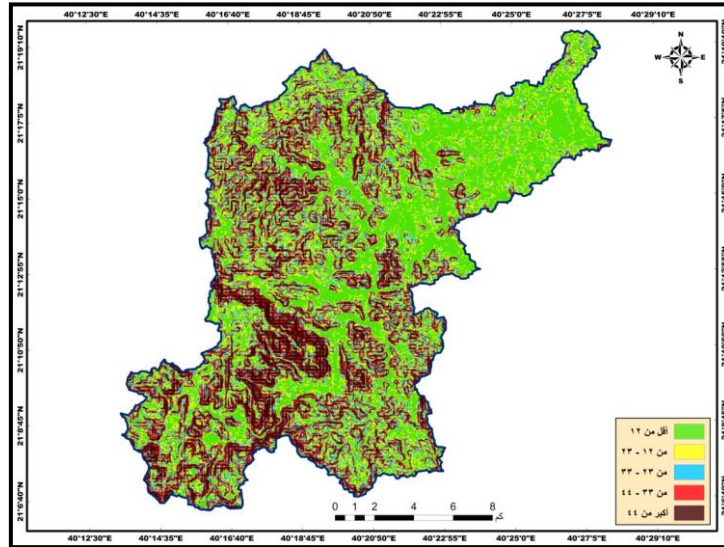


المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

ويعد الانحدار من أهم المتغيرات الطبوغرافية المؤثرة في الجريان السطحي. وتظهر العلاقة بين المتغيرين من أن المناطق شديدة الانحدار تكون معرضة بشكل أقل للفيضانات (Liuzzo, et al, 2019, p. 3156). وعليه توصلت نتائج اشتقاق طبقة نسبة انحدار التضاريس في الحوض بتراوح نسبة الانحدار بين صفر بقاع المجرى الرئيس أدنى الحوض إلى ١٨٤٪ جنوب غرب الحوض، وبلغ متوسط نسبة انحدار الحوض ٢٤.٢٦٪. وتبين نتائج تصنيف

نسب الانحدار خمسة نطاقات يقع اولها حيث تشتد مخاطر السيول على غالبية استعمالات الأرض بمدينة الطائف التي تقع بمناطق سهول الأودية والسهول التحتائية أدنى ووسط الحوض (شكل رقم ٣)، ينما تقل نسب الانحدار عن ١٢°، وتبلغ مساحة هذا النطاق ٩٤.١٦ كم^٢، بنسبة ٣١.٩٩٪ من مساحة الحوض. ويقع بمحاذاة النطاق السابق نطاق يتصف بمخاطر عالية للفيضان، وذلك حيث تتراوح نسب الانحدار بين ١٢ - ٢٣° بمناطق أقدام التلال والجبال، بمساحة ٦٨.٨٢ كم^٢، بنسبة ٢٣.٣٩٪. ويقع ضمن هذا النطاق جزءاً من كتلة البناء بمدينة الطائف. ويقع نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر فيضانات حوض وادي وج حيث تتراوح نسب الانحدار بين ٢٣ - ٣٣° شمال ووسط وجنوب شرق الحوض، بمساحة ٤٦.٨٧ كم^٢، بنسبة ١٥.٩٢٪ من مساحة الحوض. ويظهر نطاق الملاءمة الضعيفة لمخاطر فيضان الحوض، حيث تتراوح نسب الانحدار بين ٣٣ - ٤٤° غرب وجنوب غرب الحوض، بمساحة ٣٦.٩٣ كم^٢، بنسبة ١٢.٥٤٪، ويقع بعيداً عن استعمالات الأرض

شكل رقم (٣): فئات نسب انحدار التضاريس في حوض وادي وج.

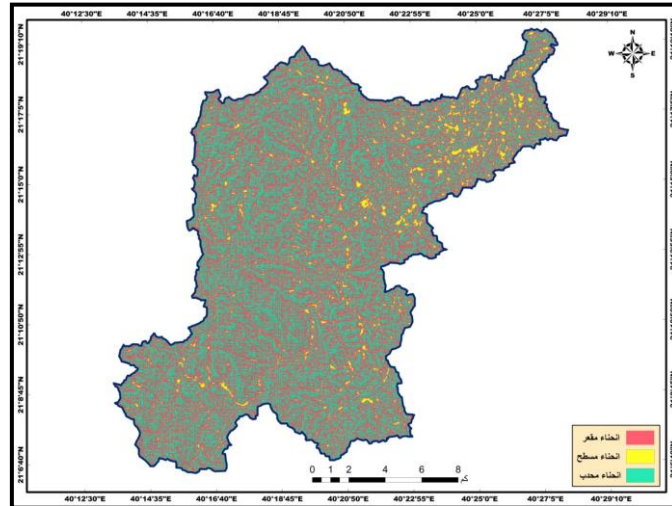


المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

الحضرية لمدينة الطائف. ويبرز نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لمخاطر فيضانات حوض وادي وج بمناطق متفرقة غرب وجنوب الحوض، حيث تتجاوز نسبة الانحدار ٥٤٤، بمساحة ٧.٦ كم^٢، ونسبة ١٦.١٦٪ من إجمالي مساحة الحوض.

ويصف الالتواء شكل سطح الأرض، كما يعكس مدى قدرته على تراكم الجريان، مما يؤثر على ميزانية مياه الفيضانات. ويؤثر التواء التضاريس على كمية الجريان والتسرب؛ فالمناطق المسطحة تتراكم المياه فيها بسهولة أكبر (Kazakis, 2015, p. p. 557). وتظهر نتائج اشتقاق طبقة انحناء تضاريس حوض وادي وج، حيث تراوح انحناء تضاريس الحوض بين ١٣.٦٠ إلى ١٦.٦٤ جنوب غرب الحوض، وبلغ متوسط التواء تضاريس الحوض صفر، مما يعني تسطح غالبية مساحة الحوض، ويعكس شدة مخاطر الفيضانات على استعمالات الأرض بمدينة الطائف داخل حدود الحوض. وتوضح نتائج تصنيف التواء تضاريس حوض وادي وج ثلاث نطاقات (شكل رقم ٤)؛ ويعد مؤشر البلل الطبوغرافي عامل مهم في رسم خرائط قابلية أي منطقة جغرافية للفيضانات.

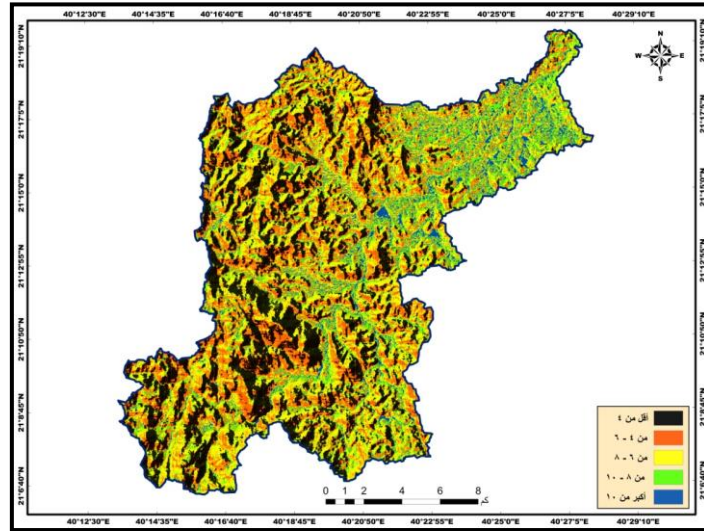
شكل رقم (٤): فئات التواء التضاريس في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

وتعتبر المناطق ذات البلب الطوبوغرافي العالي أكثر عرضة للفيضانات من المناطق ذات البلب الطوبوغرافي المنخفض (Paul, et al, 2019, p. 121). وبذلك تراوحت قيم مؤشر البلب الطوبوغرافي في حوض وادي وج بين ٢.٠٢ غرب الحوض إلى ١٩.٥٣ بمناطق متفرقة أدنى ووسط الحوض، بمتوسط مكاني على مستوى الحوض بلغ ٦.٦١؛ وبالتالي صنفَت الدراسة مؤشر البلب الطوبوغرافي في الحوض إلى خمس فئات (شكل رقم ٥)؛ يقع أولها في المناطق التي تتصف بضعف كبير لمخاطر الفيضان في المناطق الجبلية المنحدرة وسط وجنوب غرب الحوض، حيث يقل مؤشر البلب الطوبوغرافي عن ٤، بمساحة بلغت ١٨.٤٢ كم^٢، بنسبة ٦.٢٦٪ من مساحة الحوض. ويقع النطاق الثاني للمناطق التي تتصف بضعف قابليتها لمخاطر الفيضانات، حيث يتراوح مؤشر البلب الطوبوغرافي بين ٤ - ٦، بمساحة بلغت ١٠٢.٠١ كم^٢، بنسبة ٣٤.٦٦٪ من مساحة الحوض. ويبرز نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضانات أدنى، وشرق، وجنوب غرب، ووسط الحوض، حيث

شكل رقم (٥): فئات مؤشر البلب الطوبوغرافي في حوض وادي وج.



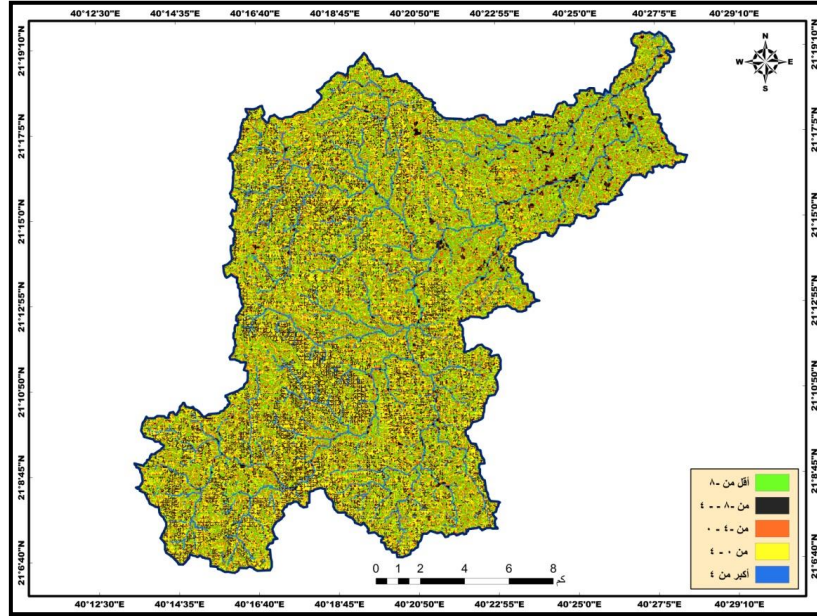
المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

يتراوح مؤشر البلب الطوبوغرافي بين ٦ - ٨، بمساحة بلغت ١٠٤.٦٨ كم^٢، بنسبة ٣٥.٥٦٪ من مساحة الحوض. وتظهر المنطقة التي تتصف بمخاطر عالية للفيضان أدنى وعلى جوانب مجاري الأودية، حيث يتراوح مؤشر البلب الطوبوغرافي بين ٨ - ١٠، بمساحة ٥٥.٣٢ كم^٢، ونسبة ١٨.٨٪، ويضم مساحة واسعة من استعمالات الأرض الحضرية بمدينة الطائف. ويقع نطاق الملاءمة الشديدة جدا لمخاطر فيضانات حوض وادي وج في مجاري الأودية وعلى جوانبها بمناطق متفرقة من الحوض، حيث يتجاوز مؤشر البلب الطوبوغرافي ١٠، بمساحة ١٣.٩٢ كم^٢، ونسبة ٤.٧٢٪ من إجمالي مساحة الحوض.

(ب) خصائص شبكة الجريان: يعد مؤشر طاقة المجاري (SPI) أحد عوامل التكيف التي تساهم في خريطة مخاطر الفيضانات المفاجئة، لأنه يمثل قوة تدفق المياه من حيث التعرية (Tehrany, et al. 2019, p. 83). وكلما زادت المسافة من أعالي الحوض زادت فرص حدوث الفيضانات (Tehrany, et al., 2014, p. 4003). وعليه تبين نتائج اشتقاق طبقة مؤشر طاقة الأودية في حوض وادي وج، حيث تتراوح قيم المؤشر بين ١٣.٨٢ إلى ١١.٢ في بطون مجاري الأودية، بمتوسط على مستوى الحوض بلغ ٣.٣. ويبين شكل رقم (٦) وقوع النطاق الأول في المناطق التي تتصف بضعف جدا لمخاطر الفيضان على المنشآت السكنية والعمرانية، حيث يقل مؤشر طاقة الأودية عن ٨، بمساحة بلغت ٨٨.٤٧ كم^٢، بنسبة ٣٠.٠٥٪ من مساحة الحوض. ويقع النطاق الثاني في المناطق التي تتصف بمخاطر ضعيفة للفيضانات في الحوض، حيث يتراوح مؤشر طاقة الأودية بين ٨ - ٤، بمساحة بلغت ٢٦.٠٥ كم^٢، بنسبة ٨.٨٤٪ من مساحة الحوض. ويقع ضمن النطاق الثالث المناطق ذات الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضانات في مناطق متفرقة من الحوض، حيث يتراوح مؤشر طاقة الأودية بين ٤ - ٠، بمساحة بلغت ٩١.٥ كم^٢، بنسبة ٢١.٠٩٪ من مساحة الحوض. وتظهر المنطقة التي تتصف بمخاطر عالية للفيضان، حيث يتراوح مؤشر طاقة الأودية بين ٠ - ٤، بمساحة بلغت ٨٠.٦٧ كم^٢، بنسبة ٢٧.٤٪ من مساحة الحوض. ويقع نطاق الملاءمة الشديدة جدا للفيضان في حوض وادي وج في مجاري الأودية وعلى جوانبها، حيث يتجاوز مؤشر

طاقة الأودية ٨، ومن الممكن أن يتسبب ترسب الطمي بالمجرى الرئيس أدنى الحوض في انخفاض القدرة الاستيعابية للمجرى الذي يمر وسط المدينة، وقد يتسبب ذلك في حدوث فيضانات؛ وتبلغ مساحة هذا النطاق ٧.٦٩ كم^٢، بنسبة ٢.٦١٪ من إجمالي مساحة الحوض.

شكل رقم (٦): فئات مؤشر طاقة الأودية في حوض وادي وج.

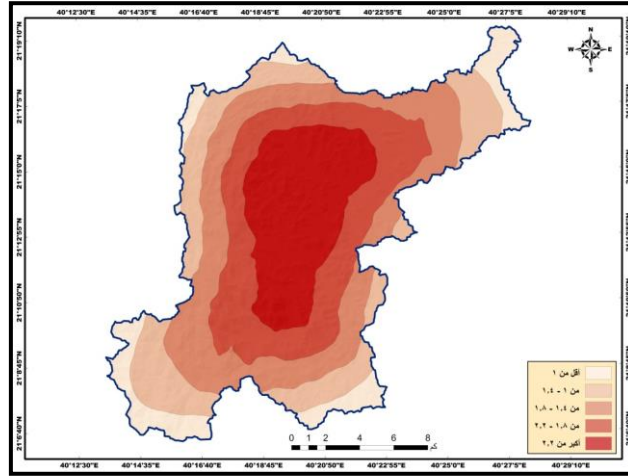


المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

وتعبر كثافة الصرف عن مدى جودة وسوء تصريف المياه من مجاري الأودية في الحوض المائي. فالمناطق ذات كثافة الصرف العالية لديها فرص أكبر لحدوث الفيضانات (Paul, et al, 2019, p, 123). وتوضح نتائج اشتقاق طبقة كثافة التصريف في الحوض تراوحها بين ٠.٣٦ مجرى/كم^٢ إلى ٢.٥٧ مجرى/كم^٢ أدنى ووسط الحوض، بمتوسط مكاني للحوض ١.٦٩ مجرى/كم^٢، وبذلك يظهر (شكل رقم ٦) خمسة نطاقات لكثافة التصريف في الحوض؛

يقع الأول في المناطق التي تتصف بكونها ضعيفة الملاءمة جدا لمخاطر الفيضان، وذلك حيث تقل كثافة التصريف عن ١ مجرى/كم^٢، بمساحة بلغت ٣٠.١٧ كم^٢، بنسبة ١٠.٢٤٪ من مساحة الحوض، بينما يقع نطاق الملاءمة الضعيفة لمخاطر فيضانات الحوض، حيث تراوح كثافة التصريف بين ١ - ١.٤ مجرى/كم^٢، بمساحة بلغت ٥٨.٥٣ كم^٢، بنسبة ١٩.٨٨٪ من مساحة الحوض؛ ويظهر ضمن نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر فيضانات الحوض، حيث تتراوح كثافة التصريف بين ١.٤ - ١.٨ مجرى/كم^٢، بمساحة ٧٦.١٤ كم^٢، بنسبة ٢٥.٧٨٪ من مساحة الحوض. ويبرز نطاق الملاءمة العالية لمخاطر الفيضان، أينما تتراوح كثافة التصريف بين ١.٨ - ٢.٢ مجرى/كم^٢، بمساحة بلغت ٦٨.٨٧ كم^٢، بنسبة ٢٣.٤٪ من مساحة الحوض. ويقع نطاق الملاءمة الشديدة جدا للفيضان حيث تتجاوز كثافة التصريف بين ٢.٢ مجرى/كم^٢، بمساحة ٦٠.٦٧ كم^٢، بنسبة ٢١.٦١٪ من إجمالي مساحة الحوض.

شكل رقم (٧): فئات كثافة شبكة التصريف في حوض وادي وج.

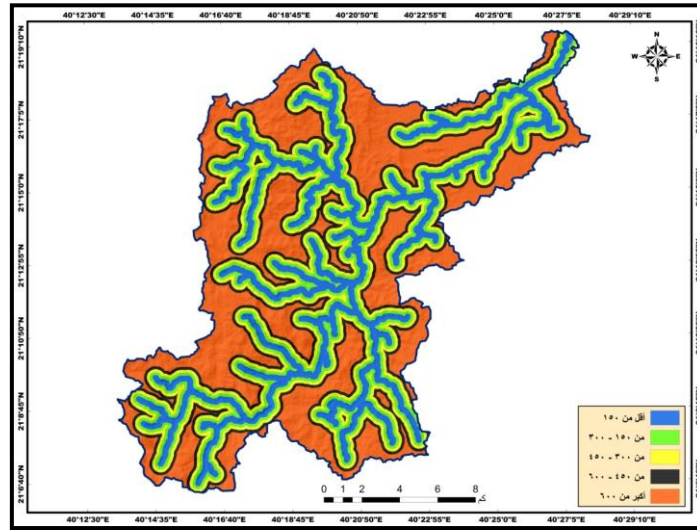


المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

ويعتبر البعد من مجاري الأودية من المتغيرات المهمة في تحديد مخاطر الفيضانات، حيث تكون الفيضانات أكثر خطورة في المواقع القريبة من شبكات الأنهار،

وتقل كلما تم الابتعاد من مجاري الأودية (Fernández, & Lutz, 2010, p. 93). وتظهر نتائج اشتقاق طبقة البعد من مجاري الأودية بين الرتبتين الثالثة والسادسة؛ وهذه الرتب هي الأكثر تجميعاً للمياه، والأشد خطراً أثناء حدوث الفيضانات في الحوض، حيث يتراوح البعد من مجاري الأودية بين صفر إلى ٢.٣٢ كم، بمتوسط مكاني على مستوى الحوض بلغ ٥٢٢ م. ويوضح شكل رقم (٨) نطاقات البعد من مجاري الأودية في الحوض، إذ يقع أولها في المناطق التي تتسم بملاءمة عالية جداً لمخاطر الفيضان، حيث يقل البعد من مجاري الأودية عن ١٥٠ م، بمساحة ٥٦.٢٥ كم^٢، بنسبة ١٩.١١٪ من مساحة الحوض. ويظهر نطاق الملاءمة العالية لمخاطر فيضانات الحوض، حيث يتراوح البعد من الأودية بين ١٥٠ - ٣٠٠ م، بمساحة ٤٨.٦٦ كم^٢، بنسبة ١٦.٢٢٪ من مساحة الحوض. ويبرز نطاق

شكل رقم (٨): فئات البعد من مجاري الأودية في حوض وادي وج.



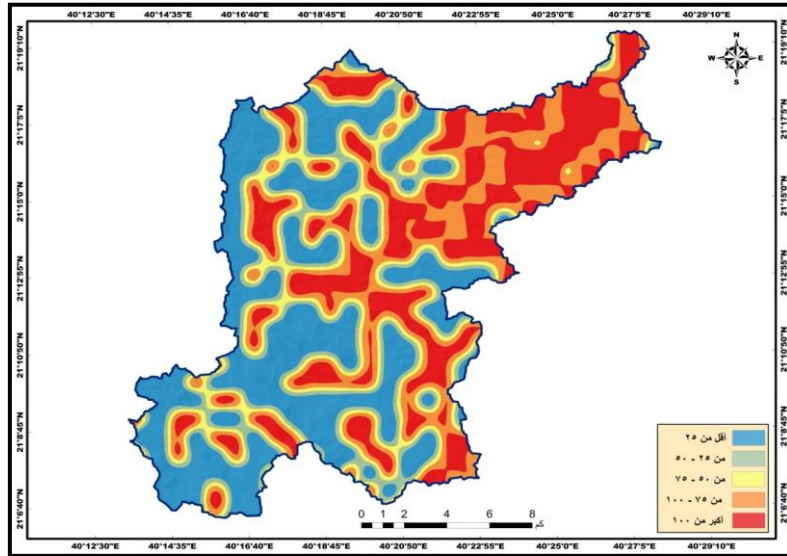
المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر الصناعي الياباني (ALOS).

نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضانات، حيث يتراوح البعد من مجاري الأودية بين ٣٠٠ - ٥٠٠ م، بمساحة ٤٣.٤٤ كم^٢، بنسبة ١٤.٧٥٪ من مساحة الحوض. ويقع نطاق

القابلية الضعيفة لمخاطر الفيضان، أينما يتراوح البعد من الأودية بين ٤٥٠ - ٥٥٠ م، بمساحة ٣٨.٠٩ كم^٢، بنسبة ١٢.٩٤٪ من مساحة الحوض. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لمخاطر الفيضان مناطق تتجاوز البعد من مجاري الأودية ٦٠٠ م، بمساحة ١٠٧.٩٢ كم^٢، بنسبة ٣٦.٦٦٪ من إجمالي مساحة الحوض.

(ج) خصائص التربة: تعد خصائص التربة من المعايير المهمة في حدوث الفيضانات، ويعتبر عمق التربة من أهم الخصائص المؤثرة في مخاطر الفيضانات، حيث يؤثر عمق التربة بشدة على تسرب المياه، وبالتالي على توليد الجريان السطحي (Herbst & Dieckkrüger, 2006, p. 45). وتبين نتائج اشتقاق خريطة عمق التربة في حوض وادي وج تراوح عمق التربة بين صغر إلى ٣١٠ سم، بمتوسط مكاني للحوض بلغ ٦٠ سم. ويظهر شكل رقم (٩) تغطية المنطقة التي يقل عمق تربتها عن ٢٥ سم، وتقل قدرتها إلى أقصى حد ممكن على تخزين

شكل رقم (٩): فئات عمق التربة في حوض وادي وج.

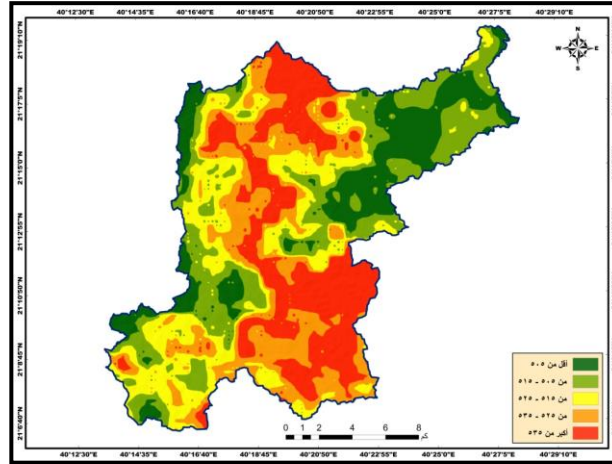


المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقة (Raster) بدقة مكانية ٩٠١.٤ م، ناسا، بيانات الأرض.

المياه، مما يعني تحول غالبيتها إلى جريان سطحي من الممكن أن تترتب عليه مخاطر عالية جدا شمال، وغرب، ووسط جنوب الحوض، بمساحة بلغت ٩٣.٦٧ كم^٢، بنسبة ٣١.٨٢٪ من مساحة الحوض. وتقع المنطقة التي تتسم بقابلية عالية لمخاطر الفيضان، حيث يتراوح عمق التربة بين ٢٥ - ٥٠ سم أدنى ووسط وغرب الحوض، بمساحة ٣٣.٧٧ كم^٢، بنسبة ١١.٤٧٪ من مساحة الحوض. وتظهر المنطقة التي تتصف بقابلية معتدلة لعمق تربتها على مخاطر الفيضانات حيث عمق التربة بين ٥٠ - ٧٥ سم، بمساحة ٣٤.١٦ كم^٢، بنسبة ١١.٦٪ من مساحة الحوض. والمنطقة التي تتسم بضعف ملائمة عمق التربة للفيضان وسط وأدنى الحوض، حيث يتراوح عمق التربة بين ٧٥ - ١٠٠ سم، بمساحة ٤ كم^٢، بنسبة ٢٠.٩٪ من مساحة الحوض. وتنتشر المناطق التي يتصف عنق تربتها بقابلية ضعيفة جدا للفيضانات بمجاري الأودية وسط وأدنى الحوض، حيث يتجاوز عمق التربة ١٠٠ سم، بمساحة ٧١.٢٢ كم^٢، بنسبة ٢٤.٢٪ من مساحة الحوض.

ويعتبر نسيج التربة من الخصائص المهمة لتحديد مخاطر الفيضانات، حيث تعتمد عملية ترشيح مياه الأمطار بشكل كبير على طبيعة التربة، وتتصف المناطق المغطاة بنسيج ناعم للتربة بكونها أكثر عرضة للفيضانات من المناطق ذات نسيج التربة الخشن (Hagos, et al, 2022, p.2). وتختلف قدرة أنسجة التربة على امتصاص الماء؛ فالتربة الطينية تتسرب عبرها المياه بمعدل أقل بكثير من التربة الرملية (Wondim, 2016, p. 73). وتبين نتائج اشتقاق طبقة محتوى تربة الحوض من الرمل تراوح رمل التربة بين ٤٧٦ جرام/كج من التربة، إلى ٥٦٤ جرام/كج من التربة، بمتوسط على المستوى المكاني للحوض ٥٢١.٢ جرام/كج من التربة. ويظهر شكل رقم (١٠) وقوع النطاق الذي يتصف بكون تربته ذات قابلية عالية جدا لمخاطر الفيضان، حيث يقل محتوى التربة من الرمل عن ٥٠٥ جرام/كج من التربة أدنى وغرب ووسط الحوض، بمساحة بلغت ٤٧.٥ كم^٢، بنسبة ١٦.١٣٪ من مساحة الحوض؛ وتقع غالبية الكتلة السكنية بمدينة الطائف ضمن هذا النطاق.

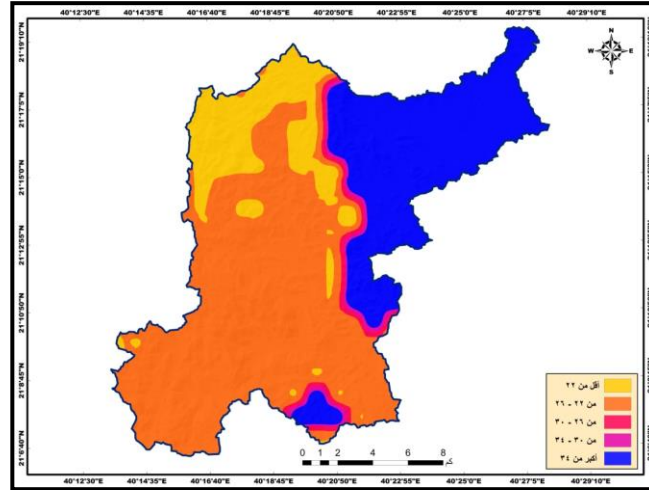
شكل رقم (١٠): فئات محتوى التربة من الرمل في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقة (Raster) بدقة مكانية ٢٤٤.٦، المركز الدولي لمعلومات التربة.

وتعد الرطوبة المسبقة للتربة في كثير من الأحيان الخاصية الأكثر أهمية لإنتاج الجريان السطحي السريع والفيضانات المفاجئة؛ فالتربة المشبعة تعيق تسرب مياه الأمطار، مما يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي بغض النظر عن الظروف البيئية الأخرى (Grillakis, et al, 2016, p. 207). وبذلك توضح نتائج اشتقاق طبقة رطوبة تربة الحوض بين عامي ٢٠٠٠ - ٢٠٢٣ تراوحها بين ١٩.١٦ كج/كم^٢، إلى ٤٢.٣٨ كج/كم^٢ أدنى ووسط الحوض، بمتوسط مكاني للحوض ٢٧.٦٣ كج/كم^٢. ويبين شكل رقم (١١) وقوع المناطق التي تتصف بكونها ذات قابلية ضعيفة جدا لمخاطر الفيضان، حيث تقل رطوبة التربة عن ٢٢ كج/كم^٢، بمساحة ٤١.٣٢ كم^٢، بنسبة ١٤.٠٣٪. ويغطي نطاق الملاءمة الضعيفة لمخاطر الفيضان، حيث تتراوح رطوبة التربة بين ٢٢ - ٢٦ كج/كم^٢، بمساحة ١٥٧.٥٦ كم^٢، بنسبة ٥٣.٥٣٪ من مساحة الحوض. ويظهر ضمن نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضانات في المناطق التي تتراوح فيها رطوبة التربة بين ٢٦ - ٣٠ كج/كم^٢، بمساحة ٦.١١ كم^٢، ونسبة ٢.٠٢٪. ويقع نطاق الملاءمة العالية لمخاطر الفيضان، حيث تتراوح رطوبة التربة بين ٢٦ - ٣٤ كج/كم^٢،

شكل رقم (١١): فئات رطوبة التربة في حوض وادي وج.

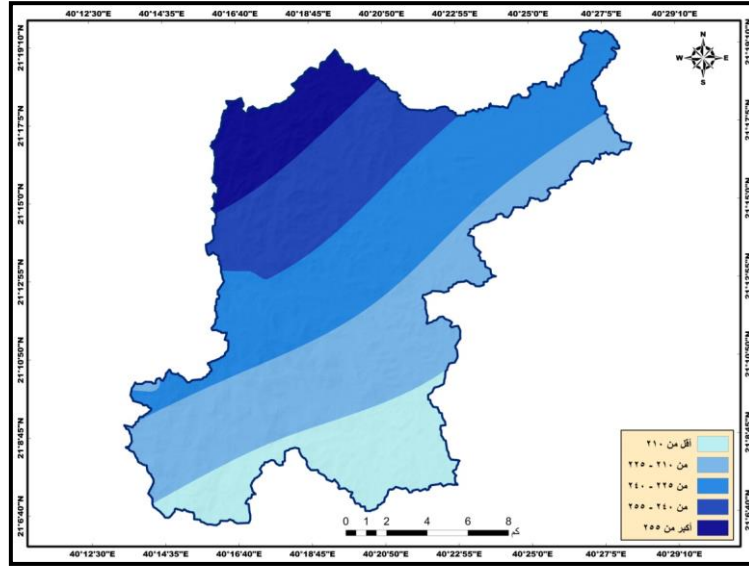


المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (FLDAS).

بمساحة بلغت ٤.٦٦ كم^٢، بنسبة ١.٥٨٪ من مساحة الحوض. ويظهر نطاق الملاءمة الشديدة جداً للفيضان بمناطق تركيز الكتلة العمرانية لمدينة الطائف أدنى الحوض، وذلك حيث تتجاوز رطوبة التربة بين ٣٤ كج/كم^٣، بمساحة ٨٤.٧٢ كم^٢، بنسبة ٢٨.٧٨٪ من إجمالي مساحة الحوض.

(د) الأمطار (Precipitation): لهطول الأمطار علاقة مباشرة بمخاطر الفيضانات، وتعتبر الأمطار عاملاً أساسياً عند تحليل قابلية الفيضانات، ولا نستطيع التفكير بحدوث فيضانات بدونها (Liuzzo, et al, 2019). وبالتالي كلما زادت كمية الأمطار، زاد الجريان السطحي المنتج للفيضانات والعكس صحيح (Gazi, et al, 2019, p. 3). وتظهر نتائج اشتقاق طبقة توزيع الأمطار في الحوض بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣ تراوح كمية الأمطار بين ١٩٥.٤٦ ملم سنوياً جنوب الحوض، إلى ٢٦٩.٥ ملم سنوياً شمال غرب الحوض، بمتوسط مكاني للحوض ٢٢٨.٧٨ ملم سنوياً. وتصنف طبقة الأمطار إلى خمس نطاقات يبرز أول نطاق جنوب الحوض في المناطق التي تتصف بقابلية ضعيفة جداً لمخاطر

شكل رقم (١٢): فئات توزيع الأمطار في حوض وادي وج بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣ م.

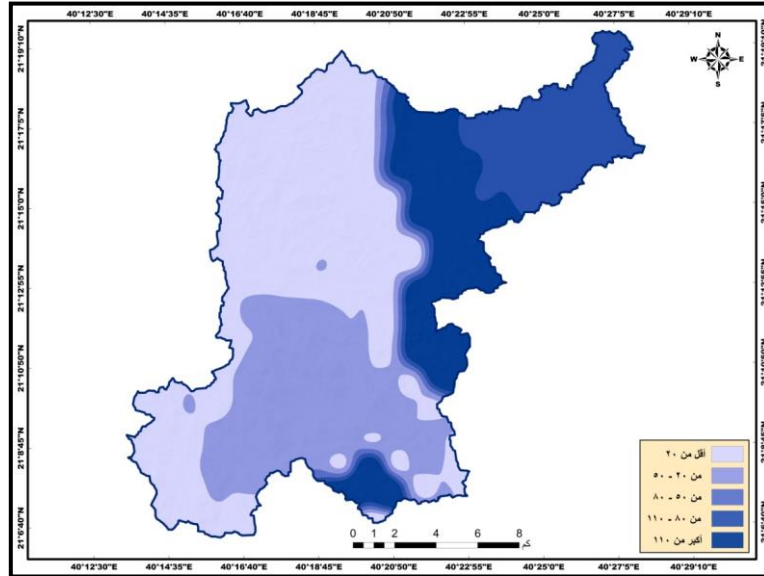


المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (GPM).

الفيضان (شكل رقم ١٢)، وذلك حيث تقل كمية الأمطار عن ٢١٠ ملم سنوياً، بمساحة بلغت ٤١.١٤ كم^٢، بنسبة ١٣.٩٧٪ من مساحة الحوض. ويمتد نطاق الملاءمة الضعيفة لمخاطر الفيضانات شرق ووسط وجنوب غرب الحوض، حيث تتراوح كمية الأمطار بين ٢١٠ - ٢٢٥ ملم سنوياً، بمساحة ٨٧.٥٨ كم^٢، بنسبة ٢٩.٧٥٪ من مساحة الحوض. ويغطي نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضانات المناطق التي تتراوح فيها كمية الأمطار بين ٢٢٥ - ٢٤٠ ملم سنوياً جنوب غرب ووسط وشمال شرق الحوض، بمساحة ٩٠.٩٩ كم^٢، بنسبة ٣٠.٩٢٪ من مساحة الحوض. ويقع نطاق الملاءمة العالية لمخاطر الفيضان، حيث كمية الأمطار بين ٢٤٠ - ٢٥٥ ملم سنوياً، بمساحة ٤٨.٣٩ كم^٢، بنسبة ١٦.٤٤٪ من مساحة الحوض. ويظهر نطاق الملاءمة الشديدة جداً للفيضان شمال غرب الحوض بعيداً عن الكتلة العمرانية لمدينة الطائف، وذلك حيث تتجاوز كمية الأمطار عن ٢٥٥ ملم سنوياً، بمساحة ٢٦.٢٧ كم^٢، بنسبة ٨.٩٢٪ من إجمالي مساحة الحوض.

