التحليل الخرائطي للتنبؤ بالنمو العمراني وتغيرات الغطاء الأرضي في مدينة الدمام المملكة العربية السعودية الفترة (٢٠١٥–٢٠٥٤م).

د. نورة علي منصور الشمراني

استاذ الخرائط المساعد بقسم الجغرافيا والاستدامة البيئية،

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الاميرة نورة بنت عبد الرحمن بالمملكة العربية السعودية

الملخـــص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل التغيرات المكانية والزمانية في استخدامات الأراضي والنمو العمراني بمدينة الدمام، مع تقديم نموذج تنبؤي للتوسع الحضري حتى عام ٢٠٥٤م، بالاعتماد على بيانات الفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٥م. استخدمت الدراسة تقنيات التحليل الجيومكاني المتمثلة في نظـم المعلومـات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد(RS) ، إلى جانب نموذج ماركوف المدمج بالخلايا الذاتيـة (CA-Markov)، وذلك لمحاكاة التحولات المستقبلية للغطاء الأرضي. أظهرت نتائج التصـنيف الطيفي للمرئيات الفضائية لسنوات ٢٠١٥، ٢٠٢٠، و٢٠٢٤ أن مدينة الدمام شهدت توسعًا عمرانيًا كبيرًا بلغ ٦٢ كم^2 على حساب الأراضي الصحراوية، مع زيادة محدودة في الغطاء النباتي، وانخفـاض طفيف في المسطحات المائية. وتنبأ النموذج بزيادة المساحة العمرانية إلى ٣٥٠.٧٩ كم^2 بحلول عـام ٢٠٥٠، مقابل تراجع الأراضي الصحراوية بنسبة تتجاوز ٢٢%. تؤكد هذه النتائج أن مدينة الدمام تواجه تحديات بيئية وتنموية ناتجة عن التوسع الحضري السريع، بما يشمل الضغط على الموارد الطبيعية، فقدان البيئات الطبيعية، وتراجع الغطاء النباتي. عليه، توصي الدراسة بضرورة تطبيق خطط عمرانيـة مستدامة تأخذ بعين الاعتبار حفظ الموارد البيئية، وتوجيه التوسع نحو مناطق أقل حساسية بيئيًا، وتعزيز المساحات الخضراء، واعتماد تقنيات بناء مستدامة تدعم كفاءة الطاقة والمياه. كما تدعو إلى تعزيز دور أدوات التحليل الجيومكاني في دعم متخذي القرار، عبر الرصد المستمر والتنبؤ الذكي بالتغيرات، بمـا ينسجم مع أهداف رؤية السعودية ٢٠٣٠ لتحقيق تنمية حضرية متوازنة ومستدامة.

كلمات مفتاحية/دالة: التحليل الجيومكـاني، النمـو العمـراني، الاستشـعار عـن بُعـد، نظـم المعلومات الجغرافية، نموذج ماركوف، الدمام.

Cartographic Analysis for Predicting Urban Growth and Land Cover Changes in Dammam City during the Period (2015-2054)

Abstract:

This study aims to analyze the spatial and temporal changes in land use and urban growth in Dammam City and to provide a predictive model for urban expansion through 2054, based on data from the period 2015–2025. The research employs geospatial analysis techniques, including Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), alongside the Cellular Automata–Markov (CA-Markov) model to simulate future land cover transformations. Spectral classification of satellite imagery for the years 2015, 2020, and 2024-revealed significant urban expansion in Dammam, totaling approximately 62 km², primarily at the expense of desert lands, along with a slight increase in vegetation cover and a minor decrease in water bodies. The model predicts that urban areas will expand to 350.79 km² by 2050, while desert land is expected to decline by more than 22%. These results indicate that Dammam faces pressing environmental and developmental challenges driven by rapid urbanization, including pressure on natural resources, degradation of natural habitats, and a reduction in vegetation cover. Therefore, the study recommends the implementation of sustainable urban planning strategies that prioritize environmental conservation, direct expansion toward less sensitive areas, enhance green spaces, and promote the use of sustainable building technologies that improve energy and water efficiency. Furthermore, the study emphasizes the need to strengthen the role of geospatial analysis tools in supporting decision-makers through continuous monitoring and intelligent forecasting of land changes, aligning with the goals of Saudi Vision 2030 to achieve balanced and sustainable urban development.

Keywords:

Geospatial analysis, urban growth, Remote Sensing, GIS, Markov model, Dammam.

المقـــدمة:

تُعدّ دراسة الغطاء الأرضي والتوسع العمراني من أبرز الموضوعات في الجغرافيا التطبيقية، لما لها من دور محوري في دعم التخطيط الحضري والإدارة المستدامة للموارد. ويتجلى هـــذا الدور بوضوح في البيئات الحضرية التي تشهد تحولات سريعة في استخدامات الأراضـــي، نتيجة للنمو السكاني المتزايد والتطورات الاقتصـــادية المتلاحقـــة (Foody، ٢٠٠٢)، ويُعتبر التحليل الجيومكاني أداة علمية فعّالة في هذا السياق، إذ يُتيح إمكانية جمع وتحليـــل البيانات المكانية والزمانية بدقة عالية، من خلال تقنيات الاستشعار عن بُعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، مما يساعد على تفسير الأنماط المكانيـــة وتتبّـــع الـــتغيرات الزمانية، والتنبؤ باتجاهات النمـــو العمـــراني المســـتقبلي (Chen وآخـــرون، ٢٠٢٠، Weng، ٢٠١٢).

وتشهد مدينة الدمام، باعتبارها إحدى المدن الســـاحلية الرئيســـة في المملكـــة العربيـــة السعودية، نموًا عمرانيًا ملحوظًا خلال العقود الأخيرة، مدفوعًا بالزيادة السكانية والنشاط الاقتصادي المتنامي (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٢). وقـــد أدّت هـــذه التحـــولات إلى تغيّرات جوهرية في أنماط الغطاء الأرضي، تمثّلت في تقلّص المساحات الطبيعية والزراعية، واتساع الرقعة الحضرية (Al-Ahmadi & Hames ، ٢٠٠٩). ومن هذا المنطلق، تبرز أهمية التوظيف المنهجي للتحليل الجيومكاني من أجل رصد هذه التحولات، وفهـــم العوامل المحركة لها، ثم بناء سيناريوهات مستقبلية تُمكّن من توجيـــه التوســـع العمـــراني بصورة مستدامة.

تهدف الدراسة إلى تحليل التغيرات المكانية والزمانية للغطاء الأرضي والنمو الحضـــري في الدمام خلال الفترة ٢٠١٥–٢٠٢٥، وبناء نموذج للتنبؤ بالتوسع المستقبلي حـــتى عـــام ٢٠٥٠ باستخدام نموذجCA-Markov . وتعتمد على بيانـــات فضـــائية متعـــددة ومقاربات إحصائية لتحديد المناطق الأنسب للتوسع العمراني، مع مراعاة الأبعاد البيئيـــة

والاجتماعية والاقتصادية (Eastman، ٢٠١٦؛ Sang وآخرون، ٢٠١١). وتبرز أهميتها في دعم صُنّاع القرار بتوجيه النمو الحضري بشكل منظم ومستدام، بعيدًا عن التوسع العشوائي.

منطقة الدراسة:

تقع مدينة الدمام في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية، وهي تُعد العاصمة الإدارية للمنطقة، وأكبر مدنها من حيث المساحة وعدد السكان. من الناحية الفلكية، تقع المدينة بين خطي عرض ٢٦.٤٣ و٢٦.٥٥ درجة شمالًا، وخطي طول ٤٩.٩٨ و٥٠.١٤ درجة شرقًا. أما من الناحية الجغرافية، فتُطل الدمام على الخليج العربي من الجهة الشرقية، ويحدّها من الشمال مدينة القطيف، ومن الجنوب مدينة الخبر، ومن الغرب صحراء الدهناء (شكل رقم ١). وتُعتبر الدمام مركزًا حيويًا للنشاط الاقتصادي والصناعي في المملكة، إذ تضم ميناء الملك عبد العزيز، أحد أكبر الموانئ البحرية فيها.

شكـــل رقم (١) موقع منطقة الدراســـة والمملكة العربية السعودية عام ١٤٤٥ م.

المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على خريطة التقسيم الأداري ، الإداري، الهيئة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx

وتبلغ مساحة مدينة الدمام حوالي ٨٠٠ كيلومتر مربع، وتشهد توسعًا عمرانيًا متسارعًا نتيجة للنمو الديموغرافي والاقتصادي. ووفقًا لبيانات الهيئة العامة للإحصاء (٢٠٢٣)، بلغ عدد سكان المدينة حوالي ١,٣٨٦,١٥٢ نسمة، مما يجعلها ثالث أكبر مدينة سعودية من حيث عدد السكان (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢٣).

مشكلة الدراسة:

شهدت مدينة الدمام خلال العقود الأخيرة تغيرات عمرانية ومكانية متسارعة نتيجة للنمو السكاني والاقتصادي المتزايد، مما أدى إلى توسع حضري ملحوظ على حساب الأراضي الطبيعية والزراعية. هذه التحولات قد تؤثر سلبًا على التوازن البيئي، وتزيد من الضغوط على البنية التحتية والخدمات، ما لم يتم التعامل معها ضمن إطار تخطيطي مستدام. وتكمن مشكلة الدراسة في غياب فهم دقيق للتغيرات المكانية والزمانية في استخدامات الأراضي والنمو العمراني بمدينة الدمام، وضعف الاعتماد على أدوات التحليل الجيومكاني الحديثة في رصد هذه التغيرات والتنبؤ باتجاهاتها المستقبلية. لذلك، تسعى هذه الدراسة إلى تحليل وتحقيق فهم شامل لأنماط التوسع الحضري والتغير في الغطاء الأرضي بمدينة الدمام خلال الفترة (٢٠٠٠–٢٠٢٣)، والتنبؤ بالتحولات المستقبلية حتى عام ٢٠٥٠، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد(RS) ، بهدف دعم اتخاذ قرارات تخطيطية مستدامة.

أهمية الدراسة:

تُعدّ دراسة التغيرات المكانية والزمانية في النمو العمراني والغطاء الأرضي لمدينة الدمام أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق تخطيط حضري مستدام يتماشى مع أهداف رؤية المملكة العربية السعودية ٢٠٣٠. تُسهم تقنيات التحليل الجيومكاني، مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS)، في مراقبة وتحليل هذه التغيرات بدقة، مما يدعم صُنّاع القرار في التنبؤ بالتوسع العمراني وتحديد المناطق الأنسب للنمو المستقبلي. كما أن رصد تأثيرات التحولات العمرانية على البيئة والغطاء النباتي يُعدّ ضروريًا لتحقيق تنمية متوازنة ومستدامة (Batty, 2013; Herold et al., 2005).

أسباب اختيار موضوع: الأسباب معظمها يمكن أن يكون أهدافا للموضوع:

تُعد مدينة الدمام من المدن السعودية التي شهدت تحولات عمرانية ومكانية متسارعة خلال العقود الأخيرة، مما يجعلها نموذجًا مثاليًا لدراسة التغيرات في استخدامات الأراضي والنمو الحضري باستخدام تقنيات التحليل الجيومكاني. وتتلخص أبرز أسباب اختيار موضوع ومنطقة الدراسة فيما يأتي:

١. **الاستفادة من تقنيات التحليل الجيومكاني** (الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية) في تحليل التغيرات المكانية والزمنية للغطاء الأرضي والنمو العمراني بدقة وكفاءة، مما يوفر الوقت والجهد مقارنة بالطرق التقليدية.

٢. **إمكانية بناء نماذج محاكاة مكانية** مثل نموذج ماركوف للتنبؤ بالتحولات المستقبلية في الغطاء الأرضي، استنادًا إلى بيانات متعددة الفترات الزمنية.

٣. **توفير قاعدة بيانات مكانية وزمنية متكاملة** تُسهم في فهم ديناميكية النمو العمراني واتجاهاته خلال فترة الدراسة.

٤. **خدمة التخطيط الحضري المستدام** عبر تزويد متخذي القرار بمعلومات دقيقة وحديثة حول التغيرات الحالية والمتوقعة، بما يدعم إدارة الموارد الحضرية بشكل فعّال.

٥. **تزايد وتيرة التوسع الحضري في الدمام** خلال السنوات الأخيرة، مما يستدعي دراسة تحليلية متعمقة لتحديد العوامل المحركة لهذا النمو وآثاره المكانية والبيئية المستقبلية.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

١- رصد وتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي والنمو العمراني في مدينة الدمام خلال الفترة ٢٠١٥–٢٠٢٥، بالاعتماد على بيانات الصور الفضائية، تمهيدًا للتنبؤ بالتحولات المحتملة حتى عام 2054م.

٢- تحليل العوامل الجغرافية المؤثرة في أنماط التوسع الحضري وتغيرات استخدامات الأراضي، سواء كانت طبيعية أو بشرية.

٣- تطبيق نماذج التحليل الجيومكاني المتقدمة، مثل نموذج ماركوف المدمج مع الخلايا الذاتية (CA-Markov)، لمحاكاة التغيرات المستقبلية في الغطاء الأرضي.

٤- اقتراح سياسات عمرانية مستدامة تعتمد على نتائج التحليل، تهدف إلى تقليل الأثر البيئي وتوجيه النمو العمراني بشكل منظم ومتوازن.

٥- تحليل التحولات الزمنية في الغطاء الأرضي بدقة وكفاءة من خلال توظيف تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS).

٦- توظيف تقنيات التحليل الجيومكاني في التنبؤ المستقبلي لتغيرات الغطاء الأرضي، بما يسهم في اتخاذ التدابير المناسبة مسبقًا لضمان الاستعداد والتخطيط السليم.

تساؤلات الدراسة:

تسعى الدراسة إلى الإجابة على التساؤلات الآتية:

١- ما أنماط وتوجهات التغيرات في الغطاء الأرضي والنمو العمراني بمدينة الدمام خلال الفترة (٢٠١٥-٢٠٢٥)؟

٢- كيف يمكن تصنيف الغطاء الأرضي وتحليل تحولاته باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية؟

٣- ما حجم ونسبة التغير في استخدامات الأراضي والنمو الحضري خلال فترة الدراسة؟

٤- ما العوامل الجغرافية والاقتصادية والاجتماعية المؤثرة في التوسع العمراني بمدينة الدمام؟

٥- كيف يمكن توظيف النمذجة الجيومكانية (مثل نموذج ماركوف) للتنبؤ بالتوسع العمراني المستقبلي حتى عام ٢٠٥٤؟

٦- ما أبرز التحديات البيئية والاجتماعية المصاحبة للتوسع الحضري؟ وكيف يمكن معالجتها في إطار التخطيط العمراني المستدام؟

الدراسات السابقة:

شهدت السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا بدراسة ظاهرة التوسع العمراني باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، نظرًا لما توفره هذه الأدوات من قدرات تحليلية دقيقة لرصد التغيرات المكانية والزمنية في استخدامات الأراضي. وقد تناولت العديد من الدراسات هذه الظاهرة في مدن سعودية وعربية ودولية، كلٌّ وفق نهجها الزمني والمنهجي وأدواتها التحليلية.

تُعد دراسة درع والغامدي (٢٠٠٤) من أوائل الدراسات السعودية التي ركزت على نمذجة التطور العمراني لمدينة الرياض خلال الفترة من ١٩٨٧ إلى ٢٠٠١م باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، إذ خلصت إلى أن النمو العمراني في المدينة اتسم بعدم الانتظام، وأوصت بضرورة وضع سياسات تنظيمية للتحكم في اتجاهات التوسع. كما جاءت دراسة حمودة (٢٠١١) لتُحلل النمو العمراني في مدينة الدمام بين عامي ١٩٧٣ و٢٠٠٣م باستخدام صور الأقمار الصناعية (لاندسات)، حيث بينت أن التوسع تمركز في الاتجاهين الشمالي والغربي نتيجة للنمو الصناعي والسكاني المتزايد. وفي السياق نفسه، قدّمAllen & Lu, 2003 نموذجًا للتنبؤ بالنمو الحضري في منطقة تشارلستون بالولايات المتحدة الأمريكية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مما أسس لنهج علمي في محاكاة التغيرات المستقبلية في استخدامات الأراضي. كما شكّلت دراسات (Anderson et al., 1976; Dhinwa & Pathan, 1992) الأساس المنهجي لتصنيف الغطاء الأرضي وتحليل تغيراته بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بُعد، فيما تناولHietel et al., 2004 العلاقة بين التغير في الغطاء الأرضي والعوامل البيئية المؤثرة فيه.

