تغير استخدامات الارض في مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد للمدة (٢٠٠٠-٢٠٢٠)

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

إعداد

هيا فلاح علي الشهراني

Hayaa Falah Ali Al-Shahrani

دكتوراه في المناخ والاستشعارعن بعد ونظم المعلومات الجغرافية – قسم الجغرافيا –

جامعة القصيم

Doi: 10.21608/jasg.2025.443045

استلام البحث : ٢ / ٥ / ٢٠٢٥

قبـــول النشر: ٢٢ / ٦ /٢٠٢٥

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

https://jasg.journals.ekb.eg

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

المستخلص:

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

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

Abstract:

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

المقدمة:

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

تُعد مدينة الرياض مثالًا بارزًا على المدن التي شهدت نموًا حضريًا غير مسبوق خلال العقدين الأخيرين، حيث مثّل هذا النمو تحديًا حقيقيًا لخطط التنمية المستدامة. وانطلاقًا من أهمية فهم وتحليل هذا التوسع، يهدف هذا البحث إلى تصنيف وتقييم أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي في مدينة الرياض خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠، باستخدام مرئيات Landsat وتقنيات التصنيف الموجه، وذلك بغرض دعم سياسات التخطيط الحضري المتكاملة في ضوء توجهات رؤية المملكة ٢٠٣٠ نحو تنمية حضرية مستدامة.

منطقة البحث:

تقع مدينة الرياض في الجزء الشرقي من هضبة نجد، بين دائرتي عرض ٢٤°٤٨′٢٧ و٢٤°٣٧′٥١ شمالاً، وخطي طول ٤٦°٤٠′٠٦ و٤٦°٥٢′١٩ شرقاً. تمتد المدينة على مساحة تقارب ٣,١١٥ كيلومتر مربع وفقاً لإحصاءات عام ١٤٣٧هـ (الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض، ١٤٣٧هـ). وتتميز أراضيها بارتفاع متوسط يبلغ نحو ٦٢٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، مع انحدار تدريجي من الشمال إلى الجنوب، ومن الغرب إلى الشرق، ما يؤثر في أنماط التصريف المائي والتوزيع الجغرافي للمدينة.

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

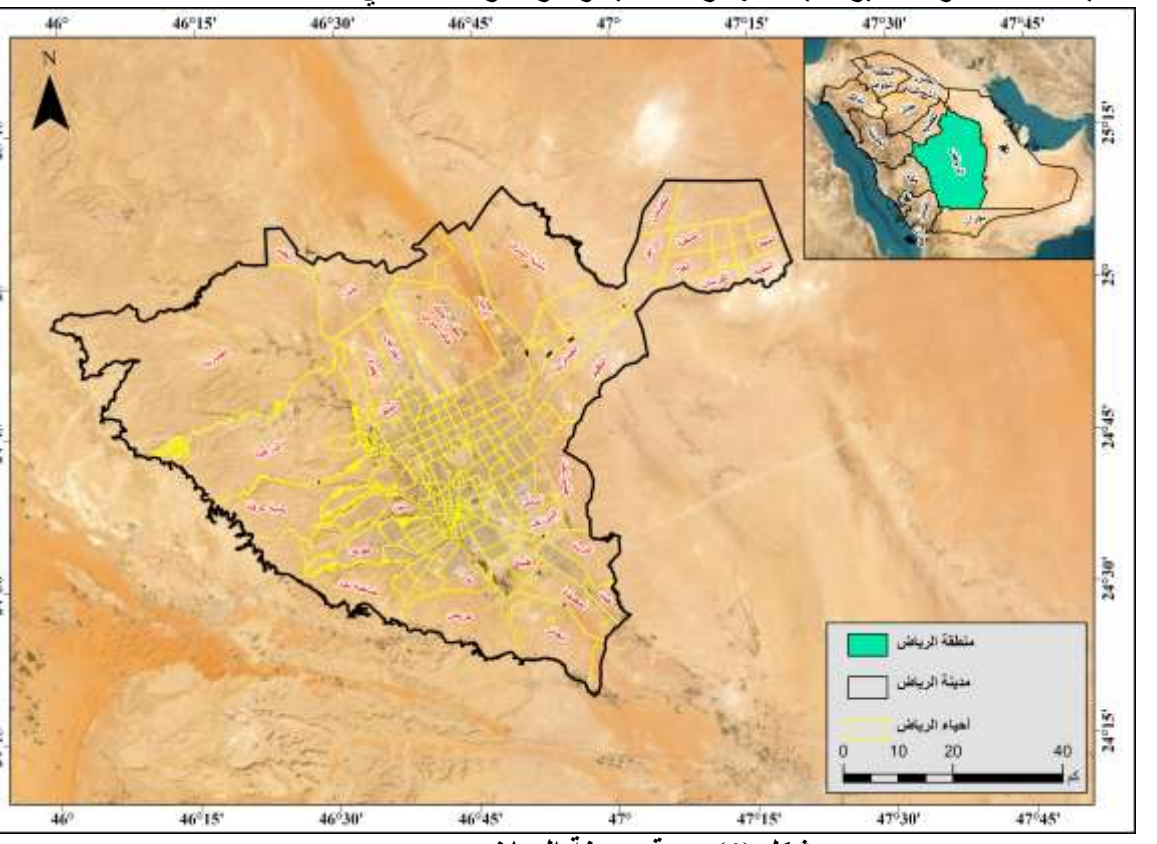
من الناحية السكانية، شهدت مدينة الرياض نمواً ديموغرافياً ملحوظاً خلال الفترة من عام ٢٠٠٠ إلى عام ٢٠٢٠. ففي مطلع هذه الفترة، بلغ عدد سكان المدينة نحو ٤,٠٤٧,٠٠٠ نسمة، وارتفع هذا العدد ليصل إلى حوالي ٧,٠٠٩,١٢٠ نسمة بحلول عام ٢٠٢٠. ويعكس هذا التغير زيادة سكانية قدرها ٢,٩٦٢,١٢٠ نسمة خلال العقدين، مع معدل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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

مركب بلغ نحو ٢.٧٨%. ويعزى هذا النمو المتسارع إلى عوامل عدة، أبرزها الهجرة الداخلية والازدهار الاقتصادي الذي شهدته المدينة خلال هذه الفترة.