هـ) الجريان السطحي (Surface Runoff): تتصف علاقة مخاطر الفيضانات بالجريان السطحي بالطردية، فكلما زاد حجم الجريان زادت مخاطر الفيضانات والعكس صحيح. وتوصلت نتائج اشتقاق طبقة جريان الحوض بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣ تراوح الجريان بين ١ ملم سنوياً، إلى ٢٠٦.٧ ملم سنوياً أدنى الحوض، بمتوسط مكافي على مستوى الحوض ٤٧.١٤ ملم سنوياً. وتبين نتائج تصنيف طبقة الجريان وقوع نطاق القابلية المنخفضة جداً على توليد الجريان وقلة مخاطره غرب وجنوب شرق الحوض (شكل رقم ١٣)، حيث يقل الجريان عن ٢٠ ملم سنوياً، بمساحة بلغت ١٢٣.٧ كم^٢، بنسبة ٤٢.٠٢٪ من مساحة الحوض. ويظهر النطاق الذي يتصف بقابلية ضعيفة لمخاطر الفيضانات جنوب غرب

شكل رقم (١٣): فئات توزيع الجريان السطحي في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (FLDAS).

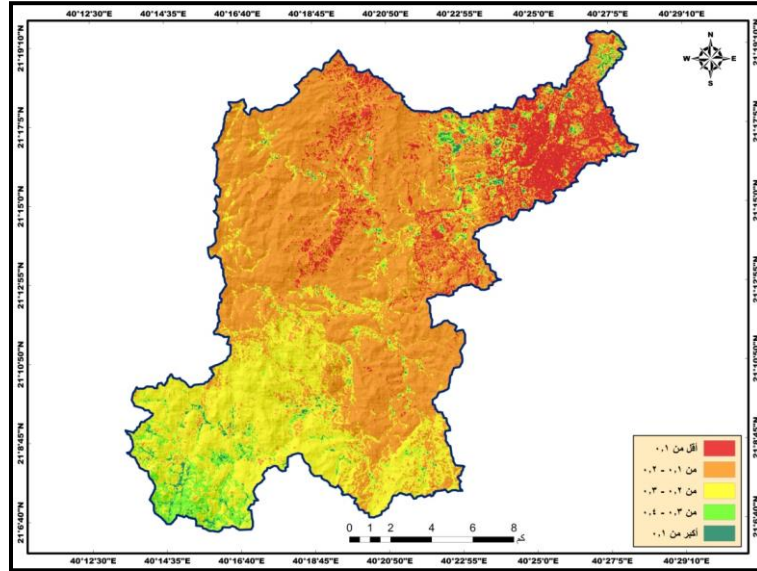
الحوض، حيث يتراوح الجريان بين ٢٠ - ٥٠ ملم سنوياً، بمساحة ٧٥.٩٢ كم^٢، ونسبة ٢٥.٨٪ من مساحة الحوض. ويمتد نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضان حيث

يتراوح الجريان السطحي بين ٥٠ - ٨٠ ملم سنوياً وسط وجنوب الحوض، بمساحة ٥٠٤٩ كم^٢، ونسبة ١.٨٦٪ من مساحة الحوض. ويظهر نطاق القابلية العالية للتعرض لمخاطر الفيضان، حيث يتراوح الجريان السطحي بين ٨٠ - ١١٠ ملم سنوياً جنوب ووسط شرق الحوض، بمساحة ٤٢.٦٧ كم^٢، بنسبة ١٤.٤٩٪ من مساحة الحوض. ويقع نطاق الملاءمة الشديدة جدا لحدوث الفيضان بمنطقة تركيز الكتلة السكنية لمدينة الطائف أدنى الحوض، حيث يتجاوز الجريان السطحي السنوي ١١٠ ملم، بمساحة ٤٦.٥٨ كم^٢، بنسبة ١٥.٨٢٪ من إجمالي مساحة الحوض.

(و) الغطاء النباتي (SAVI): يعد الغطاء النباتي عاملاً بيئياً رئيسياً في أحداث الفيضانات المفاجئة في البيئات الجافة، وسيتم مناقشة تأثير هذا المعيار من خلال مؤشر الاختلاف الحضري المعدل للتربة (SAVI)، والذي تتراوح قيمته بين ١⁻ إلى ١⁺. وتعتبر القيم الموجبة عن وجود تغطية نباتية، وتمثل القيمة القريبة من الصفر المناطق شبة القاحلة، بينما تشير القيم السلبية إلى المسطحات المائية.

بناء على ذلك أظهرت نتائج اشتقاق طبقة الغطاء النباتي في الحوض باستخدام مؤشر (SAVI) في تاريخ ٢١ سبتمبر ٢٠٢٣ تراوح قيم المؤشر بين -٠.١ بمناطق انتشار المباني أدنى الحوض، إلى ٠.٧٣ وسط وجنوب غرب الحوض، بمتوسط مكاني على مستوى الحوض ٠.١٨، مما يعني أن غالبية الحوض يتصف بافتقار الغطاء النباتي، وبالتالي يعاني من مخاطر الفيضانات. وتبين نتائج تصنيف طبقة مؤشر (SAVI) وقوع نطاق القابلية العالية جدا لمخاطر الفيضان بمناطق انتشار المباني أدنى ووسط الحوض (شكل رقم ١٤)، حيث تقل قيمة المؤشر عن ٠.١، بمساحة بلغت ٣١.٨٣ كم^٢، ونسبة ١٠.٨١٪ من مساحة الحوض.

شكل رقم (١٤): فئات مؤشر الغطاء النباتي المعدل للتربة (SAVI) في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Landsat 8).

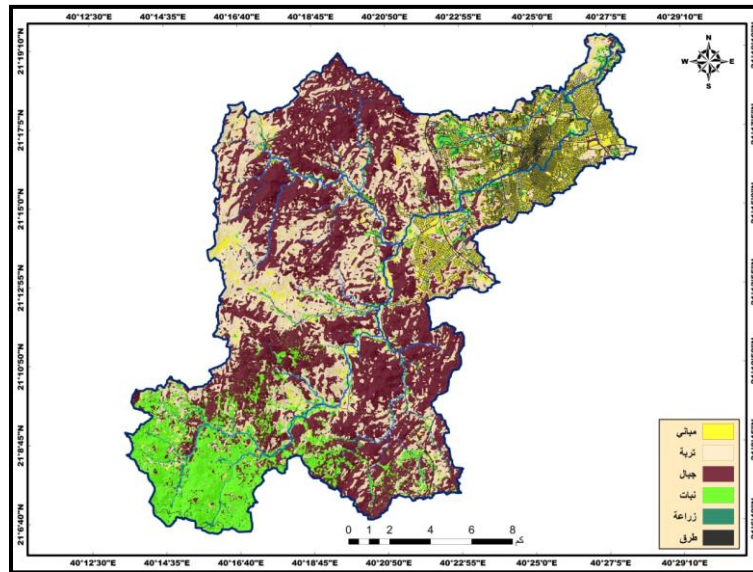
ويغطي النطاق الذي يتصف بقابلية عالية لمخاطر الفيضانات غالبية الحوض، حيث تتراوح قيمة المؤشر بين ٠.١ - ٠.٢، بمساحة ١٦٤.١١ كم^٢، ونسبة ٥٥.٧٥٪. ويظهر نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضان وسط، وجنوب، وجنوب غرب الحوض، حيث تتراوح قيمة المؤشر بين ٠.٢ - ٠.٣، بمساحة ٨١.٢٢ كم^٢، ونسبة ٢٧.٦٪ من مساحة الحوض. ويقع النطاق الذي يتصف بقابلية ضعيفة للتعرض لمخاطر الفيضان، حيث تتراوح قيمة المؤشر بين ٠.٣ - ٠.٤، وأدنى، ووسط، وجنوب غرب الحوض، بمساحة ١٣.٩٦ كم^٢، بنسبة ٤.٧٤٪ من مساحة الحوض. وينتشر نطاق الملاءمة الضعيفة جدا للتعرض لمخاطر الفيضان أدنى، وجنوب غرب حوض وادي وج، حيث تتجاوز قيمة المؤشر ٠.٤، بمساحة ٣.٢٣ كم^٢، ونسبة ١.٠٩٪ من إجمالي مساحة الحوض.

(ي) أغذية واستعمالات الأرض (LULC): تعتبر أغذية واستعمالات الأرض (LULC)

أمراً حيوياً في إنتاج الجريان السطحي والتسبب في فيضانات في منطقة الأحواض المائية (Riazi, et al, 2023, p. 6). وبالتالي فإن العلاقة القوية بين استخدام الأراضي وتغير المناخ والفيضانات لا جدل فيها لأن استخدام الأراضي والغطاء الأرضي لهما تأثير في زيادة أو تقليل تدفق المياه (Hussain, et al, 2021, p. 5).

وبذلك صنفّت الدراسة أغشية واستعمالات الأرض في الحوض خلال شهر سبتمبر ٢٠٢٣ إلى ست فئات (شكل رقم ١٥)؛ أولها ضمن المناطق التي تتصف بتحويل غالبية مياه الأمطار إلى جريان، وتتسم بشدة مخاطر الفيضانات، وتقع أدنى الحوض لتضم كل من المباني والطرق، بمساحة بلغت ٤٠.٨٧ كم^٢، بنسبة ١٣.٨٨٪ من مساحة الحوض.

شكل رقم (١٥): فئات أغشية واستعمالات الأرض في حوض وادي وج ٢٠٢٣.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على مرئية القمر الصناعي (Landsat 8).

وتغطي الفئة الثانية المناطق التي تتصف بقابلية عالية لمخاطر الفيضانات، وذلك بمناطق توجد الجبال، بمساحة ١٢٣.١١ كم^٢، ونسبة ٤١.٨٢٪ من مساحة الحوض. ويقع ضمن

نطاق الملاءمة المعتدلة لمخاطر الفيضان مناطق الترب الجرداء، بمساحة ٨٨.٠٥ كم^٢، بنسبة ٢٩.٩٢٪ من مساحة الحوض. ويضم النطاق الذي يتصف بقابلية ضعيفة للتعرض لمخاطر الفيضان في الحوض مناطق انتشار الغطاء النباتي، بمساحة بلغت ٣٩.٤٥٣ كم^٢، ونسبة ١٩.٤٪ من مساحة الحوض. ويندرج ضمن نطاق الملاءمة الضعيفة جدا لحدوث مخاطر فيضانات، حيث تتسرب غالبية الأمطار عبر تربة مناطق المزارعة، بمساحة بلغت ٢.٨٧ كم^٢، ونسبة ٠.٩٧٪ من إجمالي مساحة الحوض.

ثانياً) نمذجة مخاطر الفيضانات في الحوض: طبقت الدراسة منهج تحليل اتخاذ القرار متعدد المعايير في نظم المعلومات الجغرافية، واستخدم هذا المنهج في عدة دراسات حول العالم، حيث تمت التوصية باستخدامه في نمذجة مخاطر الفيضانات المفاجئة ورسم خرائطها. ولذلك استخدمت هذه التقنية لتقييم فيضانات حوض وادي وج المفاجئة، وتعد هذه التقنية أكثر فعالية لأنها تتمتع بالقدرة على ربط البيانات المكانية متعددة المصادر بالمقياس نفسه لاكتشاف الحل الجيومكاني الأفضل لمتخذي القرار. وتتضمن طريقة حساب التراكب الموزون تقنيات تحليل اتخاذ القرار متعدد المعايير باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي، التي تربط بيانات المتغيرات المكانية المتعددة التي سبق دراستها في الجزئية الأولى على المقياس نفسه، ولتطبيق ذلك تم استخدام النمذجة الموزونة لحساب وزن كل متغير مكاني وربط جميع المتغيرات معاً باستخدام المعادلات الرياضية.

وبعد الانتهاء من اشتقاق طبقات خرائط معايير نمذجة مخاطر الفيضانات في الحوض قامت الدراسة بإعادة تصنيف هذه الطبقات بما يتلاءم مع ملاءمة كل منها لحدوث الفيضانات، وبالتالي حددت الأهمية النسبية لكل معيار باستخدام حاسبة التسلسل الهرمي (Analytic Hierarchy Process)، وتم في البداية تحديد علاقة متغيرات المعايير مع البدائل بشكل هرمي، فكل متغير له بدائل تصنف حسب أهميتها (أهمية قليلة، وأهمية متوسطة، وأهمية كبيرة، وأهمية كبيرة جداً، وأهمية مطلقة) قابلة للمقارنة الزوجية، وتقاس البدائل بمقياس يتراوح بين ١ - ٩، وبالتالي تم بناء مصفوفة مقارنة زوجية بدلالة

مقياس الأهمية، وحساب مدى ثبات الأحكام في مصفوفة المقارنة الزوجية التي بلغت ٤.٢٪، مما يعني ثبات وعدم تناقض الأحكام، واعتمدت الدراسة في بناء المصفوفة على حاسبة التحليل الهرمي (جدول رقم ٥).

جدول رقم (٥): مصفوفة المقارنة الزوجية بين متغيرات معايير الملائمة لمخاطر السيول.

المتغير	الأمطار	البعد من الأودية	الجريان السطحي	الانحدار	الارتفاع	الغطاء الأرضي	البلل الطبوغرافي	عمق التربة	طاقة الأودية	نسيج التربة	رطوبة التربة	الغطاء النباتي	كثافة التصريف	الالتواء
الأمطار	١													
البعد من الأودية	١.٠٠	١												
الجريان السطحي	٠.٥	١.٠٠	١											
الانحدار	٠.٣٣	٠.٥	١.٠٠	١										
الارتفاع	٠.٣٣	٠.٥	١.٠٠	١	١									
الغطاء الأرضي	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٥	٠.٥	٠.٥	١								
البلل الطبوغرافي	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٥	١							
عمق التربة	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	١	١						
طاقة الأودية	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٥	٠.٥	٠.٥	١					
نسيج التربة	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٥	١				
رطوبة التربة	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٥	١	١			
الغطاء النباتي	٠.١٤	٠.١٧	٠.١٧	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٢٥	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٥	٠.٥	١		
كثافة التصريف	٠.١٢	٠.١٤	٠.١٤	٠.١٤	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٣٣	٠.٥	١	
الالتواء	٠.١١	٠.١١	٠.١٢	٠.١٢	٠.١٤	٠.١٤	٠.١٧	٠.١٧	٠.٢٠	٠.٢٥	٠.٢٥	٠.٣٣	٠.٥	١

المصدر: الباحثة بالاعتماد على حاسبة التحليل الهرمي (<https://bpmmsg.com/ahp>).

وبالتالي تم تحديد أوزان متغيرات معايير النموذج، حيث أظهرت نتائج حاسبة (Ahp) الأهمية النسبية المحسوبة بطريقة آلية لكل متغير حسب طريقة التحليل الهرمي

(جدول رقم ٦). وقد بلغت نسبة الأهمية للأمطار ١٩,٨٪، وبلغت ١٥,٥ للبعد من الأودية، ونحو ١٢,٢٪ للجريان السطحي، ١١,٤٪ للانحدار، ١٠,٥٪ للارتفاع، ٧٪ لأغطية واستعمالات الأرض، ٥,٢٪ للبلل الطبوغرافي، ٤,٨٪ لعمق التربة، ٤٪ لطاقة الأودية، ٢,٦٪ لكل مم نسيج ورطوبة التربة، ١,٩٪ للغطاء النباتي، ١,٥٪ لكثافة التصريف، ١٪ للالتواء.

جدول رقم (٦): الأهمية النسبية لمتغيرات معايير نموذج مخاطر السيول.

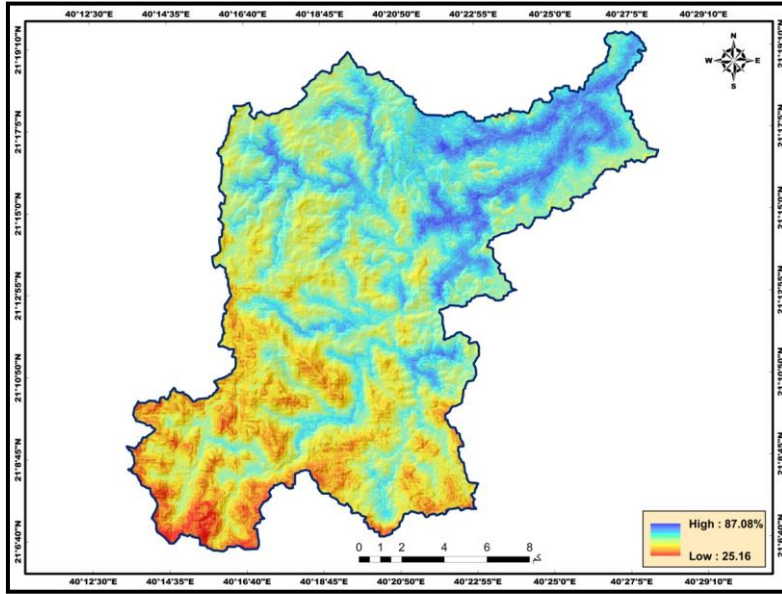
الاهمية النسبية %	المتغير	الاهمية النسبية %	المتغير
١٩.٨	الأمطار	٤.٨	الاهمية النسبية %
١٥.٥	البعد من الأودية	٤	طاقة الأودية
١٢.٢	الجريان السطحي	٢.٦	نسيج التربة
١١.٤	الانحدار	٢.٦	رطوبة التربة
١٠.٥	الارتفاع	١.٩	الغطاء النباتي
٧	الغطاء الأرضي	١.٥	كثافة التصريف
٥.٢	البلل الطبوغرافي	١	الالتواء

المصدر: الباحثة بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي (<https://bpmmsg.com/ahp>).

وتمثلت آخر الخطوات النمذجة باتخاذ القرار متعدد المعايير لدمج طبقات متغيرات المعايير حسب أهميتها أو أوزانها باستخدام تقنية تحليل تراكب الأوزان (Weighted Overlay) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، لنحصل على طبقة أو خريطة واحدة تبين مدى ملائمة سطح حوض وادي وج لمخاطر الفيضانات. وتظهر نتائج طريقة القرار المتعدد المعايير (MCDA) نمذجة مخاطر الفيضانات في الحوض تبين نسب مخاطر الفيضانات في الحوض من مكان لآخر، فضلاً عن ذلك لا توجد أي منطقة في الحوض لا تعاني من مخاطر الفيضانات، بدليل أن الحد الأدنى لنسبة مخاطر فيضانات الحوض بلغت ٢٥.١٦٪، كما تؤكد النتائج عدم وجود منطقة في حوض

وادي وج تعاني من مخاطر الفيضانات بنسبة ١٠٠٪؛ ومما يؤكد ذلك بلغت أعلى قيمة لنموذج ملاءمة الحوض لمخاطر الفيضانات ٨٧.٠٨٪، بمتوسط مكاني لمخاطر الفيضانات على مستوى حوض وادي وج بلغ ٥٦.٦٧٪. وتقع هذه المناطق التي تتسم بخطورة الفيضان في الحوض بشكل إيجابي حيث انخفاض التضاريس، وقلة انحدارها، وسيادة التضاريس المسطحة حيث ترتفع قيم مؤشري البلل الطبوغرافي، وطاقة المجاري، وكثافة الصرف، وتناقص المسافة من الأودية، بمناطق انتشار الترب عالية الرطوبة، وقليلة العمق، وناعمة النسيج، وغزيرة الأمطار، وعالية الجريان، وقليلة الغطاء النباتي، وحيث تسود أغطية واستعمالات الأرض المصمطة للجريان.

شكل رقم (١٦): نسب ملاءمة حوض وادي وج لمخاطر الفيضانات.

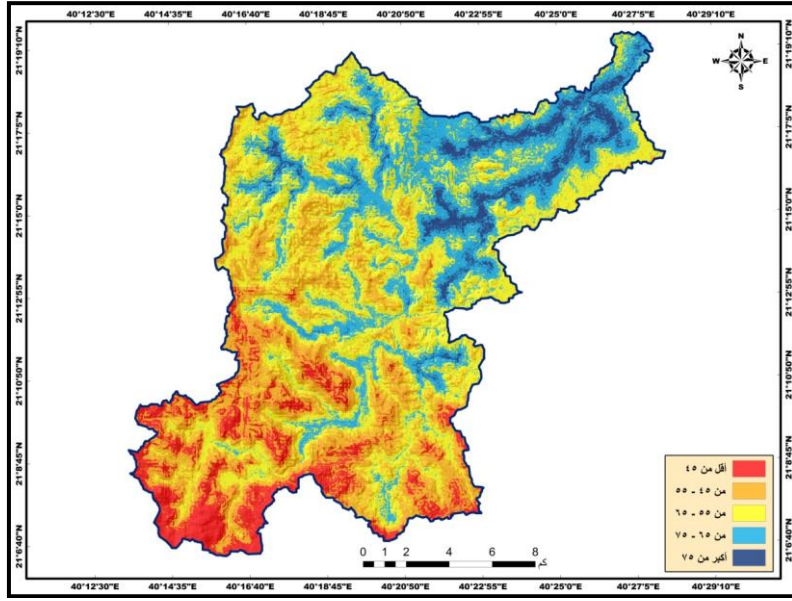


المصدر: الباحثة بالاعتماد على الأشكال من (٢ - ١٥).

وبذلك فقد أنتج دمج هذه المتغيرات الأربعة عشرة المستخدمة لنمذجة مخاطر

الفيضانات خريطة مخاطر فيضانات حوض وادي وج مصنفة إلى خمس فئات (شكل رقم ١٧). وتبين نتائج تصنيف طبقة نموذج قابلية أو ملائمة الحوض لمخاطر الفيضانات وقوع المنطقة التي تتسم بقابلية ضعيفة جدا لمخاطر الفيضانات جنوب شرق، وجنوب، وجنوب غرب حوض وادي وج، حيث تقل نسبة الملاءمة عن ٤٥٪، بمساحة بلغت ٣٠.٩٧ كم^٢، بنسبة ١٠.٥٢٪ من مساحة الحوض. وبلغت مساحة المباني في هذه المنطقة ٠.١٤ كم^٢، بنسبة ٠.٦٥٪ من مساحة المنطقة المبنية. وتظهر المنطقة التي تتسم بضعف قابليتها لمخاطر الفيضانات جنوب شرق، وجنوب، وجنوب غرب، ووسط الحوض، حيث تتراوح نسبة ملائمتها للتعرض للفيضانات بين ٤٥ - ٥٥٪، بمساحة بلغت ٧٣.٢٤ كم^٢، بنسبة ٢٤.٨٧٪ من مساحة الحوض. وبلغت مساحة المباني في هذه المنطقة ١.١ كم^٢، بنسبة ٥.٢٤٪ من مساحة المنطقة المبنية. وتغطي المنطقة التي تتصف بقابلية معتدلة لمخاطر الفيضانات شمال غرب، وغرب، ووسط، وشمال شرق الحوض، حيث تتراوح نسب الملاءمة لمخاطر الفيضانات بين ٥٥ - ٦٥٪، بمساحة ١٠٥.٩٨ كم^٢، بنسبة ٣٦٪ من مساحة الحوض. وبلغت مساحة الكتلة المبنية بهذه المنطقة ٥.٨ كم^٢، بنسبة ٢٧.٧٨٪ من مساحة المنطقة المبنية. وتبرز المنطقة التي تتصف بقابلية عالية للتعرض لمخاطر الفيضانات، حيث تتراوح نسب الملاءمة لمخاطرها بين ٦٥ - ٧٥٪ أدنى، ووسط، وشمال غرب الحوض، بمساحة ٦٨.٩٥ كم^٢، ونسبة ٢٣.٤٢٪ من مساحة الحوض. وبلغت مساحة المباني في هذه المنطقة ٩.٧١ كم^٢، بنسبة ٤٦.٥٦٪ من مساحة المنطقة المبنية. وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا للتعرض لمخاطر الفيضانات، حيث نسبة الملاءمة للمخاطر تتجاوز ٧٥٪، بمساحة ١٥.٢١ كم^٢، بنسبة ٥.١٦٪ من إجمالي مساحة الحوض، بمناطق انتشار المباني أدنى حوض وادي وج، حيث بلغت المساحة المبنية في هذه المنطقة ٣.٩٩ كم^٢، بنسبة ١٩.١٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة المبنية.

شكل رقم (١٧): فئات نسب مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على الشكل (٦).

ثالثاً): محاكاة مخاطر فيضانات عاصفة (٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥): تعتبر أحداث هطول الأمطار الغزيرة المفاجئة هي العامل السببي الأكثر شيوعاً لحدوث الفيضانات، وما يترتب عليها من مخاطر بشرية. وتحدث الفيضانات المفاجئة بسبب هطول الأمطار الغزيرة خلال مدة قصيرة. ويمكن هنا عرض محاكاة فيضان مفاجئ لعاصفة حدثت عام ٢٠٠٥م باستخدام نموذج هيدروليكي تم إنشاؤه من قبل مراكز الهندسة الهيدرولوجية الأمريكية. وبذلك فإن الهدف من محاكاة مخاطر أشد العواصف التي تعرض لها الحوض باستخدام الوظائف الأساسية لبرنامج (HEC-RAS 6.4.1)، هو رسم خرائط تبين مخاطر غمر وسرعة مياه الفيضانات في الحوض، وتقييم مدى الغمر المائي المحتمل في وادي وج، وتأثيره على استعمالات الأرض في مدينة الطائف، من خلال إنشاء نموذج ثنائي الأبعاد لنظام

الجريان السطحي في الوادي. ويعد رسم خرائط نتائج النموذج الهيدروديناميكي لتحديد المناطق المغمورة أمرًا مهمًا من أجل تحديد المناطق التي غمرتها المياه بما يساعد متخذي القرار على اتخاذ الإجراءات التي من شأنها التخفيف من تأثير الفيضانات أو تنفيذ تدابير التكيف لتجنب فيضانات مماثلة في المستقبل. وبذلك فقد تم إعداد نموذج محاكاة فيضان عاصفة أمطار (٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥م)، والنتيجة عن أقوى عاصفة مطرية تعرض لها حوض وادي وج وذلك باستخدام برنامجي (Arc Map 10.5 and HEC-RAS 6.4.1). ويختص برنامج (HEC-RAS) بنمذجة ومحاكاة المياه من خلال الممرات المائية الطبيعية مثل الأنهار، والمجري الصناعية مثل الترعة والمصارف. ويمكن للبرنامج حساب حركة الرواسب والملوثات الكيميائية في مجرى مائي (USACE, 2010).

ومرت محاكاة الفيضان في الحوض بعدد من الخطوات بداية بجمع البيانات حيث يتطلب برنامج (HEC-RAS) عدة معلمات لتطوير مخرجات النمذجة الهيدروليكية، وتحليل السهول الفيضية. وتتمثل بيانات المحاكاة في نموذج ارتفاع رقمي، ومعالجته، وضبطه حسب النظام المتري، وجمع بيانات الأمطار اليومية في الحوض، لتحديد أشد العواصف المطرية التي تعرض لها حوض وادي وج بين عامي ١٩٨١ - ٢٠٢٣م، وبعد تحديد أشد العواصف اليومية تم جمع البيانات الساعية للأمطار العاصفة خلال أربعة وعشرين ساعة.

وتمثلت الخطوة الثانية بإنشاء نموذج رقمي للتضاريس يمثل الحالة الفعلية للحوض من أجل إجراء محاكاة للفيضانات، وذلك من خلال اشتقاق طبقة حدود الحوض من نموذج الارتفاع الرقمي باستخدام أدوات (Hydrology) ضمن برنامج (Arc Map 10.5). وتلتها الخطوة الثالثة المتمثلة بإنشاء ملف خاص (New Project) م بمشروع محاكاة فيضان عاصفة ٢٠٠٥ ضمن برنامج (HEC-RAS)، والتي تضم تهيئة الظروف الأساسية لتطوير المعالم الجغرافية المكانية، كتحديد نظام الإحداثيات المحدد بواسطة ملف الإسقاط، واستيراد بيانات المشروع الى ملف المشروع، وذلك تمهيدا لعمل

(Create new geometry) للقيام ببناء هندسي أحادي الأبعاد بالاعتماد على طبقة نموذج الارتفاع الرقمي.

وتتضمن الخطوة الرابعة إنشاء (Creating RAS geometry) يحتوي على المعلومات الهندسية للمحاكاة كشبكة الجريان، والمقاطع العرضية، والهيكل الهيدروليكية، وضاف المجاري، ومعامل خشونة الوادي، والتي تم إنشاؤها باستخدام أدوات (RAS Mapper) داخل برنامج ((HEC-RAS. وتعتبر هذه الأدوات واجهة مخصصة لتصوير ومعالجة البيانات الجغرافية المكانية، حيث تم استيراد نموذج الارتفاع الرقمي للحوض في نافذة أو امتداد (RAS Mapper) ليتحول الملف إلى صيغة (GeoTIFF)، مما يؤدي إلى سعة تخزين أصغر وسرعة حسابية أسرع وخريطة ديناميكية. وتستخدم أدوات نافذة (RAS Mapper) في عمل نموذج ثلاثي الأبعاد (TIN)، وترقيم شبكة تدفق الجريان، حيث يتدفق الجريان في وادي ترج من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، ومن ثم إنشاء طبقة ضفاف مجاري وادي ترج (Create River Banks) لتمييز صفة القناة الرئيسية عن السهول الفيضية، وذلك من خلال ترقيمها إما على طول أو مقابل اتجاه الجريان، وتلى ذلك إنشاء طبقة خاصة بمسارات تدفق المجاري (Create River Flow Paths) باتجاه الجريان، ويتم رقمنة مسارات التدفق على حدود السهول الفيضية للوادي، لأجل تحديد أطوال الوصول بين المقاطع العرضية في كل من القناة الرئيسية للوادي ومناطق الضفة، وبعدها تم رقمنة المقاطع العرضية للمجاري (Create River Cross-Sections). وتعد هذه الرقمنة من المدخلات الرئيسية لمحاكاة الفيضان بواسطة برنامج ((HEC-RAS، وتستخدم لاستخراج بيانات الارتفاع من (DEM) لإنشاء ملف تعريف لحساب تدفق قناة مجرى الوادي، وبالتالي فقد تم اشتقاق البيانات الهندسية للشبكة والضفاف ومسار التدفق، والمقاطع العرضية التي سوف تستخدم في المحاكاة من (DEM)، وبعدها تم التحقق من الأخطاء التي قد تحول دون تشغيل نموذج ((HEC-RAS، وذلك من خلال فحص المشاكل وتصحيحها، وتم حفظ البيانات تلقائيًا في قاعدة بيانات جغرافية تمثل قاعدة التحليل الهيدروليكي في برنامج ((HEC-RAS.

أما الخطوة الخامسة فتتمثل في إنشاء مخطط (Creating RAS Mapper) لتحرير البيانات الهندسية من خلال فتح (Geometry Data)، وضبط خشونة كل مقطع عرضي في القناة الرئيسية والصفاف بالاعتماد على قيم معامل مانينغ (Manning's n or k Values)، وأعقبها ادخال بيانات الأمطار الساعية باستخدام أداة (UnSteady Flow Data, Flow) و (Hydrograph)، ومن ثم عمل مخطط (Plan)، وتم حساب معدل التدفق الإجمالي باستخدام الطريقة العقلانية، والاعتماد على البيانات الساعية للعاصفة، وتمت المحاكاة باستخدام معدل تدفق ٠.٠١ (م^٣/ثانية).

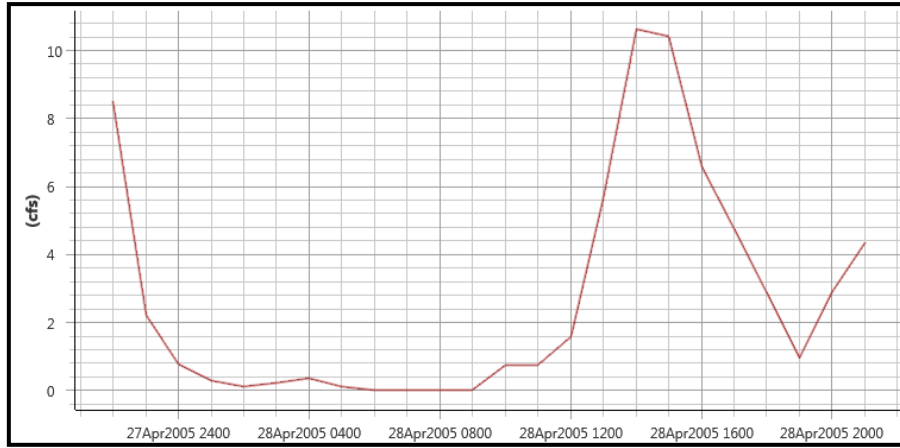
وبعدها جاءت الخطوة السادسة التي تم من خلالها تشغيل نموذج (HEC-RAS) لمحاكاة فيضان عاصفة أمطار (٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥)، وذلك من خلال عمل (Run) بواسطة أداة (UnSteady Flow Analysis) لمحاكاة مخاطر فيضان هذه العاصفة على استعمالات الأرض في حوض وادي وج باستخدام برنامج (Hydrologic Ingrading Centre). وتتطلب عملية محاكاة الفيضان إدخال ثلاثة أنواع رئيسية من البيانات: بيانات المخطط (plan data)، والبيانات الهندسية (geometry data)، وبيانات التدفق (flow data). ويسمح برنامج (HEC-RAS) بنوعين من المحاكاة. وقد اعتمدت الدراسة على تضمين هيدروغراف الحالة غير المستقرة، وبالتالي تمت المحاكاة باستخدام محاكاة التدفق غير المستقر لرسم خرائط محاكاة السهل الفيضي لحوض وادي واج.

وبالتالي انطلقت الدراسة إلى الخطوة السابعة والمتمثلة بتصدير بيانات نموذج المحاكاة المتعلقة بكل من الغمر وسرعة الجريان من برنامج (HEC-RAS 6.4.1) إلى برنامج (Arc GIS)، وذلك لغرض انتاج خريطتي الغمر والسرعة. يقوم هذا البرنامج بحساب منسوب المياه وسرعتها في الأنهار وبناء نماذج أحادية أو ثنائية الأبعاد لمحاكاة حركة المياه (AL-Hussein, et al, 2022, p. 5).

وبالتالي فبعد قيام الدراسة بجمع بيانات الأمطار اليومية وتحديد أشد العواصف التي تعرض لها الحوض بين عامي (١٩٨١ - ٢٠٢٣م)، وجاءت عاصفة أمطار يوم ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥م كأقوى عاصفة مطرية تعرض لها الحوض، حيث بلغت كمية الأمطار

٥٣.٣٤ ملم خلال ٢٤ ساعة. وجاءت بعدها عاصفة أمطار ٦ / ٣ / ٢٠٢٣ م التي بلغت كمية أمطارها ٤٦.٩٩ ملم خلال ٢٤ ساعة، وتلتها عاصفة ١٣ / ١١ / ١٩٩٦ م حيث بلغت كمية الأمطار ٤٢.٧٩ ملم خلال ٢٤ ساعة. وبالاكتفاء على أشد العواصف تمت محاكاة الفيضان في المستقبل بحوض وادي وج بالاكتفاء على البيانات الساعية لهذا العاصفة التي بدأت في الساعة ٢١ بتاريخ ٢٧ / ٤ / ٢٠٠٥ م بكمية بلغت ٨.٤٩ ملم في الساعة، واستمرت هذه العاصفة المطرية إلى الساعة ٢٠ في اليوم التالي بتاريخ ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥ م. وتباينت كمية الهطول الساعي، حيث بلغت ذروتها في الساعة ١٣ بكمية بلغت ١٠.٦٤ ملم في الساعة (شكل رقم ١٨)، وبلغت في الساعة ١٤ نحو ١٠.٤١ ملم في الساعة.

شكل رقم (١٨): هيدروغراف عاصفة أمطار يوم ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥ م.



المصدر: الباحثة بالاكتفاء على برنامج (Hydrologic Ingrading Centre).