وفي العقدين الأخيرين، تطورت الدراسات لتشمل تحليلات كمية ونماذج تنبؤية أكثر تعقيدًا. فقد استخدم (Paiboonvorachat, 2008; Shalaby & Gad, 2012) مرئيات الأقمار الصناعية في تحليل تغيرات استخدامات الأراضي بالبيئات الحضرية، مؤكدين دقة التصنيف المراقب في تتبع التحولات الزمنية. أما المطيري (٢٠١٤) فقد تناول ظاهرة النمو العمراني في مدينة الرياض خلال الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠١٤م، موضحًا تضاعف الكتلة العمرانية من ٣٢٩.٠٩ كم^2 إلى ٧٤٨.٨٧ كم^2، وأن النمو كان أكثر وضوحًا في شمال وشرق المدينة، داعيًا إلى تطبيق استراتيجية عمرانية للحد من التوسع غير المخطط. كما ركزت دراسة بسام عقري ومحسن ذياب (٢٠١٩) على مدينة تبوك خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥م، مبينةً أن التوسع العمراني اتجه نحو الشمال والغرب، بينما حدت القواعد العسكرية من النمو جنوبًا.

وفي سياق متصل، تناولت دراسة العمري (٢٠١٨) الخصائص العمرانية والبشرية لمدينة الدمام من حيث الموقع والتطور العمراني وتوزيع السكان واستخدامات الأراضي، لتشكّل مرجعًا أساسيًا لفهم البنية المكانية للمدينة. كما درست أسواق الخليفة وأماني المهجي (٢٠٢١) التوسع العمراني لمدينة الرس خلال المدة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠م باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية، وقد ركزت على تحديد الاتجاهات الرئيسة للنمو والعوامل المؤثرة فيه. أما دراسة العلي (٢٠٢٤) فقد حللت التوسع العمراني لمدينة تبوك بين عامي ١٩٩٠ و٢٠٢٣م، وأظهرت أن النمو تركز في الاتجاهات الشمالية الشرقية والغربية نتيجة للأنشطة العمرانية الحديثة.

من ناحية أخرى، اتجهت بعض الدراسات الحديثة إلى استخدام النماذج التنبؤية المتقدمة، حيث طبّق القحطاني (٢٠٢٥) نموذج CA-Markov لنمذجة التوسع الحضري في مدينة أبها للفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٤٠م، وأثبت فاعلية هذا النموذج في التنبؤ بالتحولات المستقبلية. وبالمثل، استخدم السيد (٢٠٢٥) برمجية City Engine ضمن بيئة ArcGIS لدراسة النمو العمراني في مدينة العريش من خلال النمذجة ثلاثية الأبعاد، بينما تناول محمود وائل مصطفى (٢٠٢٣) التنبؤ بالغطاء الأرضي في مركز الرياض بمحافظة كفر الشيخ في مصر للفترة من ١٩٨٨ إلى ٢٠٥٦ باستخدام نموذج ماركوف. وقد دعمت هذه الدراسات بنتائجها إمكانات النماذج الجيومكانية في محاكاة المستقبل العمراني بدقة عالية. كما أظهرت دراسة Subedi وآخرين (٢٠١٣) كفاءة نموذج CA-Markov في توقع التحولات بعيدة المدى في استخدامات الأراضي، وأكدت أهميته في توجيه القرارات التخطيطية.

إلى جانب ذلك، أسهمت دراسات (Hendawy et al., 2019; Hossen & Negm, 2016) في إبراز كفاءة أدوات الاستشعار عن بُعد و GIS في تحليل التغيرات المكانية في البيئات العربية، بينما وفرت الأدلة التقنية مثل دليل (ESRI, 2006) ArcGIS ومنصات البيانات المفتوحة (Copernicus Open Access Hub) مصادر بيانات موثوقة لدعم التحليل المكاني الدقيق.

يتضح من مجمل هذه الدراسات أن معظمها ركّز على تحليل التغيرات المكانية للنمو العمراني باستخدام صور الأقمار الصناعية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية، مع تطورٍ تدريجي نحو استخدام النماذج التنبؤية كماركوف -CA Markov. وكما يُلاحظ أن أغلب الأبحاث أجريت في مدن سعودية كبرى

مثل الرياض وتبوك وأبها والرس، في حين لا تزال مدينة الدمام بحاجة إلى دراسات حديثة شاملة تغطي الفترة الزمنية الحديثة (٢٠١٥–٢٠٢٥) وتدمج بين التحليل التاريخي والنمذجة المستقبلية. ورغم وجود بعض الجهود السابقة حول الدمام مثل دراستي حمودة (٢٠١١) والعمري (٢٠١٨)، فإنهما لم توظفا التحليل الجيومكاني المتكامل عبر سلسلة زمنية طويلة، ولم تستخدما نماذج التنبؤ المستقبلي بدقة زمنية ممتدة.

ومن ثمّ، يمكن القول إن الدراسات السابقة وفّرت أرضية معرفية ومنهجية مهمة لفهم أنماط النمو الحضري في المدن السعودية والعربية، لكنها كشفت عن فجوة بحثية واضحة تتمثل في الحاجة إلى دراسة حديثة متكاملة تُحلّل التغيرات المكانية والزمانية في مدينة الدمام خلال العقد الأخير، وتُوظف تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية مع نموذج ماركوف للتنبؤ باتجاهات التوسع العمراني حتى عام ٢٠٥٤، بما يدعم جهود التخطيط الحضري المستدام في المدينة.

مصادر البيانات:

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة من البيانات المكانية والزمنية التي تغطي مختلف الجوانب العمرانية والبيئية لمدينة الدمام خلال الفترة من عام ٢٠١٥ إلى عام ٢٠٥٤م من مصادر متعددة، شملت صور الأقمار الصناعية، الخرائط الطبوغرافية، والبيانات السكانية والاقتصادية. تُستخدم تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد (RS)لمعالجة هذه البيانات وتحليلها، بهدف رصد التغيرات في أنماط استخدام الأراضي وتحديد الاتجاهات المستقبلية للتوسع الحضري. وقد اعتمدت الدراسة على صور فضائية من القمر الصناعي Sentinel-2A للأعوام ٢٠١٥، ٢٠٢٠، و٢٠٢٤م، تم الحصول عليها من منصات البيانات المفتوحة مثلCopernicus Open Access Hub ، وذلك لرصد الامتداد العمراني وتحليل التغيرات الزمنية في استخدامات الأراضي، وصولًا

إلى التنبؤ بالنمو العمراني حتى الفترة ٢٠٣٥– ٢٠٥٤م. كما تم الحصول على خرائط استخدامات الأراضي من الجهات الحكومية المختصة، وعلى رأسها أمانة المنطقة الشرقية، لتوثيق التحولات العمرانية عبر السنوات. وشملت البيانات السكانية والاقتصادية المستخدمة في التحليل إحصاءات رسمية صادرة عن الهيئة العامة للإحصاء، تضمنت تعداد السكان، معدلات الكثافة السكانية، والمؤشرات الاقتصادية، بوصفها مؤشرات رئيسية لفهم أنماط النمو الحضري. بالإضافة إلى ذلك، تم جمع بيانات مناخية من الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، شملت معلومات عن درجات الحرارة، معدلات الهطول، والرطوبة النسبية، لما لها من تأثير مباشر في توزيع الأنشطة العمرانية. كما تم الاستعانة بنماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) المتوفرة من الهيئة العامة للمساحة، لتحديد أثر التضاريس والطبوغرافيا في الامتداد الحضري والتوسع المستقبلي للمدينة.

مناهج وأساليب الدراسة:

اتّبعت الدراسة المنهج الاستقرائي التحليلي الذي يقوم على جمع البيانات المكانية والزمانية وتحليلها بهدف التنبؤ باتجاهات النمو العمراني المستقبلية في مدينة الدمام. وتم توظيف تقنيات التحليل الجيومكاني من خلال دمج أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وتقنيات الاستشعار عن بُعد (RS) لمعالجة البيانات المكانية، وتحليل تغيرات الغطاء الأرضي وتحديد اتجاهات النمو.

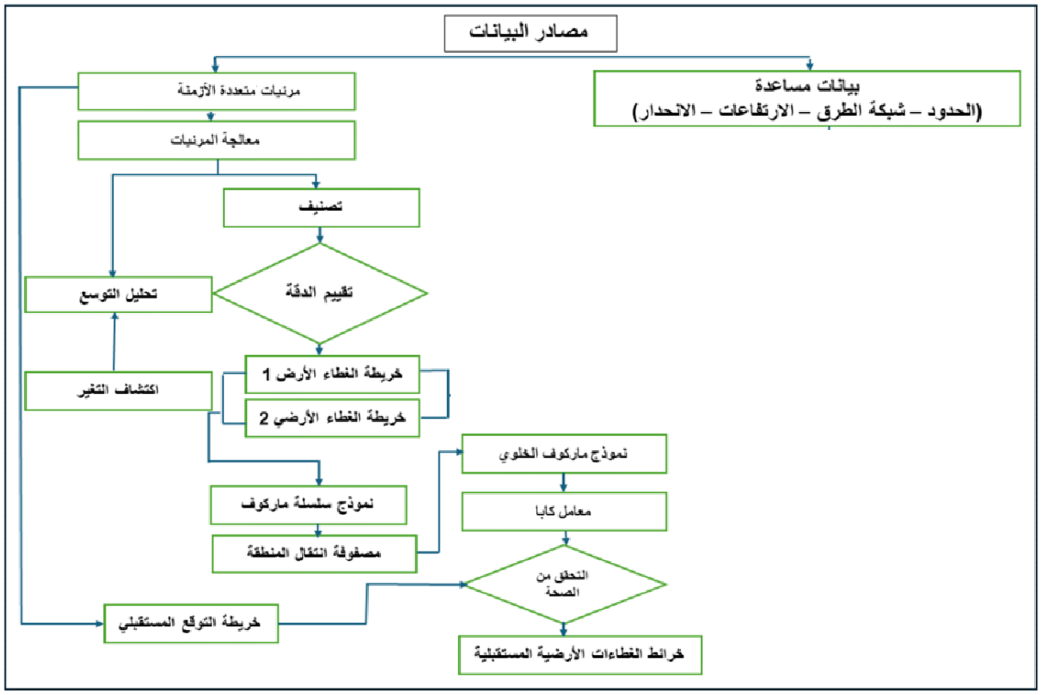
وقد استخدمت الدراسة مجموعة من البرامج المتخصصة مثلArcGIS ، QGIS، ENVI، ERDAS Imagine، و IDRISIلمعالجة وتحليل الصور الفضائية وإنتاج الخرائط المكانية. كما تم توظيف عدد من النماذج التحليلية والمحاكاة الحضرية، من أهمها نموذج الخلايا الخلوية (Cellular Automata – CA) الذي يُستخدم لمحاكاة التوسع العمراني المكاني اعتمادًا على العلاقات المكانية بين الخلايا، ونموذج الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks – ANN) الذي

يساعد في التعرف على الأنماط غير الخطية للعوامل المؤثرة في النمو الحضري. وفي جانب التنبؤ بالتغيرات المستقبلية، تم تطبيق نموذج ماركوف Markov Chain) (Modelالذي يعد من الأدوات الإحصائية الفعالة في تقدير احتمالات التحول بين فئات الغطاء الأرضي عبر الزمن، حيث يعتمد على مصفوفات الانتقال المستخلصة من نتائج التصنيف الطيفي للصور الفضائية. وقد دُمج هذا النموذج مع نموذج الخلايا الخلوية فيما يعرف بـــ (CA–Markov) لتحقيق تنبؤ مكاني وزمني أكثر دقة وواقعية. كما تم التحقق من دقة النماذج ومعايرتها من خلال مقارنة نتائج التنبؤ للفترة السابقة (٢٠١٥–٢٠٢٤م) مع البيانات الفعلية، باستخدام مؤشرات الدقة الإحصائية مثل Kappa Coefficientو Overall Accuracyلضمان موثوقية النتائج المستقبلية.

المراحل التي مرت بها الدراسة:

مرت الدراسة بعدد من المراحل المتتابعة التي تمثل الإطار الإجرائي لتحقيق أهدافها، وتشمل جمع البيانات المكانية والزمانية، المعالجة المسبقة للصور الفضائية، التصنيف الطيفي لغطاء الأرض، تحليل التغير الزمني، نمذجة التوسع العمراني، وأخيرًا تقييم دقة النماذج والتحقق من النتائج. وقد تم اعتماد **الشكل رقم (2)** ليوضح منهجية مراحل العمل الخاصة بالتنبؤ بالنمو العمراني وتغيرات الغطاء الأرضي في مدينة الدمام للفترة ٢٠٣٥–٢٠٥٤، ليكون بمثابة الإطار الإجرائي الذي يوضح التسلسل المنهجي للعمليات التحليلية والتنفيذية التي اعتمدت عليها الدراسة لتحقيق أهدافها.

شكل رقم (٢) منهجيـــة الدراسة للتنبؤ بالنمو العمراني المستقبلي لمدينة الدمام لسنة ٢٠٥٠ م.



المصـــدر: من عمل الباحثة باستخـــدام برنامج Flow Chart Marker .

الهيئة العامة للمساحة.

٢- مرحلة المعالجة المسبقة للبيانات الفضائية:

تضمنت هذه المرحلة تحسين جودة الصور الفضائية ومعايرتها هندسيًا وطيفيًا من خلال تطبيق التصحيح الهندسي باستخدام نقاط التحكم الأرضية(GCPs) ، وتنفيذ تقنيات الدمج الطيفي والمكاني (Pan Sharpening) لزيادة دقة التفاصيل. كما تم توحيد نظام الإحداثيات إلى WGS 84 / UTM Zone 39N لضمان التوافق المكاني بين جميع البيانات المستخدمة.

٣- مرحلة التصنيف الطيفي لصور الأقمار الصناعية:

تم في هذه المرحلة تصنيف الغطاء الأرضي لمدينة الدمام بهدف تحديد فئات استخدامات الأراضي المختلفة. استخدم التصنيف المراقب (Supervised Classification) بالاعتماد على عينات تدريبية تمثل الفئات الأساسية مثل المناطق العمرانية، الأراضي الزراعية، المسطحات المائية، والمناطق الصحراوية. كما تم تطبيق خوارزميات التصنيف المتقدمة مثل (MLC) Maximum Likelihood Classification و(SVM) Support Vector Machines.

وفي المقابل، نُفِّذ التصنيف غير المراقب (Unsupervised Classification) باستخدام خوارزميات K-Means و ISODATA لتجميع البكسلات ذات الخصائص الطيفية المتشابهة، ثم تفسير الفئات الناتجة وربطها باستخدامات الأراضي الفعلية.

٤- مرحلة تحليل التغير الزمني (Change Detection Analysis):

في هذه المرحلة تمت مقارنة نتائج التصنيف للسنوات الثلاث (٢٠١٥، ٢٠٢٠، ٢٠٢٤م) بهدف تتبع أنماط التحول في الغطاء الأرضي ورصد اتجاهات التوسع العمراني. وقد ساهم هذا التحليل في تحديد مناطق التغير الإيجابي (النمو العمراني) ومناطق التغير السلبي (تراجع الغطاء الزراعي أو الطبيعي).

٥ - مرحلة النمذجة والتنبؤ بالنمو العمراني المستقبلي:

تم استخدام نموذج ماركوف (Markov Chain Model) لحساب احتمالات التحول بين فئات استخدامات الأراضي، ومن ثم دمجه مع نموذج الخلايا الخلوية (Cellular Automata – CA) لتكوين نموذج (CA–Markov) الذي يجمع بين البعدين الزمني والمكاني للتنبؤ بالنمو الحضري حتى عام ٢٠٥٤م. وقد مكّن هذا الدمج من الحصول على تنبؤات أكثر دقة وواقعية لتوزيع التوسع الحضري المتوقع في المدينة.