ويُظهر الشكل (١) الموقع الجغرافي لمدينة الرياض ضمن النطاق الإقليمي للمملكة العربية السعودية، كما يوضح الحدود الإدارية للأحياء والأقسام الرئيسة للمدينة، مما يعكس التداخل بين الجوانب الجغرافية والديموغرافية في رسم ملامح النمو الحضري للمدينة.

ووفقًا لبيانات الهيئة العامة للإحصاء بالمملكة، بلغ عدد سكان مدينة الرياض حوالي٧٠٠٩١٢٠ نسمة حتى عام ٢٠٢٢، مما يعكس النمو السكاني المتسارع الذي شهدته المدينة خلال العقود الأخيرة نتيجة للهجرة الداخلية والازدهار الاقتصادي.



شكل (1): موقع مدينة الرياض

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام الخريطة الطبوغرافية مقياس ١: ٥٠٠٠٠

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

الدراسات السابقة:

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

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

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

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

وعلى الرغم من تعدد الدراسات السابقة التي تناولت التغير في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مناطق مختلفة من المملكة العربية السعودية، إلا أن هناك فجوات معرفية ما تزال قائمة. فمعظم الدراسات ركزت على مناطق محددة أو استخدمت منهجيات تقليدية في التحليل، كما أن بعضها اقتصر على فترات زمنية قصيرة أو لم يعالج التغيرات الحديثة المرتبطة بالتوسع العمراني السريع في المدن الكبرى.

ويتميز هذا البحث عن الابحاث السابقة في كونها تسلط الضوء على مدينة الرياض، التي تُعد من أسرع المدن نموًا في المملكة، مع تحليل مفصل للتغيرات التي حدثت للغطاءات الارضية واستخدامات الارض خلال فترة زمنية طويلة نسبيًا (٢٠٠٠–٢٠٢٠). كما يعتمد البحث على تقنيات تصنيف متقدمة (مثل خوارزمية الغابات العشوائية) مع دمج التحليل المعتمد على الكائنات (Object-Based Image Analysis)، مما يرفع من دقة النتائج مقارنةً بالابحاث التي اعتمدت فقط على التحليل التقليدي للبكسلات أو المؤشرات الطيفية. أيضا يقدم البحث تحليلاً كمياً وزمانياً متكاملاً للتغيرات.

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

أهداف البحث:

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

منهجية البحث:

١. البيانات

أستخدم في هذا البحث مرئيات فضائية مستمدة من ثلاثة أقمار صناعية تابعة لبرنامج لاندسات الأمريكي، وهي: Landsat 5 TM، و+Landsat 7 ETM، وLandsat 8 OLI/TIRS، وذلك لرصد وتحليل التغيرات في استخدامات الأرض والغطاءات الأرضية بمدينة الرياض خلال فترات زمنية مختلفة تشمل أعوام ٢٠٠٠، ٢٠١٠، ٢٠٢٠. شملت البيانات المستخرجة من القمر الصناعي Landsat 5 TM ويبلغ دقته الطيفية ٧ نطاقات Band، بينما تبلغ الدقة المكانية ٣٠م. وكذلك القمر الصناعي Landsat 7 ETM+ بنفس الدقة الطيفية والمكانية. بينما القمر الصناعي Landsat 8 OLI/TIRS فيأتي بدقة طيفية ١١ نطاق Band ودقة مكانية ٣٠م ولكن يمكن تحسينها إلى ١٥م بالاعتماد على نطاق بانكروماتيك Panchromatic. تم الاعتماد على المرئيات الفضائية التي تقع في موسم الصيف وخاصة شهري يوليو وأغسطس لكي لا تحتوى على غطاء للسحب ويؤثر على دقة النتائج والتصنيف. تم اختيار أعوام ٢٠٠٠ و٢٠١٠ و٢٠٢٠ بفترة زمنية بلغت ١٠ أعوام، من أجل التعرف على التغير في الغطاءت واستخدامات الارض بمدينة الرياض. وقد تم اختيار هذه الأعوام نظرا الى النمو السريع الذي شهدته المدينة بداية من القرن الواحد والعشرين. وقد تم التركيز على المسارات/الصفوف (Path/Row) رقم ١٦٥/٠٤٣ و١٦٦/٠٤٣، وذلك بسبب وقوع المدينة في أكثر من مشهد فضائي (Scene) كما في جدول (١).

تم الاعتماد على بيانات المستوى الثاني (Level-2) وهي من مجموعة لاندسات الثانية (Landsat Collection 2) من أهم البيانات العلمية التي توفرها هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) لمستخدمي بيانات الاستشعار عن بعد. تتميز هذه البيانات بأنها مشتقة من بيانات المستوى الأول (Level-1) بعد إجراء تصحيحات هندسية وإشعاعية متقدمة، وتغطي جميع مشاهد لاندسات ٤ إلى ٩ عالميًا(Crawford et ak,.2023).