أ) محاكاة عمق فيضان العاصفة: تعد نتائج التحليل الهيدروليكي لمحاكاة التدفق غير المستقر في السهل الفيضي لوادي وج الذي تم إجراؤه أداة فعالة لعرض الحالة الجغرافية والمناطق التي غمرتها مياه فيضان العاصفة. وتظهر نتائج محاكاة الفيضان الناتج عن عاصفة أمطار يوم ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥ م، وتم إجراء محاكاة لمدة يوم واحد

لمنطقة السهل الفيضي للوادي لاكتشاف الوقت الذي يستغرقه انحسار الفيضان باستخدام برنامج مركز الهندسة الهيدرولوجية (HEC-RAS)؛ تراوح عمق الفيضان الناتج عن هذه العاصفة في مجرى وادي وج والمجاري الرئيسية التي تصب في مجرى الوادي بين ٠.٠٣٣ متر إلى ٨.٦ متر بمتوسط ١.٧ م. وبلغ أقصى امتداد للفيضان بجوانب مجاري الأودية إلى ١.٠٣ كم وسط الحوض، وبلغت مساحة هذه المنطقة التي من الممكن تعرضها لمخاطر الفيضان ٥.٢٨ كم^٢، وتبلغ مساحة المباني التي تقع بمحاذاة هذه المجاري والتي من الممكن تعرضها لمخاطر فيضانات هذه العاصفة ٠.٨٥ كم^٢.

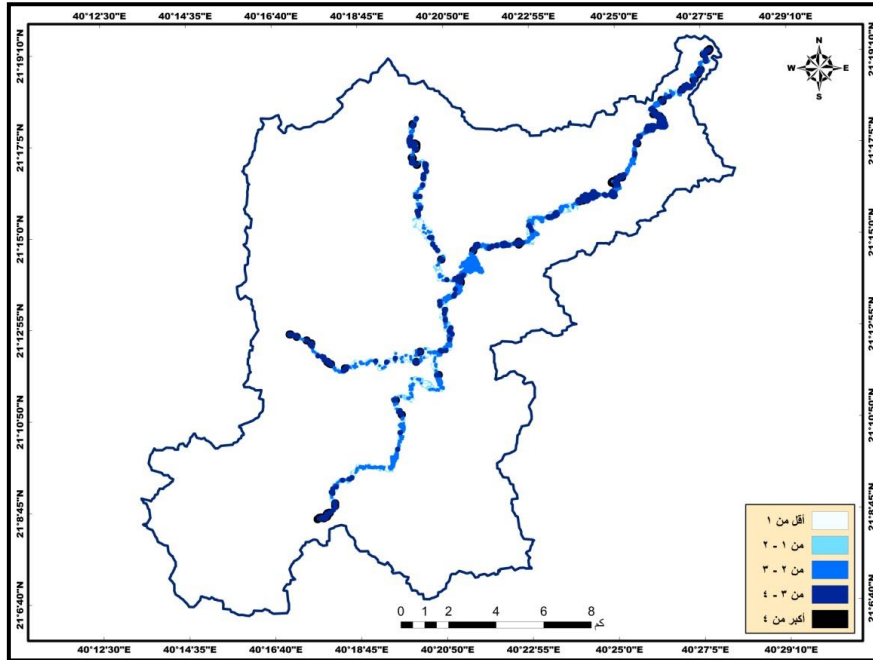
وبتصنيف هذه الطبقة إلى فئات (شكل رقم ١٩): الأولى حيث يقل عمق مياه الفيضان عن ١ م في المناطق البعيدة جدا من مجاري الأودية، ومن المحتمل تعرض هذه المناطق لمخاطر ضعيفة جدا للفيضان، بمساحة بلغت ١.٤٩ كم^٢، بنسبة ٢٨.٢١٪، وتبلغ مساحة المباني التي يتوقع وقوعها بهذا النطاق نحو ٠.١٨ كم^٢، بنسبة ٢١.٢٣٪ من إجمالي مساحة المباني الممكن تعرضها لمخاطر عمق الفيضان.

وتقع المنطقة الثانية التي من المتوقع أن يتراوح فيها عمق مياه الفيضان بين ١ - ٢ م في المناطق البعيدة من مجاري الأودية، بمساحة بلغت ١.٦٣ كم^٢، بنسبة ٣٠.٨٣٪، وتبلغ مساحة المباني التي يتوقع تعرضها لمخاطر ضعيفة بهذا النطاق نحو ٠.٢٢ كم^٢، بنسبة ٢٥.٣٣٪ من إجمالي مساحة المباني الممكن تعرضها لمخاطر عمق فيضان هذه العاصفة. وتظهر المنطقة التي يتوقع أن يتراوح فيها عمق مياه الفيضان بين ٢ - ٣ م في المناطق متوسطة البعد من مجاري الأودية، بمساحة ١.٦٩٣ كم^٢، ونسبة ٣٢.١٪. وتبلغ مساحة المباني التي يتوقع وقوعها بهذا النطاق نحو ٠.٣٥ كم^٢، بنسبة ٤٢.٤٪ من إجمالي المساحة المبنية المتوقع تعرضها لمخاطر عمق الفيضان.

ويتوقع وقوع المنطقة التي يحتمل تراوح عمق مياه الفيضان فيها بين ٣ - ٤ م في المناطق القريبة من مجاري الأودية، بمساحة ٠.٤٢ كم^٢، بنسبة ٨.٠٣٪، وتبلغ مساحة المباني التي يتوقع وقوعها بهذا النطاق نحو ٠.٠٧ كم^٢، بنسبة ٨.٣٪ من إجمالي مساحة

المباني المحتمل تعرضها لمخاطر عمق الفيضان. وستبرز المنطقة التي يتوقع أن يتجاوز فيها عمق الفيضان عن ٤ م في المناطق المحاذية لمجري الأودية، بمساحة ٠.٠٤ كم^٢، بنسبة ٠.٨٢٪، وستبلغ المساحة المبنية بهذا النطاق نحو ٠.٠٠٥ كم^٢، بنسبة ٠.٦٨٪ من إجمالي مساحة المباني المتوقع تعرضها لمخاطر عمق فيضان هذه العاصفة.

شكل رقم (١٩): محاكاة عمق فيضان عاصفة ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥ م في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد برنامج (HIC-RAS, 6,4,1).

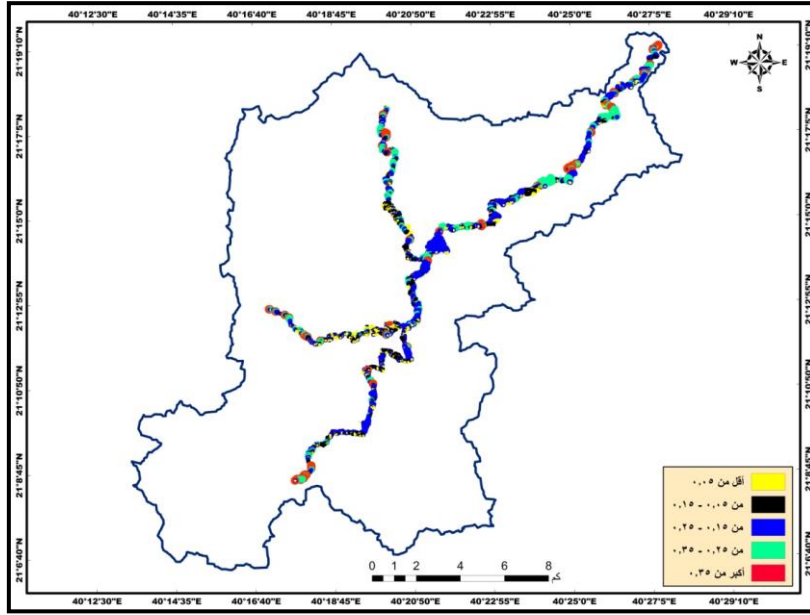
ب) محاكاة سرعة فيضان العاصفة: أظهرت نتائج محاكاة سرعة فيضان عاصفة ٢٠٠٥ باستخدام نفس البرنامج تراوح سرعة الجريان الناتج عن هذه العاصفة في السهل الفيضي لمجرى وادي وج والمجري الرئيسية التي تصب فيه بين ٠.٠٠٠٠٢٨ م/ث إلى ٠.٨٩ م/ث، بمتوسط ٠.٦٧ م/ث، وتبصنيف الطبقة الناتجة عن برنامج

(HEC-RAS) إلى فئات (شكل رقم ٢٠)، حيث تقع الفئة الأولى أينما تقل سرعة الجريان عن ٠.٠٥ م/ث في المناطق البعيدة جداً، والبعيدة من مجاري الأودية أدنى ووسط الحوض، حيث تتصف مجاري الأودية باستواء سطحها، بمساحة بلغت ٣.١٣ كم^٢، بنسبة ٥٩.١٤٪. وتبلغ مساحة المباني التي يحتمل وقوعها بهذا النطاق نحو ٠.٤٨ كم^٢، بنسبة ٥٦.٩٢٪ من إجمالي مساحة المباني المحتمل تعرضها لمخاطر عمق فيضانات هذه العاصفة.

وتظهر المنطقة حيث يتوقع أن تتراوح سرعة الجريان بين ٠.٠٥ - ٠.١٥ م/ث بمناطق متوسطة البعد من مجاري الأودية وسط الحوض، بمساحة ١.٥٤ كم^٢، ونسبة ٢٩.١١٪. ويتوقع أن تتضمن هذه المنطقة نحو ٠.١٩ كم^٢، بنسبة ٢٢.٣٪ من إجمالي مساحة المباني الممكن تعرضها لمخاطر سرعة الفيضان. وتبرز المنطقة التي يحتمل أن تتراوح سرعة الجريان فيها بين ٠.١٥ - ٠.٢٥ م/ث في المناطق القريبة من مجاري الأودية وسط أعلى الحوض، بمساحة ٠.٤٢ كم^٢، بنسبة ٨.٠١٪، وستبلغ مساحة المباني المتوقع وقوعها بهذا النطاق نحو ٠.٠٤٥ كم^٢، بنسبة ٥.٣٦٪ من إجمالي المساحة المبنية المتوقع تعرضها لمخاطر سرعة الجريان.

ويتوقع أن تتراوح سرعة الجريان فيها بين ٠.٢٥ - ٠.٣٥ م/ث في مجاري الأودية بمختلف مناطق الحوض، بمساحة ٠.١٤ كم^٢، بنسبة ٢.٧٨٪، ويحتمل أن تبلغ مساحة المباني ضمن هذا النطاق نحو ٠.٠٢١ كم^٢، بنسبة ٢.٥٨٪ من إجمالي مساحة المباني المحتمل تعرضها لمخاطر الفيضان. وستقع المنطقة التي يحتمل أن يتجاوز فيها سرعة الجريان ٠.٤٥ م/ث بمجاري الأودية وسط وأعلى الحوض، بمساحة ٠.٠٥ كم^٢، بنسبة ٠.٩٥٪، ويتوقع أن تبلغ مساحة البناء بهذا النطاق نحو ٠.٠٠٥٤ كم^٢، بنسبة ٠.٦٤٪ من إجمالي مساحة المباني المتوقع تعرضها لمخاطر سرعة الجريان.

شكل رقم (٢٠): محاكاة سرعة جريان عاصفة ٢٨ / ٤ / ٢٠٠٥م في حوض وادي وج.



المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامج (HIC-RAS, 6,4,1).

الخاتمة: يعد تقييم مخاطر الفيضان من الأمور المهمة للتخطيط الحضري الفعال، وإدارة الكوارث. وتمثل خرائط مخاطر الفيضانات الناتجة عن هذه الدراسة حلاً فعالاً من حيث التكلفة لتدابير تخفيف مخاطر فيضانات الحوض؛ حيث تناولت الدراسة في جزئها الأول أربعة عشرة متغير تدرج ضمن ستة معايير طبوغرافية، وبيديولوجية، ومناخية، وهيدرولوجية، ونباتية، وبشرية لنمذجة مخاطر فيضانات حوض وادي وج وكشف تأثيراتها على استعمالات الأرض باستخدام عملية التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)، وتحليل تراكب الأوزان (weighted overlay) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في الجزء الثاني من الدراسة. وقامت الدراسة في جزئها الثاني بمحاكاة مخاطر الفيضانات في الحوض بالاعتماد على أشد العواصف المطرية في الحوض. وتتبع أهمية دراسة، وتحليل، ونمذجة، ومحاكاة مخاطر فيضانات حوض وادي وج، بسبب وقوع مدينة

الطائف عند مخرج الحوض، فضلاً عن وقوع الحوض في المناطق شبه الجافة، حيث تتصف الأمطار بالهطول المفاجئ على شكل زخات قوية غزيرة خلال مدة قصيرة، وعليه فقد توصلت نتائج نمذجة مخاطر الفيضانات في حوض الوادي إلى تباين مستويات مخاطر الفيضانات حسب كل متغير. وتركزت المخاطر الشديدة جداً والشديدة لغالبية هذه المتغيرات، حيث تتركز استعمالات الأرض في مدينة الطائف أدنى الحوض، ويرجع ذلك إلى أن المنطقة منخفضة الارتفاع وأن نظام الصرف الحالي لا يمكنه استيعاب الجريان السطحي بمعدل تدفق أعلى من ٠.٠٥ (م^٣ / ثانية). وتظهر نتائج محاكاة مخاطر الفيضانات في حوض وادي وج وقوع ٠.٨٥ كم^٢ بنسبة ٣.٩٢٪ من إجمالي مساحة المنطقة المبنية في الحوض ضمن المخاطر التي تواجه مخاطر شديدة للفيضانات أدنى الحوض، وبالتالي يتوقع أن تساعد نتائج هذه الدراسة مديري الكوارث وصناع القرار على اتخاذ الإجراءات اللازمة لحماية السكان والعمران بهذه المناطق من مخاطر الفيضانات، ووضع خطط واستراتيجيات تخفف من نتائج تقييم مخاطرها في حوض وادي وج، وينبغي على الجهات المختصة وضع خطط مناسبة لإدارة الفيضانات والتغلب على مخاطرها أدنى الحوض.

المراجع

- AL-Hussein, A. A. M., Khan, S., Ncibi, K., Hamdin, N., Hamed, Y., (2022), "Flood Analysis Using HEC-RAS and HEC-HMS: A Case Study of Khazir River (Middle East—Northern Iraq)", *Water*, **14**, pp1-19).
- Allafta, H., Opp, C., (2021), GIS-Based Multi-Criteria Analysis for Flood Prone Areas Mapping in the Trans-Boundary Shatt Al-Arab basin, Iraq-Iran", *Geomat Nat Haz Risk*, **12** (1), 2087–2116.
- Amen, A. R. M., Mustafa, A., Kareem, D. A., Hameed, H. M., Mirza, A. A., Szydlowski, M., et al. (2023). Mapping of flood-prone areas utilizing GIS techniques and remote sensing: A case study of duhok, Kurdistan region of Iraq. *Remote Sens. (Basel)* **15**, 1-20.
- AlSukker, A., Al-Saleem, M., Etier, M., (2022), "Flood Risk Map Using a Multi-Criteria Evaluation and Geographic Information System: Wadi Al-Mafraq Zone", *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, **16** (2), 291-300.

- Botzen, W.J.W., Aerts, J.C.J.H., Bergh, J.C.J.M., (2013), "Individual preferences for reducing flood risk to near zero through elevation", *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang*, 18, pp.229–244.
- Brunner, M. I., Seibert, J., Favre, A. C., (2016), "Bivariate return periods and their importance for flood peak and volume estimation", *Wire's Water*, 3, pp.819–833.
- Cao, C., Xu, P., Wang, Y., Chen, J., Zheng, L., Niu, C., (2016), "Flash Flood Hazard Susceptibility Mapping Using Frequency Ratio and Statistical Index Methods in Coalmine Subsidence Areas", *Sustainability*, 8 (948), pp.1-18.
- Chen, J., Li, Q., Wang, H. and Deng, M., (2020), "A Machine Learning Ensemble Approach Based on Random Forest and Radial Basis Function Neural Network for Risk Evaluation of Regional Flood Disaster: A Case Study of the Yangtze River Delta, China", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (1), 1–21.
- Costache, R., (2019), "Flash-Flood Potential Index Mapping Using Weights of Evidence, Decision Trees Models and Their Novel Hybrid Integration, Stoch. Environ", *Res. Risk Assess.* 33, 1375– 1402.
- Das, S., (2019), "Geospatial Mapping of Flood Susceptibility and Hydro-Geomorphic Response to the Floods in Ulhas Basin, India", *Remote Sens. Appl.* 14, 60–74.
- Elkhachy, I., (2022), Flash Flood Water Depth Estimation Using SAR Images, Digital Elevation Models, and Machine Learning Algorithms, *Remote Sens. (Basel)*, Vol.14, pp. 1-16.
- Edamo, M. L., Bushira, K., Ukumoc. T. Y., (2022), "Flood Susceptibility Mapping in the Bilate Catchment, Ethiopia", *H2Open Journal*, Vol. 5 (4), 1-22.
- Fernández, D.S., Lutz, M, A., (2010), "Urban Flood Hazard Zoning in Tucumán Province, Argentina, Using GIS and Multicriteria Decision Analysis", *Eng Geol*, Vol. 111(1–4), 90–98.
- Gazi, Y., Islam, A., Hossai, S., (2019), "Flood-Hazard Mapping in a Regional Scale-Way Forward to the Future Hazard Atlas in Bangladesh", *Malaysian J Geosci*, Vol.3(1), pp1–11.
- Grillakis, M.G., Koutroulis, A.G., et al, (2016), "Initial Soil Moisture Effects on Flash Flood Generation – A Comparison Between Basins of Contrasting Hydro-Climatic Conditions", *Journal of Hydrology*, Vol. 541, 206- 17.
- Hagos, Y. G., Andualem, T. G., Yibeltal, M., Mengie, M. A., (2022), "Flood Hazard Assessment and Mapping Using GIS Integrated With Multi-Criteria Decision Analysis in Upper Awash River Basin, Ethiopia", *Appl Water Sci*, Vol.148, pp.1- 22.
- Herbst, M., Dieckkrüger, B., (2006), "Numerical Experiments on the Sensitivity of

- Runoff Generation to the Spatial Variation of Soil Hydraulic Properties", *Journal of Hydrology*, Vol.326, pp. 43–58.
- Hong, H., Panahi, M., Shirzadi, A., et al, 2018, "Flood Susceptibility Assessment in Hengfeng Area Coupling Adaptive Enuro-fuzzy Inference System with Genetic Algorithm and Differential Evolution", *Sci. Total Environ*, Vol.621, pp 1124–1141.
 - Huete, A. R., (1988), "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)", *Remote Sens. Environ*, Vol.25, pp.295-309.
 - Kumne, W., Samanta, S., (2023), "Geospatial Mapping of Inland Flood Susceptibility Based on Multi-Criteria Analysis – A Case Study in the Final Flow of Busu River Basin, Papua New Guinea", *International Journal of Geoinformatics*, Vol. 19, (6), pp.32- 48.
 - Hussain, M., Tayyab, M., Zhang, J., Shah, A. A., Ullah, K., Mehmood, U., et al, (2021), "GIS-Based Multi-Criteria Approach for Flood Vulnerability Assessment and Mapping in District Shangla: Khyber Pakhtunkhwa", *Pakistan. Sustainability*, Vol.13, pp 1-29.
 - Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T., (2015), Assessment of Flood Hazard Areas at a Regional Scale Using an Index-Based Approach and Analytical Hierarchy Process: Application in Rhodope-Evros region, Greece", *Sci. Total Environ*, Vol. 538, 555– 563.
 - Khan, I., Lei, H., Shah, A.A., Khan, I., Muhammad, I., (2021), Climate Change Impact Assessment, Flood Management, and Mitigation Strategies in Pakistan for Sustainable Future", *Environ. Sci. Pollut. Res*, Vol.28, pp. 29720–29731.
 - Khosravi, K., Nohani, E., Maroufinia, E., Pourghasemi, H. R., (2016), "A GIS Based Flood Susceptibility Assessment and its Mapping in Iran: A Comparison Between Frequency Ratio and Weights-of-Evidence Bivariate Statistical Models with Multi-Criteria Decision-making Technique", *Nat. Hazards*, 83, 947–987.
 - Lee, S., Rezaie, F., (2022), "Data Used for GIS-Based Flood Susceptibility Mapping", *Data Geol Ecol Oceanogr Space Sci Polar Sci*, 41, 1–15.
 - Liu, Y., Xinyu, L., Liancheng, Z., Yang, L., Chunrong, J., Ni, W., Juan, Z., (2021), "Quantifying Rain, Snow and Glacier Meltwater in River Discharge During Flood Events in the Manas River Basin", *China, Nat. Hazards*, 108, 1137–1158.
 - Liuzzo, L., Sammartano, V., Freni, G., (2019), "Comparison Between Different Distributed Methods for Flood Susceptibility Mapping", *Water Resour Manag*, Vol. 33, pp.3155–3173.
 - Mahmoud, S.H., Gan, T.Y., (2018), "Multi Criteria Approach to Develop Flood Susceptibility Maps in Arid Regions of Middle East", *J Clean Prod*, Vol. 196, pp 216–229.

- Nachappa, T., Tavakkoli, P. S., Gholamnia, K., Ghorbanzadeh, O., Rahmati, O., Blaschke, T., (2020), "Flood Susceptibility Mapping with Machine Learning, Multi-Criteria Decision Analysis and Ensemble Using Dempster Shafer Theory", *J. Hydrol. (Amst)*, Vol.590, pp 125-145.
- Paul, G. C., Saha, S., Hembram, T. K., (2019), "Application of the GIS-Based Probabilistic Models for Mapping the Flood Susceptibility in Sub-Basin of Ggangabhagirathi River and their Comparison", *Remote Sens. Earth Syst. Sci.*, Vol.2, pp.120–146.
- Puno, G.R., Puno, R.C.C., Maghuyop, I.V., (2022), "Flood Hazard Simulation and Mapping Using Digital Elevation Models with Different Resolutions", *Global J. Environ. Sci. Manage*, Vol.8, (3), pp.339-352.
- Rahman, Z. U., Ullah, W., Bai, S., Ullah, S., Jan, M. A., Khan, M., Tayyab, M., (2023), "GIS-Based Flood Susceptibility Mapping Using Bivariate Statistical Model in Swat River Basin, Eastern Hindukush Region, Pakistan", *Front Environ Sci*, Vol.11, pp. 1-17.
- Rahmati, O., Haghizadeh, A., Pourghasemi, H. R., Noormohamadi, F., (2016), "Gully Erosion Susceptibility Mapping: The Role of GIS-Based Bivariate Statistical Models and their Comparison", *Nat. Hazards*, Vol.82, pp.1231–1258.
- Raynaud, D., Thielen, J., et al, (2015), "A Dynamic Runoff Co-Efficient to Improve Flash Flood Early Warning in Europe: Evaluation on the 2013 Central European Floods in Germany", *Meteorol Appl*, Vol.22, pp.410–418.
- Riazi, M., Khosravi, K., Shahedi, K., Ahmad, S., Jun, C., Bateni, S. M., et al., (2023), "Enhancing Flood Susceptibility Modelling Using Multi-Temporal SAR Images, CHIRPS Data, and Hybrid Machine Learning Algorithms", *Sci. Total Environ*, 871, 1-16.
- Shekhar, S., Pandey, A.C., (2015), "Delineation of Groundwater Potential Zone in Hard Rock Terrain of India Using Remote Sensing, Geographical Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Techniques", *Geocarto International*, Vol.30 (4), pp.402–421.
- Suresh, S. S., Benefit, O., Augustine, T., Trevor, P., (2013), "Peoples' Perception on the Effects of Floods in the Riverine Areas of Ogbia Local Government Area of Bayelsa State, Nigeria", *Knowledge Manage*, Vol.12, 21–44.
- Tehrany, M. S., Lee, M. J., Pradhan, B., Jebur, M. N., Lee, S., (2014), "Flood Susceptibility Mapping Using Integrated Bivariate and Multivariate Statistical Models" *Environ. Earth Sci*, 72, 4001–4015.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., Jebur, M. N., (2013), "Spatial Prediction of Flood Susceptible Areas Using Rule Based Decision Tree (DT) and a Novel Ensemble Bivariate and Multivariate Statistical Models in GIS", *Journal of Hydrology*, 504, 69–79.

- Tehrany, M. S., Pradhan, B. Jebur, M. N., (2014), "Flood Susceptibility Mapping Using a Novel Ensemble Weights-of-Evidence and Support Vector Machine Models in GIS", *Journal of Hydrology*, Vol. 512, pp. 332–343.
- -Tehrany M.S, Kumar L, Jebur M. N, Shabani, F, (2019), "Evaluating the Application of the Statistical Index Method in Flood Susceptibility Mapping and its Comparison with Frequency Ratio and Logistic Regression Methods. Geomat", *Nat Hazards*, Vol.10, pp.79–101.
- -Tehrany, M.S., Pradhan, B., Jebur, M.N., (2013), "Spatial Prediction of Flood Susceptible Areas Using Rule Based Decision Tree (DT) and a Novel Ensemble Bivariate & Multivariate Statistical Models in GIS", *J. Hydrol*, 504, 69–79.
- -Ullah, K., Zhang, J., (2020), "GIS-Based Flood Hazard Mapping Using Relative Frequency Ratio Method: A Case Study of Panjkora River Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan", *PLOS One*, Vol.15, pp.1-18.
- -USACE, (2010), *River Analysis System HEC-RAS, Applications Guide; Hydrologic Engineering Centre (HEC)*, St. Davis, CA, USA.
- Vilasan, R. T., Kapse, V. S., (2022), "Evaluation of the Prediction Capability of AHP and F-AHP Methods in Flood Susceptibility Mapping of Ernakulam District (India)", *Natural Hazards*, Vol. 112, pp.1767–1793.
- -Villarini, G., Wasko., C., (2021), "Humans, Climate and Stream Flow", *Nat. Clim. Change*, Vol.11, pp.725–726.
- -Wang, Z., Chen, X., Qi, Z., Cui, C., (2023), "Flood Sensitivity Assessment of Super Cities", *Sci. Rep*, Vol. 13, No. (1), pp.5582- 5597.
- -Wondim, Y. K., (2016), "Flood Hazard and Risk Assessment Using GIS and Remote Sensing in Lower Awash Sub-Basin Ethiopia", *J Environ Earth Sci*, Vol 6(9), pp.69–86.
- Zhang, W., Villarini, G., Vecchi, G. A., Smith, J. A., (2018), "Urbanization Exacerbated the Rainfall and Flooding Caused by Hurricane Harvey in Houston", *Nature*, Vol.563, pp.384–388.

Designing a Simulation Model for Flood Risks in Wadi Waj, Taif Governorate, Using Geographic Information Systems

Dr. Afrah Ahmed Al-Zahrani

Assistant Professor, Department of Physical Sciences - Geographic Information Systems
Program - University of Jeddah
aaalzahrani@uj.edu.sa

Abstract:

Abstract: The study aims to model and simulate flood risks to residential facilities In Taif city, which is located lower in Wadi Waj basin, by analyzing and modeling the criteria of these risks. and thus, simulating risks of most severe rainstorm to which basin was exposed between 1981 - 2023, which is storm of April 28, 2005, where amount of rain reached 53.34 mm within 24 hours. Thus, data for model's criteria variables were collected and processed, in preparation for deriving a map for each spatial variable, and assessing its risks in basin floods. This was followed by using analytic hierarchy process (AHP) to find a decision matrix between model's criteria variables, determining their stability rate, and relative importance of each variable, and finally layers of all variables were merge Model criteria in raster calculator for (GIS) according to their weights or relative importance to evaluate basin flood risks according to all variables.

The results demonstrated assessment of flood risk, according to basin susceptibility model for floods, Variation Flood risks from place to other, where risks flood are concentrated high to very high at outlet of basin and in wadi streams, Consequently the basin's suitability rates for floods ranged from 25.16% as a minimum to 87.08% as a maximum, with spatial average of 56.67%. Results of the classification demonstrated, located zone lower, middle and northwest the basin, characterized with high vulnerability to flood risks, with an area of 68.95km², by 23.42% of area basin, and reached of buildings within this zone 9.71 km², by 46.56% of area built-up. and located the zone characterized by a very high suitability to flood risks is at outlet

of basin, with an area of 15.21 km², by 5.16% of area of basin. The built-up area in this zone is 3.99 km², by 19.12% of area of built-up. Accordingly 65.68% of built-up area in the basin located within zones comprises high to very high vulnerability flood risk.

Keywords: Simulation, Risk, Floods, Wadi, Geographic Information Systems.

الكشف عن أشجار النخيل باستخدام خوارزمية التعلم العميق YOLOv8

أ. مطلق فيحان البقمي* د. ناصر إبراهيم اللهيبي**

الملخص:

يعد الكشف والتعرف على مواقع أشجار النخيل أمراً بالغ الأهمية في أي منطقة زراعية، والتنبؤ بإنتاجية التمور، والإدارة والتخطيط الذكي للمزارع. عادة يتم الحصول على هذه البيانات تقليدياً وذلك من خلال التحقق اليدوي ويستغرق جهداً ووقتاً طويلاً. يمكن أن توفر نماذج اكتشاف الأشياء في التعلم العميق المستخدمة على نطاق واسع في رؤية الحاسوب فرصة للكشف الدقيق عن أشجار النخيل، وهو أمر ضروري للحصول على البيانات بسرعة وتقليل أخطاء العمليات البشرية.

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام أحدث خوارزميات التعلم العميق للكشف عن أشجار النخيل من خلال صور الطائرات بدون طيار، وذلك عن طريق خوارزمية YOLOv8، ذات القيمة التقنية العالية وآفاق التطبيق الواسعة في الكشف عن أشجار النخيل بجميع أحجامها. تم بناء قاعدة البيانات في منصة RoboFlow بعد جمعها وتحليلها ومعالجتها، وذلك بزيادة عدد البيانات عبر العديد من طرق تحسينها ورفع دقة نموذج الكشف، ثم بناء شبكة YOLOv8 للكشف عن الكائنات، وتدريبها على جميع أحجام أشجار النخيل للحصول على أوزان التدريب.

أظهرت نتائج التجارب أن خوارزمية YOLOv8 يمكن أن تحدد بدقة أشجار النخيل بشكل فعال من خلال التعرف عليها من الصور الملتقطة من الطائرة بدون طيار، حيث بلغ متوسط دقة النموذج الخاص بموضوع الدراسة $mAP = 78.6\%$ ، ونسبة قدرة النموذج على اكتشاف العينات

* طالب دراسات عليا، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود.

** أستاذ علم البيانات والذكاء الاصطناعي المساعد، كلية علوم الحاسب والمعلومات، جامعة الملك سعود.

الإيجابية Recall بلغت ٧٧.٤٪. أما مقياس دقة النموذج في اكتشاف العينات الإيجابية Precision فقد بلغت ٧٣.٧٪، كما يمكن أن توفر الطريقة المستخدمة الدعم الفني للمهام الإحصائية للكشف عن أشجار النخيل.

الكلمات المفتاحية: الكشف عن أشجار النخيل، لغة البرمجة البايثون، منصة RoboFlow، خوارزمية YOLOv8، الذكاء الاصطناعي الجغرافي.

المقدمة:

إنّ لزراعة أشجار النخيل أهمية في تنوع مصادر الغذاء في المملكة العربية السعودية، وأهميتها ليست فقط كأمين غذائي اجتماعي، بل بارتباطها بعادات وتقاليد وقيم المجتمع السعودي، ولأن أشجار النخيل تعتبر مصدراً مهماً لإنتاج التمور، حققت المملكة العربية السعودية المرتبة الأولى عالمياً في صادرات التمور من حيث القيمة خلال عام ٢٠٢١م بإنتاج يتجاوز ١.٥٤ مليون طن سنوياً، وبأكثر من ثلاثة مئة (٣٠٠) صنف من التمور، مما جعل قطاع التمور أحد أهم القطاعات التي تساهم في زيادة الاستثمارات والصادرات الوطنية لدول العالم تحقيقاً لمستهدفات رؤية المملكة ٢٠٣٠. (وزارة البيئة والمياه والزراعة، ٢٠١٨).

أصبح الذكاء الاصطناعي في الوقت الراهن من أكثر المواضيع نقاشاً في الأوساط العلمية والإعلامية، لما يحتويه من تطورات متسارعة خاصة فيما يتعلق باستخدام البيانات والذكاء المكاني، والتي تخدم كافة المجالات التي تهم الإنسان، وتسهل من المهام التي يقوم بها، وتساعد أصحاب القرار على اتخاذ القرارات المناسبة (الغامدي، ٢٠٢٢، ص ٤) يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الضخمة من خلال تفعيل أنظمة ذات نماذج وخوارزميات أكثر تطوراً تساعد على تحسين جودة العمليات، وهذا ما دفع العديد من القطاعات العامة والخاصة، والعديد من المنظمات غير الربحية بتبني وتطوير حلول رقمية قائمة على الذكاء الاصطناعي لمواجهة التحديات الراهنة (SDAIA, 2023, p. 3).

لقد شهد الذكاء الاصطناعي العديد من التطورات في مجال اكتشاف الكائنات في الصور، ليس فقط ماهية هذه الكائنات، بل هل تستطيع الحركة أم لا معتمداً على خوارزميات متعددة، والشبكات العصبونية الاصطناعية المدربة مسبقاً. ودمجت SDAIA هذه التقنيات بالكميرات الحديثة في الهواتف النقالة، خاصة في خطوة متقدمة في عالم الرؤية الحاسوبية، وعالم الروبوتات كخطوة أولى للاعتماد عليها مستقبلاً (لحليح، ٢٠٢٠، ص ١١).

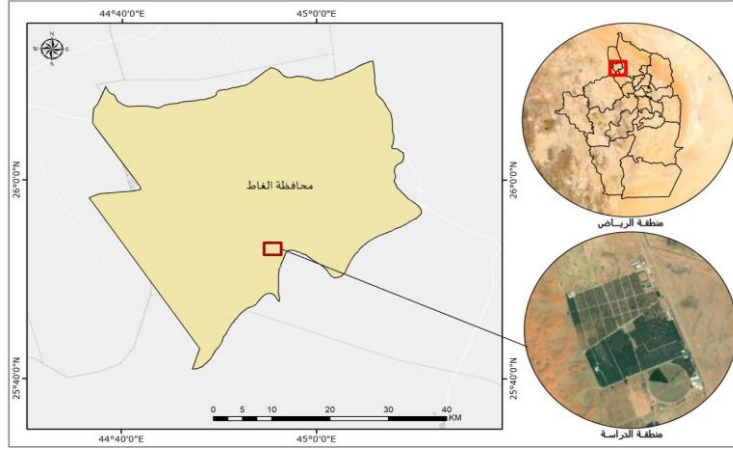
والجدير بالذكر أن استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا في حد ذاتها ليست بالأمر الجديد. ويعد كتاب (Openshaw, and Openshaw,1997, p.45) عن الذكاء الاصطناعي في الجغرافيا مثلاً بارزاً. وحتى قبل ذلك، ناقش (Couclelis,1986, p.1) و (Smith, 1984, p.147) الدور المحتمل للذكاء الاصطناعي في حل المشكلات الجغرافية في الثمانينيات الميلادية.

تكمُن أهمية هذه الدراسة في تطبيق خوارزمية التعلم العميق الحديثة YOLOv8 على الصور الملتقطة من الطائرات بدون طيار، للمساعدة في اكتشاف أشجار النخيل، وذلك بتمييز أشجار النخيل عن غيرها من الأشجار والتعرف عليها مهما كان حجمها، وأيضاً تفيد النتائج من خلال دمج تقنيات التعلم العميق مع الصور الجوية المتحصل عليها من الطائرات بدون طيار، لتعطي صانع القرار القدرة على فهم المشهد بشكل عام واتخاذ القرار المناسب حيال زيادة أو نقصان أعداد أشجار النخيل في جميع الحيازات الزراعية.

منطقة الدراسة:

محافظة الغاط وهي إحدى محافظات منطقة الرياض وسط المملكة العربية السعودية، وتقع شمال غربي مدينة الرياض وتبعد عنها مسافة ٢٤٠ كلم، وتبلغ مساحتها ٥٥٠٠ كلم^٢ (الراشد، ٢٠٠٥)، ويبلغ عدد سكانها نحو ١٠,٧٩٩ نسمة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢).

