

# محاكاة الأنماط الزمانية والمكانية للنمو الحضري في دولة الكويت باستخدام النموذج المدمج CA- Markov خلال الفترة من (٢٠٠٢-٢٠٤٥)

أ/ أسماء عبد الله خالد الرقيب (\*\*)

د/ محمد غانم أحمد المطر (\*)

## الملخص:

يهدف البحث إلى تحليل مراحل النمو العمراني، ورصد ما يمكن أن يحدث من توقعات؛ لتحقيق رؤية مستقرة للمستقبل، وتقييم الاستدامة لمدينة الكويت خلال الفترة (٢٠٠٢-٢٠٢٢) باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونُظُم المعلومات الجغرافية؛ للكشف عن الاختلاف المكاني والزمني، والتنبؤ بمستقبل التغيرات العمرانية المحتملة إلى عام ٢٠٣٥ و عام ٢٠٤٥، عن طريق تطبيق نمذجة تغير الأرض، ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي ماركوف.

وقد توصلت الدراسة إلى وجود تطور متواصل في الكتلة العمرانية بين عامي ٢٠٠٢-٢٠٢٢، وأظهرت النتائج أن مساحة الكتلة العمرانية حتى عام ٢٠٣٥ سوف تبلغ حوالي ٧٢٧,٢٥ كم<sup>٢</sup>، ومساحة باقي الاستخدامات الأخرى تُقدر بنحو ٢٣٨,٤٧ كم<sup>٢</sup>، ومن حيث مقارنة استخدام الأرض بين عام ٢٠٢٢، والخريطة المنتجة للتنبؤ عام ٢٠٣٥ أمكن التنبؤ بمساحة الكتلة العمرانية حتى عام ٢٠٤٥، حيث إنه من المتوقع أن تبلغ مساحتها حوالي ٧٥٦,٩٧ كم<sup>٢</sup> ومساحة باقي الاستخدامات الأخرى تقدر بنحو ٢٠٨,٧٤ كم<sup>٢</sup>.

وعليه فإن محاور الانتشار العمراني المستقبلي للمدينة تتركز بنفس اتجاه الامتداد العمراني للكتلة العمرانية لعام ٢٠٢٢، وتمكنت الدراسة من التحقق من دقة خرائط المحاكاة مقارنة بخريطة عام ٢٠٢٢ باستعمال معامل (كابا)؛ إذ أظهرت النتائج أن جميعها بتوافق عالٍ، وسجلت قيمة ٠,٩٤ وهذا مؤشر عالي الدقة في عملية التصنيف.

**الكلمات المفتاحية:** التنمية الحضرية - نُظُم المعلومات الجغرافية - تحليل سلسلة ماركوف - نمذجة تغير الأرض - السلوك الذاتي الخليوي، ماركوف.

(\*) أستاذ مشارك بجامعة الكويت.

(\*\*) محلل ثالث وتائق ومعلومات في وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية.

## مقدمة:

مرت دول مجلس التعاون بطفرة اقتصادية كبيرة من قرابة منتصف القرن العشرين حتى اليوم، حيث أحدثت عائدات النفط ازدهاراً وتقدماً في العديد من المجالات المرتبطة بالتنمية الطموحة، والتي أنتجت تزايداً سريعاً ومستمراً في أعداد السكان نتيجة الزيادة الطبيعية، وعامل الهجرة (الصباح، ١٩٩٠).

كما صاحب هذا النمو الاقتصادي ارتفاع ملحوظ في السكان، وهو أحد أهم مؤشرات النمو العمراني في المدن، وبدايةً للتطور العمراني والاجتماعي والاقتصادي والثقافي في المجتمعات النامية والمتقدمة على حدٍ سواء، وبسبب الزيادة السكانية العالية التي حدثت مؤخراً في العالم أصبح من أولويات الجهات المختصة بالتخطيط الحضري دراسة ومتابعة النمو العمراني في المدن، والاتفات لوضع خطط هيكلية مدروسة ضمن أسس علمية، ورؤية ثابتة. فالتخطيط العمراني يعتبر أداة لضبط النمو الحضري والعمراني للمدن، وهو بمثابة عملية تنظيمية تعيد ترتيب المكان، وتضيف إليه أبعاداً لم تكن فيه سابقاً، هدفها خدمة القاطنين فيه، والمستخدمين له في ظل التركز الحضري الشديد الذي تعاني منه المدن (والي، ١٩٨٣، ص ٢٠).

وتتزامن الزيادة الهائلة في عدد السكان مع اتساع الرقعة الحضرية، حيث يصبح تطوير مناطق حضرية جديدة أمراً ضرورياً لاستيعاب السكان الجدد؛ لذلك أصبحت أهمية دراسات التحضر والتخطيط الحضري أحد مجالات البحث والدراسات العلمية داخل المجتمعات، حيث يحاول الباحثون وصنّاع القرار إدارة المناطق الحضرية الحالية بالإضافة إلى التوسعات الحضرية المستقبلية، عن طريق استخدام التقنيات الحديثة مثل: نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بُعد (Almatar, 2011).

والجدير بالذكر أن أفضل أنواع التخطيط تلك التي تعتمد على فهم الماضي والحاضر لوضع التوقعات المستقبلية، حيث لا يمكن توقع المستقبل دون فهم الماضي والحاضر، وقد أسهم التطور في علم نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار عن بُعد في توفير قواعد المعلومات الجغرافية والمرئيات الفضائية التي ترجع إلى الستينيات من القرن الماضي، وعن طريق استخدامها وتحليلها يمكن أن نصل إلى فهم أفضل للماضي والحاضر لوضع التصورات المستقبلية.

وفي هذه الدراسة تم استخدام هذه التقنيات الحديثة لمتابعة النمو العمراني في مدينة الكويت؛ لتعرف المزيد حول الانتشار والتوسع العمراني في المستقبل من خلال فترات زمنية معينة في الماضي والحاضر اقترنت بعدد السكان، حيث ارتفع عدد السكان في دولة الكويت من ٤٦٧،٣٣٩ في عام ١٩٦٥ إلى

٢,١٩٣,٦٥١ في عام ٢٠٠٥، واستمرت الزيادة إلى أن بلغت ٤,٢١٦,٩٠٠ نسمة في عام ٢٠٢٢، وتشمل الزيادة السكانية أعداد السكان في دولة الكويت من كويتيين وغير كويتيين (الإدارة المركزية للإحصاء)، مما أدى إلى زيادة اتساع الرقعة الحضرية بشكلٍ تدريجي، وبناء مستوطنات ومناطق حضرية جديدة تستوعب أعداد السكان الجدد.

وهذا أمر لا بد منه، وإهماله ينذر بمشكلة كبيرة وخطيرة، خاصة وأن النمو السكاني السريع الذي تعيشه الكويت الآن يمثل مشكلة ديمغرافية لها أبعادها المتعددة مستقبلاً، إضافة إلى أن الأرض الصالحة للبناء قد تندر مع تزايد السكان وامتداد الحواضر (إبراهيم، ٢٠٠٩).

ولتحقيق استمرارية النمو العمراني قامت بلدية الكويت بإعداد خطة التنمية لدولة الكويت عام ٢٠٣٥، والتي تتضمن سبع ركائز، وهي مجالات تركيز الخطة من أجل الاستثمار فيها وتطويرها، وكل ركيزة تشتمل على عددٍ من البرامج والمشروعات الاستراتيجية المصممة لتحقيق أكبر أثر تنموي ممكن نحو بلوغ رؤية الكويت الجديدة.

#### ١. أهداف البحث:

يكمُن الاتجاه العام لأهداف البحث في استعراض الخطط الهيكلية السابقة والحديثة في دولة الكويت، والوصول إلى التنبؤ المستقبلي للنمو العمراني من خلال تحليل الفترات السابقة والحالية عن طريق أحدث أدوات التحليل الإحصائي لتحقيق الأهداف التالية:

- تحديد التغيرات العمرانية في منطقة الدراسة للفترات (٢٠٠٢-٢٠١٣-٢٠٢٢).
- التوقع المستقبلي للنمو العمراني وفقاً لدراسة العمران في الماضي والحاضر.
- تحديد اتجاهات النمو العمراني في المدينة.
- المقارنة بين مراحل النمو العمراني المستقبلي وفقاً للتغيرات السكانية.
- بيان أثر السكان كأحد العوامل المؤثرة على النمو العمراني.
- معرفة أبعاد النمو العمراني لوضع الخطط البديلة التي تساعد صنّاع القرار على اتخاذ القرار الأمثل.

#### ٢. الدراسات السابقة:

تتاول البحث بعض الدراسات السابقة، والتي تتعلق بموضوع مراحل التطور العمراني في أكثر من مدينة حول العالم، وتم استخدام مناهج وأدوات علمية مختلفة ومتنوعة لدراسة ومتابعة النمو العمراني بأحدث

الوسائل والأدوات العلمية، كالاستشعار عن بُعد، ونُظَم المعلومات الجغرافية، والتحليل الإحصائي، وفيما يلي بيان ذلك:

- صديقي وآخرون (٢٠١٨)، ديناميكيات النمو الحضري لمدينة هندية باستخدام CA Markov والانحدار اللوجستي.

Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression- (2018) AsfaSiddiqui<sup>a</sup>AlmasSiddiqui<sup>c</sup>SandeepMaithani<sup>a</sup>A.K.Jha<sup>b</sup>PramodKumar<sup>a</sup>S.K.Srivastav<sup>b</sup>.

وتسعى الدراسة إلى الاهتمام بدراسة المدينة سكانياً وعمرانياً، وتحديد أهم محركات النمو، وقياسها وتحليلها، حيث يعد هذا أمراً ضرورياً لفهم ظاهرة النمو الحضري في تكتل سريع النمو مثل مدينة لاكناو، عاصمة الولاية الأكثر اكتظاظاً بالسكان، أوتار براديش في الهند. في هذه الدراسة تم تحليل النمو الحضري داخل منطقة التخطيط للأعوام ١٩٩٣ و ٢٠٠٣ و ٢٠١٣ باستخدام بعض العوامل الحيوية الفيزيائية، وعوامل القرب التي تؤثر على نمط النمو في المدينة. تم إنشاء خرائط العوامل لسنوات مختلفة، وتم التنبؤ بالنمو لعام ٢٠٢٣ باستخدام تحليل CA-Markov القائم على الانحدار اللوجستي المتكامل والمضمن في LULC Dynamics Modeling Platform v1.0 الذي تم تطويره في إطار برنامج ISRO Geosphere Biosphere في IIRS و ISRO و Dehradun. وتشير التنبؤات إلى أنه من المتوقع أن تنمو المدينة متعددة الطيات لتصل مساحتها إلى ٤٤١,٢ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٢٣ بعد أن كانت مساحتها ٥٣,٦ كم<sup>٢</sup> في عام ١٩٩٣. وتشير النتائج إلى أن التكامل بين الاستشعار عن بُعد، ونُظَم المعلومات الجغرافية، ونماذج النمو، توفر معلومات مهمة تتعلق بعملية التوسع الحضري، وهذه مسألة مفيدة للمخططين الذين يعدون وثائق الرؤية للمدن.

- ليو وآخرون (٢٠٢١)، تطبيق تغيرات استخدامات الأراضي والتنبؤ بها في تقييم وصياغة التخطيط العمراني.

Application of Land Use Change and Prediction in Urban Planning Evaluation and Formulation- 2021 Huipeng Liao<sup>1,2</sup>, Mixuan Liu<sup>1,2</sup>, Huagui He<sup>1,2</sup>, Weijun Yang<sup>1,2</sup>, Liang Guo<sup>1,2</sup>, Yang Liu<sup>1,2</sup>, Keyun Chen<sup>1,2</sup>, Zhaoxia Chen<sup>1,2</sup>

ورصدت الدراسة تغير استخدام الأراضي في نانشا إحدى مقاطعات جنوب قوانغتشو في الصين خلال الفترة ٢٠١٨، وتقييم التخطيط الحضري من خلال تحليل التراكم للتخطيط العام لاستخدام الأراضي، وتوزيع استخدام الأراضي، والبيانات الاقتصادية، وتوقعت التوسع الحضري بين عامي ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥ لتوفير المعلومات العلمية للمناطق الحضرية، والتخطيط في المستقبل. وأظهرت النتائج أن المنطقة

المبينة توسعت بسرعة (٧٨,٣٢ كم<sup>٢</sup> إلى ١٥٣,٧٥ كم<sup>٢</sup> في ٢٠٠٠-٢٠١٨)، كما زاد الناتج المحلي الإجمالي والشركات المضافة حديثاً بشكل ملحوظ أيضاً. تتوافق معظم المناطق المبينة مع تخطيط استخدام الأراضي. تمت محاكاة التوسع الحضري إلى ١٦٨,٢٧ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٢٥ وإلى ٢٠٧,٠٤ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٣٥ لتخطيط استخدام الأراضي في المستقبل.

