



تقييم اداء التصنيف المراقب المبني على الخلية والمبني على الهدف الجغرافي في تمييز استخدامات الأرض والغطاء الأرضي من

المرئيات الفضائية في محافظة الخرج

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

إعداد

أمل بنت جزاء بن منصور الاحمدي

Amal Jaza Mansour Al-Ahmadi

طالبة دراسات عليا في قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود

Doi: 10.21608/jasg.2025.443041

استلام البحث: ٢٠٢٥/٣/١٢

قبول النشر: ٢٠٢٥/٥/٦

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

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

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

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

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

Abstract:

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



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

المقدمة:

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



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

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

(congaltion & Green, 2019)

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

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

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

موضوع الدراسة وأهميتها:

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

مشكلة الدراسة:

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

اهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى ما يلي:

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



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

الدراسات السابقة

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

الإطار النظري

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

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

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

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

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

منطقة الدراسة:

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

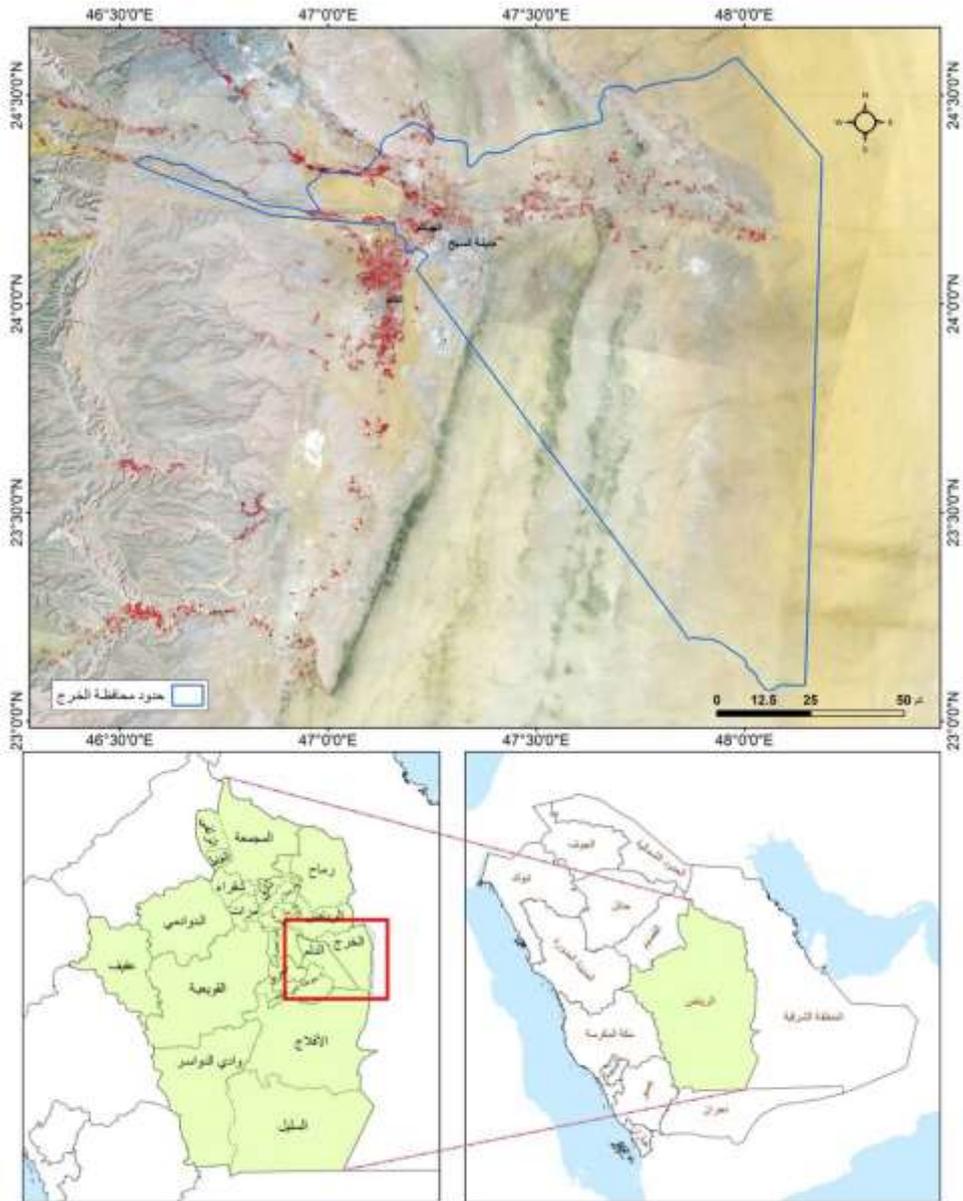
ويبلغ عدد سكانها حوالي (٣٧٣,١٧٧) نسمة، حسب تعداد السعودية ٢٠٢٢ (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٤)، ومن الناحية الإدارية يتبع إقليم الخرج منطقة الرياض إدارياً، حيث يحده من الشمال الرياض ومن الغرب محافظة الدلم ومحافظة المزاحمية ومحافظة الحريق، ومن الجنوب الغربي محافظة حوطة بني تميم، ومن الجنوب محافظة الأفلاج،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

