



التنبؤ بتغيرات الغطاء الأرضي لمدينة الكوت باستخدام الأوتوماتا الخلوية وتقنيات نمذجة ماركوف

أ.د. مصطفى عبد الجليل

حامد نزياب عبيد

dr.mustafa.a.jalil@iurp.uobaghdad.edu.iq

Hamed.Zeiab1200a@iurp.uobaghdad.edu.iq

جامعة بغداد / مركز التخطيط الحضري والاقليمي للدراسات العليا

المستخلص.

هناك العديد من التحديات التي تواجهها مدينة الكوت، مثل العديد من المناطق الحضرية الأخرى في جميع أنحاء العالم، بسبب التحضر السريع والمساحة المحدودة المتاحة. بذلك تحتاج منطقة الدراسة إلى تخطيط ذكي لاستعمالات الأراضي لمعالجة هذه القضايا مع الحفاظ على الموارد الطبيعية. وتشمل أهداف الدراسة تحليل التغيرات في استعمالات الأراضي في مدينة الكوت من عام 2003 إلى عام 2023، وتحديد العوامل المؤثرة، والتنبؤ باستعمالات الأراضي في المستقبل بحلول عام 2033. استخدم البحث طرقاً مختلفة لجمع البيانات وتحليلها، وسلط الضوء على التغيرات في استعمالات الأراضي بين 2003-2013 و 2013-2023 والعوامل التي تؤثر على هذه التغييرات، والانخفاض المحتمل في المناطق الخضراء والزراعية بحلول عام 2043. مستخدماً بذلك نتائج نموذج التغيير الأرضي (Land Change Modeler LCM) وتم أيضاً إنشاء مصفوفة إمكانات الانتقال (Transition Area Matrix) لتوزيع الغطاء الأرضي الحضري مستخدماً بذلك الأوتوماتا الخلوية متمثلة بنموذج (Markov) للتنبؤ بما سيحدث في المستقبل وبحلول عام 2033، من خلال استخدام نموذج ماركوف الخلوية (CA-Markov). وفيما يتعلق بالنتائج لوحظت توسعات كبيرة في المناطق الحضرية حول حدود المدينة في الاتجاهين الشمالي والجنوبي الشرقي. وتم التنبؤ أيضاً بنمو عمراني متناثر في المناطق الطرفية للمدينة وأوصت الدراسة باستخدام برامج ونمذجة نظم المعلومات الجغرافية لتخطيط الأراضي الحضرية، والدعوة إلى أساليب النمو الذكية والحفاظ على المناطق الخضراء والزراعية والطبيعية لأسباب بيئية واقتصادية.

الكلمات المفتاحية: استعمالات الأرض، الأوتوماتا الخلوية، نموذج ماركوف، نموذج ماركوف الخلوي.



Forecasting Changes in the Land Use of Al-Kut City, Iraq, Using Cellular Automaton and Markov Modeling Techniques

Prof.Dr. Mustafa Abd AL Jaleel

Hamid Dheyib Obead

dr.mustafa.a.jalil@iurp.uobaghdad.edu.iq

Hamed.Zeiab1200a@iurp.uobaghdad.edu.iq

Center of Urban and Regional Planning for Post graduate Studies University of Baghdad

Abstract:

There are many challenges facing KUT city, like many other urban areas around the world, due to rapid urbanization and the limited space available. The study area therefore needs intelligent land use planning to address these issues while conserving natural resources. The objectives of the study include the analysis of changes in land use in the KUT city from 2003 to 2023, the identification of influencing factors, forecasting future land uses by 2033. The research used various methods of data collection and analysis, highlighted the changes in land uses between 2003-2013 and 2013-2023 and the factors influencing these changes, the possible decline in green and agricultural areas by 2033. Using the results of the model of the (Land Change Modeler LCM) in idrisi environment, the (Transition Area Matrix) was also created for the distribution of urban land use, using the cellular automata represented by the Markov model to predict what will happen in the future and by 2033, using the Markov cellular model (CA-Markov).

In connection with the results, significant urban expansions were observed around the city limits in the North and South-East Directions. Scattered urban growth was also predicted in the peripheral areas of the city and the study recommended the use of GIS software and modeling for urban land planning, advocating smart growth methods and preserving green, agricultural and natural areas for environmental and economic reasons.

Key Words: land use, 'Markov model, Cellular Automata (CA) 'CA-Markov.





1- مشكلة الدراسة:

أ: مع تزايد السكان في المدينة وحاجتهم للسكن والخدمات تمتد المدينة وتتوسع، مما يجعل التوسع للمدينة يحصل على حساب الأراضي الزراعية المحاطة بها والتي تتناقص مع الوقت ويحل محلها العمران .
ب: ماهي أنواع ونسب التغيرات الزمانية والمكانية للغطاء الأرضي واستعمالات الأرض للمدة من (2003-2023)

ج: هل يمكن التنبؤ بمستقبل الغطاء الأرضي واستعمالات الأرض لمنطقة الدراسة عبر استخدام سلسلة ماركوف (CA-Markov) من خلال وجود سنة هدف لعام 2043.

2- اهمية الدراسة:

أ: حداثة الموضوع وضرورة تطبيقه في المدن العراقية لقلة المساحات المتاحة.
ب: إيجاد حلول تخطيطية مبتكرة وذكية للاستغلال الأمثل للمساحات في المدينة.
ج: تناول الدراسة موضوع نمذجة ومحاكاة استعمالات الأرض و تخطيط النمو الذكي لها .

3- اهداف الدراسة

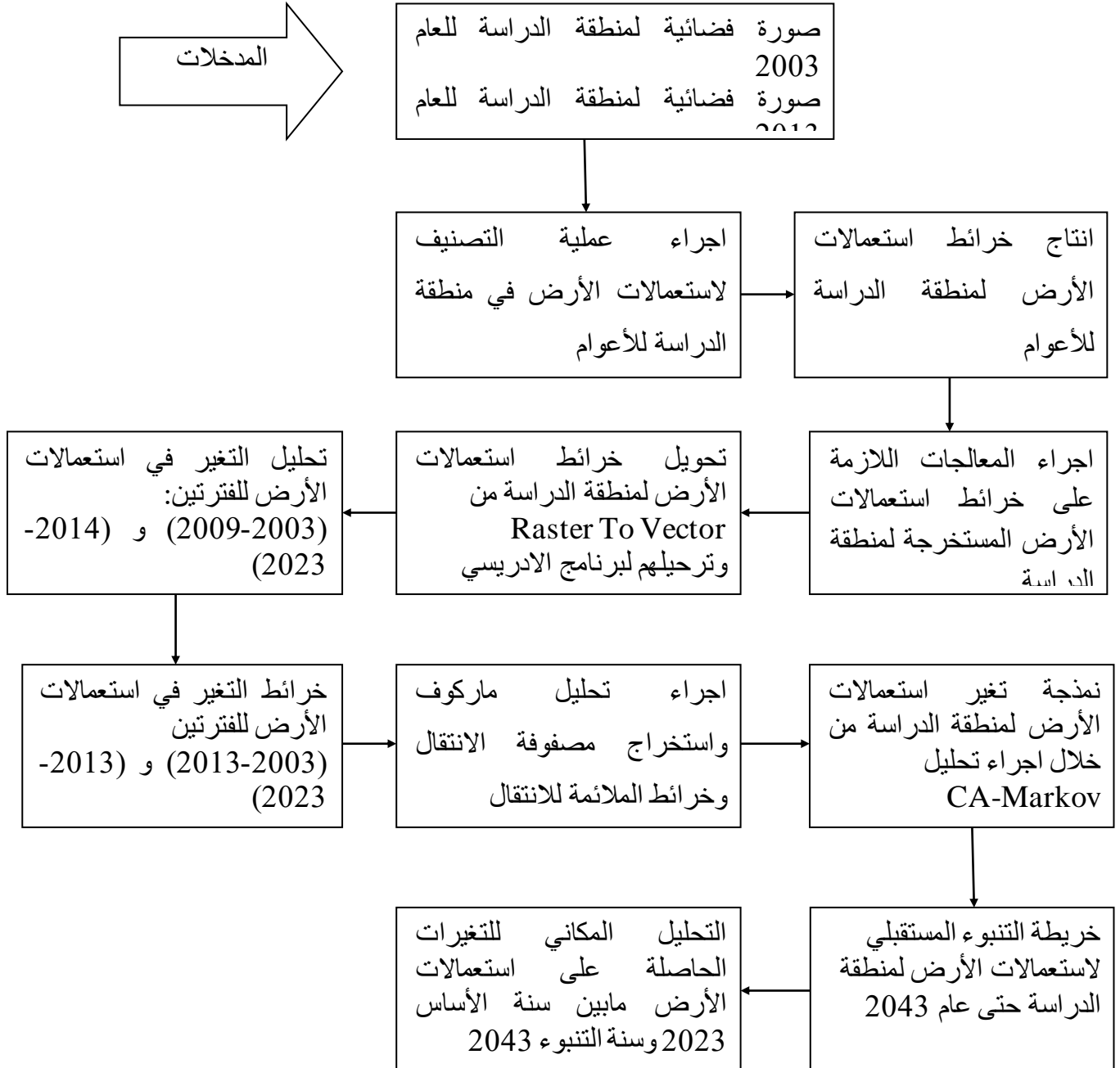
تسعى الدراسة الى تحقيق الأهداف الاتية:

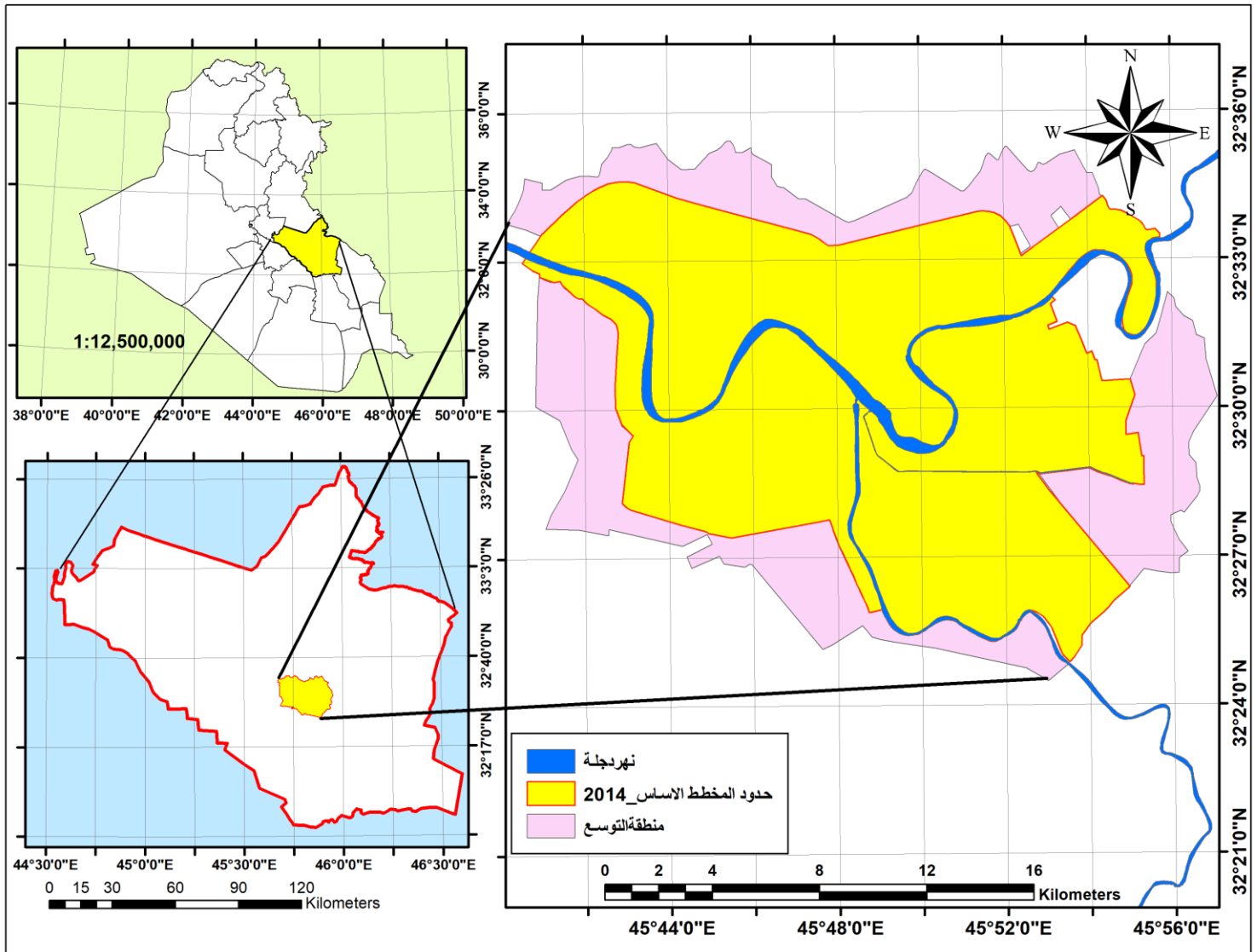
أ: مراقبة التغير الحاصل على استعمالات الأرضي في منطقة الدراسة من العام 2003 حتى عام 2023.
ب: التنبؤ بخريطة استعمالات الأراضي المستقبلية للعام 2033 وكذلك للعام 2043 لمنطقة الدراسة.
ج: استنتاج ملائمة الارض على التوسع المساحي الحضري لمنطقة الدراسة

4-منهجية الدراسة

تناول البحث تحليل التباين الزماني لاستعمالات الارض في منطقة الدراسة
أ: استخدام تقنيات CA-Markov لتحليل البيانات. هذا يتضمن إنشاء نماذج مكانية للظاهرة المدروسة واستخدام تقنيات Markov لفهم كيفية تغير هذه النماذج عبر الزمن.
ب: المنهج التحليلي الكمي: استخدم هذا المنهج في إيجاد مساحات استعمالات الأرض لمنطقة الدراسة للأعوام المتتالية (2003-2023) وكذلك في حساب دقة التنبؤ لاستعمالات الأرض وكان ذلك من خلال استخدام الدالات الإحصائية والنماذج الرياضية.

5- أسلوب العمل:





الخريطة (1) : موقع منطقة الدراسة

- المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على: تقنية الـ(GIS). طبقة الحدود الادارية للمحافظات والاقضية والنواحي / وزارة الموارد المائية/الهيئة العامة للمساحة/ قسم انتاج الخرائط.

6-موقع منطقة الدراسة:

مركز قضاء الكوت، يخترقها نهر دجلة فيقسمها الى قسمين، تتمتع بموقع جغرافي استراتيجي لقربتها من معظم محافظات الوسط والجنوب والعاصمة بغداد، فضلا عن قربها من أفضل منافذ التبادل (المنفذ الحدودي) مع إيران (٧٠) كم تقع منطقة الدراسة بين خطي طول: (45° 40' 20 " E)، (45° 57' 00 " E) و دائرتي عرض (32° 24' 10"N)، (32° 35' 30"N). الخريطة (1)

7- مبررات اختيار منطقة الدراسة :-

أ: توفر بيانات كافية و موثوقة عن منطقة الدراسة ، وهي متاحة ومنتسقة على مدى فترة زمنية طويلة، ذلك بأن سلسلة ماركوف تعتمد على الاستقرار في العمليات والانتقالات عبر الزمن.

ب : عند الاطلاع على ستراتيجات تطوير المخطط الأساس لمدينة الكوت نرى ان تطوير المنطقة يستند إلى السلسلة الزمنية والتنبؤات.

ج: منطقة مهمة للدراسة بسبب وجود مصادر معينة، مثل الموارد الطبيعية أو البنية التحتية، التي تجعلها موضوعاً مناسباً لتطبيق تقنيات التنبؤ .

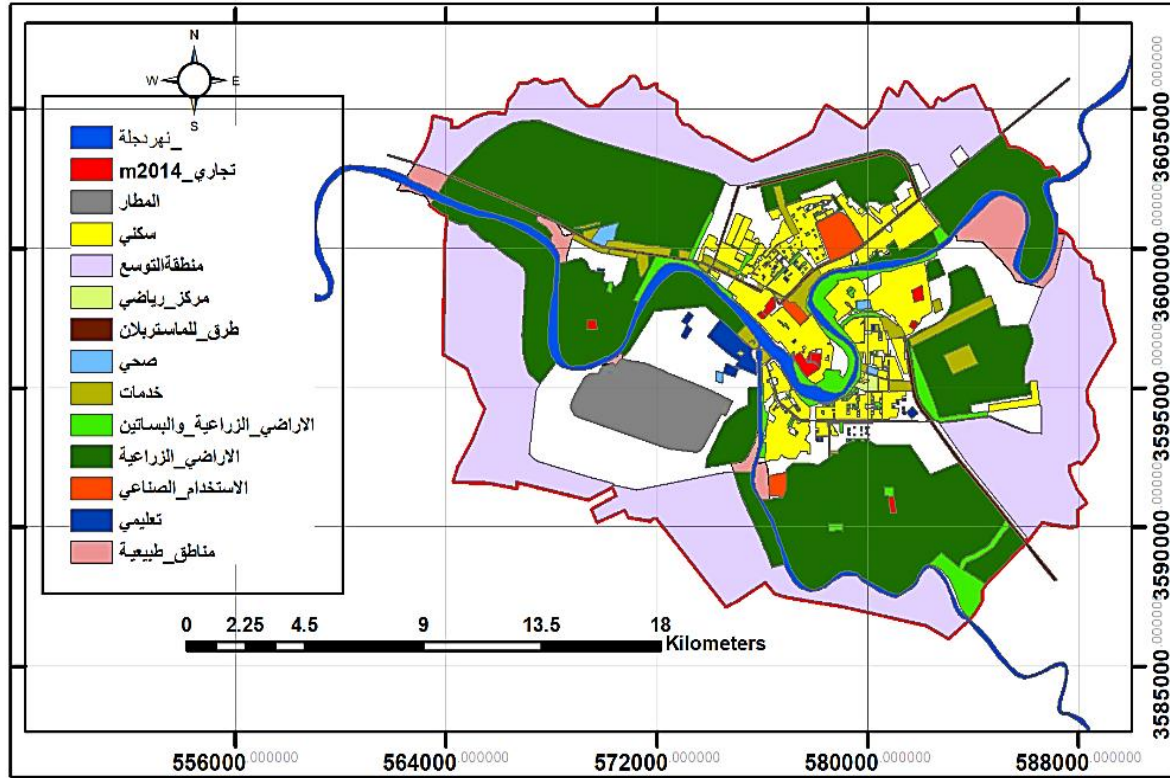
د: تتميز هذه المدينة بميزة موقعية مركزية لا نجدها في مدن العراق الأخرى ، باستثناء مدينة بغداد لأنه من خلال رسم دائرة مركزها مدينة الكوت ونصف قطرها المسافة بين بغداد والكوت . نجد إن الدائرة تضم فضلاً عن بغداد كلاً من محافظات بابل والقادسية والنجف و كربلاء وذي قار وميسان وأجزاء كبيرة من محافظة ديالى.

هـ : كان لإنشاء جسر الكرامة على نهر دجلة والذي يربط جانبي المدينة عبر النهر الأثر البالغ في توجه نمو المدينة الى الجنوب الامر الذي دعا الباحث للبحث عن العوامل المشجعة للنمو بهذا الاتجاه ودراستها .

ز: تتمتع مدينة الكوت بموقع جغرافي هام وسط السهل الرسوبي الذي اكسبها هذا الموقع ضمن الأراضي المنبسطة سهولة وإمكانية النمو الحضري والتوسع والامتداد بكل الاتجاهات بالتالي يمكن استخدام نموذج ماركوف لتقدير كيفية تطور استخدام الأراضي في المدينة في المستقبل.

