

محاكاة النمو العمراني بالاستناد إلى نمذجة السلوك الذاتي-الخليوي ونمذجة تغيّر الأرض، دراسة تطبيقية على منطقة ساكب في الأردن

ثائر مطلق محمد عياصرة

أخصائي تخطيط / إدارة الإحصاء / مديرية التخطيط والميزانية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني / الرياض / المملكة العربية السعودية

thaer_ayasreh@yahoo.com

قدم للنشر في ٣ / ١٢ / ١٤٣٧هـ؛ وقبل للنشر في ٢٠ / ٣ / ١٤٣٨هـ

ملخص البحث. أثبتت نماذج النمو الحضري على مر السنين فعاليتها في وصف وتوقع النمو العمراني، فهي توفر القدر الكافي من المعلومات لمساعدة المخططين على اتخاذ القرارات المستنيرة حول التخطيط العمراني. ولذلك، يهدف هذا البحث بشكل رئيس إلى تطبيق أبرز نماذج المحاكاة البيئية المتاحة في برنامج الإدرسي سيلفا، وهي نمذجة تغيّر الأرض، ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف. وقد جرى تطبيق البحث على منطقة ساكب بالأردن. وأظهرت النتائج المستقاة من نمذجة تغيّر الأرض أن هناك تغيرات كبيرة طرأت على الغطاء الأرضي خلال الفترة الممتدة بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦ فقد زادت مساحة الأراضي المطوّرة عام ٢٠١٦ بمساحة (٤٨, ٠) كلم^٢. ومن خلال تطبيق نماذج المحاكاة باستخدام نمذجة تغيّر الأرض ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف أمكن التنبؤ بالتطور العمراني لبلدة ساكب حتى عام ٢٠٤٠، حيث أظهرت نتائج نمذجة تغيّر الأرض ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف تطوّر الكتلة العمرانية بمساحة (٥٦, ٢) كلم^٢. ومن جهة أخرى تبين أن هناك اختلافات بين النموذجين في التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع إلى آخر. وعلاوة على ذلك تمّ التحقق من دقة تصنيف الخرائط باستخدام مؤشر كبا ومؤشر الدقة الكلية، حيث أظهرت دقة عالية في التصنيف، كما تمّ التحقق من صحة خرائط المحاكاة مقارنة بخريطة عام ٢٠١٦ باستخدام مؤشرات كبا، وقد أظهرت جميعها دقة عالية. ويتكامل هذا البحث أيضاً مع برنامج نظم المعلومات الجغرافية كأداة مساندة لبرنامج الإدرسي سيلفا. وأخيراً أوصى البحث بضرورة أن تأخذ البلدية بالحسبان في خططها المستقبلية التوسع العمراني للبلدة وما يترتب عليه من تغيرات كبيرة تشكّل مزيداً من الضغط على الأراضي الزراعية، كما أوصى البحث بضرورة المحافظة على الغابات الطبيعية باعتبارها ثروة وطنية.

الكلمات المفتاحية: تحليل سلسلة ماركوف، نمذجة تغيّر الأرض، السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف، التخطيط العمراني، نظم المعلومات الجغرافية.

١. مقدمة

السكان منذ عام ١٩٨٨ إلى مرتين. وتعدّ نسبة النمو السكاني عالية، فقد سجّلت النسبة (٦٪). ويبلغ عدد سكان البلدة، بحسب آخر تعداد عام للسكان والمساكن عام ٢٠١٥، حوالي (١١٥٨٦) نسمة (دائرة الإحصاءات العامة، ٢٠١٦). كما شهدت الأشجار الحرجية تناقصاً تدريجياً جراء الاعتداءات المتكررة التي تتعرض لها بسبب الحرائق والتقطيع الجائر لغايات التجارة أو لاستخدامات التدفئة في فصل الشتاء.

وعليه، فإن الهدف الرئيس من هذا البحث يتمثل في دراسة التغيّر في الغطاء الأرضي في بلدة ساكب بتطبيق نمذجة تغيّر الأراضي خلال الفترة (١٩٨٨-٢٠١٦) ومحاكاة النمو العمراني عن طريق تطبيق نمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف، ونمذجة التنبؤ بتغيّر الأراضي باستعمال برنامج الإدريسي IDRISI Selva17، وبالنسبة للأسئلة المطروحة في البحث، فيمكن تلخيصها بما يلي، أولاً: ما التغيرات التي طرأت على الغطاء الأرضي في بلدة ساكب بين عامي ١٩٨٨ و٢٠١٦؟ وثانياً: ما مقدار النمو العمراني الذي طرأ على البلدة وفي أي اتجاه؟ وثالثاً: ما مقدار النمو العمراني المتوقع حتى عام ٢٠٤٠؟

٢. الخلفية النظرية والدراسات السابقة

ظهر العديد من التطبيقات والبرامج التي تقيس التغيّر في استعمالات الأرض والغطاء الأرضي؛ كبرنامج الإدريسي، وهناك أيضاً البرامج التي تحاكي الأنماط الديناميكية للنمو العمراني

تعدّ الزيادة المستمرة في عدد السكان، واحدة من المشاكل الكبيرة التي تعاني منها المدن في العالم. ومن المؤكّد أن الارتفاع الكبير في عدد السكان وما يرافقه من تنوع أنماط الاستهلاك البشري يلقي بتبعاته على البيئة التي لها حدود وقدرة لاستيعاب التوسّع السكاني، وهو ما يؤدي إلى استنزاف الموارد الطبيعية؛ ونعني في ذلك تحويل الأراضي الزراعية وبشكل عشوائي إلى أراضٍ سكنية، وكذلك فقدان التنوع البيولوجي بسبب إزالة الأشجار والغابات لتأمين السكن والشوارع. وبالطبع فإن زيادة عدد السكان بشكل عشوائي في ظل التدهور البيئي الحاصل منذ سنوات سيولّد مزيداً من الضغوط على البيئة ومواردها. وبالنتيجة فإن ذلك سيؤثر حتماً على تدمير البيئة بفعل الضغط المستمر على الخدمات الأساسية والتوسع الأفقي لاستغلال الموارد الطبيعية (الأمانة العامة للأمم المتحدة، ٢٠٠١).

وضمن هذا السياق، شهد الغطاء النباتي في بلدة ساكب في محافظة جرش شمال الأردن تغيرات كبيرة خلال الفترة الممتدة بين عام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦، فقد شهدت الأراضي الزراعية تناقصاً في مساحتها جراء الزيادة السكانية المضطّرة، إذ سجّلت البلدة الرقم الأعلى من حيث الخصوبة في الإنجاب عالمياً، حيث يتراوح تعداد الأسرة فيها ما بين ٧-١٠ أفراد، بينما تشير أعداد بعض الأسر إلى (١٥) فرداً فأكثر، وقد تضاعف عدد

التصنيف، وهي أكثر سهولة ولا تتطلب أي تدخل من قبل المستخدم (Eastman, 2005).

وعلى ضوء مخرجات تطبيق تحليل التغيير Change Analysis ونمذجة كامن التحول أو الانتقال Transition Potential Modeling يتم تشغيل نموذج تحليل التنبؤ بالتغيرات المستقبلية Change Prediction، حيثُ يمكن توقُّع السيناريو المستقبلي للتغيير إلى التاريخ الذي حدّد مستقبلياً. ويلخص الشكل (١) التالي إجراءات عملية نمذجة تغيير الأرض.

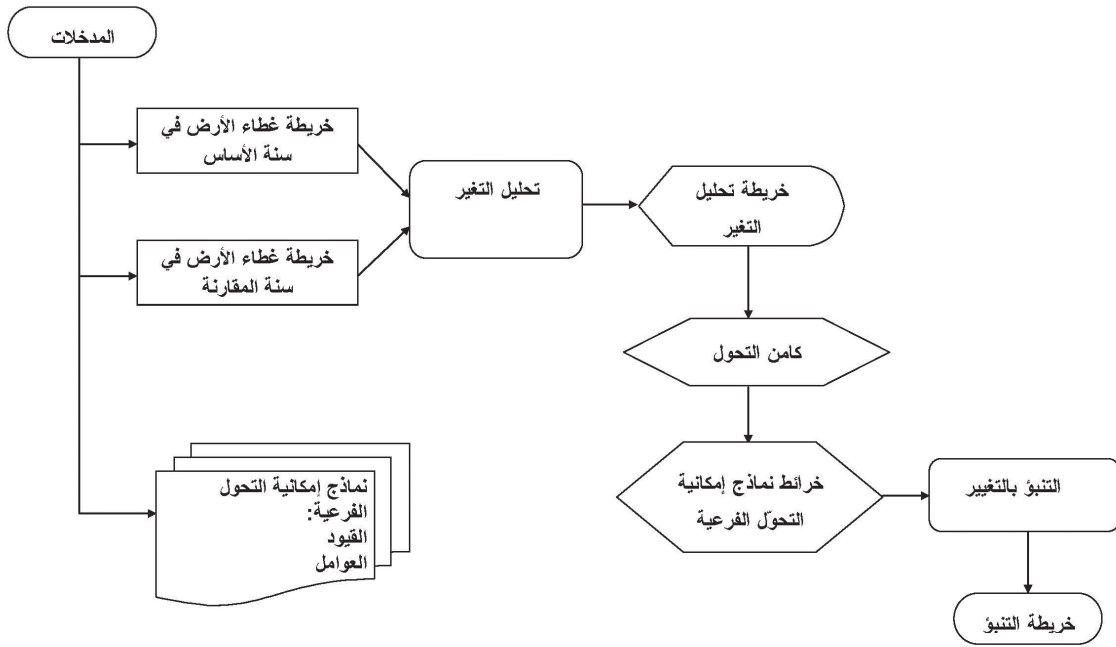
وقد طبقت العديد من الدراسات نمذجة تغيير الأرض لدراسة تغيير استعمالات الأرض خلال فترتين من الزمن ومحاكاة النمو المستقبلي، أمثال: (Mahmoud et al, 2016)، ودراسة (Narayan et al, 2014)، ودراسة (Tewolde and Cabral, 2011).