الشكل رقم (١): يوضح منطقة الدراسة تقع على دائرة العرض "25° 52' 34.1" شمالاً، وخط الطول "44° 54' 58.9" شرقاً.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات وزارة الشؤون البلدية والقروية، ٢٠١٨.

- الحدود الموضوعية: يقتصر موضوع الدراسة على اشتقاق أشجار النخيل.
- الحدود الزمنية: سيتم اشتقاق أشجار النخيل في محافظة الغاط خلال عام ٢٠٢٣ م.
- الحدود المكانية: منطقة زراعية مختارة في محافظة الغاط.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في إبراز أهمية الذكاء الاصطناعي، خاصة التعلم العميق في عملية اكتشاف الكائنات ضمن الصور أثناء التصوير المباشر من الطائرات بدون طيار بمختلف أنواعها، مما يسهل عملية اتخاذ القرارات، ويمهد الطريق للعمل على إظهار أهمية استخدام هذه التقنيات للظواهر الجغرافية. كما يؤمل أن يرفد هذا البحث المكتبات العربية بمقالات علمية تتبنى استخدام الذكاء الاصطناعي في مجال علم الجغرافيا، ولظواهر جغرافية مختلفة تختصر الجهد والوقت المبذول.

مشكلة الدراسة:

يعد الاشتقاق التلقائي للكائنات، وحجم الكائنات، والافتقار إلى مرئيات فضائية عالية الدقة، من المشاكل الأساسية التي تواجه تحليل مرئيات الاستشعار عن بُعد (Deng, et al., 2018, p3).

كما أن الدراسة تعالج مشكلة أساسية وهي التكلفة العالية لعمليات الكشف عن أشجار النخيل من خلال توفير نموذج تجريبي يساهم في رسم الطريق لاعتماد هذه الآلية في العمليات الإحصائية وتطويرها آنفاً، لتشمل عمليات تحديد مواقع أشجار النخيل وتمييزها عن غيرها من الأشجار الأخرى بدقة وسرعة عالية.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى استخدام خوارزميات التعلم العميق الحديثة YOLOv8 على صور الطائرات بدون طيار لاشتقاق أشجار النخيل، وتحديد موقعها، ومعرفة مدى توافقها مع بيانات الاستشعار عن بُعد.

تساؤلات الدراسة:

تسعى الدراسة إلى الإجابة على التساؤلات الآتية:

- ١ - هل هناك توافق بين خوارزميات التعلم العميق وبيانات الاستشعار عن بُعد؟
- ٢ - هل تحقق خوارزمية YOLOv8 أداءً متطوراً في الكشف عن مواقع أشجار النخيل؟

مصطلحات الدراسة:

• خوارزمية (YOLO) You Only Look Once:

هي سلسلة من النماذج في مجال اكتشاف الأشياء في الوقت الفعلي تم تطويره لأول مرة بواسطة الباحث جوزيف ريموند وفريقه في جامعة واشنطن (Redmon and

(Angelova, 2015, p.3) تعمل هذه الطريقة عن طريق تقسيم الصورة إلى شبكة من الخلايا أو البكسلات وتدريب النموذج على مجموعة واسعة من الصور التي تحتوي تصنيفات من الأشياء المختلفة عن طريق رسم مربعات حول هذه الأشياء بحيث يتعلم النموذج من هذه الصور لتوقع التصنيفات وحدود المربعات في الصور الجديدة (Nair, et al., 2021, p.8). يقوم YOLO باكتشاف الأشياء في الوقت الفعلي عن طريق توليد المربعات والتصنيفات المحتملة بنفس الوقت، وهي تستخدم خوارزمية عميقة مع بنية معدلة لتنفيذ عملية الكشف لتوليد مجموعة من المربعات المقترحة، ويحتوي كل مربع على تصنيف محتمل، ودقة توقع الكائن، ثم تتم التصفية للحد من عدد المربعات، وتحسين الدقة (Pham, et al., 2020, p.23).

• خوارزمية YOLOv8:

هي نموذج للكشف عن الكائنات أصدرتها شركة Ultralytics في العاشر من شهر يناير لعام ٢٠٢٣م. ويعد هذا النموذج نمطًا متقدمًا عما كانت عليه نماذج YOLO السابقة؛ فهي تتميز بالعديد من التحسينات، وتطور الأداء، والسرعة، وقدرات اكتشاف الأشياء، وتظهر كفاءة في إجراء الاستدلال الذي يتضمن تحديد الكائنات داخل الصور (Hindarto, 2023, p.4).

• منصة Roboflow:

هي منصة لإدارة سير العمل القائم على السحابة الإلكترونية لتطوير وتطبيق الخوارزميات التي تركز على البيانات، والمعززة بالذكاء الاصطناعي. كما أن المنصة تعمل على تطوير رؤية الحاسوب لجمع البيانات بشكل أفضل للمعالجة المسبقة، وتقنيات التدريب النموذجية. يقبل Robo flow تنسيقات التعليقات التوضيحية المختلفة في المعالجة المسبقة للبيانات، كما أن هناك خطوات متضمنة مثل اتجاهات الصورة، وتغيير الحجم، والتباين، وزيادة البيانات (Lin, et al., 2022, p.2).

• التعلم العميق (Deep Learning):

يعرف بأنه جزء من تقنيات التعلم الآلي، ويستخدم العديد من طبقات معالجة

المعلومات غير الخطية لاستخراج الظواهر وتحويلها إما تحت الإشراف أو بدون إشراف، وتحليل الأنماط وتصنيفها، وله عدة نماذج منها: النماذج الهرمية، الاحتمالية، والتوليدية (الشبكات العصبونية وغيرها) (Deng and Yu, 2014, p.22).

• الذكاء الاصطناعي الجغرافي (GeoAI):

يعتبر الذكاء الاصطناعي الجغرافي كحقل فرعي لعلم البيانات المكانية، يستخدم التطورات في التقنيات، وثقافات البيانات لدعم إنشاء معلومات جغرافية أكثر ذكاءً، بالإضافة إلى الأساليب والأنظمة والخدمات لمجموعة متنوعة من المهام النهائية. وتشمل هذه الإضافات تصنيف الصور، واكتشاف الكائنات، وتجزئة المشهد، والمحاكاة والاستيفاء، والتنبؤ بالارتباط، والاسترجاع (المعتمد على اللغة الطبيعية)، والإجابة على الأسئلة، وتكامل البيانات أثناء التنقل، والإثراء الجغرافي، وغيرها الكثير (Janowicz, et al., 2020, p.4).

• الحيازة الزراعية:

هي وحدة اقتصادية للإنتاج الزراعي بشقيه النباتي والحيواني، وتشمل جميع الحيوانات الموجودة فيها، وجميع الأراضي المستخدمة كلياً أو جزئياً لأغراض الإنتاج الزراعي، بغض النظر عن الملكية أو الشكل القانوني أو المساحة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠١٩)، وبلغ إجمالي عدد الحيازات الزراعية على مستوى المناطق الإدارية بالمملكة لعام ٢٠١٧م (٧٨٨٢٨٣) حيازة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠١٧).

الدراسات السابقة:

أكد (Li, et al., 2021) في دراسته عن "تصنيف أنواع الأشجار الفردية المستندة إلى CNN باستخدام صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وبيانات LiDAR المحمولة جواً"، على أن ظهور التعلم العميق في مختلف تطبيقات الاستشعار عن بُعد كان أداة قوية، لاستكشاف الإمكانيات الكبرى للتعلم العميق في تحسين دقة تصنيف أنواع الأشجار الفردية. وقد تم استخدام أربعة نماذج من الشبكات العصبونية التلافيفية (ResNET-18،

ResNET-34، ResNET-50، و DenseNET-40) لتصنيف أربعة أنواع من الأشجار باستخدام صور الأقمار الصناعية عالية الدقة وبيانات LiDAR المحمولة جواً. تم استخدام مجموعه ١٥٠٣ عينة من الأشجار. عندما تم استخدام كل من بيانات WorldView-2 وبيانات Lidar المحمولة جواً، وكانت الدقة الإجمالية التي تم الحصول عليها بواسطة Resnet-18 و ResNET-34 و ResNET-50 و DenseNET-40، هي 90.9 % و ٨٩.١ % و ٨٩.١ % و ٨٦.٩ %، على التوالي. أظهرت النتائج التجريبية أن حجم صور الإدخال المتأثر على دقة التصنيف كانت لـ ResNET-18. كما اقترحت الدراسة أن يتم تحديد حجم إدخال نماذج ResNET وفقاً للحجم، وذلك لجميع صور عينة تاج الشجرة. كان استخدام صورة شدة LiDAR مفيداً في تحسين دقة تصنيفها وتصحيحها في الغلاف الجوي، وغير ضروري عند استخدام كل من صور Worldview-2 وبيانات LiDAR المحمولة جواً.

وقدمت دراسة (Gibril, et al., 2021) بعنوان "شبكة عصبونية تلافيفية (CNN) عميقة لرسم خرائط أشجار النخيل على نطاق واسع من المرئيات المستندة إلى الطائرات بدون طيار"، نهجاً آلياً لرسم خرائط واسعة النطاق لأشجار النخيل من مجموعات بيانات الطائرات بدون طيار عالية الدقة (VHSR)، بناءً على نهج التعلم العميق، حيث تم تطوير شبكة عصبية تلافيفية (CNN) على شكل (U-Net)، بناءً على إطار عمل التعلم العميق للتجزئة الدلالية لأشجار النخيل. تم إنشاء مجموعة شاملة من البيانات المصنفة لتمكين تدريب وتقييم نموذج التجزئة المقترح وزيادة قدرته على التعميم. تمت مقارنة أداء النهج المقترح بأداء الشبكات التلافيفية الحديثة (FCNs) ذات بنى التشفير المختلفة، بما في ذلك U-Net (استناداً إلى VGG-16)، وشبكة تحليل المشهد الهرمي، واثنين من متغيرات DeepLab V3+. وأظهرت النتائج التجريبية أن النموذج المقترح تفوق على FCNs في مجموعات بيانات التحقق والاختبار. وأيضاً أظهر تقييم التعميم للنهج المقترح على مجموعة بيانات اختبار شاملة ومعقدة دقة تصنيف أعلى، وأنه يمكن تعيين أشجار نخيل التمر تلقائياً من صور VHSR UAV بدرجة F، ومتوسط التقاطع على الاتحاد والدقة

والاستدعاء كانت ٩١٪ و ٨٥٪ و ٩١٪ و ٩٢٪ على التوالي. يوفر النهج المقترح بنية تعليمية عميقة فعالة لرسم الخرائط التلقائية لأشجار النخيل من المرئيات المستندة إلى VHSR UAV.

أعاد (Chao, et al., 2018) التفكير في بنية R-CNN الأسرع لتوطين الإجراءات المؤقتة، بهدف إيجاد آلية للكشف عن الكائنات في الفيديو وذلك باستخدام TAL-Net المحسنة عن Faster R-CNN. لقد عمل الباحثون على تحسين الآلية الأخيرة عن طريق تحسين محاذاة المجال المستقبل باستخدام هيكلية متعددة الأحجام، وتستوعب التغيرات الشديدة في مدة العمل الفني. كما تم استخدام الساق الزمني بشكل جيد لتوليد الاقتراحات وتصنيف الأعمال عن طريق توسيع المجالات المستقبلية بشكل مناسب، كما عملوا على دمج الميزات من عدة تدفقات في وقت متأخر بما يحقق تقدماً على مستوى الدمج ويعطي أداءً تنافسياً.

أشارت دراسة (Al-Alimi, et al., 2020) والتي كانت بعنوان "خوارزمية Mask R-CNN للكشف عن الكائنات الجغرافية المكانية"، حيث تم تصميم Mask R-CNN لتحديد مخطط كائن على مستوى البيكسل، ولاكتشاف الكائن في الصور الطبيعية. تصف هذه الدراسة نموذج Mask R-CNN وتستخدمه للكشف عن الأشياء في الصور الجغرافية المكانية. تم إعداد هذه التجربة لمجموعة بيانات موجودة لتكون مناسبة لتجزئة الكائن، وتوضح أن Mask R-CNN لديها أيضاً القدرة على استخدامه في الكشف عن الكائنات الجغرافية المكانية ويقدم نتائج جيدة لاستخراج مجموعة بيانات الفئات العشر من Seg-VHR-10.

في دراسة (Wibowo, et al., 2022) بعنوان "اكتشاف أشجار النخيل على نطاق واسع من صور الاستشعار عن بعد عالية الدقة باستخدام التعلم العميق"، أستخدم الباحث نهج التعلم العميق باستخدام YOLOv3 و YOLOv4 و YOLOv5m في الكشف عن أشجار النخيل. تتكون مجموعة البيانات من صور لمزرعة نخيل تم الحصول عليها باستخدام طائرة بدون طيار ثابتة الجناح VTOL بدقة ٥ سم / بيكسل، وتغطي مساحة

٧٣٠ هكتاراً مُصنَّفة بفئة النخيل تبلغ ٥٦,٦١٤ ملصقاً. تغطي مجموعة بيانات الاختبار مساحة ١٨٠ هكتاراً مع ظروف منبسطة وتلال مع وجود مظلة متناثرة، وكثيفة، ومتداخلة، وأشجار نخيل تتقاطع مع نباتات أخرى. تم اختبار النموذج باستخدام صور من ٢٤ منطقة، كل منها تغطي ١٢ هكتاراً مع ما يصل إلى ١٠٠٠ شجرة (إجمالي ١٧٣٤٣ شجرة نخيل)، أسفرت عن درجات F1 بنسبة ٩٧.٢٨٪ و ٩٧.٧٤٪ و ٩٤.٩٤٪، بمتوسط وقت اكتشاف ٤٣ ثانية و ٤٥ ثانية و ٢١ ثانية للموديلات المدربة على YOLOv3 و YOLOv4 و YOLOv5m على التوالي. توضح هذه النتيجة أن الطريقة دقيقة وفعالة بدرجة كافية في الكشف عن أشجار النخيل ولديها إمكانية تنفيذها على جميع المزارع.

قدمت دراسة (Xiong, et al., 2022) بعنوان "دمج خوارزمية YOLOv5 مع بيانات الاستشعار عن بعد لاكتشاف ورسم خرائط الفاكهة"، طريقة لإحصاء عدد أشجار الفاكهة بحيث توفر الوقت والجهد من خلال دمج التعلم العميق مع الاستشعار عن بُعد باستخدام طائرات بدون طيار، تم اختيار أربعة مقاييس مختلفة من YOLOv5m _ YOLOv5s _ YOLOv5l _ YOLOv5x لتدريب، وتحقيق الصحة، واختبارها على مجموعة الصور لأشجار الفاكهة. بينت النتائج أن نموذج YOLOv5x هو النموذج المفضل ذو الدقة العالية بين عائلة نماذج YOLOv5 ومناسب لتحقيق الكشف عن أشجار الفاكهة الفردية.

هدفت دراسة (Ammar, et al., 2021) بعنوان "العد التلقائي وتحديد موقع أشجار النخيل في المزارع الكبيرة باستخدام تقنية التعلم العميق والصور الجوية المعتمدة على الترميز الجغرافي"، إلى إيجاد إطار عمل لتقنية التعلم العميق لتحديد مواقع الأشجار باستخدام عدة نماذج (Faster R-CNN, YOLOv3, YOLOv4, and Efficient Det)، ثم تقييمها بشكل متكامل وتفصيلي من حيث الموثوقية وسرعة الاستنتاج. لقد أظهرت النتائج أن YOLOv4 و Efficient Det توازن بين الدقة والسرعة (تصل إلى ٩٩٪ من الموثوقية المتوسطة و ٧.٤ إطار في الثانية) وباستخدام مفاهيم علم الصور، وتصحيحات المسافة لاكتشاف الموقع الجغرافي لأشجار النخيل المكتشفة تلقائياً، طالبت الدراسة

تعميم هذا التركيب المبتكر بين الكشف عن الكائنات باستخدام التعلم العميق وتحديد الموقع الجغرافي لأي كائن آخر في صور الطائرات بدون طيار.

قيمت دراسة الباحثان (Alburshaid and Mangoud, 2021) بعنوان "كشف أشجار النخيل باستخدام التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والتعلم العميق"، القدرة على استخدام التعلم العميق في تطوير قاعدة بيانات جغرافية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لمملكة البحرين، حيث تم تقديم وتقييم نموذجين لشبكات العصبية التصويرية: النموذج الأول يستخدم Retina Net وهو ينتمي إلى أجهزة الكشف ذات المرحلة الواحدة، والنموذج الثاني يستخدم MRCNN وهو ينتمي إلى أجهزة الكشف ذات المرحلتين. وقد أثبتت هذه الدراسة ميزة دمج الذكاء الاصطناعي داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية التي تساعد في توليد إحصاءات زراعية من صور الأقمار الصناعية عالية الدقة بكفاءة، ودقة، وفي الوقت المناسب.

ومع ظهور أحدث إصدار من YOLO والذي صدر في شهر January 2023 ويحمل النسخة الثامنة YOLOv8، تم في هذه الدراسة استخدام خوارزمية YOLOv8 لكشف أشجار النخيل وحصرها، كما تم استخدام لغة البرمجة Python في برمجة وتحليل البيانات، واستخدم البرنامج منصة Roboflow لتدريب الصور على اكتشاف أشجار النخيل، للوصول إلى نموذج يعطي دقة وسرعة عالية؛ وهذا ما يميز هذه الدراسة عن سابقتها باستخدام وتطبيق أحدث الخوارزميات حتى الآن وتطبيقها على أشجار النخيل.

الكشف عن أشجار النخيل باستخدام خوارزمية YOLOv8:

تعتبر زراعة النخيل في المملكة العربية السعودية رمزاً تراثياً قبل أن تكون مصدراً اقتصادياً وغذائياً، كما أن أشجار النخيل من النباتات التي تتلاءم مع البيئة الصحراوية لذلك من المهم تحديد واكتشاف أشجار النخيل مع إيجاد الآلية التي يتم من خلالها تحديد أشجار النخيل بشكل سريع وفي الوقت الفعلي. تعتبر خوارزمية YOLOv8 من أحدث التقنيات ضمن سلسلة خوارزميات YOLO التي أثبتت أنها فعالة للغاية في الكشف عن الكائنات.

كما يعتبر اكتشاف الكائنات بمثابة تحديد موقع كائن واحد أو أكثر في الصورة؛ إلى جانب تقنيات الكشف عن الكائنات التقليدية، يمكن لنماذج التعلم العميق المتقدمة مثل YOLO و R-CNN تحقيق اكتشاف مثير للإعجاب لأنواع مختلفة من الكائنات. تقبل هذه النماذج الصورة كمدخل وتعيد إحداثيات المربع المحيط بكل كائن تم اكتشافه. كشف الأشياء من الصور:

من أهم المهام الحاسوبية الحديثة تحديد الأشياء في الصور والفيديوهات، وهي تلعب دوراً مهماً في العديد من التطبيقات الحديثة مثل كاميرات المراقبة والروبوتات وكشف المخالفات. تعتمد هذه الآلية على نوعين من الخوارزميات (Kaur and Singh, 2022, p.44):

- الخوارزميات ذات اللقطة الواحدة (One-shot single detectors): تستخدم تمريرة واحدة للصورة المدخلة لإجراء تنبؤات حول الأشياء في الصورة
 - الخوارزميات ذات اللقطتين (Two-stage detectors): تعتبر هذه الطريقة أكثر دقة من الطريقة السابقة، ولكنها تستغرق عمليات حسابية أكثر.
- يمكن اكتشاف الأشياء في الوقت الفعلي مع الحفاظ على مستوى دقة أساسي باستخدام تقنيات استخدام الأشياء وتبعتها بالوقت الفعلي (Redmon and Angelova, 2015, p.6).

كما أن طريقة عمل خوارزمية YOLOv8 تتم عن طريق تقسيم الصورة إلى شبكة من الخلايا، ليتم تدريب الخوارزمية على مجموعة واسعة من الصورة المعلمة، والتي تحتوي على تصنيفات الأشياء المختلفة وعمل مربعات الحدود (bounding boxes) التي تحيط بتلك الأشياء. يتعلم النموذج من هذه الصور توقع التصنيفات، وحدود المربعات في الصور الجديدة (Nair, et al, 2021, p.12).

بدلاً من تقسيم الصورة إلى عدة أجزاء صغيرة، تستخدم خوارزمية YOLOv8 الشبكة الكاملة للتنبؤ بالأشياء مباشرة. يقوم النموذج بإخراج مجموعة جديدة من المربعات والتصنيفات المحتملة للكائنات في الصورة، ليتم توليد هذه المربعات

والتصنيفات في الوقت نفسه، وبالتالي فإن خوارزمية YOLOv8 تقوم بكشف الأشياء في الوقت الحقيقي (Wu and Dong, 2023, p.5).

تستخدم خوارزمية YOLOv5 شبكة عصبونية عميقة (Deep neural network) مع بنية Darknet أو بنية معدلة منها لتنفيذ عملية الكشف. يتم استخدام الشبكة لتوليد مجموعة من حدود المربعات المقترحة، ويحتوي كل مربع على تصنيف محتمل ودقة توقع الكائن. يتم استخدام عملية تصفية لاحقة للحد من عدد المربعات وتحسين الدقة (Kaur and Singh, 2022, p.41).

تشمل بنية شبكة YOLOv8 للتعليم العميق كما في الشكل (٢) عدة طبقات، وفيما يلي أهم المكونات الرئيسية (Gao, et al., 2023, p.5):

١- طبقة الادخال (Input layer): تقوم بتلقي الصورة المراد الكشف عنها وتميرها للطبقات التالية في الشبكة.

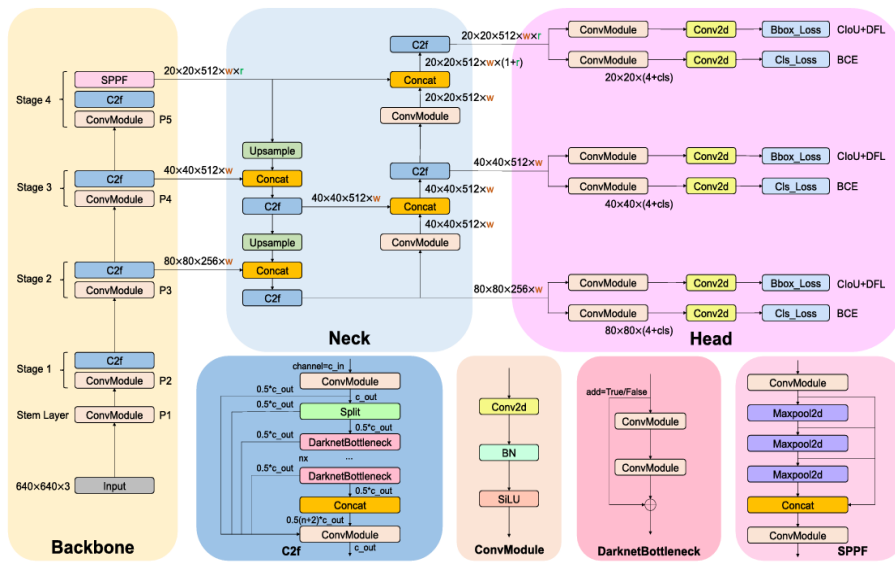
٢- طبقات لاستخلاص المعلومات (Feature Extraction Layers): تتألف من عدة طبقات تقوم بتحويل الصورة إلى تمثيلات أكثر انتظاماً، واستخلاص المعلومات المهمة من الصورة. يمكن استخدام طبقات مثل الطبقات التلافيفية (Convolutional Layers)، والتي تقوم باستخراج الظواهر من بيانات الادخال، والتقاط البنية المكانية المحلية، وطبقات التجميع (Pooling Layers) التي تعمل على تقليل أبعاد خريطة المعالم، وضغط الظواهر وتجميعها وذلك لتقليل الحساب وكمية المعلومات مع تعزيز الثبات الانتقالي.

٣- طبقات الكشف (Detection layers): تعد هذه الطبقات أساسية في شبكة YOLOv8، حيث تقوم بتحويل المعلومات المستخلصة إلى توقعات الأشياء المحتملة في الصورة. وعادة تستخدم هياكل الشبكة العصبونية التلافيفية مثل Darknet و ResNet؛ وتتكون هذه الطبقات من طبقات تلافيفية ومتصلة بالكامل، وهي مكلفة بالتنبؤ بالمربع المحيط والكشف عن فئة الكائنات.

٤- طبقات الضغط (Compression Layers): تقوم هذه الطبقات بتحويل الكائنات

المكتشفة والناجمة من طبقات الاندماج إلى صيغة قابلة للتفسير والاستخدام، تتضمن هذه الصيغة توقعات بالمربعات المحيطة بالأشياء وتصنيفاتها الفرعية.

الشكل رقم (٢): بنية شبكة YOLOv8.



المصدر: (Ju and Cai., 2023, p.4).

وأيضاً يوضح الشكل (٢) أن بنية شبكة YOLOv8 تتكون من العمود الفقري (Backbone) والرقبة (Neck) والرأس (Head)، كما تطرق لها (Ju and Cai., 2023, p.5) على النحو الآتي:

يعتبر العمود الفقري (Backbone) هو المسؤول عن استخراج الظواهر من صورة الإدخال. في YOLOv8، يتم استخدام العمود الفقري لنموذج بنية Cross Stage Partial (CSP) لتقسيم خريطة الظواهر إلى جزأين؛ يستخدم الجزء الأول عمليات الشبكة العصبونية، والجزء الثاني متسلسل مع مخرجات الجزء السابق، وتعمل بنية CSP على

تحسين القدرة على التعلم لشبكات CNN وتقليل التكلفة الحسابية للنموذج. أما دور وحدة (SPPF) في المرحلة ٤ لتحسين سرعة الاستدلال للنموذج.

يتم إدراج المكون الرقبة (Neck) بين العمود الفقري (Backbone) والرأس (Head)، وهو يساعد في دمج الظواهر من مقاييس مختلفة واستغلال جميع المعلومات سواءً كانت منخفضة أو عالية المستوى. في YOLOv8، يستخدم جزء الرقبة (Neck) من بنية النموذج لدمج الظواهر متعددة المقاييس لدمجها مع طبقات مختلفة من الشبكة. تحصل الطبقات العليا على مزيد من المعلومات بسبب طبقات الشبكة الإضافية، بينما تحافظ الطبقات السفلية على معلومات الموقع بسبب وجود طبقات تلافيفية أقل.

إن الرأس (Head) مسؤول عن إنشاء تنبؤات الصناديق المحيطة حول الأشياء واحتماليات تحديد الفئة المستهدفة. ويلاحظ وجود ثلاث رؤوس (Heads) في YOLOv8، وهي تعمل على مقاييس مختلفة. يقوم كل رأس (Head) بتوقعات الصناديق المحيطة واحتماليات الفئة لمجموعة محددة مسبقاً من صناديق الربط التي تم تصميمها لتغطية الأشياء.

منهجية الدراسة:

تستخدم الدراسة المنهج العلمي التحليلي في الوصول لأهدافه، إذ يعمل على تحليل البيانات والمعلومات المتاحة بطريقة منهجية لتحديد العلاقات وفهم الظواهر واستنباط النتائج. يتم في هذا البحث تحليل الصور باستخدام الذكاء الاصطناعي عبر استخدام أحدث خوارزمية في التعلم العميق للتعرف على الكائنات وتحليل أدائها للوصول لنتائج دقيقة وموثوقة.

تم بناء نموذج الدراسة للكشف عن أشجار النخيل من خلال دمج خوارزمية التعلم العميق YOLOv8 مع صور الاستشعار عن بعد للطائرات بدون طيار عالية الدقة وعلى ارتفاعات منخفضة وفق الخطوات التالية:

١ - التقاط وجمع البيانات على شكل صور من الطائرة بدون طيار، لتظهر أشجار النخيل

في وضعيات وزوايا مختلفة وخلال ظروف إضاءة متنوعة.

٢- إنشاء مجموعة بيانات لعينات من صور أشجار النخيل.

٣- تحليل البيانات وذلك بإجراء عملية تسمية Annotation لجميع الصور الملتقطة من الطائرة بدون طيار وذلك بعد رفعها إلى منصة Roboflow، ثم العمل على تصديرها وفق خوارزمية YOLOv8.

٤- تدريب نماذج YOLOv8 المختارة والتحقق من صحتها واختبارها.

٥- معالجة البيانات وتقييمها.

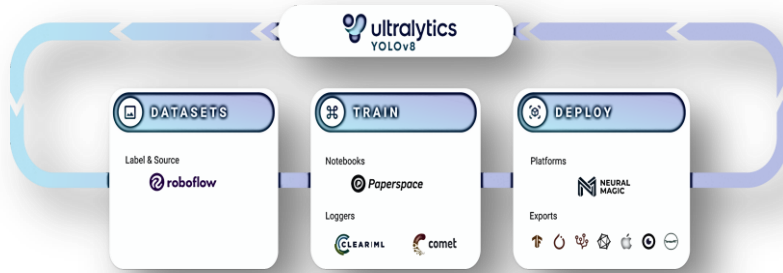
٦- تقييم الدقة والأداء للحصول على نموذج مثالي قائم على YOLOv8 للكشف عن أشجار النخيل.

٧- استخدام لغة البرمجة Python في كتابة برمجية الدراسة.

لاختبار النهج المقترح والتحقق من صحته، تم اختيار أشجار النخيل في منطقة الدراسة كأهداف نموذجية. الشكل رقم (٣) يوضح الطرق والخطوات الرئيسية لسير العمل على النحو الآتي:

بمجرد تحميل مجموعة البيانات (Dataset)، ووضع مسميات لها (Label)، ومعرفة مصادرها (Source) في منصة RoboFlow، تبدأ المرحلة التالية، وهي مرحلة التدريب (Train). يسهل هذا النهج المتكامل الانتقال المتناسق بين إدارة مجموعة البيانات والتدريب النموذجي، والذي يحتوي على دفتر الملاحظات (Notebook)، والذي يتم من خلاله كتابة البرمجيات الخاصة بالدراسة. ولتبسيط وتعزيز تدريب وإدارة نموذج اكتشاف الكائنات يتم استخدام (Clear ML)، لتوثيق عملية التدريب بدقة مع تتبع نماذج وتجارب التعلم الآلي ومقارنتها وشرحها وتحسينها من خلال منصة (Comet). وتأتي الخطوة أو المرحلة الأخيرة من مراحل عمل خوارزمية YOLOv8 وهي عملية النشر أو تصدير النموذج (Deploy) من خلال عدة نماذج خاصة بتصدير العمل وبتنسيقات مختلفة منها؛ ONNX, Open VINO, Core ML, TensorFlow.

الشكل رقم (٣): خطوات عمل خوارزمية YOLOv8.



المصدر: <https://docs.ultralytics.com/modes/benchmark/>

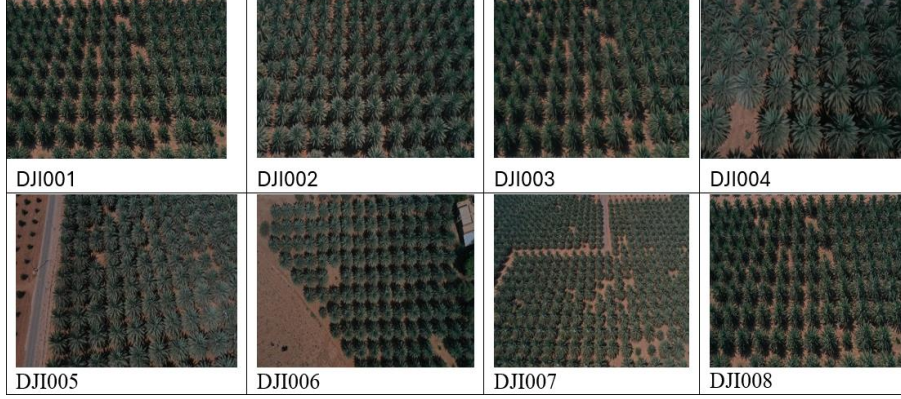
المرحلة الأولى: جمع البيانات:

تم استخدام الطائرة بدون طيار متعددة الأطياف DJI MAVIC AIR 2 كنظام للطائرات بدون طيار لالتقاط الصور الجوية على ارتفاعات منخفضة، وتأتي طائرة DJI الصغيرة بدون طيار Air 2 Mavic مزودة بكاميرا بمستشعر بحجم كبير ($\frac{1}{2}$ بوصة) بدقة ٤٨ ميجا بيكسل بفتحة عدسة f/2.8، والتي تلتقط صوراً بدقة ١٢ ميجا بيكسل مع إمكانية التقاط صور بدقة الكاملة.

وتدعم كاميرا DJI MAVIC AIR 2 تسجيل الفيديو بدقة ٤k بمعدل ٦٠ إطاراً في الثانية، مع دعم HDR عند تسجيل فيديو بدقة ٤k بمعدل ٣٠ إطاراً في الثانية، بالإضافة لدعم التقاط الصور بانورامية.

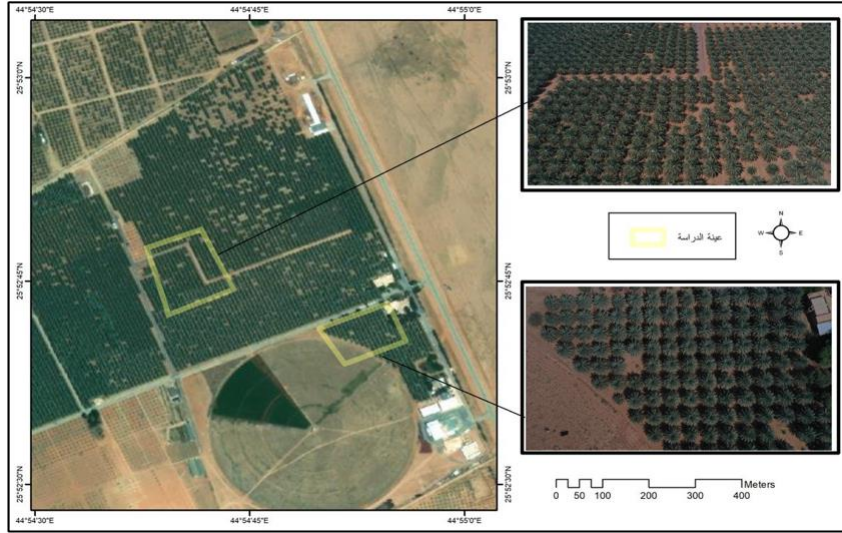
تم تثبيت الطيران للطائرة بدون طيار على ارتفاع بلغ ١٠٠ متر، لالتقاط بيانات خام عالية الجودة، بدقة مكانية تبلغ ١٥ سم، مع ٦٠٪ من التداخلات الرأسية والجانبية. يوضح الشكل رقم (٤) بعض الأمثلة على الصور الخام بالألوان الحقيقية التي تم جمعها بواسطة التصوير الجوي للطائرات بدون طيار، والتي تم استخدامها لاحقاً لإنشاء مجموعة بيانات لعينات صور RGB ذات الألوان الحقيقية.

الشكل رقم (٤): أمثلة على الصور الخام بالألوان الحقيقية التي تم التقاطها بواسطة الاستشعار عن بعد للطائرات بدون طيار.



المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على الصور الملتقطة بواسطة الطائرة بدون طيار.

الشكل رقم (٥): يوضح خريطة موقع منطقة التدريب من منطقة الدراسة محددة في مستطيل أصفر (منطقة التدريب محددة بمستطيل أصفر).



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على برنامج الصور الجوية (Google Earth).