8- المساحة:

تبلغ مساحة منطقة الدراسة (37713.2) هكتار. تتوزع استعمالات الأرض في تلك المساحة وتتنوع الخريطة(2)، اعتماداً على احتياجات المجتمع المحلي والموارد المتاحة. حيث تعتبر الزراعة واحدة من الأنشطة الاقتصادية الرئيسية في هذه المنطقة كذلك تمثلت البنية التحتية فيها وتنوعت مع التطوير الحضري لها ما بين طرق ومد جسور ومباني حكومية وجامعات ومدارس، كذلك انتشر فيها الاستعمال السكني بشكل بارز وكان للصناعة والتجارة مناطق مخصصة فيها



الخريطة (2) : استعمالات الأرض لمنطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على خارطة الاستعمالات، بلدية الكويت

9- مبرر اختيار سلسلة ماركوف والدراسات السابقة المشابهة لها :

تطبيق نموذج ماركوف التنبؤي يعتمد على جمع البيانات التاريخية حول النمو الحضري في المدينة على مر الزمن. ثم يتم تحليل هذه البيانات لفهم نمط النمو السابق والعوامل التي أثرت عليه. بناءً على هذا التحليل، يمكن استخدام النموذج لإنشاء سيناريوهات متوقعة للنمو الحضري في المستقبل. تم استخدام تقنيات الأوتوماتا الخلية (Cellular Automata) ونهج الاستشعار عن بعد لتطوير نماذج حضرية تحاكي أنماط التحضر وتنبأ بها ومحاكاة التنمية المستقبلية للمدن. نماذج (CA Models) لديها القدرة على التحكم ودرجة عالية من الواقعية عندما تتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية للنمذجة تصبح المدن قابلة للحساب في سلوكيات مختلفة ضمن الإطار العام لنماذج CA. بإمكان نماذج CA Models إدارة النماذج المكانية الديناميكية مع مرور الوقت ويمكن أن توفر هذه النماذج مدخلات لمختلف النماذج البيئية والتخطيطية، مما يحسن فهمنا للتطور الحضري. (omar,najat qader,2014,p29). لذا يُمثل أسلوب ماركوف – كأحد النماذج الاحتمالية – أهم الأساليب العملية المتبعة في عملية التنبؤ والقائم على تحليل السلوك الحالي لأي

متغير والتنبؤ بالسلوك المستقبلي له فهو يساعد في الوصف والمراقبة والتنبؤ، كما أنه أحد الوسائل الرياضية المساعدة في عملية اتخاذ القرار. (عبدالعال، نجلاء عبد التواب، 2022، ص4) ، فيما يلي بعض الدراسات السابقة المشابهة :

➤ دراسة (Omar, et al , 2014) ، عنوان الدراسة:

Modelling Land-use and Land-cover Changes Using Markov-CA, and ()Multiple Decision Making in Kirkuk City

استخدمت هذه الدراسة نموذج Markov-CA لمحاكاة وتوقع التغيرات في استعمالات الأراضي والغطاء الأرضي (LUCC) في مدينة كركوك وظهر النموذج بشكل مباشر وواضح تغيرات الحالة الجغرافية المكانية وتم إجراء العديد من أنواع التحليلات المكانية. تم دمج النموذج في تقنية تقييم المعايير المتعددة (MCET) التي تستخدم المعايير البيئية والاجتماعية والاقتصادية. ودمج تقنية الانحدار المتعدد في كل من نموذج Markov-CA و MCET من أجل تحليل وتحسين التمثيل في قواعد انتقال CA في ظل مناهج ترجيح مختلفة ووجهات نظر مختلفة لصنع القرار في 1984 و 1990 و 2000 و 2010 على التوالي. أظهرت النتائج أن النموذج Markov-CA-MCET ومبادئه المترابطة تعمل بشكل جيد مع قابلية عالية للتطبيق والمرونة .

تحديد الفجوة:

استخدم الباحثون المشتركون بالدراسة اعلاه تقنية الانحدار المتعدد والتي تعتمد على العديد من الفرضيات، وإذا لم تكن هذه الفرضيات صحيحة، فإن النتائج قد لا تكون دقيقة. وعندما يظهر ارتباط إحصائي بين متغيرين، لا يمكن القول بأن هناك علاقة سببية بينهما. قد يكون هناك عوامل أخرى غير مراعاة قد تكون تسببت في هذا الارتباط .

لاجتياز مشكلات العلاقة غير الخطية المحتملة بين المتغير التابع والمتغيرات المستقلة في طريقة التصنيف، تم تحويل تغيير ملاءمة الأرض إلى تغيير مشترك في نموذج Markov-CA. وهذا ما تناولته دراستنا في هذا البحث.

➤ دراسة (امين، رقية احمد، واخرون، 2020) ، عنوان الدراسة : (اتجاهات التغير للغطاء واستعمالات الأراضي والتنبؤ بها في منطقة المسيب بابل باستخدام الجيوماتكس)

ركزت الدراسة على تحديد اتجاهات او محاور تغيرات الغطاء الأرضي واستعمال الأراضي في قضاء المسيب – شمال محافظة بابل للمدة بين 2000 - 2020 باعتماد صور القمر الصناعي Landsat-7 و

Landsat-8، كان الهدف هو معرفة التغير المساحي الحاصل في الغطاء الأرضي واستعمالات الأراضي وتحديد الاتجاه أو المحور الأكثر تغييرا في أصناف الغطاء الأرضي واستعمال الأرض والاتجاه العام للتغير في منطقة الدراسة تم استخدام برنامج الادريسي لمحاكاة التغير المستقبلي للغطاء الأرضي واستعمال الأرض في منطقة الدراسة اذ يتيح البرنامج إمكانية تطبيق نموذج CA-MARKOV الذي يجمع بين السلوك الذاتي الخليوي وتحليل سلسلة ماركوف ، وتحليل تقييم متعدد المعايير Multi-Criteria Evolution (MCE)، وتخصيص الأرض متعدد الأغراض Multi-Objective Land Allocation (MOLA)، وإجراءات تنبؤ الغطاء التي تضيف عنصرا من التواصل المكاني، ومعرفة التوزيع المكاني المحتمل للتحويلات الى تحليل

تحديد الفجوة :

اعتمدت على دراسة فترتين زمنيتين فقط لصورتين فضائيتين لعام 2000 و عام 2020 وبالتالي قد لا يتم التقاط بعض العمليات الديناميكية، مثل التحضر السريع أو اضطرابات النظام البيئي اذ غالبا ما يتطلب فهم ديناميكيات هذه العمليات بيانات من نقاط زمنية متعددة لتحديد الاتجاهات والأنماط. ناهيك عما إذا كانت هناك بيانات مفقودة أو مغطاة بالسحب في إحدى الفترتين ، فقد يؤثر ذلك على دقة اكتشاف التغير (Change Detection).

في حين تم استخدام ثلاث فترات زمينة ولصور فضائية (LandSat) لعام 2003، 2023، 2013 في دراستنا لهذا البحث وذلك لغرض ان نتيح للباحثين وصناع القرار اكتساب فهم شامل لديناميكيات الأرض.

➤ دراسة (Jun Yang, et al, 2016)، عنوان الدراسة :

(A Local Land Use Competition Cellular Automata Model and Its Application)

تناولت هذه الدراسة استعمالات الأراضي ضمن النموذج الخليوي (Cellular Automata (LLUC-CA)) model) بالاعتماد على التنافس المحلي لهذه الاستعمالات فيما بينها وتقييم مدى ملاءمة الأراضي، استخدام خوارزمية التخصيص (allocation algorithm) لمحاكاة تغيير استعمالات الأراضي، تم تطبيق النموذج لمحاكاة تغييرات استعمالات الأراضي في منتج جينشيتان الوطني في الصين (Jinshitan National Tourist Holiday Resor) من عام 1988 إلى عام 2012. أظهرت النتائج أن دقة المحاكاة كانت 64.46% و 77.21% و 85.30% و 99.14% للأراضي الزراعية (agricultural land) وأراضي البناء (construction land) وأراضي الغابات (forestland) والمياه على التوالي. بالإضافة إلى ذلك مقارنة نتائج المحاكاة لنموذج (LLUC-CA and CA-Markov) مع بيانات استعمالات الأراضي الحقيقية، بشكل عام تم العثور على الدقة المكانية 88.74% و 86.82% على التوالي. أشارت هذه الدراسة إلى أن

النموذج كان طريقة مقبولة لمحاكاة الأراضي واسعة النطاق ذات التغييرات، والنهج المستخدم هنا قابل للتطبيق لتحليل العوامل المؤثرة بتغيير استعمال الأراضي والمساعدة في صنع القرار.

تحديد الفجوة:

يمكن أن تكون هناك عيوب أو تحديات مرتبطة بدراسة اكتشاف التغيير باستخدام هذه الخوارزمية (allocation algorithm) التي تتطلب قوة معالجة كبيرة ووقتا، خاصة عند التعامل مع مجموعات البيانات الكبيرة. يمكن أن يكون أداء خوارزميات التخصيص حساسا لاختيار معلمات الإدخال.

بدلا من التركيز فقط على خوارزميات التخصيص، يمكننا أن نفكر في استخدام نموذج (Land Chang Modeler) (LCM). الذي يتعرف على التغييرات التي طرأت على استعمالات الأرض وتفسير نتائج التغييرات الحاصلة والتي يمكن أن تكون حاسمة في فهم ديناميكيات التغييرات بمرور الوقت.

10-النمو السكاني: يعد النمو السكاني هو المحرك الرئيسي للنمو الحضري في القضاء، للوقوف على

مسببات النمو الحضري المتزايد لمركز قضاء الكوت للفترة من عام 1977 لغاية 2022 لا بد من توضيح الزيادة السكانية خلال تلك الفترة لمركز قضاء الكوت. الشكل (1). اشارت الاحصائيات السكانية للسنوات (1977م – 2009م) لمركز قضاء الكوت والتي اجريت من قبل الجهاز المركزي للإحصاء في العراق، الى الزيادة في حجم سكان القضاء. فبعد ان كان عدد السكان في عام 1977م (67984) نسمة تزايد العدد عام 1987م مسجلا في هذا التعداد (183183) نسمة وعلى الرغم من تعرض محافظة واسط للهجوم عدة مرات من قبل الجيش الأمريكي في حرب الخليج الثانية، الا انها لم تتأثر بأحداث العنف بعد عام 1991، وهذا ما يفسر النمو المطرد للسكان خلال الفترة 1987 و 1997. (تقرير استراتيجية تطوير مدينة الكوت وتحديث المخطط الأساس لها، 2007، ص22) ليرتفع العدد عام 1997م الى (235118) نسمة فيما ازداد العدد الى (369464) نسمة في عام 2009م. اما التقديرات السكانية لعام 2010م فقد أشرت ازدياد سكان مركز القضاء الى حوالي (385731) نسمة. وقد كانت التقديرات للسنوات (2011-2012-2013-2014-2015-2016-2017-2018-2019-2020-2021-2022) هي: -