تجدر الإشارة إلى أن جميع المرئيات الفضائية المستخدمة في هذا البحث تم الحصول عليها من منصة Earth Explorer USGS، والتي توفر أرشيفًا غنيًا وعالي الجودة من البيانات الطيفية والحرارية لمختلف الأقمار الصناعية.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

٢. الطرائق المستخدمة ومعالجة البيانات

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

الدمج المشاهد (Mosaic)

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

تصنيف الصور الفضائية(Image Classification)

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

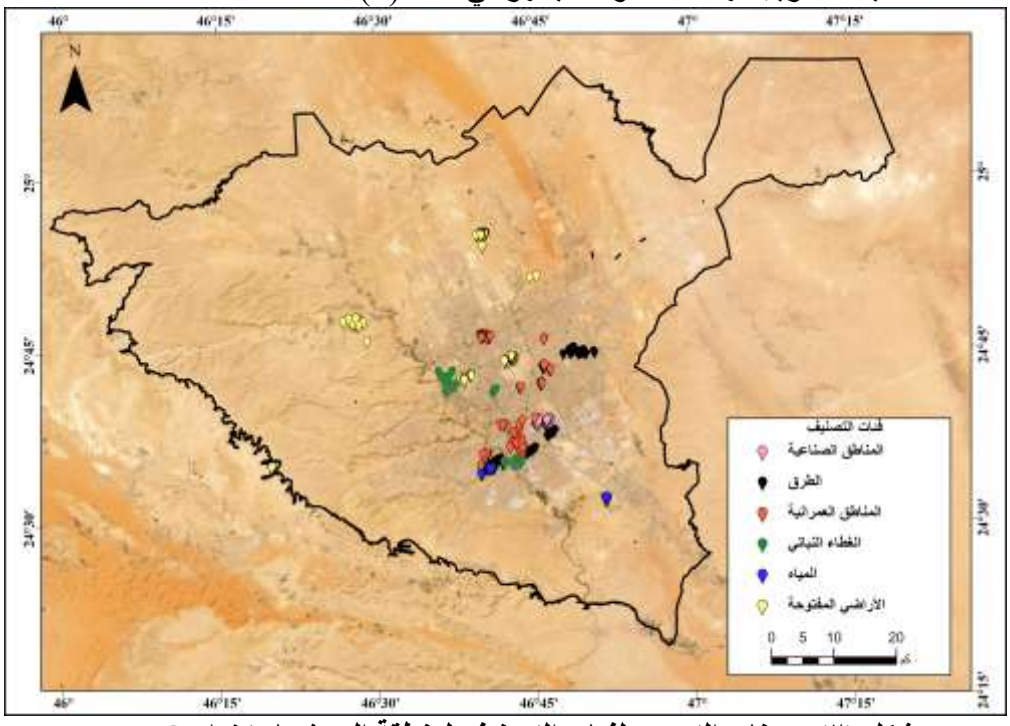
تعتمد هذه الخوارزمية على تجميع عدد كبير من أشجار القرار(Decision Trees) ، ويتم اتخاذ القرار بناءً على تصويت الأغلبية. ومن ميزاتها قدرتها العالية على التعامل مع

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

أ. خطوات التصنيف

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

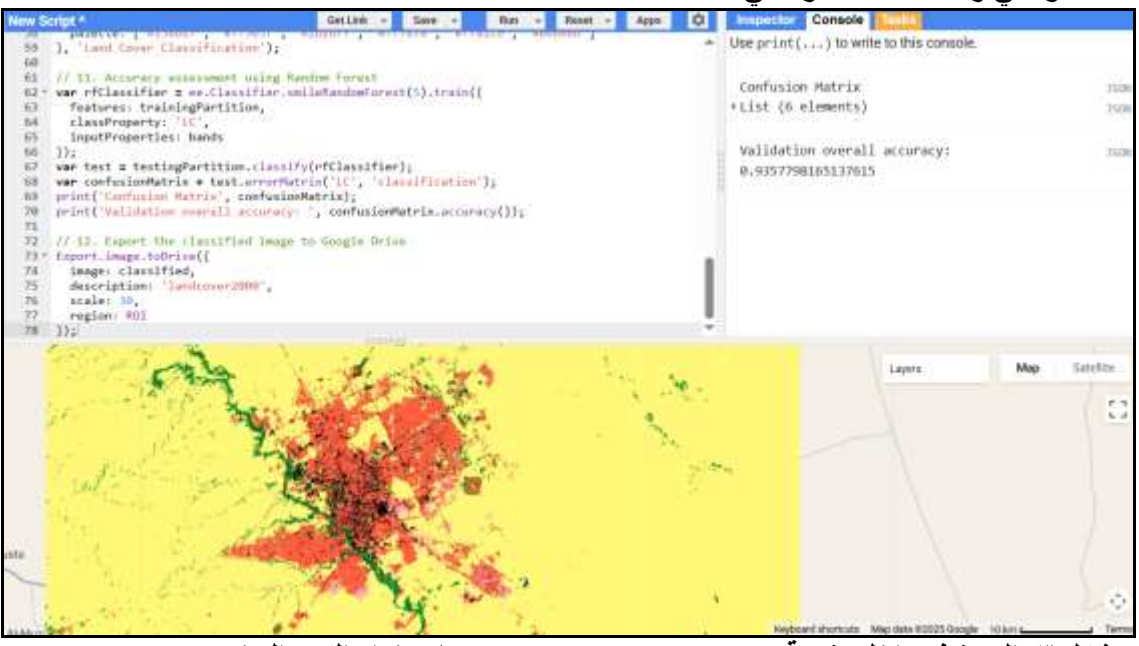


شكل (٢): عينات التدريب لفئات التصنيف لمنطقة البحث باستخدام EEG

المصدر: من عمل الباحثة باستخدام EEG.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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