كما يتيح برنامج الإدرسي إمكانية تطبيق نموذج CA-MARKOV الذي يجمع بين السلوك الذاتي الخليوي وتحليل سلسلة ماركوف، وتحليل تقييم متعدد المعايير Multi-Criteria Evolution (MCE)، وتخصيص الأرض متعددة الأغراض Multi-Objective Land Allocation (MOLA)، وإجراءات تنبؤ الغطاء الأرضي التي تضيف عنصراً من التواصل المكاني، بالإضافة إلى معرفة التوزيع المكاني المحتمل للتحولات إلى تحليل سلسلة ماركوف.

والقائمة على نمذجة السلوك الذاتي-الخليوي، ومن أشهرها: برنامج SLEUTH، وبرنامج Landus-eSim، والأداة what-If ?.

يتم قياس التغيير الحاصل بين طبقتين من خرائط الغطاء الأرضي عن طريق أداة تحليل التغيير Change Analysis، حيث توفر لوحة تحليل التغيير في برنامج الإدرسي ثلاثة رسومات بيانية لإظهار مدى التغيير الحاصل في الغطاء الأرضي بين اثنتين من خرائط الغطاء المحددة، ويمكن مشاهدة هذه الرسوم البيانية في مجموعة متنوعة من وحدات القياس (خلايا، هكتار، كلم مربع، فدان، ميل مربع، % من التغيير، و% من المساحة). ويلاحظ أن أي تغيير في وحدات القياس سوف ينعكس على الرسم البياني أيضاً، والعكس بالعكس. كما يمكن عن طريق تطبيق خيار الاتجاه المكاني للتغيير Spatial Trend of Change تعيين أفضل الاتجاهات السطحية متعددة الحدود الملائمة لنمط التغيير (Eastman, 2005).

وبغرض محاكاة النمو العمراني باستخدام برنامج الإدرسي يلزم تحديد الأراضي الملائمة للتغيير، ومن خلال تطبيق نمذجة كامن التحول أو الانتقال Transition Potential Modeling يتم إنتاج خرائط ملائمة الأرض استناداً إلى عدد من العوامل، مثل: (درجة الميول، والقرب من شبكة الطرق، والقرب من الكتلة العمرانية.. إلخ)، وتستعمل طريقة Multi-Layer Perceptron (MLP) في استنباط خريطة كامن التحول على نطاق واسع في عملية



الشكل (١) إجراءات التنبؤ باستعمال نمذجة تغيّر الأرض

أو عقود... إلخ)، وفي كلا الملفين، تمثل الصفوف طبقات الغطاء الأرضي القديمة، وتمثل الأعمدة الطبقات الجديدة. ويمكن التعبير عن مصفوفة Markov للتحول P على النحو التالي (Takada et al, 2010):

وما تجدر الإشارة إليه، أن تحليل Markov

$$P = (p_{ij}) = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix}, \quad \sum_{j=1}^n p_{ij} = 1$$

الشكل (١) إجراءات التنبؤ باستعمال نمذجة تغيّر الأرض

حيث إن:

P = مصفوفة Markov للتحول.

P_{ij} = نوع الغطاء الأرضي للفترة الزمنية الأولى والفترة الزمنية الثانية.

P_{ij} = الاحتمالية من نوع استخدام الأراضي i لاستخدام الأراضي من نوع j.

إن تحليل سلسلة Markov Chain Analysis (MCA) يتم تطبيقه بناءً على تحليل زوج من خرائط غطاء الأرض من نوع خليوي raster خلال فترتين من الزمن لاحتساب مصفوفة احتمالية التحول Transition Probabilities Matrix، ومصفوفة مناطق التحول Transition Matrix، حيث تظهر مصفوفة احتمالية التحول على شكل ملف نصي يحتوي على احتمال أن كل طبقة من طبقات الغطاء الأرضي ستتغير إلى طبقة أخرى، كما أن مصفوفة المناطق الانتقالية هي أيضاً عبارة عن ملف نصي يسجل عدد البكسلات التي من المتوقع أن تتغير لكل نوع من الغطاء الأرضي لبعضها البعض على عدد محدد من الوحدات الزمنية (سنوات

كل خطوة زمنية، يعتبر كل غطاء أرضي بدوره طبقة مضيئة. وتمثل كل أصناف غطاء الأرض الأخرى؛ بوصفها أصنافاً مطالبة وتتنافس على الأرض (فقط ضمن طبقة المضيئ) وتعمل إجراء تخصيص الأرض متعدد الأهداف Multi-Objective Land Allocation (MOLA). إن متطلبات المنطقة لكل طبقة مطالب ضمن كل مضيئ مساوية إلى مجموع حاصل ملف منطقة الانتقال مقسوماً على عدد التكرارات، ويتم تراكم نتائج كل عملية MOLA (باستخدام عملية تغطية) لإنتاج خريطة غطاء أرضي جديدة في نهاية كل تكرار.

وتعدّ عملية التصفية أو الترشيح جزءاً لا يتجزأ من عمل مكونات السلوك الذاتي الخليوي، والغرض منه تخفيض أوزان ملائمة البكسلات البعيدة عن الطلبات القائمة لنوع غطاء الأرض قيد النظر. ويتخذ عامل التصفية الافتراضي في برنامج الإدريسي أبعاد ٥×٥ وذلك على النحو التالي (Eastman, 2012):

0	0	1	0	0
0	1	1	1	0
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
0	0	1	0	0

لا يقدم أي مدلول جغرافي، ومن هنا لإضافة العنصر المكاني لعملية النمذجة يستخدم السلوك الذاتي الخليوي Cellular Automata، وهو عبارة عن نظرية تتعلق بإعادة الإنتاج الذاتي الخليوي Theory of Self-Reproducing Automata، ويطلق عليها أيضاً بالصفيفة المتكررة Iterative Ar-ray وكذلك السلوك الذاتي المرصع بالمضلعات الرباعية Tessellations Automaton، وقد طوّرت في أواخر الأربعينيات من القرن العشرين من قبل جون فون نيومان John Von Neumann، وأحد أشهر نماذج الخلايا ذاتية السلوك هو لعبة الحياة Game of Life التي تمّ اختراعها من قبل عالم الرياضيات البريطاني جون هورتون كونواي John Conway في عام ١٩٧٠ (Martin, 1970).

وتعمل خوارزمية السلوك الذاتي الخليوي -ماركوف في برنامج الإدريسي على استخدام خريطة الغطاء الأرضي لآخر فترة في عملية محاكاة التغيير، واستخدام ملف مناطق التحوّل الناتج من تحليل سلسلة ماركوف لخريطتي استعمالات الأراضي خلال فترتين من الزمن، حيث يتم تحديد مقدار التغيير المتوقع في استعمالات الأرضي لكل طبقة موجودة باتجاه الطبقات الأخرى في الفترة القادمة، واستخدام ملف خرائط ملائمة الأرض لتحديد مناطق التحوّل المحتملة لكل غطاء أرضي، ومن ثم إعطاء الأفضلية للمناطق الملائمة المتجاورة (Eastman, 2012).

ويحدد عدد التكرارات عدد الخطوات الزمنية التي سيتم استعمالها للمحاكاة، وضمن

٣. منطقة الدراسة

تقع بلدة ساكب في محافظة جرش (شرقاً ٣٢°١٧'٠٣" وشمالاً ٣٥°٤٨'٣٣") ضمن مناطق طبيعية في الشمال الغربي للأردن، وهي تتوسط محافظتي جرش وعجلون كما في الشكل رقم (٢)، حيث تقع على الطريق الذي يربط بين مدينة جرش ومدينة عجلون، ويتراوح ارتفاع البلدة من (٩٠٠م) إلى (١٢٤٣م)، ومساحتها مع مزارعها وغازاتها (٢٣) كلم^٢، إذ تشكّل الأراضي والغابات (٩٤٪) من هذه المساحة، ويقع تجمع البلدة على سفح سلسلة من الجبال، وتتوزع أراضيها فوق منحدرات من الصخور الجيرية تتفاوت في حدتها، ويسودها بشكل عام مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط؛ البارد شتاءً والمعتدل صيفاً. ويبلغ معدل الهطول المطري فيها (٤٢٢) ملم سنوياً. تشتهر البلدة بزراعة الزيتون والتين والعنب وغيرها من الأشجار المثمرة، كما أنها تشتهر بغاباتها الكثيفة الممتدة من دبين إلى عجلون، والتي تغطي جزءاً من مناطقها.

٤. منهجية البحث

١, ٤ أساليب التحليل

يتكامل هذا البحث مع برنامج الإدرسي وتقنية نظم المعلومات الجغرافية، حيث يتيح برنامج الإدرسي إمكانية تطبيق نمذجة تغيير الأرض للاستدامة البيئية Land Change Modeler (LCM) for Ecological Sustainability وقد جرى تطبيقها بهدف قياس التغيير في الغطاء الأرضي

يقوم CA-MARKOV تلقائياً بضبط عملية الترشيح لإجبار القيم للوصول إلى ٠, ١، ويتم تمثيل هذا المرشح على صورة بولانية Bool-ean لكل طبقة من صورة غطاء الأرض القائمة ضمن كل تكرار. ثم تضاف القيمة (٠, ١١١١) إلى النتائج التي تمت تصفيتها لإنتاج مجموعة من الخرائط الموزونة وتضرب بخرائط الملائمة الأصلية لتخفيض الوزن بالنسبة للمناطق البعيدة عن المناطق القائمة من كل طبقة. وتظهر النتائج على مقياس يتراوح بين (٠-٢٥٥)، وهكذا يضمن التأثير الصافي بأن تكون المناطق الملائمة قريبة من المناطق القائمة.