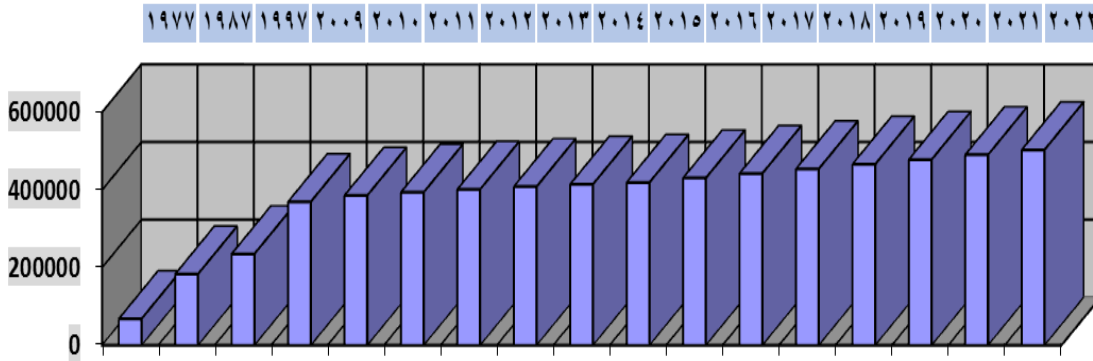
(-465823-453873-442153-430601-419212-414527-408406-401505-393929)

502981-490385-477996) على التوالي، (بيانات وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء). وقد

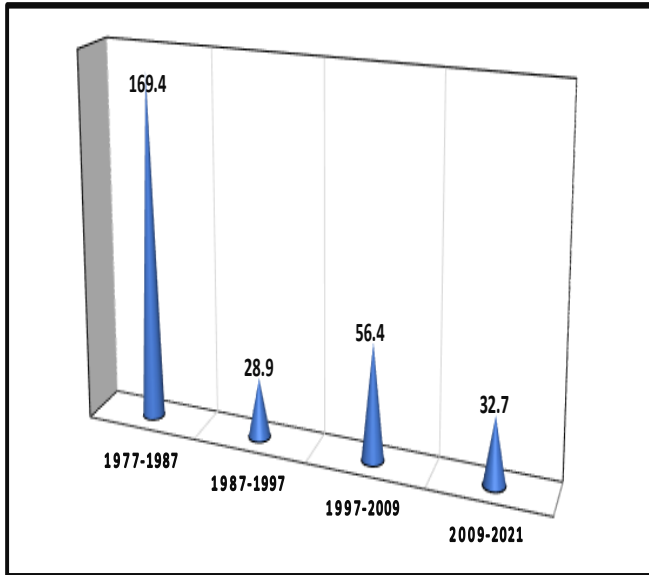
تزايد سكان المدينة بعد عام 2006م وحدثت عمليات تهجير واسعة الى المحافظة، اذ استقر المهجرين في

مدينة الكوت (5451) عائلة وافدة في عام 2008، ويلاحظ ان هناك مهجرين من محافظات أخرى سواء

من محافظة بغداد او ديالى ، كما يلاحظ ازدياد الهجرة من إقليم ريف المدينة باتجاه مدينة الكوت بعد احداث 2003 ، وقد عاد القلة من المهجرين الى مناطق سكناهم بينما استقر الأكثرية في مدينة الكوت ولم يعودوا الى مناطقهم السابقة. (دائرة مديرية الهجرة والمهجرين في واسط ، ٢٠١٢ ، سجلات غير منشورة)



الشكل (1): الاحصائيات السكانية للسنوات (1977-2009) والتقديرات السكانية للسنوات (2010-2022) لمنطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء



الشكل (2): يوضح معدل الزيادة السكانية لمركز قضاء الكوت خلال أربع فترات

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات وزارة التخطيط ، الجهاز

من خلال الشكل (2) نلاحظ ازدياد عدد السكان بين عامي 1977-1987 بمقدار 169.4% وهي نسبة عالية جداً، استقرت بعدها الزيادة السكانية لتسجل معدلاً مقداره 28.9% خلال الفترة 1987 – 1997 لتزداد

تم حساب معدل الزيادة السكانية وفق المعادلة:

$$\text{معدل زيادة السكانية} = \frac{p2 - p1}{p1 \times 100\%}$$

p1 = التعداد الاقدم ، p2 = التعداد الاحدث

معدل الزيادة السكانية 1987-1977 = 169.4%

معدل الزيادة السكانية 1997-1987 = 28.9%

معدل الزيادة السكانية 2009-1997 = 56.4%

معدل الزيادة السكانية 2021-2009 = 32.7%

(التميمي، 2009، ص58)



بعدها الى معدل مقداره 56.4% خلال الفترة من 1997-2009، فيما قلت بنسبة ضئيلة لتصل الى معدلا مقداره 32.7% بين عامي 2009 – 2021. يتضح ان سكان مركز قضاء الكوت هم في تزايد مستمر وهذا ما تؤكدته معدلات النمو العالية اعلاه بسبب زيادة الولادات وقلة الوفيات لأسباب اجتماعية كالزواج المبكر وتطور المستوى الاقتصادي والصحي للسكان. في حين بلغ عدد الوحدات السكنية لمحات منطقة الدراسة حوالي 52854 موزعة على 64 محلة و107 قرية ضمن 64 حي و25 مقاطعة. [الباحث]

11- التنبؤ بعدد السكان المستقبلي لمركز قضاء الكوت حتى سنة الهدف.

تم التنبؤ بأعداد السكان للسنوات (2025، 2030، 2035، 2040). وذلك عن طريق معادلة النمو المركب.

$$P_f = P_o * (1+r)^n \quad \text{(السعيد، 2014، ص159):}$$

$$\text{Growth Rate}(r) = [(P_f / P_o)^{(1/n)}] - 1$$

حيث ان: -

P_f : السكان المستقبلي

P_o : عدد السكان الحالي

r : معدل النمو

n : الفرق في عدد السنوات الحالي والمستقبلي

عدد السكان الحضر لعام 2010 = 330917 نسمة.

عدد السكان الحضر لعام 2018 = 392569 نسمة.

معدل النمو (r) للفترة من 2010 لغاية 2018 :-

$$r = [(392569 / 330917)^{(1/8)}] - 1 = 2.15\%$$

عدد السكان الحضر لعام 2018 = 392569 نسمة

عدد السكان الحضر لعام 2022 = 431507 نسمة (وزارة التخطيط، مصدر سابق).

معدل النمو (r) للفترة من 2018 لغاية 2022

$$r = [(431507 / 392569)^{(1/4)}] - 1 = 2.39\%$$

عدد السكان الحضر المتوقع لعام 2025 سيكون :

$$P_f = P_o * (1+r)^n$$

$$P_{2025} = 431507 * (1+2.39)^3 = 463191 \text{ نسمة}$$

وبما ان التوجهات العامة في البلد نحو تقليل حجم الاسرة لعدة أسباب منها ارتفاع المستوى الثقافي للمجتمع وكذلك زيادة نسبة النساء المتعلمات في المجتمع وارتفاع تكاليف المعيشة أيضا وانخفاض مستوى الدخل بشكل عام ، و عليه سيحتسب معدل النمو بتناقص بمعدل (0.005) كل خمس سنوات حسب تقديرات الأمم المتحدة البالغة (0.01) كل عشر سنوات .

(الكتاني، كامل كاظم و الجابري، احمد عبد السلام ، لا توجد سنة ، ص 248)

$$P_f = P_o * (1+r)^n$$

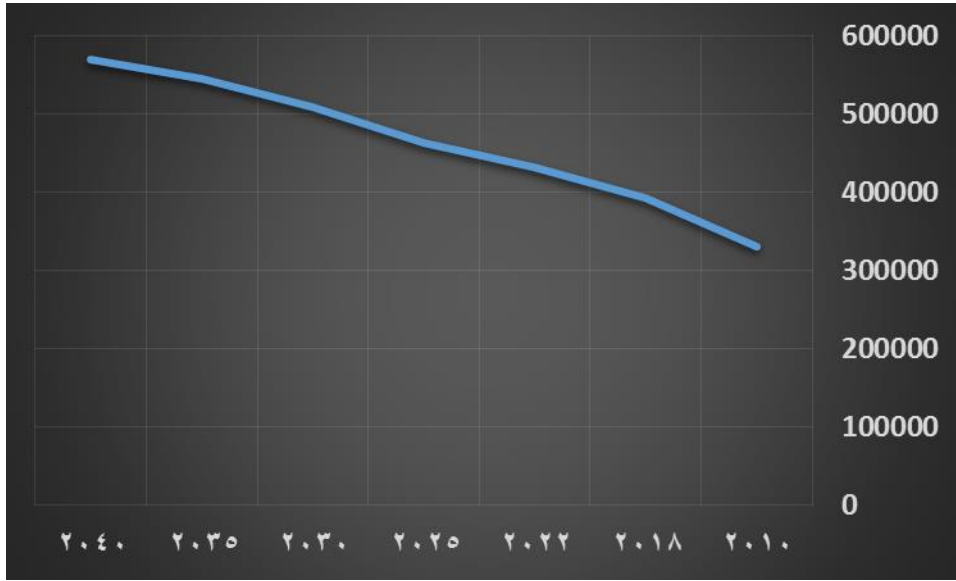
$$P_{2030} = 463191 * (1+1.89)^5 = 508649 \text{ نسمة}$$

وبنفس الطريقة تم التنبؤ بعدد السكان الحضر كل خمس سنوات ولغاية سنة الهدف 2040 . الجدول (1) والشكل (3)

جدول (1): التنبؤ المستقبلي بعدد سكان منطقة الدراسة لسنة الهدف 2040م

السنوات	معدل النمو (%)	عدد السكان (نسمة)
2025	2.39	463191
2030	1.89	508649
2035	1.39	544997
2040	0.89	569685

المصدر: الباحث بالاعتماد على معادلة النمو السكاني المركب وبيانات وزارة التخطيط



شكل (3): التنبؤ المستقبلي بعدد السكان لمنطقة الدراسة ولسنة الهدف 2040
المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات جدول (1)

12- سيناريوهات التوزيع:

سيناريو 1: ثبات معدل النمو الحضري والريفي

يستند السيناريو على الفرضية القائلة ان معدل النمو الحالي سيبقى ثابتا في المنطقة الحضرية والريفية لكل منطقة الدراسة (وزارة البلديات والأشغال العامة ، 2007 ، ص 34) . يبلغ معدل النمو السنوي الحالي حوالي 2.6% (تم حسابه من عدد السكان لعام 2022 ناقص عدد السكان لعام 2021 مقسوما على عدد سكان عام 2021) وهو ما يعني ان معدل النمو سيبقى ثابتا في كل أجزاء المدينة والمنطقة الريفية، وبالنتيجة فان نسبة السكان الحضر الى الريف البالغة (14.21):(85.78)* ستستمر. جدول (2)