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

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

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

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



الشكل رقم (١) موقع منطقة الدراسة وامتدادها الجغرافي

منهجية البحث:

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

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

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

جدول رقم (1) فئات التصنيف المستخدمة في الدراسة

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

البيانات المستخدمة:

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

١- المرئيات الفضائية

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

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

الحقائق الأرضية:

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

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

جدول (٢) الخصائص الطيفية للنطاقات المستخدمة في الدراسة

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

المعالجة الرقمية:

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

أولاً: المعالجة الأولية للمرئيات الفضائية: pre-processing

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

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

١. مؤشر النبات الفارقي المعياري (Normalized difference vegetation

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

حيث إن:

NDVI = مؤشر النبات الفارقي المعياري

NIR = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (Near Infrared

R = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة الحمراء

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

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

حيث إن:



NDBI = مؤشر المناطق المبنية

SWIR = انعكاسية الأشعة في نطاق الأشعة تحت الحمراء القصيرة

٣. مؤشر

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

كما يلي:

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

حيث إن:

NDWI = المؤشر الفارقي المعياري للمياه.

Green = قيمة الانعكاس الطيفي في النطاق الأخضر المرئي.

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

جدول (٣) النطاقات المركبة

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



المعالجة الرقمية للمرئيات الفضائية Digital Image Processing:

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

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

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

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

ب- تقسيم المرئيات الفضائية الى أهداف جغرافية Image segmentation

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

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

ج- التحقق من صحة التصنيف classification accuracy assessment

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

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

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

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

د- تصنيف المرئية الفضائية

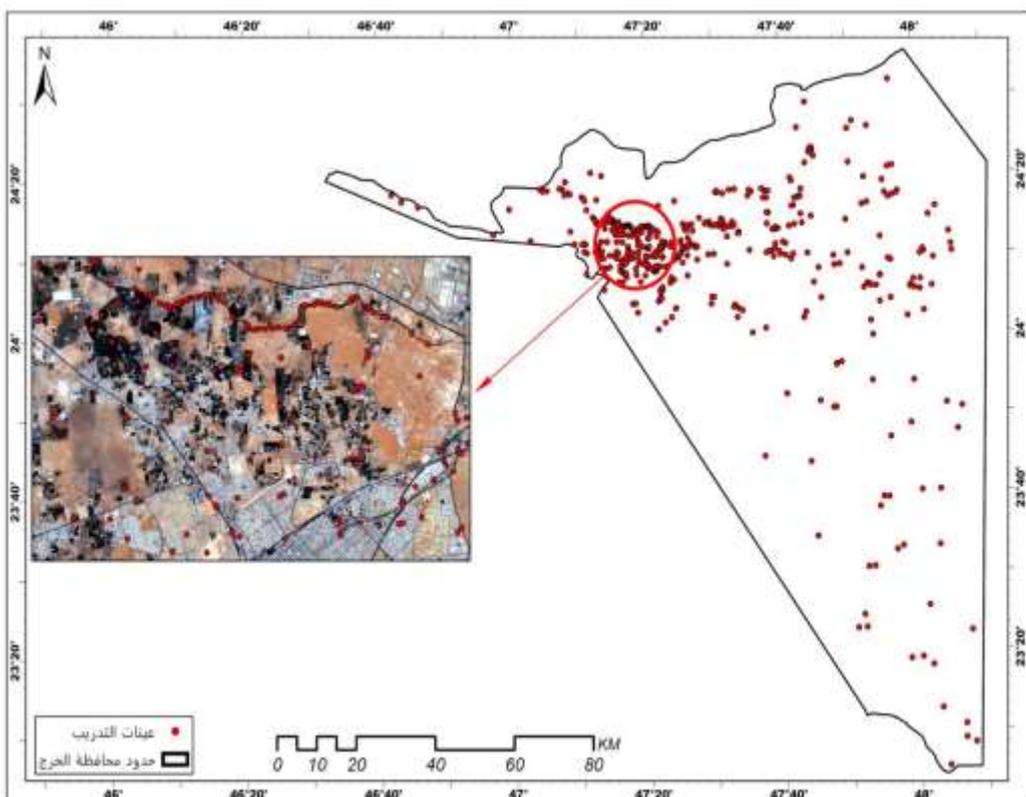
يستخدم أسلوب التصنيف الأفضل أداء سواء كان التصنيف المبني على الخلية أم التصنيف المبني على الهدف الجغرافي بالنموذج المعايير من المرئية الفضائية او الأهداف الجغرافية المشتقة من المرئية في حالة التصنيف المراقب المبني على الهدف الجغرافي لاشتقاق استخدامات الأرض والغطاء الأرضي لكامل منطقة الدراسة.