طبّق تحليل نمذجة السلوك الذاتي الخليوي -ماركوف على نحو واسع في دراسات النمو العمراني، ومراجعات سابقة شاملة لمثل هذه النمذجة يمكن أن توجد في دراسات: (Nouri et al, 2016)، ودراسة (Hee et al, 2016)، ودراسة (Zhou et al, 2012).

وباتباع نهج مماثل، قام عدد من الباحثين بتطبيق عدد من برامج محاكاة النمو العمراني وتغيير استعمالات الأرض، ومن أشهرها برنامج SLEUTH، مثل:

(Haiwei et al, 2016)، كما طبق العديد من الدراسات برنامج LanduseSim، مثل: دراسة (Ratriaga and Sardjito, 2016)، وطبق العديد من الدراسات برنامج What-If? مثل: دراسة (Wu and Webster, 1998).

٢, ٤ إجراءات إعداد البيانات

تطلب القيام بإجراء تحليل تغيّر الأراضي ومحاكاة النمو العمراني لبلدة ساكب بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦ مرئية فضائية (Landsat (L4-5 TM لعام ١٩٨٨ ومرئية فضائية (Landsat (L8 TM لعام ٢٠١٦ بنظام إحداثيات WGS 84 / UTM zone 36N، وقد جرى من خلال برنامج ArcMap عمل تصنيف مراقب لها Supervised Classification ومن ثم جرى تنقيحها ومعالجتها Raster Edit.

الخطوة التالية من عملية تصنيف الخرائط هي تقييم مدى الدقة. وقد اختبر البحث تقييم دقة خريطة تصنيف الغطاء الأرضي باستخدام برنامج Google Earth كما في دراسة (Tilahun and Jaafari and Nazarisama- (Teferie, 2015 ودراسة (ni, 2013). فقد تم استنباط (٦٠) نقطة عشوائية باستخدام برنامج ArcMap وتحويلها إلى ملف بصيغة kml، ومن ثم جرى التحقق من النقاط العشوائية ومدى مطابقتها على Google Earth لتقييم الدقة، وقد أظهرت النتائج الإحصائية أن الدقة الكلية (accuracy total (overall بلغت (٨٦٪) في حين بلغت قيمة Kappa (٧٩٪) وهي مقبولة من حيث درجة الدقة (Tilahun and Tefe- (rie, 2015).

تتضمن خريطة الغطاء الأرضي لبلدة ساكب الطبقات التالية:

١. طبقة الحد الإداري للبلدة على شكل طبقة مساحية.

٢. الكتلة العمرانية على شكل طبقة مساحية.

٣. طبقة الأراضي الزراعية على شكل طبقة مساحية.

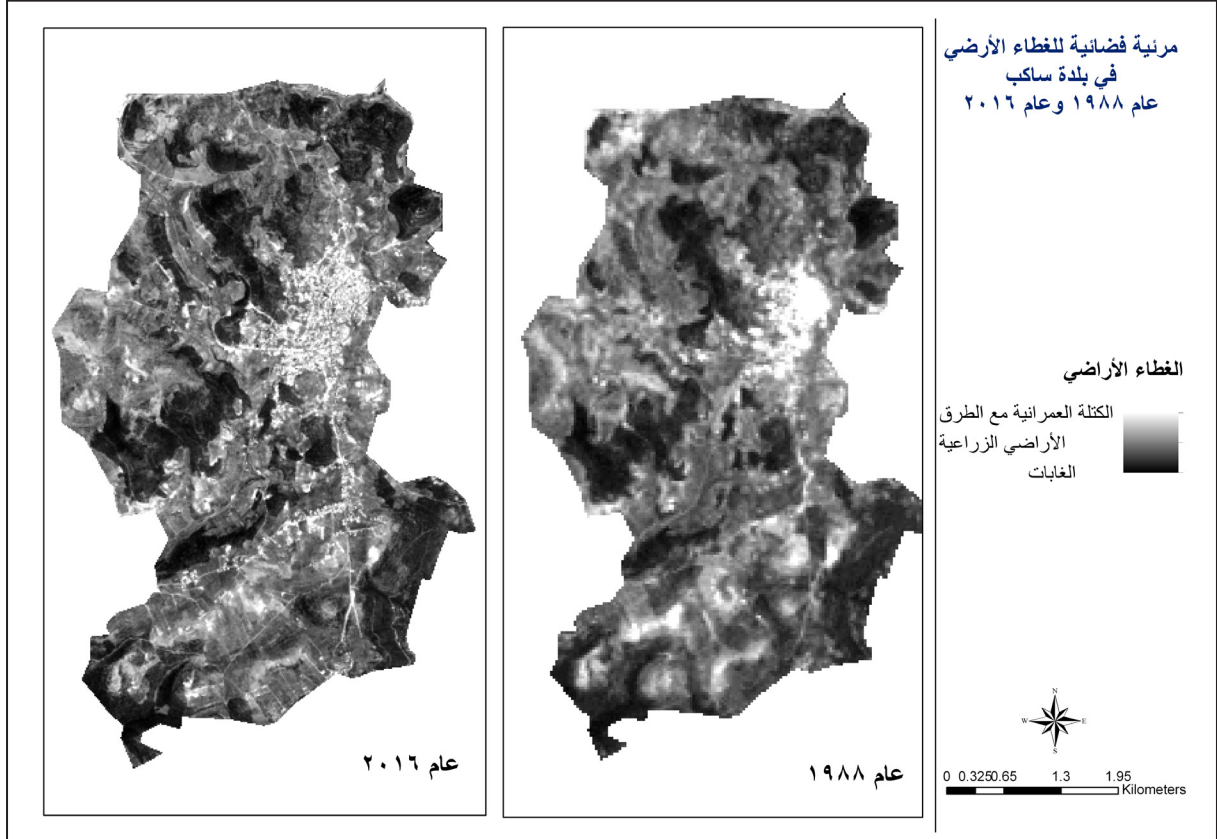
٤. طبقة الطرق الرئيسية، على شكل طبقة خطية.

٥. طبقة الغابات، على شكل طبقة مساحية.

٦. طبقة الارتفاعات، وقد تمّ تنزيلها من برنامج Google Earth على شكل طبقة نقاط (وعددتها ١٥٠ نقطة) تتضمن حقل قيم الارتفاعات تغطي جميع أنحاء منطقة الدراسة، ثمّ جرى تحويلها على شكل خريطة سطوح خليوية وذلك باستخدام أسلوب معكوس المسافة المرجحة (IDW) ضمن أدوات المحلل المكاني في برنامج Arc-Map.

ويظهر الشكل (٣) مرئية فضائية للغطاء الأرضي في بلدة ساكب عام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦.

وبغرض تحديد معايير ملاءمة الأرض للتطوير العمراني؛ تمّ الرجوع إلى عدد من الدراسات السابقة لتحديد أهم المعايير (Kumar and Kumar, 2014; Kumar and Biswas, 2013; Alex-ander etal, 2012; Nakya etal, 2010)، وقد جرى في هذا البحث التمييز بين نوعين من المعايير المتاحة في منطقة الدراسة لتحليل التقييم متعدد المعايير، أولاً: القيود Constraints: وهي المعايير التي تستثني المناطق من التحليل، وقد حدّد البحث على مستوى البلدة مناطق نمو غير مشروعة أو مقيّدة



الشكل (٣) مرئية فضائية للغطاء الأرضي في بلدة ساكب لعام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦

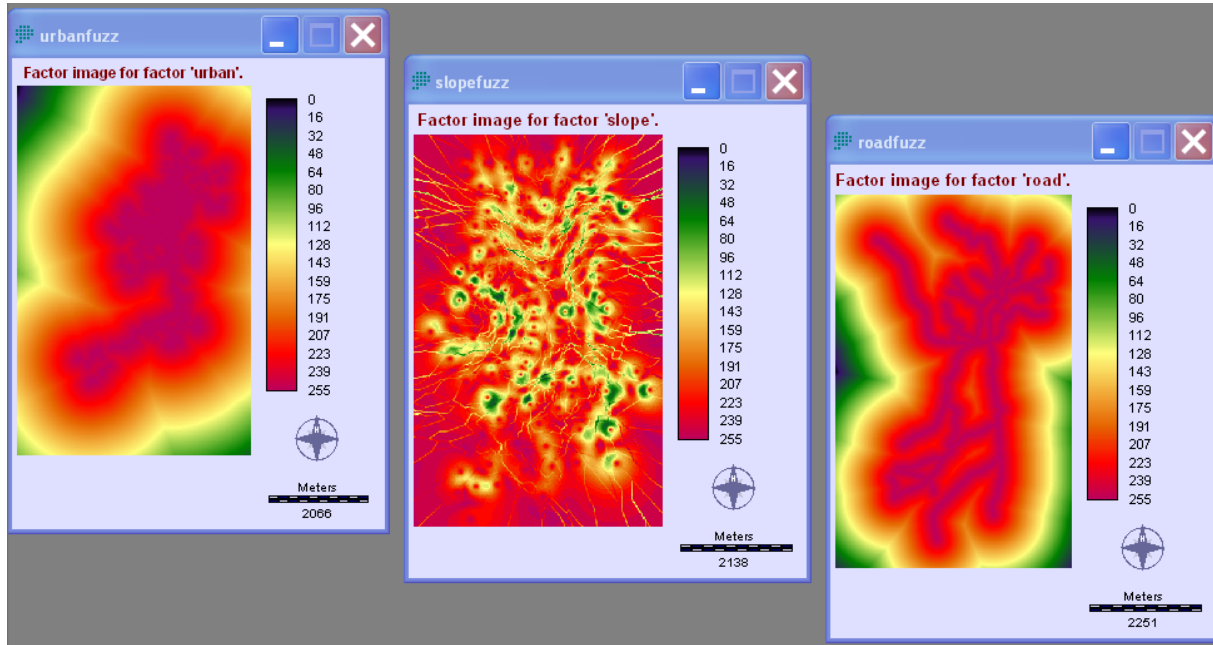
بحيث تمثل المناطق ذات الميل المرتفع درجة «ملاءمة منخفضة» للتوسع العمراني، وتدرج القيم صعوداً كلما انخفضت درجة الميل لتمثل المناطق ذات درجة «الملاءمة العالية»، كما تأخذ المناطق البعيدة عن الكتلة العمرانية الحالية أو الطرق درجة «ملاءمة منخفضة» للتطوير العمراني، وتدرج القيم صعوداً كلما اقتربنا من الكتلة العمرانية أو الطرق لتمثل المناطق ذات درجة «الملاءمة العالية» للتطوير العمراني.