الجدول (2) : معدلات النمو الحضري والريفي لمنطقة الدراسة من 2010 – 2040

year	Urban annual growth rate	Rural annual growth rate
2010-2015	1.68 %	1.68 %
2015-2020	2.65 %	2.66 %
2020-2025	2.3 %	2.66 %
2025-2030	1.8 %	2.16 %
2030-2035	1.3 %	1.66 %
2035-2040	0.8 %	1.16 %
Average (2010-2040)	1.75 %	2 %

المصدر: عمل الباحث

- تم قياس النسبة من خلال نسبة السكان الحضر البالغ (431507) الى السكان الكلي (502981) وكذلك قياس النسبة فيما بين سكان الريف البالغ (71477) الى نفس عدد السكان الكلي لمنطقة الدراسة (وزارة التخطيط، مصدر سابق)

الهدف هو تحفيز النمو في المناطق الريفية وتقليل الفوارق التنموية بينها وبين المناطق الحضرية من خلال تطوير السياسات القطاعية، وخصوصا الزراعية وسياسات التنمية الريفية

على أية حال فان معدل النمو للمنطقة الحضرية والريفية لا يُمكنُ أن يَكُونُ عالياً لعدة اسباب. أولاً: ان مساحة الأرض المتاحة للاستعمالات الزراعية الإضافية محدودة. بالرغم من أن بعض الأراضي يُمكنُ أن تضاف إلى السيناريو كاستعمال زراعي، فمن غير المحتمل أن هذه المساحة من الارض ستسمح لسكان الريف بالنمو بنفس المعدل في المدى البعيد. ثانياً: ان عملية التحضر وانتقال السكان من المناطق الريفية الى المدن هي الاقوى احتمالاً. [الباحث]

سيناريو 2: التركيز الحضري

السيناريو الثاني يتنبأ بتحول السكان لتفضيلهم المناطق الحضرية على حساب المناطق الريفية. وهذا يؤدي بالنمو السكاني ان يتركز باتجاه المنطقة الحضرية، مما يؤدي بالنتيجة الى ارتفاع نسبة السكان الذين يسكنون

في المناطق الحضرية مقابل الذين يسكنون في المناطق الريفية. هناك محدودية في الأراضي التي يمكن ان تضاف الى الاراضي الزراعية في منطقة الدراسة. لذا فان هذا السيناريو يستند على الفرضية التي ترى ان معظم السكان في المستقبل سيقطنون المدينة وان النمو السكاني في المناطق الريفية سيتناقص. هذا السيناريو يأخذ بالحسبان النمو السكاني لمدة عشرين سنة القادمة [الباحث]

13-التفاعل بين سلسلة ماركوف التنبؤية والتخطيط العمراني

تسعى سلسلة ماركوف التنبؤية إلى تنبؤ مستقبل النمو الحضري باستخدام نموذج ماركوف الذي يعتمد على مفهوم الحالة الحالية واحتمال الانتقال بين حالات مختلفة في المستقبل. يمكن أن تكون هذه السلسلة مفيدة في مجال التخطيط العمراني على النحو التالي:

أ: توجيه الاستثمار العقاري: يمكن استخدام سلسلة ماركوف لتوجيه الاستثمارات العقارية في المناطق التي من المتوقع أن تشهد نموًا حضريًا مستدامًا في المستقبل. ذلك يمكن أن يساعد في تحسين استخدام الموارد وتحقيق التنمية المستدامة.

ب: تخطيط البنية التحتية: باستخدام معرفة مستقبل النمو الحضري، يمكن لسلسلة الماركوف توجيه التخطيط العمراني لتوسيع البنية التحتية بما يتوافق مع الاحتياجات المستقبلية، مثل الطرق والمدارس والمستشفيات.

ج: تخطيط السكن: يمكن استخدام هذه السلسلة لتحديد أفضل الأماكن لتطوير المشاريع السكنية وتحديد الاحتياجات المستقبلية للسكن والخدمات المجتمعية.

د: إدارة الزيادة في الكثافة السكانية: يمكن لسلسلة الماركوف تقدير الزيادة المتوقعة في الكثافة السكانية وبالتالي مساعدة في تطوير استراتيجيات لإدارة هذه الزيادة بفعالية.

هـ: الاستدامة البيئية: يمكن أيضًا استخدام هذا النوع من التنبؤ للنظر في تأثير النمو الحضري على البيئة وتوجيه الجهود نحو التنمية المستدامة. (European Planning Studies, 2011, pp1551-1566)

14- التغيير في استعمالات الأرض الحضرية: أن استعمالات الأرض في المناطق الحضرية تتميز بالديناميكية والتغير السريع والمستمر. هذا يرتبط بالطبيعة المعقدة والمتنوعة للأنشطة الحضرية، وأن هذا التنوع والتعدد يعكسان طبيعة المجتمع الحضري، حيث يتغير المجتمع الحضري باستمرار نتيجة لتطور حاجاته ومتطلباته، وان أنماط استعمالات الأرض في المناطق الحضرية تعكس نمو المدينة وتطورها. (حسيبة، عايش، 2020، ص 247)

ومن الآثار المترتبة على التغيير في استعمالات الأرض، أن استخدام الأراضي يتغير باستمرار نتيجة القوى والعوامل الداخلية والخارجية التي تحركها وتقودها باتجاه التغيير مثل: الزيادة في أعداد السكان، تغير الدخل



ونمط الحياة، التقدم التكنولوجي، المنافسة على استعمالات الارض، التغير المناخي، التغيرات السياسية، العولمة و.. الخ (Hepperle, E., et al, 2012).

تصنيف الصور الفضائية هو العملية التي نحصل من خلالها على فئات البيانات المتوفرة مثل فئات التغطية الأرضية من خلال تحليل بانادات الصور متعددة الطيف المستخدمة بالتحسس النائي (Iraqi Journal of Science, 2021, p 3787)

تم اجراء عملية التصنيف في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) الى اربع فئات أرضية وهي: 1. المنطقة الحضرية (Urban). 2. المناطق الخضراء والزراعية (Vegetation). 3. المناطق القاحلة (BarrenLand). 4. مناطق الاجسام المائية (WaterBody). وكانت مخرجات عملية التصنيف خرائط استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة وللأعوام (2003, 2013, 2023).

قام الباحث باجراء تحليلات عليها لاستخراج البيانات في منطقة الدراسة والتي هي مساحة كل استعمال. ولكل صورة مصنفة. الجدول (3) وبعد ذلك تهيئتها للترحيل الى برنامج الايديسي بعد تحويلها الى هيئة نصية بصيغة (Ascii)

جدول (3) : مساحات ونسب استعمالات الأراضي لمنطقة الدراسة للأعوام 2013، 2003 و 2023

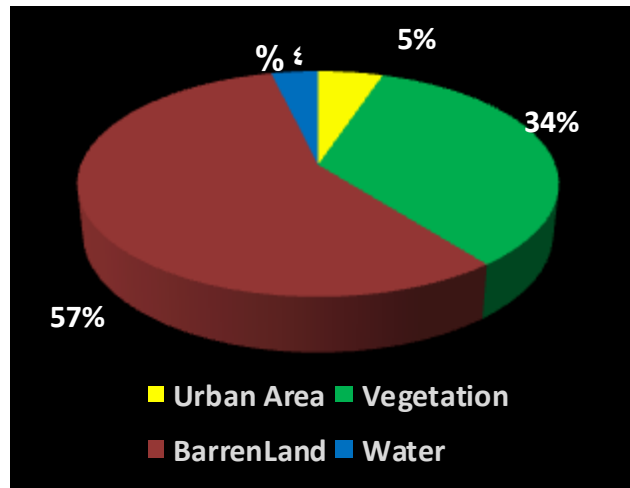
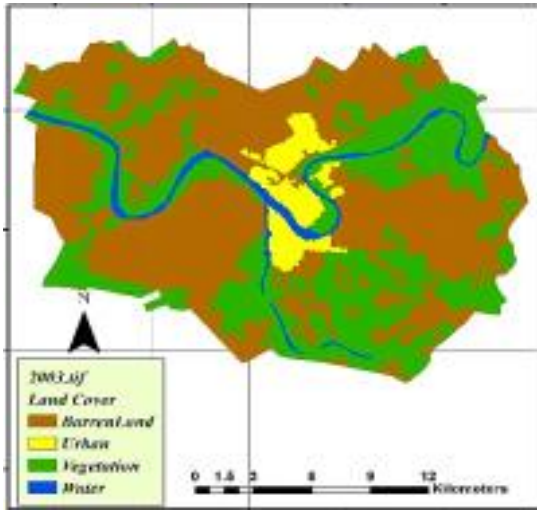
category	2003		2013		2023	
	Hectar	%	Hectar	%	Hectar	%
Urban Area	1936.35	9.08	4262.76	11.30	5208.75	13.81
Vegetation	12939.4	29.5	16239.5	43.06	12017.9	31.87
BarrenLand	21450.3	57.84	16058.4	42.59	19629.5	52.05
Water	1386.18	3.58	1151.46	3.05	855.54	2.27
Total	37712.23	100%	37712.23	100%	37712.23	%100

المصدر : الباحث بالاعتماد على خرائط التصنيف لمنطقة الدراسة وبرنامج (Idrisi Selva)

من بيانات خريطة التصنيف ادناه لعام 2003 . الشكل (4) ، يظهر ان المناطق القاحلة هي التي كانت سائدة واخذت النصيب الأكبر من استعمالات الأرض في ذلك العام وبما نسبته ما يقارب 57% ، ثم تلاها المناطق الخضراء والزراعية والتي اخذت الترتيب الثاني بالمساحات وتركزت في الغالب في الجانب الشمالي الشرقي و بشكل متناثر في الجانب الجنوبي الشرقي وبنسبة 34% وبعد ذلك جاءت المنطقة المبنية بمساحة

قليلة وتركزت في الغالب حول مركز المدينة بمانسبتها حوالي 5% ويعود السبب في اخذ المناطق القاحلة المساحة الأكبر الى عدم استغلال تلك الأراضي بالزراعة والتقنيات الزراعية وعدم خصوبة الأرض للزراعة كون تربها ذات طبيعة ملحية و متوسطة الملوحة خصوصا في الأجزاء الشمالية من المنطقة. وكانت مساحة المناطق المائية متمثلة بنهر دجلة وتفرعاته والقنوات قليلة جدا حيث شكلت نسبة 4% .