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

ب. تقييم دقة التصنيف(Accuracy Assessment)

- **الدقة الكلية(Overall Accuracy)**

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

- **دقة المستخدم(User's Accuracy)**

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

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

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

$$\mathbf{K}=\frac{Overall\ accuracy-Assessmet}{1-Chince\ Agreement}$$

ويتم تفسير نتائج هذا المعامل بناءً على معيار معين: إذا كانت القيمة أكبر من ٠.٨٠ فهذا يدل على وجود اتفاق قوي، وإذا تراوحت بين ٠.٤٠ و٠.٨٠ فإن الاتفاق يعتبر متوسطًا، أما إذا كانت أقل من ٠.٤٠ فيُعد الاتفاق ضعيفًا (Doomi et al., 2016; Hu et al., 2023). وتُعد هذه القيمة مؤشرًا إحصائيًا مهمًا لمدى جودة نتائج التصنيف، ومدى ابتعادها عن احتمالية التوافق العشوائي.

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

كشف التغير (Change Detection)

تم تطبيق طريقة كشف التغير (Change Detection) في هذا البحث باستخدام برنامج ArcGIS، حيث تم الاعتماد على أدوات التحليل المكاني المتقدمة لبناء مصفوفة

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

التغير (Change Matrix) بين خرائط التصنيف للفترات الزمنية المختلفة. تبدأ العملية بدمج طبقتي التصنيف (مثلاً: تصنيف عام ٢٠٠٠ وتصنيف عام ٢٠٢٠) باستخدام أداة Combine ضمن Spatial Analyst Tools، ما ينتج طبقة جديدة تجمع القيم التصنيفية لكل خلية مكانية عبر الزمن. بعد ذلك، يتم استخدام أداة Tabulate Area لحساب المساحات التي انتقلت من فئة تصنيفية إلى أخرى، فيتم إنتاج جدول إحصائي يوضح بدقة كم مساحة الأرض التي تحولت من كل فئة إلى أخرى خلال الفترة المدروسة.

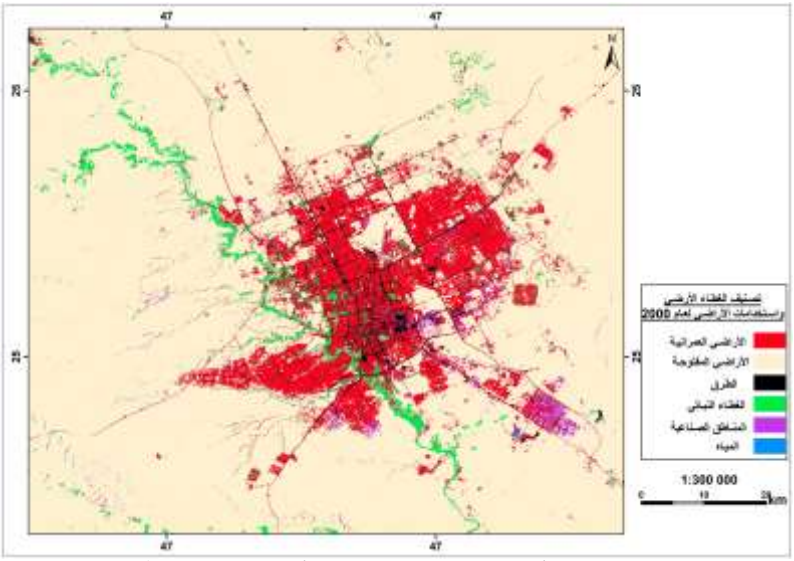
٦. نتائج وتحليلات البحث:

أولًا: توزيع أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض بمدينة الرياض

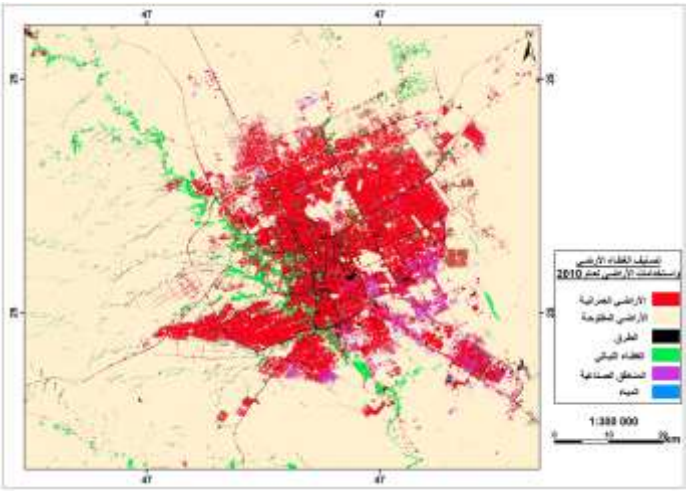
يُعد الغطاء الأرضي بمثابة مرآة ديناميكية تعكس التطورات الاجتماعية والاقتصادية والعمرانية التي تمر بها المدن، إذ تُظهر أنماطه تفاعلًا واضحًا مع التحولات الديموغرافية وتوجهات التخطيط الحضري. وفي هذا السياق، سعى هذا البحث إلى تحليل وتحقيق التغيرات في أنماط الغطاء الأرضي واستخدامات الأراضي بمدينة الرياض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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