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

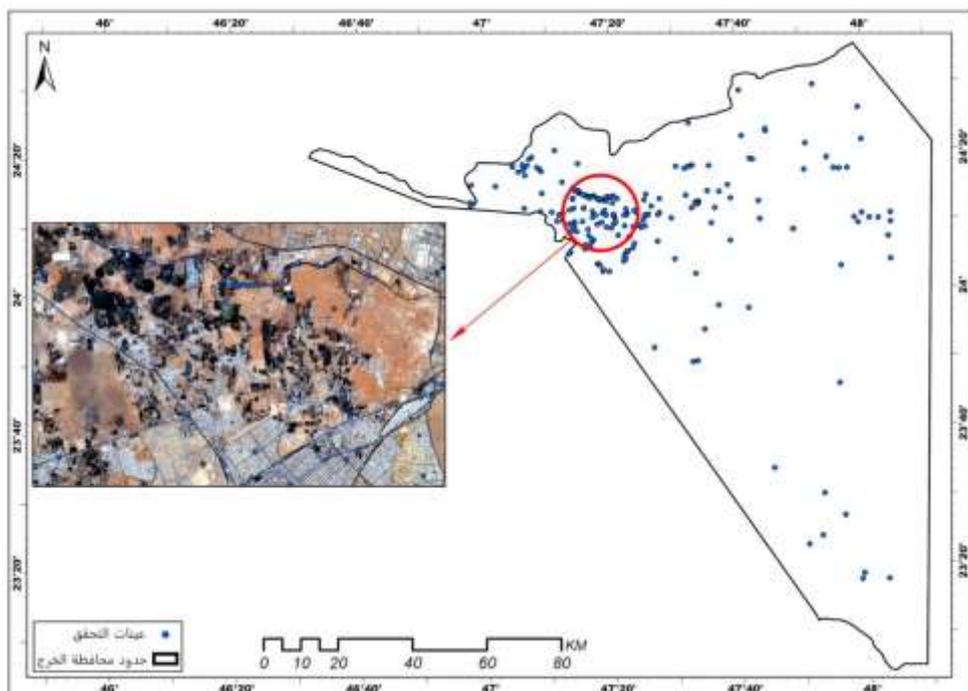
الاوزان	النطاقات
1	النطاق ١ المرئي (الأزرق)
1	النطاق ٢ المرئي (الأخضر)
1	النطاق ٣ المرئي (الأحمر)
1	النطاق ٥ NIR تحت الحمراء القريبة
1	النطاق ٦ SWIR تحت الحمراء القصيرة
5	طبقة مؤشر النبات الفارقي المعياري (NDVI Normalized Difference Vegetation)
4	طبقة مؤشر المباني الفارقي المعياري (NDBI Normalized Difference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

جدول (٥) المعاملات المعتمدة في عملية التقسيم

المعاملات	
0.4	معامل المقياس Scale
0.1	الشكل Shape
0.5	التركيز Compact



الشكل (٢) عينات التدريب العشوائية لمنطقة الدراسة.