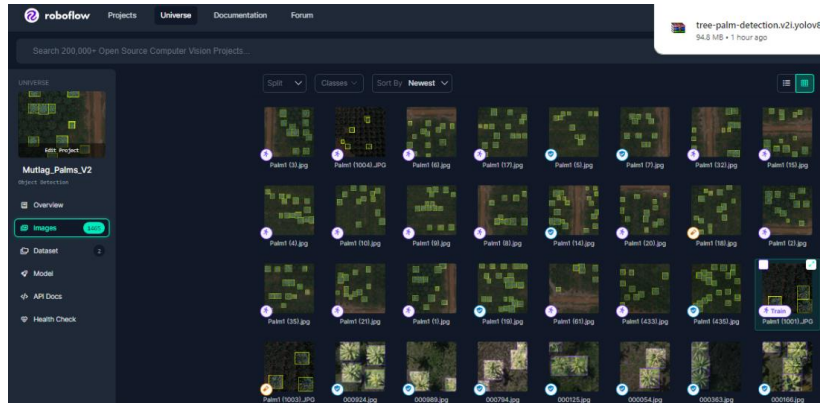
تمت معالجة الصور الأصلية التي تم الحصول عليها بواسطة الاستشعار عن بعد للطائرة بدون طيار لمنطقة التدريب، والتي تتضمن خطوات المعالجة المسبقة بشكل أساسي في منصة RoboFlow كما في الشكل (٦)، وذلك بعد التأكد من التالي:

(أ) التأكد من سلامة بيانات الصورة الأصلية، بما في ذلك معلمات الكاميرا في سمات الشريحة والمقاطع الملتقطة.

(ب) إنشاء ملف لقاعدة البيانات واستيراد بيانات الصورة الأصلية، وإضافة بيانات الصورة وتعيين سمات الصورة ومعلمات طراز الكاميرا.

(ج) المعالجة التلقائية لصور الطائرة بدون طيار، بما في ذلك؛ التهيئة، وعمل التصحيح، وتوليد نموذج الصورة الرقمية.

الشكل رقم (٦): الصور المستخدمة في تدريب النموذج.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على منصة التحليل (RoboFlow).

المرحلة الثانية: تحليل البيانات وتدريبها:

يعمل موقع RoboFlow من خلال عدة مراحل تتضمن تحميل ومعالجة الصور، وتدريب النماذج، واستخدام النماذج التي تم تدريبها في التطبيقات الفعلية، كما في الشكل (٧).

١ - يقوم المستخدم بتحميل الصور إلى الموقع. ثم يتم تلقائياً معالجة الصور لتحسين

جودتها وتكاثفها إذا لزم الأمر. يتم أيضاً تطبيق تقنيات متقدمة لتحسين دقة الكشف ومعالجة الصور، مثل زيادة الوضوح وتعويض الإضاءة وإزالة التشويش.

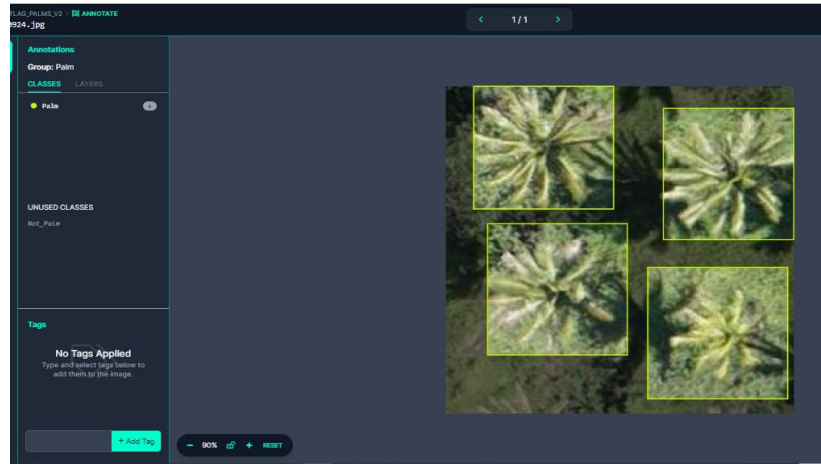
٢- تدريب النماذج باستخدام هذه البيانات المعالجة، حيث يوفر Roboflow واجهة برمجة تطبيقات API التي تسمح للمطورين بالوصول إلى البيانات وتدريب النماذج باستخدام تقنيات التعلم الآلي المتقدمة.

٣- بعد التدريب، يمكن استخدام النماذج التي تم تدريبها في تطبيقات ومشاريع الذكاء الاصطناعي. كما يمكن للمطورين استخدام API للحصول على التنبؤات والكشف عن الكائنات والتحليل البصري، وتجميع البيانات المرتبطة بالصور.

لقد تم تحميل الصور الخاصة بالدراسة للتعرف على أشجار النخيل على الموقع ومن ثم العمل على تسمية Annotation للصور المحملة، وقد تمت عملية التدريب وفق فئتين:

- Palms باللون الأصفر وهي أشجار النخيل
- Not Palms باللون البنفسجي وهي الأشجار الأخرى.

الشكل رقم (٧): مرحلة تدريب الخوارزمية على منصة RoboFlow.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على منصة التحليل (RoboFlow) باستخدام خوارزمية (YOLOv8).

في مرحلة التدريب تم تدريب النموذج بالاعتماد على بيانات صور الطائرة بدون طيار، حيث بلغ عدد صور التدريب أكثر من ١٤٠٠ صورة (مجموعة التدريب ١٢٧٨ صورة، ومجموعة التحقق ١٢٥ صورة، ومجموعة الاختبار ٦٢ صورة). تشمل هذه المرحلة تدريب شبكات عصبونية عميقة لاكتشاف أشجار النخيل في الصورة وتجاهل التفاصيل غير المهمة.

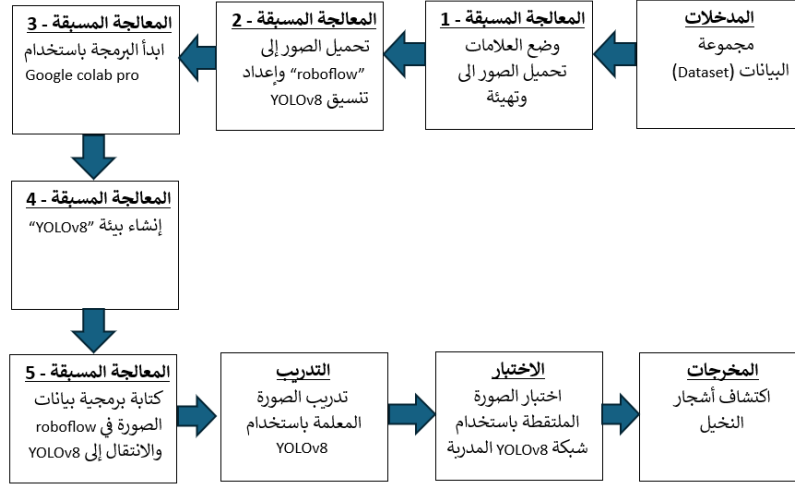
في هذه المرحلة تم تدريب شبكة عصبونية التفاضلية من نوع YOLOv8. مدخل هذه المرحلة هي الصور التي خضعت لمعالجة مسبقة، أما مخرجاتها فهي بداية تحديد الإطار الخارجي للشجرة المراد اكتشافها، وعند اكتشافها سيتم تحديد أطرافها بإطار. يوضح الشكل (٨) مدخلات ومخرجات الشبكة العصبونية التفاضلية.

الشكل رقم (٨): مدخلات ومخرجات الشبكة العصبونية التفاضلية YOLOv8.



ولتدريب نموذج YOLOv8، تم استخدام موارد منصة Roboflow، وتزود هذه المنصة بإمكانية الوصول إلى وحدات معالجة الرسومات عالية الأداء، وهي ضرورية لتدريب الشبكات العصبونية العميقة بكفاءة. تم استخدام إطار عمل Google colab pro، وهو تطبيق يستخدم على نطاق واسع لنموذج YOLOv8. أثناء التدريب، تعلم النموذج كيفية تحديد أشجار النخيل بناءً على مجموعة البيانات المدخلة. يوضح الشكل (٩) رسماً تخطيطياً يصف عملية التدريب.

الشكل رقم (٩): رسم تخطيطي يصف عملية التدريب باستخدام خوارزمية YOLOv8.

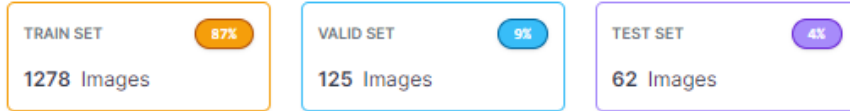


المصدر: من عمل الباحثان.

عند الانتهاء من عملية التدريب، يتم حفظ أوزان نموذج YOLOv8 المدرب على منصة Roboflow. أتاحت هذه المنصة تخزين معلمات النموذج المدرب وتكويناته بشكل آمن، مما يضمن الحفاظ على المعرفة المكتسبة. تم دمج أوزان النماذج المخزنة بسلاسة في بيئة Roboflow. من خلال استخدام الواجهة الرسومية API، ثم إنشاء رابط بين نموذج YOLOv8 المدرب والتطبيقات المستندة إلى المنصة، مما يجعل إمكانيات اكتشاف النموذج متاحة لمهام اكتشاف الأشياء في الوقت الفعلي. لقد أتاحت هذه التكامل الاستفادة من دقة النموذج وكفاءته في التحليل الفوري للصور الملتقطة من الطائرة بدون طيار.

في الشكل رقم (١٠)، أولاً: تم تقسيم مجموعة البيانات بشكل عشوائي، مع نسبة تقسيم لمجموعة التدريب، ومجموعة التحقق، ومجموعة الاختبار، ٧٥٪، ١٥٪، ١٠٪ على التوالي. تمت تسوية قيم الخلايا (البكسل) بين ٠ و ١ لتعزيز تأثير التدريب واستقرار النموذج. ثانياً: تم إجراء زيادة البيانات باستخدام عدة طرق لإثراء مجموعة البيانات. بعد ذلك، تم الحصول على ١٢٧٨ صورة تدريبية، و ١٢٥ صورة تحقق، و ٦٢ صورة اختبارية.

الشكل رقم (١٠): عدد صور التدريب والتحقق والاختبار.



المصدر: من عمل الباحثان باستخدام النتائج المستخرجة من منصة Robo Flow.

المرحلة الثالثة: معالجة البيانات وتقييمها:

بعد انتهاء عملية التدريب تتم معالجة قاعدة البيانات، لتعطي نتائج التدريب التي يمكن تقييمها وفق عدة مقاييس. تعتمد هذه المقاييس على فئتين إيجابية وسلبية، حيث تعتبر أي عينة أعلى أو تساوي ٠.٥ إيجابية وإلا فهي سلبية [Positive, Negative]. لمعرفة ما إذا كان النموذج مرتبكاً في تحديد كلا الفئتين تساعدنا مصفوفة الارتباك Confusion Matrix لاستخراج العديد من المعلومات حول أداء النموذج كما هو موضح في الشكل رقم (١١).

الشكل رقم (١١): مصفوفة الارتباك.

		Predicted	
		Positive	Negative
Ground-Truth	Positive	True Positive	False Negative
	Negative	False Positive	True Negative

المصدر: (Akash, K. 2020, p.64).

ضمن هذه المصفوفة، يوجد صفوف تمثل تسميات حقيقية، بينما الأعمدة تسميات متوقعة ويمكن تغييرها. يتم إعطاء التسميات الحقيقية إحدى القيمتين إحداهما [Positive, Negative]، وبنفس القدر بالنسبة للتسميات المتوقعة. بينما تكون التسمية [True Positive (TP)] عندما تتشابه القيمتين الحقيقية والمتوقعة (Positive)، أي عدد

المرات التي قام النموذج بتصنيف عينة إيجابية بشكل صحيح على أنها إيجابية هي إيجابي حقيقي، وتكون التسمية [True Negative (TN)] عندما تتشابه القيمتين الحقيقية والمتوقعة (Negative)، أي عدد المرات التي قام النموذج بتصنيف العينة السلبية على أنها سلبية بشكل صحيح هي سلبي حقيقي، وتكون التسمية [False Negative (FN)] عندما تكون القيمة الحقيقية (Positive) والقيمة المتوقعة (Negative)، أي عدد المرات التي قام النموذج بشكل غير صحيح بتصنيف عينة إيجابية على أنها سلبية هي سلبي غير حقيقي، والقيمة [False Positive (FP)] عندما تكون القيمة الحقيقية (Negative) والقيمة المتوقعة (Positive) عدد المرات التي قام النموذج بتصنيف عينة سلبية على أنها إيجابية بشكل غير صحيح، لذلك تعتبر إيجابي غير حقيقي (Riehl, et al.,2023, p.7).

عملية الضبط (Precision):

هي معيار لقياس دقة النموذج في تصنيف العينة على أنها إيجابية ويتم حسابها بأنها النسبة بين عدد العينات الإيجابية المصنفة بشكل صحيح إلى العدد الإجمالي للعينات المصنفة على أنها إيجابية بشكل صحيح أو غير صحيح (Saleh,2020, p149).

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

عملية الاستدعاء (Recall):

هي معيار يقيس قدرة النموذج على اكتشاف العينات الإيجابية ويتم حسابها على أنها النسبة بين عدد العينات الإيجابية المصنفة بشكل صحيح على أنها إيجابية إلى العدد الإجمالي للعينات الإيجابية فقط (Saleh,2020, p150).

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

- عندما يكون Recall عالي و Precision منخفض فإن النموذج يصنف معظم العينات الإيجابية بشكل صحيح، ولكنه يحتوي على العديد من العينات الإيجابية الخاطئة.

- عندما يكون Precision عالي و Recall منخفض فإن النموذج يكون دقيقاً عندما يصنف عينة على أنها إيجابية، ولكنه يصنف عدد قليلاً من العينات الإيجابية الخاطئة.

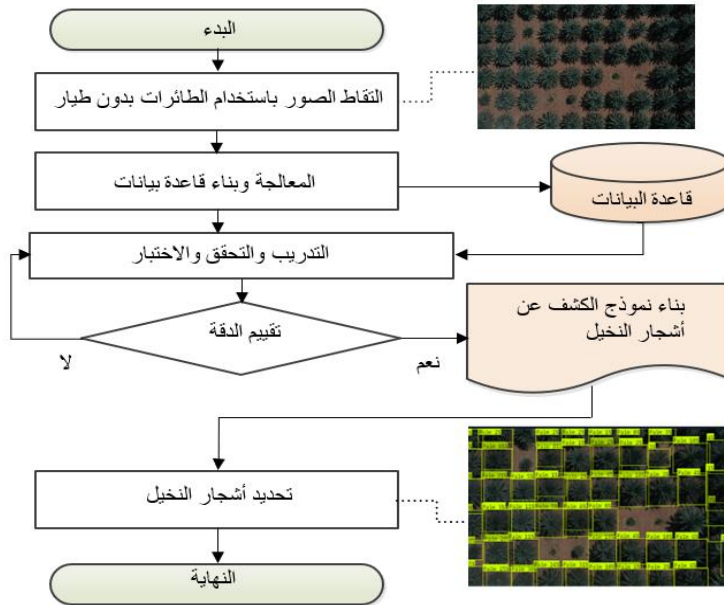
متوسط دقة النموذج Mean Average Precision (mAP):

هو معيار لتقييم نماذج الكشف عن الكائنات مثل R-CNN و YOLO وهو متوسط دقة النموذج يقارن بين المربع الذي يحدد الكائن المصنف بالحقيقة بالمربع المحدد للكائنات المتوقعة، وكلما زادت قيمته زادت دقة النموذج في اكتشافاته، ويتم حسابه وفقاً للمعادلة التالية (Yun,2021, p.2).

$$mAP = \sum_{k=1}^{k=n} (AP) k$$

منهجية الدراسة:

الشكل رقم (١٢): منهجية الدراسة:



المصدر: من عمل الباحثان.

المرحلة الرابعة: استخدام لغة Python لعمل برمجية الدراسة:

يعرض الشكل رقم (١٣) جزءاً من البرمجية المستخدمة في هذه المرحلة، حيث يتم في البداية استيراد العديد من المكتبات اللازمة، بما في ذلك roboflow للتعامل مع الأوامر من سطر الأوامر، وsv للتعامل مع الملفات، وcv2 للتعامل مع الصور. يمكن من خلال لغة البرمجة Python كتابة برمجية نموذج التشغيل وفق الخطوات التالية:

الشكل رقم (١٣): البرمجية الخاصة بتدريب نموذج YOLOv8.

```

1  from roboflow import Roboflow
2  import supervision as sv
3  import cv2
4
5  rf = Roboflow(api_key="7fHtabHhKhDMC81HtyG")
6  project = rf.workspace().project("mutlag_palms_v2")
7  model = project.version(2).model
8
9  result = model.predict("Palm1.jpg", confidence=0.05, overlap=0.1).json()
10
11 labels = [item["class"] for item in result["predictions"]]
12
13 detections = sv.Detections.from_roboflow(result)
14
15 label_annotator = sv.LabelAnnotator()
16 bounding_box_annotator = sv.BoxAnnotator()
17
18 image = cv2.imread("Palm1.jpg")
19
20 annotated_image = bounding_box_annotator.annotate(
21     scene=image, detections=detections)
22 annotated_image = label_annotator.annotate(
23     scene=annotated_image, detections=detections, labels=labels)
24
25 sv.plot_image(image=annotated_image, size=(16, 16))
26
27 print(len(detections))
28 # filter by class
29 detections = detections[detections.class_id == 0]
30 print(len(detections))

```

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على برنامج (Google Colab) على منصة (RoboFlow).

المناقشة والنتائج:

بعد تدريب النموذج YOLOv8، يوضح الشكل (١٤) النتائج التي تم الحصول عليها نتيجة تطبيق نموذج YOLOv8 من أجل اكتشاف أشجار النخيل باستخدام مجموعة من الصور المختارة بعناية بهدف الوصول لنتائج دقيقة وإنشاء نموذج قادر على تحديد أشجار النخيل في ظروف تصوير مختلفة، حيث بلغ متوسط دقة النموذج الخاص بالدراسة $mAP = 78.6\%$ ونسبة قدرة النموذج على اكتشاف العينات الإيجابية Recall بلغت 77.4% . أما مقياس دقة النموذج في اكتشاف العينات الإيجابية Precision فقد بلغ 73.7% .

الشكل رقم (١٤): نتائج مقياس دقة النموذج.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على نتائج خوارزمية (YOLOv8) على منصة (RoboFlow).

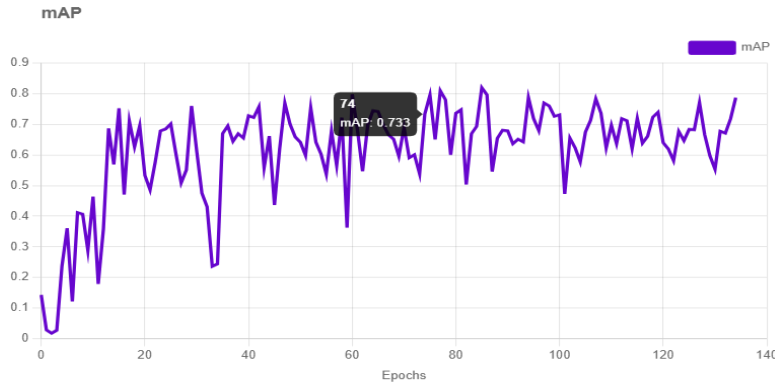
من خلال النتائج الموضحة بالشكل (١٤) يتبين ما يلي:

من حيث مقياس الدقة (Precision): الذي يقيس دقة التنبؤات الإيجابية التي يقوم بها النموذج في مجموعة بيانات التدريب، يحقق نموذج YOLOv8 دقة قدرها 0.7370، مما يشير إلى أن الإيجابيات المتنبأ بها إيجابيات حقيقية. والذي يعني أنه عندما تعرف النموذج على أشجار النخيل في مجموعة البيانات التدريبية، فإنها صحيحة بنسبة 73.7٪ من الأوقات. مما يظهر قدرة النموذج على الحفاظ على دقة التعرف على أشجار النخيل.

من حيث الاسترجاع (Recall): الذي يقيس قدرة النموذج على التعرف بشكل صحيح على جميع الحالات ذات الصلة. في مجموعة بيانات التدريب، يظهر نموذج YOLOv8 استدعاءً بنسبة 0.7740، مما يشير إلى أنه يتعرف بشكل صحيح على حوالي 77.40٪ من الحالات الفعلية لأشجار النخيل. الاسترجاع العالي يشير إلى أن النموذج يقلل من السلبيات الزائفة، وهو أمر حاسم في التطبيقات حيث يمكن أن يكون غياب الحالات الإيجابية له تأثير كبير.

أما دقة مقياس mAP: هو متوسط دقة النموذج والذي يقارن بين المربع الذي يحدد أشجار النخيل المصنفة بالحقيقة بالمربع المحدد للكائنات المتوقعة، والذي حقق درجة قدرها 0.7860، كلما زادت قيمته زادت دقة النموذج في اكتشافاته، مما يشير إلى أن النموذج يقيس بدقة 78.6٪، والتي تعتبر نسبة مقبولة وتوحي بتناغم بين الدقة والاسترجاع. وبنهاية مرحلة التدريب، يبين المخطط البياني في الشكل (١٥) لتغيرات التي حدثت لمقياس متوسط دقة النموذج الخاص بموضوع الدراسة mAP، والذي يتيح نافذة تعمل على اختبار دقة النموذج بشكل تفاعلي من خلال اختيار الصور المحددة.

الشكل رقم (١٥): مخطط تغيرات مقياس متوسط دقة النموذج.

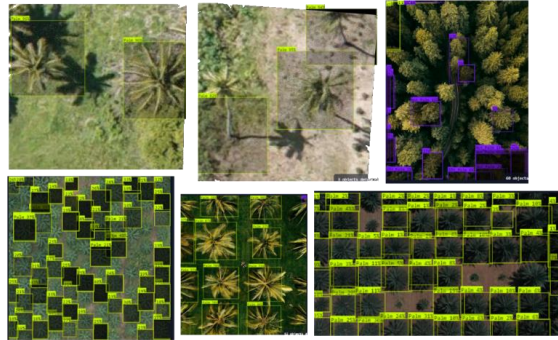


المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على نتائج خوارزمية (YOLOv8) على منصة (Robo Flow).

ويوضح الشكل (١٦) بعض صور نتائج الاختبار للكشف عن أشجار النخيل. وبشكل عام، تعد نتائج اكتشاف أشجار النخيل باستخدام خوارزمية YOLOv8 واعدة، وتشير إلى أنه يمكن استخدام هذه الخوارزمية لتطوير نظام قوي وموثوق للكشف عن أشجار النخيل لمجموعة متنوعة من التطبيقات. حيث أظهر نموذج YOLOv8 أداءً جيداً في مهام كشف أشجار النخيل. ويتميز بدقة واسترجاع بنسب مقبولة، بالإضافة تداخل كبير مع المناطق الحقيقية الأساسية، سواء في مرحلة التدريب أو التحقق أو الاختبار.

وأظهرت هذه النتائج قوتها بالتعرف على أشجار النخيل بدقة وقدرتها على تعميم هذه القدرة إلى بيانات جديدة.

الشكل رقم (١٦): نتائج عمليات اكتشاف أشجار النخيل.



المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على نتائج الكشف عن أشجار النخيل من منصة (RoboFlow).

الخاتمة:

قدمت هذه الدراسة طريقة للكشف عن أشجار النخيل بناء على خوارزمية اكتشاف الكائنات YOLOv8 وفق مجموعة من البيانات تضم أكثر من ١٤٠٠ صورة، وذلك لزيادة حجم وتنوع قاعدة البيانات التي تم الحصول عليها من الصور الملتقطة من الطائرات بدون طيار. وتم استخدام منصة RoboFlow من خلال عدة مراحل تتضمن تحميل ومعالجة الصور، وتدريب النماذج، واستخدام النماذج التي تم تدريبها في التطبيقات الفعلية للوصول إلى الدقة المطلوبة، ومن ثم اختبارها للتأكد من صحتها. وقد أعطى التحليل دقة وصلت إلى 78.6٪ باستخدام هذه الخوارزمية الحديثة ويمكن تحسينها ورفعها إلى نسب أعلى عبر زيادة التدريب على الصور وتنوعها. لقد أظهرت النتائج فعالية التقنيات الحديثة المتمثلة بتقنيات الذكاء الصناعي ودمج تقنيات التعلم العميق عبر خوارزمية YOLOv8 مع بيانات الاستشعار عن بعد من خلال

صور الطائرة بدون طيار في الكشف عن أشجار النخيل، مما ساهم في دعم القطاع الزراعي خاصة والاقتصاد الوطني بشكل عام ودعم أصحاب القرار في اتخاذ قرارات صائبة وحاسمة بشأن القطاع الزراعي والبيئي.

لقد تبين من خلال التحليل أهمية خوارزميات الذكاء الصناعي وتحسينها المستمر للوصول إلى الكائنات المدروسة بشكل دقيق مع كافة الصور في حالات مختلفة، كما يمكن لنموذج YOLOv8 اكتشاف أشجار النخيل بشكل خاص، مما جعلت هذه المزايا لـ YOLOv8 أكثر ملاءمة ومؤهلة للكشف عن أشجار النخيل.

وللعمل في المستقبل، نخطط لعمل تدريب لعدة نماذج من مرئيات وأقمار صناعية مختلفة لتشمل أنواع النخيل الأخرى. كذلك اعتزام استكشاف الإمكانيات الإضافية لخوارزمية YOLOv8 لحصر وعد أشجار النخيل مع العمل على تحليلها لتقدير عمر النخلة والتنبؤ بنوعية المحصول.

المراجع

المراجع العربية:

- الراشد، محمد، (٢٠٠٥)، محافظة الغاط، الطبعة الأولى، الرياض.
- الغامدي، عبد الله، (٢٠٢٢)، معجم البيانات الذكاء الاصطناعي إنجليزي - عربي، الطبعة الأولى، الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، ص ص ٤-٥.
- لحاح، محمد، (٢٠٢٠)، مدخل إلى الذكاء الاصطناعي وتعلم الآلة، أكاديمية حسوب، ص ص ١١-١٢.
- SDAIA (٢٠٢٣)، مبادئ أخلاقيات الذكاء الاصطناعي، الهيئة السعودية للبيانات والذكاء الاصطناعي، الإصدار الأول، ص ص ٣-٤.

المراجع الإلكترونية العربية (مواقع حكومية رسمية):

- الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠١٩)، التعداد الزراعي، الهيئة العامة للإحصاء تصدر نتائج

- "مسح الإنتاج الزراعي" ثالث المسوح الزراعية الجديدة | الهيئة العامة للإحصاء (stats.gov.sa)
- الهيئة العامة للإحصاء، التعداد السكاني لمنطقة الرياض، محافظة الغاط، بوابة الهيئة - الصفحة الرئيسية (saudicensus.sa).
- وزارة البيئة والمياه والزراعة، ٢٠١٨، المملكة تصدر أكثر من ٣٠٠ صنف من التمور، (mewa.gov.sa)

مراجع الانترنت:

- <https://docs.ultralitics.com/modes/benchmark/>

المراجع غير العربية:

- Al-Alimi, D., Shao Y., Alalimi, A., Abdu, A., (2020), **Mask R-CNN for Geospatial Object Detection, I.J. Information Technology and Computer Science**, Published Online October 2020 in MECS (<http://www.mecs-press.org/>) DOI: 10.5815/ijitcs.
- Akash, K., (2023), **Reimagining Human-Machine Interactions Through Trust Based Feedback**, Purdue University. West Lafayette, Indiana, PhD dissertation, pp.64-65.
- Alburshaid, E., and Mangoud, M., (2021), **Developing Date Palm Tree Inventory from Satellite Remote Sensed Imagery using Deep Learning**, 3rd IEEE Middle East and North Africa Communications Conference (MENACOMM), Agadir, Morocco, doi: 10.1109/MENACOMM50742.2021.9678262, pp. 54-59.
- Ammar, A., Koubaa, A., & Benjdira, B., (2021), **Deep-Learning-Based Automated Palm Tree Counting and Geolocation in Large Farms from Aerial Geotagged Images**. Agronomy MDPI.
- Chao, Y., Vijayanarasimhan, S., Seybold, B., Ross, D., Deng, J., Sukthankar, R., & Arbor, A., (2018), **Rethinking the Faster R-CNN Architecture for Temporal Action Localization**, Computer Vision and Pattern Recognition, Open access version, available on IEEE Xplore.
- Couclelis, H. (1986), **Artificial intelligence in geography: Conjectures**

- on the shape of things to come, The professional geographer, pp.1–11.
- Deng, L. and Yu, D. (2014). **Deep Learning: Methods and Applications**, Found, Trends Signal Process., vol. 7, pp. 3–4.
 - Deng, Z., Sun, H., Zhou, S., Zhao, J., Lei, L., Zou, H., (2018), **Multi-scale object detection in remote sensing imagery with convolutional neural networks**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 145, Part A, pp. 3-22.
 - Gao, C., Zhang O., Zheyu, T., Zhao, G., Gao, S., Eunyoung, K., Shen, T., (2023), **Applying Optimized YOLOv8 for Heritage Conservation: Enhanced Object Detection in Jiangnan Traditional Private Gardens**, Published at Heritage Science. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3596388/v1>, pp.5-6.
 - Gibril, M. Shafri, H. Shanableh, A. Al-Ruzouq, R. Wayayok, A.; Hashim, S. (2021), **Deep Convolutional Neural Network for Large-Scale Date Palm Tree Mapping from UAV-Based Images**, Remote Sens.13, 2787. <https://doi.org/10.3390/rs13142787>
 - Hindarto, D., (2023), **Exploring YOLOv8 Pretrain for Real-Time Detection of Indonesian Naive Fish Species**, Sinkron : Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika, pp. 4-5.
 - Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., (2020), **GeoAI: Spatially Explicit Artificial Intelligence Techniques for Geographic Knowledge Discovery and Beyond**, International Journal of Geographical Information Science, pp. 4-5.
 - Ju, R., Cai, W. (2023), **Fracture detection in pediatric wrist trauma X-ray images using YOLOv8 algorithm**, Sci Rep 13, 20077, <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47460-7>, pp.4-5.
 - Kaur, J., & Singh, W. ,(2022), **Tools, techniques, datasets and application areas for object detection in an image a review**, Multimedia Tools and Applications, Springer, pp.41-44.
 - Li, H.; Hu, B.; Li, Q.; Jing, L.(2021), **CNN-Based Individual Tree Species Classification Using High-Resolution Satellite Imagery and Airborne LiDAR Data**, Forests 2021, 12, 1697. <https://doi.org/10.3390/f12121697>
 - Lin, Q, Ye G, Wang J, Liu H.,(2022), **RoboFlow: a Data-centric Workflow Management System for Developing AI-enhanced Robots**, Proceedings of the 5th Conference on Robot Learning, pp. 2-3.

- Nair, K. N., Dhulipalla, R. K., Satapathy, S. C., Kanungo, A., Kannan, E., & Ch , T. B., (2021), **Modified YOLOv4 for real-time Coconut Trees Detection from an Unmanned Aerial Vehicle**, Research Square, pp.8-12.
- Openshaw, S. and Openshaw, C.,(1997), **Artificial Intelligence in Geography**, John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1st edition, ISBN 0471969915, pp. 45-46.
- Pham, M. T., Courtrai, L., Friguet, C., Lefèvre, S., & Baussard, A., (2020), **YOLO-Fine: One-stage detector of small objects under YOLO-Fine: One-stage detector of small objects under**, Remote Sensing (ISSN 2072-4292), pp. 23-24.
- Redmon, J., & Angelova, A., (2015), **Real-time grasp detection using convolutional neural networks**, International conference on robotics and automation (ICRA), pp. 3-6.
- Riehl,K., Neunteufel, M., Hemberg, M., (2023), **Hierarchical confusion matrix for classification performance evaluation**, Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics, 1394–1412, pp. 7-8.
- Saleh, H., (2018), **Machine Learning Fundamentals** , Packt Publishing, O'REILLY, Birmingham, UK.
- Smith, T., (1984), **Artificial intelligence and its applicability to geographical problem solving**, The Professional Geographer, pp.147–158.
- Wibowo, H., Sitanggang, I., Mushthofa, M., & Adrianto, A., (2022), **Large-Scale Oil Palm Trees Detection from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning**, Big Data and Cognitive Computing,MDPI.
- Wu, T., Dong, Y., (2023), **YOLO-SE: Improved YOLOv8 for Remote Sensing Object Detection and Recognition**, Appl. Sci., 13, 12977, pp.5-6.
- Xiong, Y., Zeng, X., Liao, J., Lai, W., Chen, Y., & Zhu, M. (2022), **An approach to detecting and mapping individual fruit trees integrated YOLOv5 with UAV remote sensing**, Preprints, doi: 10.20944/preprints202204.0007.v2.
- Yun, H., (2021), **Prediction model of algal blooms using logistic regression and confusion matrix**, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), 2407. Vol. 11, No. 3, pp.2-4.

Detecting Palm Trees by Using the YOLOv8 Deep Learning Algorithm

Mutlaq F. Al-Bugami* Nasser A. Al-lheeb**

Abstract:

Detecting and identifying the location of palm trees is crucial in any agricultural area, predicting date yields, and intelligent farm management and planning. Traditionally, this data is usually obtained through manual verification and takes a long time and effort. Deep learning object detection models widely used in computer vision can provide an opportunity for accurate palm tree detection, which is essential for fast data acquisition and reducing human operation errors.

This study aims to use the latest deep learning algorithms to detect palm trees through drone images, using the YOLOv8 algorithm, which has high technical value and broad application prospects in detecting palm trees of all sizes. The data set was built on the RoboFlow platform after collecting, analyzing, and processing it by increasing the data through several ways to improve it and raise the accuracy of the detection model, then building a YOLOv8 object detection network and training it on all sizes of palm trees to obtain training weights.

The results of the experiments showed that the YOLOv8 algorithm can effectively identify and confine palm trees by identifying them from images taken from the drone, as the average accuracy of the model for the study subject $MAP = 78.6\%$, and the model's ability to detect Recall positive samples reached 77.4% , The model's accuracy measure in detecting positive samples, Precision, reached 73.7% . The method used can also provide technical support for statistical tasks to detect palm trees.

Keywords: Detect palm trees, Python programming language, RoboFlow platform, YOLOv8 , algorithm. GeoAI.

* Graduate student, Department of Geography, College of Humanities and Social Sciences, King Saud University.

**Assistant Professor of Data Science and Artificial Intelligence, College of Computer and Information Sciences, King Saud University.

تأثير نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة تصنيف الغطاء الأرضي في

المناطق الجافة: دراسة تطبيقية على قمر سنتينيل ٢-

في مدينة الرياض

أ. محمد سعيد^١، أ. د. علي معاضة الغامدي^٢، د. علي سعيد الغامدي^٢

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة وتحليل مساهمة إجراء تصحيح الغلاف الجوي - كأحد عمليات المعالجة الأولية- في تحسين صحة التصنيف المراقب للغطاء الأرضي في جزء من مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية كم منطقة حضرية ذات مناخ حار وجاف. وقد استخدم لهذا الغرض مرئية من القمر الصناعي سنتينيل ٢- (Sentinel-2) في صيف عام ٢٠٢٢، وتم إجراء تصحيح الغلاف الجوي بثلاثة نماذج رياضية أحدها نموذج طرح الأهداف القاتمة (Dark Object Subtraction (DOS) والمعتمد على المعلومات في المرئية نفسها (Image-based) استناداً إلى فيزيائية الأهداف القاتمة (Dark Objects)، ونموذجين آخرين هما: (Framework for Operational Radiometric Correction for (FORCE) Environmental Monitoring)، و (Sentinel-2 Correction (Sen2Cor) يمثلان النماذج القائمة على نمذجة السلوك الفيزيائي (Physically-based) للأشعة أثناء مرورها في الغلاف الجوي. أظهرت النتائج تحقيق نموذج (DOS) الأداء الأفضل لمؤشر الصحة الكلية (Overall accuracy) للتصنيف، ومؤشر الصحة ف-١ (F1 score) مقارنة

١ طالب دكتوراه، قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود - المملكة العربية السعودية

بريد مراسلة: moh71341923@gmail.com 438106101@student.ksu.edu.sa

٢ قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود - المملكة العربية السعودية.

