Dirasat: Human and Social Sciences, Volume 52, No. 1, 2025

Deanship of Scientific Research

Modeling (simulation) of Urban Growth in Urban Abha until 2030 Using CA-Markov Model

Saad Abdullah ALOmeir [1]*, ***Ibrahim Obaid Alshwesh*** [2]

[1]Department of Social Sciences, Educational Supervision, General Administration of Education in Asir Region, Abha, K.S.A.

[2] Department of Geography, Faculty of Arabic Language and Social Studies, Qassim University, Qassim, K.S.A.

Received: 19/2/2023
Revised: 24/6/2023
Accepted: 18/1/2024
Published online: 14/11/2024

* *Corresponding author:*
saadomeir@gmail.com

Citation: ALOmeir, S. A., & Alshwesh, I. O. (2024). Modeling (simulation) of Urban Growth in Urban Abha until 2030 Using CA-Markov Model. *Dirasat: Human and Social Sciences*, *52*(1), 208–223. https://doi.org/10.35516/hum.v52i1.4241

© 2025 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Abstract

Urban growth models are one of the latest modern technologies that are effective in predicting future urban growth and that help planners, and decision-makers in trying to find possible solutions to overcome the problems of expected urban expansion.

Objectives: The study sought to model (simulate) urban growth in urban Abha until 2030 AD. With the aim of producing a digital map of the urban bloc. Through which, the area of the expected urban block can be calculated. Using a built-in Markov model, Based on urban growth maps for the period (1984-2002 AD).

Methods: This study followed a spatial analysis approach to simulate urban growth by classifying land uses for two areas: (built-up free of and urbanization) and the use of the (CA-Markov) model to simulate urban growth, and evaluate the accuracy of classification using the Idrisi Selva program.

Results: The research finds that the land is expected to grow in urban Abha until the year 2030 (120.6 km2) which is 12.8% of the total area of 945.7 km2, which is three times the annual increase Between the years (1984-2020), which covers (3.9) km2.

Conclusion: making the total inhabited area (300.25) km2 forming 31.8% of the total urban area of Abha. The study suggests the need to develop plans for the expected urban growth to reduce its implications.

Keywords: Urban Growth, urban Abha, CA-Markov model, modeling (simulation).

نَمْذَجةُ (مُحَاكَاةُ) النُّموِّ العُمَرانِي في أَبْها الحَضَرِيَّةِ حتى عَامِ 2030م باستِخْدامِ نَموذَجِ مَارْكُوفْ المُدْمَجِ (CA-Markov)

سعد عبدالله آل عمير [1]*، ***إبراهيم عبيد الشويش*** [2]

[1] قسم العلوم الاجتماعية، الإشراف التربوي، الإدارة العامة للتعليم بمنطقة عسير، أبها، المملكة العربية السعودية.

[2] قسم الجغرافيا، كلية اللغة العربية والدراسات الدراسات الاجتماعية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية.

ملخّص

تعد نماذج الآلية النمو الحضري من التقنيات الحديثة التي أثبتت فاعليتها في توقع النمو العمراني المستقبلي؛ إذ أنها تساعد المخططين وصناع القرار في محاولة إيجاد الحلول الممكنة للتغلب على مشاكل التوسع العمراني المتوقعة.

الأهداف: سعت الدراسة إلى نمذجة (محاكاة) النمو العمراني في أبها الحضرية حتى عام 2030م؛ بهدف إنتاج خريطة رقمية للكتلة العمرانية؛ يمكن من خلالها حساب مساحة الكتلة العمرانية المتوقعة؛ وذلك باستخدام نموذج ماركوف المدمج؛ بالاعتماد على خرائط النمو العمراني للفترة (1984-2002م).

المنهجية: اتبعت الدراسة منهج التحليل المكاني لمحاكاة النمو العمراني؛ وذلك بتصنيف استخدامات الأرض إلى صنفين هما: (العمران، والخالي من العمران باستخدام نموذج (CA-Markov)، ثم تقييم دقة التصنيف باستخدام برنامج الادريسي سيلفا (IDRISI Selva).

النتائج: توصلت الدراسة إلى أن المساحة العمرانية المتوقع نموها في أبها الحضرية حتى عام 2030م ستبلغ (120.6) كم^2، وبنسبة 12.8% من إجمالي مساحتها الكلية التي تبلغ (945.7) كم^2، وذلك بزيادة سنوية تصل إلى (12.1) كم^2 سنويا، أي ثلاثة أضعاف الزيادة السنوية بين عامي (1984-202) والبالغة (3.9) كم^2.

الخلاصة: توقعت الدراسة أن يبلغ إجمالي المساحة المعمورة الاجمالية سيصل إلى (300.25) كم^2 في عام 2030م، وبما نسبته 31.8% من إجمالي مساحة أبها الحضرية، وتوصي الدراسة بضرورة وضع الخطط المستقبلية للتوسع العمراني المتوقع؛ للحد من الآثار المترتبة عليه.

الكلمات الدالة: النمو العمراني، أبها الحضرية، نموذج ماركوف المدمج، النمذجة (المحاكاة).

1-1 المقدمة:

تعد ظاهرة النمو العمراني من الظواهر الديناميكية المتغيرة والمتمثلة في التوسع الأفقي، حيث شهدت المدن في المملكة العربية السعودية توسعا كبيرا، ونموا سكانيا عاليا، وذلك في ظل تحسن الظروف الاقتصادية؛ حيث شهدت مدن أبها الحضرية -هي أيضًا-توسعًا عمرانيا ملحوظا؛ بسبب تزايد حجم سكانها؛ حيث ارتفع من حوالي 78 ألف نسمة في عام 1974م إلى 922 ألف نسمة في 2020م، ويتوقع أن يصل حجم سكانها في 2030م إلى حوالي 1.2 مليون نسمة. وللكشف عن ذلك التوسع لمنطقة الدراسة باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد (المرئيات الفضائية)؛ فقد جمعت الدراسة ثلاث مرئيات فضائية من القمر لاندسات بدقة مكانية قدرها 30م للأعوام 1984م، 2002م، 2020م، التي تبين تضاعف الكتلة العمرانية خلال هذه الفترة أربعة أضعاف ونصف، وتعد تقنيتا الاستشعار عن بعد وتطبيقاتها ونظم المعلومات الجغرافية من أهم وأحدث التقنيات في مراقبة العديد من الظاهرات ونمذجتها. لذا تسعى الدراسة إلى توقع ومحاكاة النمو العمراني، وتقدير حجم التوسع العمراني المستقبلي في أبها الحضرية حتى عام 2030م، وتحليله واقتراح بعض الحلول والتوصيات لإدارة النمو الحضري بما يتوافق مع أهداف رؤية المملكة 2030م.

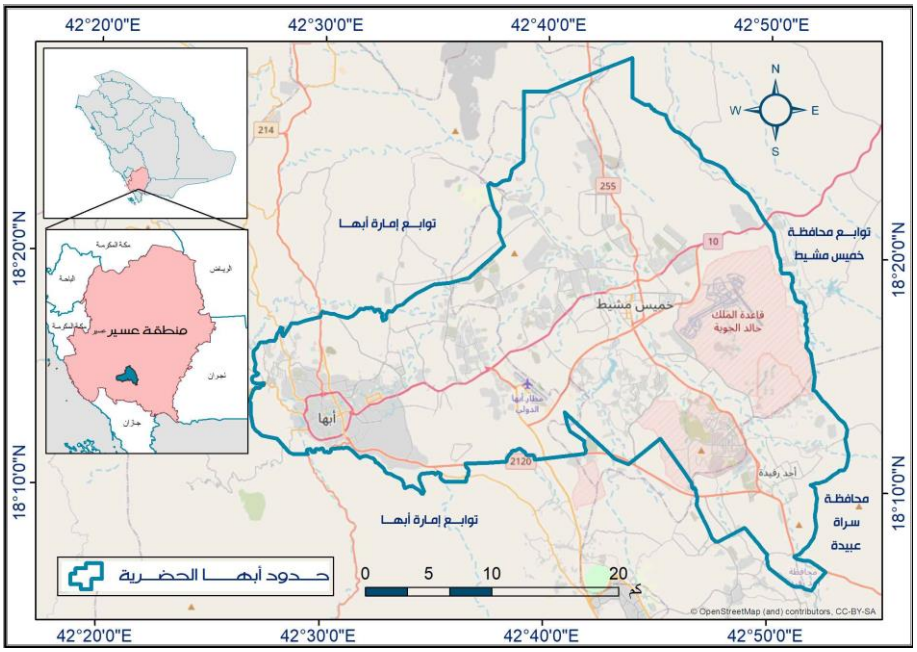
2-1 منطقة الدراسة:

1-2-1 الموقع الجغرافي والفلكي:

تقع أبها الحضرية في جنوب منطقة عسير، في الجنوب الغربي من المملكة العربية السعودية؛ حيث تقع بين دائرتي عرض (04 ¯ , 18 °) و (28 ¯ , 18°) شمالاً، وبين خطي طول (25 ¯ , 42°) و(55 ¯ , 42°) شرقًا، ويحد منطقة الدراسة من الشمال توابع مدينة أبها (مقر الإمارة) وبقية امتداد محافظة خميس مشيط، فيما يحدها من جهتي الجنوب والغرب توابع إمارة أبها، بينما يحدها من الشرق محافظة سراة عبيدة والأجزاء الشرقية لمحافظة خميس مشيط. شكل (1-1).