٦-مرحلة تقييم دقة النماذج والتحقق من النتائج:

أُجري التقييم من خلال مقارنة نتائج التنبؤ للفترة السابقة (٢٠١٥-٢٠٢٤م) مع البيانات الفعلية لتلك الفترة، باستخدام مؤشرات الدقة الإحصائية مثل **Kappa Coefficient**و**Overall Accuracy**، وذلك للتحقق من مدى كفاءة النماذج المستخدمة وموثوقية نتائج التنبؤ للفترات المستقبلية (٢٠٣٥، ٢٠٤٥، ٢٠٥٤م).

خطة البحث:

سيتضمن البحث المباحث التالية، والتي تمثل تسلسل الدراسة التحليلية والمنهجية المتبعة:

أولاً :الخصائص العامة لمنطقة الدمام، وتشمل الموقع الجغرافي، المناخ، التضاريس، والسكان، لتوفير خلفية علمية شاملة عن منطقة الدراسة.

ثانياً :تصنيف المرئيات الفضائية لمدينة الدمام خلال الفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤، وتحليل مساحة كل فئة من فئات استخدامات الأراضي بالكيلومتر المربع (كم^2)، وذلك لتحديد الأنماط الزمنية للتغيرات العمرانية والمكانية.

ثالثاً :نمذجة التغير في الغطاء الأرضي، من خلال تحليل التحولات بين فئات استخدامات الأراضي باستخدام تقنيات التحليل الجيومكاني ونماذج المحاكاة الحضرية، لتحديد اتجاهات التحول وأهم المناطق المتأثرة.

رابعاً :التنبؤ المستقبلي بمساحة التغير في الغطاء الأرضي بمنطقة الدمام، باستخدام النماذج الإحصائية والمكانية) مثل Markov و(CA–Markov، لتقدير اتجاهات التوسع العمراني حتى عام ٢٠٥٤م ودراسة تأثيراتها المحتملة على التخطيط العمراني المستدام.

المناقشة والتحليل:

أولاً: الخصائص العامة لمنطقة الدمام.

يُعد الموقع الاستراتيجي لمدينة الدمام على الساحل الغربي للخليج العربي أحد العوامل الرئيسة التي ساهمت في نموها العمراني والاقتصادي، إذ أسهم وجود ميناء الملك عبد العزيز

في تعزيز مكانتها كمركز تجاري حيوي، مما جذب الاستثمارات وزاد من الطلب على الأراضي السكنية والتجارية (الشمري، ٢٠١٩). كما أن قربها من مدينة الظهران، التي تُعد مركزًا للأنشطة النفطية وتحتضن مقرات ومرافق شركة أرامكو السعودية، جعلها نقطة جذب للعمالة والمستثمرين، وأسهم في توسعها الحضري بشكل مستمر (العتيبي، ٢٠٢١). وتمتاز الدمام بمزيج من الخصائص الجغرافية، المناخية، الاقتصادية، والبشرية، مما يجعلها من أبرز المراكز الحضرية المتقدمة في المنطقة الشرقية للمملكة العربية السعودية (وزارة الشؤون البلدية والقروية، ٢٠٢٢). من الناحية المناخية، تخضع مدينة الدمام لتأثير المناخ الصحراوي الحار وفق تصنيف كوبن(BWh) ، وهو ما يتجلى في خصائص مناخية ذات تأثير مباشر على الأنشطة العمرانية والبيئية (الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠٢٠). وتقع المدينة عند خط عرض ٢٦.٣٩٥٤° شمالًا وخط طول ٥٠.٠٤٨٢° شرقًا، على ارتفاع يقارب ١٣.٦٨ مترًا فوق مستوى سطح البحر. وتشير بيانات وكالة ناسا (POWER/MERRA-2)للفترة من ٢٠١٥ حتى ٢٠٢٤، استنادًا إلى جدول رقم (١) الذي يعرض المتوسطات المناخية الشهرية، إلى أن الدمام تشهد صيفًا طويلًا وحارًا، حيث يتجاوز المتوسط الشهري لدرجات الحرارة ٣٦°م من يونيو حتى سبتمبر، وتصل درجات الحرارة العظمى إلى نحو ٤٥.٧°م في شهر يوليو (NASA POWER, 2024).

أما خلال فصل الشتاء، فتسود درجات حرارة معتدلة تتراوح بين ١٧ و١٩°م، مع تسجيل درجات صغرى قد تقل عن ١٠°م. وتُسجّل المدينة معدلات أمطار غير منتظمة تتركز خلال فصلي الشتاء والربيع، خاصة في أشهر أبريل (١٤٨.٧١ ملم)، يناير (١٢٦.٩٥ ملم)، ونوفمبر (١٢٤.١٣ ملم)، بينما تنعدم تقريبًا خلال أشهر الصيف، خصوصًا في يونيو وسبتمبر، ليبلغ مجموع التساقط السنوي المصحح نحو ٥٤٣ ملم (NASA POWER, 2024؛ الهيئة العامة للأرصاد، ٢٠٢٠).

جدول رقم (١) التغيرات الشهرية في الخصائص المناخية لمدينة الدمام خلال الفترة من ٢٠١٥ – ٢٠٢٤ م.

المتغير	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	السنوي
مجموع التساقط (مم)	126.95	68.22	52.64	148.71	18.28	0	11.8	2.17	0	26.58	124.1	61.15	542.81
الرطوبة النسبية عند ٢م (%)	60.7	60.51	55.49	47.26	40.29	36.8	40.25	44.4	47.97	52.22	57.41	61.99	50.44
درجة الحرارة عند ٢م (°م)	17.31	18.19	21.8	26.3	31.6	35.3	36.94	36.93	34.63	30.7	25.01	19.59	27.85
درجة الحرارة العظمى (°م)	26.59	28.89	33.71	38.47	43.11	44.9	45.71	45.18	44.19	40.05	33.74	28.5	46.21
درجة الحرارة الصغرى (°م)	9.62	10.3	13.07	17.68	22.87	27.3	29.49	29.83	26.25	23.2	17.05	12.31	8.92
اتجاه الرياح على ارتفاع ٥٠م	شمالي غربي (NW)	شمالي غربي (NW)	جنوبي (S)	غربي (W)	شمالي (N)	شمالي (N)	غربي (W)	جنوبي غربي (SW)	غربي (W)	جنوبي غربي (SW)	غربي (W)	شمالي غربي (NW)	شمالي (N)
سرعة الرياح على ٥٠م (م/ث)	6.45	6.67	6.32	6.13	6.22	7.51	6.31	5.07	4.93	4.75	5.54	6	5.99
سرعة الرياح القصوى ٥٠م (م/ث)	13.45	13.76	14.68	13.99	14.69	16.6	15.13	12.98	11.79	11.06	11.45	12.55	17.61
سرعة الرياح الدنيا ٥٠م (م/ث)	0.3	0.39	0.39	0.31	0.28	0.24	0.37	0.22	0.28	0.23	0.2	0.27	0.07
مدى سرعة الرياح ٥٠م (م/ث)	13.15	13.37	14.29	13.68	14.42	16.4	14.76	12.76	11.51	10.83	11.25	12.27	17.54

المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على بيانات الأقمار الصناعية من موقع NASA POWER لعام ٢٠٢٤م.

وتُظهر الرطوبة النسبية تفاوتًا موسميًا ملحوظًا، حيث تبلغ أعلى مستوياتها في ديسمبر (٦٢%)، وتنخفض إلى أدنى مستوياتها في يونيو (٣٦.٨%)، مما يزيد من حدة الإحساس بالحرارة خلال الصيف (العتري، ٢٠٢٣). أما بالنسبة لحركة الرياح، فتتراوح سرعتها المتوسطة على ارتفاع ٥٠ مترًا بين ٤.٧٥ و٧.٥١ متر/ث، وتبلغ ذروتها في يونيو بسرعة قصوى تصل إلى ١٦.٦١ متر/ث. وتتجه الرياح السائدة في معظم فترات السنة من الشمال والشمال الغربي، مع تحولات موسمية نحو الغرب والجنوب الغربي خلال فصلي الربيع والخريف، ما يعكس تأثر المدينة بالأنظمة الجوية الصحراوية والمدارية (الزهراني، ٢٠٢٢).

وبوجه عام، يتسم مناخ الدمام بالحرارة الشديدة صيفًا، والاعتدال نسبيًا شتاءً، مع مستويات متفاوتة من الرطوبة، ورياح نشطة طوال العام. وتُعد هذه الخصائص المناخية عوامل حيوية يجب أخذها في الاعتبار عند تخطيط المدينة، حيث تستدعي توظيف أساليب التكيّف المناخي، وتحسين كفاءة استخدام الموارد الطبيعية، خاصة في مجالات المياه والطاقة والتصميم المعماري الحضري، بما يعزز من استدامة التوسع العمراني (السليمان، ٢٠٢١).

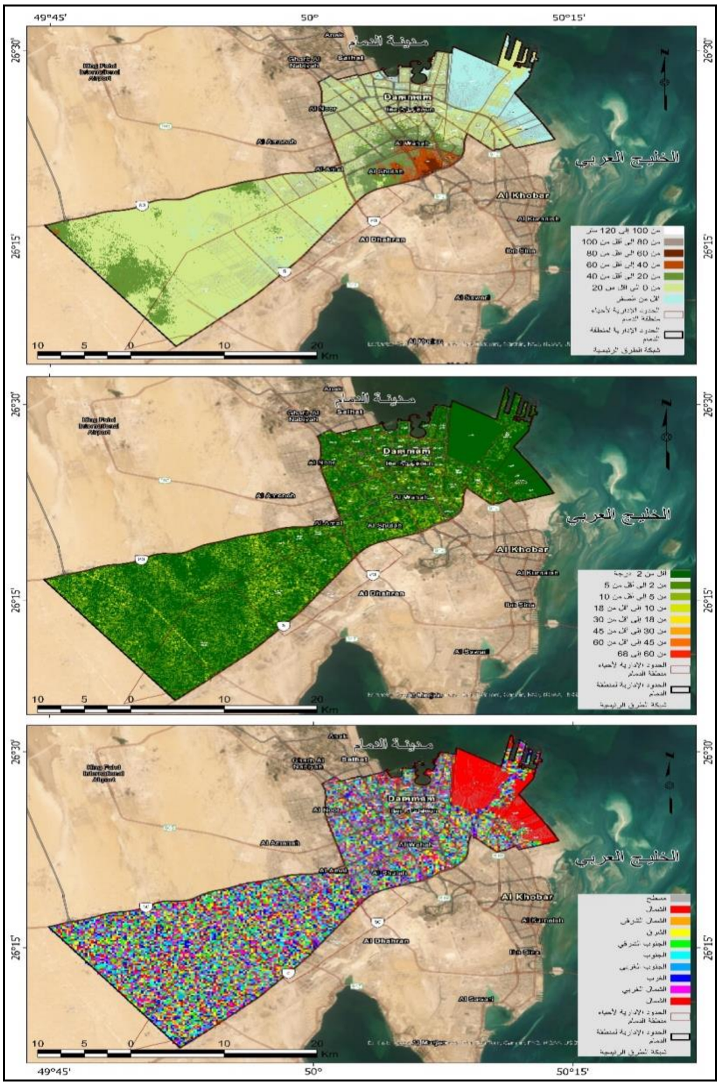
تُعدُّ الطبيعة الطوبوغرافية لمدينة الدمام عاملاً محفزًا للتوسع العمراني، حيث تساهم التضاريس المنبسطة والتربة الرملية في تسهيل عمليات البناء ومد شبكات الطرق والبنية التحتية. ويؤكد ذلك غياب المرتفعات الجبلية البارزة في المدينة، مما يجعل تنفيذ مشاريع البنية التحتية أكثر يُسرًا من الناحية الإنشائية (الشهري، ٢٠١٩). وعلى الرغم من هذه المزايا، فإن وجود بعض المناطق السبخة يفرض تحديات تتطلب معالجات هندسية خاصة مثل تحسين التربة واستخدام تقنيات البناء الملائمة (القحطاني، ٢٠٢٠). وتتميّز أراضي الدمام بسيادة التربة الرملية، مع تواجد سبخات ومناطق منخفضة تحتاج إلى تخطيط دقيق، لا سيما عند التوسع العمراني. كما تشير المعطيات الجغرافية إلى وجود بعض الوديان الصغيرة مثل وادي الدواسر، الذي يمر بالقرب من المدينة، والذي يسهم بدوره في تعزيز

المخزون الجوفي من المياه (الهلالي، ٢٠١٨). واستنادًا إلى الشكل رقم (٣) المعتمد على نماذج الارتفاعات الرقمية (٣٠ متر دقة)، يتضح أن مدينة الدمام تقع على أرض منخفضة نسبيًا، حيث تتراوح الارتفاعات في معظم المناطق بين ٠ و٦٠ مترًا فوق مستوى سطح البحر، وتصل في بعض الأجزاء الجنوبية الغربية إلى حوالي ١٢٠ مترًا، مما يعكس طبيعة ملائمة للتوسع الأفقي (وزارة الشؤون البلدية والقروية، ٢٠٢١).

وتُظهر خريطة الانحدارات أن معظم أراضي المدينة تنحدر بنسبة لا تتجاوز درجتين، وهو ما يشير إلى شبه أفقية الأرض في أغلب المساحات، ما يقلل من تكاليف التسوية والتهيئة. ويُسرّع تنفيذ مشروعات البنية التحتية مثل الطرق والمجاري والمياه والكهرباء (الهاجري، ٢٠٢٢). كذلك، فإن قلة الانحدارات تقلل من مخاطر الانجرافات أو الانهيارات الأرضية، مما يدعم التخطيط الآمن للتوسع الحضري. وتبين تحليلات اتجاهات الانحدار أنها تتوزع بشكل غير منتظم، لكنها تميل في المجمل نحو الخليج العربي شرقًا، وإلى الجنوب الشرقي في المناطق الجنوبية، وهو ما ينعكس مباشرة على نمط تصريف مياه الأمطار والسيول (عبد الله وآخرون، ٢٠٢٠). ومن خلال استغلال الاتجاه الطبيعي للانحدار، يمكن تصميم مسارات فعّالة لتصريف المياه السطحية، وتحديد المناطق المعرضة لخطر الغمر أو تراكم المياه، والتي ينبغي معالجتها إنشائيًا أو تجنّب التوسع العمراني فيها.

وتشير هذه المعطيات مجتمعة إلى أن التضاريس المنبسطة والارتفاعات المتوسطة في الاتجاهات الغربية والجنوبية الغربية من الدمام تمثل مواقع استراتيجية للتوسع العمراني المنظم.

شكـــل رقم (٣) الخصائص الطبوغرافية لمدينة الدمام.



المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٣٠ متر وبيانات خريطة التقسيـــيم الأداري ، الهيئـــة العامـــة للمســـاحة والمعلومـــات الجيومكانيـــة ، ٢٠٢٥ ، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلـــها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

لاسيما أنها تتيح إقامة مشروعات سكنية وصناعية دون عوائق تضاريسية كـــبيرة. كمـــا يمكن توظيف هذه المعطيات في إطار المدينة الذكية، من خلال توجيـــه شـــبكات البنيـــة

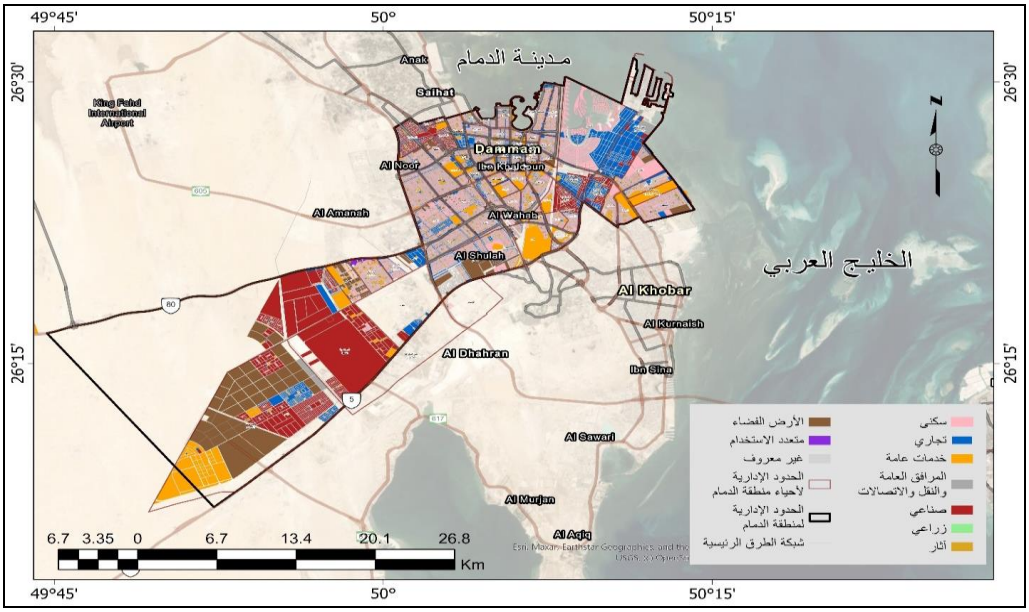
التحتية وفق المعطيات الطبيعية، مما يُحسن من كفاءة التخطيط ويُقلل من تكاليف التنفيذ على المدى الطويل (العتري، ٢٠٢٣). ويُستنتج من هذا التحليل أن مدينة الدمام تمتلك مقومات قوية للنمو الحضري المستدام، مع ضرورة دمج الحلول الهندسية الحديثة لمعالجة المناطق الطينية أو السبخية، وضمان مرونة المدينة تجاه التحديات المناخية والبيئية في المستقبل.