وطبقت الدراسة نموذج Markov chain للتنبؤ بالطلب على الأراضي والتوزيع المكاني للمنطقة العمرانية في نانسا في ٢٠٢٥ و ٢٠٣٥، مع أساس توزيع استخدام الأراضي في ٢٠١٨، وبيانات التخطيط الحضري (مع قيود مثل: حماية الأراضي الزراعية الرئيسة للمنطقة، ونطاق الخط الأحمر البيئي)، وDEM، والمنحدر، والجانب، والمسافة إلى الطرق، والمسافة إلى المراكز الإدارية. تم تحويل جميع العوامل إلى وحدات قياس ٣٠ متر × ٣٠ متر. نظرية نموذج MC .

واعتمد نموذج MC على تقدم تشكيل أنظمة عملية ماركوف العشوائية للتنبؤ بتغيير حالة إلى أخرى، مثل الصيغ الاحتمالية المشروطة لتغييرات استخدام الأراضي في المستقبل.

- إريس وآخرون (٢٠٢٠)، رسم الخرائط الجيوفيزيائية والنمذجة الجيولوجية ثلاثية الأبعاد لدعم التخطيط الحضري، دراسة حالة مدينة فيجلي الدنمارك.

**Geophysical mapping and 3D geological modelling to support urban planning: A case study from Vejle, Denmark-2020, Raaschou Andersena Søren Erbs Poulsena Maria AlberdiPagolabAnna BondoMedhusa.**

وتم اختيار هذه الدراسة؛ لأنها تناولت إدارة التخطيط الحضري من جانب آخر، وأعطت حلولاً مناسبة لبناء مناطق حضرية مستقبلية دون عوائق وصعوبات، واقترحت استراتيجية تفسير شاملة توضح كيف ينبغي لخرائط التخطيط تصنيف المناطق اعتماداً على المخاطر والفرص. وتتضمن الخطوات الأولى استراتيجية تفسير مراجعة الغرض من المشروع، متبوعاً بالحصول على بيانات جيوفيزيائية عالية الكثافة. في الخطوات اللاحقة، يتم استخدام البيانات الجيوفيزيائية جنباً إلى جنب مع بيانات نظم المعلومات الجغرافية لبناء نموذج فوكسل جيولوجي ثلاثي الأبعاد مفصل وعالي الدقة. يتم تعيين خصائص جيوتقنية محددة للوحدات الجيولوجية المفسرة بناءً على اختبارات قص الريشة في الموقع واختبار الاختراق القياسي. في الخطوة الأخيرة من استراتيجية التفسير، تم دمج خريطتي تخطيط تحتويان على المواضيع الثلاثة ذات الصلة في خريطة واحدة قاطعة توضح الاستخدام الموصى به لأجزاء مختلفة من المنطقة للتحضر المستقبل. يتم دمج خريطة isopach توضح عمق الطبقات المناسبة

للمؤسسة مع خريطة توضح المناطق التي غمرها Vejle Stream خلال حدث استمر ٥٠ و ١٠٠ عام بالإضافة إلى مناطق الموائل المحمية. وهكذا، تظهر خرائط التخطيط الناتجة أنسب المواقع للمناطق الزرقاء (البحيرات، الأراضي الرطبة)، والمساحات الخضراء (الحدائق، وما إلى ذلك) والمناطق الرمادية (المباني والطرق) للتطوير المستقبلي.

ويمكن تطبيق استراتيجية التفسير المعتمدة بنجاح في مواقف مماثلة لتقليل المخاطر المرتبطة بالتنمية الحضرية.

- العامري، رافد موسى عبد حسون (٢٠٢١)، عن محاكاة النمو العمراني، وتغير استعمالات الأرض في مدينة الديوانية، باستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الكوفة، العدد ٤٩.

واعتمدت هذه الدراسة على تقنيات الاستشعار عن بُعد، ونظم المعلومات الجغرافية، في محاكاة النمو العمراني، ورصد تغيرات استعمالات الأراضي في مدينة الديوانية خلال المدة (٢٠٠٠-٢٠١٨)، والكشف عن التباينات المكانية والزمانية التي أسهمت في التغيير خلال الثماني عشرة سنة الماضية، فضلاً على التنبؤ بمستقبل التغيرات العمرانية المحتملة إلى عام ٢٠٤٠، واعتمدت الدراسة على بيانات المستشعر (ETM، OLITIRS+) للقمر الصناعي (Landsat) بواقع مرئيتين فضائيتين للأعوام (٢٠٠٠-٢٠١٨)، فضلاً على الاعتماد على خرائط التصميم الأساس المعدة من قبل مديرية بلدية الديوانية بمقياس (١:١٠٠٠٠٠٠) واستنباط خريطة الامتداد العمراني والتغيرات المستقبلية لاستعمالات الأرض في منطقة الدراسة. وقد توصلت الدراسة ومن خلال تطبيق نموذج المحاكاة باستعمال نمذجة ماركوف (CAMARCOV) إلى تطور الكتلة العمرانية للمدينة إلى ٦٤٠٦٠٧٨ هكتاراً لغاية عام ٢٠٤٠، وعليه فإن محاور الانتشار العمراني المستقبلي للمدينة في ضوء احتمالية الانتقال سوف تتركز بنفس اتجاه الامتداد العمراني للكتلة العمرانية لعام ٢٠١٨. بمعنى أنه لا توجد اختلافات جوهرية بين النموذجين من ناحية التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع إلى آخر، وقد تمكنت الدراسة من التحقق من دقة خرائط المحاكاة مقارنة بخريطة عام ٢٠١٨ باستعمال معامل (كابا)؛ إذ أظهرت النتائج أن جميعها بتوافق عال، وسجلت قيمة (٠,٨٦)، وهذا مؤشر على دقة عالية في عملية التصنيف.

- عياصرة، ثائر مطلق محمد (٢٠١٩)، محاكاة النمو العمراني لمدينة الرياض من خلال تطبيق نمذجة السلوك الذاتي الخليوي - ماركوف ونمذجة تغيرات الأرض، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل - العلوم الإنسانية والإدارية، المجلد ٢٠.

ويتمثل الهدف الرئيس من هذه الدراسة في تحليل تغير غطاء الأرض لمدينة الرياض الكبرى خلال الفترة بين (١٩٩٠-٢٠١٦) باستعمال مرئيات فضائية، ومحاكاة النمو العمراني للمدينة حتى عام ٢٠٣٠، وذلك باستعمال الأدوات المتاحة في برنامج الإيدي سيلفا حيث تمّ تطبيق نمذجة تغير الأرض لتحديد مقدار التغير الحاصل في غطائها، وتحديد اتجاه النمو العمراني، كما تمّت محاكاة النمو العمراني حتى عام ٢٠٣٠ عن طريق تطبيق نمذجة تغير الأرض، ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي - ماركوف. وأظهرت نتائج تحليل تغير الأرض أن هناك تغيرات كبرى طرأت على الغطاء الأرضي؛ فقد زادت مساحة الأراضي المطوّرة عام ٢٠١٦ بمساحة ٤٣١ كم<sup>٢</sup>، وأظهرت نتائج المحاكاة حتى عام ٢٠٣٠ تطوّر الكتلة العمرانية بمساحة ١٢٠٤ كم<sup>٢</sup>. ومن جهة أخرى تبين أن هناك اختلافات بين النموذجين في التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع إلى آخر. بالإضافة إلى ذلك تمّ التحقق من دقة الخرائط المصنّفة باستخدام مؤشر كابا، ومؤشر الدقة الكلية، كما تمّ التحقق من صحة خرائط المحاكاة مقارنة بخريطة عام ٢٠١٦ باستخدام مؤشرات كابا، وقد أظهرت جميعها دقة عالية.

- حسن، مزكين محمد، ورجب، سمير صباح (٢٠٢٠)، النمذجة المكانية للزحف الحضري في مدينة دهوك، باستخدام خوارزمية ماركوف CA-Markov، مجلة جامعة دهوك، المجلد ٢٣، العدد (٢).

وتناولت هذه الدراسة مدينة دهوك من حيث عمليات التوسع والزحف العمراني للمدينة على ما يجاورها من أراضي لتلبية حاجة سكانها من المسكن، وقد تم استخدام سلاسل ماركوف كأداة إحصائية لعمل مصفوفة استعمالات الأرض بفئات محددة، وبالتزامن مع برامج الإيديسي، وبرنامج ArcGIS10.5 وبرنامج ENVI3.5 للتعامل مع الدرئيات الفضائية للمدينة، وقد تمخضت الدراسة عن أن معظم زحف وتوسع مدينة دهوك كان على حساب الأراضي الصخرية، وخصوصاً على طرفي المدينة الجنوبي والشمالي باتجاه سفحي الجبلين الأبيض وزاوا، وبلغت مساحة هذا التوسع من صنف الأراضي الصخرية والمتروكة ما مجموعه ٣٦٥٠ هكتاراً بين العامين (١٩٩٩ - ٢٠١٩).

## ٣. الفرضية أو إشكالية البحث:

تتعلق فرضية الدراسة من خطورة الزيادة السكانية على الكويت إذا ما أحسن توزيعها وتوزيعها، وتركزها في مناطق محددة، وما ترتب عليها من معاناة واضحة تفرض ضرورة تحليل مراحل النمو العمراني في الكويت، ورصد ما يمكن أن يحدث من توقعات؛ لتحقيق رؤية مستقرة للمستقبل. حيث شهدت دولة الكويت في النصف الثاني من القرن العشرين نمواً متسارعاً في السكان والعمران، نتج عن عوامل عدة أشهرها ظهور البترول الذي شكل عامل جذب للكثيرين، وصارت معه الكويت مقصداً لهجرات متتالية، إضافة للزيادة الواضحة في عدد المواطنين، وقد انعكس هذا النمو المتسارع على أنماط استعمالات الأرض، وتوزيعها المكاني، الأمر الذي يفرض ضرورة الاهتمام بمجالات التنمية والتخطيط الحضري لدراسة ومتابعة النمو العمراني في الوقت الحاضر والمستقبلي؛ لمواكبة الزيادة السكانية دون عوائق وصعوبات. نظراً للعلاقة الإيجابية بين النمو السكاني والنمو العمراني. ويعد تشخيص محددات النمو العمراني إحدى المراحل الضرورية لتحديد اتجاهات النمو العمراني للكويت وتقييمها. فجاءت هذه الدراسة تلبية لهذا الأمر.

## ٤. المنهجية:

منهجية الدراسة هي الوسيلة التي تستخدم لتوصل لحل الفرضية، وعرض الحقائق؛ بغية الاستدلال على نتائج تتعلق بالفرضية في حدود المعطيات التي تم الحصول عليها، ومن أهم هذه المناهج ما يلي:

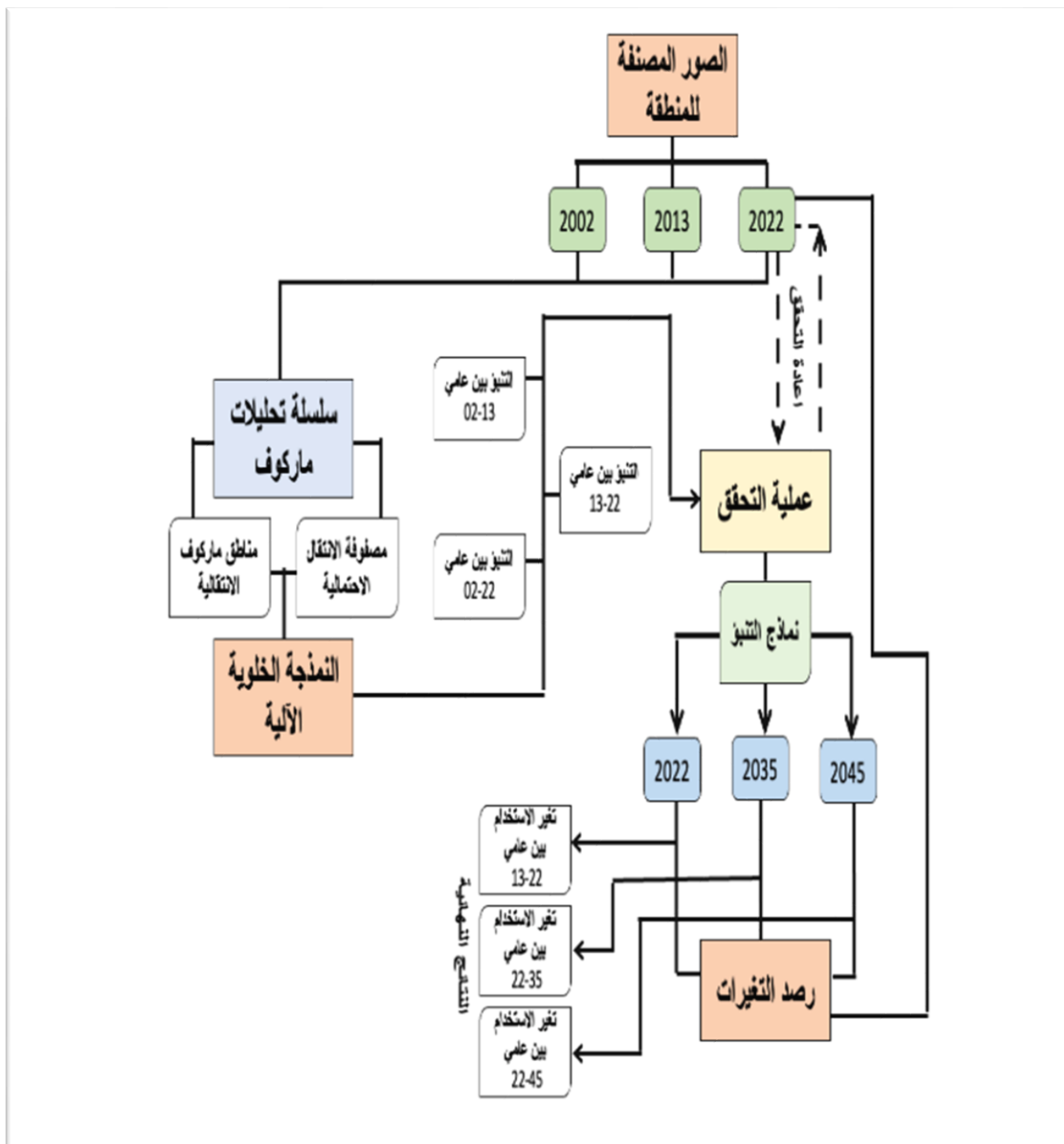
- المنهج التجريبي: يطبق فيه ما يعرف بالجغرافيا التطبيقية، وهو المنهج الذي يتخذ من دراسة السبب والنتيجة وسيلة لتحقيق الغرض منه.
- المنهج التحليلي: يطبق هذا المنهج لتحليل أنماط الغطاء الأرضي، والتغيرات التي طرأت على استعمالاته، وأداة كشف التغيرات عبر الزمن لمقارنة الفترات الزمانية والمكانية.

واعتمدت الدراسة في تحليلها للنمو العمراني في مدينة الكويت في الفترة الزمنية بين عام ٢٠٠٢ و٢٠٤٥ على أحدث تقنيات الوسائل الحديثة، مثل نظم المعلومات الجغرافية، وهي حالة خاصة من نظم المعلومات العامة، وتضم قواعد بيانات يمكن اعتمادها في دراسة التوزيع المكاني للظواهر الطبيعية والبشرية، والأهداف التي يمكن تحقيقها في المحيط المكاني، مثل الخطوط والنقاط والمساحات (سليمان، حمد، ٢٠١١) والاستشعار عن بُعد هو علم وفن الحصول على المعلومات لهدف ما، أو لدراسة منطقة أو ظاهرة معينة،

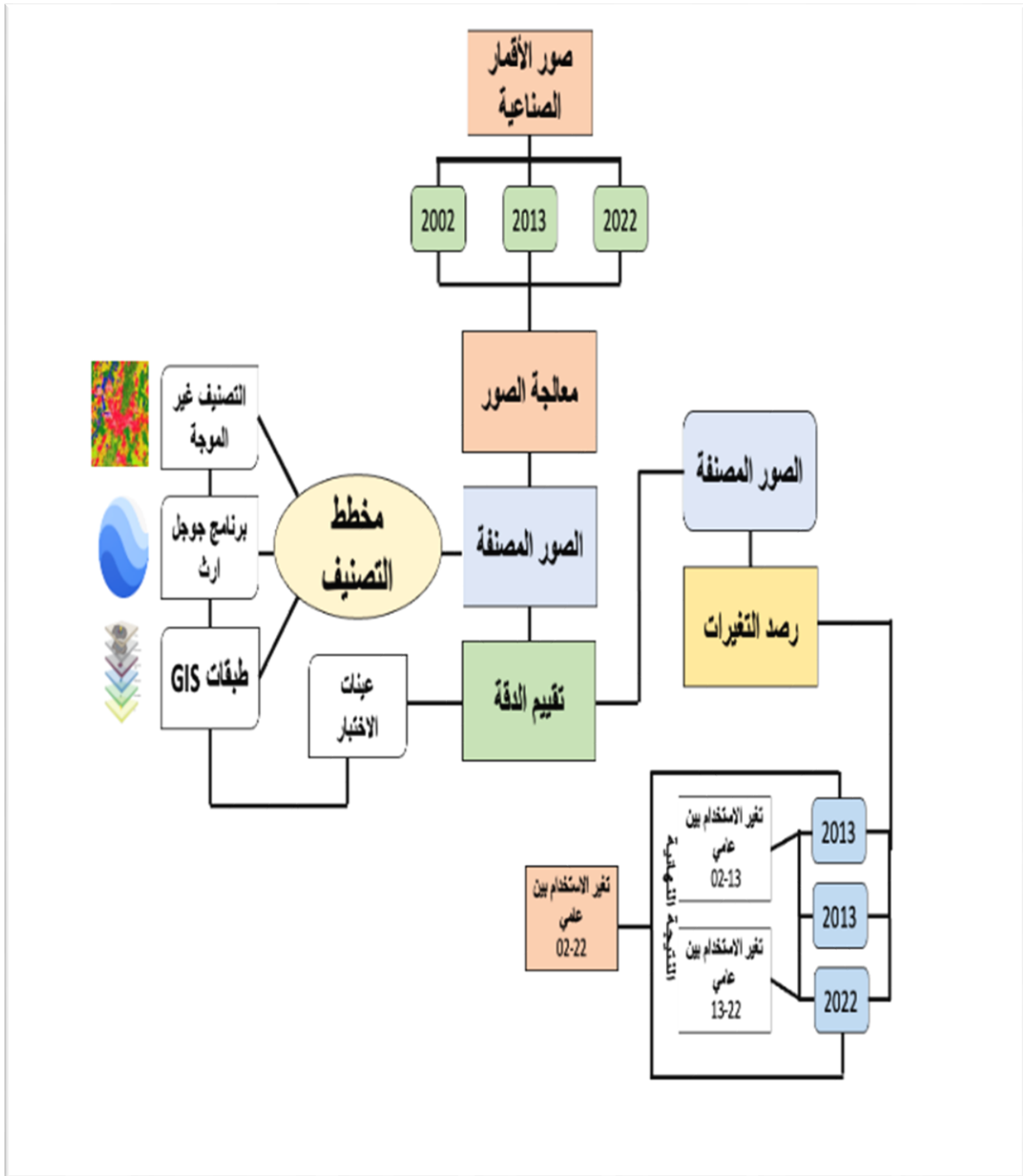


عن طريق معالجة وتحليل البيانات التي تم الحصول عليها من خلال جهاز بعيد عن تلك الأهداف المراد تحقيقها (سليمان، حمد، ٢٠١١).

وعلى ضوء ذلك فقد تم جمع البيانات المكانية من الأقمار الصناعية للقمر الصناعي الأمريكي Landsat للأعوام (٢٠٠٢-٢٠١٢-٢٠٢٢)، وتمت معالجة هذه الصور في برنامج Erdas Imagine 2015 وبرنامج ARCGIS 10.5 وبرنامج IDRISI Salva 17.0 وتحتاج المرئيات الفضائية التي تم استخدامها إلى العديد من العمليات والمعالجات لإعداد تمهيد لاستخلاص المعلومات، يوضحها الشكل التالي.



شكل (١) يمثل منهجية الدراسة



شكل (٢) يمثل استكمال منهجية الدراسة

التحليل:

أولاً: التحسين الطيفي:

عملية تحسين البيانات في المرئية الفضائية من خلال زيادة الفروق بين الصفوف الطيفية التي يتم التعبير عنها باختلافات اللونية لتصبح هذه المرئية أكثر قابلية للرؤية والتفسير البصري، وذلك بزيادة

التمييز بين المعالم عن طريق التضخيم البصري للاختلافات الضئيلة بين المعالم في التدرج الرمادي لتسهيل إمكانية ملاحظتها، وتتم عملية التحسين بعد إنجاز إجراءات المعالجة الأولية، فعملية إزالة التشوهات والضجيج خاصة يجب أن تسبق عملية التحسين، وهي التي تجعل الصورة الفضائية أكثر قابلية للتفسير، وذلك من أجل التطبيق، وجعل البيانات الخام أكثر قابلية للتفسير، وذلك من أجل استخراج السمات والظواهر الجغرافية لسطح الأرض، والحصول على معلومات من الصور الفضائية (أبو جياب، ٢٠١٢).

### ثانياً: التصنيف الموجه Supervised Classification:

يعد التصنيف الموجه لصور الاستشعار عن بُعد مهمة معقدة تعتمد دقتها على المعلومات السابقة المتاحة، والهدف من استخدامه هو التعرف على نوع وفئة معينة من الغطاء الأرضي ذات أهمية تميزها عن غيرها من الفئات الأخرى الموجودة في المنطقة التي تم فحصها (Mari, Bruzzone, 2007).

واعتمد التحليل في عملية التصنيف الموجه على برنامج ERDAS Imagine 2015 للمنطقة الحضرية في مدينة الكويت، والاعتماد على صور الأقمار الصناعية من نوع لاند سات ٨، وتم أخذ بصمات طيفية للاستخدامات المختلفة، والتركيز على الاستخدام العمراني، بعد الانتهاء من عملية التصنيف الموجه تم مراجعة الصورة المصنفة والتحقق منها بصرياً مع المرئية الفضائية التي تم عرضها بالألوان الصحيحة، بعد الانتهاء من عمل التصنيف الموجه تم تحويل الصورة المصنفة إلى صيغة تعمل على برنامج IDRISI Salva 17.0.

### ثالثاً: تفسير الصورة الفضائية:

عملية التفسير الإلكترونية لبيانات المرئيات الفضائية تعتبر من أهم مراحل تحليل الصور الفضائية، في هذه المرحلة تم إجراء التصنيف الموجه أو المراقب على المرئيات، من خلال أخذ عينات معروفة مكانياً في المرئية تمثل منطقة الدراسة للوصول إلى خريطة يمكن من خلالها حساب المساحات وكشف التغيرات، وتم استخدامها في الحصول على خريطة تطور مساحة اليابس والماء خلال ٢٠ سنة ماضية (Canada center.2006, p160-162).

### رابعاً: قص المرئيات (Image Subset):

تقع مدينة الكويت في رقعة جغرافية صغيرة داخل صورة القمر الصناعي لاندسات، وقد يحتاج ذلك إلى قطع الجزء الخاص بمدينة الكويت حتى تسهل عملية معالجة صورة القمر الصناعي بسرعة وحساب

المساحات والأبعاد بدقة عالية، وقد تم قطع الجزء الخاص بمدينة الكويت بناءً على حدودها الجغرافية تمهيداً لعملية التحليل والتصنيف الجغرافي لمواقع العمران في صورة القمر الصناعي للسنوات المذكورة.

#### خامساً: نموذج ماركوف Markov:

تحليل نموذج ماركوف Markov، هو عبارة عن طريقة أو مصفوفة انتقال، ويشير نموذج Markov إلى طريقة التنبؤ بالتغيرات والتوقعات المستقبلية للمتغيرات العشوائية من خلال تحليل التغيرات الحالية للمتغيرات العشوائية في ظل افتراض عمليات Markov.

كما أن نموذج Markov عبارة عن عملية رياضية حسابية يمكن من خلالها عمل توقعات مستقبلية من خلال وقائع حالية، وليس بالضرورة معرفة الماضي البعيد، ولقد أخذت اسم مبتكرها الروسي أندريا ماركوف أساساً للنظرية الجيوتطبيقية باسم سلسلة ماركوف، وهو توفير بعد جيوميكاني حالي خرائطية لتكون أرضية لتوقع المتغيرات على الخرائط مستقبلاً. ويساعد نموذج Markov في عمل محاكاة، حيث يوضح اتجاهات النمو الحضري للمدينة. ويستخدم هذا النموذج في تحليل ديناميات المشهد الحضري، وإخراج خرائط التنبؤ المستقبلية لاتجاهات وأنماط النمو الحضري للعامين ٢٠١٥ - ٢٠٤٥ (دندراوي، ٢٠١٧).