كما تقع أبها الحضرية ضمن منطقة الدرع العربي، حيث أنها تتربع على قمم جبال السروات، وينحدر سطحها ناحية الشرق والشمال الشرقي؛ حيث يتراوح فيها الارتفاع بين 2685 مترا عن مستوى سطح البحر في أقصى غربها، و1813 مترًا في أقصى شمالها الشرقي، وبسبب ذلك الارتفاع؛ فإن مناخها معتدل الحرارة وممطر في فصلي الربيع والصيف وشتاؤها بارد.

وتتكون أبها الحضرية من ثلاث مدن، وهي: (أبها وخميس مشيط، وأحد رفيدة)، ويبلغ إجمالي مساحتها 945.7كم^2، حيث تبلغ مساحة مدينة أبها 290,1كم^2، ومساحة مدينة خميس مشيط 545,3كم^2، ومدينة أحد رفيدة 110.3كم^2، وقد بلغ إجمالي عدد سكان أبها الحضرية في عام 2020م قرابة 922.3 ألف نسمة، يسكن في مدينة أبها حوالي 302 ألف نسمة، وفي خميس مشيط حوالي 549 ألف نسمة، وفي أحد رفيدة 71 ألف نسمة تقريبا، وترتبط مدن أبها الحضرية بعضها مع بعض بشبكة من الطرق المحورية، التي كان لها دور كبير في اتصال النسيج العمراني.



شكل (1-1) خريطة الموقع الجغرافي والفلكي لمنطقة الدراسة (أبها الحضرية)

المصدر: اعتمد إعداد الشكل بالاعتماد على خريطة أمانة منطقة عسير.

1-3 مشكلة الدراسة:

في ظل تزايد الحجم السكاني في أبها الحضرية بين عامي (1974-2020م) من 78.5 نسمة إلى قرابة 922.3 ألف، وتوسع الكتلة العمرانية بين عامي (1984-2020م) من 38.3كم^2 إلى نحو 179.6كم^2، وبناءً على ذلك فإن من المتوقع أن تشهد المنطقة توسعا عمرانيا على المدى المتوسط حتى عام 2030م؛ وذلك لاستيعاب الحجم السكاني المتزايد، وبالتالي تبرز الحاجة للتنبؤ بمستقبل التوسع العمراني ومحاكاته من خلال النمذجة (المحاكاة)، ولوضع الحلول المناسبة لمشكلاته المحتملة الناجمة عن ذلك النمو، وهنا تكمن مشكلة الدراسة التي تهدف إلى تقدير حجم الكتلة العمرانية المتوقعة حتى عام 2030م وتحديدها مكانيا.

1-4 أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تحديد حجم ونسبة الكتلة العمرانية المتوقعة في عام2030م في أبها الحضرية.
- محاكاة النمو العمراني (النمذجة) باستخدام نموذج (CA-Markov) للتنبؤ بمستقبل النمو العمراني لأبها الحضرية في عام 2030م.
-

1-5 تساؤلات الدراسة:

- ما حجم التوسع العمراني المستقبلي والمتوقع في عام في2030في أبها الحضرية؟ وما نسبته؟
- كيف سيكون شكل خريطة التوسع العمراني المتوقع في أبها الحضرية في عام 2030م؟

1-6 أهمية الدراسة:

تكتسب هذا الدراسة أهميتها بانتهاجها أسلوبا علميا وعمليا لتوقع ومحاكاة التوسع العمراني؛ حيث شهدت منطقة الدراسة نمواً عمرانيا ملحوظا؛ ولهذا فمن المهم محاولة التنبؤ بمستقبل النمو العمراني في المنطقة، وإلى أين يتجه؟ من خلال توقع ذلك المستقبل مكانيا، من خلال استخدام نموذج ماركوف المدمج، والذي تبين قدرته على توقع مستقبل النمو العمراني بناء على معدلات النمو السابقة والحالية، ويؤمل أن تدعم مخرجات ذلك النموذج صناع القرار في اتخاذ قرارات تهدف للتغلب على المشكلات المتوقعة للمنطقة.

1-7 منهج الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة؛ اتبعت الدراسة منهج التحليل المكاني (Spatial analysis) بالاعتماد على عدة مصادر منها البيانات الكمية والرقمية والوصفية والمكانية لمنطقة الدراسة، كما اتبعت الدراسة المنهجين الوصفي والتحليلي.

1-8 منهجية الدراسة وإجراءاته:

1-8-1 إجراءات الدراسة:

مرت هذه الدراسة بعدة مراحل وخطوات باستخدام التقنيات الحاسوبية الحديثة؛ وذلك باستخدام برنامج الادريسي سيلفا (17)، .IDRISI Selva V 17.0 لإجراء عملية التنبؤ بمستقبل العمران، والذي يعد من أفضل البرامج التقنية لإجراء عملية (المحاكاة)، الذي تم تطويره في مختبرات كلارك (Clark). (علي،2018ص409)، وذلك باستخدام نموذج يعمل بنظام أتمته الخلايا Cellular Automata، حيث تم استخدام نموذج ماركوف (CA-Markov)؛ الذي من خلاله تم التوقع المستقبلي التغيرات في الكتلة الحضرية في أكثر من وحدة زمنية، كما تم استخدم برنامج Arc GIS10.5 في عملية إدخال البيانات ومعالجتها وتحليلها تحليلاً مكانياً.

1-8-2 النموذج المستخدم (CA-Markov):

يعود أساس نموذج ماركوف (Markov chain) لمبتكره الروسي أندريه ماركوف (Andrey Markov) (1856-1922م)، ولكي يكون النموذج ذو بعد مكاني (جغرافي) في التنبؤ بمستقبل الظاهرة المكانية؛ أضيف للنموذج برمجية تقنية تُعنى بسلوك الظاهرة الذاتي الخلوي (Cellular Automata)، (العامري، 2021).

1-8-2-1 طريقة عمل البرنامج:

يعتمد برنامج الادريسي في مدخلاته على البيانات والمعلومات التي تم استخلاصها، وتحويل البيانات والخرائط بعد تصنيفها إلى خرائط نصية ومصفوفات احتمالية الانتقال من صنف لأخر أو من استخدام للأرض إلى استخدام آخر.

1-8-2-2 مراحل تطبيق النموذج:

يوضح الشكل (1-2) مراحل تطبيق النموذج مرتبة من اليمين إلى اليسار وبالتسلسل من الرقم 1 وحتى المرحلة الأخيرة بالرقم 11 باستخدام البرنامجين: (IDRISI Selva) و(Arc GIS):

البرنامج	ArcGIS	IDRISI								ArcGIS	
الخطوات	تحويل خرائط (RASTER) إلى خرائط (ASCII)	الإدخال وتحديد المسقط	إعادة التصنيف (حضري-غير حضري)	المحـــاكـــاة (الـتـنـبـؤ)						حساب المساحة	رسم الخريطة
	2002 - 1984			2020 - 2002			2030				
				نموذج Markov	نموذج CA-Markov	تقييم الدقة (كابا)	أبها الحضرية				
العدد	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				مصفوفة الاحتمال (جدول+ خريطة)	التنبؤ بعام 2020م	خريطة 2020 الفعلية + خريطة 2020م المتوقعة	مصفوفة الاحتمال (جدول+ خريطة)	التنبؤ بعام 2030م	خريطة 2030م المتوقعة	أبها خميس مشيط أحد رفيدة	

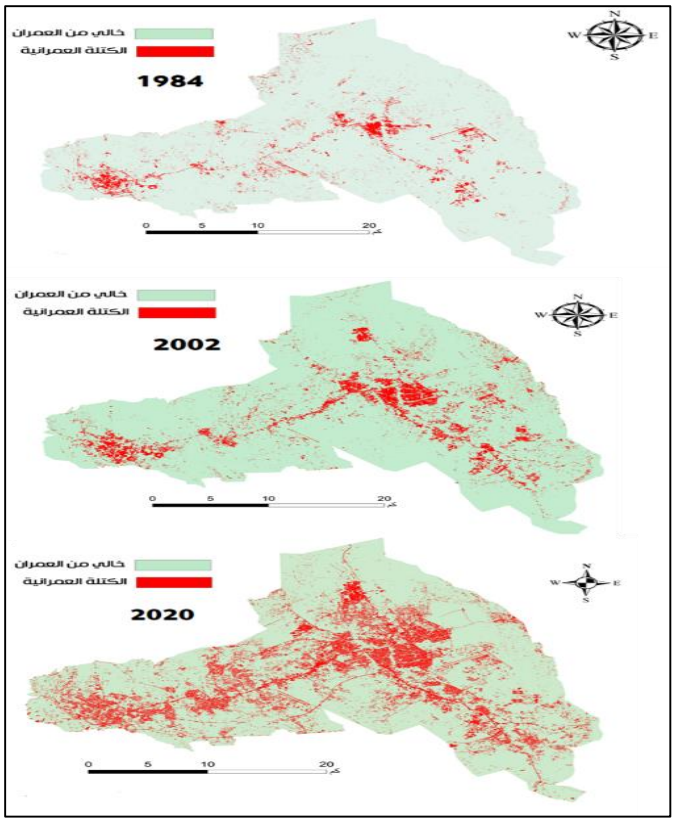
شكل (1-2) مراحل تطبيق نموذج ماركوف المدمج (CA-Markov).