شهدت مدينة الدمام نموًا سكانيًا ملحوظًا خلال الفترة من عام ٢٠١٠ إلى عام ٢٠٢٣، حيث ارتفع عدد سكانها من ٩٠٣,٣١٢ نسمة في عام ٢٠١٠ إلى نحو ١,٣٨٦,١٥٢ نسمة في عام ٢٠٢٣، بزيادة تُقدَّر بحوالي ٥٣.٥%. وقد أدى هذا النمو المتسارع إلى ارتفاع كبير في الطلب على الأراضي السكنية والخدمية، مما حفّز عمليات التوسع العمراني في مختلف الاتجاهات، لا سيما في المناطق الشمالية والجنوبية للمدينة، حيث شُيّدت العديد من المشاريع السكنية الحديثة والمجمعات العمرانية الجديدة لتلبية الاحتياجات المتزايدة للسكان. كما أظهرت البيانات السكانية تنوعًا واضحًا في التركيبة السكانية، إذ بلغ عدد السعوديين في عام ٢٠٢٣ نحو ٦٧٧,٦٥٠ نسمة (٣٤٨,٩٢١ ذكور و٣٢٨,٧٢٩ إناث)، بينما بلغ عدد غير السعوديين ٧٠٨,٤٧٩ نسمة (٥٦٩,٢١٤ ذكور و١٣٨,١٠٦ إناث)، وهو ما يُشير إلى أن غير السعوديين يشكلون حوالي ٥١% من سكان المدينة. مقارنةً بعام ٢٠١٠، فقد كان عدد السعوديين ٥٤٨,٥٤٢ نسمة، وغير السعوديين ٣٥٤,٧٧٠ نسمة، ما يوضح زيادة ملحوظة في كلا الفئتين، لا سيما في عدد غير السعوديين. وتعكس هذه الزيادة السكانية المتنوعة أثرًا واضحًا في تنشيط الحياة الثقافية والاجتماعية في المدينة، حيث أسهم التعدد السكاني في إثراء الفعاليات المجتمعية وتعزيز التفاعل بين مختلف الفئات. كما ساهم هذا النمو في تطوير البنية التحتية، إذ توسعت المدينة في إنشاء المرافق التعليمية، والصحية، والثقافية، وتطورت شبكات النقل والخدمات

العامة بشكل ملحوظ لمواكبة التزايد السكاني، مما جعل الدمام مركزًا حضريًا متقدمًا يتميز بالتنوع والحداثة.

تُعدّ دراسة استخدامات الأراضي إحدى الركائز الجوهرية في علمي التخطيط الحضري والجغرافيا التطبيقية، لما لها من دور حيوي في تفسير كيفية توزيع الأنشطة البشرية والوظائف العمرانية داخل النطاق الحضري، ومدى قدرة المدينة على تلبية احتياجات سكانها الحالية والمستقبلية. وتُشكّل هذه الدراسة أداة مهمة لفهم التفاعل بين التنمية العمرانية والبنية المكانية والاقتصادية للمدن. وتبرز **مدينة الدمام**، بوصفها العاصمة الإدارية للمنطقة الشرقية وأحد أهم المراكز الحضرية والصناعية في المملكة العربية السعودية، كنموذج مثالي لدراسة التوسع الحضري واستخدامات الأراضي؛ نظرًا لما شهدته من نمو عمراني متسارع خلال العقود الأخيرة. هذا النمو انعكس بوضوح على أنماط توزيع الأراضي وتنوع استعمالاتها، مما يستدعي تحليلاً دقيقًا للبنية المكانية القائمة. وقد تم إجراء تحليل تفصيلي لاستخدامات الأراضي في مدينة الدمام، اعتمادًا على **البيانات الميدانية** لمساحات الفئات المختلفة من الاستخدامات، والتي وردت في **الشكل رقم (4)** الذي يُبيّن التوزيع المكاني لاستعمالات الأراضي بالمدينة، و**الجدول رقم (2)** الذي يعرض المساحات الدقيقة لكل فئة وظيفية بوحدة الكيلومتر المربع. تُشكّل هذه البيانات معًا صورة شاملة تعكس البنية الوظيفية الحالية للمدينة، وتوفّر قاعدة معرفية لتوجيه سياسات التنمية الحضرية المستقبلية نحو الاستخدام الأمثل للأراضي وتعزيز كفاءة التوزيع المكاني.

شكـــل رقم (٤) استخدامات الاراضي لمدينة الدمام ٢٠٢٤ م.



المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادا علي بيانات خريطة التقسيم الأداري ، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥ ، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

جدول رقم (٢) مساحات فئات الاستخدامات الرئيسية للأراضي (كم^2).

الاستخدام الرئيسي	المساحات (كم^2)	%
سكنى	82.09	23.96
تجاري	47.71	13.93
خدمات عامة	56.32	16.44
المرافق العامة والنقل والاتصالات	10.45	3.05
صناعي	82.46	24.07
زراعي	1.00	0.29
الأرض الفضاء	62.15	18.14
متعدد الاستخدام	0.40	0.12

المصدر:

عمل الباحثة اعتمادًا على الخريطة الرقمية للتقسيم الأداري ، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥ ، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

يشكل الاستخدام السكني نسبة كبيرة من إجمالي المساحة العمرانية المطورة في مدينة الدمام، حيث بلغ **82.09كم²**، مما يدل على التوسع السكني الكبير الذي شهدته المدينة، مدفوعًا بالنمو السكاني والتطور الاقتصادي. ويعكس هذا الرقم التوجه العام لتوفير بيئات سكنية متنوعة تشمل الفيلات، الشقق السكنية، والمجمعات السكنية المخططة، بما يتناسب مع احتياجات شرائح المجتمع المختلفة. كما يشير إلى النمط العمراني الأفقي السائد في المدينة، وهو أمر شائع في معظم المدن الخليجية، لكنه يتطلب مراجعة مستمرة لضمان كفاءة استخدام الأراضي، وتوفير البنية التحتية والخدمات بشكل متوازن .في حين بلغت

المساحة المخصصة للاستخدام الصناعي في الدمام **82.46كم²**، متجاوزة قليلًا الاستخدام السكني، ما يعكس الأهمية الاقتصادية والصناعية الكبرى للمدينة ضمن المنطقة الشرقية. وتُعد الدمام من أبرز المدن الصناعية في المملكة، حيث تضم العديد من المناطق الصناعية الكبرى مثل **المدينة الصناعية الأولى**، وتستضيف عددًا من الصناعات البتروكيميائية والمعدنية والغذائية. وتُعدّ هذه النسبة مؤشرًا واضحًا على التوجه الاستراتيجي للدولة في تعزيز القطاع الصناعي لتحقيق التنمية الاقتصادية وتنويع مصادر الدخل، بما يتماشى مع أهداف **رؤية السعودية ٢٠٣٠**.

تمثل الأراضي الفضاء غير المطورة ما مساحته **62.15كم²**، وهي مساحات شاسعة غير مستخدمة حاليًا لأغراض عمرانية. وعلى الرغم من أن هذه الأراضي قد تبدو غير فعالة في المرحلة الراهنة، فإنها تمثل رصيدًا مستقبليًا مهمًا للتوسع العمراني والتنموي. ويمكن توجيه هذه المساحات مستقبلاً نحو الاستخدامات السكنية أو الخدمية أو المساحات المفتوحة والحدائق. من جهة أخرى، فإن هذه النسبة قد تعكس وجود بعض التحديات في التنظيم العمراني أو ضعف في استغلال بعض المناطق داخل النطاق الحضري، الأمر الذي

يتطلب مراجعة المخططات الهيكلية للمدينة وتعزيز الكفاءة في تخصيص الأراضي. في المقابل بلغت مساحة الخدمات العامة **56.32كم²**، وتشمل هذه الفئة المؤسسات التعليمية، المرافق الصحية، المساجد، مراكز الدفاع المدني، ومرافق الرعاية الاجتماعية. وتُعد هذه المساحة دليلاً إيجابيًا على الاهتمام بتوفير البنية الاجتماعية والخدمية لسكان المدينة، مما يسهم في تحسين جودة الحياة ويعزز الاستقرار المجتمعي. وقد شهدت الدمام في السنوات الأخيرة توسعًا في إنشاء المدارس، المستشفيات، والمرافق الخدمية، تماشيًا مع الزيادة السكانية والنمو الحضري المتسارع، مما يعكس نجاح السياسات البلدية في تلبية احتياجات المجتمع.

تحتل الاستخدامات التجارية ما مساحته **47.71كم²**، ما يشير إلى ازدهار النشاط التجاري وتنوعه داخل المدينة. ويشمل هذا القطاع الأسواق التقليدية، المراكز التجارية الحديثة (المولات)، المجمعات الإدارية، والمحلات التجارية المنتشرة في الأحياء. ويعكس هذا الرقم قوة مدينة الدمام كمركز تجاري رئيسي يخدم ليس فقط سكان المدينة، بل يمتد تأثيره إلى المدن المجاورة كخبر. كما يُبرز أهمية البنية التحتية التجارية في دعم الاقتصاد المحلي وخلق فرص العمل. في حين بلغت مساحة المرافق العامة وقطاع النقل والاتصالات **10.45كم²**، وهي مساحة تعكس بداية التحول نحو تطوير أنظمة النقل الحضري، وتحسين الاتصالات والبنية التحتية الأساسية. وتشمل هذه الفئة الطرق الرئيسية، محطات النقل، مراكز الاتصالات، وأبراج شبكات الهاتف المحمول. ويُعدّ تطوير هذا القطاع أمرًا حيويًا في ضوء التوسع العمراني والزيادة السكانية، إذ يساعد على تسهيل حركة الأفراد والبضائع، وتقليل الازدحام المروري، والربط بين المناطق المختلفة بشكل أكثر كفاءة.

تُعد المساحة المخصصة للاستخدام الزراعي في الدمام محدودة جدًا، إذ لم تتجاوز **1.00 كم²** .ويُعزى ذلك إلى الطبيعة البيئية للمدينة ذات المناخ الجاف، والتربة الرملية، وقلة الموارد المائية. ورغم التحديات، فإن هناك جهودًا تُبذل في إطار الزراعة الحضرية، مثل

الزراعة في البيوت المحمية، والزراعة الرأسية، وهي توجهات يمكن تعزيزها مستقبلًا لتحسين جودة البيئة، وتوفير مساحات خضراء داخل المدينة. بينما بلغت مساحة الاستخدامات متعددة الأغراض **0.40كم²** فقط، وهي مساحة صغيرة نسبيًا، إلا أنها تشير إلى بداية تبني أنماط عمرانية حديثة تشمل دمج الوظائف السكنية والتجارية والخدمية في مواقع واحدة. ويُعد هذا النوع من الاستخدامات من أبرز التوجهات في تخطيط المدن الذكية والمستدامة، إذ يسهم في تقليل الحاجة إلى التنقل، ورفع كفاءة استغلال الأرض.

تُعتبر شبكة الطرق في الدمام من أبرز مكونات البنية التحتية، حيث تربط المدينة ببقية مدن المملكة وتُسهم في تسهيل الحركة المرورية والتجارية. ومن بينها الطرق الرئيسية مثل طريق الدمام –الرياض (طريق ٤٠) الذي يُعد شريانًا حيويًا يربط الدمام بالرياض، وطريق الدمام –الخبر السريع الذي يُسهل التنقل بين المدينتين. والطرق الثانوية، والتي تُستخدم لربط الأحياء السكنية بالمناطق التجارية والصناعية، وتُسهم في توزيع الحركة المرورية بشكل متوازن. والطرق المحلية التي تخدم الأحياء السكنية بشكل مباشر، وتُعتبر أساسية في تسهيل الوصول إلى الخدمات اليومية.

ثانياً: تصنيف المرئيات الفضائية (كم²) خلال الفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤ بمدينة الدمام.

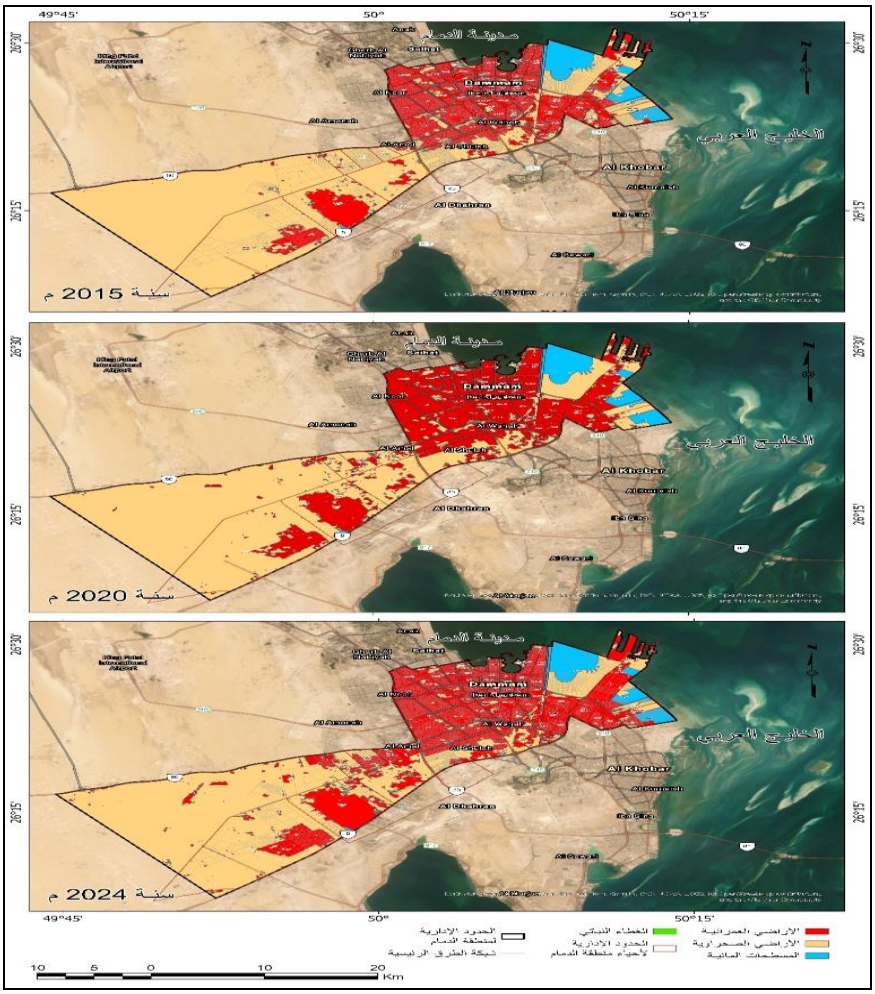
يُعد تصنيف الغطاء الأرضي أداة أساسية لفهم التغيرات في استخدامات الأراضي، خاصة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد مثل مرئيات الأقمار الصناعيةSentinel-2 ، والتي تتيح تتبع التحولات في أنواع الغطاء الأرضي، مثل الأراضي الحضرية والزراعية والصحراوية، مما يسهم في تحليل أنماط النمو العمراني في مدينة الدمام (Zhang et al., 2020; Drusch et al., 2012). انعكس التوسع العمراني على توزيع المساحات الطبيعية والبنية التحتية، حيث لوحظ تراجع الأراضي الزراعية وزيادة المناطق العمرانية بشكل ملحوظ (Alghamdi, 2021) . لتحقيق ذلك، تم تصنيف الغطاء الأرضي