ويبين الشكل (٤) التالي العوامل قيد الدراسة بعد أن جرى توحيد قيمها Standardized Factors.

(مخطورة)، وتشمل الأراضي المحددة ضمن نظام الموروث الطبيعي (الغابات).

وثانياً: العوامل Factors، حيثُ يسمح بالإعمار في هذه المناطق بدون أية عوائق، وتشمل: القرب من الكتلة العمرانية، والأراضي المنبسطة ذات الميل المنخفض، والقرب من الطرق.

وقد تمّ استنباط خريطة الميول وخريطتي المسافة عن الكتلة العمرانية وعن الطرق شكل (٤) وإعادة تصنيفها على مقياس معياري يتراوح بين (٢٥٥-٠) باستخدام نموذج هدي Fuzzy،



الشكل (٤) توحيد قيم العوامل باستخدام المنطق الهدي على مقياس يتراوح بين (٠-٢٥٥)

الهرمي التي جرى تطبيقها عن طريق أحد المواقع الإلكترونية التي تتيح احتسابها إلكترونياً (Klaus, 2016)، وقد أظهرت مخرجات عملية التحليل الهرمي كما هو مبين في الشكل (٥) مصفوفة القرار (إلى اليمين) والأوزان النسبية لكل معيار مرتبة تنازلياً (إلى اليسار)، وقد وصلت نسبة ثبات المصفوفة إلى (٩,١%) وهو ما يعني أن أحكامها تتصف بالثبات.

الأولويات

الترتيب	الأولوية	الفئة
١	٥٥,٨%	المسافة عن الكتلة العمرانية
٢	٣٢,٠%	المسافة عن الطرق
٣	١٢,٢%	الميل

عدد المقارنات = ٣
نسبة الثبات = ١,٩%

ويهدف استنباط خريطة الملاءمة المستعملة في نمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف طبق البحث أداة تحليل تقييم متعدد المعايير Multi-Criteria Evolution (MCE) في برنامج الإديسي. وذلك بعد أن تمت المفاضلة بين العوامل قيد البحث وإعطاء أحدها وزناً أكبر من العوامل الأخرى وفقاً لمدى ملاءمتها للنمو العمراني، وذلك باستخدام عملية التحليل

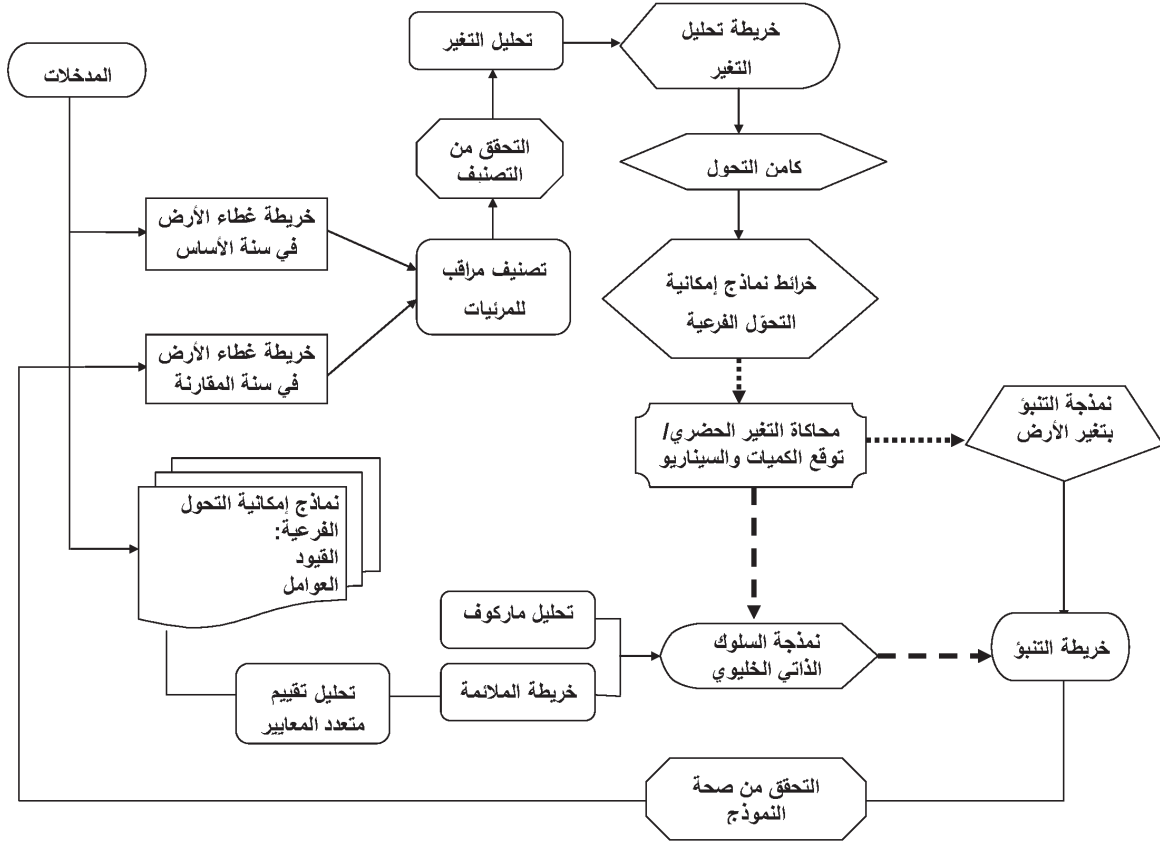
مصفوفة القرار

٣	٢	١	
٤,٠٠	٢,٠٠	١	١
٣,٠٠	١	٠,٥	٢
١	٠,٣٣	٠,٢٥	٣

الجزر المميز = ٣,٠١٨
حل المتجة المميز = ٤ تقريبت متتالي، دلنا = 2.3E-10

الشكل (٥) نتائج الأوزان بالاستناد إلى مصفوفة القرار وأولوية الترتيب للعوامل قيد الدراسة

ويخلص الشكل (٦) المنهجية العامة المعتمدة في جميع أنحاء هذا البحث.



الشكل (٦) المنهجية المتبناة في البحث

يظهر من الجدول رقم (١) أن مساحة إجمالي بلدة ساكب (٢٣) كلم^٢ أو ما يعادل (٢٣٠٠) هكتار، تشكّل الأراضي الزراعية والغابات ما مساحته (٩٨٪) من مساحة المنطقة لعام ١٩٨٨ و (٩٤٪) عام ٢٠١٦. ويلاحظ من الجدول استمرار النمو السريع للكتلة العمرانية، فقد بلغت الزيادة في النمو العمراني (٠,٨٤) كلم^٢؛ أي أنها قد تضاعفت مرتين منذ عام ١٩٨٨، كما يلاحظ حدوث هبوط في اثنين من استعمالات الأراضي خلال تلك الفترة، وهما:

٥. النتائج والمناقشة

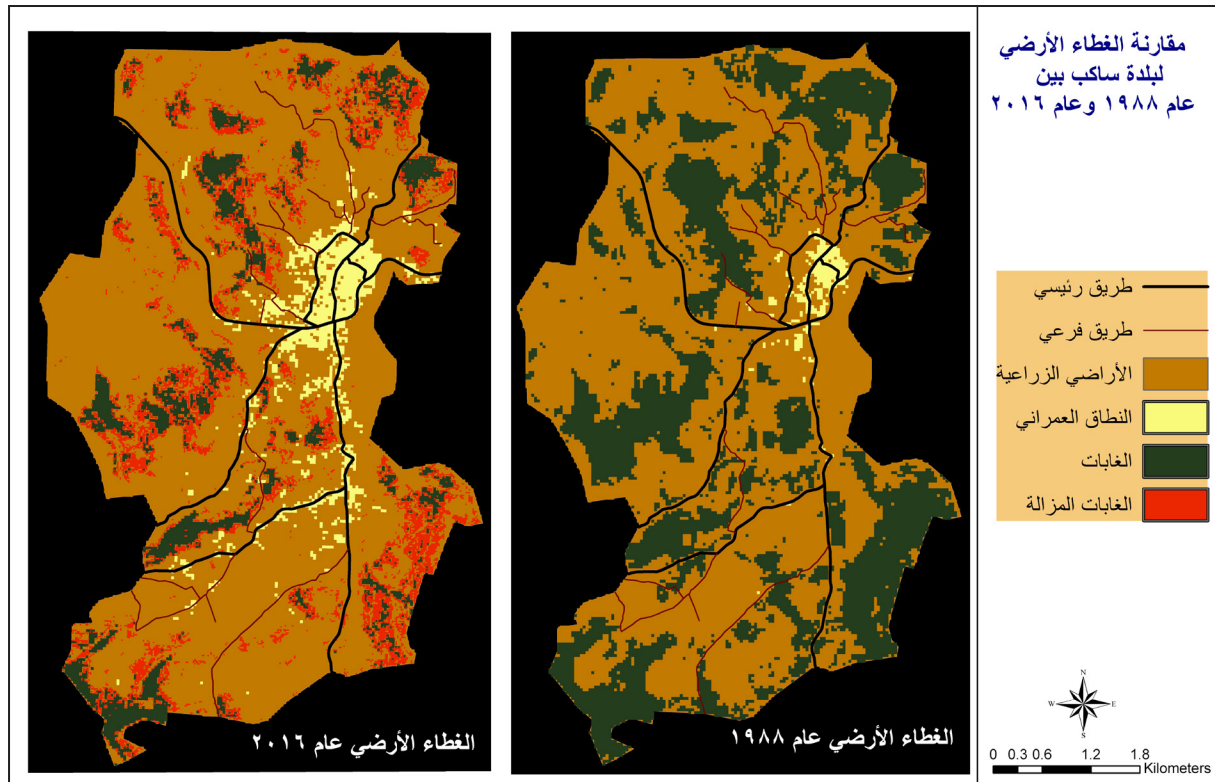
٥,١ تحليل تغيّر الغطاء الأرضي:

يهدف تحليل التغيّرات التي طرأت على الغطاء الأرضي في بلدة ساكب طبق البحث نموذج تغيّر الأرض، وبالاستناد إلى تصنيف المرئيات الفضائية لعام ١٩٨٨ ولعام ٢٠١٦ تمّ احتساب مساحة كل طبقات الغطاء الأرضي، كما هو مبين في الجدول (١) والشكل (٧) وإجراء مقارنة إحصائية لإظهار الاختلافات فيما بين المرئيتين.

الجدول (١) إحصاءات تصنيف الغطاء الأرضي لبلدة ساكب بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦

معدل التغيّر (%)	التغيرات بين عام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦	عام ٢٠١٦		عام ١٩٨٨		الغطاء الأرضي
		%	المساحة (كلم ^٢)	%	المساحة (كلم ^٢)	
١٩٥+	٠,٨٤	%٥,٥	١,٢٧	%١,٩	٠,٤٣	الكتلة العمرانية (مع الطرق)
١٥-	١,٢٨-	%٣١,٤	٧,٢٢	%٣٧	٨,٥	الغابات
-	١,٢٨	%٥,٦	١,٢٨	٠	٠	الأراضي الجرداء (ناتجة عن حرق الغابات وقطعها)
٦+	٠,٨٤-	%٥٧,٥	١٣,٢٣	%٦١,١	١٤,٠٧	الأراضي الزراعية
		%١٠٠	٢٣	%١٠٠	٢٣	المجموع

المصدر: التحليل من خريطة غطاء الأرض ١٩٨٨ و ٢٠١٦؛ + أو - للإشارة إلى اتجاه التغيّر



الشكل (٧) الغطاء الأرضي لبلدة ساكب بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦

جملة مساحة الغابات عام ١٩٨٨ تمّ إزالتها، ويدلّ هذا على أن هناك استنزافاً كبيراً بسبب قطع الأشجار والحرائق ترتب عليه تدهور وضع الغابات واختلال التنوع البيولوجي في البلدة. ويبين الجدول (٢) المكاسب والمخاسر من الأراضي نتيجة التغيّر الحاصل من طبقة استعمال أراضي إلى طبقة أخرى.

الأراضي الزراعية قد انخفضت بمساحة (٠,٨٤) كلم^٢؛ أي ما يعادل (٠,٦٪) من مساحة الأراضي الزراعية عام ١٩٨٨، ويدلّ هذا على أن الأراضي الزراعية قد تمّ تحويلها للاستعمالات السكنية وتشبيد الطرق، وكذلك حدوث انخفاض كبير في مساحة الغابات الطبيعية وتحويلها إلى أراضٍ جرداء، فقد انخفضت بمساحة (١,٢٨) كلم^٢، أو ما يعادل (١٢٨) هكتار؛ أي أن (١٥٪) من

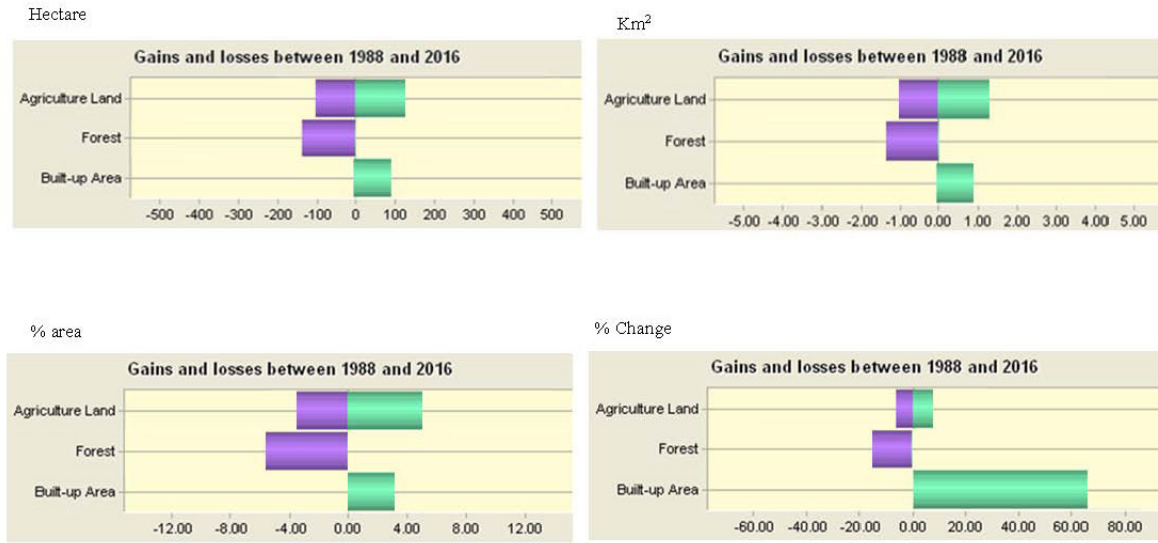
الجدول (٢) المكاسب والخسائر لطبقات الغطاء الأراضي بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦.

الغطاء الأرضي	النقصان في الأراضي (كلم ^٢)	٪ للتغيّر	الزيادة من الأراضي (كلم ^٢)	٪ للتغيّر
الكتلة العمرانية (بضمنها الطرق)	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٨٤	١٩٥٪
الأراضي الزراعية (من ضمنها المساحة الناجمة عن حرق وقطع الغابات)	-٠,٨٤	٠,٦٪	١,٢٨	٩٪
الغابات	-١,٢٨	١٥٪	٠,٠٠	٠,٠٠

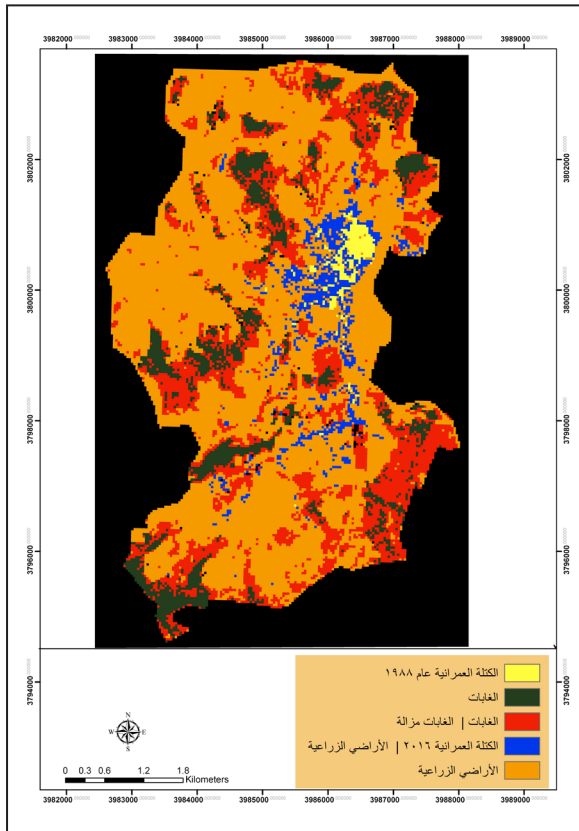
ويتيح برنامج الإدرسي عرض التغيّر الحاصل من طبقة استعمال أراضي إلى طبقة أخرى على شكل رسم بياني وبمقاييس متعددة، كما هو مبين في الشكل (٨).

ويظهر من الشكل رقم (٨) أن هناك تغيّرات وتحولات كبيرة بين مختلف طبقات الغطاء الأراضي خلال الفترة من عام ١٩٨٨ إلى عام ٢٠١٦. والتغيّرات الرئيسة والتحولات هي

فخلال الفترة ١٩٨٨-٢٠١٦ زادت مساحة الكتلة العمرانية عام ٢٠١٦ بمساحة (٠,٨٤) كلم^٢ على حساب الأراضي الزراعية، في حين فقدت الغابات الطبيعية ما مساحته (١,٢٨) كلم^٢ خلال (٢٨) عاماً، وبمعدل (٠,٠٤٥) كلم^٢ سنوياً أو ما يعادل (٥,٤) هكتار، وقد أصبحت أراضي جرداء أضيفت مع مساحة الأراضي الزراعية.



الشكل (٨) المكاسب والخسائر لطبقات الغطاء الأرضي بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦.



الشكل (٩) التغيرات بين مختلف طبقات الغطاء الأرضي خلال الفترة من عام ١٩٨٨ إلى ٢٠١٦

في الأساس تراجع مساحة الغابات الطبيعية، وزيادة المساحة السكنية على حساب الأراضي الزراعية فقط.

ويبين الشكل (٩) التالي التغيرات في الغطاء الأرضي خلال الفترة من عام ١٩٨٨ إلى عام ٢٠١٦.