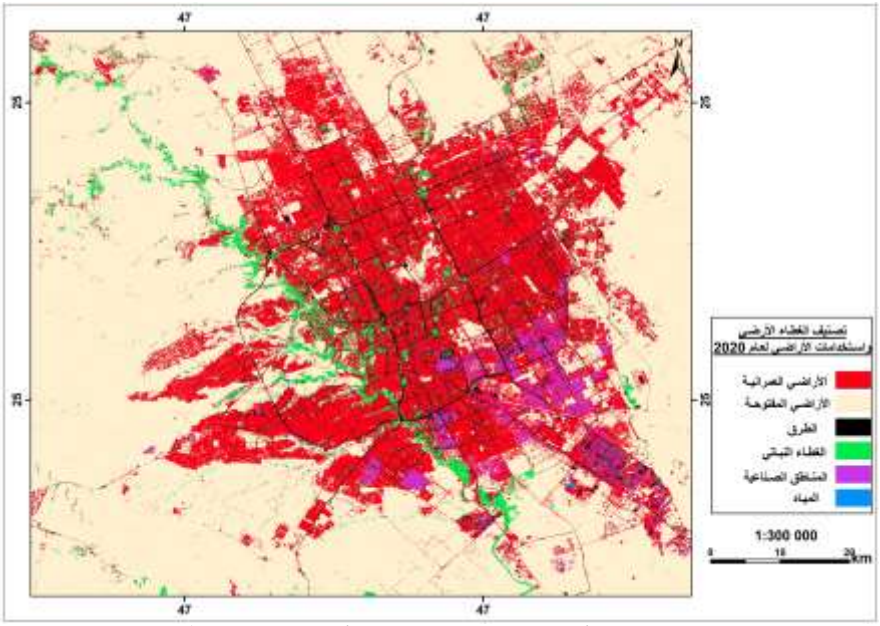


الشكل (٤): تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض عام 2000
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية نوعية لاندسات 5 متحسس TM، وباستخدام برنامج (ARC GIS 10.5).



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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



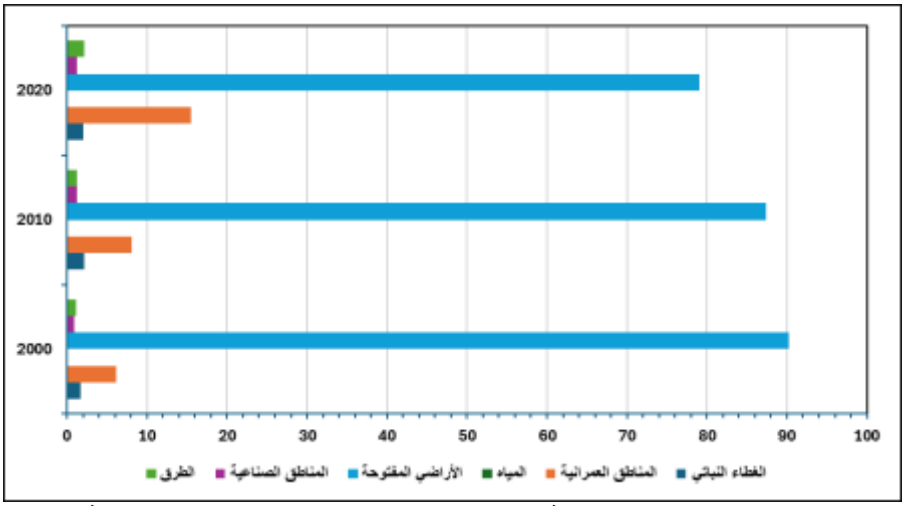
الشكل (٦): تصنيف الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض عام 2020

المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية نوعية لاندسات 8 متحسس OLI.

الجدول (1) : تغير مساحة الغطاء الأرضي واستخدامات الأرض في مدينة الرياض للأعوام 2000، 2010، 2020

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



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

ثانيًا: تقييم دقة التصنيف في المرئيات الفضائية بمدينة الرياض

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

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

(292) خلية، وبلغت الدقة الكلية 94.8%في حين بلغت دقة كابا 93.4%، وبلغت دقة المنتج ودقة المستخدم 98.1% - 94.6% على التوالي للغطاء النباتي، وقد كانتا للمناطق العمرانية 90% 93.1%- على التوالي، في حين بلغتا للمياه 97.4% - 100% على التوالي، أما للأراضي فقد بلغت 91.8%، أما للمناطق الصناعية، فقد بلغت قيمتهما 98.3% و96.6% وأخيراً بلغت 94.1% للطرق لكل منهما على حدة (الجدول2).

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

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

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

ويظهر في الجدول (3) عام 2010 أن مجموع الخلايا بلغ (290) خلية، وبلغ عدد الخلايا المصنفة تصنيفاً صحيحاً (275) خلية، وبلغت الدقة الكلية 94.3%، بينما بلغت دقة كابا 93.4%، في حين بلغت دقة المنتج ودقة المستخدم 98.2% و96.4% للغطاء النباتي، وبلغت 94.2% و90.7% للمناطق العمرانية على التوالي، وقد بلغت للمياه 100% و90% على التوالي، أما للأرضي المفتوحة فقد بلغت النسب 94.7% و96.4%على التوالي، وبلغتا 92.5% و94.2% للمناطق الصناعية، في حين كانت 92.2% و97.2% للطرق.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

أما في عام 2020، وكما يتضح بيانات الجدول (4)، ف قد بلغ مجموع الخلايا (320) خلية، وبلغ عدد الخلايا المصنفة تصنيفاً صحيحاً (311) خلية، وبلغت الدقة الكلية 97.2% في حين بلغت دقة كابا 96.6% وهي أفضل عما كانت عليه في عامي 2000 - 2010 ، وبلغت دقة المنتج ودقة المستخدم للغطاء النباتي 98.3% لكل واحدة على حدة، أما للمناطق العمرانية فقد بلغتا 94.9% و100% وبلغت للمياه 100% لكل واحدة على حدة، في حين بلغتا 100% - 91.2% للأراضي المفتوحة، وقد بلغتا 93.8% و100% للمناطق الصناعية، كما بلغتا 98.2% و94.8% للطرق.