#### معادلة CA Markov:

تمثل معادلة CA Markov معادلة تختص بالتحليل المكاني والزمني لإنشاء محاكاة دقيقة للنمو العمراني المستقبلي، وذلك لأن دراسة الوضع المستقبلي للنمو العمراني يعد أحد أهم التحديات في الدراسات الحضرية التي تتطوي على النمذجة المكانية، ويعد نموذج الأتوماتكي الخلوي - ماركوف (CA-Markov) واحداً من أكثر النماذج استخداماً لهذا الغرض (دندراوي، ٢٠١٧).

#### النتائج:

استخدام الأرض Land use هو دراسة معنية بوظيفة كل قطعة أرض وما عليها، وتهدف دراسات استخدام الأرض إلى حصر الاستخدامات المختلفة؛ لإعطاء صورة واضحة عن هذه الاستخدامات وتطوراتها، وعرضها في شكل خرائط، وكثيراً ما تسمى هذه الخرائط بخرائط استخدام الأرض land use maps، ويمكن للجغرافي أن يساهم في رسم خرائط استخدامات الأرض في المدن القائمة، كما يمكنه اقتراح مثل هذه الخرائط بالنسبة للمدن الجديدة (إسماعيل، ١٩٨٨).

وتشير المناطق الغير حضرية عادة إلى المناطق الزراعية أو الريفية التي يقل فيها عدد السكان عن ١٠٠٠ نسمة، وهي أماكن خارجية (خارج المدينة) بها كميات كبيرة من الغطاء النباتي، مثل: مزارع العبدلي والوفرة، كما يطلق على المناطق الحضرية مناطق متطورة للغاية، مما يعني وجود كثافة للبنى البشرية، مثل: المنازل، والمباني التجارية، والطرق، والجسور، والسكك الحديدية. فالمنطقة الحضرية، أو الاستخدام الحضري يعرف بأنه منطقة عمرانية قائمة تشكل جزءاً مهماً من المدينة والامتداد الحضري (المنيس، ٢٠٢١).

جدول (١) تطور استخدام الأرض الحضري في الكويت

السنوات	الاستخدام الحضري كم <sup>٢</sup>	الاستخدام غير الحضري كم <sup>٢</sup>
٢٠٠٢	٣٨٦,٧	٥٧٩,٦
٢٠١٣	٥٥٢,٢	٤١٤
٢٠٢٢	٦٩٥,٧	٢٧٠

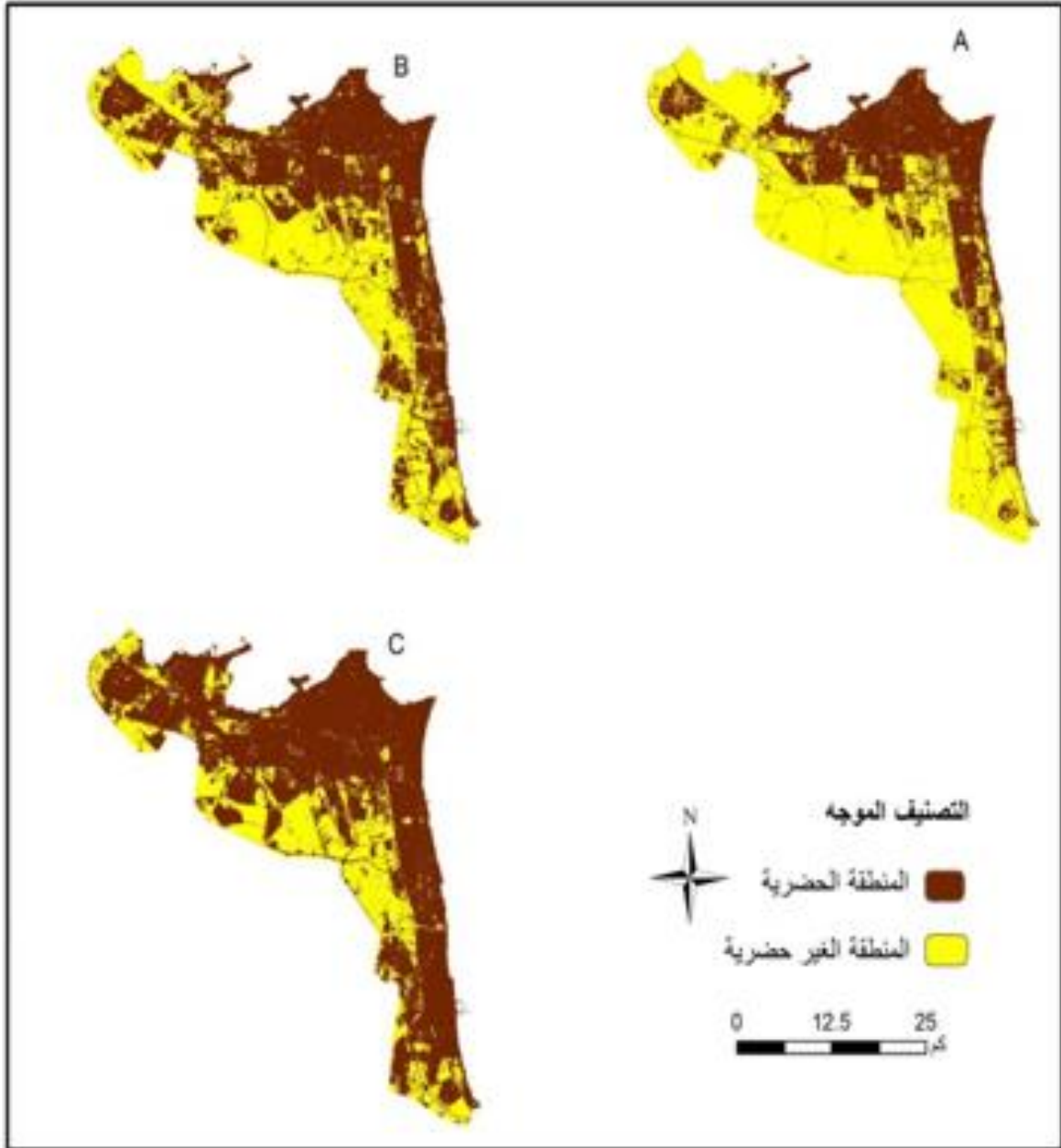
المصدر: المرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات.

ويبين التصنيف الموجه لعام ٢٠٠٢ انتشار عمراني بسيط بلغت مساحة ٣٨٦,٧ كم<sup>٢</sup> تقريباً، حيث تركز العمران وبدأ في الجزء الشمالي الشرقي لمدينة الكويت، مع توزيع طفيف نسبياً من ناحية الجنوب الشرقي المطل على خط الساحل.

أما التصنيف الموجه لعام ٢٠١٣ فيوضح اتساع أكبر في النمو العمراني، وزيادة واضحة في مساحة الاستخدام الحضري بلغت ٥٥٢,٢ كم<sup>٢</sup>، حيث انتشر العمران على نفس السياق السابق مع تدخل واضح في المنتصف وفي الجزء الشمالي من مدينة الكويت.

ومن تحليل التصنيف الموجه لمدينة الكويت في عام ٢٠٢٢ من مرئيات القمر الصناعي لاندسات يتضح بأن مساحة الاستخدام العمراني بلغت ٦٩٥,٧ كم<sup>٢</sup>، حيث اتسع النمو العمراني، ليشمل المناطق السكنية الجديدة، مثل المطلاع وسعد العبدالله وجابر الأحمد في الشمال، والخيران وصباح الأحمد في الجنوب، وانتشر في الرقعة الحضرية من ناحية الشمال والجنوب الشرقي لمدينة الكويت.

وعرض التصنيف الموجه ثلاث فترات زمنية لمدينة الكويت عن طريق الأقمار الصناعية، اتضح من خلالها المتغيرات العمرانية بفارق زمني يقدر بـ ١٠ سنوات تقريباً، بدأ فيها النمو العمراني بشكل بسيط إلى أن بلغ العمران ذروة التطور والتحضر في عام ٢٠٢٢.



شكل (٣) التصنيف الموجه لمنطقة الدراسة (A) عام ٢٠٠٢، (B) عام ٢٠١٣، (C) عام ٢٠٢٢

### كشف التغيرات Change Detection:

مراقبة وكشف التغيرات تعد إحدى الأدوات والتقنيات الحديثة في علم الاستشعار عن بُعد، فهو يبين التغيرات المكانية والزمانية لفترة زمنية يتم تحديدها.

وتعتبر مرحلة كشف التغيرات عملية لتحديد الاختلافات في حالة كائن أو ظاهرة من خلال مراقبته في أوقات مختلفة، فهي إحدى المشكلات الرئيسية في مراقبة الأرض، وقد تم بحثها على نطاق واسع في العقود الأخيرة، وتوفر بيانات الاستشعار عن بُعد متعددة الفترات الزمنية، مثل صور الأقمار الصناعية، والصور

الجوية التي توفر معلومات وفيرة لتحديد اختلافات استخدام الأراضي والغطاء الأرضي في منطقة معينة عبر فترة زمنية، وهذا أمر بالغ الأهمية في العديد من التطبيقات، مثل التخطيط الحضري، والرصد البيئي، والتحقيق الزراعي، وتقييم الكوارث، ومراجعة الخرائط، ومع التطور المستمر لتقنيات مراقبة الأرض تتوفر الآن كميات هائلة من بيانات الاستشعار عن بُعد ذات الدقة الطيفية - المكانية - والزمانية العالية، مما يجلب التغيير المستمر لتقنيات كشف التغيرات ومعالجة مشاكلها (Shi, Zhang, 2020).

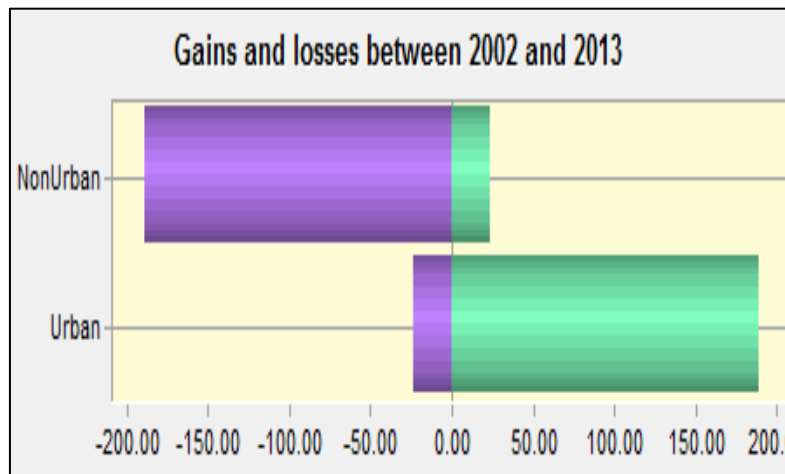
واستخدمت الدراسة كشف المتغيرات لمدينة الكويت عن طريق عملية التصنيف الموجه في ثلاث فترات زمنية لدراسة مساحة العمران، وبيان التغيرات المكانية للمنطقة الحضرية وغير الحضرية. يعرض الجدول الأرقام بمساحات الأراضي المبنية وغير المبنية بالكم<sup>٢</sup>، عبر الفترة الزمنية من عامي ٢٠٠٢ إلى ٢٠٢٢.

#### ١. التغيرات الحضرية بين عامي ٢٠٠٢-٢٠١٣:

يوضح جدول رقم (٢) وجدول رقم (٣)، وشكل رقم (١) وشكل رقم (٢) نسبة الأراضي المفقودة والمكتسبة للاستخدام الحضري في مدينة الكويت.