بالنموذجين الآخرين. وتبين أيضاً من تحليل التباين الأحادي (ANOVA One-way) عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين قيم متوسط مؤشري الصحة الكلية الناتجة عن نموذج (DOS) وتلك الناتجة عن المرئية غير المصححة جويًا. بالإضافة إلى ذلك أشارت نتائج البحث إلى وجود فروق ذات دلالة إحصائية لقيم المؤشرين الناتجة عن نموذجي (FORCE)، و (Sen2Cor) عند مقارنتها مع قيم المؤشرين من نتائج المرئية غير المصححة جويًا؛ مع ملاحظة أن متوسط القيم لهذين المؤشرين كانت لصالح المرئية غير المصححة. ورغم أن هذه النتائج تشير تساؤلًا عن جدوى إجراء تصحيح الغلاف الجوي لتحسين صحة خرائط الغطاء الأرضي كمعالجة مسبقة لبيانات القمر ستينل-٢ في المنطقة قيد الدراسة؛ إلا أنه من الضروري التأكيد على أن النتائج لا يمكن تعميمها، ومن ثم فإن الدراسة توصي بضرورة توسيع نطاق المنهجية من خلال التطبيق على مرئيات ذات تواريخ مختلفة تمثل ظروف مناخية مختلفة ولتطبيقات جغرافية مختلفة.

كلمات مفتاحية: تصحيح الغلاف الجوي، الغطاء الأرضي، صحة التصنيف، ستينل-٢، مدينة الرياض.

أولاً: المقدمة:

يُعد تصحيح الغلاف الجوي (Atmospheric Correction) واحداً من عمليات المعالجة الأولية لبيانات الاستشعار عن بعد كإجراء لإزالة التشويش الناتج عن الغلاف الجوي على قيم الانعكاسات والانبعثات الطيفية القادمة من الظواهر على سطح الأرض أثناء عمليات تصنيف الغطاء الأرضي (Rumora, et al., 2020, p.227). أثناء التقاط مرئيات الاستشعار عن بعد، تُسجل المستشعرات مزيجاً من الأشعة الطيفية أحدهما قادم من سطح الأرض - وهو محل اهتمام الاستشعار عن بعد في حالة تصنيف الغطاء/ الاستعمال الأرضي، والآخر قادم من الغلاف الجوي - وهو محل اهتمام الاستشعار عن بعد في حالة الدراسات الحيوية الفيزيائية للغلاف الجوي. ففي الحالة الأولى تعتبر الأشعة القادمة من الغلاف الجوي تشويشاً يجب فصله عن تلك القادمة من أسطح فئات الغطاءات الأرضية للحصول على أقرب تمثيل للقيم الانعكاسية لهذه الفئات (Song, et al., 2001, p.232) خاصةً عند عمليات كشف التغير. وتعد العوالق/ الهباء الجوي (Aerosols)، وبخار الماء (Water Vapor) من أهم مكونات الغلاف الجوي التي تؤثر على تقدير قيم الانعكاسات/ الانبعثات من خلال عمليات عكس أو تشتيت أو امتصاص الإشعاع الواصل لها (Roberts, et al., 1993; Bhatia, et al., 2015, p. 3199). وتباين النطاقات الطيفية من حيث تأثرها بمحتوى الغلاف الجوي من هذين العاملين تبعاً لتركيزهما ونوع الأشعة محل الاهتمام، الأمر الذي يلقي بظلاله على القيم المسجلة للانعكاسية من الفئات المختلفة للغطاء الأرضي.

وفي سياق تصحيح/ إزالة تأثير الغلاف الجوي على القيم الرقيقة للمرئيات الفضائية ومنها مرئيات القمر سنتيل-٢، طُوّرت العديد من النماذج سواءً أكانت قائمة على نمذجة السلوك الفيزيائي (Physically-based) للإشعاع أثناء مروره في الغلاف الجوي، أو تلك المعتمدة على المعلومات في المرئية نفسها (Image-based) استناداً إلى فيزيائية الأهداف القاتمة (Dark Objects) (Campbell & Wynne, 2011, p.306) وبصرف النظر عن آلية تطوير النماذج في تصحيح الغلاف الجوي، فإن تقييم أدائها يكون من خلال

مقارنة قيم الانعكاسية المقدرة والناجمة عن عملية تصحيح النماذج في جزء من المرئية بشكل مباشر مع قيم الانعكاسية المسجلة في محطة تسجيل أرضية، والمقابلة للجزء نفسه من المرئية في توقيت متزامن تقريباً مع وقت التقاط المرئية (Campbell & Wynne, 2011, pp. 306-312). أما الطريقة غير المباشرة للتقييم فتتمثل في مقارنة الصحة لتصنيف الغطاء الأرضي كقيمة تعكس مدى اقتراب قيم الانعكاسية في المرئية من تمثيلها لفئات الغطاء الأرضي في المنطقة الجغرافية قيد الدراسة كدالة من نموذج التصحيح المستخدم (Rumora et al., 2020; Valdivieso-Ros et al., 2021, p.1770).

ونتيجة لما سبق فإن معرفة تأثير أداء نماذج إزالة تأثير الغلاف الجوي يمثل أهمية كبيرة في عمل مشاريع التصنيف المراقب لمرئيات الاستشعار عن بعد (Mandanici, et al., 2021, p.1772; Valdivieso-Ros, et al., 2015)؛ وذلك لتأثيره على النتيجة النهائية والمتمثلة بصحة التصنيف المشتق لإنتاج خرائط الغطاء الأرضي (Chrysoulakis, et al., 2010).

وتحظى جودة هذه الخرائط باهتمام خاص من قبل المهتمين في الاستشعار عن بعد؛ نتيجة لتأثيرها المحوري والحاسم - كإحدى المدخلات - على مخرجات النماذج المستخدمة فيها كنماذج المحاكاة الهيدرولوجية (Chirachawala, et al., 2020, p.135)، ونماذج محاكاة التغيرات المناخية (Ge, et al., 2007, p.3; Sertel, et al., 2010, p.1951). وتعد خرائط الغطاء الأرضي وتغيراتها المستمرة إحدى المدخلات المهمة وذات التأثير الحاسم في كثير من النماذج مثل نماذج التغير المناخي (Verburg, et al., 2011, p.975)، ونماذج النظام الأيكولوجي، وفي تطبيقات إدارة الكوارث (Zope, et al., 2017; Sheykhmousa, et al., 2019, p.1175). هذه الخرائط تُعد أيضاً أدوات مهمة لفهم التغير الحضري، ومقدار الضغط السكاني على موارد البيئة، وفي إدارة استخدام الأراضي (Tesfaw, et al., 2018, p.2085). وتقدم خرائط الغطاء الأرضي معلومات جوهرية عن العلاقة التفاعلية بين العوامل الطبيعية والبشرية المختلفة ومن ثم التغير الحاصل في البيئة كنتاج لهذا التفاعل (Townshend, et al., 2012; Andrew, et al., 2014, p.330). بالإضافة إلى ما سبق ذكره فإن خرائط الغطاء الأرضي تعد مصدراً مهماً للمعلومات عن الأمن

الغذائي، وتستخدم كمؤشر لأهداف التنمية المستدامة ٢٠٣٠ التابعة للأمم المتحدة (Di Gregorio, 2005,p.3).

ثانيا: مشكلة الدراسة:

قام الباحثون المهتمون بالاستشعار عن بعد بمقارنة تأثير أداء العديد من نماذج التصحيح الجوية لإزالة تأثير الغلاف الجوي على القيم الرقمية في المرئيات من أجل تحسين صحة تصنيف مرئيات القمر الصناعي سنتيل-٢؛ إلا أن هذه الدراسات عددها قليل جدا، ومقتصر على مناطق جغرافية محدودة وبظروف جوية تتبع مناخ تلك المناطق (Rumora et al., 2020,p.297; Valdivieso-Ros et al., 2021,p.1789)، الأمر الذي انعكس على التباين في نتائج هذه الدراسات. بالإضافة إلى ذلك، فقد أغفلت هذه الدراسات تمثيل بعض النماذج التي أثبتت كفاءتها في تقدير القيم الانعكاسية في دراسات أخرى (Doxani, et al., 2018, 368; Pahlevan, et al., 2021, pp.112-369).

تقع مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية، ضمن إقليم مناخي حار وجاف وفقاً لتصنيف كوبن (Köppen, 1936,p.25)، وقد تناولت بعض الدراسات للغطاء الأرضي وتغيراته الزمنية في هذه المدينة باستخدام بيانات القمر الصناعي لاندسات (Jamali & Rahman, 2016,p.298; Shakir Khan et al., 2018,p.544; Alqurashi & Kumar, 2019,p.141; Altuwaijri, et al., 2019,p.82). هذه الدراسات أغفلت تصحيح الغلاف الجوي كمعالجة مسبقة للبيانات قبل عملية التصنيف للغطاء الأرضي. ولقد استخدمت دراستان أخريان (Alghamdi & Cummings, 2019,p.197; Abdelkarim, et al., 2022, p.503) تصحيح الغلاف كإجراء منهجي لمعالجة البيانات قبل عملية التصنيف للغطاء الأرضي من بيانات القمر لاندسات وسبوت-٥ دون دراسة جدوى هذا التصحيح على صحة التصنيف. ومن خلال استعراض الأدبيات الحالية في هذا السياق يتضح عدم وجود دراسة لتقييم أثر استخدام نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة تصنيف مرئيات سنتيل-٢ للغطاء الأرضي في مدينة الرياض. ونتيجة لتباين نتائج نماذج تصحيح الغلاف الجوي على

صحة التصنيف من فئة غطاء أرضي إلى أخرى كدالة من التغير المكاني الحاصل في خصائص مكونات الغلاف الجوي (Valdivieso-Ros, et al., 2021, p.1790)، فلا بد عندئذ من تحديد الفئات الأرضية التي تتأثر صحتها وفقاً لهذا التباين في المنطقة قيد الدراسة.

ثالثاً: أهداف وتساؤلات الدراسة:

إن الغاية من هذه الدراسة هي تقييم كفاءة استخدام بعض نماذج تصحيح الغلاف الجوي في تحسين صحة تصنيف مرئيات سنتيل-٢ في منطقة محددة من مدينة الرياض، وذلك من خلال تحقيق الهدفين الرئيسين وهما:

١ - استكشاف فاعلية استخدام ثلاثة نماذج رياضية لتصحيح الغلاف الجوي، وهي: (DOS)، و(FORCE)، و(Sen2Cor) في تحسين الصحة الكلية للتصنيف المراقب في منطقة الدراسة.

٢ - فحص تأثير هذه النماذج على صحة التصنيف المراقب لعدد من فئات الغطاء الأرضي.

وعليه ستجيب هذه الدراسة عن التساؤلات التالية:

١ - هل هناك اختلاف في تأثير النماذج الرياضية لتصحيح الغلاف الجوي على صحة التصنيف الكلية؟

٢ - هل يختلف تأثير النماذج الرياضية لتصحيح الغلاف الجوي على صحة التصنيف من نموذج إلى آخر، ومن فئة إلى أخرى؟ وهل يعد هذا التأثير ذات دلالة إحصائية؟

ستساهم هذه الدراسة في توضيح جدوى عمل تصحيح تأثير الغلاف الجوي على صحة خرائط الغطاء الأرضي، وستكون بمثابة دليل استرشادي أولي للباحثين في تطبيق أفضل ممارسات المعالجة المسبقة في سياق جودة إنتاج خرائط الغطاء الأرضي لبيانات القمر سنتيل-٢ في المنطقة قيد الدراسة.

رابعاً: الدراسات السابقة:

تبين عند مراجعة الأدبيات المنشورة أن تقييم أداء نماذج تصحيح الغلاف الجوي لبيانات مرئيات القمر سنتيل-٢ تتضمن طريقتين مختلفتين: أحدهما مباشرة، والأخرى غير مباشرة؛ ففي الطرق المباشرة تُقارن القيم الانعكاسية الناتجة عن معالجة المرئيات بنماذج تصحيح مختلفة مع القيم الانعكاسية المسجلة حقلياً على أنواع مختلفة من أسطح الغطاءات الأرضية، ومن الأمثلة على هذه الدراسات ما قام به وارن وآخرون (Warren, et al., 2019) من مقارنة ستة نماذج تصحيح: (C2RCC)، و (gen12)، و (iCOR)، و (ACOLITE)، و (POLYMER)، و (Sen2Cor)؛ لتصحيح الغلاف الجوي في منطقتين ساحليتين هما: بحر البلطيق، والقناة الغربية الواقعة بالقرب من بليموث، المملكة المتحدة، وفي حدود ثلاثة عشر مسطحاً مائياً داخلياً في خمس دول أوروبية، وبينت الدراسة أن نموذجي (C2RCC)، و (POLYMER) كانا الأكثر كفاءة في تقدير القيم الانعكاسية من مرئيات القمر سنتيل-٢ بالمقارنة مع بقية النماذج الأخرى اعتماداً على القيم المرجعية المسجلة في الحقل. وفي دراسة أخرى مماثلة أجراها سولا وآخرون (Sola, et al., 2018, p.5941) عُمِلت مقارنة لأربع نماذج، هي: (iCOR)، و (Sen2Cor)، و (MAJA)، و (S6) في أماكن متفرقة لستة غطاءات أرضية من منطقة البحر الأبيض المتوسط، وتبين منها أن الفروقات بين أداء النماذج الأربعة كانت طفيفة، وقد تصدر نموذجاً (MAJA)، و (iCOR) الأداء الأفضل.

وفي السياق ذاته تبين في البرازيل، وعلى امتداد أربع بحيرات من السهول الفيضية للأمازون، ومن مقارنة ثلاثة نماذج، هي: (Sen2Cor)، و (ACOLITE)، و (SV)، أن نموذج (Sen2Cor) كان الأفضل في تصحيح المرئيات بشكل عام، مع الأخذ بعين الاعتبار أن كفاءة هذه النماذج تختلف مكانياً وزمانياً وفقاً لطبيعة الغلاف الجوي في المنطقة قيد الدراسة، وخصائص أسطح المياه في البحيرات، بالإضافة إلى التباين في الكفاءة من نطاق طيفي إلى آخر (Martins, et al., 2017, p.337). وفي دراسة أخرى مماثلة (Kuhn, et al., 2018) طُبِّقت

في الصين على ثلاث بحيرات متباينة في خصائصها الطيفية وفقاً لنقاوة المياه فيها، قورنت سبعة نماذج لتصحيح الغلاف الجوي، وهي: (ACOLITE) ، و (C2RCC)، و (C2XC)، و (iCOR) ، و (Sen2Cor)، و (SeaDAS)، و (POLYMER)، وبينت نتائج هذه الدراسة أن القيم الانعكاسية المشتقة من النماذج المذكورة تباينت في أدائها وفقاً للتباين في خصائص المياه في البحيرات المختلفة، فالقيم المقدرة للانعكاسية من نموذج (Sen2Cor) على سبيل المثال كانت الأكثر توافقاً مع القيم المسجلة حقلياً للعينات من أسطح المياه العكرة، والقيم المقدرة من نموذج (POLYMER) ، كانت الأكثر توافقاً مع القيم المسجلة حقلياً للعينات من أسطح المياه النقية، في حين أعطت نموذج (C2XC) نتائج أفضل من على أسطح المياه النقية نسبياً. وعلى نطاق جغرافي أوسع، وتباين مناخي أكثر، قُورن أداء النماذج السبعة السابقة من خلال التطبيق على العديد من البحيرات ذات التنوع الكبير في خصائصها على مستوى الصين في دراسة أخرى (Li, et al., 2023). وقد أفضت نتائج هذه الدراسة بتحقيق نموذجي (SeaDAS) ، و (C2XC) الأداء الأفضل في قيم الانعكاسية المقدرة بالمقارنة مع القيم المسجلة لكل النطاقات الطيفية. وفي دراسة حديثة (Zhang, et al., 2023p.2363) على مياه السواحل الصينية مرتفعة ومنخفضة العكر، تبين أن القيم الانعكاسية المقدرة من نموذج (SeaDAS) كانت الأفضل أداءً مقارنة بالقيم الانعكاسية المسجلة في محطة التسجيل الواقعة في سواحل المياه ذات العكر المرتفع، في حين حقق نموذج (C2RCC) الأداء الأفضل مقارنة بالقيم المسجلة في محطتي التسجيل الواقعتين على طول خطوط مياه الشواطئ ذات العكر المتوسط والمنخفض.

وعلى المستوى العالمي، أجرت وكالة الفضاء الأمريكية، ووكالة الفضاء الأوروبية، بالتنسيق مع لجنة الأقمار الصناعية لرصد الأرض العديد من المسابقات في إطار تصحيح الغلاف الجوي لمرئيات القمر لاندسات، والقمر سنتينل-٢ والتي أسفرت عن نشر ثلاث أوراق علمية في هذا المضممار؛ ففي الدراسة الأولى (Doxani, et al., 2018,p.352)، عُمِلت مقارنة بينية لثمانية نماذج في مناطق متفرقة من العالم شملت اليابسة والمسطحات المائية، وخلصت هذه الدراسة إلى أن نموذج (FORCE)، ونموذج

(LaSRC)، ونموذج (MAJA) ونموذج (Sen2Cor) كانت الأعلى من حيث الصحة في استخلاص القيم الانعكاسية في المناطق الجغرافية المتنوعة التي أُجريت الدراسة عليها مقارنة بالقيم الانعكاسية التي سُجلت في محطات الرصد العالمية المختلفة. وفي الدراسة الثانية (Pahlevan, et al., 2021, p.112-378)، أُجريت المقارنة البيئية لتقييم أداء ثمانية نماذج في اشتقاق قيم الانعكاسية من على أسطح المياه الواقعة على اليابسة، وتلك الواقعة على امتداد السواحل من خلال مقارنتها بالقيم الانعكاسية التي وُثقت من قبل المجتمع العلمي، أو التي سُجلت في المحطات العالمية في المناطق الساحلية التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية. وأفادت نتائج هذه الدراسة بوجود تفاوت بين النماذج في تقدير القيم الانعكاسية من أسطح المياه على اليابسة عن تلك المقدرة من أسطح المياه الساحلية. علاوة على ذلك، أوصت الدراسة باختيار النموذج وفقا لمتطلبات الدراسة، والهدف من التطبيق، والقمر المستخدم، ونوعية المياه في المنطقة قيد الدراسة.

وأعيد هذا التقييم البيئي للقيم الانعكاسية المقدرة في دراسة ثالثة حديثة (Doxani, et al., 2023, p.1143) لسبعة نماذج اقتصر على اليابسة دون المياه، حيث تحدت عملية تقييم كفاءة النماذج بطريقتين: أحدهما باستخدام المحاكاة الثانية لإشارة القمر الصناعي لكود متجهة الطيف الشمسي (6SV) فوق اثنتين وستين محطة تسجيل أرضية، والطريقة الثانية للتقييم بالقياسات للانعكاسات في محطتي تسجيل أحدهما في ناميبيا في أفريقيا، والأخرى في لا-جرو في فرنسا. تبين عند التقييم أن قيم الانعكاسية المقدرة من جميع النماذج كانت متوافقة مع القيم الانعكاسية في طريقتي التقييم بدرجة مقبولة في جميع النطاقات الطيفية باستثناء النطاق الطيفي (B01)، مع وجود تفاوت نسبي بين النماذج في الأداء.

تشترك جميع الدراسات السابقة بمقارنة القيم الانعكاسية في المرئيات الناتجة من معالجة النماذج المختلفة مع قيم انعكاسية قيست بشكل مباشر من أسطح فئات الغطاءات الأرضية المختلفة في بعض الدراسات، ومن أسطح فئة واحدة كالمياه في الدراسات الأخرى، بالإضافة إلى اقتصارها على تقييم النماذج القائمة على فيزيائية الأهداف. وعلى

الرغم من أن هذه الدراسات مثالية في مقارنة أداء النماذج، وفي مناطق متباينة من حيث المناخ ونوع الغطاء الأرضية؛ إلا أنها ليست ممثلة لكل النطاقات المناخية في العالم من جهة، وليست ممثلة لتنوع الغطاء الأرضي والظروف الجوية في منطقة التسجيل نفسها من جهة أخرى؛ نتيجة لعملية اقتطاع المرئية في حدود ٩ كم × ٩ كم حول مركز محطة التسجيل، الأمر الذي قد يترتب عليه عدم تسجيل القيم الانعكاسية لبعض فئات الغطاء الأرضي أو لبعض الظروف الجوية في المنطقة الجغرافية قيد الدراسة.

ومن جهة أخرى قارنت بعض الدراسات بين أداء النماذج بطريقة غير مباشرة من خلال تقييم الصحة الناتجة عن تصنيف الغطاء الأرضي للمريثات المعمول لها تصحيح الغلاف الجوي. على سبيل المثال قام رومورا وآخرون (Rumora, et al., 2020, p.282) بمقارنة خمسة نماذج، وهي: (DOS)، و(iCOR)، و(Sen2Cor)، و(SREF)، و(STDSREF)، بالإضافة إلى المريثات التي لم تُعالج، فكان المجموع الترتيبي لنتائج التصحيح بنموذج (DOS) وخوارزمية تصنيف الغابة العشوائية (Random Forest) الأعلى (١٣٣ مرة) مقارنة بالنماذج الأخرى، ثم نموذج (Sen2Cor) بمجموع ترتيبي (١٤١)، في حين حققت المريثات التي لم تُعالج المرتبة الثالثة بمجموع ترتيبي مساوٍ أو أفضل من النماذج الأخرى المتبقية. وأفادت دراسة أخرى قدمها فالديفيوسو-روس وآخرون (Valdivieso-Ros et al., 2021, p.1770) ونُفذت في منطقة شبه جافة من البحر المتوسط أن نموذج (ACOLITE) أعطى نتائج تصنيف بصحة كلية أعلى مقارنة بنماذج (Sen2Cor)، و(MAJA)، و(DOS)، في حين كان نموذج (MAJA) الأفضل في الصحة على مستوى الفئات المتداخلة في خصائصها الطيفية، وأشارت الدراسة إلى وجود فروقات ذات دلالة إحصائية لصالح قيم الصحة الناتجة عن تصحيح المريثات بالنماذج المختلفة عن تلك التي لم تخضع لعملية التصحيح.

أجرى سولا وآخرون (Sola, et al., 2018, p.63) مقارنة لنتائج ثلاثة نماذج وهي: (Sen2Cor)، و(MAJA)، و(6S)، واتضح أن هذه النتائج تتباين وفقاً لتغير الفئة الأرضية، ووفقاً للتغير في الأحوال الجوية على الرغم من أن نموذج (Sen2Cor) أعطى نتائج بدرجة

عالية من الصحة مقارنة بالنماذج الأخرى. وفي دراسة موشين وآخرين (Muchsin, et al., 2023,p.57) عُمِلت مقارنة لكفاءة خمسة نماذج شملت (6S)، و(FLASH)، و (DOS)، و (LaSRC)، و (Sen2Cor) على نتائج تصنيف أربع فئات غطاء أرضي مستخدمة خوارزمية الغابة العشوائية في كوبانج ريجنسي الواقعة في إندونيسيا، والمصنفة مناخياً كمنطقة شبه جافة، وأفادت الدراسة بتحسين صحة التصنيف في المرئيات المعالجة بنماذج تصحيح الغلاف الجوي مقارنة بالصحة الناتجة عن المرئيات التي لم تخضع لعملية التصحيح، وفي التقييم البيئي للنماذج تصدرت نموذج (DOS) الأداء الأفضل في مؤشر صحة المستخدم والمنتج لفئة الأراضي الزراعية-١، في حين حقق نموذج (Sen2Cor) الأداء الأفضل لنفس المؤشرين لفئة الأراضي الزراعية-٢، أما مؤشر الصحة الكلية للتصنيف فقد كان نموذج (DOS) الأقل أداءً.

يتضح من الدراسات السابقة غير المباشرة بأنها قليلة، ومقتصرة على مناطق جغرافية محدودة وبخصائص جوية تعكس مناخ تلك المناطق، الأمر الذي انعكس على التباين في نتائج هذه الدراسات. بالإضافة إلى ذلك، أغفلت هذه الدراسات اختبار بعض النماذج التي أثبتت كفاءتها في تقدير القيم الانعكاسية في النوع المباشر من الدراسات.

خامساً: منهجية البحث:

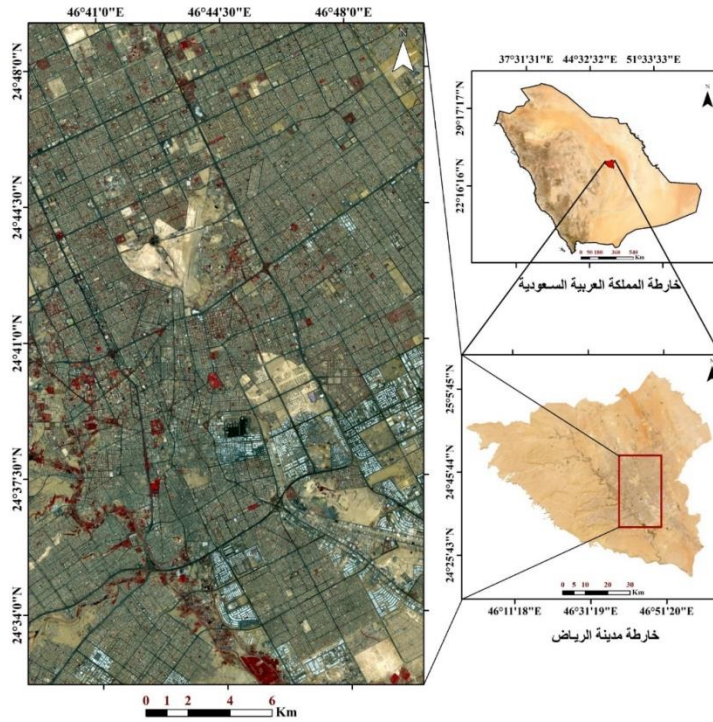
١ - منطقة الدراسة:

تم اختيار جزء من مدينة الرياض كموقع لمنطقة الدراسة والميمنة حدودها في الشكل (١)، وبمساحة قدرها ٦٠٨ كيلوا متراً مربعاً. ولقد تم اختيار هذا الجزء كمنطقة دراسة من خلال التفسير البصري للمرئية، والمعرفة المسبقة بالمدينة مع الأخذ بعين الاعتبار أن تمثل منطقة الدراسة التنوع في الغطاءات الأرضية المستهدفة وبما يحقق أهداف الدراسة.

تقع منطقة الدراسة ضمن إقليم مناخي جاف والذي يتميز بقلّة سقوط الأمطار،

وقلة أو انعدام الغطاء النباتي أو تواجده بشكل متناثر. وتعد النظم البيئية في المناطق الحضرية من هذا الإقليم غير مستقرة، وسريعة التغير (Lin & Chen, 2010,p.17). وقد بلغ متوسط درجة الحرارة والهاتل المطري في المدينة ٣٥.٥ درجة مئوية، ٠.١ ملم على التوالي في فصل الصيف وفقاً لبيانات محطتي تسجيل تبعان المركز الوطني للأرصاد في الفترة (١٩٨٥-٢٠٢٠) (Alghamdi, et al., 2021,p.4530). وتعد الرياض واحدة من أسرع المدن نمواً في الشرق الأوسط، وقد شهدت المدينة زيادة كبيرة في التوسع الحضري في الفترة بين ٢٠٠٠، و٢٠١٤ بمقدار ١٥٠٠ كم^٢، ويتوقع أن يصل هذا التوسع إلى (١٨٣٠) كم^٢ في عام ٢٠٢٤، و (٢١٦١) كم^٢ بحلول عام ٢٠٣٤ (Alqurashi, et al., 2016,p.17).

شكل رقم (١): منطقة الدراسة: جزء من مدينة الرياض، المملكة العربية السعودية.



المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة ومريئة الدراسة.

ويعد الغطاء الأرضي الحضري ممثلاً بالطرق والمباني السكنية والتجارية هو الأكثر حضوراً في منطقة الدراسة، والذي يتوسع باستمرار على حساب الأراضي الجرداء، في حين يعد الغطاء النباتي والمستطحات المائية الأقل شيوعاً في منطقة الدراسة (Alghamdi & Cummings, 2019, p.193; Alqurashi & Kumar, 2019, p.90)

٢- الإجراءات المنهجية:

استخدم الباحثون المنهجية العلمية التجريبية، حيث أن الدراسة تحتاج تصميم تجربة، ثم رصد التغيرات التي ستطرأ بعد تنفيذ التجربة، ومن ثم معرفة تأثير نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة تصنيف الغطاء الأرضي في المناطق الجافة وذلك من خلال الخطوات الآتية:

أ. بيانات الدراسة ومصادرها:

تُحصل على بيانات مرئية القمر الصناعي سنتينيل-٢، المستوى-١ سي (Level-1C)، وذلك من خلال البحث في محرك التخزين السحابي التابع لمنصة جوجل إيرث-إنجن (Google Earth Engine) (Gorelick, et al., 2017) باستخدام أداة (gsutil). وقد أُختيرت المرئية (S2A_MSIL1C_20220609T072621_N0400_R049_) والملتقطة في ٩/٦/٢٠٢٢، والخالية من وجود السحب.

يوضح الجدول رقم (١) النطاقات الطيفية العشر للقمر سنتينيل-٢ التي تم استخدامها في هذه الدراسة حيث يلاحظ تنوع قيم الوضوح الطيفي (Spectral Resolution)، وكذلك قيم الوضوح المكاني (Spatial Resolution) بين (١٠)، و(٢٠) متر لهذه النطاقات. تم الاستغناء عن النطاقات الطيفية الثلاث ذات الوضوح المكاني (٦٠) متر في هذه الدراسة؛ لعدم توافق استخدام بياناتها مع مقتضيات تحقيق أهداف هذه الدراسة.

جدول رقم (١): خصائص النطاقات الطيفية في القمر سنتينيل-٢ المستخدمة في عملية التصنيف.

الوضوح المكاني (متر)	الطول الموجي المركزي (نانومتر)		نوع الأشعة	رمز النطاق
	S2A	S2B		
١٠	٤٩٢.٧	٤٩٢.٣	الأشعة الزرقاء المرئية	B02
	٥٥٩.٨	٥٥٨.٩	الأشعة الخضراء المرئية	B03
	٦٦٤.٦	٦٦٤.٩	الأشعة الحمراء المرئية	B04
	٨٣٢.٨	٨٣٢.٩	الأشعة تحت الحمراء	B08
٢٠	٧٠٤.١	٧٠٣.٨	الأشعة تحت الحمراء المرئية القريبة	B05
	٧٤٠.٥	٧٣٩.١		B06
	٧٨٢.٨	٧٧٩.٧		B07
	٨٦٤.٧	٨٦٤.٠		B8A
	١٦١٣.٧	١٦١٠.٤	الأشعة تحت الحمراء القصيرة	B11
	٢٠٢٢.٤	٢١٨٥.٧		B12

المصدر: <https://earth.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

ب) تهيئة البيانات:

تهدف هذه الخطوة إلى تهيئة المرئية قيد الدراسة لعملية التصنيف، وقد اشتملت على تصحيح الغلاف الجوي للمرئية باستخدام ثلاثة نماذج رياضية مختلفة، وتوحيد (Resampling) الوضوح المكاني للنطاقات الطيفية المستخدمة.

ب.١) نماذج تصحيح الغلاف الجوي:

في هذه الخطوة، تمت معالجة المرئية من خلال ثلاثة نماذج تصحيح يوضحها الجدول رقم (٢)؛ وذلك بغية تقدير قيم الانعكاسية الطيفية. النموذج الأول (DOS) تم اختياره لتمثيل النماذج القائمة على مبدأ فيزيائية الأهداف القائمة باعتباره نموذجاً بسيطاً، والذي يعد النموذج الشائع قبل تطوير النماذج القائمة على مبدأ السلوك الفيزيائي. وأختير

النموذجان الآخران (FORCE)، و (Sen2Cor) ليمثلا النماذج القائمة على مبدأ السلوك الفيزيائي بناءً على نتائج الدراسة التي قام بها دوكسانيا وآخرون (Doxani, et al., 2018)، والتي أشارت في نتائجها إلى أن هذين النموذجين كانا من ضمن النماذج الأكثر كفاءة من حيث قدرتها على اشتقاق قيم الانعكاسية لفئات الغطاءات الأرضية من مرئيات القمرين لاندسات-٨، وستنيل-٢.

جدول رقم (٢): النماذج المختارة لتصحيح الغلاف الجوي ومراجعتها.

أ) م	ب) اسم النموذج	ت) المرجع
١ (ث)	DOS1 (ج)	(Chavez, 1989) (ح)
٢ (خ)	FORCE (د)	(Frantz, 2019) (ذ)
٣ (ر)	Sen2Cor (ز)	(Main-Knorn, et al., 2017) (س)

المصدر: (Chavez, 1989, Frantz, 2019, Main-Knorn et al., 2017).

ب.١-١) نموذج طرح الأهداف القائمة (DOS) :

يعد هذه النموذج الأكثر شيوعاً في تصحيح الغلاف الجوي على قيم الانعكاسية بالاعتماد على مبدأ فيزيائية الأهداف القائمة في المرئية. يعمل هذا النموذج على افتراض وجود أسطح أرضية تمتص كامل الإشعاع الواقع عليها، ومن ثم تكون كمية الأشعة المنعكسة منها مساوية للصفر أو قريبة من الصفر. واعتماداً على هذا الافتراض، فإن ما يتم رصده من قيم انعكاسات أو انبعاثات في المستشعر على متن القمر الصناعي هي قادمة من الغلاف الجوي، والتي يمكن طرحها كإجراء لتصحيح المرئية من هذا التأثير (Chavez, 1988). يتوفر لهذا النموذج العديد من الإصدارات، وقد أستخدم (DOS1) (Chavez, 1989) في هذه الدراسة، والذي يعمل على افتراض وجود أجسام عاتمة بنسبة لا تقل عن ١٪ في المرئية (Valdivieso-Ros, et al., 2021). تم تنفيذ هذا النموذج من خلال البرنامج المساعد للتصنيف شبه التلقائي (Semi-Automatic Classification Plugin) الملحق ضمن النسخة الثالثة من برنامج (QGIS Quantum Geographic Information System).

ب.١-٢) نموذج FORCE:

يعد نموذج (FORCE) برنامجاً مفتوح المصدر، ويحتوي على العديد من الحزم الخاصة بمعالجة بيانات القمر ستينل-٢. يتم عمل إزالة تأثير الغلاف الجوي من المرئيات في هذا النموذج ضمن المستوى الثاني من عمليات المعالجة الخاصة بهذا البرنامج (Frantz, 2019). يتم تقدير العوالق في هذا البرنامج من خلال استخدام تشتت الأشعة المتعدد (Frantz, et al., 2016) من سطوح النباتات الكثيفة والمياه الداكنة (Royer, et al., 1988) يتميز هذا البرنامج بقدرته على إجراء عمليات التصحيح للغلاف الجوي وعمليات تصحيح التأثير الطبوغرافي، أو التسوية الطبوغرافية (Topographic Normalization)، بالإضافة إلى عملية توحيد الوضوح المكاني للنطاقات الطيفية في عملية تسلسلية واحدة. وفي هذه الدراسة، تم استخدام أداة (FORCE) الإصدار (٣) لتصحيح الغلاف الجوي (Frantz, 2019).

ب.١-٣) نموذج (Sen2Cor):

تم تطوير هذا النموذج بواسطة وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) ويعمل على مرحلتين: الأولى يتم خلالها تصنيف المرئية إلى (١١) فئة، ثم في المرحلة التالية يتم تقدير العوالق، وكمية بخار الماء لاستخدامها في عملية التصحيح للغلاف الجوي على قيم الانعكاسية بمعونة بيانات مساعدة تشمل نموذج ارتفاع رقمي، وجداول تتعلق بقيم خاصة بنظرية الانتقال الإشعاعي (Radiative Transfer) بالاعتماد على مكتبة (LibRadtran) (Emde, et al., 2016). يتم تقدير قيمة العوالق باستخدام الخوارزمية القائمة على وجود خلايا النبات الداكنة والكثيفة في المرئية (Kaufman, et al., 1997) باستخدام النطاق (B12)، ومقارنة قيم الانعكاسية منه مع القيم من النطاقين المرئيين الأحمر (B04)، والأزرق (B02). تعتمد كفاءة التقدير للعوالق بهذه الخوارزمية على احتواء المرئية على خلايا تمثل أسطح غطاء أرضي يكون سلوك الانعكاس الطيفي منها معروفا كالغطاء النباتي الكثيف الداكن، و/ أو الترب الداكنة اللون، والمسطحات المائية (Mueller-Wilm, et al., 2016). أما بخار الماء

فيتم تقديره من النطاقين (B8A)، و (B09) من خلال استخدام خوارزمية الامتصاص التفاضلي المصحح مسبقاً في الغلاف الجوي (Atmospheric Precorrected Differential Absorption) (Schläpfer, et al., 1998). وفي هذه الدراسة تم استخدام المرئية المعالجة مسبقاً، والتي يوفرها الموقع الخاص بوكالة الفضاء الأوروبية. كما يمكن عمل هذا التصحيح من خلال برنامج (SNAP) الخاص بمعالجة مجموعة مرئيات أقمار ستينل.