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

أنماط الغطاء الأرضي	الغطاء النباتي	الأراضي العمرانية	المياه	الأراضي المفتوحة	المناطق الصناعية	الطرق	المجموع	دقة المستخدم%
الغطاء النباتي	58	0	0	0	0	1	59	98.3
المناطق العمرانية	0	56	0	0	0	0	56	100.0
المياه	0	0	30	0	0	0	30	100.0
الأراضي المفتوحة	0	2	0	52	3	0	57	91.2
المناطق الصناعية	0	0	0	0	60	0	60	100.0
الطرق	1	1	0	0	1	55	58	94.8
الإجمالي	59	59	30	52	64	56	320	98.3
دقة المنتج %	98.3	94.9	100.0	100.0	93.8	98.2		
الدقة الإجمالية %	97.2							
معامل كابا الإجمالي %	96.6							

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

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

يتميز سطح الأرض بالديناميكية في التغير، حيث تتعرض الأرض من مدة زمنية إلى أخرى إلى تغيرات مستمرة، ومرد ذلك عوامل جغرافية طبيعية أو بشرية، وقد تحدث التغيرات حدوثًا مفاجئًا وسريعًا، أو تدريجيًا عبر فترات زمنية طويلة.

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

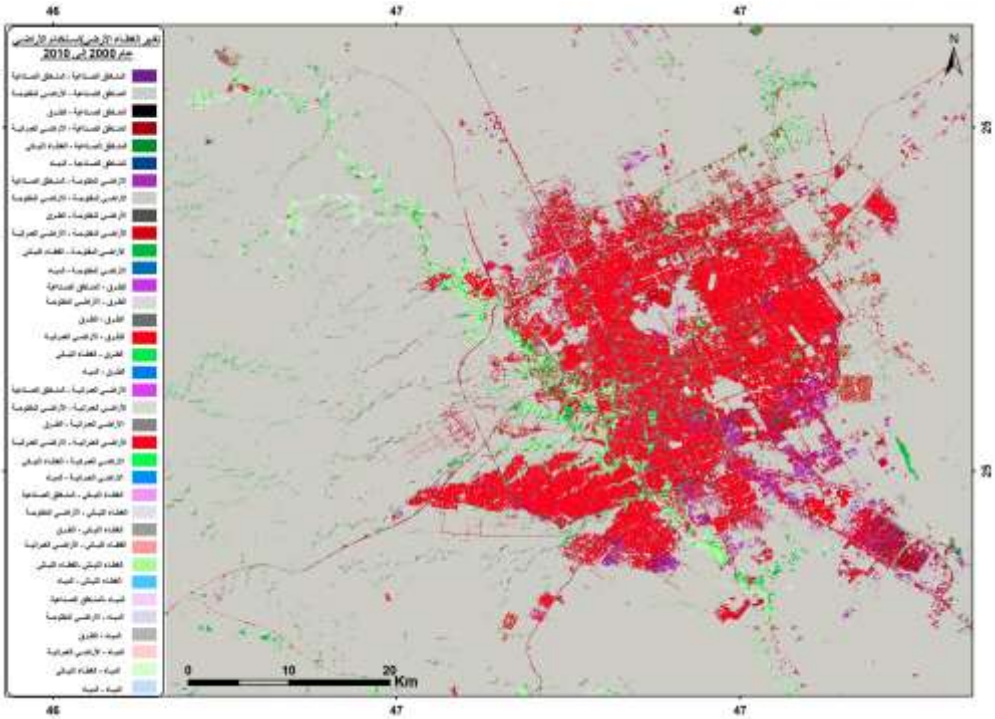
تبيّن من دراسة التغيّر الذي يحدث في الغطاء الأرضي واستخداماتها خلال الفترة الأولى للدراسة (2000: 2010) الموضحة بياناته في الجدول (5) والشكل (٨)، أن مجموع المساحات المتغيرة خلال هذه الفترة بلغ نحو (86515) هكتاراً وبنسبة بلغت 8% من جملة مساحة منطقة البحث، وحصلت الأراضي المفتوحة على أعلى فئة في كشف التغير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

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

		2010						
	أنماط الغطاء الأرضي	الغطاء النباتي	المناطق العمرانية	المياه	الأراضي المفتوحة	المناطق الصناعية	الطرق	المجموع
2000	الغطاء النباتي	5721	803	14	3741	44	303	10626
	المناطق العمرانية	1254	28813	2	4447	1487	2101	38104
	المياه	49	17	44	19	0	107	236
	الأراضي المفتوحة	5192	14548	103	539553	5387	1506	566289
	المناطق الصناعية	220	3360	1	788	1018	453	5840
	الطرق	502	3333	6	191	146	2871	7049
	الإجمالي	12938	50874	170	548739	8082	7341	628144