ومن خلال تحليل الاتجاه المكاني الشكل (١٠) تمّ تحديد اتجاهات الخريطة مع أفضل الاتجاهات السطحية متعددة الحدود الملائمة لنمط التغير.

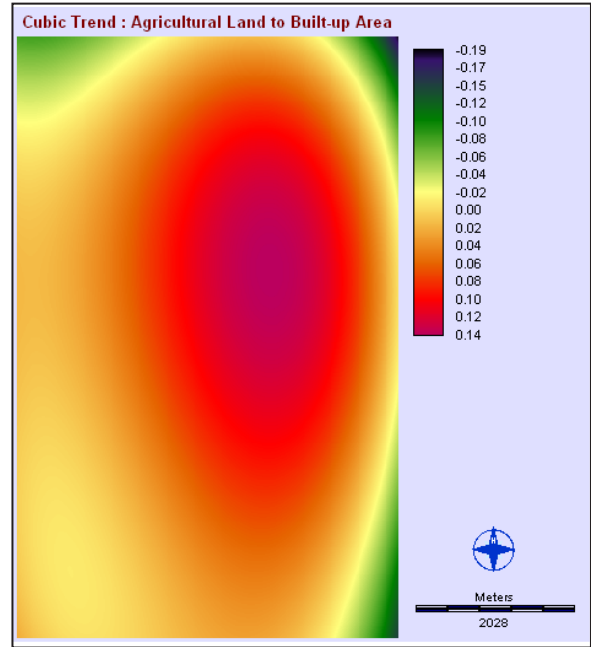
يلاحظ من الشكل (١٠) أن اتجاهات الامتداد العمراني قد تركزت في الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية والجهة الشمالية من البلدة. ويعزى ذلك إلى أن متاخمة الكتلة العمرانية لبلدة ريمون مع حدود الكتلة العمرانية لبلدة

الملائمة للنمو العمراني، وبالاعتماد على المعايير التي جرى تحديدها للملاءمة مسبقاً، وهي: (القرب من الطرق، والقرب من الكتلة العمرانية، والميول)؛ تمّ استنباط خريطة كامن التحوّل لبلدة ساكب، كما هو مبين في الشكل (١١) إلى اليمين. وبالمقابل تمّ استنباط خريطة الملاءمة - بعد إعطاء الأوزان للمعايير التي جرى تحديدها - بتطبيق أسلوب تقييم متعدد المعايير MCE Multi-Criteria Evolution وقد استخدمت في نمذجة السلوك الذاتي الخليوي - ماركوف، كما في الشكل (١١) إلى اليسار.

يظهر من الشكل (١١) إلى اليمين خريطة كامن التحوّل المطبّقة في نمذجة التنبؤ بتغيّر الأرض، حيث تتراوح قيم الملاءمة بين (٠) و(١) بحيثُ تزداد ملاءمة الأرض كلما اقتربت القيم من (٠، ١)، والعكس صحيح. ومن جهة أخرى يظهر من الشكل (١١) إلى اليسار خريطة الملاءمة المطبّقة في نمذجة السلوك الذاتي الخليوي - ماركوف، حيث تتراوح قيم الملاءمة بين (٠) و(٢٥٥) بحيثُ تزداد ملاءمة الأرض كلما اقتربت القيم من (٢٥٥)، والعكس صحيح.

٥,٣ محاكاة النمو العمراني حتى عام ٢٠٤٠:

يرتبط النمو العمراني ارتباطاً إيجابياً بالنمو السكاني، فقد تضاعفت الكتلة العمرانية لبلدة ساكب مرتين خلال الفترة بين عام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦، وبالمثل تضاعف عدد السكان مرتين، وكما هو مبين في الجدول (٣). وتشير

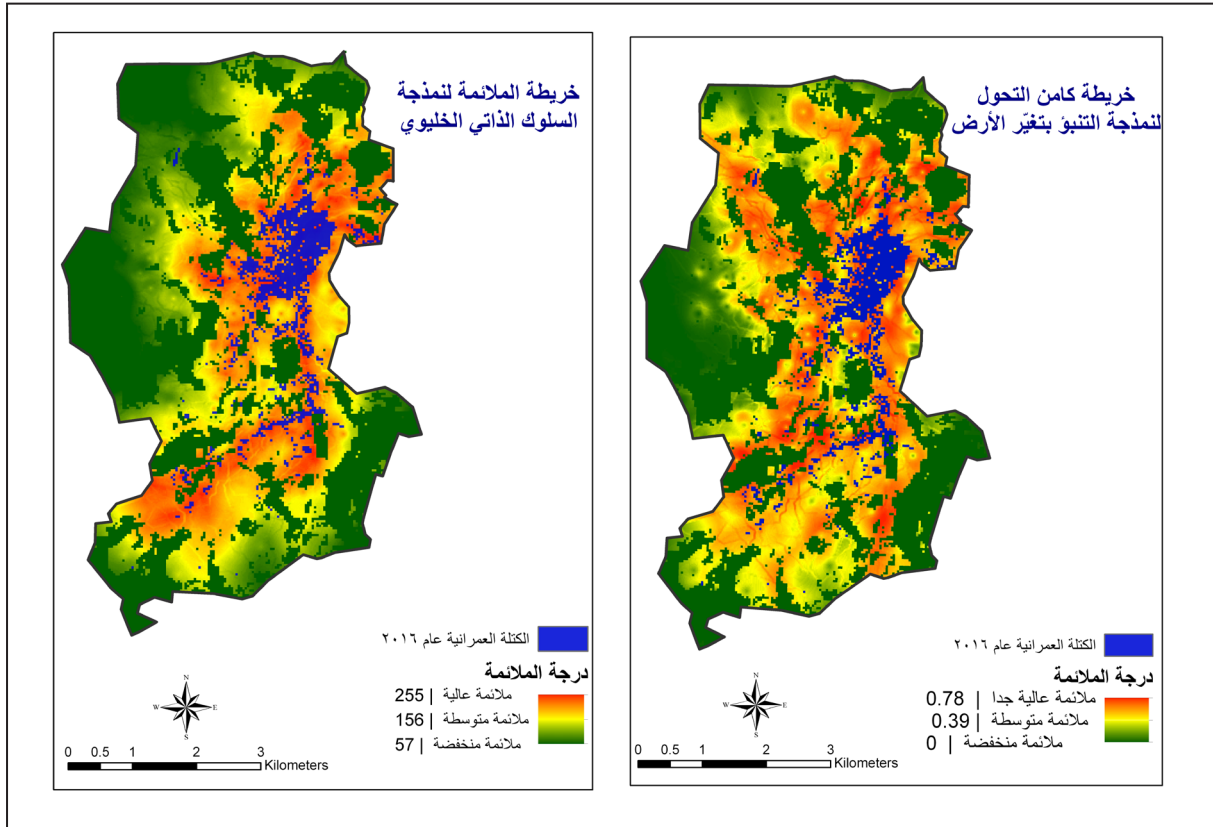


الشكل (١٠) اتجاه تكعيبي لامتداد الكتلة العمرانية نحو الأراضي الزراعية

ساكب في الجهة الشرقية مع وجود الميول الحادة في تلك الجهة، بالإضافة إلى امتداد الغابات على أطراف الكتلة العمرانية في الجهة الغربية؛ قد دفعت بالتوسع العمراني خارج الكتلة العمرانية نحو الأراضي الزراعية في الجهة الجنوبية والجنوبية الغربية والجهة الشمالية من البلدة، وقد ساهم وجود الأراضي ذات الميل المنخفض وشبكة الطرق المربوطة بشبكة المياه والكهرباء والواصلة بين البلدة والقرى المجاورة الواقعة في تلك الجهات؛ في التوسع العمراني فيها على امتداد شبكة الطرق.

٥,٢ خريطة كامن التحوّل وخريطة الملاءمة لبلدة ساكب:

تتيح نمذجة التنبؤ بتغيّر الأرض استنباط خريطة كامن التحوّل بهدف تحديد الأراضي



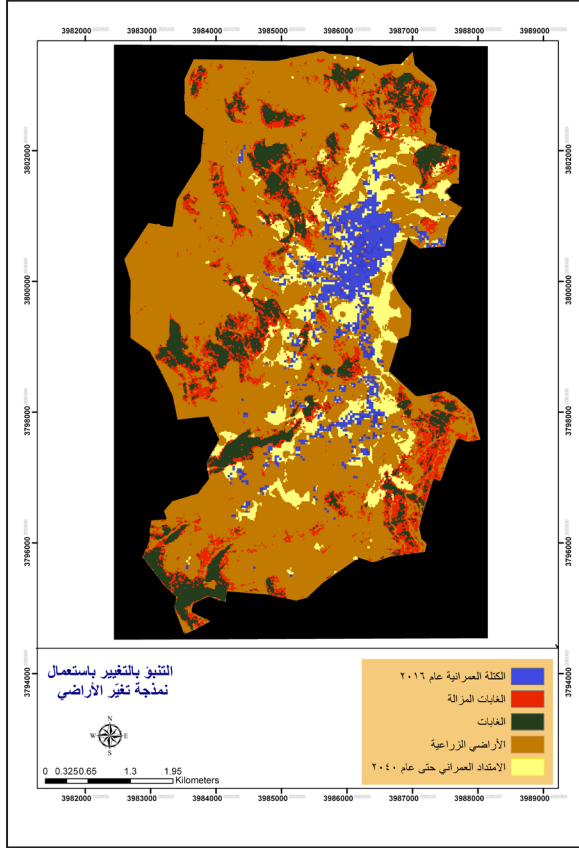
الشكل (١١) خريطة كامن التحول وخريطة الملاءمة لبلدة ساكب

الجدول (٣) توقعات عدد السكان لعام ٢٠٤٠

الكثافة السكانية الإجمالية ^à (نسمة/كلم ^٢)	مساحة الكتلة العمرانية (كلم ^٢)	عدد السكان	السنة
٦٧٤٤	٠,٤٣	٢٩٠٠	١٩٨٨
—	—	٥٧٩١	١٩٩٦
—	—	١٠٢٧٢	٢٠٠٤
٩١٢٣	١,٢٧	١١٥٨٦	٢٠١٥
١٠٤٩١	٢,٦٥	٢٧٨٠٠*	٢٠٤٠

* تقديرات عدد السكان عام ٢٠٤٠ باستخدام النموذج الآسي.