ب.٢) توحيد درجة الوضوح المكاني للنطاقات الطيفية:

بعد عملية التصحيح لتأثير الغلاف الجوي في الخطوة السابقة، تم توحيد الوضوح المكاني للنطاقات من خلال إعادة رسم الخلايا للنطاقات ذات الوضوح المكاني (٢٠) متراً لتصبح (١٠) أمتار (Downscaling) من خلال تقنية الجار الأقرب التي أثبتت فاعليتها وفقاً للدراسة التي قام بها زينج وآخرون (Zheng, et al., 2017). وتتم عملية توحيد الوضوح المكاني في نماذج (DOS)، و (FORCE) كخطوة تلقائية مباشرة بعد تصحيح الغلاف الجوي، حيث تحتوي هذه النماذج على الكود الخاص بهذه العملية، في حين تم عمل هذه الخطوة بشكل مستقل في المرئية غير المصححة، والمرئية المعالجة بنموذج (Sen2Cor) باستخدام برنامج (QGIS).

ب.٣) اقتصاص المرئية وفقاً لحدود الدراسة:

بعد الانتهاء من جميع المعالجات السابقة، تم اقتصاص (Subset) الجزء الخاص بمنطقة الدراسة، والمحدد جغرافياً بين خطي الطول: ٤٦° ٣٨' - ٤٩.٦٨٦° - ٤٦° ٥٠' و دائرتي العرض: ٢٤° ٣١' ٥٨.٤٩ - ٢٤° ٤٩' ١٥.٩٨١° من المرئية قيد الدراسة، والموضح سابقاً بالشكل (١).

ج. عملية التصنيف:

ج.١) بيان التصنيف وتطوير عينات التدريب:

تم في هذه الخطوة ابتداءً تحديد فئات الغطاء الأرضي المستهدفة في عملية التصنيف من خلال المعرفة المسبقة بمنطقة الدراسة، وقد تم تحديد أربع فئات وتوصيفها كما هو موضح في الجدول رقم (٣).

جدول رقم (٣): بيان التصنيف لفئات الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة وتوصيفها.

ش) اسم الفئة	ص) التوصيف
ض) الأراضي الجرداء	ط) صخور، رمال، أراضي بيضاء
ظ) الغطاء الحضري	ع) طرق، مباني، المناطق الصناعية
غ) النبات	ف) نباتات وأشجار الحدائق العامة والأودية
ق) المياه	ك) مياه طبيعية، مياه اصطناعية

المصدر: من إعداد الباحثين.

نتيجة لما تمثله العينات من أهمية في عملية التصنيف، فقد تمت عملية انتقاء عينات التدريب والاختبار بالعديد من الخطوات المنطقية على النحو الآتي:

١) إنشاء مركبات الألوان الطبيعية والزائفة، بالإضافة إلى حساب المؤشرات الطيفية كمؤشر الاخضرار المعياري للنبات ((NDVI Normalized Difference Vegetation Index) ومؤشر المسطحات المائية المعياري ((NDWI Normalized Difference Water Index)، ومؤشر المناطق المبنية المعياري ((Normalized Difference Built-up Index (NDBI).

٢) لكل فئة من الفئات الأربع المستهدفة في عملية التصنيف، تم مطابقة المركبات،

والمؤشرات الطيفية للمرئية مع خرائط قوقل ذات الوضوح المكاني العالي، بالإضافة إلى خرائط الشارع المفتوحة المصدر (OpenStreetMap) واختيار عينات طبقية لكل فئة من خلال التفسير البصري للمرئية.

(٣) من العينات السابقة، تم إجراء تصنيف ثنائي للمرئية لكل فئة على حدة، واستخراج نتائج التصنيف لكل فئة كنقاط تمثل مركز الخلية والفئة الناتجة عن التصنيف.

(٤) استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إيجاد النقاط المشتركة الناتجة عن التصنيف الثنائي، والتي تعد منطقياً نقاط تصنيف خاطئة مشتركة بين الفئات يتم حذفها.

(٥) من هذه الخطوات في التصنيف الأولي، تم أخذ تصور عن النسبة التقريبية التي تمثلها كل فئة في منطقة الدراسة من عدد الخلايا في منطقة الدراسة، حيث تبين أن الفئة الحضرية كانت الأكثر في المنطقة بأكثر من أربعة مليون خلية، ثم فئة الأراضي الجرداء بعدد يقترب من (٩٠٠) ألف خلية، وفئة الغطاء النباتي أكثر من (٣٠٠) ألف خلية، ثم المسطحات المائية يقترب من (٥٠) ألف خلية.

(٦) من العينات المصنفة السابقة، تم اختيار ٥٪ كعينة طبقية عشوائية، وإعادة الخطوات ٢-٤، واختيار عينة عشوائية طبقية تمثل الأربع الفئات في منطقة الدراسة تمثيلاً عادلاً يضمن سلامة النتائج.

بهذه الخطوات تم تطوير عناصر العينة وعددها (٩٠١٥) خلية عشوائية طبقية للمرئية قيد الدراسة، ومن ثم تم تقسيمها بطريقة عشوائية طبقية إلى ٧٠٪ لتمثل عدد خلايا التدريب لنموذج التصنيف، و ٣٠٪ لتمثل عدد خلايا اختبار صحة التصنيف كما هو موضح في الجدول رقم (٤).

جدول رقم (٤): عدد ونسب خلايا التدريب والاختبار المستخدمة في التصنيف.

اسم الفئة	عدد (خلايا) و(نسبة عناصر العينة)		النسبة (%)
	عينة التدريب (٧٠٪)	عينة الاختبار (٣٠٪)	
الأراضي الجرداء	١٦٨٠	٧٢٠	٢٦.٦٢
الغطاء الحضري	٢٦٩٨	١١٥٧	٤٢.٧٦
النبات	١٢٦٠	٥٤٠	١٩.٩٧
المياه	٦٧٢	٢٨٨	١٠.٦٥
المجموع (خلية)	٦٣١٠	٢٧٠٥	١٠٠

المصدر: من إعداد الباحثين.

ج.٢) تصنيف المرئية وتقييم صحة التصنيف:

في هذه الخطوة تم تصنيف المرئية باستخدام خوارزمية الغابة العشوائية؛ كونها الأقل عددًا والأسهل ضبطًا فيما يتعلق بالمعلومات الداخلية للمصنف (Pal, 2005). تم استخدام القيمة (٥٠٠) لمعامل عدد تفرع القرار (ntree) أثناء تدريب الخوارزمية وفقا لما أوصت به عدد من الدراسات (Richardson, 2015; Nitze, et al., 2015 Millard and)، والتي أفادت بعدم وجود قيمة مضافة بعد هذا الرقم من عدد أشجار القرار. أما المعامل الأهم الثاني والمتمثل بعدد المتغيرات المرشحة مع كل عملية تقسيم (mtry) فقد تم تعيين قيمة الجذر التربيعي لمجموع النطاقات المستخدمة بالتصنيف كما هو شائع في عدد من الدراسات (Pal, 2005; Gislason, et al., 2006).

وتم استخدام الخلية كوحدة تصنيف في هذه العملية، وتدريب نموذج التصنيف بنسبة ٧٠٪ من عينات التدريب واستخدمت طريقة الضبط المحكم لعشرة أجزاء من بيانات التدريب (10-fold Cross-validation) في تقييم النموذج أثناء مرحلة تدريب النموذج. كما تم استخدام ٣٠٪ من العينات لاختبار صحة التصنيف للنموذج، وقد تم تقييم نتائج اختبار صحة التصنيف ككل من خلال مؤشر الصحة الكلية (Overall accuracy)، وتم استخدام مؤشر ف-١ لتقييم نتائج اختبار صحة التصنيف على مستوى

الفئة الواحدة. ويتم حساب كلا المؤشرين من مصفوفة خطأ التصنيف (Congalton, 1991) كما توضحها المعادلات (١)، (٢) على التوالي:

$$(١) \quad \left(\frac{\text{عدد العينات الصحيحة لمصنفة}}{\text{العدد الكلي لعينات التصنيف}} \right) = \text{مؤشر الصحة الكلية}$$

$$(٢) \quad \left(\frac{\text{صحة المنتج} * \text{صحة المستخدم}}{\text{صحة المنتج} + \text{صحة المستخدم}} \right) ٢ = ١ - \text{مؤشر ف}$$

حيث إن:

صحة المنتج: وتمثل الخلايا الفعلية التابعة لفئة معينة على الواقع، وفشل النموذج في تصنيفها، وتُحسب رياضياً كنسبة مئوية لحاصل قسمة عدد العينات المرجعية التي تم تصنيفها بشكل صحيح لفئة ما على مجموع العينات المرجعية للفئة نفسها.

صحة المستخدم: تشير إلى عدد المرات التي تكون فيها الفئة المصنفة على الخريطة ممثلة بالفعل على الواقع، وتُحسب رياضياً كنسبة مئوية لحاصل قسمة عدد العينات المرجعية التي صُنفت بشكل صحيح لفئة ما على مجموع كل من عدد العينات المرجعية التي صُنفت بشكل صحيح للفئة نفسها، وعدد العينات الفعلية السالبة التي صُنفت إيجابياً للفئة نفسها.

ويتم حساب صحة المنتج، والمستخدم كما هو موضح في المعادلات (٣)، (٤).

$$(٣) \quad \frac{TP}{TP+FN} = \text{صحة المنتج}$$

$$(٤) \quad \frac{TP}{TP+FP} = \text{صحة المستخدم}$$

حيث إن:

TP: عدد العينات التي قيمها الفعلية إيجابية، وصُنفت بأنها إيجابية من خلال النموذج.

TN: عدد العينات التي قيمها الفعلية سلبية، وصُنفت بأنها سلبية من خلال النموذج.

FP: عدد العينات التي قيمها الفعلية سلبية، وصُنفت بأنها إيجابية من خلال النموذج.

FN: عدد العينات التي قيمها الفعلية إيجابية، وصنفت بأنها سلبية من خلال النموذج. تم تكرار عملية التصنيف والتقييم لحساب مؤشرات الصحة عشر مرات بشكل مماثل لما تم تطبيقه في دراسة أخرى (Valdivieso-Ros, et al., 2021)، ومن ثم احتساب متوسط القيمة لهذه المرات في عملية اختبار النماذج. وللتحقق فيما إذا كانت هناك فروق ذات دلالة إحصائية في صحة التصنيف الناتجة عن النماذج المختلفة للتصحيح، تم إجراء تحليل التباين أحادي الاتجاه (One-way ANOVA) بعد التحقق من التوزيع الطبيعي (الاعتدالي) لقيم مؤشرات الصحة الناتجة باستخدام اختبار كولموجوروف-سميرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، بالإضافة إلى التحقق من التجانس بين القيم الناتجة من خلال اختبار ليفين. تم تنفيذ هذا التحليل الإحصائي من خلال برنامج جاسب (Jeffreys's (JASP) Amazing Statistics Program (Love, et al., 2019) المفتوح المصدر.

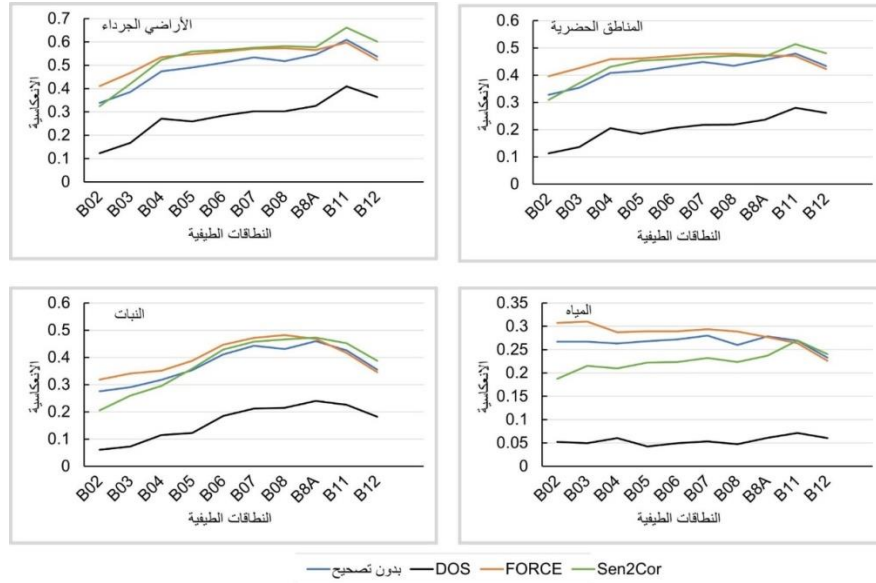
ولمعرفة الأفضلية من حيث أداء نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة التصنيف، تم ترتيب النتائج بحيث أعطي الرقم (١) للقيمة الأعلى لمؤشر الصحة، والرقم (٤) للقيمة الأقل منها. ومن خلال عملية الجمع لهذه القيم لكل نماذج التصحيح إلى جانب المرئية غير المصححة، تمت المقاضلة بين النماذج حيث يأخذ النموذج الأكثر كفاءة المجموع الأقل، والعكس صحيح.

سادسا: النتائج:

١ - التحليل الطيفي للانعكاسية:

يمثل الشكل (٢) البصمة الطيفية للغطاءات الأرضية الناتجة عن نماذج التصحيح الثلاثة للمرئية إلى جانب البصمة الطيفية الناتجة عن المرئية غير المصححة. تمثل البصمة الطيفية متوسط قيم الانعكاسية لجميع خلايا التدريب والتحقق داخل كل فئة عند النطاقات الطيفية المختلفة للمرئية المستخدمة.

شكل رقم (٢): البصمة الطيفية للغطاءات الأرضية الناتجة عن المرئية المصححة بالنماذج المختلفة، والمرئية غير المصححة.



المصدر: من إعداد الباحثين.

يلاحظ من مقارنة متوسط الانعكاسية الناتجة عن معالجة المرئية بنموذج (DOS) أنها كانت الأقل قيمة لجميع الفئات بالنسبة للقيم الناتجة من المرئية التي لم يتم تصحيحها. وفي نموذج (FORCE) يتضح أن متوسط الانعكاسية لجميع الفئات كانت أعلى قيمة بمثيلاتها في المرئية غير المصححة في جميع النطاقات الطيفية باستثناء نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة (B11، و B12).

أما في نموذج (Sen2Cor)، فيتبين أن قيم الانعكاسية الناتجة أبدت تباينا كبيرا حيث كانت أعلى من مثيلاتها في المرئية غير المصححة عند نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة (B11، و B12)، وأقل قيمة عند النطاق الأشعة الزرقاء المرئية (B02) في جميع الفئات. أما بقية النطاقات فقد كان متوسط الانعكاسية أقل قيمة من مثيلاتها في المرئية غير المصححة في فئة المياه، وأعلى من مثيلاتها في فئتي الأراضي الجرداء، والمناطق

الحضرية. هذه النطاقات أبدت سلوكا طيفيا مشابها في فئة النبات باستثناء نطاقي الأشعة الخضراء المرئية (B03)، والأشعة الحمراء المرئية (B04) والذين أظهرتا متوسط قيم انعكاسية أقل من مثيلاتها في المرئية غير المصححة.

٢. تأثير نماذج تصحيح الغلاف الجوي على صحة التصنيف:

يوضح الجدول (٥) متوسط مؤشر الصحة الكلية الناتجة من تصنيف المرئية التي صُححت بنماذج تصحيح الغلاف الجوي، وتلك التي لم تُصحح أيضا. يتضح من خلال قيم متوسط الصحة الكلية أن المرئية التي تم تصحيحها بنموذج (DOS) قد حققت أفضل النتائج، وحققت المرئية التي لم يتم تصحيحها الترتيب الثاني، ثم تلاها نموذج (Sen2Cor)، ونموذج (FORCE) القائمان على فيزيائية الأهداف على التوالي.

جدول رقم (٥): متوسط صحة التصنيف الكلية، وترتيبها للمرئية غير المصححة، والمصححة بنماذج التصحيح.

المرئية المصححة بالنماذج، والمرئية غير المصححة	متوسط الصحة الكلية للتصنيف (%)	الترتيب
DOS	٩٨.٧٦٧	١
FORCE	٩٧.٦١٢	٤
بدون تصحيح	٩٨.٧٥٦	٢
Sen2Cor	٩٨.١٩٠	٣

المصدر: من إعداد الباحثين.

وبالنظر إلى قيم الاحتمالية (p-value) الخاصة بالمقارنة البعدية لمتوسط قيم الصحة الكلية الناتجة من تصحيح المرئية بالنماذج المختلفة كما هو موضح في الجدول (٦)، لوحظ عدم وجود فوارق ذات دلالة إحصائية بين القيمة الناتجة من نموذج (DOS)، والقيمة الناتجة عن المرئية غير المصححة (قيم الاحتمالية أكبر من ٠.٠٥). وعلى العكس من ذلك، فإن بقية قيم الاحتمالية لمتوسط الصحة الكلية الناتجة عن تصحيح المرئية

بنموذجي (Sen2Cor)، و (FORCE) كانت ذات دلالة إحصائية بالمقارنة مع القيم الناتجة عن المرئية غير المصححة.

جدول رقم (٦): المقارنة البعدية لمتوسط قيم مؤشر الصحة الكلية للمرئية غير المصححة، والمصححة بنماذج التصحيح عند فترة ثقة ٩٥٪.

المرئية غير المصححة	المرئية المصححة بالنماذج	قيمة الاحتمالية
بدون تصحيح	DOS	٠.٩٤٠
	FORCE	*٠.٠٠٠
	Sen2Cor	*٠.٠٠٠

المصدر: من إعداد الباحثين. *دالة إحصائية

يوضح الجدول (٧) متوسط مؤشر الصحة ف-١ لفئات الغطاء الأرضي الأربعة، والناتجة عن تصنيف المرئية قبل وبعد تصحيحها بنماذج تصحيح الغلاف الجوي، بالإضافة إلى مجموع الترتيب لأداء النماذج على مستوى جميع الفئات. في فئة الأراضي الجرداء، يلاحظ تباين قيم مؤشر الصحة للمرئية حيث حققت المرئية التي لم يتم تصحيحها القيم الأعلى تلتها المرئية المصححة بنموذج (DOS)، ثم نموذج (Sen2Cor) ونموذج (FORCE) في الترتيب الثالث والرابع على التوالي.

جدول رقم (٧): متوسط مؤشر صحة التصنيف ف-١ لفئات الغطاء الأرضي للمرئية غير المصححة، والمصححة بنماذج التصحيح.

المرئية المصححة بالنماذج، والمرئية غير المصححة	فئة الأراضي الجرداء	فئة المناطق الحضرية	فئة النبات	فئة المياه	مجموع الترتيب
DOS	٩٩.٢٠١	٩٨.٥٨٧	٩٩.٣٦٨	٩٧.٤٦٩	٦
FORCE	٩٧.٧٩٠	٩٧.٢٥٣	٩٨.٢٩٤	٩٧.٣٢٥	١٤
بدون تصحيح	٩٩.٢٣٠	٩٨.٥٦٦	٩٩.٤١٣	٩٧.٢٠١	٨
Sen2Cor	٩٨.٧٩٣	٩٧.٨٩٣	٩٨.٥٠٧	٩٧.٢٧١	١٢

المصدر: من إعداد الباحثين.

يلاحظ من مقارنة متوسط الانعكاسية الناتجة عن معالجة المرئية بنموذج (DOS) أنها كانت الأقل قيمة لجميع الفئات بالنسبة للقيم الناتجة من المرئية التي لم يتم تصحيحها. وفي نموذج (FORCE) يتضح أن متوسط الانعكاسية لجميع الفئات كانت أعلى قيمة بمثلثاتها في المرئية غير المصححة في جميع النطاقات الطيفية باستثناء نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة (B11، وB12).

أما في فئة الغطاء النباتي، فقد كانت النتائج مشابهة لفئة الأراضي الجرداء حيث حققت المرئية التي لم يتم تصحيحها القيم الأعلى، تلتها المرئية المصححة بنموذج (DOS)، ثم نموذج (Sen2Cor) ونموذج (FORCE) في الترتيب الثالث والرابع.

أما في فئة المياه، فيلاحظ استمرار تحقيق المرئية المصححة بنموذج (DOS) أعلى قيمة، ثم ونموذج (FORCE) في الترتيب الثاني، ثم نموذج (Sen2Cor) في الترتيب الثالث، في حين حققت المرئية التي لم يتم تصحيحها القيم الأقل.

وعلى مستوى الترتيب التجميعي لهذه الفئات، فيلاحظ تحقيق المرئية المصححة بنموذج (DOS) الترتيب الأول، تلتها المرئية غير المصححة، ثم نموذج (Sen2Cor)، ونموذج (FORCE) في الترتيب الثالث والرابع.

يوضح الجدول (٨) قيم الاحتمالية للمقارنة البعدية لمتوسط قيم مؤشر ف-١ للمرئية قبل وبعد التصحيح بنماذج التصحيح لجميع الفئات عند فترة ثقة ٩٥٪.

جدول رقم (٨): المقارنة البعدية لمتوسط قيم مؤشر صحة التصنيف ف-١ لفئات الغطاء الأرضي للمرئية غير المصححة، والمصححة بنماذج التصحيح عند فترة ثقة ٩٥٪.

المرئية غير المصححة	المرئية المصححة بالنماذج	فئة الأراضي الجرداء	فئة المناطق الحضرية	فئة النبات	فئة المياه
بدون تصحيح	DOS	١.٠٠٠	١.٠٠	٠.٩٩٨	١.٠٠٠
	FORCE	*٠.٠٠١	*٠.٠٠١	٠.٤٦٢	٠.٣٢٧
	Sen2Cor	*٠.٠٠١	*٠.٠٠١	*٠.٠٠١	٠.٨٨٨

*دالة إحصائية

المصدر: من إعداد الباحثين.

تشير جميع قيم الاحتمالية لكل فئات الغطاء الأرضي بأنه لا يوجد فروقات ذات دلالة إحصائية لمتوسط القيم لصحة هذه الفئات قبل تصحيحها، وبعد تصحيحها بنموذج (DOS) (قيم الاحتمالية أكبر من ٠.٠٥).

وبالنسبة لقيم الاحتمالية قبل تصحيح المرئية، وبعد تصحيحها بنموذج (FORCE)، يلاحظ وجود فروقات ذات دلالة إحصائية لفئتي الأراضي الجرداء والمناطق الحضرية (قيم الاحتمالية أقل من ٠.٠٥)، في حين لم يكن هناك فروقات ذات دلالة إحصائية لفئتي النبات والمياه (قيم الاحتمالية أكبر من ٠.٠٥). وفيما يخص المرئية المصححة بنموذج (Sen2Cor)، يلاحظ أن هناك فروق ذات دلالة إحصائية (قيم الاحتمالية أقل من ٠.٠٥) بين قيم الصحة قبل التصحيح، وبعد عملية التصحيح لجميع الفئات باستثناء فئة المياه (قيم الاحتمالية أكبر من ٠.٠٥).

سابعاً: المناقشة والاستنتاج

أظهرت نتائج تحليل قيم الانعكاس الطيفي الناتجة عن المرئية المصححة بنموذج (DOS) بأنها الأقل مقارنة بالقيم غير المصححة عند جميع النطاقات الطيفية. هذه القيم المنخفضة شائعة جداً في نماذج التصحيح القائمة على فيزيائية الأهداف القائمة في المرئية حيث تكون هذه القيم ناتجة عن عملية الطرح لقيم الخلايا الداكنة من بيانات المرئية غير المصححة (Mandanici, et al., 2015). أظهرت قيم الانعكاسية الناتجة عن النماذج القائمة على نمذجة السلوك الفيزيائي لمعظم فئات الغطاء الأرضي أرقاماً مرتفعة نسبياً عن مثيلاتها من القيم الناتجة عن المرئية غير المصححة عند معظم النطاقات الطيفية، وهذه النتائج متوافقة مع نتائج دراسة أخرى (Rumora, et al., 2020) حيث حقق فيها نموذج التصحيح (STDSREF) قيماً أعلى في الانعكاسية لعدد من فئات الغطاء الأرضي عند سبع نطاقات طيفية من مرئيات القمر ستنيل-٢. ومن المحتمل أن هذا الارتفاع في قيم الانعكاسية يمكن تفسيره بمدى كفاءة نماذج التصحيح المستخدمة في تقدير قيم المدخلات المستخدمة لحساب قيم الانعكاسية الناتجة، والتي تختلف من نطاق طيفي

إلى آخر، ومن أسطح الغطاءات الأرضية المختلفة بخصائصها كما توصلت إليه نتائج الدراسة قام بها مارتين (Martins, et al., 2017).

تصدرت مؤشرات الصحة الكلية للتصنيف، والصحة على مستوى الفئات المصنفة الناتجة عن المرئية غير المصححة، والمرئية المصححة بنموذج (DOS) على باقي النماذج، وهذه النتائج اختلفت عن نتائج الدراسة الأخرى (Valdivieso-Ros, et al., 2021) والتي تفوقت فيها مؤشرات الصحة للنماذج القائمة على نمذجة السلوك الفيزيائي للإشعاع أثناء مروره في الغلاف الجوي على النماذج المعتمدة على المعلومات في المرئية نفسها استناداً إلى فيزيائية الأهداف القائمة. يمكن تفسير هذا التباين في النتائج إلى تغير الخصائص المناخية لمنطقة الدراسة والتي تؤثر على القيم المقدرة للعوامل الجوية المستخدمة كمدخلات لهذه النماذج والتي انعكست على قيم الانعكاسية العالية نسبياً الناتجة عن هذه النماذج. وفي هذا الصدد، أفادت دراسة (Doxani, et al., 2018) أن المناطق ذات المناخ الجاف تمثل تحدياً لعمل وكفاءة هذه النماذج بسبب غياب الغطاء النباتي الكثيف من ناحية، وعدم كفاءتها في تقدير قيم العوالق كأحد المدخلات لهذه النماذج أثناء تقدير قيم الانعكاسية من على أسطح الغطاءات الأرضية المختلفة من ناحية أخرى، والذي أكدته أيضاً نتائج دراسة أخرى مماثلة (Hagolle, et al., 2015) أجريت في مناطق ذات مناخ جاف. وهذه الأسباب بدورها انعكست على مؤشرات صحة التصنيف، وتباينها بين النماذج بما يؤكد تأثير عملية التصحيح على قيم الانعكاسات الطيفية عند كل نطاق طيفي، والذي يلقي بظلاله على صحة التصنيف الناتجة.

يشير عدم وجود فروقات ذات دلالة إحصائية بين متوسط قيم مؤشر الصحة الكلية للتصنيف، ومؤشر الصحة ف-١ لجميع فئات الغطاء الأرضي بين المرئية غير المصححة، والمرئية المصححة بطريقة (DOS) إلى عدم فاعلية التصحيح في تحسين نتائج الصحة للتصنيف في المنطقة قيد الدراسة. غياب هذه الدلالة الإحصائية يعزو إلى العملية الرياضية التي تعتمد عليها طريقة التصحيح (DOS) في حساب قيم الانعكاسية من المرئية غير المصححة والمشار إليها سابقاً في نموذج طرح الأهداف القائمة. وعلى الرغم من وجود

فروقات ذات دلالة إحصائية لمعظم مؤشرات الصحة لفئات الغطاء الأرضي الناتجة عن تصحيح المرئية بنموذجي (FORCE)، و (Sen2Cor) مقارنة بالمرئية غير المصححة؛ إلا أن هذه الفروقات كانت لصالح متوسط الصحة لهذه الفئات الناتجة عن تصنيف المرئية غير المصححة، وهو ما يؤكد عدم فاعلية هذه النماذج أيضا في تحسين صحة التصنيف. يمكن عزو غياب الفاعلية لنماذج تصحيح الغلاف الجوي في تحسين صحة التصنيف للغطاء الأرضي في المناطق الجافة لغياب كثافة الغطاء النباتي الأمر الذي يؤثر على أداء هذه النماذج في تقدير قيم الانعكاسية كما جاء في دراسة المقارنة البينية لهذه النماذج (Doxani, et al., 2018) برعاية وكالة الفضاء الأمريكية والأوروبية.

ثامناً: الخاتمة:

تناولت هذه الدراسة تأثير ثلاثة نماذج لتصحيح الغلاف الجوي: (DOS)، و (Sen2Cor)، و (FORCE) على صحة تصنيف الغطاء الأرضي لمرئية سنتينل-٢ في منطقة حضرية جافة ومقارنة نتائج التصنيف مع النتائج من المرئية التي لم تخضع لعملية التصحيح. حقق نموذج (DOS)، كنموذج تصحيح معتمد على المعلومات في المرئية نفسها استناداً إلى فيزيائية الأهداف القائمة أفضل أداء على مستوى مؤشر الصحة الكلية، ومؤشر الصحة على مستوى كل فئة، في حين كانت مؤشرات الصحة الناتجة عن النماذج القائمة على نمذجة السلوك الفيزيائي للإشعاع الأقل أداءً في منطقة الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، لم تظهر نتائج تحليل التباين الأحادي أية فروقات ذات دلالة إحصائية في مقاييس الصحة الناتجة من نموذج التصحيح (DOS)، وبين مؤشرات الصحة الناتجة من المرئية غير المصححة، وهو الأمر الذي يثير تساؤلاً عن جدوى عملية التصحيح للغلاف الجوي كمعالجة مسبقة لمرئيات القمر سنتينل-٢ في المناطق الجافة الحضرية، وانعكاس مساهمتها في تحسين تصنيف الغطاء الأرضي. وعليه؛ فإن الدراسة توصي بعمل دراسة تأخذ في الاعتبار مرئيات متعددة التواريخ، وفي ظروف جوية أكثر تنوعاً بما يفضي إلى فهم أوسع لتأثير نماذج التصحيح على صحة التصنيف في مثل هذه البيئات الجافة.

المراجع

- Abdelkarim, A., Alogayell, H. M., Alkadi, I. I., & Youssef, I. (2022), "Spatial–Temporal Prediction Model for Land Cover of The Rural–Urban Continuum Axis Between Ar-Riyadh and Al-Kharj Cities in KSA in The Year of 2030 Using The Integration of CA–Markov Model, GIS-MCA, and AHP", **Applied Geomatics**, Vol. (14), No. (3), pp.501-525.
- Alghamdi, A., & Cummings, A. R. (2019), "Assessing Riyadh's Urban Change Utilizing High-Resolution Imagery", **Land**, Vol. (8), No.(12), pp.193-214.
- Alghamdi, A. S., Alzhrani, A. I., & Alanazi, H. H. (2021). Local climate zones and thermal characteristics in Riyadh City, Saudi Arabia. *Remote Sensing*, Vol. (13), No.(22), pp. 4526-4544.
- Alqurashi, A. F., & Kumar, L. (2019), "An Assessment of The Impact of Urbanization and Land Use Changes in The Fast-Growing Cities of Saudi Arabia", **Geocarto International**, Vol. (34),No.(1), pp.78-97.
- Alqurashi, A. F., Kumar, L., & Sinha, P. (2016), "Urban Land Cover Change Modelling Using Time-Series Satellite Images: A Case Study of Urban Growth in Five Cities of Saudi Arabia", **Remote Sensing**, Vol. (8), No.(10), pp.838-862.
- Altuwaijri, H. A., Alotaibi, M. H., Almudlaj, A. M., & Almalki, F. M. (2019), "Predicting Urban Growth of Arriyadh City, Capital of The Kingdom of Saudi Arabia, Using Markov Cellular Automata in Terrset Geospatial System", **Arabian Journal of Geosciences**, Vol.(12), No.(4), pp.135-150. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4261-z>.
- Andrew, M. E., Wulder, M. A., & Nelson, T. A. (2014), "Potential Contributions of Remote Sensing to Ecosystem Service Assessments", **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, Vol. 38, No.(3), pp.328–353. <https://doi.org/10.1177/0309133314528942>.
- Bhatia, N., Tolpekin, V. A., Reusen, I., Sterckx, S., Biesemans, J., & Stein, A. (2015), "Sensitivity of Reflectance to Water Vapor and Aerosol Optical Thickness", **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, Vol. (8), No.(6), pp.3199–3208.
- Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011), Introduction to Remote Sensing, Fifth Edition, Guilford Press.
- Chavez Jr, P. S. (1988), "An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data", **Remote sensing of environment**, Vol. (24), No.(3), pp.459-479.

- Chavez Jr, P. S. (1989), "Radiometric Calibration of Landsat Thematic Mapper Multispectral Images", **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Vol. (55), No.(9), pp.1285-1294.
- Chirachawala, C., Shrestha, S., Babel, M. S., Viridis, S. G. P., & Wichakul, S. (2020), "Evaluation of Global Land Use/Land Cover Products for Hydrologic Simulation in The Upper Yom River Basin, Thailand", **Science of The Total Environment**, No. (708), pp.135-148.
- Chrysoulakis, N., Abrams, M., Feidas, H., & Arai, K. (2010), "Comparison of Atmospheric Correction Methods Using ASTER Data for The Area of Crete, Greece", **International Journal of Remote Sensing**, Vol. (31), No.(24), pp.6347–6385.
- Congalton, R. G. (1991), "A Review of Assessing The Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data", **Remote Sensing of Environment**, Vol. (37), No.(1), pp.35–46.
- Di Gregorio, A. (2005), "Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual: LCCS", Vol. 2, **Food & Agriculture Org**.
- Doxani, G., Vermote, E., Roger, J.-C., Gascon, F., Adriaensen, S., Frantz, D., Hagolle, O., Hollstein, A., Kirches, G., Li, F., Louis, J., Mangin, A., Pahlevan, N., Pflug, B., & Vanhellemont, Q. (2018), "Atmospheric Correction Inter-Comparison Exercise", **Remote Sensing**, Vol. (10), No.(2), pp.352-370. <https://doi.org/10.3390/rs10020352>.
- Doxani, G., Vermote, E. F., Roger, J.-C., Skakun, S., Gascon, F., Collison, A., De Keukelaere, L., Desjardins, C., Frantz, D., & Hagolle, O. (2023), "Atmospheric Correction Inter-Comparison Exercise, ACIX-II Land: An Assessment of Atmospheric Correction Processors for Landsat 8 and Sentinel-2 Over Land", **Remote Sensing of Environment**, No.(285), pp.1134-1152.
- Emde, C., Buras-Schnell, R., Kylling, A., Mayer, B., Gasteiger, J., Hamann, U., ... & Bugliaro, L. (2016), "The Libradtran Software Package for Radiative Transfer Calculations" (version 2.0. 1), **Geoscientific Model Development**, Vol. (9), No.(5), pp.1647-1672.
- Frantz, D. (2019), "FORCE—Landsat+ Sentinel-2 Analysis Ready Data and Beyond", **Remote Sensing**, Vol. (11), No.(9), pp.11-24.
- Frantz, D., Röder, A., Stellmes, M., & Hill, J. (2016). "An operational radiometric landsat preprocessing framework for large-area time series applications". **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, Vol. (54), No. (7), pp.3928-3943.
- Ge, J., Qi, J., Lofgren, B. M., Moore, N., Torbick, N., & Olson, J. M. (2007), "Impacts of Land Use/Cover Classification Accuracy On Regional Climate

Simulations", **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, Vol.112, No.(D5),pp.2-12.