المصدر: من إعداد الباحثان

1-9 أساليب جمع وتحليل البيانات:

1-9-1 جمع البيانات والمعلومات:

تم جمع البيانات اللازمة لإتمام هذا الدراسة وهي عبارة عن ثلاث خرائط رقمية للنمو العمراني للأعوام السابقة وهي: (1984-2002-2020) بصيغة (Raster) بعد تصنيفها بالاعتماد على ثلاث مرئيات فضائية للأعوام الثلاثة؛ حيث تم تصنيف استعمالات الأرض إلى صنفين هما: مناطق حضرية (الكتلة العمرانية)، ومناطق غير حضرية (خالية من العمران). انظر الشكل (3-1).

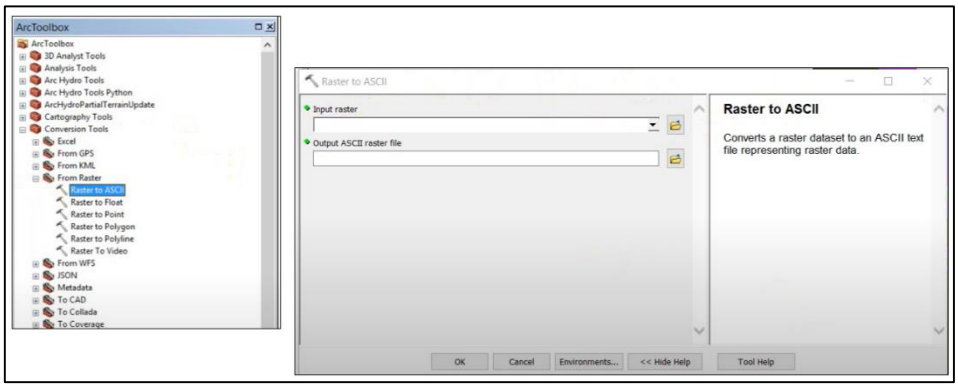


شكل(1-3) تطور النمو العمراني في أبها الحضرية (1984-2002-2020م)

المصدر: من إعداد الباحثان

1-1-9-1 المرحلة الأولى: (إعداد ومعالجة وتحويل البيانات):

تم استخدام برنامج (Arc GIS) لتحويل جميع الخرائط من صيغة (Raster) إلى: خرائط نصية (ASCII) باستخدام صندوق الأدوات (Arc Toolbox)؛ وذلك ليتمكن نموذج ماركوف المدمج من التعامل مع بياناتها وفق صيغتها الرقمية؛ لاستكمال بقية الخطوات اللاحقة على أساسها أنظر الشكل (1-4)، ثم تحديد مكان الحفظ بعد تحديد اسم الخريطة. وتنتهي بصيغة (txt).

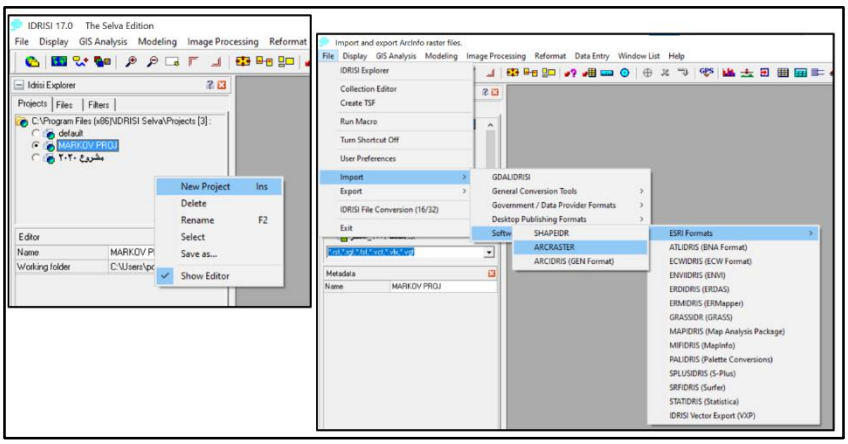


شكل (1-4) تحويل الخريطة من (RASTER) إلى خريطة نصية (ASCII) في برنامج ArcGIS

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

1-1-9-2 المرحلة الثانية: (إنشاء مشروع جديد معرف مكانيا)

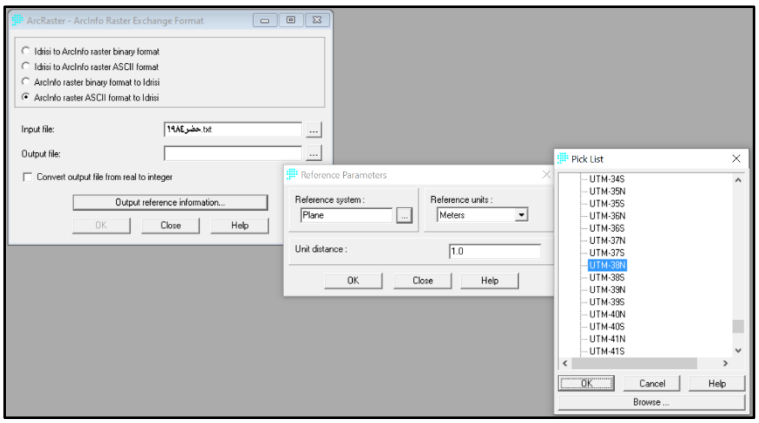
استخدم في هذه المرحلة برنامج الإدريسي (IDRISI) وذلك بإنشاء مشروع جديد (New Project)، ثم استيراد البيانات (Import) من قائمة (File) واختيار (Software-Specific Formats)، ثم اختيار (ESRI Formats)، ثم اختيار (ARCRASTER). الشكل (1-5).



شكل (1-5) خطوات إنشاء مشروع جديد واستيراد البيانات باستخدام برنامج IDRISI

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

بعد ذلك فُتحت نافذة جديدة تحوي أربعة خيارات لعمليات التحويل داخل البرنامج، شكل (4)، ثم اختيار (Arc Info raster ASCII format to Idrisi)، ثم وضع الخريطة النصية في خانة (Input file)، ثم تحديد اسم ومكان الحفظ في خانة (Output file)، ثم اختيار الاسناد الجغرافي لمنطقة الدراسة أو ما يسمى بنظام الاحداثيات، وهنا تم اختيار النظام المتري للمسقط (UTM-38N). شكل (1-6).



شكل (1-6) تابع خطوات إنشاء مشروع جديد في برنامج IDRISI

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

1-9-1-3 المرحلة الثالثة: (إعادة التصنيف):

في هذه المرحلة تم إعادة تصنيف مخرجات المرحلة الثانية (الخرائط النصية) في برنامج الإدريسي بالضغط على صورة التصنيف في شريط الأدوات العلوي للبرنامج (Reclass)، بعد ذلك تم وضع الخريطة المنتجة بالصيغة (rst) في خانة الإدخال، ثم حُدد الاسم ومكان الحفظ، ثم تحديد الفئات (حضري وغير حضري)، وقد تم تطبيق هذه العملية على جميع خرائط السنوات الثلاث (1984 و2002 و2020م).

1-9-1-4 المرحلة الرابعة: (المحاكاة أو التنبؤ):

تعد هذه المرحلة من أهم مراحل تطبيق النموذج؛ إذ يتم فيها أو عمليات المحاكاة، وقد تمت بعدد من الخطوات التالية:

1-استخدام نموذج ماركوف (Markov)، وقد مرت بعمليتين هما:

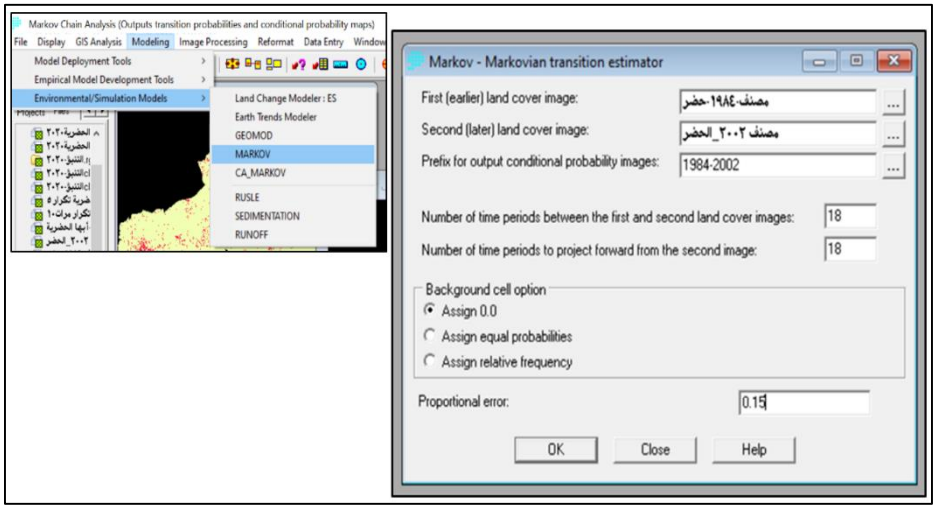
- إنشاء (The Transition Probability Matrix) وهي عبارة عن: مصفوفة احتمالية الانتقال بين استعمال للأرض، وآخر على هيئة نص أو جدول.
- إنشاء (The Conditional Probability Images) وهي عبارة عن: صور الاحتمال الشرطي للانتقال على هيئة صورة أو خريطة.