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X



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

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

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

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

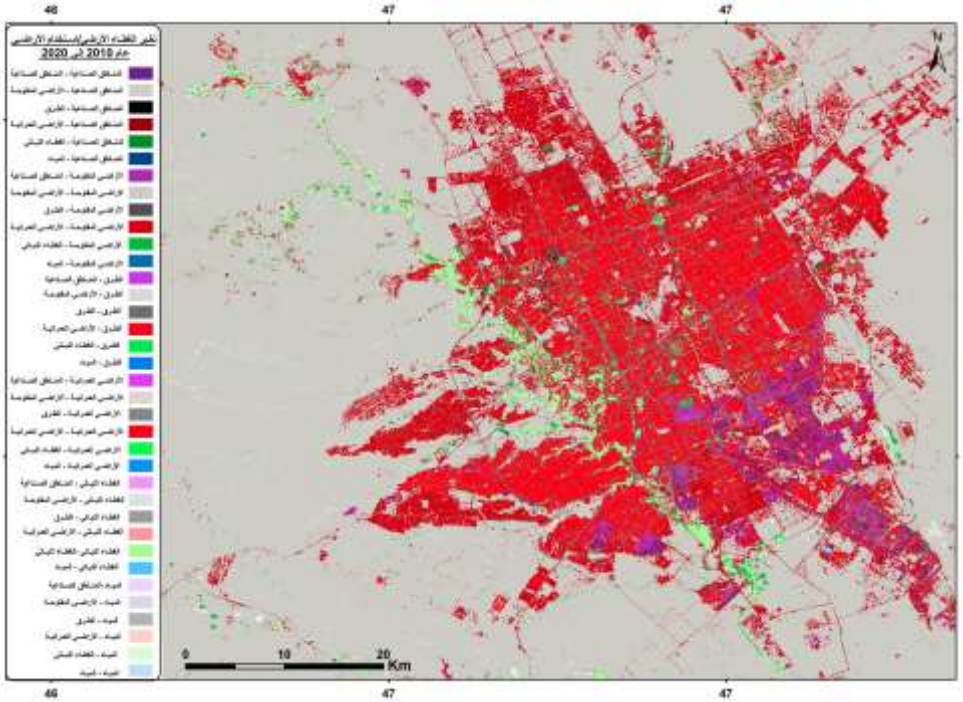
	2020							
	أنماط الغطاء الأرضي	الغطاء النباتي	المناطق العمرانية	المياه	الأراضي المفتوحة	المناطق الصناعية	الطرق	المجموع
2010	الغطاء النباتي	6720	1872	19	3789	45	493	12938
	المناطق العمرانية	1412	39468	10	1347	1975	6662	50874
	المياه	16	24	28	96	1	5	170
	الأراضي المفتوحة	3426	50870	72	488697	3017	2657	548739
	المناطق الصناعية	27	3709	0	1434	2731	181	8082
	الطرق	754	1575	33	922	72	3985	7341
	الإجمالي	12355	97518	162	496285	7841	13983	628144

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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



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

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

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

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

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

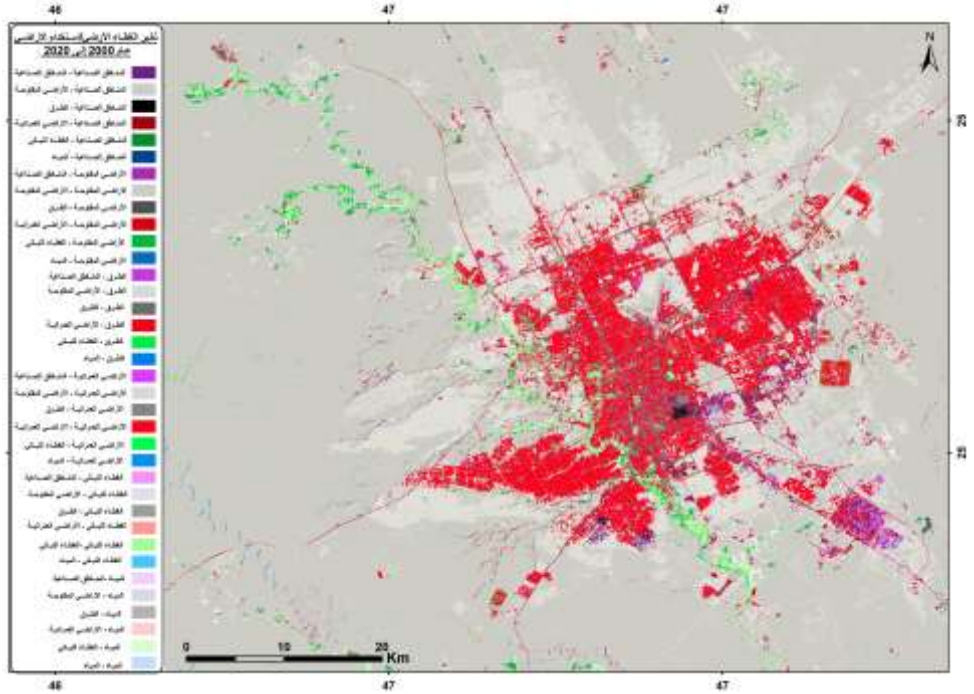
المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على مرئيات لاندسات 5 و8 عامي 2000 2020.

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

ويتبيّن أيضاً زيادة مساحة الغطاء النباتي بمقدار (1729) هكتاراً وبنسبة تغير 16.3%، وهذا دليل على اهتمام هيئة الرياض بزيادة مساحة التشجير في المدينة، وكذلك لوحظ حدوث تغيّر إيجابي في مساحة المناطق الصناعية والطرق بنسب تغير إيجابي بلغتا 34.3% و98.4% على التوالي. وخلاصة القول: إن مدينة الرياض شهدت تحولات مجالية

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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



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

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

الخاتمة:

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

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

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

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

التوصيات:

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

قائمة المراجع:

التويجري، حمد بن أحمد والعتيبي، محمد هزاع والمدلج، عبد الله محمد والمالكي، فواز معيض.(٢٠١٨). التمدد العمراني لمدينة الرياض (١٩٨٧-٢٠١٧) : دراسة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة الملك سعود : العمارة و التخطيط،مج. ٣٠، ع. ٢، ص ص. ١٩٥-٢١٣.