اعتمادًا على صور الأقمار الصناعية لسنوات ٢٠١٥، ٢٠٢٠، و٢٠٢٤، الملتقطة خلال شهر أبريل لضمان أفضل ظروف رصد، حيث يكون الغطاء النباتي في ذروته وتقل تأثيرات العوامل الجوية(Xie et al., 2008) . تم جمع هذه الصور من منصات البيانات المفتوحة مثلCopernicus Open Access Hub ، ثم خضعت لمعالجات تصحيحية جوية وهندسية لتحسين دقتها.(Gao, 2009)

كما تم الاستعانة بمؤشرات طيفية متخصصة، مثل مؤشر الغطاء النباتي المعياري (NDVI)لتمييز الأراضي الزراعية والعشبية، ومؤشر المياه المعدل (MNDWI) لتحديد المسطحات المائية .(Xu, 2006; Pettorelli et al., 2005) اعتمد التصنيف على تقنيات التصنيف الإشرافي باستخدام برنامجENVI 5.2 ، بالإضافة إلى تطبيق خوارزمية آلة الدعم الآلي للمتجهات(SVM) ، التي تميزت بدقة عالية في تصنيف المرئيات متعددة الأطياف (Foody & Mathur, 2004; Mountrakis et al., 2011)، وتم التعامل مع كل مرئية بصورة مستقلة، ثم دمج الفئات المصنفة في أربع مجموعات رئيسية: الأراضي الزراعية، المسطحات المائية، الأراضي العمرانية، والأراضي الصحراوية. بعد عملية التصنيف، جرى تحليل التغيرات الزمنية للمساحات المصنفة، حيث أظهرت النتائج تباينًا واضحًا في نسب الغطاء الأرضي بين الفترات المدروسة. حيث بلغ مجموع مساحات الفئات المختلفة للغطاء الأرضي في المدينة نحو ٦٦٨.٧٨ كم^2 عام ٢٠١٥م، وظلت هذه القيمة ثابتة تقريبًا في عامي ٢٠٢٠ و٢٠٢٤م، حيث وصلت إلى ٦٦٨.٧٧ كم^2، ما يعني أن التغيرات التي حدثت كانت داخلية بين الفئات وليست نتيجة إضافة أو فقدان لأراضٍ جديدة ضمن نطاق المدينة (Alghamdi, 2021) .ويُظهر الاتجاه العام للبيانات وجود نمط واضح يتمثل في تقليص مساحة الأراضي الصحراوية لصالح الأراضي العمرانية والغطاء النباتي، مما يشير إلى تحول في استخدامات الأرض نحو التوسع السكاني والعمراني، وكذلك محاولات إعادة تأهيل بيئي محدودة تمثلت في زيادة

الغطاء النباتي(Zhang et al., 2020) . ومن خلال تحليل الشكل رقم (٥) لفئـــات تصنيف الغطاء الأرضي، ويوضح جدول (٣) التغيير في مساحات الغطاء الأرضي، حيث يوضح التوزيع النسبي لكل فئة من فئات الغطاء الأرضي في بداية ونهاية فتـــرة الدراســـة، بالإضافة إلى معدلات التغيير السنوية لكل فئة، يتضح الآتي:

شكـــل رقم (٥) فئات تصنيف الغطاء الارضي خلال الفترة من (٢٠١٥ – ٢٠٢٤ م).



المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على تحليل مرئيات الأقمار الصناعيةSentinel-2 والتصنيف المباشر باستخدام جوجل ايرث ايجن ، واعتمادا علي بيانات خريطة التقسيم الأداري ، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥ ،

https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلها باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

جدول رقـــم (٣) تغيرات مساحات فئات الغطاء الأراضي (كم^2) خلال الفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤ بمدينـــة الدمام.

فئات الغطاء الارضي	المساحات (كم^2)						
	م 2015سنـــة	م 2020سنـــة	م 2024سنـــة	التغير ٢٠٢٤-٢٠٢٠ (كم^2)	التغير ٢٠٢٠-٢٠١٥ (كم^2)	صافي التغير (كم^2)	معدل التغير السنوي (كم^2/سنة)
المسطحات المائيـــة	31.71	31.57	30.9	-0.67	-0.14	-0.81	-0.07
الغطاء النباتي	0.09	0.08	0.44	0.36	-0.01	0.35	0.03
الأراضي العمرانيـــة	206.29	231.08	268.28	37.2	24.79	62	5.17
الأراضي الصحراوية	430.69	406.04	369.15	-36.89	-24.65	-61.54	-5.13
الإجمالي	**668.77**			0	0	0	0

المصـــدر من عمل الباحثة، اعتمادًا على التحليل الإحصائي لشكل رقم (٥) باستخدام برنامج ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

بلغت مساحة المسطحات المائية في مدينة الـــدمام عـــام ٢٠١٥ نحـــو ٣١.٧١ كـــم^2، وانخفضت بشكل طفيف إلى ٣١.٥٧ كم^2 في عام ٢٠٢٠، ثم إلى ٣٠.٩٠ كم^2 في عـــام ٢٠٢٤، بصافي تغير قدره -٠.٨١ كم^2 خلال الفترة المدروسة. وبلـــغ معـــدل الـــتغير السنوي في المسطحات المائية نحو -٠.٠٧ كم^2/سنة. يشير هذا التراجـــع الطفيـــف إلى احتمالية حدوث جفاف جزئي في بعض المناطق الساحلية، أو تغيير في استخدام الأراضي الساحلية لصالح مشاريع البنية التحتية أو التوسع الحضري. وقد يكون السبب أيضًا مردّه إلى عمليات ردم البحر وإنشاء المرافئ أو المناطق الصناعية والسياحية على الســـواحل في المقابل سجّلت المساحات الخضراء أو ما يُعرف بالغطاء النباتي تغـــيرًا لافتًـــا في الفتـــرة الأخيرة، حيث كانت المساحة ٠.٠٩ كم^2 فقط في عام ٢٠١٥، ثم انخفضـــت قليلًـــا إلى

٠.٠٨ كم^2 عام ٢٠٢٠، قبل أن تقفز إلى ٠.٤٤ كم^2 بحلول عام ٢٠٢٤، بصافي زيادة قدرها ٠.٣٥ كم^2، ومعدل تغير سنوي بلغ ٠.٠٣ كم^2/سنة. وتُعد هذه الزيادة مؤشرًا إيجابيًا على توجه السلطات المحلية نحو تعزيز التشجير والمساحات الخضراء داخل المدينة، ربما من خلال إنشاء حدائق عامة ومتنزهات حضرية ضمن مشاريع التحسين البيئي. كما يمكن أن تعكس جهودًا ضمن مبادرات الاستدامة أو رؤية السعودية ٢٠٣٠، التي تُعطي أولوية كبيرة لرفع جودة الحياة وتحسين البيئة الحضرية.

تشير بيانات الجدول إلى أن فئة الأراضي العمرانية شهدت أعلى نسبة نمو خلال الفترة المدروسة، حيث ارتفعت مساحتها من ٢٠٦.٢٩ كم^2 في عام ٢٠١٥ إلى ٢٣١.٠٨ كم^2 في عام ٢٠٢٠، ثم إلى ٢٦٨.٢٨ كم^2 في عام ٢٠٢٤، بصافي زيادة قدرها ٦٢.٠٠ كم^2 خلال تسع سنوات، ومعدل تغير سنوي بلغ نحو ٥.١٧ كم^2/سنة. يعكس هذا النمو الكبير التوسع الحضري السريع الذي تشهده مدينة الدمام، وهو أمر متوقع نظرًا للنمو السكاني والاقتصادي في المنطقة الشرقية بشكل عام. والدمام بشكل خاص كونها عاصمة المنطقة. ويُعزى هذا النمو إلى إنشاء مشاريع سكنية وتجارية وصناعية جديدة، إلى جانب توسعات البنية التحتية مثل الطرق والمطارات والمنشآت الخدمية، مما أدى إلى تحويل مساحات شاسعة من الأراضي الصحراوية إلى أراضٍ مطورة في حين انخفضت مساحة الأراضي الصحراوية من ٤٣٠.٦٩ كم^2 في عام ٢٠١٥ إلى ٤٠٦.٠٤ كم^2 في عام ٢٠٢٠، ثم إلى ٣٦٩.١٥ كم^2 في عام ٢٠٢٤، بصافي انخفاض بلغ -٦١.٥٤ كم^2، ومعدل تراجع سنوي يعادل -٥.١٣ كم^2/سنة.

ويتماشى هذا التراجع مع التوسع العمراني والزيادة في المساحات المبنية، مما يعني أن هذه الفئة تُعد مصدرًا رئيسيًا لتمدد المدينة. وتحول الأراضي الصحراوية إلى مناطق سكنية أو خدمية يُعد جزءًا من عملية التوسع الحضري الطبيعي، لكنه يثير تساؤلات بيئية مرتبطة

بفقدان التنوع الطبيعي في المناطق الجافة وشبه الجافة، وضرورة التخطيط المتوازن لاستخدام الأراضي.

واخيرا أظهرت دراسة تصنيف وتحليل الغطاء الأرضي في مدينة الدمام للفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤م اتجاهات واضحة نحو التوسع العمراني على حساب الأراضي الطبيعية، وخاصة الأراضي الصحراوية. وعلى الرغم من أن المساحة الإجمالية للمدينة بقيت شبه ثابتة، إلا أن التغيرات الداخلية بين الفئات المختلفة عكست تحولات مكانية مهمة مرتبطة بالنمو السكاني والحراك الاقتصادي. كما أن الزيادة الطفيفة في الغطاء النباتي تعطي مؤشرًا إيجابيًا نحو تبني استراتيجيات بيئية داعمة لتحسين جودة الحياة، ولو أن هذه الجهود ما تزال بحاجة إلى مزيد من التعزيز. تُبرز هذه التحولات الحاجة الماسة إلى تخطيط حضري أكثر توازنًا يأخذ في الاعتبار الحفاظ على البيئات الطبيعية والموارد المائية، خاصة مع استمرار الضغوط الناتجة عن التوسع العمراني والمشاريع الساحلية. كما تؤكد النتائج أهمية الاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بُعد في دعم صانعي القرار برصد التغيرات المكانية بدقة عالية وتوجيه التنمية بطريقة مستدامة. في ضوء هذه المعطيات، يصبح تعزيز السياسات البيئية، وزيادة برامج التشجير، والاعتماد على الحلول المبتكرة لإدارة الموارد، من العوامل الضرورية لضمان نمو حضري متكامل ومستدام في مدينة الدمام خلال العقود القادمة.

ثالثاً: نمذجة التغير في الغطاء الأرضي:

تم اعتماد منهجية التصنيف المباشر لمرئيات الأقمار الصناعية لاكتشاف ومراقبة التغيرات في استخدامات الأراضي بمدينة الدمام خلال الفترة من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤م. هدفت هذه المنهجية إلى رصد ومتابعة التحولات في مساحات الغطاءات الأرضية، سواءً كان هذا التغير يتمثل في زيادة مساحة بعض الفئات أو نقصانها أو بقاء بعضها دون تغيير. تم تطبيق تحليل التغير باستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analysis Tools) ضمن

بيئة برنامج ArcGIS V.10.8، مما أتاح مقارنة طبقات التصنيف الممثلة للغطاء الأرضي لكل من عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤م، وتحديد طبيعة التحولات ومواقعها بدقة عالية، مما ساعد على تحديد طبيعة التحولات ومواقعها بدقة عالية اعتمادا على جدول رقم (٣)، وشكل رقم (٥). تتبع المنهجية مسارين رئيسيين:

- **الأراضي التي لم يتغير استخدامها** :وهي الأراضي التي احتفظت بنفس نوع الغطاء الأرضي خلال الفترة الزمنية المدروسة.
- **الأراضي التي شهدت تغييرًا** :وتشمل الأراضي التي تحولت من فئة غطاء أرضي إلى أخرى (مثل التحول من أراضٍ صحراوية إلى أراضٍ عمرانية).

الأراضي التي لم يتغير استخدامها:

تعكس الأراضي التي احتفظت بنفس نوع الغطاء الأرضي خلال الفترة الزمنية الممتدة من عام ٢٠١٥ إلى عام ٢٠٢٤ حالة من الاستقرار النسبي في بعض فئات الغطاء الأرضي بمدينة الدمام. يتضح ذلك جليًا من خلال المساحات التي بقيت على حالها مثل المسطحات المائية التي استمرت كما هي بمساحة تبلغ ٣٠.٥٧ كم^2، والأراضي العمرانية التي احتفظت بوظيفتها العمرانية بمساحة بلغت ٢٠٢.٨٥ كم^2، وكذلك الأراضي الصحراوية التي بقيت صحراوية بمساحة كبيرة قدرها ٣٦٥.٠١ كم^2. يمثل هذا الثبات دلالة على أن المدينة لم تشهد تغييرات جذرية في جميع مناطقها، بل اقتصر التغير على مواقع محددة، مما يعكس وجود نوع من السيطرة والتخطيط على عملية التنمية العمرانية. كما يمكن تفسير الاستقرار في المساحات الصحراوية خصوصًا بأنه نتيجة لخصائص بيئية صعبة تحد من تحويلها إلى أنماط استخدام أخرى بسهولة، أو أن المخططات التنموية ركزت على التوسع ضمن مناطق محددة دون أن تشمل كامل الأراضي الصحراوية المحيطة.

الأراضي التي شهدت تغييرًا:

شهدت مدينة الدمام تغيرات ملحوظة في أنماط استخدام الأراضي بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤، حيث تحولت مساحات كبيرة من الأراضي من فئة إلى أخرى. كان أبرز التحولات هو تحول نحو ٦٤.٩٨ كم^2 من الأراضي الصحراوية إلى أراضٍ عمرانية، مما يعكس توسعًا حضريًا ملحوظًا لتلبية احتياجات النمو السكاني والاقتصادي. بالإضافة إلى ذلك، تم تحويل مساحات صغيرة من الأراضي الزراعية إلى الاستخدام العمراني (٠.٠٣ كم^2) والأراضي الصحراوية (٠.٠٤ كم^2)، كما تم فقدان بعض المسطحات المائية لصالح الأراضي العمرانية (٠.٤ كم^2) والأراضي الصحراوية (٠.٧ كم^2). على الصعيد البيئي، لوحظ أيضًا بعض التحولات الإيجابية، مثل تحويل أجزاء من الأراضي الصحراوية إلى مسطحات مائية (٠.٢٧ كم^2) أو أراضٍ زراعية (٠.٣٩ كم^2)، ما يدل على محاولات لاستصلاح الأراضي وزيادة الإنتاجية. في المقابل، شهدت بعض الفئات تناقصًا في مساحتها، حيث بلغ إجمالي الأراضي المتناقصة ٤.٨٨ كم^2. تم تحويل جزء من الأراضي الصحراوية إلى مناطق عمرانية (٦٤.٩٨ كم^2) أو مسطحات مائية (٠.٢٧ كم^2)، بالإضافة إلى تناقص المساحات الزراعية بمقدار ٠.٠٣ كم^2. يشير هذا التراجع إلى الضغط الكبير الناتج عن التوسع العمراني على الأراضي الطبيعية، مما يؤدي إلى فقدان بعض المساحات الزراعية والبيئات الصحراوية التي كانت تشكل جزءًا من النظام البيئي. هذه التحولات تبرز التحديات البيئية المرتبطة بالتنمية الحضرية، وتؤكد أهمية تبني استراتيجيات مستدامة لإدارة الأراضي والحفاظ على التنوع البيولوجي في المدينة.