- Gislason, P. O., Benediktsson, J. A., & Sveinsson, J. R. (2006), "Random Forests for Land Cover Classification", **Pattern recognition letters**, Vol. (27), No.(4), pp.294-300.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017), "Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone", **Remote Sensing of Environment**, 202, pp.18–27.
- Jamali, N. A., & Rahman, M. T. (2016), "Utilization of Remote Sensing and GIS to Examine Urban Growth in The City of Riyadh, Saudi Arabia", **Journal of Advances in Information Technology**, Vol. (7), No.(4), pp.297-301.
- Kaufman, Y. J., Wald, A. E., Remer, L. A., Gao, B. C., Li, R. R., & Flynn, L. (1997), "The MODIS 2.1- μ m Channel-Correlation With Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol", **IEEE transactions on Geoscience and Remote Sensing**, Vol. (35), No.(5), pp.1286-1298.
- Köppen, W. (1936), "Das Geographische System der Klimate", In: Köppen W, Geiger G (ed) *Handbuch der Klimatologie*. C. Gebr, Borntraeger.
- Kuhn, C., de Matos Valerio, A., Ward, N. D., Loken, L. C., Sawakuchi, H. O., Kampel, M., ... & Butman, D. E. (2018), "Assessment of Atmospheric Correction Methods for Landsat-8 and Sentinel-2 Over Large Rivers", in **AGU Fall Meeting Abstracts**, pp. U12B-08.
- Li, S., Song, K., Li, Y., Liu, G., Wen, Z., Shang, Y., Lyu, L., & Fang, C. (2023), "Performances of Atmospheric Correction Processors for Sentinel-2 MSI Imagery Over Typical Lakes Across China", **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, 16, pp.2065–2078.
- Lin, M., & Chen, C. (2010), "Application of Fuzzy Models for The Monitoring of Ecologically Sensitive Ecosystems in A Dynamic Semi-Arid Landscape From Satellite Imagery", **Engineering Computations**, Vol. (27), No.(1), pp.5–19. <https://doi.org/10.1108/02644401011008504>.
- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q. F., Šmíra, M., & Epskamp, S. (2019), "JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs", **Journal of Statistical Software**, 88, pp.1–17.
- Main-Knorn, M., Pflug, B., Louis, J., Debaecker, V., Müller-Wilm, U., & Gascon, F. (2017), "Sen2Cor for Sentinel-2", 10427, pp.37–48.
- Mandanici, E., Franci, F., Bitelli, G., Agapiou, A., Alexakis, D., & Hadjimitsis, D. G. (2015), "Comparison Between Empirical and Physically Based Models of Atmospheric Correction", **"Third International Conference on Remote Sensing**

and Geoinformation of The Environment" (RSCy2015), 9535, pp.110–119.
<https://doi.org/10.1117/12.2193176>.

- Martins, V. S., Barbosa, C. C. F., De Carvalho, L. A. S., Jorge, D. S. F., Lobo, F. D. L., & Novo, E. M. L. de M. (2017), "Assessment of Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 MSI Images Applied to Amazon Floodplain Lakes", **Remote Sensing**, Vol. (9), No.(4), pp.322-345.
- Millard, Koreen, and Murray Richardson (2015), "On The Importance of Training Data Sample Selection in Random Forest Image Classification: A Case Study in Peatland Ecosystem Mapping", **Remote sensing** 7.7, pp.8489-8515.
- Muchsin, F., Pradono, K. A., Prasasti, I., Dianovita, D., Ulfa, K., Veronica, K. W., & Ibrahim, A. (2023), "Effect of Atmospheric Correction Algorithm on Landsat-8 and Sentinel-2 Classification Accuracy in Paddy Field Area", **International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)**, Vol. (20), No.(1), pp.57-65.
- Mueller-Wilm, U., Devignot, O., & Pessiot, L. (2016), "Sen2Cor Configuration and User Manual", version 2.11.00. Telespazio VEGA Deutschland GmbH: Darmstadt, Germany.
- Nitze, Ingmar, Brian Barrett, and Fiona Cawkwell, "Temporal Optimisation of Image Acquisition for Land Cover Classification With Random Forest and MODIS Time-Series", **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 34, pp.136-146.
- Pahlevan, N., Mangin, A., Balasubramanian, S. V., Smith, B., Alikas, K., Arai, K., Barbosa, C., Bélanger, S., Binding, C., & Bresciani, M. (2021), "ACIX-Aqua: A Global Assessment of Atmospheric Correction Methods for Landsat-8 and Sentinel-2 Over Lakes, Rivers, and Coastal Waters", **Remote Sensing of Environment**, 258, pp.112366-112388.
- Pal, M. (2005), "Random Forest Classifier for Remote Sensing Classification", **International Journal of Remote Sensing**, Vol. (26), No.(1), pp.217–222.
- Roberts, D., Conel, J., & Green, R. (1993), "Estimation of Aerosol Optical Depth, Pressure Elevation, Water Vapor And Calculation of Apparent Surface Reflectance From Radiance Measured By The Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Using A Radiative Transfer Code", **Proc. SPIE 1937, Imaging Spectrometry of the Terrestrial Environment**, Vol. (1937), pp.2-11.
- Royer, A., Charbonneau, L., & Teillet, P. M. (1988), "Interannual Landsat-MSS Reflectance Variation in An Urbanized Temperate Zone", **Remote Sensing of Environment**, Vol. (24), No.(3), pp.423–446.

- Rumora, L., Miler, M., & Medak, D. (2020), "Impact of Various Atmospheric Corrections on Sentinel-2 Land Cover Classification Accuracy Using Machine Learning Classifiers", **ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION**, Vol. (9), No.(4), pp.277-300.
- Sertel, E., Robock, A., & Ormeci, C. (2010), "Impacts of Land Cover Data Quality on Regional Climate Simulations", **International Journal of Climatology**, Vol. (30), No.(13), pp.1942–1953. <https://doi.org/10.1002/joc.2036>.
- Shakir Khan, M., Suhail, M., & Alharbi, T. (2018), "Evaluation of Urban Growth and Land Use Transformation in Riyadh Using Landsat Satellite Data", **Arabian Journal of Geosciences**, Vol. (11), No.(18), pp.540-553. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3896-5>.
- Sheykhmousa, M., Kerle, N., Kuffer, M., & Ghaffarian, S. (2019), "Post-Disaster Recovery Assessment With Machine Learning-Derived Land Cover and Land Use Information", **Remote Sensing**, Vol. (11), No.(10), pp.1174-1194. <https://doi.org/10.3390/rs11101174>.
- Schläpfer, D., Borel, C. C., Keller, J., & Itten, K. I. (1998), "Atmospheric Precorrected Differential Absorption Technique to Retrieve Columnar Water Vapor", **Remote Sensing of Environment**, Vol. (65), No.(3), pp.353-366.
- Sola, I., Álvarez-Mozos, J., & González-Audicana, M. (2018), "Inter-Comparison of Atmospheric Correction Methods on Sentinel-2 Images Applied to Croplands", **IGARSS IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**, pp.5940–5943.
- Sola, I., García-Martín, A., Sandonís-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audicana, M., & Montorio Llovería, R. (2018), "Assessment of Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 Images in Mediterranean Landscapes", **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 73, pp.63–76. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.020>.
- 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**, Vol. (75), No.(2), pp.230–244. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00169-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00169-3).
- Tesfaw, A. T., Pfaff, A., Golden Kroner, R. E., Qin, S., Medeiros, R., & Mascia, M. B. (2018), "Land-Use and Land-Cover Change Shape The Sustainability and Impacts of Protected Areas", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Vol. (115), No.(9), pp.2084–2089.

- Townshend, J. R., Masek, J. G., Huang, C., Vermote, E. F., Gao, F., Channan, S., Sexton, J. O., Feng, M., Narasimhan, R., Kim, D., Song, K., Song, D., Song, X.-P., Noojipady, P., Tan, B., Hansen, M. C., Li, M., & Wolfe, R. E. (2012), "Global Characterization and Monitoring of Forest Cover Using Landsat Data: Opportunities and Challenges", **International Journal of Digital Earth**, Vol. (5), No.(5), pp.373–397. <https://doi.org/10.1080/17538947.2012.713190>.
- Valdivieso-Ros, C., Alonso-Sarria, F., & Gomariz-Castillo, F. (2021), "Effect of Different Atmospheric Correction Algorithms on Sentinel-2 Imagery Classification Accuracy in A Semiarid Mediterranean Area", **Remote Sensing**, Vol. (13), No.(9), pp.1770-1793.
- Verburg, P. H., Neumann, K., & Nol, L. (2011), "Challenges in Using Land Use and Land Cover Data for Global Change Studies", **Global Change Biology**, Vol. (17), No.(2), pp.974–989. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02307.x>.
- Warren, M. A., Simis, S. G. H., Martinez-Vicente, V., Poser, K., Bresciani, M., Alikas, K., Spyarakos, E., Giardino, C., & Ansper, A. (2019), "Assessment of Atmospheric Correction Algorithms for The Sentinel-2A Multispectral Imager Over Coastal and Inland Waters", **Remote Sensing of Environment**, 225, pp.267–289. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.018>.
- Zhang, S., Wang, D., Gong, F., Xu, Y., He, X., Zhang, X., & Fu, D. (2023), "Evaluating Atmospheric Correction Methods for Sentinel-2 in Low- To-High- Turbidity Chinese Coastal Waters", **Remote Sensing**, Vol. (15), No.(9), pp.2353-2371.
- Zheng, H., Du, P., Chen, J., Xia, J., Li, E., Xu, Z., Li, X., & Yokoya, N. (2017), "Performance Evaluation of Downscaling Sentinel-2 Imagery for Land Use and Land Cover Classification By Spectral-Spatial Features", **Remote Sensing**, Vol. (9), No.(12), p.1274-1291.
- Zope, P. E., Eldho, T. I., & Jothiprakash, V. (2017), "Hydrological Impacts of Land Use–Land Cover Change and Detention Basins on Urban Flood Hazard: A Case Study of Poisar River Basin, Mumbai, India", **Natural Hazards**, Vol. (87), No.(3), pp.1267-1283.

The Effect of Atmospheric Correction Models on the Accuracy of Land Cover Classification in Arid Areas: An Applied Study on a Sentinel-2 Image of the City of Riyadh, Saudi Arabia, Using Three Models

Mohammed Saeed, Ali M. Al-Ghamdi, Ali S. Al-Ghamdi

Abstract:

This study aimed to examine the contribution of atmospheric correction (AC) to improve the accuracy of land cover (LC) classification in part of the city of Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia, as an arid urban area. For this purpose, an image from Sentinel-2 satellite in the summer of 2022 was used, and the AC was applied using three methods, namely Dark Object Subtraction (DOS), an imaged-based method, and two physically-based AC methods: Sentinel-2 Correction (Sen2Cor), and Framework for Operational Radiometric Correction for Environmental Monitoring (FORCE). Results indicated that the DOS method achieved the best performance in terms of overall accuracy (OA) and F_1 -score indices compared to the other two methods. The One-way ANOVA test showed no statistical significant differences between the average values of the OA and F_1 -score of the DOS method and those based on uncorrected image, and with statistically significant differences in favour of the uncorrected image when compared with the values of the same two indices resulted from FORCE and Sen2Cor methods. Although these results raise a question about the usefulness of performing AC to improve the accuracy of LC maps as a pre-processing of Sentinel-2 satellite data in the area under study; However, it is necessary to emphasize that the results cannot be generalized, and therefore the study recommends expanding the scope of the methodology by applying it to different dates representing different climatic conditions.

Key words: Atmospheric correction, Land Cover, Classification Accuracy, Sentinel-2, Riyadh City.

التقارير

انطلاق فعاليات اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣م

تحت رعاية كريمة من معالي رئيس جامعة الملك سعود الأستاذ الدكتور بدران العمر، نظم قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية فعالية «اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣» «GISday 2023» وذلك لمدة يومين من الخامس عشر وحتى السادس عشر من شهر نوفمبر في قاعة حمد الجاسر بمركز الجامعة. ويجري تنظيم هذه الفعالية بشكل سنوي منذ عام ٢٠١١م في رحاب جامعة الملك سعود، حيث تقام هذه الفعالية احتفالاً بنظم المعلومات الجغرافية، وتقنياتها، وتطبيقاتها المختلفة وهي التقنيات الحديثة التي تساعد في تحليل البيانات المرتبطة بالمواقع والأماكن الجغرافية، مما يساعد على تصميم وإنتاج الخرائط وحل المشكلات الطبيعية والبشرية المتعلقة بالمكان. وضمت احتفالية هذا العام التي أقيمت على مدار يومين، جلسات علمية قدمت فيها مجموعة من الأوراق البحثية في مختلف مجالات وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، والتقنيات الجيومكانية الحديثة؛ بجانب مجموعة من ورش العمل النوعية، إضافة إلى معرض مصاحب للفعالية أقيم في بهو الجامعة على مدار يومين وضم مشاركة مجموعة من القطاعات الحكومية والخاصة المعنية بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية في داخل المملكة وخارجها.

من جانبه أكد الأستاذ الدكتور مفرح بن ضايم القرادي - رئيس قسم الجغرافيا - إن هذه الاحتفالية تعد جزءاً من حدث دولي ضخم تقدمه العديد من الجهات الأكاديمية في الجامعات العالمية، وقد جهزت اللجنة التنظيمية هذا العام العديد من الفعاليات المصاحبة، من بينها تكريم الفائزين في «مسابقة قسم الجغرافيا بمناسبة اليوم الوطني ٩٣» التي من شأنها أن تعزز المشاركة الطلابية في مثل هذه الأنشطة والفعاليات، فيما أكد «القرادي» أيضاً على ضرورة مشاركة الطلاب والطالبات وحضورهم لمثل هذه الفعاليات العلمية التي من شأنها أن تقدم نافذة تواصل مهمة مع الجهات الحكومية والخاصة من داخل المملكة وخارجها.

إلى جانب ذلك أكد رئيس الجمعية الجغرافية السعودية الدكتور علي الدوسري من جهته أن الجمعية تحرص على التواجد والمساهمة في هذه الفعالية لما لها من أهداف سامية تصب في مصلحة الوطن. وأشار «الدوسري» أيضاً إلى أن هذه الفعالية تعد من أهم

اللقاءات العلمية للمتخصصين في العلوم الجيومكانية بمختلف التخصصات، والتي من خلالها يتم تعريف المجتمع بأهمية علم نظم المعلومات الجغرافية الذي يعد العلم الذي يدرس المكان وخصائصه المختلفة مما يساعد على حل المشكلات المختلفة، وتقديم الحلول بطريقة رقمية حديثة.



VISION 2030
رؤية ٢٠٣٠
المملكة العربية السعودية
KINGDOM OF SAUDI ARABIA

جامعة الملك سعود
King Saud University

الفهرس

- أخبار الصحف
- تغطيات
- وسائل التواصل الاجتماعي
- الوسائط المتعددة
- صور من الفعالية

فعالية ((اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية 2023



VISION 2030
"رؤية ٢٠٣٠"
"Vision of Saudi Arabia"

جامعة الملك سعود
King Saud University

أخبار الصحف

فعالية ((اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية 2023

الملف الإعلاني

وكالة الأنباء
السعودية
SAUDI PRESS
AGENCY

WAG
SPA

جامعة الملك سعود تحتفي بـ "اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية"



للمزيد

وكالة الأنباء
السعودية
SAUDI PRESS
AGENCY

WAG
SPA

انطلاق فعاليات اليوم العالمي
لتنظم المعلومات الجغرافية 2023



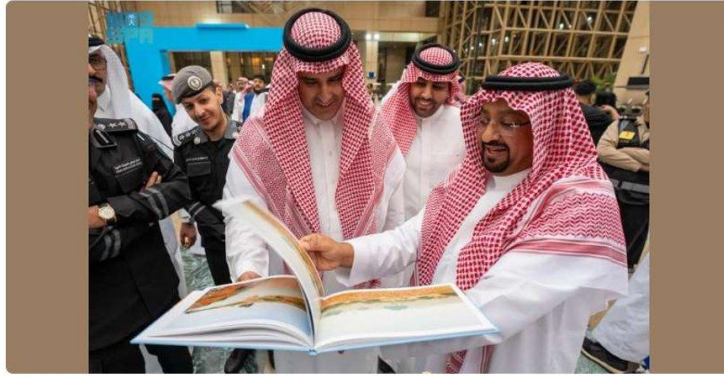
اليوم العالمي لتنظم
المعلومات الجغرافية
GIS DAY 2023

للمزيد

الملف الإءلامى

وكالة الأنباء
السعودية
SAUDI PRESS
A G E N C Y

بىنى / هيئة تطوير محمية الإمام عبدالعزيز الملكية تُشارك فى فعالية اليوم العالمى لنظم
المعلومات الجغرافية



للمزيد

المدينة

بجامعة الملك سعود (GISday2023) (911) يشارك فى معرض



للمزيد

الملف الإعلاني

معالي رئيس الجامعة يرعى فعالية اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية



تحت رعاية معالي رئيس جامعة الملك سعود
معالي الأستاذ الدكتور / بدران بن عبد الرحمن العمر
يسر قسم الجغرافيا وبالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية
دعوتكم لحضور فعالية

اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية
٢٠٢٣

٢-١ جمادى الأولى ١٤٤٥ هـ - ١٥-١٦ نوفمبر ٢٠٢٣ م
قاعة محمد الجاسر من الساعة ٨ - ٣ عصرًا

011-4675378 011-4675375
GISDAY@ksu.edu.sa

للمزيد

الجمعية الجغرافية السعودية تحتفي بـ "اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية" بجامعة الملك سعود



للمزيد

الملف الإعلاني

الآن الجزيرة

انطلاق فعاليات اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية 2023



تحت رعاية معالي رئيس جامعة الملك سعود
معالي الأستاذ الدكتور / بدران بن عبد الرحمن العمر
يسر قسم الجغرافيا وبالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية
دعوتكم لحضور فعالية

اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية
٢٠٢٣

٢-١ جمادى الأولى ١٤٤٥ هـ - ١٥-١٦ نوفمبر ٢٠٢٣ م
قاعة حمد الجاسر من الساعة ٨ - ٣ عصراً

011-4675378 011-4675375
GISDAY@ksu.edu.sa

[للمزيد](#)

عربية نيوز 24

الجمعية الجغرافية السعودية تحتفي بـ"اليوم
العالمي لنظم المعلومات الجغرافية" بجامعة
الملك سعود



[للمزيد](#)



الملف الإعلامي الأسبوعي

اختتم قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية أعمال فعالية:
اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية 2023

مُنّت
 قسم الجغرافيا @Geography_KSU ١٧٠ نوفمبر
 اختتم قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية @Saudigs أعمال
 فعالية:

#اليوم_العالمي_لتنظم_المعلومات_الجغرافية_2023

وذلك بـ:

+ حضور 632 شخص

+ 8 أوراق عمل

+ 12 جهة مشاركة

+ 3 ورش عمل...

عرض المزيد



1:20 / 0:18

للمزيد

الملف الإعلامي الأسبوعي

اختتم قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية أعمال فعالية:
اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية 2023



٤:٢٥ م ١٩٠ ١٩٠ نوفمبر ٢٠٢٣ ٧,٠٩٥ مرة مشاهدة

للمزيد

الملف الإعلامي الأسبوعي

هيئة تطوير [#محمية الإمام عبدالعزيز بن محمد الملكية](#) تختتم مشاركتها كشريك استراتيجي في فعالية [#اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية](#) المقامة في جامعة الملك سعود.

أعاد قسم الجغرافيا النشر

هيئة تطوير محمية الإمام عبدالعزيز بن محمد الملكية @IARDAKSA

هيئة تطوير [#محمية الإمام عبدالعزيز بن محمد الملكية](#) تختتم مشاركتها كشريك استراتيجي في فعالية [#اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية](#) المقامة في جامعة الملك سعود.



٣:١٨ م ١٦٠ نوفمبر ٢٠٢٣ ٢,٠٢٩ مرة مشاهدة

للمزيد



الملف الإعلامي الأسبوعي



جامعة الملك سعود @KSU

تحت رعاية معالي رئيس #جامعة_الملك_سعود ..

ينظم قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية فعالية "اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية 2023"، وذلك يوم عر الأربعاء 15 نوفمبر، الساعة 8 صباحاً بقاعة حمد الجاسر بالهـو الرئيس.

تحت رعاية معالي رئيس جامعة الملك سعود
معالي الأستاذ الدكتور / بدر بن عبد الرحمن العمر
يسر قسم الجغرافيا وبالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية
دعوتكم لمشور هـالية

اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية
٢٠٢٣

٢٠١ جمادى الأولى ١٤٤٥ هـ - ١٥-١٦ نوفمبر ٢٠٢٣ م
قاعة حمد الجاسر من الساعة ٨ - ٣ عصرًا

011-4675378 011-4675378
GISDAY@ksu.edu.sa

٢٠٢٣ م ١٤٠٠ نوفمبر ٢٠٢٣ ٢١ ألف مرة مشاهدة

للمزيد



جامعة الملك سعود @KSU

بإابة عى معالي رئيس #جامعة_الملك_سعود ..

نائب رئيس الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمى يفتتح فعالية "اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية 2023" والمعرض المصاحب له، بمشاركة عدد من الجهات الحكومية والخاصة، وذلك بتنظيم من قسم الجغرافيا بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية، والذي يستمر لمدة يومين.

١٥٠٠ نوفمبر ٢٠٢٣ ٤٠ ألف مرة مشاهدة

للمزيد



911 @MOI_911

المركز الوطني للأمنية يشترك في المعرض الذي تقيمه جامعة الملك سعود بمناسبة اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية.

#برنامج_جودة_الحياة
#رؤية_السعودية_2030
#٩١١_في_الرياض

911

المركز الوطني للأمنية يشترك في المعرض الذي تقيمه جامعة الملك سعود بمناسبة اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية الخميس 16 نوفمبر 2023

يشترك المركز الوطني للأمنية في المعرض الذي تقيمه جامعة الملك سعود بمناسبة اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية (GISday2023)، وذلك خلال الفترة من 15 إلى 16 نوفمبر الجاري في مقر الجامعة.

للمزيد



سعة أكتشز NineTenths @9tenthsco

جانب من مشاركة الشركة في اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية والمقام في جامعة الملك سعود.

فرصة حميلة لتعريف الطلبة على منتجات الشركة من طائرات الدرون والتقنيات الحديثة المستخدمة في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

#ksu #dji #GIS

قسم الجغرافيا

للمزيد



TAQANIA ETS | شركة الخدمات الهندسية والتقنية @TaaniaETS

اجتتمعا مشاركتنا اليوم في فعالية ومعرض اليوم العالمي لتنظم المعلومات الجغرافية في **#جامعة_الملك_سعود** بسمعة، حيث تفاعلنا مع الطلاب والطالبات المهتمين، ومع مسؤولين وخبراء من مختلف الجهات والقطاعات الحكومية والخاصة، واستعرضنا لهم أبرز حلول وتعينات **#شركة_الخدمات_الهندسية_والتقنية** الجيومكانية المبتكرة.



خدماتنا
Our Services

جمع وإستخلاص البيانات الجيومكانية
Data Collection & Extraction

تحليل البيانات الجيومكانية
Geospatial Data Analysis

تمثيل البيانات الجيومكانية
Geospatial Data Visualization

تاريخ آخر تعديل ٢٧:٣ م ١٦ نوفمبر ٢٠٢٣ ١,٧٦٥ مرة مشاهدة

للمزيد




TBC شركة تطوير للمباني @tatweerbuilding

اجتتمعت **#شركة_تطوير_المباني** مشاركتها كراعي استراتيجي لفعالية **#اليوم_العالمي_لتنظم_المعلومات_الجغرافية** التي أقيمت بالتعاون مع الجمعية الجغرافية السعودية في جامعة الملك سعود وتحت الرعاية الكريمة لرئيس الجامعة معالي الأستاذ الدكتور بدران بن عبدالرحمن العمر.




تاريخ آخر تعديل ٢٨:٨ م ١٦ نوفمبر ٢٠٢٣ ٢,٥٤٥ مرة مشاهدة

للمزيد




أعاد قسم الجغرافيا النشر
مناشر PNU
 @pnu_live

#يحدث_الآن:
 مشاركة كلية الآداب، ممثلة في قسم الجغرافيا - مسار نظم المعلومات الجغرافية
 الاستشعار "عن بعد" في فعالية "اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية"،
 المقامة بجامعة الملك سعود.
 #جامعة_الأميرة_نورة
 #PNU



١٢:٥٠ م - ١٥ نوفمبر ٢٠٢٣ - ٢,٥٥٣ مرة مشاهدة


[للمزيد](#)



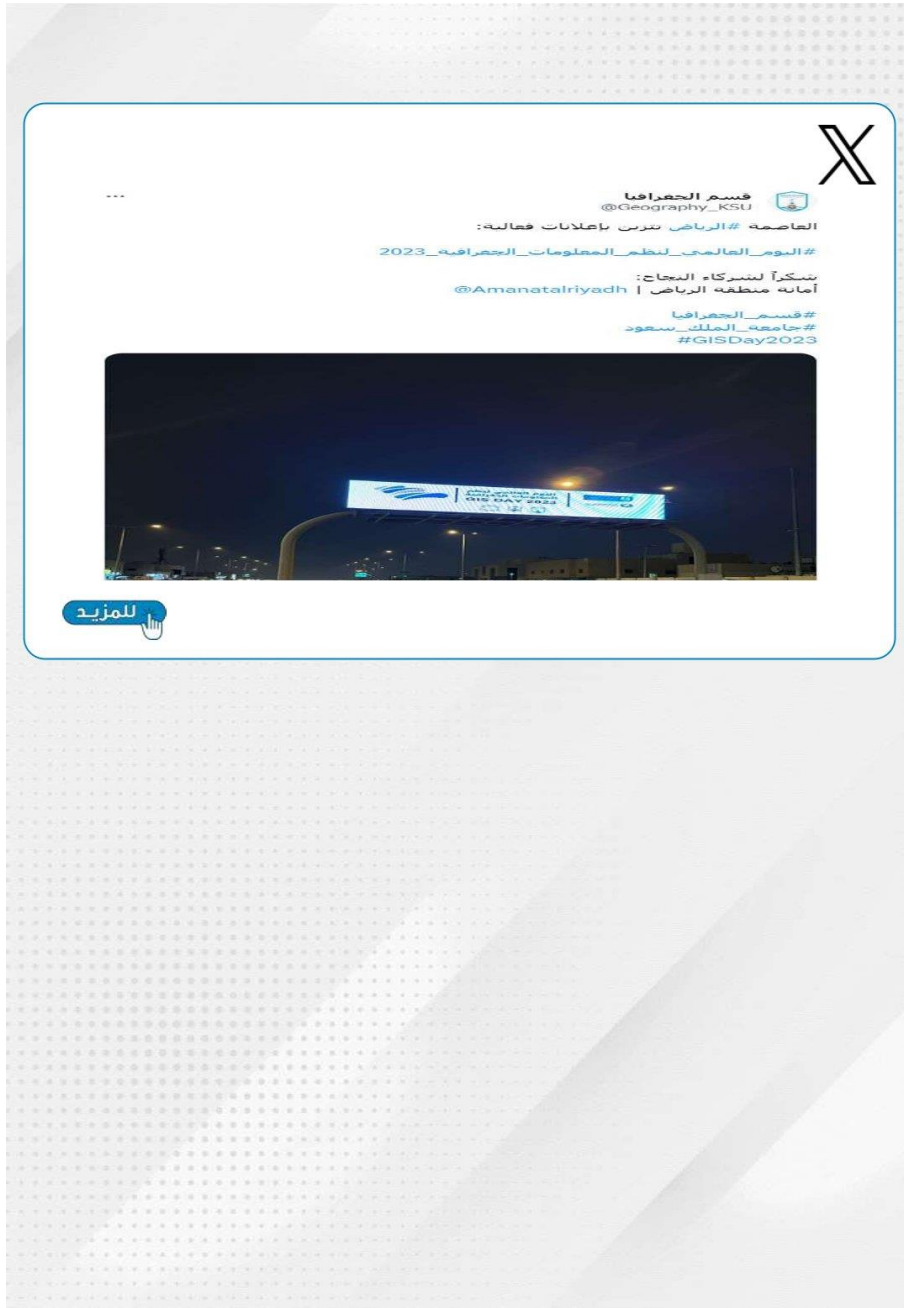
أعاد قسم الجغرافيا النشر
Esri Saudi Arabia
 @EsriSaudi

يحدث الآن: مهندسة الحلول بشركة أسرى العربية السعودية فرح العنوم، تبادل
 رؤى قيمة في جلسة تقنية بعنوان " الانتقال من ArcMap إلى ArcGIS Pro "

#GIS #Geospatial #KSUGISDay #GISDay #KSU #EsriSaudiArabia #Esri
 #GISMapping #Geography #SpatialData #Mapping
 #LocationIntelligence



[للمزيد](#)





VISION 2030
"رؤية ٢٠٣٠"
"Vision of Saudi Arabia"

جامعة الملك سعود
King Saud University

فعالية ((اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣

صور من الفعالية

فعالية ((اليوم العالمي لنظم المعلومات الجغرافية ٢٠٢٣

الملف الإعلامي الأسبوعي



الملف الإعلامي الأسبوعي



الختام

الإعلام الرقمي
بجامعة الملك سعود
2023م

ملخص

مقدمة في التحليلات الإحصائية والجيومكانية باستخدام لغة البرمجة R

أ.د. مفرح القرادي

جامعة الملك سعود

د. زهور المعلم

الهيئة العامة للإحصاء

تُعد البرمجة من المهارات الأساسية التي تُمكن الإبداع والابتكار، وحل المشكلات في مختلف المجالات. كما تتنوع تطبيقاتها، بدءًا من تطوير البرمجيات والتطبيقات إلى التأثير على البحث العلمي والمساهمة في التقدم التكنولوجي. وتعتبر لغة البرمجة R إحدى لغات البرمجة ذات الأهمية الاستثنائية كونها لغة متقدمة تقوم بإجراء العديد من العمليات الإحصائية المعقدة. ولذلك، أصبحت تُستخدم على نطاق واسع من قبل الباحثين، وعلماء البيانات، وقادة الأعمال سواءً في القطاع الأكاديمي أو قطاع الأعمال.

من هذا المنطلق، يستهدف كتاب "مقدمة في التحليلات الإحصائية والجيومكانية باستخدام لغة البرمجة R" بناء المهارات الأساسية اللازمة لاستخدام لغة البرمجة R في الأبحاث العلمية، أتمته الأعمال، ومعالجة وتحليل البيانات الإحصائية والمكانية. ولذلك تم إعداد هذا الكتاب بطريقة تلائم مستوى الطلبة في مرحلة البكالوريوس والمبتدئين في البرمجة في مرحلة الدراسات العليا المتخصصين في العلوم الإنسانية، وممن ليس لديهم خلفية علمية حول استخدام لغة البرمجة R من الباحثين والمهتمين. ليبدأ معهم من مرحلة تحميل وتثبيت لغة البرمجة R إلى القدرة على التعامل معها في إعداد المشاريع العلمية والأبحاث بطريقة سلسلة ومبسطة ومدعمة بالنوافذ التوضيحية للأكواد وطريقة كتابتها.

محتوى الكتاب موزع على خمس فصول. يهدف الفصل الأول إلى التعرف على أساسيات لغة البرمجة R. فمن خلال قراءة وفهم الفصل ستتعرف على ماهية لغة البرمجة R، كيفية تحميل وتنصيب لغة البرمجة R وRStudio، أقسام واجهة RStudio الرئيسية، إنشاء الكائنات Objects وأطر البيانات Data frames واستكشافها وتحريرها وحفظها. استخدام إذا الشرطية if، وحلقة التكرار for (loop)، وإنشاء الدوال Functions.

خُصص الفصل الثاني لبناء مهارات استكشاف البيانات Data Exploration باستخدام لغة البرمجة R. يُعرف هذا الفصل كيفية قراءة البيانات، استعراض تفاصيلها

وتلخيصها، والدوال الأساسية المستخدمة في معالجة البيانات في لغة البرمجة R. أما الفصل الثالث فيهتم بتعريف القارئ على كيفية التمثيل البياني والتحكم في خصائص الرسوم البيانية. يتناول الفصل الخامس تطبيقات الإحصاء الاستدلالي فمن خلاله سيتعرف القارئ على كيفية إجراء أبرز الاختبارات الإحصائية مثل اختبار ت، اختبار التباين أنوفا، ومربع كاي، ومعاملات ارتباط والانحدار باستخدام لغة البرمجة R. أما الفصل الخامس فهو مدخل إلى التحليلات الجيومكانية، والذي يُعرف القارئ بأبرز الحزم والمكتبات الجيومكانية، قراءة واستعراض وتلخيص البيانات الجيومكانية، إعداد والتحويل بين أنظمة الإحداثيات والمساقط، بالإضافة إلى اكتساب المهارات الأساسية لإعداد وإخراج الخرائط، والتعامل مع البيانات المكانية باختلاف أنواعها، كما يسلط الضوء على التصوير ثلاثي الأبعاد والتصوير التفاعلي للخرائط.

Saudi Geographical Society (S.G.S.)

● Editorial Board ●

Editor-in-Chief : Mohammed Shawqi I. Makki	(Ph.D.).
Editorial Board : Adel M. Abdulhamid	(Ph.D.).
Mofareh D. Alqoradi	(Ph.D.).
Sabah S. Aljenaid	(Ph.D.).

● Advisory Board ●

Abdelkader Abdellaoui, Ph.D., Professor	Paris, France.
Ismaeel Y. Ismaeel, Ph.D., Professor	Almanwfyah University, Egypt.
Jack Dangermond, Mr.	President, ESRI.
Michael Batty, Ph.D., Professor	Center for Advanced Spatial Analysis, London.
Mohamed Aziz, Ph.D., Professor	Fayoum University, Egypt.
Mohamed H. Bahnassy, Ph.D., Professor	Alexandria University, Egypt.
Mohammed I. Sharaf, Ph.D., Professor	Alexandria University, Egypt.

● Correspondence Address ●

All Research Papers and Editorial Correspondence Should be sent to:
The Editorial-in-Chief, Saudi geographical Society,
P.O.Box 2456 Riyadh 11451,
Kingdom of Saudi Arabia
Tel: +966 01 4678798 Fax: +966 11 4677732
E-Mail: sgsajgis@gmail.com

All Views Expressed by Contributors to Arabian Journal of Geographical Information System
do not Necessarily Reflect the Views of its Editorial Board or Saudi Geographical Society

THE ARABIAN JOURNAL OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

Vol. (17), No. (2), Dhu Al-Hijjah 1445 / JuLY, 2024

● **Administrative Board of the Saudi Geographical Society** ●

Ali A. Al-Dosari	Chairman
Mohammed M. Al-Rashed	Vice-Chairman
Fahad A. Almutlaq	Treasurer
Sultan A. Alharbi	Secretary General
Abnbra Khamis Alsaud	Member
Badr Alonaizy	Member
Bashir Alshammary	Member
Amal Almoshait	Member
Maha Aldobi'	Member



The Arabian Journal of Geographical Information Systems



(Electronic Copy)

Vol. (17), No. (2), Dhu Al-Hijjah 1445/ July 2024

Contents

- Introduction:

Editorial Board

- Researches:

Central Places Theory and its Applicability to the Coastal Plain of the Jazan Region Using GIS

Muhammad Rajab Al-Zahrani

Designing a Simulation Model for Flood Risks in Wadi Waj, Taif Governorate, Using Geographic Information Systems

Dr. Afrah Ahmed Al-Zahrani

Detecting Palm Trees by Using the YOLOv8 Deep Learning Algorithm

Mutlaq F. Al-Bugami Nasser A. Al-lheeib

The Effect of Atmospheric Correction Models on the Accuracy of Land Cover Classification in Arid Areas: An Applied Study on a Sentinel-2 Image of the City of Riyadh, Saudi Arabia, Using Three Models

Mohammed Saeed, Ali M. Al-Ghamdi, Ali S. Al-Ghamdi

- Reports

- Reviews