2-استخدام نموذج أتمتة الخلايا أو ماركوف المدمج (CA-Markov) وإنتاج خرائط مستقبلية.

3-تقييم دقة احتمالية الانتقال للفترات الماضية بالإضافة إلى تقييم الدقة للخريطة المستقبلية؛ وذلك باستخدام معامل كابا (Kapa) في جميع الخرائط والفترات.

وفيما يلي تفصيل مبسط لخطوات وعمليات هذه المرحلة الرابعة (التنبؤ أو المحاكاة):

1-باستخدام نموذج ماركوف (Markov): فقد تم الدخول إلى النمذجة في البرنامج (Modeling)، ثم الضغط على (Environmental/Simulation Models)، ثم اختيار النموذج (MARKOV)، الشكل (1-7).



شكل (1-7) خطوات النمذجة واختيار نموذج (MARKOV) لأبها الحضرية في الفترة (1984-2002م)

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

بعد ذلك تمت تعبئة الصندوق بالخريطة الأقدم (1984م)، ثم الخريطة الثانية (2002م)، بعد ذلك، تم تسمية الملف (1984-2002) ثم تحديد عدد السنوات (18) سنة، ثم تحديد عدد السنوات المراد التنبؤ بها، وهي (18) سنة لإنتاج خريطة محاكاة لعام 2020م، ثم تحديد نسبة الخطأ بـ(0.15)، ثم الضغط على (OK).

ويبين الجدول (1-1) مصفوفة احتمالية الانتقال للاستخدامات في الفترة (1984-2002م)، وقد تبين أن احتمال انتقال العمران متوسطة (0,4248) بينما احتمالية بقاء المناطق الخالية من العمران على حالها مرتفعة بمقدار (0.7941).

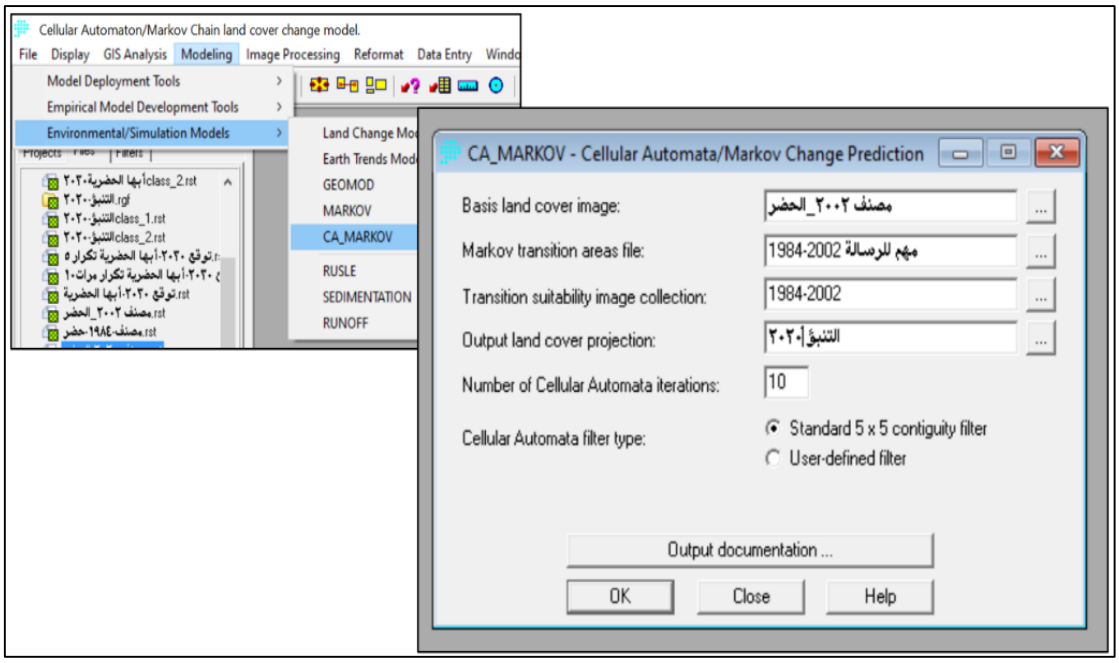
جدول (1-1) مصفوفة احتمالية الانتقال (Markov) لاستخدامات الأرض في أبها الحضرية خلال الفترة (1984-2002م)

الاستخدام	المناطق العمرانية	خالية من العمران
المناطق العمرانية	0.4248	0.5752
خالية من العمران	0.2059	0.7941

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

2-استخدام نموذج أتمتة الخلايا أو ماركوف المدمج (CA-Markov):

في هذه الخطوة قام الباحثان باستخدام نموذج أتمتة الخلايا لماركوف (CA-Markov)؛ وذلك بإدخال الخريطة النصية لأبها الحضرية ومصفوفة الانتقال وخريطتي احتمالية الانتقال؛ لتكون مخرجات النموذج التنبؤ بخريطة النمو العمراني لعام 2020م، وقد تم اختيار عدد مرات التكرار للنمذجة الأتوماتيكية 10 مرات. الشكل (1-8).

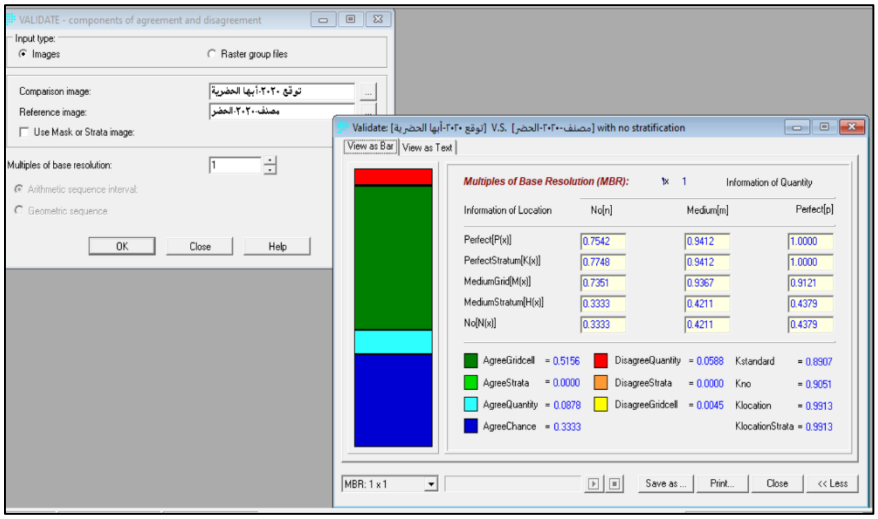


شكل (1-8) خطوات التنبؤ للنمو العمراني في أبها الحضرية في عام 2020م باستخدام نموذج (CA-MARKOV)

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

بعد الضغط على (OK) تظهر مخرجات النموذج على شكل خريطة نصية (مُحاكية) للنمو العمراني في أبها الحضرية في عام 2020م.

3-بعد ذلك تم تقييم الدقة بين الخريطتين باستخدام معامل كابا للخريطتين (الواقعية والمُحاكية)، التي بلغت قيمة المعامل (0.8907)؛ والذي يدل على أن درجة التطابق بين الخريطتين مرتفعة. الشكل (1-9).



شكل (1-9) تقييم الدقة باستخدام معامل كابا لخريطتي النمو العمراني في أبها الحضرية للعام 2020م

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

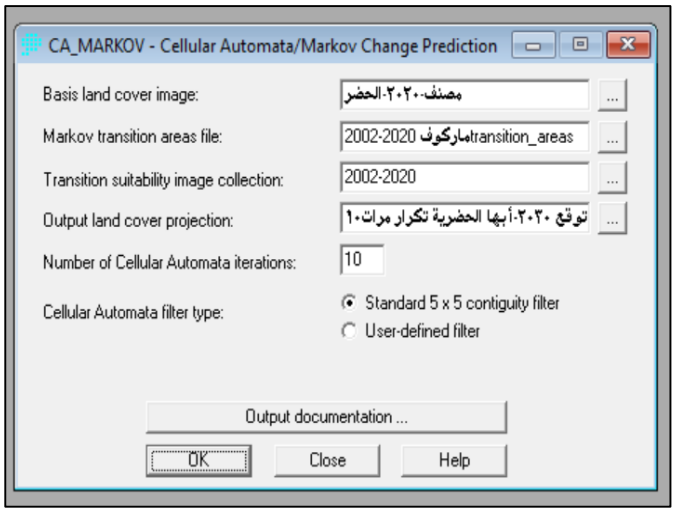
3-بعد ذلك تمت إعادة نفس الخطوات؛ لإجراء نمذجة النمو العمراني في أبها الحضرية حتى عام 2030م مع تغيير الفترة الزمنية، وقد أُستخدمت الخرائط النصية للعامين 2002 و 2020م، ثم حددت السنوات الفارقة بين الصورتين ب 18 سنة، ثم اختيار السنة المستهدفة بالتنبؤ بعد 10 سنوات إي في عام 2030م، ومن خلال استخدم النموذج لهذه الفترة أظهرت مصفوفة احتمالية الانتقال للاستخدامات في الفترة (2002-2020م) أن احتمالية الانتقال للعمران مرتفعة نسبيا (0,6103)، بينما احتمالية بقاء المناطق الخالية من العمران على حالها بقيت أيضا مرتفعة وذلك بمقدار (0.7941)، أنظر الجدول(1-2).