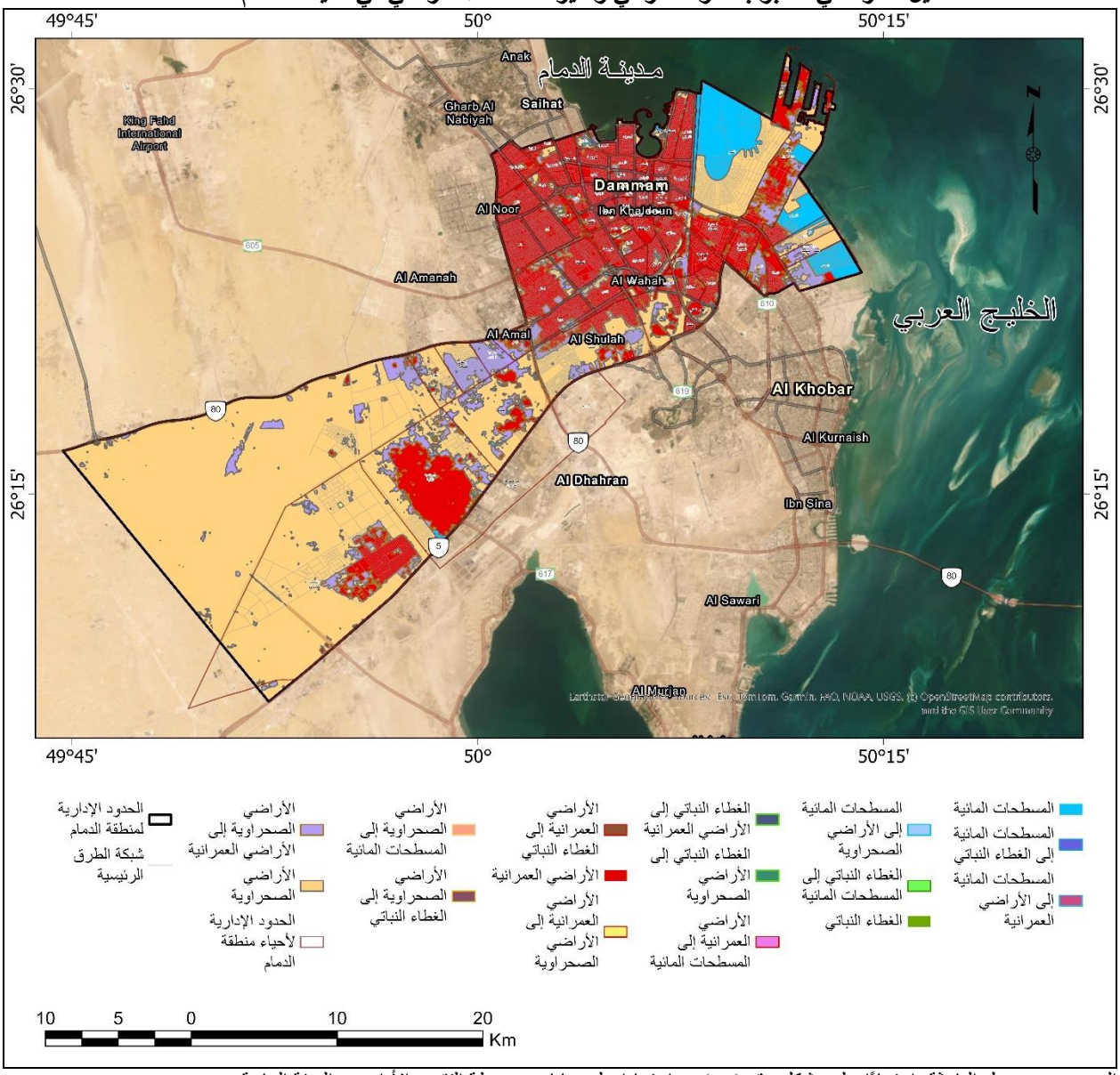
تحولات فئات الغطاء الأرضي بمدينة الدمام بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤:

تعد دراسة تحولات فئات الغطاء الأرضي أحد أهم الجوانب التي تساعد في فهم التغيرات البيئية والعمرانية التي تطرأ على مدينة معينة عبر الزمن. مدينة الدمام، بوصفها واحدة من أبرز المدن في المنطقة الشرقية للمملكة العربية السعودية، شهدت تطورًا ملحوظًا في السنوات الأخيرة، سواء على مستوى النمو السكاني أو توسع النشاطات الاقتصادية

والصناعية. ويعكس الجدول المرفق تحولات فئات الغطاء الأرضي في المدينة بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤، ويظهر هذه التحولات من خلال تحليل المساحات المخصصة لكل فئة من الفئات الأرضية المختلفة اعتمادا على شكل رقم (٦)، وجدول رقم (٤).

تحولت **المسطحات المائية** بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤ م الى عدة استخدامات أخرى. على سبيل المثال، تحولت **المسطحات المائية إلى أراضٍ عمرانية** بمساحة **0.4 كم²**. يعكس هذا التحول التطور العمراني السريع في المدينة، حيث تم تحويل بعض المسطحات المائية إلى مناطق بناء ومع ذلك.

شكل رقم (٦) رصد فئات التحول في الغطاء الارضي بمدينة الدمام خلال الفترة من (٢٠١٥ – ٢٠٢٤ م).



المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على شكل رقم (٥) ، واعتمادا علي بيانات خريطة التقسيم الأداري ، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥ ، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلها المكاني والاحصائي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

جدول رقم (٤) تحولات فئات الغطاء الأرضي بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤ بمدينة الدمام (كم^2).

التغير في فئات الغطاء الاراضي	المساحة (كم^2)
مسطحات مائية لم تتغير	30.57
مسطحات مائية إلى الأراضي الزراعية	0.02
مسطحات مائية إلى أراضي عمرانية	0.4
مسطحات مائية إلى الأراضي الصحراوية	0.7
الأراضي الزراعية إلى مسطحات مائية	0.02
الأراضي الزراعية لم تتغير	0
الأراضي الزراعية إلى أراضي عمرانية	0.03
الأراضي الزراعية إلى الأراضي الصحراوية	0.04
أراضي عمرانية إلى مسطحات مائية	0.03
أراضي عمرانية إلى الأراضي الزراعية	0.03
أراضي عمرانية لم تتغير	202.85
أراضي عمرانية إلى الأراضي الصحراوية	3.37
الأراضي الصحراوية إلى مسطحات مائية	0.27
الأراضي الصحراوية إلى الأراضي الزراعية	0.39
الأراضي الصحراوية إلى أراضي عمرانية	64.98
الأراضي الصحراوية لم تتغير	365.01
الأجمالي	668.71

المصدر : من عمل الباحث اعتمادا على شكل رقم (٦) باستخدام التحليل المكاني والاحصائي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤.

يمكن أن يشير هذا التحول إلى تحديات بيئية تتعلق بتقليص المسطحات المائية التي تعتبر حيوية للبيئة المحلية، مثل تنقية الهواء وتوفير بيئات مائية للمجتمعات الحيوية. علاوة على ذلك، تحولت **المسطحات المائية إلى أراضٍ صحراوية** بمقدار **0.7 كم^2**، مما يعكس حدوث تغيرات بيئية ربما نتيجة لانخفاض مستوى المياه أو إعادة تأهيل بعض المناطق المائية، بينما شهدت الأراضي الزراعية تحولات متواضعة خلال الفترة الزمنية من ٢٠١٥ إلى ٢٠٢٤م من أبرز هذه التحولات هو التحول الطفيف من **الأراضي الزراعية إلى أراضٍ عمرانية** بمساحة **0.03كم^2**، مما يشير إلى تأثير التوسع العمراني على الأراضي

الزراعية. هذه التحولات يمكن أن تُعتبر مؤشرًا على انخفاض المساحات الزراعية لصالح الأنشطة الحضرية، وهو ما يعكس التوجه نحو زيادة المساحات السكنية والصناعية، وهو أمر شائع في المدن الكبرى. كما حدث تحول ضئيل من **الأراضي الزراعية إلى الأراضي الصحراوية** بمقدار **0.04كم²** .يُحتمل أن يكون هذا نتيجة عوامل بيئية أو بشرية أدت إلى ترك الأراضي الزراعية واستخدامها لأغراض أخرى مثل الزراعة الصحراوية أو تدهور التربة الزراعية.

تمثل **الأراضي العمرانية** الجزء الأكبر من التحولات التي شهدتها المدينة بين عامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤م. حيث شهدت **الأراضي العمرانية تحولًا كبيرًا** نحو مزيد من التوسع العمراني، وهو ما تمثل في تحول **أراضي عمرانية إلى أراضٍ عمرانية** بمقدار **202.85كم²** . ويعكس هذا التحول زيادة كبيرة في البناء والتطوير العمراني داخل المدينة، بما في ذلك التوسع في المجمعات السكنية والمرافق العامة والمراكز التجارية. ومع ذلك، لا يمكن إغفال التحول الذي حدث من **أراضٍ عمرانية إلى أراضٍ صحراوية** بمقدار **3.37كم²** .هذا يشير إلى أن هناك بعض المناطق العمرانية التي قد تكون تعرضت للتدهور أو التي لم يتم استغلالها بشكل كامل، مما أدى إلى تراجع استخدامها في الأنشطة الحضرية والانتقال إلى الاستخدامات الصحراوية، في حين تعتبر **الأراضي الصحراوية** من الفئات التي شهدت أكبر التحولات بين ٢٠١٥ و٢٠٢٤م. حيث انتقلت **الأراضي الصحراوية إلى أراضٍ عمرانية** بمقدار **64.98كم²**، ما يعكس التوسع العمراني الذي استغل الأراضي الصحراوية لتطوير مناطق سكنية وصناعية جديدة. هذا التحول يدل على أن مدينة الدمام تستغل بشكل كبير الأراضي الصحراوية في تحقيق توسع حضري يتماشى مع النمو السكاني والاقتصادي، وهو الأمر الذي يعكس توجهًا نحو استخدام الأراضي البور والصحراوية لزيادة المساحات المتاحة للإسكان والبنية التحتية. من ناحية أخرى، شهدت الأراضي الصحراوية **تحولًا إلى أراضٍ صحراوية** بمقدار **365.01كم²**، وهو ما يُعتبر

تحولًا طبيعيًا في الكثير من الحالات، حيث تظل المساحات الصحراوية في جزء كبير منها بلا تغيير، خاصة إذا كانت هذه الأراضي غير صالحة للاستخدامات العمرانية أو الزراعية.

رابعاً: التنبؤ المستقبلي بمساحة التغير في الغطاء الارضي بمنطقة الدمام:

تُعدّ دراسة التنبؤ المستقبلي بتغيرات الغطاء الأرضي في مدينة الدمام من الدراسات الحيوية التي تساهم في فهم ديناميكيات التحول المكاني وتأثيراتها البيئية والاجتماعية. تُظهر هذه الدراسات أهمية استخدام تقنيات متقدمة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بُعد، بالإضافة إلى نماذج رياضية متطورة مثل نموذج سلسلة ماركوف (Markov Chain)ونموذج الأتمتة الخلوية (Cellular Automata) لتقديم تنبؤات دقيقة حول التغيرات المستقبلية في الغطاء الأرضي . اعتمدت الدراسة على استخدام برنامج IDRISI Selva 17 لتطبيق نموذج الأتمتة الخلوية-سلسلة ماركوف (CA-Markov)في التنبؤ بتغيرات الغطاء الأرضي في الدمام. تم تصنيف خرائط الغطاء الأرضي لعامي ٢٠١٥ و٢٠٢٤، ومن ثم إنشاء مصفوفة احتمالات الانتقال بين الفئات المختلفة للغطاء الأرضي. استندت هذه المصفوفة إلى مقارنة صور الأقمار الصناعية من فترتين زمنيتين مختلفتين، مما أتاح تحديد احتمالات التحول بين الفئات المختلفة للغطاء الأرضي . تمثل الخطوة الأولى في بناء مصفوفة الاحتمالات لانتقال كل فئة من فئات الغطاء الأرضي. تم تحديد عدد السنوات التي سيتم فيها الإسقاط، وهي ٢٦ سنة، لتغطية الأعوام ٢٠٣٥ ٢٠٥٤. كما تم تعيين الخطأ النسبي ليكون ١٥ .% في الخطوة الثانية، تم استخدام نموذج الأتمتة الخلوية (CA) لتوليد خرائط الغطاء الأرضي المستقبلية. تم أخذ خريطة الغطاء الأرضي لعام ٢٠٢٤ كأساس للنموذج، ومن ثم محاكاة التغيرات المتوقعة في الغطاء الأرضي حتى عام ٢٠٥٤ .

يُعد نموذج CA-Markov[1] من النماذج المُهمة للتنبؤ بالتغيرات المُستقبلية؛ لأنه يجمع بين عناصر مُتعددة ومختلفة في عملية النمذجة، وقد أشير إليه على نطاق واسع على اعتباره الأسلوب الأكثر كفاءة لنمذجة احتمالات التغيرات الزمكانية للغطاءات الأرضية؛ ومن ثم فقد أصبح أحد أهم الطرق في البحوث الجغرافية. ويستند هذا النموذج إلى مُعامل الجار الأقرب؛ الذي ينص على أن "الخلية/البكسل التي تقع بالقرب من صنف مُحدد من استعمالات الأراضي – كالمناطق العُمرانية، مثلاً–تكون أكثر عُرضة للإنتقال إلى هذه الفئة". كما أن نموذج ماركوف لا يكتفي بتحليل التغير الكمي فحسب، بل يقوم أيضاً بالكشف عن مُعدلات الإنتقال بين مُختلف أنواع الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي، ويتم حساب التنبؤ بهذه التغيرات استناداً إلى مصفوفة احتمالات الانتقال المشروط (Ouakhir, 2020،P.48). وقد تم تطبيق عملية التنبؤ المُستقبلي اعتماداً على برنامج Idrisi Selva 17، باستخدام نموذج ماركوف المُختلط CA-Makov Model؛ حيث أنه من أفضل البرامج في تنفيذ هذه العملية، والذي تم تطويره من قبل مُختبرات جامعة كلارك (Jim, 2021،P.5).

وتبعاً لأن عملية التنبؤ تتطلب معلومات موثوقة وكافية تُغطي فترة زمنية مُناسبة؛ فإن بيانات الاستشعار من البُعد، المُتعددة زمنياً، تُعد وسيلة ناجحة لتحقيق هذا الهدف. ومن ثم؛ فقد تم الاستعانة بالتصنيف الموجه لهذه البيانات في الفترة الزمنية ٢٠١٥-٢٠٢٤؛ وتم تنفيذ نموذج مُحاكاة التغيُرات المكانية المُستقبلية من خلال مجموعة من الخطوات المنهجية، بيانها كما يلي:

[1] تُعرف مصفوفة ماركوف على أنها سلسلة من المُتغيرات العشوائية، يتم من خلالها ترتيب الاحتمالات الإنتقالية داخل مصفوفة تربيعية أبعادها N*N، تُعرف باسم Markov Matrix. وتتميز هذه المصفوفة بعدد من الخصائص، أبرزها أن كُل عنصر من عناصرها يجب أن يكون غير سالب، كما يجب أن يكون كل صف فيها مُساوياً للعدد واحد. وتنشأ سلسلة ماركوف المعنية بالتغيرات الزمنية التي تحدث بين المُتغيرات المُختلفة بالإرتكاز على مصفوفة احتمال الإنتقال أو التغير؛ حيث تؤدي هذه المصفوفات دوراً حيوياً ومُهماً في التعبير عن العلاقات الرياضية مُتعددة المُتغيرات؛ وذلك بطريقة مُبسطة، تُسهل فهمها وإيجاد الحلول المُناسبة لها (Jim, 2021،P.5).

١- تحويل ملفات تصنيف الغطاء الأرضي إلى من هيئة البيانات الصورية Raster إلى هيئة البيانات النصية ASCII، باستخدام برنامج Arc-Map.