الحسن، سويداء احمد الزين و مدني، جميلة عمر ابراهيم . (٢٠٢٤). التوسع العمراني وأثرة على الغطاء النباتي في مركز رجال ألمع الإداري بمنطقة عسير خلال الفترة من (٢٠٠٠-٢٠٢٣م). مجلة العلوم التربوية و الدراسات الإنسانية, (٣٦), ٣٩٨–٤٢١. https://doi.org/10.55074/hesj.vi36.949

الحفيان، عوض إبراهيم عبدالرحمن، و محمد، أمل الماحي الخليفة. (٢٠١٦). أثر التصحر على تدهور النظم البيئية بمحافظة بيشة،المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي, ٨(٢), ٨٧-١٠٥.

الحماد، صالح بن حماد. (٢٠٢٣). تحليل خريطة التغير في أنماط الغطاء الأرضي في محافظة الشماسية "المملكة العربية السعودية". مجلة وادي النيل للدراسات والبحوث الإنسانية والاجتماعية والتربوية، ع٣٩ ، ١٨٣ - ٢٢٢. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/1405154

الضلعان، أثير عبد اهلي، السبيعي، غادة هزاع، والنحاس، فاتن حامد.(٢٠٢١). التمدد العمراني وأثره على الغطاء النباتي لمحافظة صبيا في منطقة جازان. مجلة العلوم الطبيعية و الحياتية والتطبيقية, ٥(١), ١٢٧-١١٥. https://doi.org/10.26389/AJSRP.L101220.

الغامدي، سلمى بنت تركي، و الحارث، عواطف بنت الشريف شجاع بن علي بن الحسين. (٢٠١٩). استخدام الأرض في مدينة جدة: حالة مشاريع التشجير. المجلة المصرية للتغير البيئي، مج١١, ع١ ، ٤٢ - ٦٤. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/1472626

الغزواني, ملهي بن علي مفرح. (٢٠٢٤). تحليل وتوزيع أنواع استخدامات الأرض الزراعية وعلاقتها بالتنمية الإقليمية في المملكة العربية السعودية. المجلة الجغرافية العربية, ٥٥(٨٤), ٥١-٨٥.

القرشي، فهد فيصل محمد، وداودي، محمد بن العباس. (٢٠٢٤). تصنيف استخدامات الأراضي وكشف التغيير بحوض وادي فاطمة، غربي المملكة العربية السعودية. المجلة المصرية للتغير البيئي, ١٦(٥), ١٤٩-١٧٦. doi: 10.21608/egjec.2024.381023.

المطيري، مناور بن خلف. (٢٠١٧). كشف التغير للغطاء الأرضي بمحافظة الغاط في المملكة العربية السعودية خلال الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠١٧ باستخدام الاستشعار عن

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

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

Aina, Y. A., Merwe, J. H. V., & Alshuwaikhat, H. M. (2008, September). Urban spatial growth and land use change in Riyadh: Comparing spectral angle mapping and band ratioing techniques. In *proceedings of the academic track of the 2008 free and open source software for geospatial (FOSS4G) conference, incorporating the GISSA 2008 Conference, Cape Town, South Africa* (pp. 51-57).

Al-Hussaini, Y. A. (2005). The use of multi-temporal Landsat TM imagery to detect land cover/use changes in Al-Hassa, Saudi Arabia. *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)*, *6*(1), 1426.

Almadini, A. M., & Hassaballa, A. A. (2019). Depicting changes in land surface cover at Al-Hassa oasis of Saudi Arabia using remote sensing and GIS techniques. *PloS one*, *14*(11), e0221115.

Alshehri, F., Abuamarah, B. A., & Abd El-Hamid, H. T. (2023). Impact of land use dynamics on land surface temperature using optical remote sensing data integrated with statistical analysis in Riyadh, Saudi Arabia. *Advances in Space Research*, *72*(5), 1739-1750.

Ayele, G. T., Tebeje, A. K., Demissie, S. S., Belete, M. A., Jemberrie, M. A., Teshome, W. M., ... & Teshale, E. Z. (2018). Time series land cover mapping and change detection analysis using geographic information system and remote sensing, Northern Ethiopia. *Air, Soil and Water Research*, *11*, 1178622117751603.

Belgiu, M., & Drăguţ, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, *114*, 24-31.

Chen, J., Gong, P., He, C., Pu, R., & Shi, P. (2003). Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, *69*(4), 369-379.

Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature

ISSN: 2537-0839 eISSN : 2537-088X

in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *22*(2), 203-218.

Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, *37*(1), 35-46.

Crawford, C. J., Roy, D. P., Arab, S., Barnes, C., Vermote, E., Hulley, G., ... & Zahn, S. (2023). The 50-year Landsat collection 2 archive. Science of Remote Sensing, 8, 100103.

Doomi, M. B., Aldayaflah, O., & Hazaymeh, K. (2016). The Effects of Land Cover Changes on Land Surface Temperature in Amman; an Urban Climate Change Study. *Dirasat: Human & Social Sciences*, *43*(2).

Hu, Y., Raza, A., Syed, N. R., Acharki, S., Ray, R. L., Hussain, S., ... & Elbeltagi, A. (2023). Land use/land cover change detection and NDVI estimation in Pakistan's Southern Punjab Province. *Sustainability*, *15*(4), 3572.

Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, *80*, 91-106.

Maxwell, A. E., Warner, T. A., & Fang, F. (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: An applied review. *International journal of remote sensing*, *39*(9), 2784-2817.

Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects?. *Remote sensing of Environment*, *75*(2), 230-244.

ISSN: 2537-0839 ***eISSN : 2537-088X***