جدول (٢) التغيرات في العمران (Gains and Losses) بين عامي ٢٠٠٢ و٢٠١٣

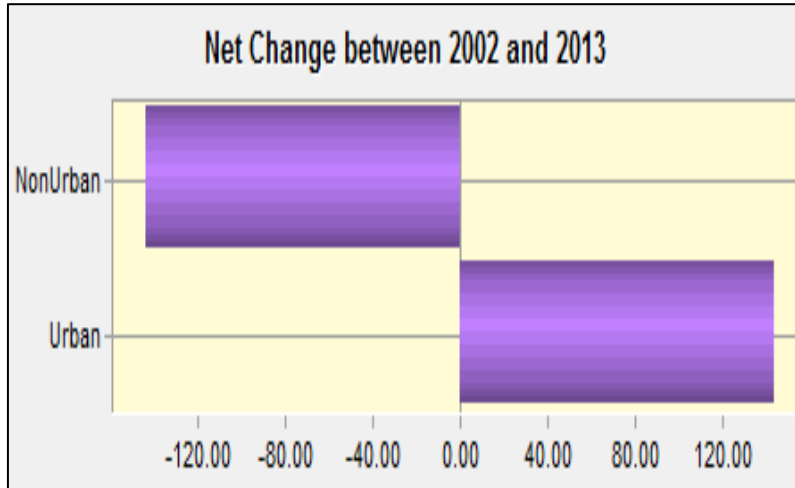
المساحة كم <sup>٢</sup>		الاستخدام
غير عمراني	عمراني	
٢٣,٧٥-	١٨٩,٣٤	عمراني



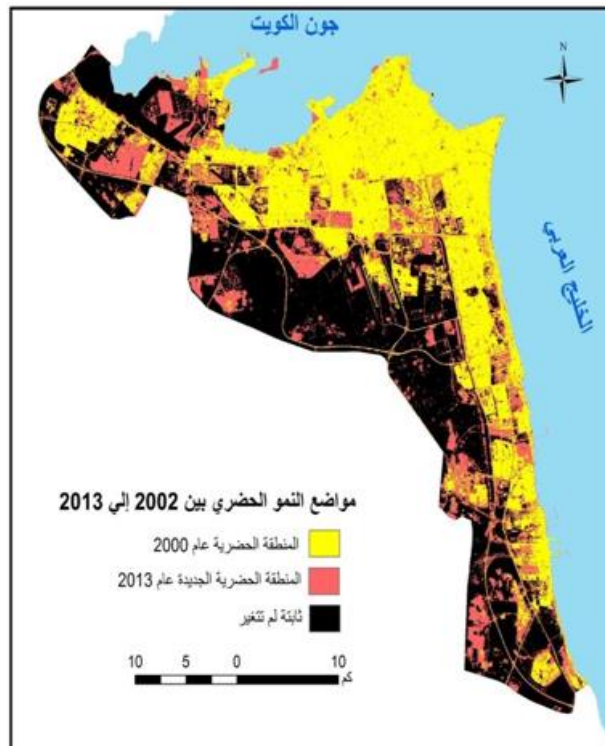
شكل (٤) التغيرات في العمران بين عامي ٢٠٠٢-٢٠١٣ بوحدة القياس كيلومتر

جدول (٣) صافي التغيرات (Net Change) بين عامي ٢٠١٣-٢٠٠٢

المساحة كم <sup>٢</sup>		الاستخدام
عمراني	غير عمراني	
١٦٥,٥٩	١٦٥,٥٩-	غير عمراني



شكل (٥) صافي التغيرات بين عامي ٢٠١٣-٢٠٠٢ بوحدات القياس كيلومتر



شكل (٦) التغير المكاني لمواضع النمو الحضري بين عامي ٢٠١٣-٢٠٠٢



يلاحظ من الشكل السابق انتشار العمران على طول امتداد خط الساحل، مع الجزء الشمالي لمدينة الكويت باللون الأصفر، واستمرار العمران، واندماج الكتلة الحضرية الجديدة مع الكتلة الحضرية القديمة خلال فترة زمنية تقدر بـ ١٣ سنة تقريباً.

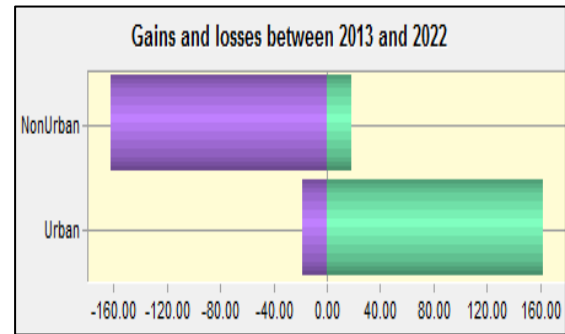
## ٢. التغيرات الحضرية بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢:

يوضح جدول رقم (٤) وجدول رقم (٦) وشكل رقم (٣) وشكل رقم (٤) نسبة الأراضي المفقودة والمكتسبة للاستخدام الحضري في مدينة الكويت.

جدول (٤) التغيرات في العمران (Gains and Losses) بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢

المساحة كم <sup>٢</sup>		الاستخدام
غير عمراني	عمراني	
١٨,٣٧-	١٦٢,٣٥	عمراني

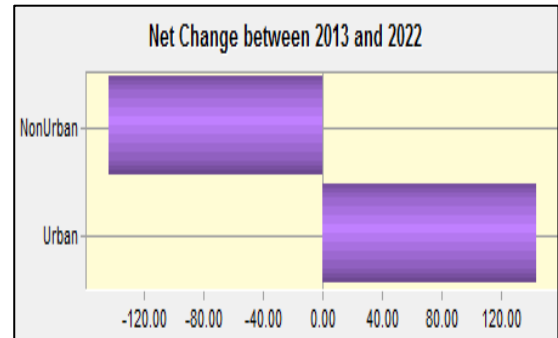
شكل (٧) التغيرات في العمران بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢ بوحدة القياس كيلومتر

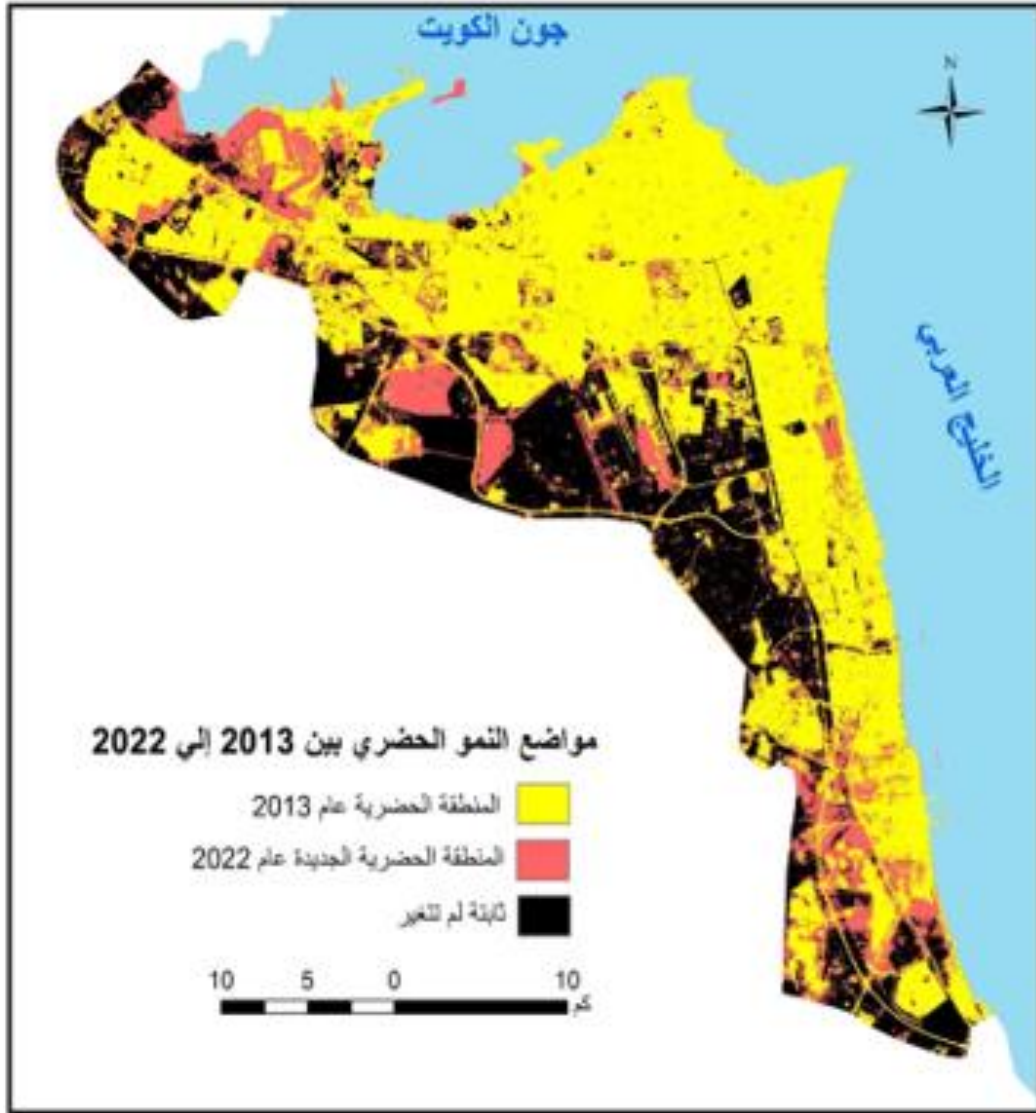


جدول (٥) صافي التغيرات (Net Change) في العمران بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢

المساحة كم <sup>٢</sup>		الاستخدام
عمراني	غير عمراني	
١٤٣,٩٧	١٤٣,٩٧-	غير عمراني

شكل (٨) صافي التغيرات بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢ بوحدة القياس كيلومتر





شكل (٩) التغير المكاني لمواقع النمو الحضري بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢

يوضح الشكل السابق انتشار وتوسع النمو العمراني بشكل واسع أكثر من السابق خصوصاً في المنتصف وبمحاذاة خط الساحل، بالإضافة إلى بناء مناطق حضرية جديدة انتشرت في جميع أنحاء مدينة الكويت.

#### التنبؤ بالنمو العمراني في تقييم وتحليل مؤشر ماركوف Markov:

نموذج ماركوف عبارة عن عملية رياضية حسابية يمكن من خلالها عمل توقعات مستقبلية من خلال وقائع حالية، وليس بالضرورة معرفة الماضي البعيد، ولقد أخذت اسم مبتكرها الروسي أندريا ماركوف عنواناً للنظرية الجيوتطبيقية، التي عرفت باسم سلسلة ماركوف، وهو توفير بُعد جيوميكاني حالي خرائطياً لتكون أرضية لتوقع المتغيرات على الخرائط مستقبلاً (بارود، ٢٠١٨).

وتعتبر سلسلة ماركوف شكلاً محدداً لنماذج الاحتمال الأكثر عمومية، والمعروفة بالعمليات العشوائية، حيث تعتمد الحالة الحالية للنظام على حالة سابقة، بمعنى آخر: تتضمن سلسلة من القيم العشوائية التي تعتمد عليها الاحتمالات خلال فترة زمنية في الماضي. ويعمل ماركوف كنموذج عشوائي يحل زوج الصور لاستخدام الأرض والغطاء الأرضي، ويولد مصفوفة احتمالية انتقالية (Ebrahimipour, Farshchin, 2016).

### تقييم وتحليل مؤشر ماركوف Markov:

جدول (٦) نتائج مؤشر ماركوف للاستخدامات في الكويت

السنوات	مؤشر ماركوف للانتقال من الاستخدام الحضري إلى غير الحضري	مؤشر ماركوف للانتقال من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري
٢٠١٣:٢٠٠٢	٠,٢٠٢-٠,٧٩٨	٠,٥٧٢-٠,٤٢٨
٢٠٢٢:٢٠١٣	٠,١٧٨-٠,٨٢٢	٠,٥١٧-٠,٤٨٣
٢٠٣٥	٠,١٨٨-٠,٨١١	٠,٣٩٨-٠,٦٠٢
٢٠٤٥	٠,٢٠٠-٠,٧٩٩	٠,٢٥٧-٠,٧٤٣