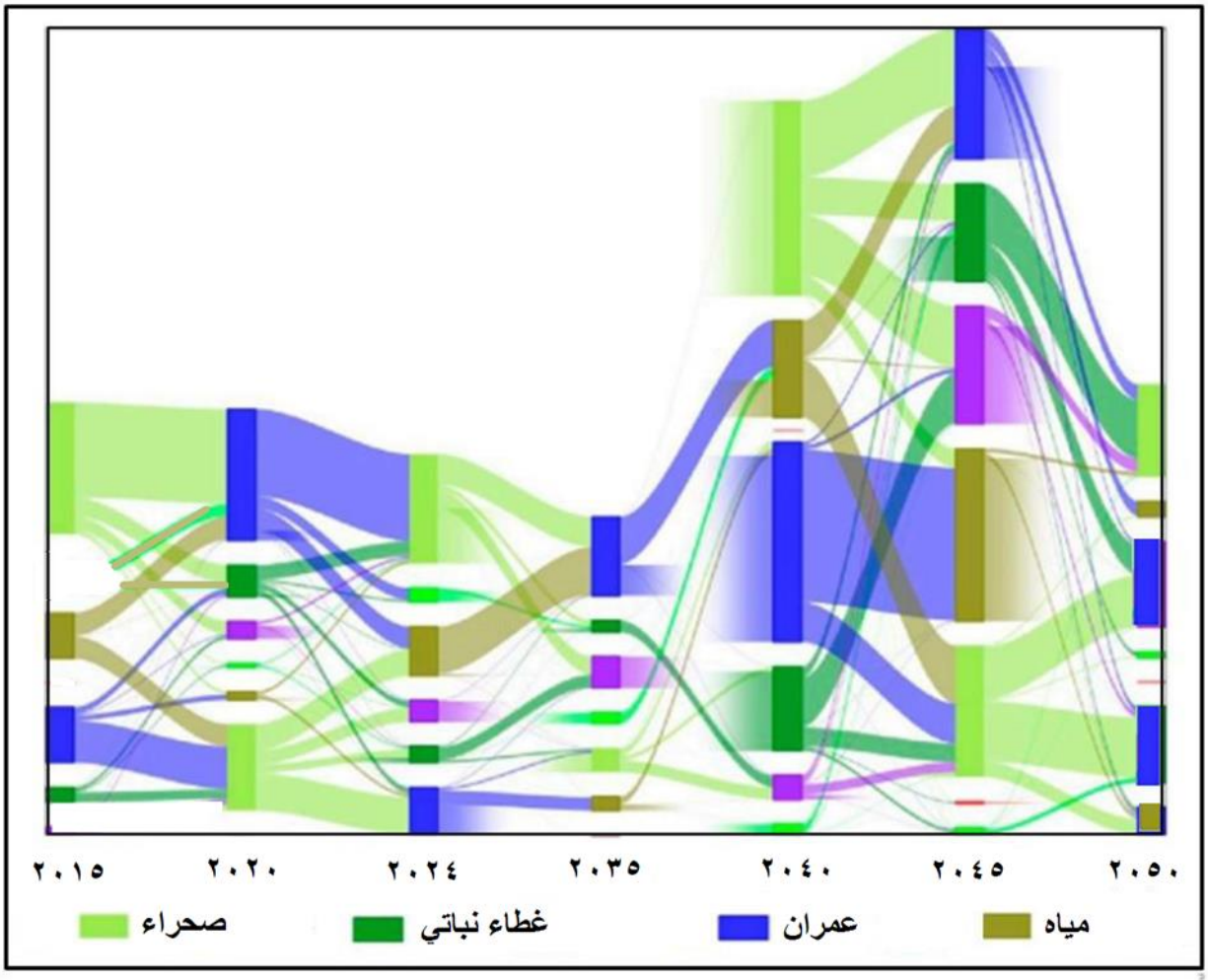
٢- تجميع الأصناف من جديد؛ اعتماداً على تقنية إعادة التصنيف Reclassify لكل سنة؛ وذلك باستخدام برنامج Idrisi Selva.

٣- الحصول على خرائط المُلائمة المكانية للغطاءات الأرضية، بالإضافة إلى مصفوفة احتمالية الإنتقال، عن طريق نموذج ماركوف للفترة المعنية بالدراسة؛ وذلك للاعتماد عليها في عملية التنبؤ المُستقبلي؛ استناداً على التحولات الرئيسية التي طرأت على أصناف الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي بمنطقة الدراسة.

٤- إجراء عملية التنبؤ المُستقبلي للتغيُرات المُحتمل حدوثها، باستخدام نموذج ماركوف-الخلايا الآلية CA-Markov.

٥- وبالاعتماد على مصفوفة احتمال الانتقال، كما يتضح من الشكل (٧)، وانطلاقاً من عام ٢٠٢٤، تم تحديد مدة الفترات التنبؤية حتى عام ٢٠٥٠.

شكل رقم (٧) مصفوفة احتمالات الانتقالات بين فئات الغطاء الأرضي.



المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على برنامج Idrisi Selva 17، باستخدام نموذج ماركوف المُختلط CA-Makov Model.

٦- تم تقييم دقة التنبؤ احصائياً عن طريق مُقارنة نتيجة المُحاكاة مع الخرائط المرجعية، وباستخدام مُعامل الاختلاف كابا Kappa Coefficient في بيئة برنامج Idrisi Selva؛ كما يتضح من الجدول (٥)؛ حيث ينبع الدور الفعال لعملية

التنبؤ، من دقة نتائجه، التي تستند بشكل رئيسي إلى عملية البناء الصحيح للنموذج المُستخدم (Souad, 2023، P.151).

جدول (٥): نتائج مُعامل كابا للتحقق من صحة التوقع.

الفترات الزمنية	مُعامل كابا
٢٠٣٥	٠.٩٥
٢٠٤٠	٠.٩٦
٢٠٤٥	٠.٩٧
٢٠٥٠	٠.٩٦

٧- المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا على برنامج Idrisi Selva 17، باستخدام نموذج ماركوف المُختلط CA-Makov Model.

وجدير بالذكر؛ أن قيم كابا لنموذج المحاكاة التنبؤية للغطاءات الارضية ماركوف يتراوح بين (١) و (-١)؛ إذ تكون القيم الموجبة علامة للتوافق، بينما توضح القيم السالبة عدم التوافق. وتُشير قيم كابا بين +١ – ٠.٩٥ إلى توافق عال، في حين أن ٠.٧٥ يُمثل توافق متوسط، بينما ٠.٧٥ حتى -١ يُشير إلى مستوى توافق مُنخفض (Aderoju, 2019، P.7). وتبعاً لذلك؛ بلغت كمية التوافق والاختلاف بين الخرائط التنبؤية لمنطقة الدراسة ٠.٩٥-٠.٩٧، وهي نسبة توافق مُرتفعة، مما يدل على أن عملية التنبؤ جرت بدقة، ويُمكن الاعتماد على نتائجها في عمليات التخطيط المُستقبلي.

يعكس الجدول التنبؤي لمساحات فئات الغطاء الأرضي في مدينة الدمام للفترة ما بين عامي ٢٠٢٤ و٢٠٥٠م تغيرًا واضحًا في نمط استخدام الأراضي داخل المدينة، ما يدل على تحولات جذرية في المشهد المكاني والبيئي نتيجة التوسع العمراني والنمو السكاني

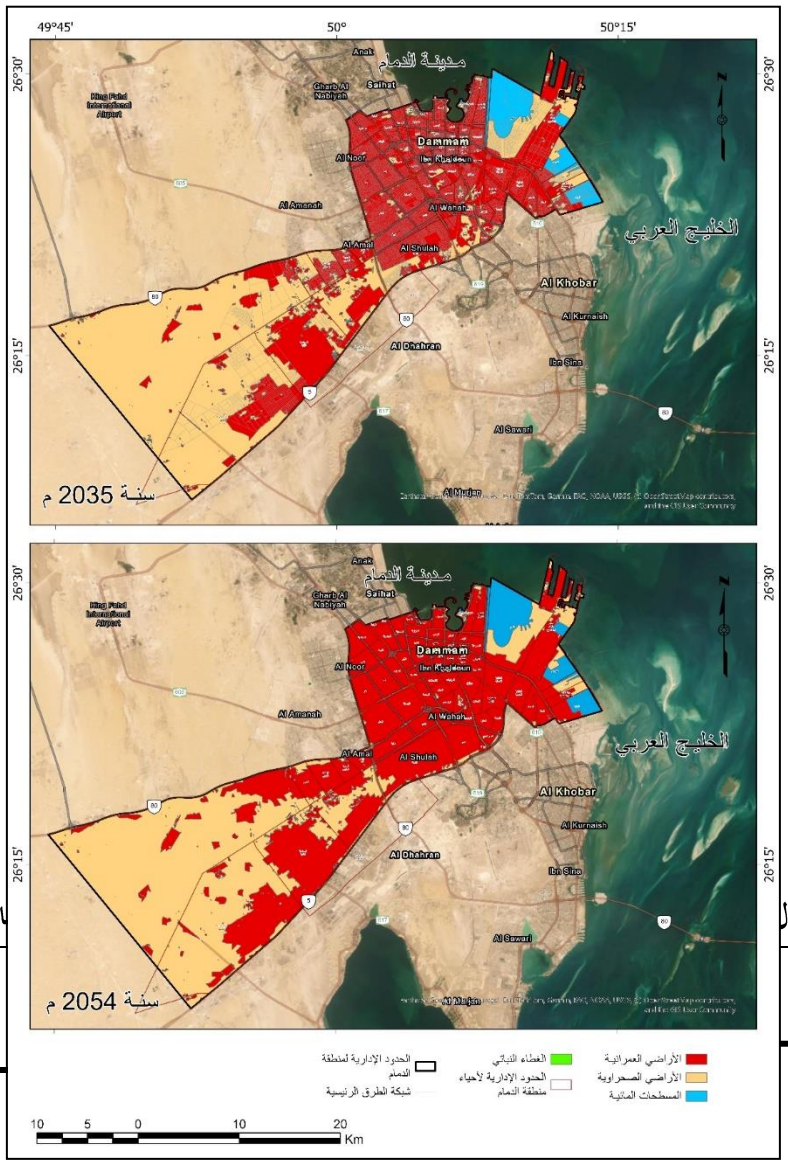
المتسارع. وتُعد هذه التغيرات مؤشرًا مهمًا على التحولات التنموية التي تشهدها المدينة، كما تعكس الحاجة الماسة إلى إعادة النظر في سياسات إدارة الأراضي من أجل تحقيق التوازن بين التنمية الحضرية والحفاظ على البيئة. ومن خلال مقارنة البيانات التنبؤية للسنوات الثلاث (٢٠٢٤، ٢٠٣٥، و٢٠٥٠)، يمكن استخلاص اتجاهات واضحة ومقارنة نسبية دقيقة بين الفئات المختلفة من الغطاء الأرضي اعتمادا على شكل رقم (٨) وجدول رقم (٦).

تُعد الأراضي العمرانية الفئة الأسرع نموًا بين جميع فئات الغطاء الأرضي، حيث من المتوقع أن تزداد مساحتها من ٢٦٨.٢٨ كيلومتر مربع في عام ٢٠٢٤ إلى ٣٠٢.٩٦ كيلومتر مربع في عام ٢٠٣٥، ثم إلى ٣٥٠.٧٩ كيلومتر مربع بحلول عام ٢٠٥٠. هذا يعادل زيادة كلية قدرها ٨٢.٥١ كيلومتر مربع خلال ٢٦ عامًا، ما يعكس معدل نمو سنوي يبلغ حوالي ١.١٨%. ويشير هذا التوسع إلى ارتفاع الطلب على المساحات السكنية والتجارية والخدمية، وهو أمر متوقع في ظل الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي في المدينة. إلا أن هذا النمو السريع قد يطرح تحديات عمرانية وبيئية متعددة، مثل الضغط على البنية التحتية والخدمات العامة وزيادة استهلاك الموارد الطبيعية.

في مقابل النمو العمراني، يُلاحظ انخفاض ملموس في مساحة الأراضي الصحراوية، التي تمثل حاليًا أكبر فئة في الغطاء الأرضي. حيث تتراجع مساحتها من ٣٦٩.١٥ كيلومتر مربع في عام ٢٠٢٤ إلى ٣٣٤.٨٤ كيلومتر مربع في عام ٢٠٣٥، ثم إلى ٢٨٧.٨٦ كيلومتر مربع في عام ٢٠٥٠. وهذا التراجع، الذي يبلغ في مجمله حوالي ٨١.٢٩ كيلومتر مربع، يُعد مؤشراً على أن جزءاً كبيراً من هذه المساحات يتم تحويله إلى مناطق عمرانية. وبينما يمكن اعتبار هذا التحول

إيجابياً من منظور التنمية، إلا أنه قد يؤثر على النظام البيئي المحلي ويؤدي إلى فقدان بعض الموائل الطبيعية الصحراوية التي تتسم بتنوعها البيولوجي الخاص.

شكل رقم (٨) التنبؤ المستقبلي بالتغير في بمدينة الدمام لعامي (٢٠٣٥ – ٢٠٥٤ م).



جدول ... امي ٢٠٣٥ – ٢٠٥٠ م.

المصدر: من عمل الباحثة، اعتمادًا تصنيف الغطاء الارضي للمرئيات الفضائية ٢٠١٥ – ٢٠٢٤ ، واعتمادا علي بيانات خريطة التقسيم الأداري ، الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ، ٢٠٢٥ ، https://www.geosa.gov.sa/ar/About/Pages/Open_data.aspx ، وتحليلها المكاني والاحصائي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤، وبرنامج Idrisi Selva 17، باستخدام نموذج ماركوف المُختلط CA-Makov Model

فئة الغطاء الأرضي	2024 (كم^2)	2035 (كم^2)	2050 (كم^2)	% ٢٠٢٤	% ٢٠٣٥	% ٢٠٥٠	صافي التغير ٢٠٣٥ (كم^2)	نسبة التغير السنوي ٢٠٣٥ (%)	صافي التغير ٢٠٥٠ (كم^2)	نسبة التغير السنوي ٢٠٥٠ (%)
المسطحات المائية	30.9	30.62	29.93	4.62	4.58	4.48	-0.28	-0.08	-0.97	-0.12
الغطاء النباتي	0.44	0.35	0.2	0.07	0.05	0.03	-0.09	-1.96	-0.24	-2.10
الأراضي العمرانية	268.28	302.96	350.79	40.12	45.30	52.45	34.68	1.18	82.51	1.18
الأراضي الصحراوية	369.15	334.84	287.86	55.20	50.07	43.04	-34.31	-0.85	-81.29	-0.85
الإجمالي	668.77			100%						

المصـــدر من عمل الباحثة اعتمادا على شكل رقم (٨) والتحليل المكاني والاحصائي باستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro الإصدار ٣.٤، وبرنامج Idrisi Selva 17 ، باستخدام نموذج ماركوف المُختلط CA-Makov Model

تشير التنبؤات إلى ثبات نسبي في مساحة المسطحات المائية على مدى السنوات القادمة، حيث يُتوقع أن تنخفض بشكل طفيف من ٣٠.٩٠ كيلومتر مربع في عام ٢٠٢٤ إلى ٣٠.٦٢ كيلومتر مربع في عام ٢٠٣٥، ثم إلى ٢٩.٩٣ كيلومتر مربع في عام ٢٠٥٠. ويُظهر هذا التغير البسيط -بمعدل سنوي لا يتجاوز -٠.١٢% -أن هناك استقراراً في السياسات المتعلقة بإدارة الموارد المائية، وعدم وجود نية لتغيير جوهري في استخدام هذه المساحات. ويُعد الحفاظ على المسطحات المائية أحد المؤشرات الإيجابية التي تعكس الوعي بأهمية هذه الموارد كمكون بيئي حيوي يجب حمايته.

الغطاء النباتي هو الفئة الأكثر تأثرًا من حيث التغير النسبي، إذ تُظهر التنبؤات انخفاض مساحته من ٠.٤٤ كيلومتر مربع في عام ٢٠٢٤ إلى ٠.٣٥ كيلومتر مربع في عام ٢٠٣٥، ثم إلى ٠.٢٠ كيلومتر مربع بحلول عام ٢٠٥٠، أي بفقدان قرابة ٥٤.٥% من إجمالي مساحته الحالية. هذا التراجع الحاد، بمعدل تغير

سنوي يبلغ -٢.١٠%، يُعد مقلقًا للغاية، خصوصًا لما يشكله الغطاء النباتي من أهمية بالغة في تحسين جودة الهواء، وتخفيف تأثيرات التغير المناخي، وتعزيز الجمال الطبيعي للمدينة. ويجب أن يكون هذا التراجع مدعاة لاتخاذ إجراءات عاجلة لتعزيز التشجير والحفاظ على المناطق الخضراء ضمن خطط التوسع العمراني.