جدول (1-2) مصفوفة احتمالية الانتقال (Markov) لاستخدامات الأرض في أبها الحضرية خلال الفترة (2002-2020م)

الاستخدام	المناطق العمرانية	خالية من العمران
المناطق العمرانية	0.6103	0.3897
خالية من العمران	0.2708	0.7297

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على مخرجات برنامج IDRISI

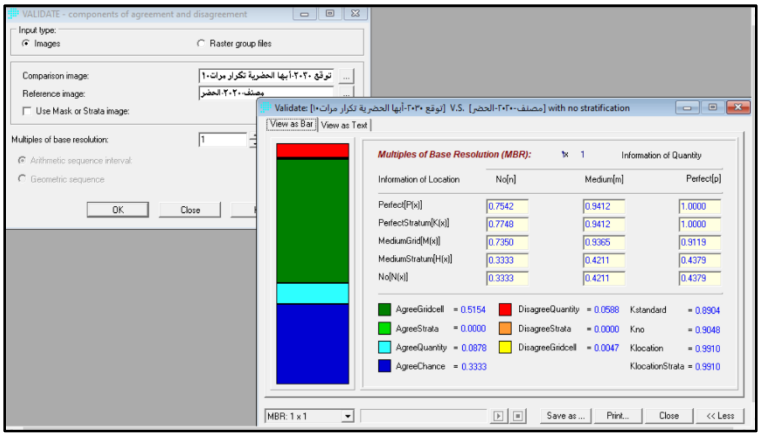
4-هذه الخطوة هي: استكمال لما قد تم في الخطوة السابقة؛ غير أنها تهدف إلى تحقيق أحد أهم أهداف الدراسة؛ وهو معرفة مستقبل النمو العمراني في أبها الحضرية في عام 2030م باستخدام نموذج (CA-MARKOV)، الشكل (1-10)، وقد تم ادخال خريطة النمو العمراني 2020م النصية (الواقعية) ومصفوفة الانتقال، ثم إدخال صورتي الانتقال بالاعتماد عل نتائج نموذج ماركوف (2002-2020م)؛ لتصبح مخرجات النموذج عبارة عن خريطة نصية رقمية لمحاكاة النمو العمراني في عام 2030م.



شكل (1-10) التنبؤ بمستقبل النمو العمراني في أبها الحضرية في عام 2030م باستخدام نموذج (CA-MARKOV)

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

5-بعد ذلك تم إجراء تقييم الدقة بين خريطتي 2020 و2030م، وقد بيّن معامل كابا أن النتيجة مشابهة جدا لنتيجة الفترة السابقة، حيث سجل المعامل قيمة (0.8904) انظر الشكل (1-11)، الذي يشير إلى أن من المحتمل أن تكون نتائج النموذج في عام 2030م مقاربة أو محاكية للواقع في ذلك الحين، وذلك باشتراط افتراض ثبات معدل النمو السنوي للعمران في الفترة (2002-2020م)، بعد ذلك تم إنتاج خريطة محاكاة النمو العمراني النهائية لأبها الحضرية في عام 2030م باستخدام برنامج الإدريسي.



شكل (1-11) تقييم الدقة باستخدام معامل كابا للنمو العمر اني في أبها الحضرية بين عامي (2020-2030م)

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

6-في الخطوة الأخيرة تم الاستعانة ببرنامج (Arc GIS) لإجراء جميع عمليات المعالجة والتحليل؛ بعد التأكد من نظام الاسقاط (UTM-N38) وأن الصورة بصيغ (TIFF) باستخدام صندوق الأدوات (ArcGIS)، ثم الضغط على (Spatial Analyst Tools) ثم اختيار (Reclassify)، بعد ذلك تم حساب مساحة الكتلة العمرانية والأراضي الخالية من العمران.

1-10 الدراسات السابقة:

تطرقت العديد من الدراسات السابقة لموضوع نمذجة التوسع العمراني المستقبلي، وقد تنوعت من حيث المنهجية ومناطق الدراسة المختلفة وفترة الدراسة التي تغطيها واللغة التي استخدمتها، وستعتمد هذه الدراسة على تقسيم الدراسات المدرجة من حيث لغتها بين: العربية والأجنبية، وهنا استعراض لبعض أهم الدراسات السابقة التي تمت الاستفادة منها في هذه الدراسة مع ذكر أهم أهدافها:

1-10-1 الدراسات العربية:

هدفت دراسة غيث (2016)، اتجاهات النمو الحضري لمدينة ترهونة: ليبيا المشكلة والحل إلى: إعطاء نبذه تاريخية عن نشأة وتطور المدينة وتتبع اتجاهات نموها الحضري وتحديد الاتجاهات المناسبة للنمو المستقبلي، وقد أتبعت الدراسة المنهج الوصفي التاريخي بالإضافة إلى منهج التحليل المكاني بالاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد وتحليلها والنمذجة المكانية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وقد توصلت الدراسة إلى أن المدينة تنمو في اتجاهين: أحدهما شمالي والآخر جنوبي، وفقًا للظروف الطبيعية بسبب موقع الجبال شرقًا والأراضي الزراعية غربًا، وتقترح الدراسة إنشاء مدينة جديدة جنوب وسط المدينة بمسافة تصل إلى 10كم يطلق عليها (ترهونة الجديدة)، وتتفق هذه الدراسة مع الدراسة الحالية في المنهج وفي اتباع أسلوب تحديد الاتجاه للتوسع العمراني، في حين تختلف عنها من حيث منطقة الدراسة والنموذج الرقمي -المستخدم- للنمو المستقبلي وفق المعطيات والشروط المحددة.

كما هدفت دراسة أبو راس، (2016)، محاكاة الانماط الزمانية والمكانية للنمو الحضري في بنغازي ليبيا باستخدام النموذج المدمج CA-MARKOV إلى: محاكاة النمو الحضري لمدينة بنغازي والتنبؤ باتجاهاته وأنماطه لعقدين قادمين، وقد استخدمت الدراسة صور الأقمار لاندسات، وقد تمت معالجة هذه الصور وتصنيفها وتقييم دقتها ثم تحويلها إلى خرائط نصية في برنامج ArcGIS ثم إدخالها في برنامج الإدريسي، ثم التنبؤ بأنماط النمو الحضري في عامي 2024 و 2034م، وقد أظهرت الدراسة نتائج عدة منها: أن النمو الحضري قد شهد نموًّا سريعًا في العقدين السابقين، وأنه قد يستمر ليؤثر على استدامة الأراضي حول المدينة، ويستفاد من هذه الدراسة المنهجية المتبعة؛ المحاكاة والتنبؤ بمستقبل النمو الحضري.

وتهدف دراسة على والمولى، (2018)، استعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية للتنبؤ بحالة الغطاء الارضي في محافظة

ميسان لغاية 2032م باعتماد نموذج (CA-MARCOV) إلى: توظيف نموذج CA-MARCOV كأداة متطورة تمثل التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وقد توصلت الدراسة إلى أن أصناف الغطاء النباتي الأرضي واستعمالات الأرض في منطقة الدراسة تتمتع بنوع من الثبات مع بقاء الظروف الحالية على ما هي عليه، عدا صنف الأرض الجرداء؛ لاحتمال انتقاله على حساب الأراضي الزراعية، ويستفاد من هذه الدراسة المنهجية العلمية المستخدمة في عملية النمذجة باستخدام برنامج الإدريسي.

أما دراسة عياصرة، (2019)، محاكاة النمو العمراني لمدينة الرياض من خلال تطبيق نمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف ونمذجة تغيير الأرض فقد هدفت إلى: تحليل تغير غطاء الأرض لمدينة الرياض الكبرى خلال الفترة (1990-2016م)، وقد استخدم الباحث المرئيات فضائية حيث تمكن من خلالها محاكاة النمو العمراني للمدينة حتى عام 2030م وتطبيق نمذجة تغير أرض ونمذجة السلوك الذاتي، وقد توصلت الدراسة أن هناك تغيرات كبيرة طرأت على الغطاء الأرضي؛ حيث زادت مساحة الأراضي المطورة عام 2016، وتعدُّ هذه الدراسة من أهم الدراسات التي توضح منهجية المحاكاة باستخدام نموذج ماركوف، التي تمت الاستفادة منها الدراسية الحالية.

وقد هدفت دراسة العامري (2021م)، محاكاة النمو العمراني وتغير استعمالات الأرض في مدينة الديوانية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS): إلى استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بوصفها نظامين متكاملين في محاكاة النمو العمراني ورصد تغيرات استعمالات الأرضي في مدينة الديوانية خلال المدة (2000-2018)، والتنبؤ بمستقبل التغيرات العمرانية المحتملة لغاية عام 2040م، وقد توصلت من خلال تطبيق نموذج المحاكاة باستخدام نموذج ماركوف إلى: استمرار تطور الكتلة العمرانية للمدينة، وقد بلغ معامل كابا بواقع 0.86؛ والذي يشير إلى دقة عالية في عملية التصنيف، ويستفاد من هذه الدراسة المنهجية المتبعة لتطبيقها في البحث الحالي.