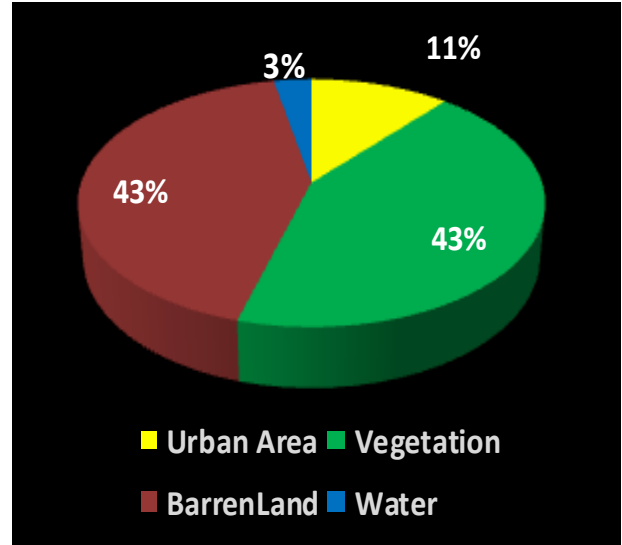
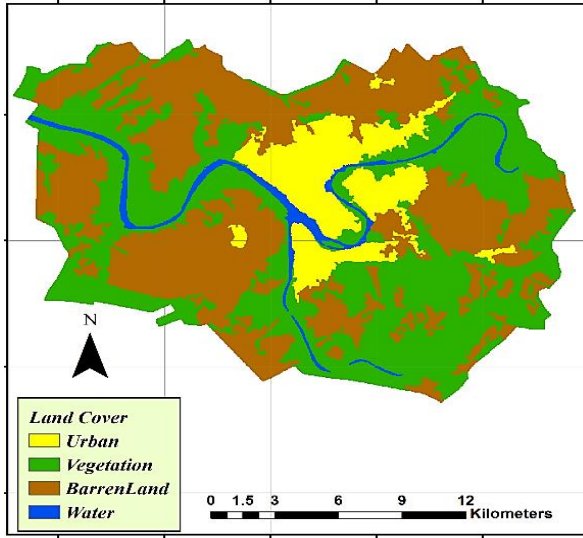
الشكل (5)



شكل (4): استعمالات الأرض المصنفة لعام 2003
المصدر: الباحث بالاعتماد على تصنيف الصورة الفضائية لعام 2003

شكل (5) : نسب استعمالات الأراضي لعام 2003
المصدر: الباحث بالاعتماد على خريطة الاستعمالات 2003

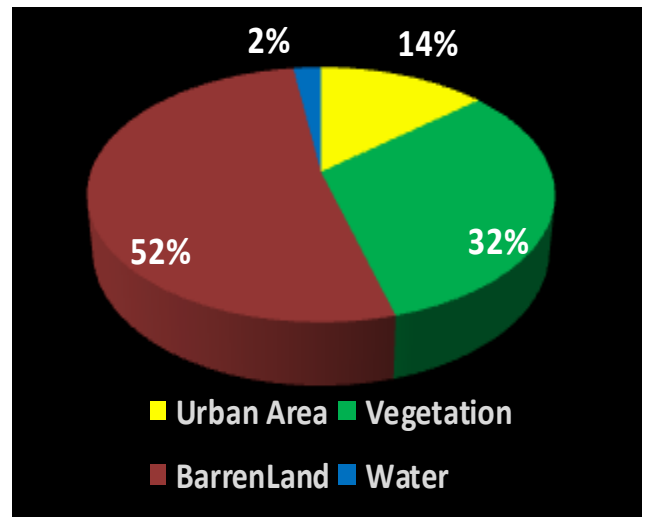
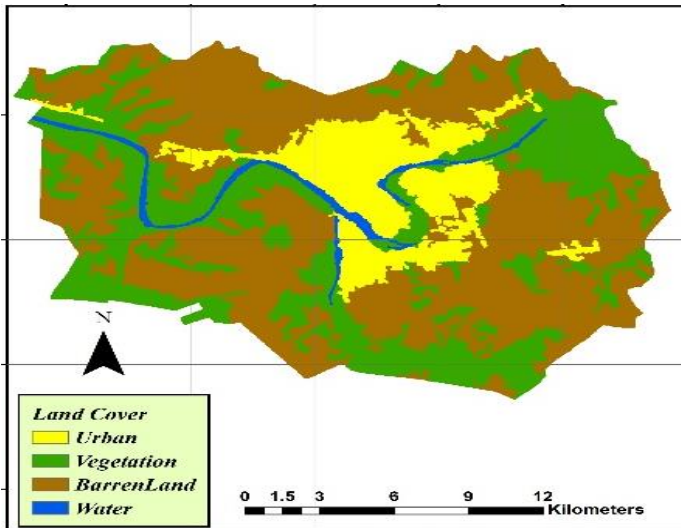
وأوضحت الخريطة ادناه فئات استعمالات الأراضي للمنطقة للعام 2013 . الشكل (6)، حيث تظهر ان المناطق القاحلة والزراعية مازالت تأخذ المساحة الأكبر من بين الاستعمالات وبنسب متساوية تقريبا 43%، ونجد ان المناطق المبنية هي التي تلتها ، حيث انها امتدت بشكل اكبر واصبح انتشارها على نطاق أوسع واخذت الشكل المنتشر العشوائي خصوصا في شمال و شمال شرق منطقة الدراسة. الشكل (7).



شكل (6): استعمالات الأرض المصنفة لعام 2013
المصدر: الباحث بالاعتماد على تصنيف الصورة الفضائية لعام 2013

شكل (7) : نسب استعمالات الأراضي لعام 2013
المصدر: الباحث بالاعتماد على خريطة الاستعمالات 2013

فيما كانت هنالك زيادة واضحة في المنطقة الحضرية في عام 2023 بمساحة زادت على (5000) هكتار وبنسبة قدرها حوالي 14% فيما زادت مساحة الأراضي القاحلة بالمرتبة الأعلى من بين بقية الاستعمالات وعلى حساب الأراضي الزراعية وبنسب 52%، 31.87% على التوالي. الشكل (8) والشكل (9)



الشكل (9): استعمالات الأرض المصنفة لعام 2023
المصدر: الباحث بالاعتماد على تصنيف الصورة الفضائية لعام 2023

شكل (8) : نسب استعمالات الأراضي لعام 2023
المصدر: الباحث بالاعتماد على خريطة الاستعمالات 2023

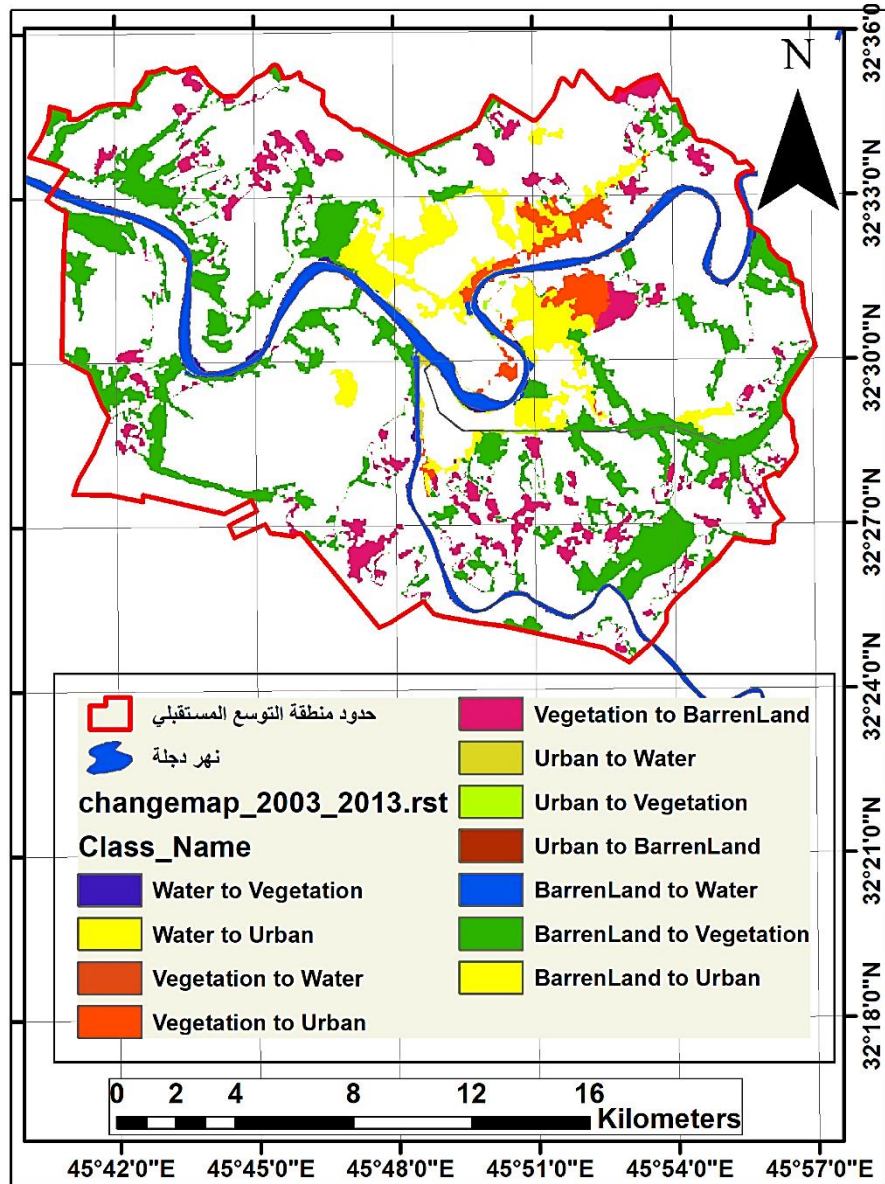


فيما حافظت نسبة الموارد المائية على قيمها المتقاربة والتي ما تجاوزت الـ4% طوال تلك السنين لا بل لاحظنا نقصا حادا بها في اخر سنة وصلت الى 2%. اصبح لدينا الان معرفة بواقع الاستعمالات والمساحات منذ عام 2003 الى عام 2023 . وبناءا عليه قمنا باجراء تحليل استخراج التغيرات الحاصلة على استعمالات الأرض في منطقة الدراسة على فترتين و هم كالتالي الفترة الأولى كانت مابين عام 2003 و 2014 ، والفترة الثانية كانت مابين عام 2014 – 2023 ، يعد اكتشاف التغيير (Change Detection) عملية حيوية لقياس التعديلات في سمات محددة داخل منطقة معينة عبر فترتين زمنيتين أو أكثر. عادة ما يتضمن ذلك مقارنة الصور الفضائية أو الجوية لنفس المنطقة الجغرافية التي تم التقاطها في نقاط زمنية مختلفة. وتتحقق أهمية هذه العملية بشكل خاص في التطبيقات المتعلقة بإدارة الموارد الطبيعية والرصد البيئي وتقييم التنمية الحضرية.