نتائج البحث

١. شهدت مدينة الدمام نموًا عمرانيًا ملحوظًا بفضل موقعها الاستراتيجي على الخليج العربي وقربها من المنشآت النفطية، مما عزز مكانتها كمركز تجاري وصناعي وجذب الاستثمارات والعمالة، مع تكامل العوامل الجغرافية والاقتصادية والبشرية.

٢. ارتفعت مساحة الأراضي العمرانية من **206.29كم² إلى ٢٦٨.٢٨ كم²** خلال الفترة ٢٠١٥–٢٠٢٤، بمعدل نمو سنوي **5.17كم²/سنة**، على حساب الأراضي الصحراوية التي تراجعت بمعدل **5.13-كم²/سنة**، ما يوضح تحويل المساحات الطبيعية إلى مناطق مطورة.

٣. لوحظت زيادة طفيفة في الغطاء النباتي من **0.09كم² إلى ٠.٤٤ كم²**، تعكس جهود التشجير وتحسين البيئة الحضرية، بينما تراجعت المسطحات المائية بمقدار **-0.81كم²**، ما يشير إلى تأثير التوسع الحضري على الموارد المائية والساحلية.

٤. بعض فئات الغطاء الأرضي أظهرت استقرارًا نسبيًا، مثل المسطحات المائية **30.57كم²**، الأراضي العمرانية **202.85كم²**، والأراضي الصحراوية **365.01كم²**، نتيجة تركيز التنمية في مناطق محددة ومحدودية قابلية بعض الأراضي للتحول.

٥. التحولات بين فئات الأراضي أظهرت توسعًا عمرانيًا واضحًا، حيث تحولت **64.98كم²** من الأراضي الصحراوية إلى عمرانية، مع تحولات جزئية من الأراضي الزراعية (٠.٠٣ كم²) والمساحات المائية (٠.٤ كم²) إلى العمرانية.

٦. سجلت بعض التحولات الإيجابية بيئيًا، مثل تحويل أجزاء من الأراضي الصحراوية إلى مسطحات مائية (٠.٢٧ كم^2) وأراضٍ زراعية (٠.٣٩ كم^2)، بينما تحولت بعض المناطق العمرانية إلى أراضٍ صحراوية بمقدار **3.37كم^2**، ما يشير إلى تراجع عمراني أو تدهور بيئي في بعض المواقع.

٧. أظهر نموذج **CA–Markov** للتنبؤ أن مساحة المناطق العمرانية ستزداد من **268.28كم^2 إلى ٣٥٠.٧٩ كم^2** بين ٢٠٢٤ و٢٠٥٠، بمعدل نمو سنوي **1.18%**، مقابل انخفاض الأراضي الصحراوية من **369.15كم^2 إلى ٢٨٧.٨٦ كم^2**، واستقرار نسبي للمسطحات المائية، وتراجع الغطاء النباتي من **0.44كم^2 إلى ٠.٢٠ كم^2** بنسبة **54.5%**، مما يستدعي سياسات حماية المناطق الخضراء والتشجير المستدام.

التوصيات:

١. يجب وضع خطط حضرية شاملة تراعي التوازن بين النمو العمراني وحماية البيئة. ينبغي توجيه النمو العمراني إلى المناطق التي تُظهر إمكانات أكبر للتطوير، مع تقليل التأثيرات السلبية على الموارد الطبيعية والنظم البيئية الحساسة مثل الأراضي الصحراوية والمساحات الزراعية والمسطحات المائية.

٢. تحسين وتطوير البنية التحتية لضمان تلبية احتياجات النمو السكاني والاقتصادي. يتضمن ذلك توسيع شبكة الطرق، وتعزيز شبكات النقل العامة، وتوفير خدمات المياه والكهرباء، مع مراعاة استدامة هذه الموارد وفعالية استخدامها على المدى الطويل.

٣. يجب تنفيذ استراتيجيات فعالة لإدارة المياه تشمل تحسين تقنيات الري، وتطوير شبكات الصرف الصحي والمياه المعاد تدويرها، واعتماد تقنيات لتقليل الفاقد من المياه. كما يجب أن تركز السياسات المستقبلية على المحافظة على الموارد المائية في المدينة.

٤. يجب تعزيز جهود التشجير وزيادة المساحات الخضراء من خلال إنشاء الحدائق العامة والمناطق المفتوحة، وزيادة الغطاء النباتي في المناطق الحضرية. إضافة إلى ذلك، يجب توفير مساحات خضراء متناثرة في المشاريع العمرانية لتقليل تأثيرات التلوث وزيادة جودة الهواء.

٥. يجب تشجيع استخدام تقنيات البناء المستدامة في المشاريع العمرانية الجديدة مثل استخدام المواد العازلة للحرارة، واستخدام الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية في المباني، وتقنيات المباني الخضراء التي تقلل من استهلاك الطاقة والمياه.

٦. يجب أن يتبنى التخطيط العمراني سياسات مرنة تأخذ في الاعتبار العوامل البيئية وتضعها في صميم عمليات اتخاذ القرار. يشمل ذلك تطوير استراتيجيات للحفاظ على التنوع البيولوجي المحلي، وحماية المناطق الساحلية من التوسع العمراني الضار.

٧. يجب تعزيز استخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد مثل صور Sentinel-2 وتحليل البيانات عبر خوارزميات متقدمة لتتبع وتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي. يمكن استخدام هذه الأدوات لرصد التغيرات البيئية والعمرانية بدقة عالية واتخاذ الإجراءات اللازمة في الوقت المناسب.

٨. يجب وضع آلية فعالة لرصد التغيرات في استخدامات الأراضي والبيئة باستخدام التقنيات الحديثة لضمان مراقبة مستمرة للتحولات الحضرية والبيئية. كما يجب تقييم النتائج بشكل دوري لضمان تنفيذ السياسات بشكل فعّال وتحقيق الأهداف البيئية والتنموية المستدامة.

المصادر والمراجـــع:

أولا: المصادر العربية :

الهيئة العامة للإحصاء. (٢٠٢٢). إحصاءات السكان والمساكن في المملكة العربية السعودية. الدمام.

الهيئة العامة للإحصاء. (٢٠٢٣). النشرة السكانية لمدن المملكة. الدمام.

الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة. (٢٠٢٠). التقرير المناخي السنوي للمملكة العربية السعودية. جدة.

وزارة الشؤون البلدية والقروية. (٢٠٢١). الخصائص الجيومكانية لمدينة الدمام. الرياض.

وزارة الشؤون البلدية والقروية. (٢٠٢٢). التخطيط الحضري لمدن المنطقة الشرقية. الرياض.

Copernicus Open Access Hub. "Satellite Data for Urban Expansion /Analysis". https://dataspace.copernicus.eu

NASA POWER/MERRA-2 (2024). Meteorological Data for Dammam, Saudi Arabia: 2015–2024. https://power.larc.nasa.gov

ثانيا : المراجع

الدرع، طاهر عبد الحميد، والغامدي، علي بن معاضة .(2004). نمذجة التطور العمراني لمدينة الرياض بين ١٩٨٧ و٢٠٠١ باستخدام نظم الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة الكويت، رسائل جغرافية، ٢٩٣، ٣٤٧-٣٨٠.

حمودة، أشرف .(2011). تحليل النمو العمراني لمدينة الدمام بين عامي ١٩٧٣ و٢٠٠٣م باستخدام صور القمر الصناعي 'لاندسات'. المجلة العلمية بكلية الآداب، جامعة طنطا، ٢٤ . https://search.mandumah.com/Record/339051

المطيري، مناور بن خلف .(2013). تطبيقات التحليل المكاني العمراني بمدينة الرياض باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. رسائل جغرافية، ٤٠٢، ١-٥٤.

العمري، نورة .(2018). تحليل الخصائص العمرانية والبشرية لمدينة الدمام. مجلة البحث العلمي في الآداب، جامعة عين شمس، ١٩ .(7). https://doi.org/10.21608/jssa.2019.28747

الهلالي، محمد .(2018). الهيدرولوجيا الطبيعية لوادي الدواسر. مجلة البحوث الجغرافية السعودية، ١٠(١)، ٢٣-٣٨.

الشمري، عبد الرحمن .(2019) .التحولات العمرانية في مدن الساحل الشرقي للمملكة. الرياض: دار الفكر الجغرافي.

الشهري، عبد الله .(2019) .الجغرافيا العمرانية في المنطقة الشرقية. الرياض: دار الحضارة.

عقري، بسام، وذياب، محسن .(2019) .التوسع المكاني لمدينة تبوك خلال الفترة من ١٩٨٥ إلى ٢٠١٥م باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ١٢ .(2) https://search.mandumah.com/Record/1039109

القحطاني، ناصر .(2020) .التربة السبخية وأثرها على التوسع الحضري في سواحل الخليج العربي. مجلة التخطيط العمراني والبيئي، ١٢(٢)، ٤٥-٦٤.

عبد الله، محمد وآخرون .(2020) .دور الانحدار الطبوغرافي في تصريف السيول بمدينة الدمام. مجلة الخليج للدراسات البيئية والعمرانية، ٨(١)، ٩٩-١١٥.

الخليفة، أشواق، والجهني، أماني .(2021) .تحليل التوسع العمراني لمدينة الرس في الفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٢٠م باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، جامعة المنوفية، ٣١ . https://search.mandumah.com/Record/1284868

السليمان، فهد .(2021) .الاستدامة العمرانية في المدن الخليجية: منهجيات التصميم البيئي. الدمام: مركز الخليج للدراسات العمرانية.

العتيبي، ماجد .(2021) .العوامل الاقتصادية المؤثرة في التوسع العمراني لمدن النفط: دراسة حالة الدمام والظهران. مجلة الخليج للتخطيط الحضري، ٧(٢)، ٨٨-١٠٨.

الزهراني، عبد الله .(2022) .دراسة حركة الرياح واتجاهاتها في الساحل الشرقي السعودي باستخدام بيانات الأقمار الصناعية. مجلة الجغرافيا التطبيقية، ١٤(٤)، ١٢٣-١٣٩.

الهاجري، فهد .(2022) .تحليل الانحدارات الطوبوغرافية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، ١٤(٣)، ٧٧-٨٩.

العلي، ندى .(2024) .التحليل المكاني للنمو العمراني لمدينة تبوك خلال الفترة (١٩٩٠-٢٠٢٣م) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، ١ .(72) https://imamjournals.org/index.php/jshs/article/view/2794

العتري، خالد .(2023) .المدن الذكية في الخليج العربي: نحو تخطيط حضري مستدام. جدة: مركز البحوث الحضرية.

العتري، خالد .(2023) .تحليل الرطوبة النسبية والحرارة في مناخ الدمام وتأثيرها على الطاقة العمرانية. المجلة السعودية للبيئة والمناخ، ٦(١)، ٥٥-٧٠.

القحطاني، إيمان .(2025) .نمذجة التوسع الحضري في مدينة أبها باستخدام نموذج CA-Markovللفترة من ٢٠٠٠ إلى ٢٠٤٠م. مجلة العلوم الإنسانية والاجتماعية . https://doi.org/10.26389/AJSRP.M301124

السيد، وردة محمد أحمد .(2025) .رصد النمو العمراني والتنبؤ بتغيراته المستقبلية في مدينة العريش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. مجلة كلية الآداب جامعة بورسعيد، ٣١(٢)، ١٦٧-٢١٦ .
https://jfpsu.journals.ekb.eg/article_405136_a09f2efe927ea2b611e455a6fc43a890.pdf

Aderoju, Haojun. (2019). Urbanization and Land Use Change in Lagos: A Remote Sensing Perspective. Urban Geography.

Al-Ahmadi, F. S., & Hames, A. S. (2009). Comparison of four classification methods to extract land use and land cover from raw satellite images for some remote arid areas, Kingdom of Saudi Arabia. Journal of King Abdulaziz University: Earth Sciences, 20(1), 167–191.
https://jdesert.ut.ac.ir/article_35262_0.html/article_54077

Allen, J., & Lu, K. (2003). Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina: A GIS-Based Integrated Approach. Conservation Ecology, 8(2).
http://dx.doi.org/10.5751/ES-00595-080202

Anderson, J.R., et al. (1976). A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data.

(Professional Paper 964). U.S. Geological Survey. https://doi.org/10.3133/pp964

Chen, G., Weng, Q., Hay, G. J., & He, Y. (2020). Geographic object-based image analysis (GEOBIA): Emerging trends and future opportunities. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 168, 63–78. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.07.001

Dhinwa, P.S., Pathan, S.K., Sastry, S.V.C., Rao, M., Majumdar, K.L., Chotani, M.L., Singh, J.P., & Sinha, R.L.P. (1992). Land Use Change Analysis of Bharatpur District Using GIS. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 20, 237-250. https://doi.org/10.1007/BF03001921

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. Remote Sensing of Environment, 120, 25-36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026

Eastman, J. R. (2009). IDRISI Taiga: Guide to GIS and Image Processing (Version 16.02). Clark University.

Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, 80(1), 185–201. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4

Foody, G. M., & Mathur, A. (2004). A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines. IEEE

Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 42(6), 1335–1343. https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.827257

Gao, J. (2009). Digital analysis of remotely sensed imagery. McGraw-Hill Professional.

Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2005). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. Remote Sensing of Environment, 86(3), 286–302. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00075-0

Hietel, E., Waldhardt, R., & Otte, A. (2004). Analysing Land-Cover Changes in Relation to Environmental Variables in Hesse, Germany. Landscape Ecology, 19, 473-489. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.10.001

Jim, Souad. (2021). Evaluating Land Use Changes in Coastal Morocco Using GIS Techniques. Coastal Management.

Ighamdi, A. (2021). Urban growth and land use/land cover change detection in Dammam, Saudi Arabia using remote sensing and GIS. Journal of Urban Planning and Development, 147(3), 05021021. https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000696

Mountrakis, G., Im, J., & Ogole, C. (2011). Support vector machines in remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 66(3), 247–259. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.11.001

Ouakhir, Jim. (2020). Land Cover Dynamics in the Moroccan Sahara: A Remote Sensing Approach. Journal of Arid Environments.
Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in Ecology & Evolution, 20(9), 503–510. https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011
Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., & Yun, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model. Mathematical and Computer Modelling, 54(3–4), 938–943. https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.019
Souad, Aderoju. (2023). Land Cover Transformation in the Niger Delta: Drivers and Consequences. African Journal of Environmental Science.
Weng, Q. (2012). Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends. Remote Sensing of Environment, 117, 34–49. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.02.030
Xie, Y., Sha, Z., & Yu, M. (2008). Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. Journal of Plant Ecology, 1(1), 9–23. https://doi.org/10.1093/jpe/rtm005
Xu, H. (2006). Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed

imagery. International Journal of Remote Sensing, 27(14), 3025–3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179

Zhang, Y., Wu, C., & Du, B. (2020). Land use/land cover classification for Sentinel-2 images using a cloud-based machine learning approach. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(3), 145. https://doi.org/10.3390/ijgi9030145

Atalla, M.A., Shebl, A., Đurin, B., et al. (2024). Assessment of groundwater potential zones in Kuwait's semi-arid region: a hybrid approach of multi-criteria decision making, Google Earth Engine, and geospatial techniques. Sci Rep, 14, 29938. https://doi.org/10.1038/s41598-024-76989-4

Shebl, A., Atalla, M., & Csámer, Á. (2021). Vertical accuracy assessment of DEMs around Jabal al-Shayeb area, Egypt. Intercontinental Geoinformation Days, 3, Mersin, Turkey, 42–45.

Ahmed Hassan, Jasem A. Albanai, Jasem Al-Ali, Mahmoud Fayad, Mohamed A. Atalla, Ashraf Abdelkarim, Hesham Badawy. (2024). Assessment of flash flood risks in the desert cities: a case study on Sabah Al-Ahmad, Kuwait. Journal of Water and Climate Change, 15(10), 5107–5128. https://doi.org/10.2166/wcc.2024.191