2-10-1 الدراسات الأجنبية:

دراسة الين ولو Allen and Lu، (2003) Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina a GIS-based Integrated Approach. (النمذجة لمستقبل النمو الحضري في منطقة شارلستون ولاية كارولينا الجنوبية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية)، وقد هدفت هذه الدراسة إلى: دراسة التغير في استعمالات الأرض، مع وضع نموذج للتنبؤ باحتمالات التغير وتقييم النمو الحضري المستقبلي للمنطقة، وقد توقعت الدراسة إلى أن يصل إجمالي مساحة الكتلة العمرانية في منطقة شارلستون في عام 2030م إلى (868) ميلًا مربعًا، في حين كانت في عام 1973م (70) ميلًا مربعًا؛ أي أن المساحة قد تضاعفت بنحو 12 ضعفًا، ويمكن الاستفادة من الدراسة في المنهج والمنهجية المتبعة مع اختلاف الشروط والمحددات للنمذجة بين المنطقتين.

أما دراسة لي (Li ,2014)، Monitoring and analysis of urban growth process using Remote Sensing, GIS and Cellular Automata modeling: A case study of Xuzhou city, China (رصد وتحليل عملية النمو الحضري باستخدام نماذج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية والنماذج الخلوية الآلية، رصد وتحليل عملية النمو الحضري باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ونمذجة الأجهزة الخلوية، دراسة حالة لمدينة سوزهو الصينية، وقد اقترحت الدراسة منهجية محسنة لرصد وتحليل عملية النمو الحضري، وقد طبقت الدراسة مجموعة من المقاييس المكانية؛ لقياس الأنماط المكانية الحضرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وقد توصلت الدراسة إلى فعالية طريقة التصنيف لرصد عملية النمو الحضري، واقترحت الدراسة إعداد سيناريو مستقبلي حتى عام 2020م، ويمكن الاستفادة من الدراسة في منهجية تصنيف الصور الفضائية في رصد وتحليل النمو الحضري.

وقد هدفت دراسة (Alshwesh,2014)؛ GIS-based Interaction of Location Allocation Models with Areal Interpolation Techniques (التفاعل القائم على نظم المعلومات الجغرافية لنماذج تخصيص الموقع مع تقنيات الاستيفاء المساحي) إلى: استكشاف التفاعلات بين أربعة نماذج لتخصيص المواقع وثلاث من تقنيات الاستيفاء المساحي في ثلاث مدن، وهي: ليستر في المملكة المتحدة ومدينتي بريدة وعنيزة في المملكة العربية السعودية، وتوصلت الدراسة إلى أن الافتراضات المستخدم بها تقنيات الاستيفاء المساحي تؤثر بشكل مباشر في اختيار المواقع المثلى للخدمات، وأن الخصائص المكانية لحجم السكان وكثافتهم والعمران لها دور في اختلاف نتائج التقدير، ويستفاد من هذه الدراسة طريقة استخدام طريقة توبلر باستخدام نماذج التخصيص للمواقع المثلى.

والجدير بالذكر بعد هذا الاستعراض للدراسات السابقة أن نوضح الفجوة البحثية التي لم تغطها تلك الدراسات، وهي: عدم تغطيتها لمستقبل منطقة الدراسة (أبها الحضرية) بالدراسة من حيث حدودها المكانية والزمانية؛ وهو الأمر الذي سعت الدراسة إلى تناوله بالبحث والدراسة؛ وذلك بالاستفادة من المنهجية المتعبة والنتائج التي توصلت إليها، والتي تدعم إجراء هذه الدراسة الحالية بنفس المنهجية باستخدام عمليات التصنيف واستخدام نموذج ماركوف المدمج.

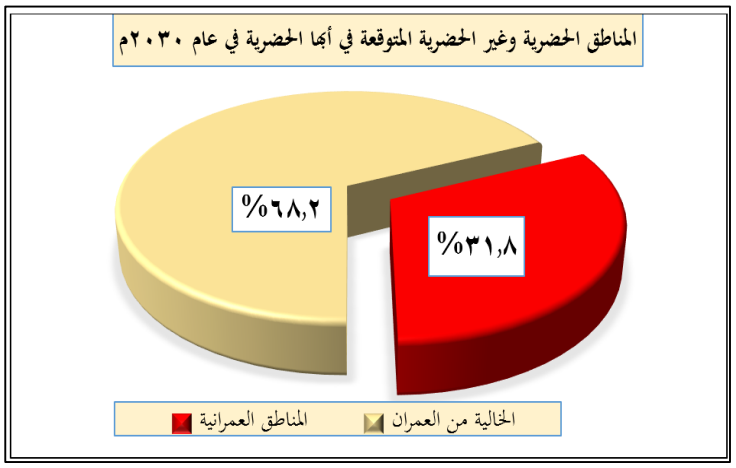
11-1 نتائج الدراسة:

توصلت الدراسة بعد تطبيق جميع الخطوات السابقة إلى خريطة محاكاة وتوقع للنمو العمراني المتوقع حتى عام 2030م ويستخلص منها عدة نتائج يُبينها الجدول (1-3) وهي: أن المساحة الاجمالية المتوقعة في 2030م قد تصل إلى نحو (300.25) كم^2 أي ما يقارب من ثلث مساحة أبها الحضرية الكلية، حيث قد تصل نسبة العمران في عام 2030م إلى (31.8%) من مساحة أبها الحضرية أي ما يعادل أكثر من ضعف ونصف مساحة العمران في عام 2020م وبنسبة (167.1%)، في حين يُتوقع أن تتقلص الأراضي الخالية من العمران لتصل نحو (645.5) كم^2، وبنسبة (68.2%) من اجمالي مساحة أبها الحضرية، الشكل (1-12).

جدول (1-3) مساحة العمران المتوقع في عام 2030م في أبها الحضرية

الرمز	الاستخدام	مساحة استخدام الأرض (كم^2)	%
1	المناطق العمرانية	300.25	31.8
2	الخالية من العمران	645.45	68.2
المجمـــــــوع		**945.7**	**100**

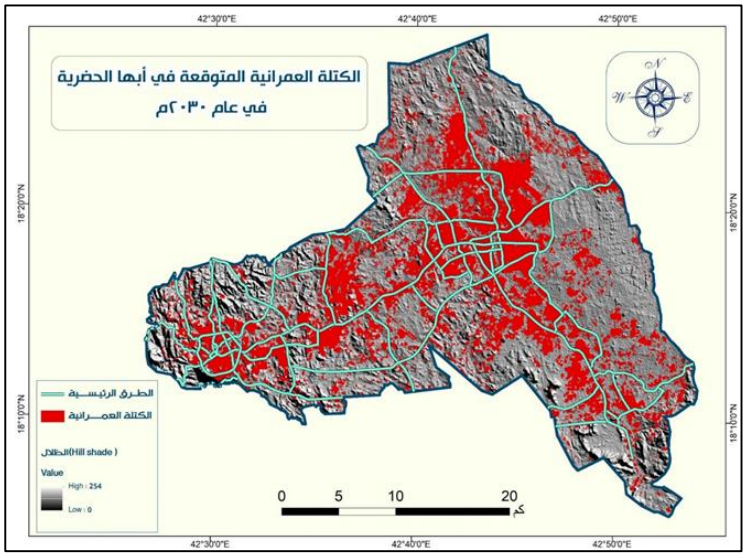
المصدر: من حساب الباحثان بالاعتماد على مخرجات برنامج IDRISI



شكل (1-12) نسبة المناطق الحضرية وغير الحضرية (المتوقعة) في أبها الحضرية في عام 2030م

المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على الجدول (1-3)

ويُبين الشكل (1-13) خريطة توقع أو محاكاة التوسع العمراني المستقبلي في عام 2030م؛ حيث يشير اللون الأحمر للكتلة العمرانية المتوقعة في ذلك العام ومواقع انتشارها، ويتبين من الشكل تركز الكتلة العمرانية المتوقعة على جانبي الطرق الرئيسية الحالية في المنطقة، والتي يمكن أن تسهم في عملية التوسع العمراني المستقبلي.