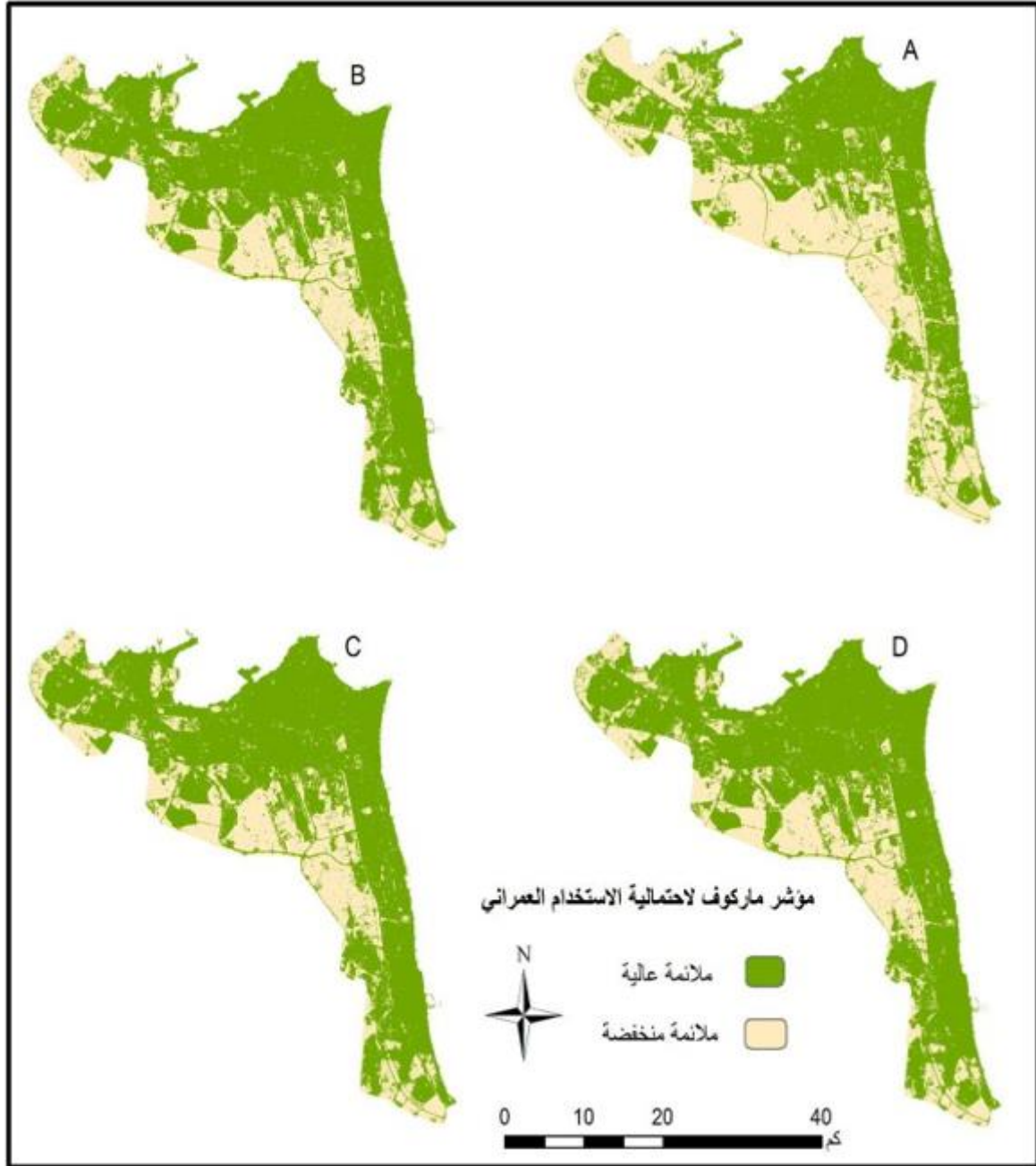
المصدر: اعتماداً على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات.

وتتراوح قيم الملاءمة في مؤشر ماركوف Markov بين (صفر و ١ صحيح) بحيث تزداد ملاءمة الأرض كلما اقتربت القيم من (١,٠) والعكس صحيح. ويظهر من تحليل نمذجة التنبؤ بتغير الأرض اعتماداً على مؤشر ماركوف بين عامي ٢٠١٣-٢٠٠٢ للاستخدام الحضري إلى غير الحضري أنه كانت نسبتها ٠,٧٩٨ - ٠,٢٠٢ أي: أن احتمالية الانتقال من الاستخدام الحضري إلى غير الحضري عالية، أما الاستخدام الثاني، وهو من غير الحضري إلى الحضري، فكانت نسبته تتراوح بين ٠,٤٢٨ - ٠,٥٧٢، وهي نسبة متوسطة تقبل لها الانتقال من الاستخدام غير الحضري للاستخدام الحضري.

وقد تبين من تقييم مؤشر وتحليل ماركوف Markov بين عامي ٢٠١٣-٢٠٠٢ أنه ولمدة تسع سنوات فإن قيمة احتمالية الانتقال من الاستخدام الحضري إلى غير الحضري كانت نسبتها بين ٠,٨٢٢ - ٠,١٧٨، وهي نسبة عالية نوعاً ما، أما احتمالية الانتقال من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري فبلغت نسبتها ٠,٤٨٣ - ٠,٥١٧.

أما في عام ٢٠٣٥ فكانت نسبة الانتقال من الاستخدام الحضري إلى غير الحضري ٠,٨١١ - ٠,١٨٨، واحتمالية الانتقال من الاستخدام غير الحضري إلى الحضري وصلت نسبتها إلى ٠,٦٠٢ - ٠,٣٩٨، وهي نسبة جيدة للانتقال الحضري.

وفي التوقع المستقبلي لعام ٢٠٤٥ فستكون النسب قريبة من قبل الاستخدامات، ففي الانتقال من الحضري إلى غير الحضري يتوقع أن تبلغ النسبة ٠,٧٩٩ - ٠,٢٠٠، وفي الاستخدام من الحضري إلى غير الحضري يتوقع أن تتراوح النسبة بين ٠,٧٤٣ - ٠,٢٥٧، مما يوضح احتمالية التوسع الحضري في المناطق المجاورة.



شكل (١٠) مؤشر ماركوف لاحتمالية الاستخدام الحضري (A) عام ٢٠١٣، (B) عام ٢٠٢٢، (C) عام ٢٠٣٥، (D) عام

٢٠٤٥

## مؤشر CA-Markov:

يبين الجدول التالي مضاعفة الكتلة العمرانية من عام ٢٠٠٢ إلى ٢٠٢٢، وأظهرت نتائج محاكاة النمو العمراني لمدينة الكويت للأعوام من ٢٠٣٥ إلى ٢٠٤٥ باستعمال نمذجة تغير الأرض ونمذجة السلوك الذاتي الخلوي-ماركوف، توقع التسلسل المستقبلي لمساحة الكتلة العمرانية والتوزيع المكاني لها.

جدول (٧) نتائج مؤشر CA Markov للاستخدامات في الكويت

الاستخدام غير الحضري كم <sup>٢</sup>	الاستخدام الحضري كم <sup>٢</sup>	السنوات
٤٥٢,١٢	٥١٤,٢٥	٢٠٠٢ إلى ٢٠١٣
٤٠٧,٥٥	٥٥٨,٧٦	٢٠١٣ إلى ٢٠٢٢
٢٣٨,٤٧	٧٢٧,٢٥	٢٠٣٥
٢٠٨,٧٤	٧٥٦,٩٧	٢٠٤٥

المصدر: اعتماداً على المرئيات الفضائية للقمر الصناعي لاندسات.

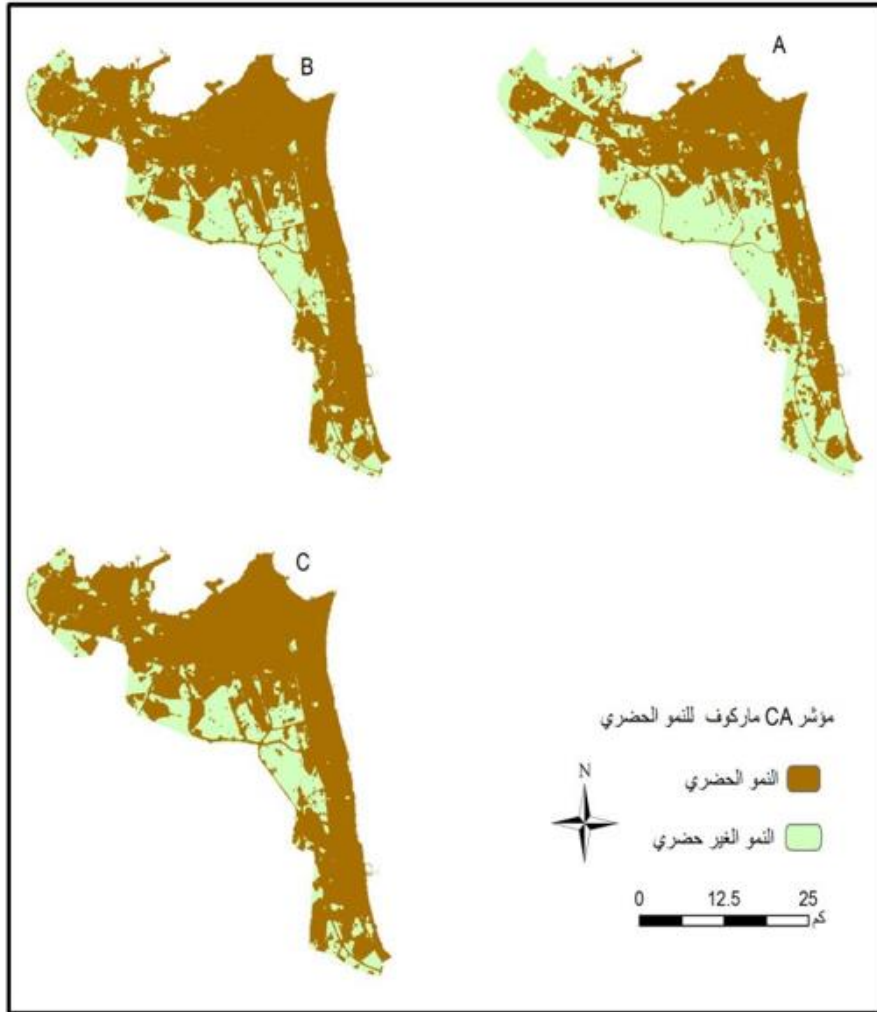
أظهرت نتائج تطبيق نمذجة التغيرات مقدار واتجاه الامتداد العمراني المتوقع لمدينة الكويت على ضوء التغيرات بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢، وعلى ضوء تحليل مؤشر CA-Markov ماركوف أظهرت النتائج أن مساحة الكتلة العمرانية تبلغ ٥١٤,٢٥ كم<sup>٢</sup> ومساحة باقي الاستخدامات تقدر بنحو ٤٥٢,١٢ كم<sup>٢</sup>، وهي نسبة أقل من الاستخدام الحضري.

ومن تحليل مؤشر CA-Markov ماركوف لاستخدامات الأراضي بين عامي ٢٠١٣-٢٠٢٢ ولمدة ١٠ سنوات بلغ الاستخدام الحضري ٥٥٨,٧٦ كم<sup>٢</sup>، والاستخدام غير الحضري بلغ ٤٠٧,٥٥ كم<sup>٢</sup>، حيث لم تكن الفروقات أو التغيرات العمرانية مختلفة جداً بين هذه الفترة والتي قبلها.

وفي نتيجة التحليل المستقبلي لعام ٢٠٣٥ فإن نسبة الاستخدام الحضري بلغت ٧٢٧,٢٥ كم<sup>٢</sup>، ومساحة باقي الاستخدامات الأخرى تقدر بنحو ٢٣٨,٤٧ كم<sup>٢</sup>، وهي نسبة فارقة جداً، حيث إن التطور العمراني يعتبر أوسع، وأكثر انتشاراً في مدينة الكويت.

ومن حيث مقارنة استخدام الأرض بين عامي ٢٠٢٢، والخريطة المنتجة للتنبؤ عام ٢٠٣٥ أمكن التنبؤ بمساحة الكتلة العمرانية حتى عام ٢٠٤٥، حيث إن المتوقع أن تبلغ مساحتها حوالي ٧٥٦,٩٧ كم<sup>٢</sup>،

ومساحة باقي الاستخدامات الأخرى تقدر بنحو ٢٠٨,٧٤ كم<sup>٢</sup>، وهو ما يدل على احتمالية التوسع الحضري في المناطق المجاورة بشكل ملحوظ.



شكل (١١) مؤشر CA ماركوف للنمو الحضري (A) عام ٢٠٢٢، (B) عام ٢٠٣٥، (C) عام ٢٠٤٥

أظهرت نتائج نمذجة CA-Markov وقوع مناطق النمو العمراني بالقرب من الكتلة العمرانية، وهو ما يجعلنا ندرك بوضوح أن المساكن يتم بناؤها عادة حول الطرق بالقرب من الكتلة العمرانية.