الشكل (٣) عينات التحقق العشوائية لمنطقة الدراسة

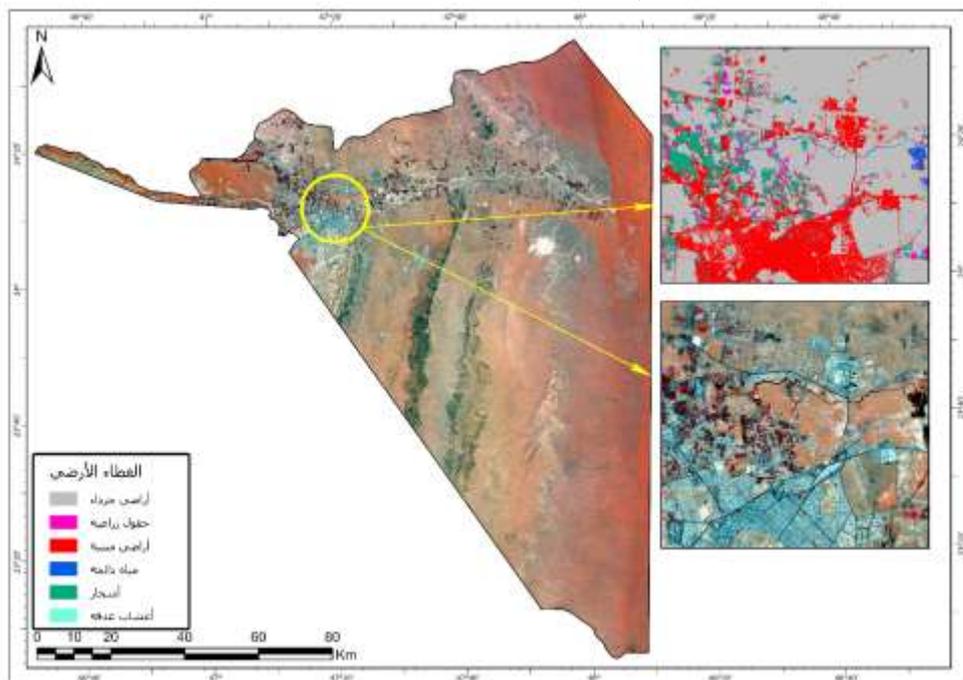
النتائج والمناقشة

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

أظهرت نتائج مصفوفة الارتباك في جدول (١٢، ١٣) للتصنيف الهدفي (Object-Based Classification) أداءً مثاليًا في مجموعة التدريب، حيث بلغت قيم الدقة النوعية (Precision)، والاستدعاء (Recall)، ودرجة F1 لجميع الفئات الست (الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، الأراضي المبنية، المياه الدائمة، الأشجار، الأعشاب الغدقة) القيمة الكاملة (١.٠٠)، مما يشير إلى قدرة النموذج على التمييز الدقيق بين الفئات دون أي أخطاء ضمن بيانات التدريب. كما بلغت الدقة الكلية، والمتوسط الكلي، والمتوسط الموزون للمؤشرات أيضًا القيمة ١.٠٠، وهو ما يعكس أداءً مثاليًا داخل العينة التدريبية. في المقابل، انخفض الأداء في مجموعة التحقق، حيث سجّلت الدقة الكلية ما يقارب ٧٧%، بينما بلغ المتوسط الكلي لكل من الدقة النوعية والاستدعاء ودرجة F1 حوالي ٠.٧٥ و ٠.٧٤ و ٠.٧٣ على التوالي، في حين بلغ المتوسط الموزون لتلك المؤشرات نحو ٠.٧٧. وقد أظهر النموذج أداءً جيدًا في تمييز فئات مثل الأراضي الجرداء، الحقول الزراعية، والأراضي المبنية، بينما كانت دقة التنبؤ أقل نسبيًا في فئتي المياه الدائمة والأشجار. وسجّلت أضعف النتائج في فئة الأعشاب الغدقة، حيث حصلت على أقل قيم في مؤشرات التقييم الثلاثة، مما يدل على حاجة هذه الفئة إلى تعزيز في عدد العينات أو إدخال مزيد من الخصائص التمييزية لتحسين تصنيفها.