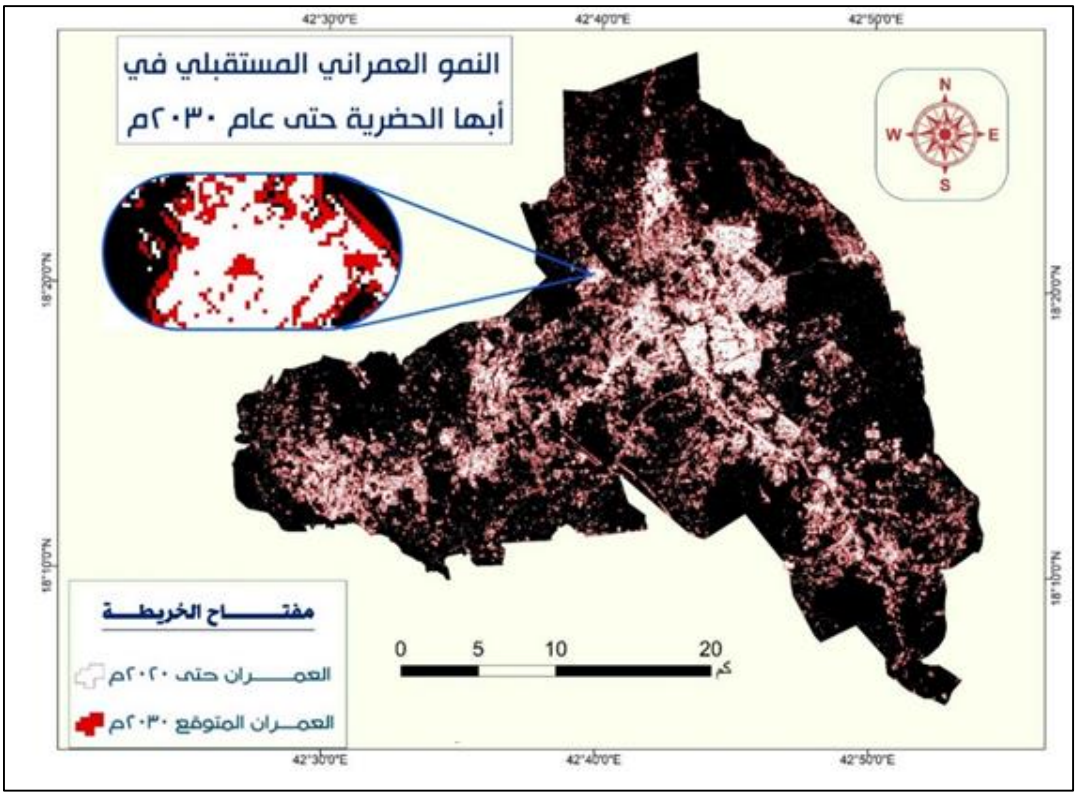


شكل (1-13) خريطة محاكاة النمو العمراني في أبها الحضرية حتى عام 2030م.

المصدر: من عمل الباحثان باستخدام برنامج IDRISI

والجدير بالذكر أن نموذج ماركوف قد اعتمد في توقع ومحاكاة النمو العمراني المستقبلي لأبها الحضرية على قانون الجار الأقرب وتعبئة الفراغات الحضرية أو ما يسمى بالنمو على حواف الخلايا القريبة والمشغولة بالعمران (Edge Growth)؛ حيث يُبين الشكل (1-14) الكتلة العمرانية المبنية حتى عام 2020م والتي تظهر باللون الأبيض، بينما يشير اللون الأحمر إلى الكتلة العمرانية المضافة والمتوقعة في عام 2030م.

كما تجدر الإشارة إلى أن الشكل عبارة عن: خريطة منتجة بالنموذج الشبكي (Raster)، الذي يُبين صنفي استخدامات الأرض على شكل خلايا مربعة الشكل أو (Pixel) وتبلغ أبعاد كل خلية 30متر.



شكل (1-14) النمو العمراني المستقبلي (المتوقع) في أبها الحضرية في عام 2030م

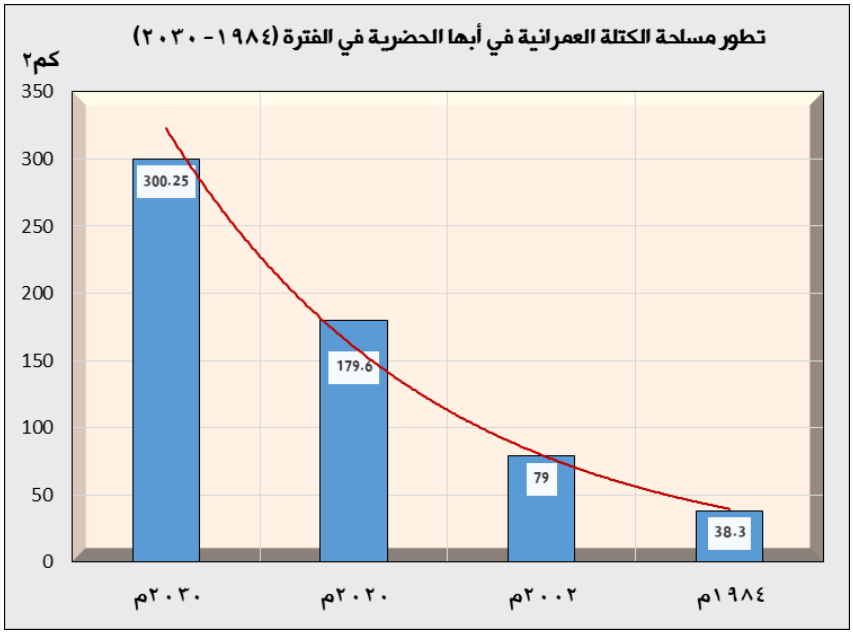
المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على مخرجات نموذج CA-Markov

1-11-2 تحليل مخرجات النموذج:

1-2-11-1 أبها الحضرية:

يوضح الشكل (1-15) والجدول (1-4) تطور الكتلة العمرانية في أبها الحضرية، وتوقع مستقبل نموها العمراني؛ حيث يُلاحظ أن النمو العمراني يسلك اتجاها رأسيّاً صاعدا؛ ولذا تتوقع الدراسة أن مخرجات نموذج ماركوف أقرب للواقعية؛ خاصة في ظل التوسع العمراني المتزايد؛ فقد تضاعف حجم الكتلة العمرانية مرة واحدة في الفترة (1984-2002م) في خلال (18) عاما، ثم تضاعف العمران مرة واحدة وربع في الفترة (2002-2020م) في خلال (18) عاما أيضا، وبالتالي فإن من المتوقع أن تتسع مساحة الكتلة العمرانية في عام 2030م لتصل إلى أكثر من 300كم^2، أي أن من المتوقع أن الكتلة العمرانية المضافة في أبها الحضرية في عام 2030م ستزيد عن 120.6كم2 في خلال عشر سنوات فقط، وبنسبة تغير تفوق 67%% عما كانت عليه في عام 2020م وذلك بواقع (12.1كم2) في السنة الواحدة، كما يتوقع أن تشكل جميع الكتلة العمرانية نحو 31.7% من إجمالي مساحة أبها الحضرية، وذلك في حال ثبات معدل النمو السنوي للعمران.

وتتوقع الدراسة فإن من المتوقع أن تتوسع الكتلة العمرانية لتعم كافة مساحة أبها الحضرية الحالية وذلك في حدود ستون عاما قادمة تقريبا وذلك في حال ثبات معدل النمو العمراني المستقبلي.



شكل (1-15) تطور الكتلة العمرانية في أبها الحضرية في الفترة (1984-2030م)

المصدر من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الدراسة

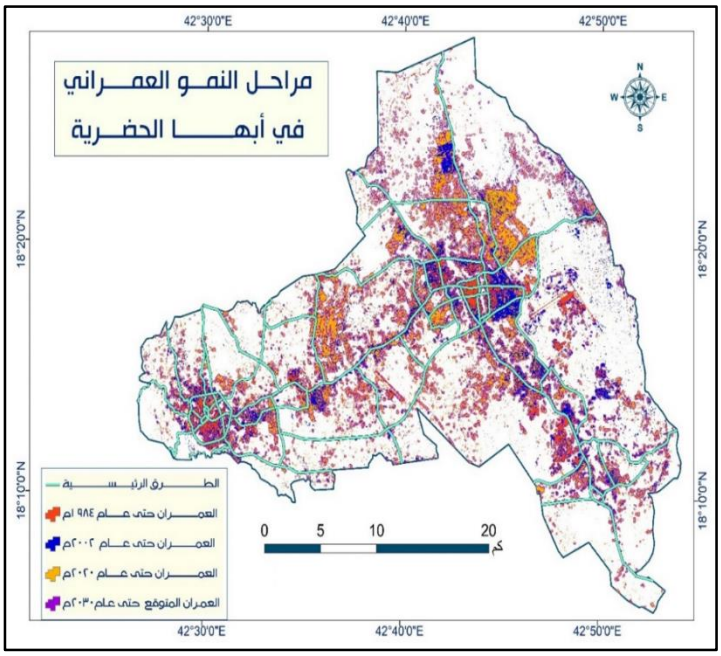
جدول (1-4) تطور الكتلة العمرانية في أبها الحضرية في الفترة (1984-2030م)

الفترة	الزيادة الكلية (كم2)	الزيادة السنوية (كم2)
1984 – 2002م	40.70	2.3
2002 – 2020م	72.40	4.0
2020 – 2030م	120.6	12.1

المصدر من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الدراسة

1-11-2-2 مراحل النمو العمراني في أبها الحضرية (1984-2030م):

يُبين الشكل (1-16) جميع مراحل النمو العمراني في أبها الحضرية خلال الفترة (1984-2030م)؛ حيث يشير اللون الأحمر للكتلة العمرانية المبنية حتى عام 1984م، أما اللون الأزرق فيبين الكتلة العمرانية حتى عام 2002م، في حين يمثل اللون البني التوسع العمراني في عام 2020م، أما اللون البنفسجي فهو يُبين مناطق الكتلة العمرانية المتوقعة في عام 2030م.