** الكثافة السكانية الإجمالية: عدد السكان إلى المساحة المبنية.



الشكل (١٢) نتائج محاكاة النمو العمراني لبلدة ساكب حتى

عام ٢٠٤٠ باستعمال نمذجة (LCM)

ذلك للقرب من شبكة الطرق ووجود الأراضي المنبسطة ذات الميل المنخفض في تلك المواقع.

كما أظهرت نتائج توقع السيناريو المستقبلي للتغيير حتى عام ٢٠٤٠ باستعمال نمذجة CA-Markov الشكل (١٣) مقدار واتجاه الامتداد العمراني المتوقع لبلدة ساكب على ضوء احتمالية الانتقال، وعلى ضوء خريطة الملاءمة المكانية، فقد أظهرت النتائج أن مساحة الكتلة العمرانية حتى عام ٢٠٤٠ تقدر بحوالي (٦٥، ٢) كلم^٢. ومن خلال المقارنة بين النموذجين تبين

التوقعات السكانية إلى ارتفاع عدد سكان البلدة إلى (٢٧٨٠٠) نسمة، وارتفاع الكثافة السكانية الإجمالية إلى (١٠٤٩١) لكل كيلومتر مربع عام ٢٠٤٠.

يظهر من الجدول (٣) ارتفاع الكثافة السكانية الإجمالية بشكل ملحوظ خلال الفترة بين عام ١٩٨٨ وعام ٢٠١٦؛ نتيجة زيادة عدد السكان بشكل أكبر مقارنة بزيادة مساحة الكتلة العمرانية، وهذا يعزى إلى تكديس أفراد الأسرة الواحدة داخل المسكن.

وقد أظهرت نتائج محاكاة النمو العمراني لبلدة ساكب لعام ٢٠٤٠ باستعمال نمذجة تغير الأرض ونمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف؛ توقع السيناريو المستقبلي لمساحة الكتلة العمرانية والتوزيع المكاني لها.

وقد أظهر تطبيق نمذجة LCM كما في الشكل (١٢) مقدار واتجاه الامتداد العمراني المتوقع لبلدة ساكب على ضوء التغيير بين عام ١٩٨٨ و٢٠١٦، وعلى ضوء تحليل كامن التحول أو الانتقال، فقد أظهرت النتائج أن مساحة الكتلة العمرانية حتى عام ٢٠٤٠ تقدر بحوالي (٦٥، ٢) كلم^٢.

يظهر من الشكل (١٢) نتائج محاكاة نمذجة LCM، ويلاحظ أن معظم الانتشار العمراني المستقبلي يتركز في النواحي الشمالية والجنوبية والجنوبية الغربية من البلدة، حيث يمتد على أكثر من موقع من الكتلة العمرانية، ويعزى إلى

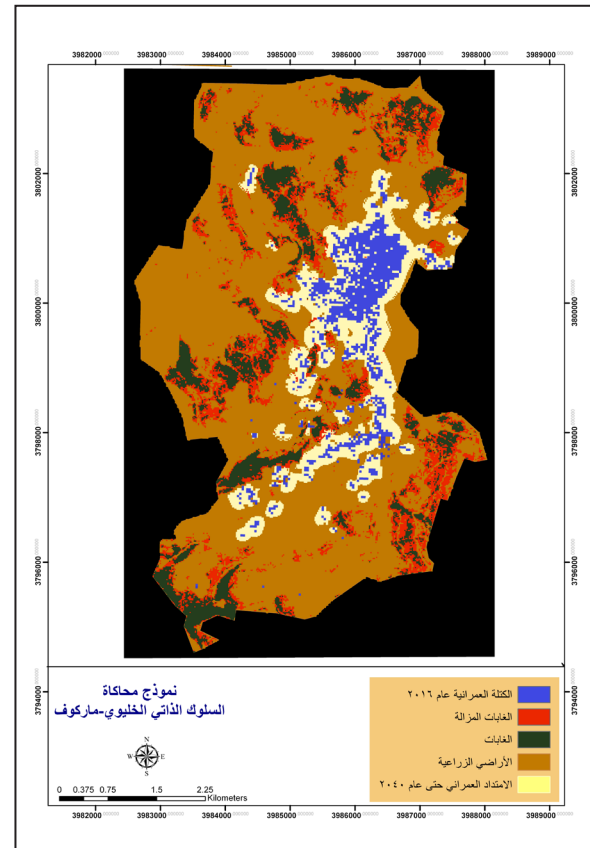
٤, ٥ التحقق من صحة النماذج المطبقة في المحاكاة:

يشير التحقق من صحة النموذج Vali-date عادة إلى مقارنة خرائط المحاكاة بالخرائط المرجعية. ففي بعض الأحيان يمكن لخرائط المحاكاة أن تعطي نتائج مضللة (Vliet, 2009). وفي هذه الحالة، من الضروري التحقق من صحة الخريطة المتوقعة/ المحاكاة مع الخريطة الأساس/ المرجعية. وفي هذا البحث، تم إجراء مقارنات بين خريطة الأساس الفعلية (٢٠١٦)، وخرائط المحاكاة (CA-Markov و LCM) لسنة ٢٠٤٠. ويتمثل الهدف الرئيس للتحقق من صحة النموذج في معرفة ما إذا كانت المحاكاة تعطي نتيجة غير متوقعة أو لا.

وللتحقق من صحة خرائط المحاكاة، طبق البحث أداة Validate المتاحة ضمن أدوات تحليل نظم المعلومات الجغرافية الإحصائية في برنامج الإدرسي، حيث تمت المقارنة بين خرائط المحاكاة وخريطة الأساس لعام ٢٠١٦، إذ تقدم الأداة تحليلاً إحصائياً شاملاً يجيب في وقت واحد عن سؤالين مهمين، هما: هل تتوافق الخرائط المقارنة من حيث كمية الخلايا في الطبقات؟ وهل تتوافق الخرائط المقارنة من حيث موقع الخلايا في الطبقات؟

ويتم التحقق من صحة النموذج باحتساب مؤشر كوهين كبا Cohen's Kappa للتوافق، وتشير إحصائية المؤشر كما في الجدول (٤) إلى مدى توافق خريطة المقارنة (خريطة المحاكاة لعام ٢٠٤٠ في هذه الحالة) مع الخريطة

ثبات كمية النمو العمراني، حيث تغطي مساحة الكتلة العمرانية (٥, ١١٪) من مساحة المنطقة، ومن جهة أخرى تبين أن هناك اختلافات بين النموذجين في التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع إلى آخر. فقد 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. في حين أظهر تطبيق نمذجة (LCM) النمو العمراني أكثر على الأراضي القريبة من الطرق وذات الميل المنخفض في تلك النواحي.



الشكل (١٣) نتائج محاكاة النمو العمراني لبلدة ساكب حتى

عام ٢٠٤٠ باستعمال نمذجة (CA-Markov)

الجدول (٤) إحصائية كوهين كابا للتحقق من صحة بيانات النماذج

مؤشر كابا	نمذجة تغير الأرض	نمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف
$K_{standard}$	٠,٩٠	٠,٨٧
K_{no}	٠,٩٢	٠,٨٩
$K_{location}$	٠,٩٨	٠,٩٩
$K_{quantity}$	٠,٩٨	٠,٩٩

القيمة الإحصائية لكلا النموذجين أكثر من (٠,٩٨) وهي تدل أيضاً على توافق عالٍ.

٦. الخاتمة

يستخلص من نتائج هذا البحث التخطيط العمراني لبلدة ساكب، حيث يُعنى هذا البحث بدراسة التغيّر في الغطاء الأرضي خلال الفترة بين عامي ١٩٨٨ و ٢٠١٦ وتوقع النمو العمراني حتى عام ٢٠٤٠؛ عن طريق تطبيق نمذجة LCM ونمذجة CA-Markov باستعمال برنامج الإدريسي IDRISI Selva 17.

وقد أظهرت نتائج تحليل التغيّر زيادة مساحة النطاق العمراني بمساحة (٠,٨٤) كلم^٢ من عام (١٩٨٨) إلى عام (٢٠١٦)، وذلك على حساب الأراضي الزراعية، بينما فقدت الغابات الطبيعية مساحة (١,٢٨) كلم^٢ خلال (٢٨) عاماً، وبمعدل (٠,٠٤٥) كلم^٢ سنوياً أو ما يعادل (٤٥) دونماً، وأظهر التحليل أن اتجاه

المرجعية (خريطة عام ٢٠١٦). فإذا كان التصنيف مثالياً فإن قيمة $Kappa = ١$ ؛ أما إذا كانت نسبة التصحيح المشاهدة أكبر من نسبة التصحيح المتوقعة فإن قيمة $Kappa < ٠$ ، وفي حال كانت نسبة التصحيح المشاهدة مساوية لنسبة التصحيح المتوقعة نتيجة المصادفة تكون قيمة $Kappa > ٠$.