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

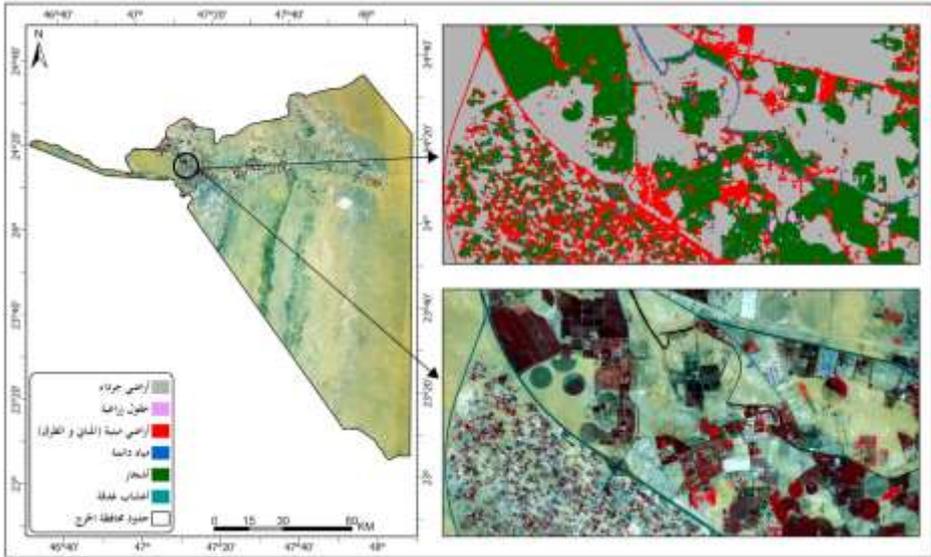
الحقائق الارضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الارضي
137	1.00	1.00	1.00	أراضي جرداء
80	1.00	1.00	1.00	حقول زراعية
109	1.00	1.00	1.00	أراضي مبنية (المباني والطرق)
53	1.00	1.00	1.00	مياه دائمة
87	1.00	1.00	1.00	أشجار
56	1.00	1.00	1.00	أعشاب غدقة
522	1.00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

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

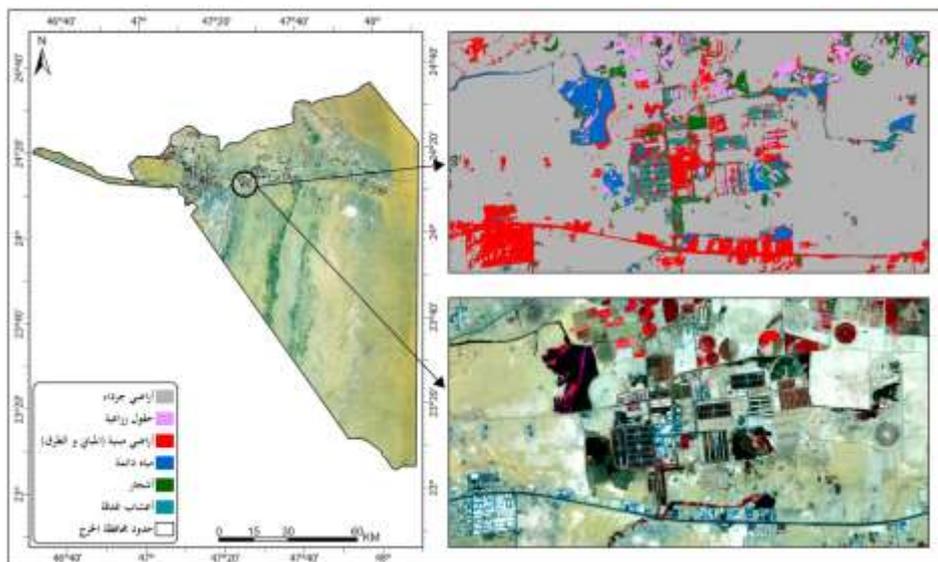
الحقائق الارضية	F1-Score (الصحة المتوازنة)	Recall الاستدعاء	Precision الدقة	مقياس الصحة الغطاء الارضي
46	0.96	1.00	0.92	أراضي جرداء
36	0.73	0.72	0.74	حقول زراعية
41	0.95	0.93	0.97	أراضي مبنية (المباني والطرق)
34	0.63	0.56	0.73	مياه دائمة
40	0.77	0.85	0.71	أشجار
26	0.39	0.38	0.40	أعشاب غدقة
223	0.74	0.74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

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

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



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



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

الخاتمة والتوصيات:

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

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



المصادر والمراجع:

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



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

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

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

المواقع والمنشورات الالكترونية:

منشورات بلدية محافظة الخرج، ٢٠٢٢

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