(Iraqi Journal of Science, Ibid,P3787).

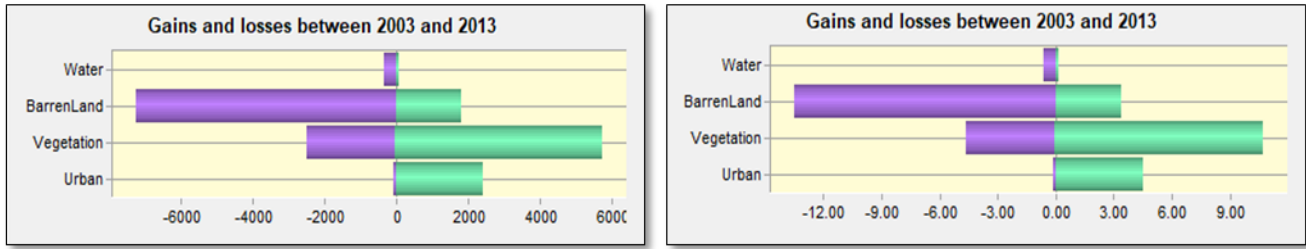
والتي أظهرت كمية وشكل التغيرات التي حصلت في تلك الفترتين ومدى الاختلاف الحاصل فيما بينها من خلال الخرائط والارقام الإحصائية والبيانية وقد تمت هذه العملية من خلال استخدام نموذج (Land Chang Modeler) (LCM) داخل بيئة برنامج الادريسي وقد ظهرت النتائج على النحو التالي: -

أ : التغيرات الحاصلة على استعمالات الأرض للفترة مابين عام 2003 – 2013:توضح الخريطة ادناه حدوث تغيرات في مساحة كل استعمال خلال العشرة أعوام. الخريطة (3)، كما ان التغير كان في بعض الجهات بشكل اكبر من الجهات الأخرى، وقد كانت المناطق المبنية في ازدياد بنسبة قليلة في هذه الفترة وذلك يعود الى الزيادة الطبيعية في عدد السكان في مدينة الكوت والتي تتبعها بالضرورة زيادة في الرقعة العمرانية من مبان سكنية وخدمتية و تجارية حيث ان الزيادة في المناطق المبنية كانت 2409 هكتار ونلاحظ ان المناطق الخضراء والزراعية قد زادت من حيث المساحة فقد بلغت الزيادة 5766 هكتارا وقد كانت الخسارة في الأراضي الزراعية بما قيمته 2466 هكتار .



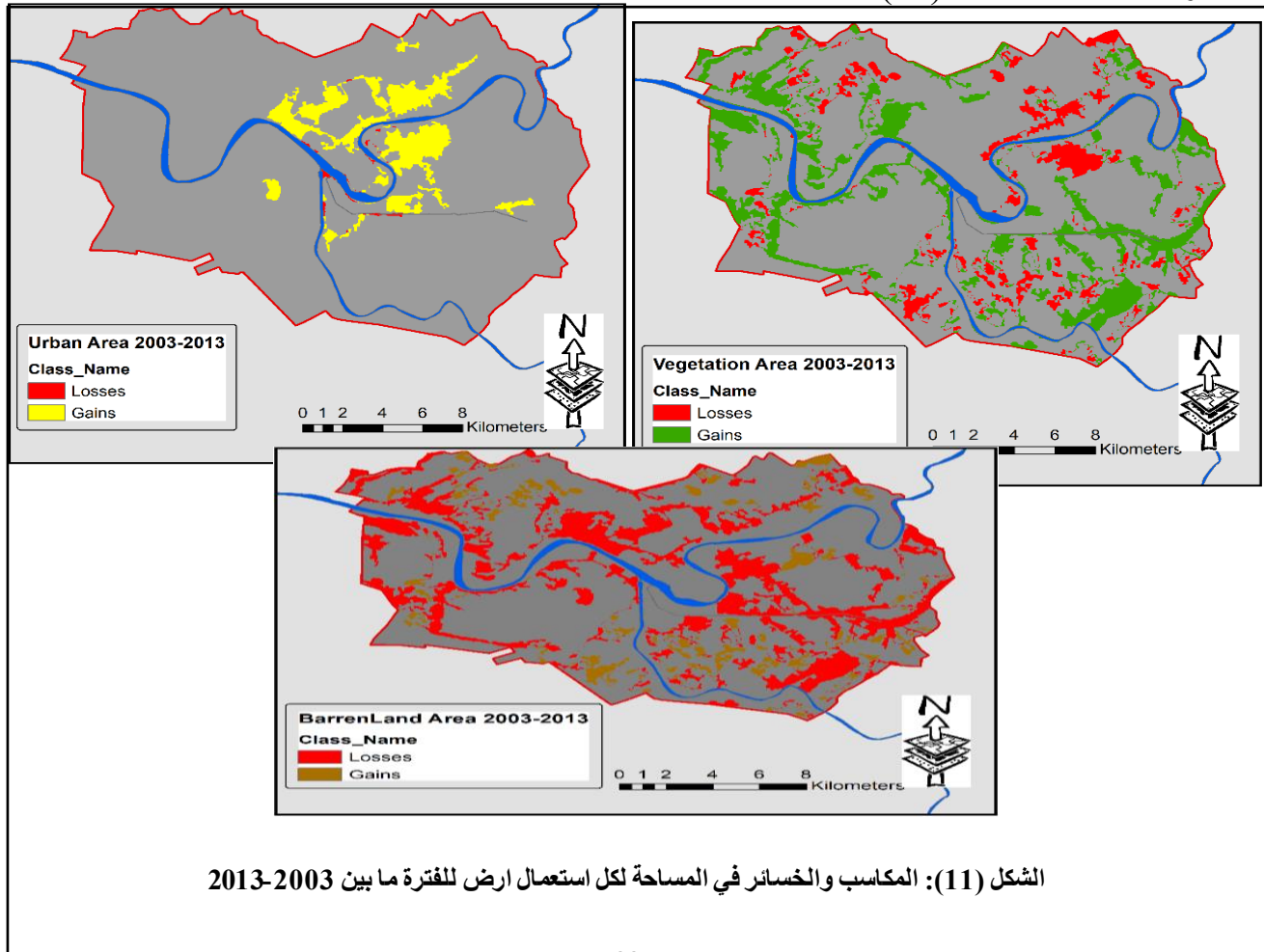
خريطة (3): خريطة التغير باستعمالات الأرض (Change Detection) للفترة من 2003 - 2013
المصدر : الباحث بالاعتماد على نموذج التغير (LCM) ببرنامج الادرسي .

ويظهر شكل المكاسب والخسائر ادناه (Gains and Losse) ان الأراضي القاحلة كانت من ضمن اعلى الخسائر (النقص) بقيمة قدرها 7219 هكتار. وبالنسبة للاجسام المائية فقد اتسمت بالثبات ولم يحدث عليها تغيرات تذكر، فالابار المائية التي تستخدم لري المزروعات بقيت بنفس المساحة مما يدل على عدم زيادة في الابرار المائية. الشكل (10)



شكل (10) : المكاسب والخسائر لفئات استعمالات الأراضي بين عامي 2003 و 2013 المصدر : الباحث بالاعتماد على خريطة التغير بالاستعمالات وبرنامج (Idrisi)

توضح الخرائط أدناه التغيرات التي حصلت لكل استعمال فقد توزعت تغيرات المباني في عدة اتجاهات بمنطقة الدراسة ومنها وسط المدينة. فمنذ عام 2003 قدر عدد السكان بـ (328073) نسمة ووصل عدد السكان في عام 2013 بما يقدر بـ (408406) حيث كانت تمتد وتتوسع المناطق المبنية على حساب الأراضي القاحلة، فقد بلغت نسبة الزيادة في مساحة المنطقة المبنية ما يقارب 4.5%، وبالنسبة للتغيرات الحاصلة في الأراضي الزراعية فقد بلغت نسبة الخسارة فيها 4.61% ونسبة الزيادة فيها 10.77% وكانت التغيرات بالنسبة للمناطق القاحلة قد توزعت في جميع انحاء المنطقة بشكل سلبي (خسائر) نسبتها ما يقارب 13.49%. الشكل (11)