يظهر من الجدول (٤) أن إحصائية كابا العامة لمحاكاة نمذجة تغيّر الأرض قد بلغت (٠,٩)، في حين بلغت بالنسبة لنمذجة السلوك الذاتي الخليوي-ماركوف (٠,٨٧)، وهي تعبّر عن توافق عالٍ. وبالمثل أظهرت إحصائية كابا المعروفة باسم (kappa for no ability) وهي تحسين على الإحصائية العامة؛ توافقاً عالياً لكل من نموذجي المحاكاة (٠,٩٢ و ٠,٨٩) على التوالي. كما يظهر من الجدول مؤشرا لإحصائية كابا أكثر تفصيلاً لتمييز الدقة الكمية والدقة المكانية، وتدلّ قيمة إحصائية كابا الكمية والمكانية على توافق عالٍ بالنسبة لكلا النموذجين. فقد بلغت

باعتبارها ثروة وطنية.

٧. المراجع

المراجع العربية:

الأمانة العامة للأمم المتحدة، إدارة الشؤون الاقتصادية والاجتماعية- شعبة السكان. السكان والبيئة والتنمية، تقرير موجز، (٢٠٠١): ١-٨٥.

دائرة الإحصاءات العامة، التعداد العام للسكان والمساكن عام ٢٠١٥، الأردن عمان، ٢٠١٥.

Arabic References:

Secretariat of the United Nations Department of Economic and Social Affairs - Population Division. Population, Environment and Development, Summary Report, (2001): 1-85.

Department of Statistics, the General Census of Population and Housing 2015, Amman, Jordan, in 2015.

English References

Alexander, K.W., Benjamin, M., and Grephas, O. P. "Urban Landuse Suitability Assessment Using Geoinformation Techniques for Kisumu Municipality in Kenya", IJRRAS, 13 (2) , 2012:522-530.

Eastman, J. R., Luis Solorzano and Megan Van Fossen." Transition Potential Modeling for Land-Cover Change. In GIS, Spatial Analysis and Modeling", edited by David J. Maguire, Michael batty and Michael F. Goodchild, 2005, 357-385. Redlands, CA: ESRI Press.

الامتداد العمراني لبلدة ساكب تركّز في النواحي الشمالية والجنوبية والجنوبية الغربية من البلدة.

كما أظهرت نتائج التحليل استنباط خريطة كامن التحول وخريطة الأراضي الملائمة لغرض النمو العمراني، وذلك بناءً على عوامل القرب من الكتلة العمرانية والقرب من الطرق والميول، مع قيد منع التطور في الغابات باعتبارها ثروة وطنية.

ومن خلال تطبيق نماذج المحاكاة باستعمال نمذجة LCM ونمذجة CA-Markov أمكن التنبؤ بالنمو العمراني لبلدة ساكب حتى عام ٢٠٤٠ من حيث مقدار واتجاه المساحة المطوّرة، حيثُ أظهرت نتائج نمذجة LCM ونمذجة CA-Markov تطوّر النطاق العمراني بمساحة (٦٥, ٢) كلم ٢ تمتد في الاتجاه الشمالي والجنوبي والجنوبي الغربي من البلدة، ومن جهة أخرى تبين أن هناك اختلافات بين النموذجين في التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع إلى آخر.

وأخيراً، توصي الدراسة بناءً على تحليل ومناقشة النتائج بأن يأخذ المجلس البلدي في حسبانته عند رسم الخطط المستقبلية للمنطقة مسألة النمو العمراني، بحيث تكون استعمالات الأراضي في مناطق التوسع منسجمة مع التنظيمات والضوابط العمرانية التي يتضمنها المخطط التنظيمي للبلدة. وعلاوة على ذلك، يوصي البحث بضرورة تنظيم حملات توعية حول الصحة الإنجابية والقضايا السكانية في البلدة. كما يوصي البحث بضرورة المحافظة على الغابات

- Mahmoud, M., Duker, A., Conrad, C., Thiel, M., Ahmad, H.S.**” Analysis of Settlement Expansion and Urban Growth Modelling Using Geoinformation for Assessing Potential Impacts of Urbanization on Climate in Abuja City, Nigeria. *Remote Sensing*”, 8 (3), 2016:1-24.
- Martin, Gardner .**” Mathematical Games – The fantastic combinations of John Conway’s new solitaire game life”. *Scientific American*. 1970, 223: 120–123.
- Nakya,S., Leopairojna, S. K., and Rangsiraksa, L.** Use Of Satellite Data And Potential Surface Analysis For Urban Expansion Of Hua Hin Municipality, Prachuap Khiri Khan Province, Thailand, 31st Asian Conference on Remote Sensing, Hanoi ,(2010):1-10.
- Narayan, M., Kumar, P.R., Kshitij, M.** “ Prediction Of Land Use Changes Based On Land Change Modeler (Lcm) Using Remote Sensing: A Case Study of Muzaffarpur (Bihar), India”, *Journal of the Geographical Institute ‘Jovan Cvijic’ SASA*, 64 (1),2014: p111-127. 17p.
- Nouri J, Gharagozlou A, Arjmandi R, Faryadi S, Adl M.**” Predicting Urban Land Use Changes Using a CA-Markov Model”. *Arabian Journal For Science & Engineering (Springer Science & Business Media B.V.)*;39(7), 2014 :5565-5573.
- Ratriaga, A.R., Sardjito, S.** “ Penentuan Rute Angkutan Umum Optimal Dengan Transport Network Simulator (TRANETSIM) di Kota Tuban”. *J Tek ITS*, 4, 2016:C87–C91.
- Takada, T., Miyamoto, A., and Hasegawa, S.F.**” Derivation of a yearly transition probability matrix for land-use dynamics and its applications”, *Landscape Ecology*, 25,2010: 561–572.
- Eastman, Ronald.J.**” IDRISI Selva Tutorial”, Clark University, Manual Version 17:182-185,265, 2012.
- Haiwei, Y., Fanhua, K., Yuanman, H., James, P., Feng, X., Lanjun, Y.** “Assessing Growth Scenarios for Their Landscape Ecological Security Impact Using the SLEUTH Urban Growth Model”. *Journal Of Urban Planning & Development* ;142(2), 2016 :1-13.
- Hee, Ling., Jia, Qijian., Li, Chao., Zhang, Li., Xu, Hao.** Land use pattern simulation based on ecosystem service value and ecological security pattern”, *Transactions Of The Chinese Society Of Agricultural Engineering*; 32(3), 2016 :275-284.
- Jaafari, S., Nazarisamani, A.** Comparison between Land Use/Land Cover Mapping Through Landsat and Google Earth Imagery, *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 13 (6), 2013:763-768.
- Klaus, D.G.**” BPMSG AHP Online System: AHP priority calculator”, Retrieved (2-May-2016) from: http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php .
- Kumar, M., Biswas, V.** Identification of Potential Sites for Urban Development Using GIS Based Multi Criteria Evaluation Technique. A Case Study of Shimla Municipal Area, Shimla District,Himachal Pradesh, India, *Journal of Settlements and Spatial Planning*, 4 (1), 2013: 45-51.
- Kumar, S ., Kumar, R.** Site Suitability Analysis for Urban Development of a Hill Town Using GIS Based Multicriteria Evaluation Technique: A Case Study of Nahan Town, Himachal Pradesh, India, *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*,3 (1), 2014: 516-524 .

Tewolde, M., Cabral, P. “Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara, Eritrea”. *Remote Sensing* ;3(10) , 2011 :2148-2165.

Tilahun, A., Teferie, B. “Accuracy Assessment of Land Use Land Cover Classification using Google Earth”. *American Journal of Environmental Protection*. 4 (4), 2015: pp. 193-198.

Vliet, J.V.,”Map Comparison Kit 3 User Manual, Manual Version 3.2 (Software)”; Research Institute for Knowledge Systems BV: Maastricht, the Netherlands, 2009.

Wu, F., Webster, C. J . “ Simulation of Land Development through the Integration of Cellular Automata and Multicriteria Evaluation”, *Environ Plann B Plann*, 25 (1), 1998: 103-126.

Zhou, D., Lin, Z., Liu, L. “Regional land salinization assessment and simulation through cellular automaton-Markov modeling and spatial pattern analysis”. *Science Of The Total Environment*, 439, 2012:260-274.

Urban Growth Simulation by Applying Modeling of CA-Markov and Land Change Modeler: a Case Study of the Sakeb Town in Jordan

Tha'r Mutlaq Mohammed Ayasrah

*Specialist of Urban planning /Statistical Division- Planning and Financial Management.
Technical and Vocational Training Corporation / Ar Riyad- Kingdom of Saudi Arabia
thaer_ayasreh@yahoo.com*

Received 4/9/2016 ; accepted for publication 19/12/2016

Abstract. Over the years, urban growth models have proved to be effective in describing and estimating scenarios of urban development, thus providing sufficient information to help planners to make informed decisions about urban planning. Therefore, this article is mainly aimed at application of the most prominent environmental simulation models available in Idrisi Silva program: Cellular Automata-Markov (CA-Markov) and Land Change Modeler (LCM). The paper is an applied article on Sakeb area in Jordan, where the built-up area was increased in 2016 by about (0.84 km²). The growth of built-up area in Sakeb town has been predicted until 2040 by applying the (LCM) and (CA-Markov) modeling. The result of (LCM) and (CA-Markov) showed increase of built-up area to (2.65) km². On the other hand, it shows that there are differences between the two models in the spatial distribution of urban growth from one location to another. Also, it has validated the accuracy of the classification maps using the kappa index and overall accuracy, which showed high accuracy in the classification, as well as validating of simulation Maps by compared with a reference map in 2016 using the kappa indicators; all of which have showed high accuracy. In addition, the article integrated GIS as a tooling-up of Idrisi Silva program. Finally, the article recommends that the municipality take into account in the future plans urban expansion of the town, and the consequent great changes and more pressure on agricultural land, as well as preserving the natural forest as a national treasure.

Key words: Markov chain analysis, Land Change Modeler, Cellular Automata-Markov urban planning, GIS.