شكل (1-16) مراحل النمو العمراني في أبها الحضرية حتى عام 2030م

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على مخرجات نموذج CA-Markov

3-2-11-1 توقع النمو العمراني في عام (2030م) على مستوى مدن أبها الحضرية:

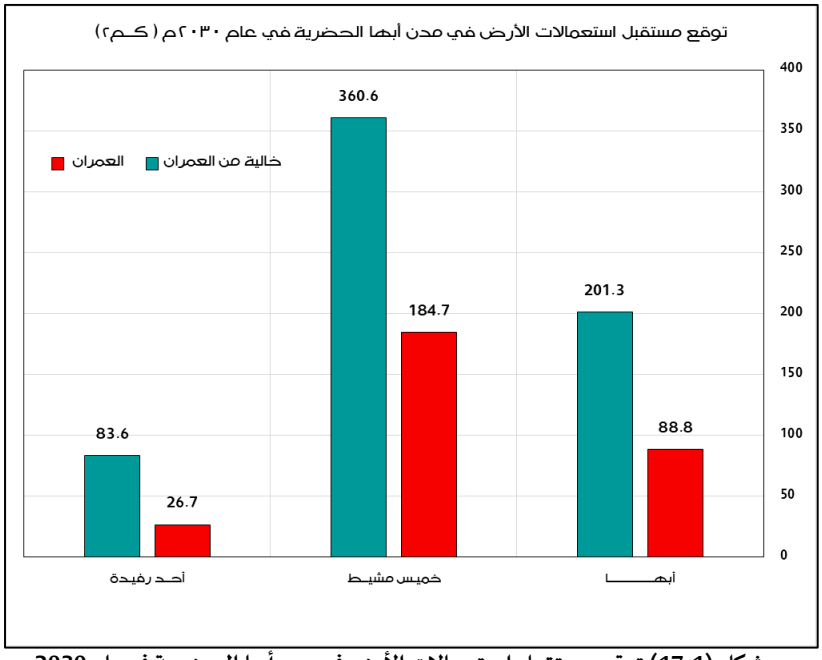
يبين الجدول(1-5) المساحات العمرانية المضافة لكل مدينة من مدن أبها الحضرية وفق مخرجات نموذج ماركوف، وبما أن مدينة خميس مشيط المدينة هي ذات الرتبة الأولى في المنطقة من حيث المساحة وحجم السكان؛ فإن من المتوقع أن تستمر هذه المدينة في صدارة الترتيب لمدن أبها الحضرية لفترات ربما أبعد من عام 2030م،حيث يتوقع أن تمثل مساحة العمران نحو خمس مساحة أبها الحضرية، بينما يُتوقع أن تمثل مساحة مدينة أبها نصف مساحة العمران في مدينة خميس مشيط، بينما ستكون مساحة عمران مدينة أحد رفيدة تمثل نحو سبع مساحة عمران خميس مشيط وثلث مساحة عمران مدينة أبها تقريبا.

ويتوقع في عام 2030م أن تشغل كلا من مدينتي خميس مشيط وأبها نحو ثلث المساحة الكلية لكل مدينة، في حين تشغل مدينة أحد رفيدة نحو ربع مساحتها الكلية فقط الشكل (1-17).

جدول (1-5) تغير الكتلة العمرانية المتوقعة في أبها الحضرية في الفترة (2020-2030م)

المدينة	العمران حتى 2020م (كم2)	العمران حتى 2030م			التغير(كم2)	نسبة التغير(%)	النمو السنوي (كم2)
		المساحة (كم2)	نسبة لمساحة المدينة	نسبة لمساحة أبها الحضرية			
أبها	51.7	88.8	30.6	9.4	37.1	71.8	3.7
خميس مشيط	113.7	184.7	33.9	19.5	71.0	62.4	7.1
أحد رفيدة	14.2	26.7	24.2	2.8	12.5	87.7	1.2
أبها الحضرية	**179.6**	**300.3**		**31.7**	**120.6**	**67.1**	**12.1**

المصدر: من عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات الدراسة



شكل (1-17) توقع مستقبل استعمالات الأرض في مدن أبها الحضرية في عام 2030م

المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الدراسة

3-2-11-1- 1 مدينة أبها:

يتبين من خلال الجدول(1-5) والمستخرجة من مخرجات نموذج ماركوف أن من المتوقع أن تبلغ المساحة المضافة للعمران في عام 2030م حوالي (37.1كم^2)، وبنسبة تغير عن المساحة الحالية تصل إلى حوالي (71.8%)، وبمعدل نمو سنوي للعمران يصل إلى (3,7كم^2) سنوياً، ومن المتوقع أن تصل مساحة الكتلة العمرانية في مدينة إلى 88.8كم^2، لتمثل (9.4%) من إجمالي مساحة أبها الحضرية، أنظر الشكل (1-17).

1-11-2-3 -2 مدينة خميس مشيط:

يوضح الجدول(1-5) أن المساحة المتوقعة المضافة في عام 2030م حوالي (71.0كم2)؛ ويتوقع أن تكون نسبة التغير حوالي (62.4%) عن المساحة في عام 2020م، وبمعدل نمو سنوي للعمران قد يصل إلى (7.1كم^2) سنوياً، ومن المتوقع أن تصل مساحة الكتلة العمرانية في مدينة إلى184.7كم^2، أنظر الشكل (1-17)، لتمثل ما نسبته 33.9% من إجمالي مساحة المدينة و(19.5%) من إجمالي مساحة أبها الحضرية،

1-11-2-3-3 مدينة أحد رفيدة:

يبين الجدول(1-5) توقع الكتلة العمران في عام 2030م في مدينة أحد رفيدة والتي يتوقع أن تزيد بمقدار الضعف تقريبا حيث يتوقع أن تصل إلى قرابة (26.7كم^2) أنظر الشكل (1-17)، وبمقدار تغير 12.5كم^2، وقد تصل نسبة التغير إلى حوالي (87.7%) عن المساحة في عام 2020م، وبمعدل نمو سنوي للعمران قد يصل إلى (1.25كم^2) في السنة.

1-12 التوصيات والمقترحات:

توصي الدراسة بناءً على تحليل ومناقشة نتائجها ما يلي:

- من الضروري أن تضع هيئة تطوير منطقة عسير في حسبانها عند رسم المستقبل العمراني في أبها الحضرية طبيعتها الجغرافية؛ للحد من الآثار المترتبة على ذلك النمو المتسارع، بحيث تكون المنطقة منسجمة مع الطبيعة، وبما يضمن الاستدامة البيئية.
- أن تشرع الجهات المختصة بالعمل على التكثيف الحضري على محاور النقل العام، واستغلال المساحات غير المعمورة.
- حماية الأراضي الزراعية وبطون الأودية من التوسع العمراني؛ بإيقاع العقوبات والمخالفات على المخالفين.
- مشاركة المجتمع المحلي في وضع الاستراتيجيات المناسبة لمواجهة تحديات ومشكلات النمو العمراني المتزايد.
- الحد من خطورة التصحر الحضري في أبها الحضرية؛ إذا ما استمرت معدلات النمو العمراني بنفس الوتيرة.
- إجراء المزيد من الدراسات التي تعنى بالنمذجة المكانية وتوقع النمو الحضري في ظل تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي، بما يسهم في حل مشاكل المنطقة الحضرية.
- وضع القيود التنظيمية على عملية التوسع العمراني تجاه الأطراف والظهير الريفي والضواحي، للتحكم به وتنظيمه تلافيا للنمو العشوائي.

المصادر والمراجع

أبو راس، م.، (2016). محاكاة الأنماط الزمانية والمكانية للنمو الحضري في بنغازي ليبيا باستخدام النموذج المدمج Markov-CA. *مجلة العلوم والدراسات الإنسانية، جامعة بنغازي*.

أمانة منطقة عسير. (2014). *مؤشرات المرصد الحضري لأبها الحضرية ومدن منطقة عسير*.

العامري، ر. (2021). محاكاة النمو العمراني وتغير استعمالات الأرض في مدينة الديوانية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS. *جامعة الكوفة، كلية الآداب*.

علي، م.، والمولى، ط. (2018). استعمال تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية للتنبؤ بحالة الغطاء الأرضي في محافظة ميسان لغاية 2032 باعتماد أنموذج Markov-CA. *جامعة بغداد، كلية الآداب*.

عياصرة، ث.(2019). محاكاة النمو العمراني لمدينة الرياض من خلال تطبيق نمذجة السلوك الذاتي الخليوي –ماركوف ونمذجة تغير الأرض. *المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، العلوم الإنسانية والإدارية*.

غيث، م. (2016). اتجاهات النمو الحضري لمدينة ترهونة: ليبيا المشكلة والحل. *مجلة العلوم الإنسانية والعلمية والاجتماعية، جامعة المرقب، ليبيا*، 2، 90-108.

وزارة الشؤون البلدية والقروية وبرنامج الأمم المتحدة للمستوطنات البشرية، *الرؤية العمرانية الشاملة لحاضرة أبها*، (2019م). الرياض، 1440هـ.

References

Allen, L. (2003). Modeling and Prediction of Future Urban Growth in the Charleston Region of South Carolina a GIS-based Integrated Approach. *Resilience Alliance Inc., Conservation Ecology*, 8(2).

Alshwesh, I. (2014). *GIS-Based Interaction of Location Allocation Models with Areal Interpolation Techniques. Ph. D. Thesis*, University of Leicester .

Li, C. (2014). *Monitoring and analysis of urban growth process using Remote Sensing, GIS and Cellular Automata modeling: A case study of Xuzhou city, China, A doctorate dissertation* , Faculty of Spatial Planning at TU Dortmund University, Dortmund.

المو اقع الإلكترونية:

أمانة منطقة عسير متاح على https://ars.gov.sa/Ar/AsirMun/OrganizationalStructure/Pages/default.aspx