#### كابا Crosstab Kappa:

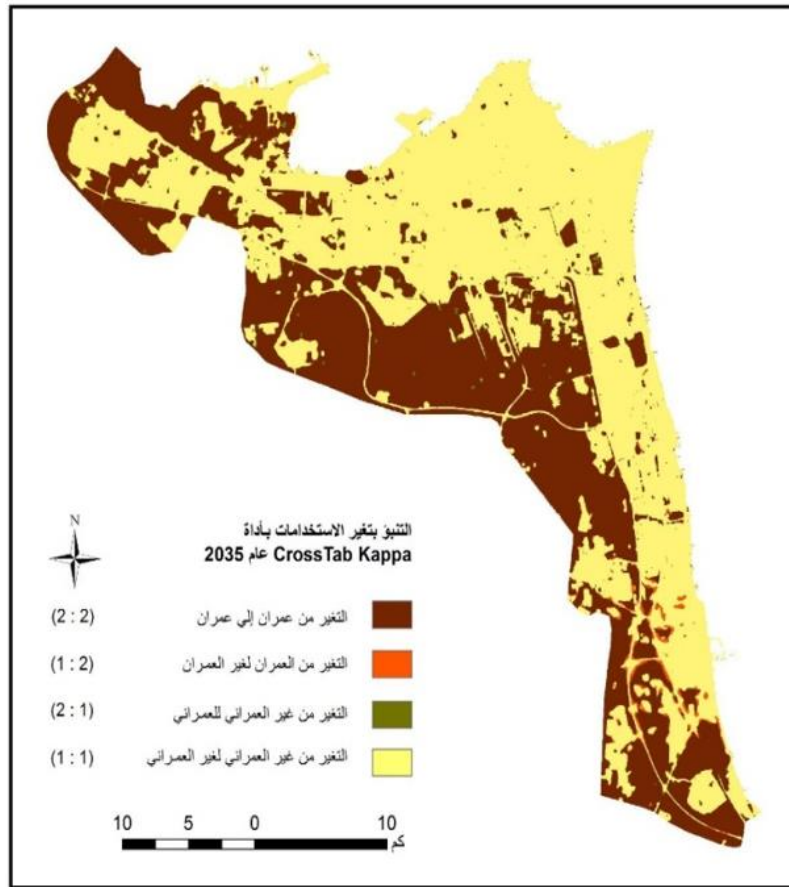
يمكن التحقق من صحة ودقة مؤشر كروس تاب كابا للتوافق Crosstab Kappa، فإذا كان التصنيف مثالياً فإن قيمة  $Kappa = 1$ ، أما إذا كانت نسبة التصحيح المشاهدة أكبر من نسبة التصحيح المتوقعة فإن قيمة  $Kappa < 1$ ، وفي حال كانت نسبة التصحيح المشاهدة مساوية لنسبة التصحيح المتوقعة نتيجة المصادفة تكون قيمة  $Kappa > 1$  (عياصرة، ٢٠١٨).



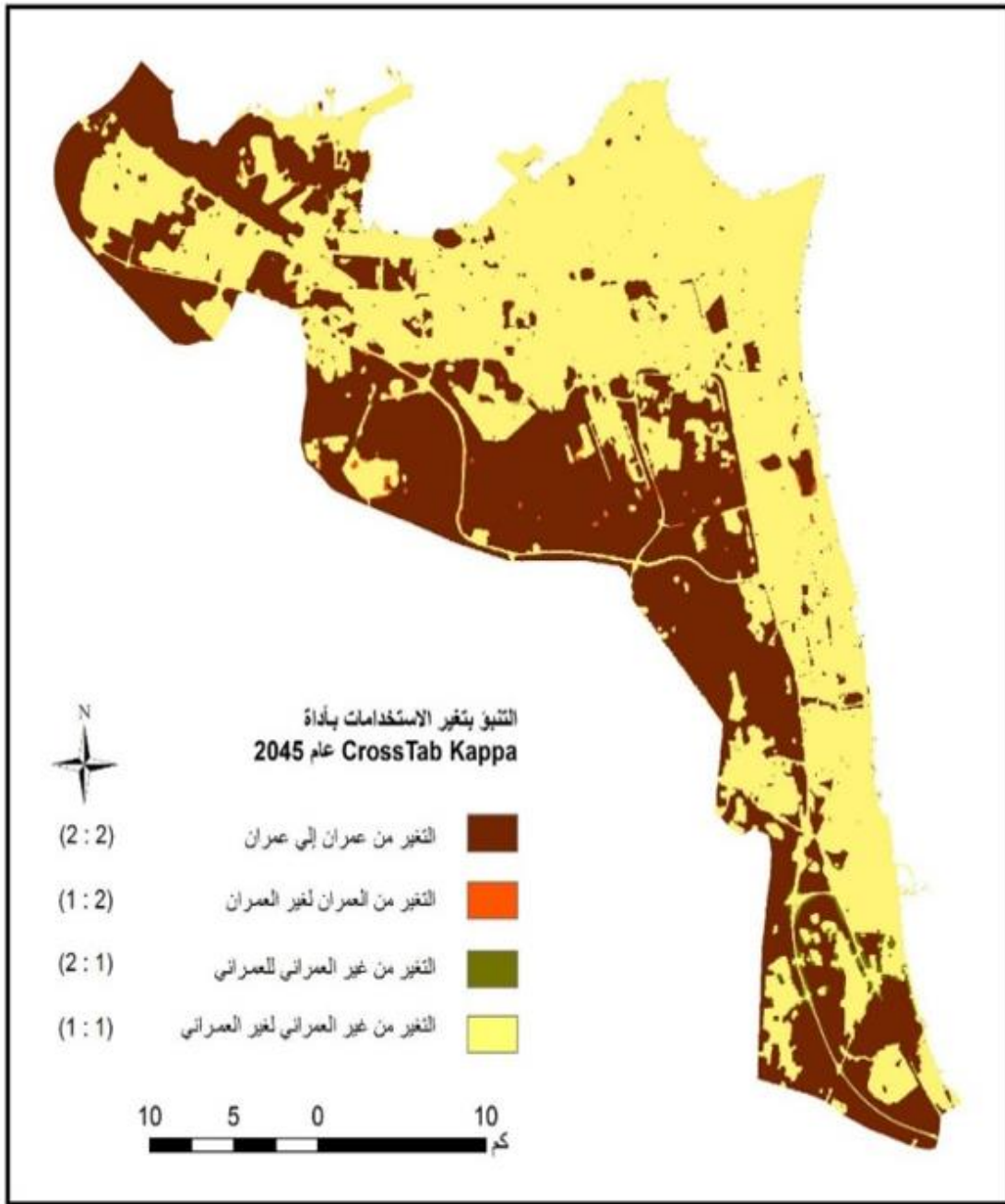
جدول (٨) مؤشر كبا Crosstab Kappa

سنوات التصنيف	دقة التصنيف	إحصائيات مؤشر كبا
٢٠٠٢	%٩٥,٧٣	٠,٩١
٢٠١٣	%٩٨,٨٩	٠,٩٧
٢٠٢٢	%٩١,٨٧	٠,٩٤

بيّنت النتائج أن تحليل مؤشر كبا Crosstab Kappa قد أعطى قيمة جيدة جداً للتصنيف المطبق، وتراوحت هذه القيم بين ٠,٩١ في خريطة عام ٢٠٠٢، وحتى ٠,٩٤ في خريطة ٢٠٢٢. كما تراوحت قيمة الدقة الإجمالية بين %٩٥,٧٣ و %٩١,٨٧، في خريطتي ٢٠٠٢ و ٢٠٢٢، وهي نسبة جيدة جداً لدقة التصنيف التي توصلنا إليها، فعند اقتراب القيم من ١٠٠٪ تكون الدقة مثالية. وفي عام ٢٠١٣ بلغت دقة التصنيف ٩٨,٨٩ مع أعلى نسبة في مؤشر كبا ٠,٩٧، وهي تعتبر السنة المثالية في تحقيق التصنيف المطبق للتوقع المستقبلي.



شكل (١٢) تطبيق تحليلات Crossstab Kappa على المنطقة عام ٢٠٣٥

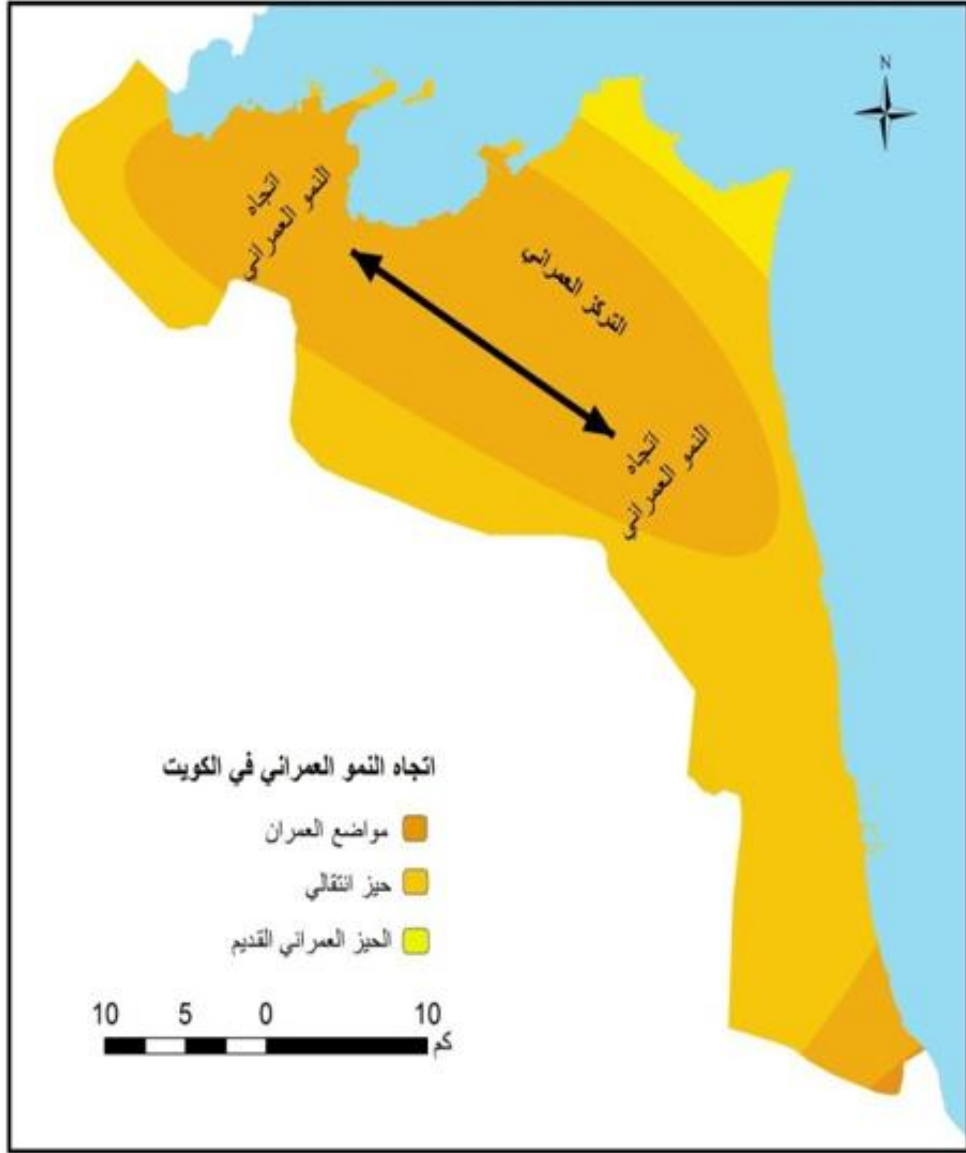


شكل (١٣) تطبيق تحليلات Crosstab Kappa على المنطقة عام ٢٠٤٥

### اتجاه النمو العمراني في مدينة الكويت بين الفترة الزمنية من عامي ٢٠٠٢ و ٢٠٢٢:

بدأت فترة النمو العمراني بوضوح في دولة الكويت بعد اكتشاف النفط، أي: في الخمسينيات من القرن الماضي، وقد تأثرت بعدة عوامل منها: النفط، وازدهار النمو الاقتصادي، والنمو السكاني، وزيادة العمالة، واتجهت الكويت في بداية نموها العمراني من ناحية الجنوب بمحاذاة الساحل، وذلك بسبب ارتباط معيشة أهل الكويت في البحر منذ القدم، فهذا يمثل لهم الماضي والحاضر بكل أبعاده (الغازي، ١٩٩٩).





شكل (١٤) اتجاه النمو العمراني في مدينة الكويت

تطور النمو العمراني بعد عام ١٩٦٥، وامتد إلى المناطق الوسطية وفي اتجاه الجنوب والشمال الغربي عند منطقة الجهراء، مما نتج عنه مدينة متروبوليتانية متسعة الامتداد (الغازمي، ١٩٩٩).

كما أثرت السبخات على نمط التوزيع العمراني في الكويت، حيث ساعدت على استواء سطح الأرض مما أدى إلى امتداد العمران دون عوائق. ويمكن تعريف السبخات بأنها أرض مالحة مسطحة قريبة من سطح البحر، وهي تمثل إحدى المظاهر الجيومورفولوجية، وتوجد على طول سواحل الجزيرة العربية، مع التركيز أكثر في السواحل الشرقية التي تقع على الخليج العربي باتجاه الشمال من الكويت وحتى الجنوب من الإمارات العربية المتحدة (كيلو، ٢٠٠٦).

ويوضح الشكل (١٤) اتجاه النمو العمراني في مدينة الكويت في الوضع الحالي، والتي انتشر فيها العمران بشكل أوسع، وبمحاذاة الساحل البحري، وذلك بسبب بداية تركيز سكان الكويت حول الجون؛ لتوفّر احتياجات السكان من خدمات ومرافق عامة، ومع توفر عدة عوامل ساعدت على التوسع العمراني خارج الكتلة العمرانية نحو الأراضي الفضاء، وعلى امتداد النطاق الساحلي للمدينة والأطراف الشمالية والجنوبية التي تحيط بقلب المدينة، منها: الزيادة السكانية، واستواء سطح المدينة، وانتشار شبكة الطرق المربوطة بشبكة المياه والكهرباء، إلى أن توسعت المنطقة الحضرية بشكل أكبر.

### المناقشة والنتائج:

#### أولاً: المناقشة:

بناءً على ما تم توضيحه في الدراسة من التقدم والتطور العمراني في مدينة الكويت منذ عام ٢٠٠٢ إلى عام ٢٠٢٢، والتنبؤ بالمستقبل العمراني للمدينة حتى عام ٢٠٣٥ و٢٠٤٥، والذي ترتب عليه اتساع المدينة، وامتداد العمران في أرجاء المدينة من ناحية الشمال والجنوب.

فإن هذا ما يثبت صحة الفرضية بأن هناك علاقة طردية بين النمو السكاني والنمو العمراني كما هو موضح بالجدول التالي.

جدول (٩) يمثل أعداد النمو السكاني ومساحة النمو العمراني

السنوات	النمو السكاني	النمو العمراني
٢٠٠٢	٢,٢٦١,٩٥٦	٣٨٦,٧
٢٠١٣	٣,٤٤٨,١٣٩	٥٥٢,٢
٢٠٢٢	٤,٢١٦,٩٠٠	٦٩٥,٧

المصدر: الإدارة المركزية للإحصاء في الكويت.

- إجمالي عدد السكان =  $9.926.995 / 20 = 496.349.75$  نسمة.

- الزيادة السكانية لكل سنة من ٢٠٠٢ إلى ٢٠٢٢.

- النمو السكاني ٢٠٢٢ - النمو السكاني ٢٠٠٢ =  $1.954.944 / 20 = 97.747.2$  نسمة.

- الزيادة السكانية لعام ٢٠٣٥ = ٩٧.٧٤٧.٢ \* ١٣ = ١.٢٧٠.٧١٣.٦ نسمة

- الزيادة السكانية لعام ٢٠٤٥ = ٩٧.٧٤٧.٢ \* ٢٣ = ٢٢.٤٨١.٨٥٦ نسمة

يلاحظ من أعداد النمو السكاني ارتفاع ملحوظ في المستقبل في عام ٢٠٣٥ و ٢٠٤٥، مما يدل على صحة الفرضية المتوقعة، فكلما ارتفع عدد السكان زادت المساحة الحضرية؛ لاستيعاب النمو السكاني المطرد في المدينة.

## ثانياً: النتائج:

يمكن تلخيص أهم النتائج في النقاط الآتية:

- تبين من الدراسة وجود تطور متواصل في الكتلة العمرانية بين عامي ٢٠٠٢-٢٠٢٢.
- تبين مقارنة صور الأقمار الصناعية لمدينة الكويت للسنوات المختلفة (٢٠٢٢-٢٠١٣-٢٠٠٢) أن التطور العمراني للمدينة قد انتهج الخطة الحضرية، وذلك بالتخطيط الطولي للمدينة على امتداد الساحل، مما جعل المدينة مدينة طولية.
- بدأ النمو الحضري في مدينة الكويت في الاتساع بالضواحي السكنية من ناحية المناطق الصحراوية (الأراضي الفضاء). أي: أن التوسع العمراني للمدينة في بادئ الأمر كان عبارة عن توسع أفقي من خلال انتشار المناطق السكنية في أرجاء المدينة.
- أدى انبساط تضاريس مدينة الكويت ووجودها في منطقة سهلية منبسطة السطح إلى تشييد المباني والمسكن والامتداد الأفقي دون صعوبات وعوائق.
- تتمثل أبرز معالم التحليل من خلال النماذج المستخدمة في الدراسة من خلال تطور النمو العمراني للسنوات المختلفة في أن النمو العمراني بلغ ٣٨٦.٧ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٠٢، وزاد في عام ٢٠١٣ ليصبح ٥٥٢.٢ كم<sup>٢</sup>، أي: تضاعف الاتساع الحضري في المدينة خلال ١٠ سنوات تقريباً، واستمر النمو العمراني ليبليغ ٦٩٥.٧ كم<sup>٢</sup> في عام ٢٠٢٢.
- أظهرت دراسة اتجاه النمو العمراني في المدينة من الفترة ٢٠٠٢ إلى ٢٠٢٢ أن النمو العمراني كان متجهاً من منتصف المدينة نحو الشمال الشرقي، وبدأ في التوسع من ناحية الجنوب والشمال بمحاذاة الساحل البحري.

- أظهرت نتائج مؤشر CA-Markov بأن امتداد الكتلة العمرانية مستمر في الزيادة، حيث كان الاستخدام الحضري في الفترة ٢٠٠٢ إلى ٢٠١٣ يبلغ ٥١٤.٢٥ كم<sup>٢</sup>، وسوف تبلغ الزيادة المتوقعة في عام ٢٠٣٥ ٧٢٧.٢٥ كم<sup>٢</sup>، وفي عام ٢٠٤٥ سوف تبلغ الكتلة العمرانية المتوقعة ٧٥٦.٩٧ كم<sup>٢</sup>.
- بناءً على نتائج مؤشر CA-Markov لاستخدام الأراضي غير الحضرية بلغت الكتلة العمرانية لعام ٢٠٠٢ إلى ٢٠١٣ ٤٥٢.١٢ كم<sup>٢</sup>، وفي عام ٢٠٣٥ من المتوقع أن تبلغ الكتلة العمرانية ٢٣٨.٤٧ كم<sup>٢</sup>، أما في عام ٢٠٤٥ فيتوقع أن تبلغ الكتلة العمرانية لنسبة الاستخدام غير الحضري المستقبلية ٢٠٨.٧٤ كم<sup>٢</sup>.
- اهتمت حكومة الكويت بوضع المخطط الهيكلي لمدينة الكويت لعام ٢٠٣٠، بحيث يشمل على أسس متنوعة تتمثل في المحاور التالية:
- ✓ وضع مخطط عمراني لاستعمالات الأراضي المختلفة.
  - ✓ إجراء الدراسات الاقتصادية المتخصصة لتحويل المدينة كمركز مالي وإداري عالمي.
  - ✓ وضع آلية وخطط تنفيذ المشاريع المختلفة داخل المدينة.
  - ✓ إجراء دراسة مرورية شاملة لمدينة الكويت.
  - ✓ إجراء الدراسات القطاعية لاستعمالات الأراضي بالمدينة (تجاري، حكومي، سكني، ترفيهي، خدمات البنية التحتية) (بلدية الكويت).

## قائمة المراجع

### ■ المراجع العربية:

- إبراهيم، أحمد حسن (٢٠٠٩)، مدينة الكويت: دراسة في جغرافية المدن، مركز البحوث والدراسات الكويتية.
- أبو جياب، صهيب خالد (٢٠١٢)، التطوير العمراني المستقبلي في محافظة خان يونس في ضوء المحافظة على الموارد البيئية باستخدام GIS و RS، رسالة ماجستير كلية الآداب، الجامعة الإسلامية (غزة).
- بارود، أنس نعيم (٢٠١٨)، رصد التغيرات البيئية التي طرأت على شاطئ قطاع غزة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بُعد RS، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، الجامعة الإسلامية (غزة).
- حسن، مزكين محمد، ورجب، سمير صباح (٢٠٢٠)، النمذجة المكانية للزحف الحضري في مدينة دهوك باستخدام خوارزمية ماركوف CA-Markov مجلة جامعة دهوك المجلد ٢٣ العدد (٢).
- سليمان، حمد (٢٠١١)، استخدام تقنيتي الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقييم الأراضي في وسط السهل الرسوبي العراقي، كلية الزراعة، جامعة بغداد.
- الصباح، أمل (١٩٩٠)، التركيز السكاني في الكويت، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، جامعة الكويت، العدد (٦٢).
- العازمي، خالد (١٩٩٩)، العمران في دولة الكويت دراسة في جغرافية التنمية، جامعة الإسكندرية، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.
- العامري، موسى عبد حسون (٢٠٢١)، محاكاة النمو العمراني وتغير استعمالات الأرض في مدينة الديوانية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الكوفة، العدد ٤٩، الجزء (١).
- عبد الحميد، عاطف معتمد، (٢٠٠٨)، أسس الاستشعار عن بُعد، Canada center for Remote Sensing، بحث مترجم، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية.
- عياصرة، ثائر مطلق محمد (٢٠١٨)، محاكاة النمو العمراني بالاستناد إلى نمذجة السلوك الذاتي-الخليوي ونمذجة تعيير الأرض، دراسة تطبيقية على منطقة ساكب في الأردن، مجلة العمارة والتخطيط، المجلد ٣٠ العدد (١).

- عياصرة، ثائر مطلق محمد (٢٠١٩)، محاكاة النمو العمراني لمدينة الرياض من خلال تطبيق نمذجة السلوك الذاتي الخليوي - ماركوف ونمذجة تغيرات الأرض، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل - العلوم الإنسانية والإدارية، المجلد (٢٠).
  - كليو، عبد الحميد أحمد (٢٠٠٦)، سبخات الساحل الشمالي في دولة الكويت: توزيعها، نشأتها، خصائصها، جامعة الكويت - كلية العلوم الاجتماعية . قسم الجغرافيا.
  - والي، عبد الهادي محمد (١٩٨٣)، التخطيط الحضري: تحليل نظرية وملاحظات واقعية، دار المعرفة الجامعية - الإسكندرية.
- المراجع الأجنبية:

- Almatar, Mohammad (2011), Utilizing geographic information systems and remote sensing to investigate urbanization processes: in both the us and Kuwait. University of Florida. US.
- Ebrahimipour, Farshchin (2016), Prediction of Urban Growth throug Cellular Automata-Markov Chain. Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liege, VOL. 85, P.824-839, 2016.
- <https://www.csb.gov.kw/Pages/Statistics?ID=10&ParentCatID=1>.
- Shi, Zhang (2020), Change Detection Based on Artificial Intelligence: State-of-the-Art and Challenges. MDPI, remote sensing, 25, May 2020.
- Siddiqu, Siddiqu (2018), Urban growth dynamics of an Indian metropolitan using CA Markov and Logistic Regression. Elsevier Science Direct, VOL.21, 3 December 2018.
- Liao, Liu (2021), Application of Land Use Change and Prediction in Urban Planning Evaluation and Formulation. Journal of Computer and Communications, VOL.9, No.6, June 2021.
- Andersen, Poulsen (2020), Geophysical mapping and 3D geological modelling to support urban planning: A case study from Vejle, Denmark. Elsevier applied geophysics, VOL.180, No. September 2020.
- Mari, Bruzzone, Valls (2007), A Support Vector Domain Description Approach to Supervised Classification of Remote Sensing Image. IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, VOL. 45, No. 8, August 2007.

### Abstract

The research aims to analyze the stages of urban growth and monitor what might happen in terms of expectations, to achieve a stable vision for the future, and to assess the sustainability of Kuwait City during the period (2002-2022) using remote sensing techniques and geographic information systems, to detect spatial and temporal variation, and predict the future of possible urban changes to Years 2035 and 2045, by applying Earth change modeling, and Markov cell self-behavior modeling.

The study concluded that there is a continuous development in the urban mass between the years 2002 -2022, and the results showed that the area of the urban mass until 2035 will reach about 727.25 km<sup>2</sup> and the area of other uses is estimated at about 238.47 km<sup>2</sup>, and in terms of comparing land use between 2022 and the map produced to predict the year 2035 It was possible to predict the area of the urban mass until the year 2045, as it is expected that its area will be about 756.97 km<sup>2</sup>, and the area of the rest of the other uses is estimated at 208.74 km<sup>2</sup>

Accordingly, the axes of the future urban expansion of the city are concentrated in the same direction as the urban expansion of the urban block for the year 2022. The study was able to verify the accuracy of the simulation maps compared to the 2022 map using the (Kappa) coefficient, as the results showed that all of them are in high agreement, and recorded a value of 0.94, which is a high-accuracy indicator. in the classification process.

**Keywords:** urban development - geographic information systems - Markov chain analysis - Earth change modeling - Cellular self-behavior, Markov.