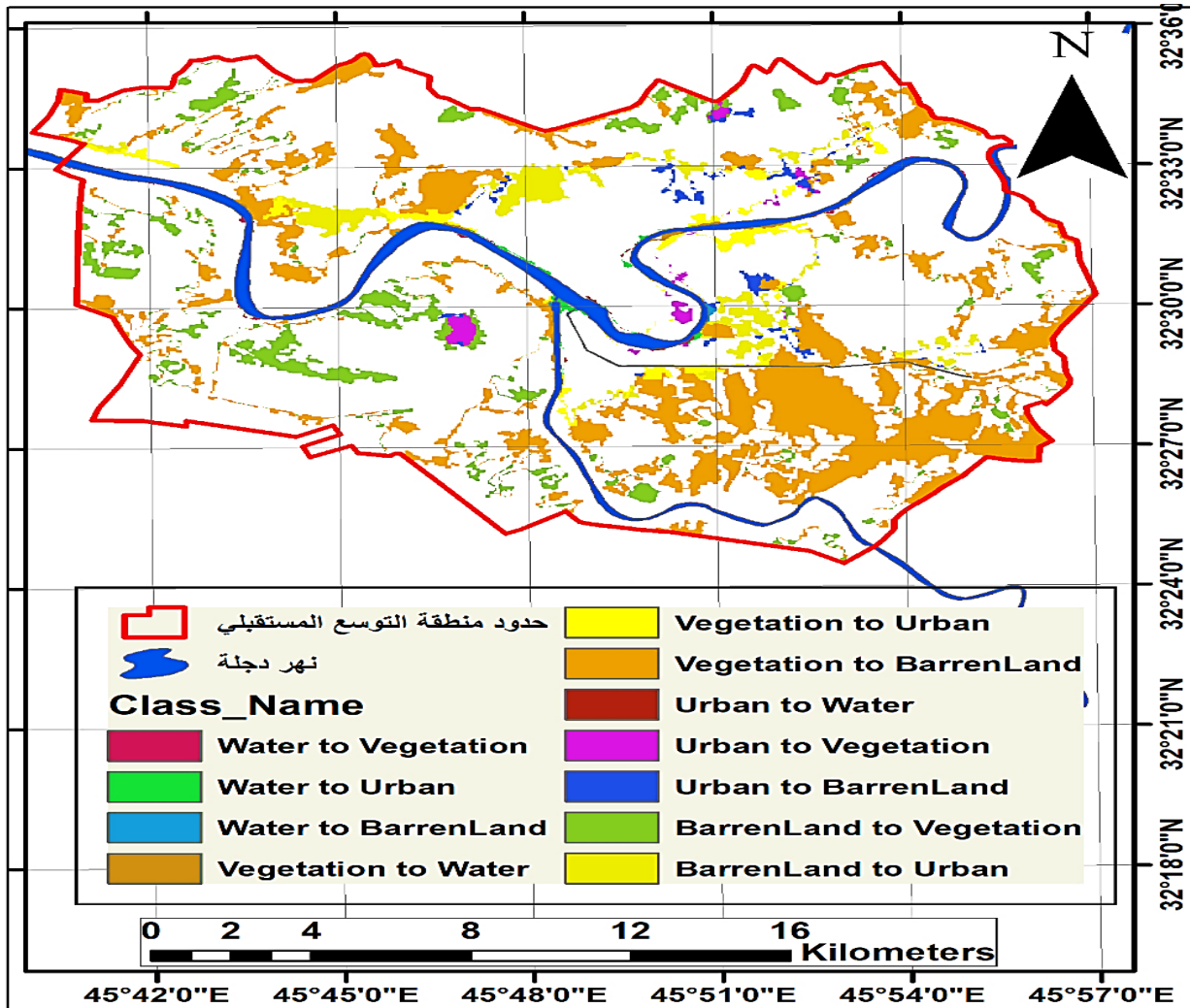


الشكل (11): المكاسب والخسائر في المساحة لكل استعمال ارض للفترة ما بين 2003-2013

المصدر: الباحث بالاعتماد على نموذج (LCM) في الإدرسي وبرنامج ArcMap

ب: التغييرات الحاصلة على استعمالات الأرض للفترة ما بين عام 2013-2023

توضح الخريطة ادناه حدوث تغيرات في مساحة كل استعمال من استعمالات الأرض وبشكل اقل من الفترة التي سبقتها، أخص بالذكر هنا المناطق المبنية حيث بلغت الزيادة (gains) 1329 هكتار، وقد جاء توسع

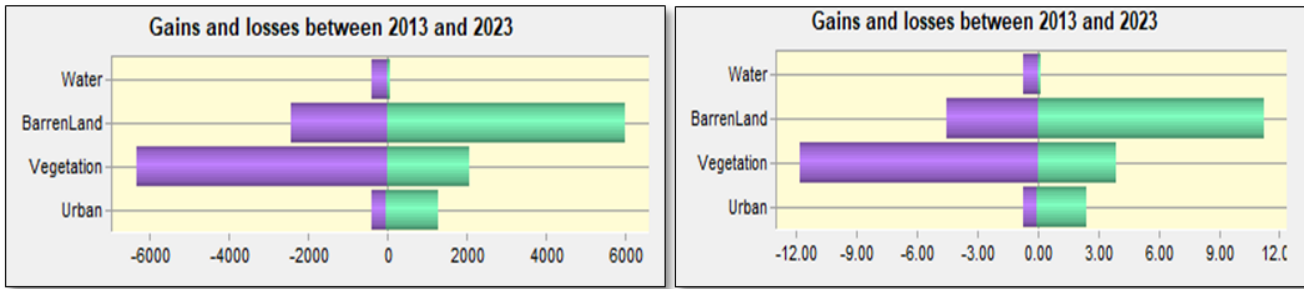


المنطقة المبنية على حساب الأراضي الزراعية بالدرجة الأولى ومن ثم الأراضي القاحلة. الخريطة (4)

خريطة (4): خريطة التغير باستعمالات الأرض للفترة من 2003 - 2013

المصدر : الباحث بالاعتماد على نموذج التغير (LCM) ببرنامج الإدرسي .

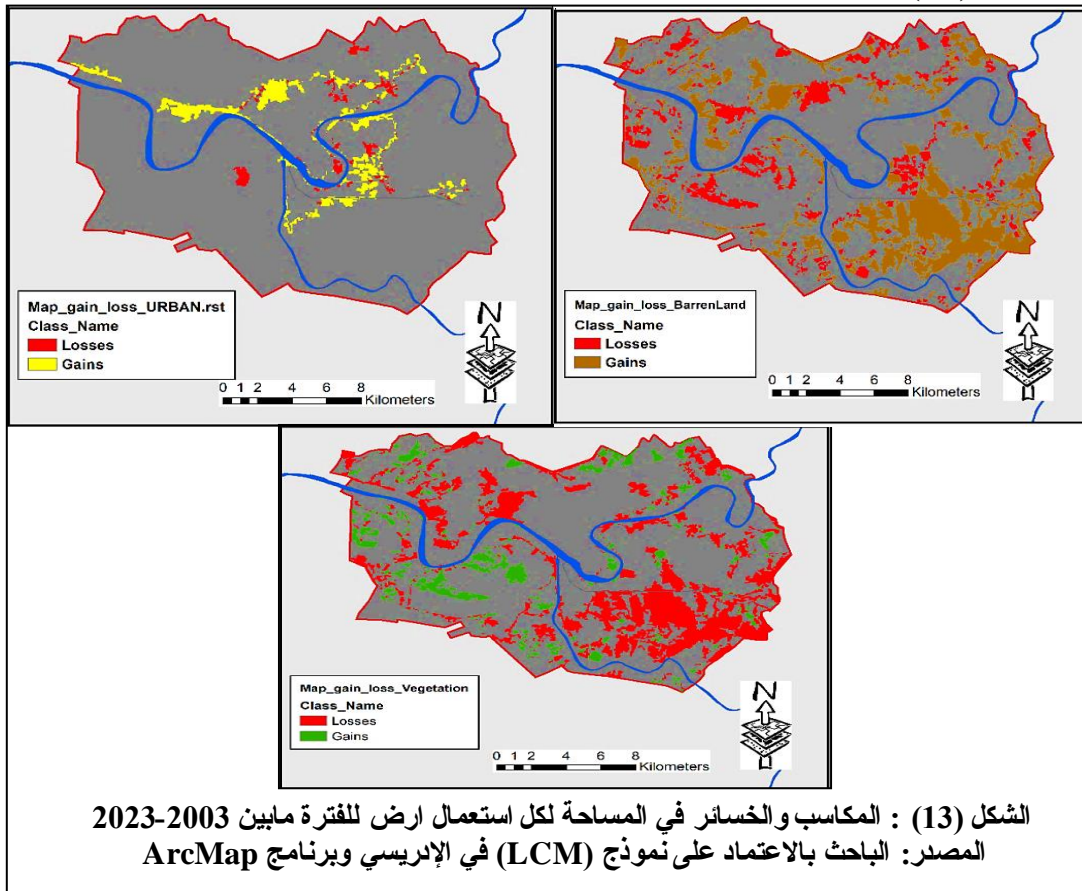
ونلاحظ كذلك ان هنالك خسارة (Losses) في مساحة الأراضي الزراعية بما يقارب 6306 هكتار بالوقت الذي فيه تزايد في مساحة الأراضي القاحلة (gains) بمقدار 6004 هكتار وذلك نتيجة لامتداد المنطقة المبنية عليها وبالنسبة للأجسام المائية فقد اتسمت بالثبات ولم يحدث عليها تغيرات تذكر. الشكل (12)



شكل (12) : المكاسب والخسائر لفئات استعمالات الأراضي بين عامي 2013 و 2023
المصدر : الباحث بالاعتماد على خريطة التغير بالاستعمالات وبرنامج (Idrisi)

توضح الخرائط ادناه التغيرات التي حصلت لكل استعمال فقد كانت هنالك زيادة طفيفة وبشكل ملحوظ للمناطق المبنية فيما حول المنطقة الحضرية للمدينة. فمنذ عام 2013 قدر عدد السكان بـ (408406) نسمة ووصل عدد السكان في عام 2023 بما يقدر بـ (502981) ، حيث بلغت نسبة الزيادة بمساحة المناطق المبنية 2.48% وهي تقريبا نصف النسبة للفترة السابقة ونسبة خسارة (Loss) تكاد لا تذكر، وقد تأثرت الأراضي القاحلة بزيادة نسبتها بما يقارب 11.22% ، بسبب تحول اكثر الأراضي الزراعية الى اراض قاحلة لأسباب اروائية وشحة بوجود الماء بالتالي كانت نسبة مساحة الأراضي الزراعية قد نقصت بما نسبته 11.78%.

الشكل (13) : المكاسب والخسائر في المساحة لكل استعمال ارض للفترة ما بين 2003-2023



الشكل (13) : المكاسب والخسائر في المساحة لكل استعمال ارض للفترة ما بين 2003-2023
المصدر: الباحث بالاعتماد على نموذج (LCM) في الإريسي وبرنامج ArcMap

15- نمذجة استعمال الأراضي بمنطقة الدراسة للعام 2043

بعد ان تم التعرف على التغيرات التي طرأت على استعمالات الأرض و تفسير نتائج التغيرات الحاصلة، وانطلاقاً من هذه المرحلة، جاءت مرحلة تحليل نمذجة استعمالات الأرض من خلال استخدام نموذج (Markov) و نموذج (CA-Markov) من اجل استخراج مصفوفة احتمالات انتقال كل فئة من فئات استعمالات الأرض، وكذلك إيجاد خريطة استعمالات الأرض المتنبئ بها للمستقبل حتى عام 2033 و 2043 بناءً على تحليل نمذجة السلوك الذاتي الخلوي. تعد الاوتوماتية الخلوية تمثيلات رياضية بسيطة للأنظمة الطبيعية من معادلات تفاضلية جزئية تستعمل غالباً لوصف نظام طبيعي، وتدخل الاوتوماتية الخلوية (Cellular Automata) ضمن عمل النماذج (Land Change Modeler LCM) و (CA-Markov) (الهجين) اذ يعتبر أساس عمل هذه النماذج (مجلة المخطط والتنمية، 2020 ، ص124).

يمكن أن يعمل تحليل الشبكات العصبية الاصطناعية (ANNs) (Artificial Neural Networks) كوظيفة رياضية معقدة مستقلة تقوم بتحويل بيانات الإدخال مثل "صور الأقمار الصناعية" إلى المخرجات المرغوبة مثل "تصنيف استعمالات الارض" في تحليل التصنيف الموجه (المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات ، 2022، ص109).

وتستخدم شبكات الخلايا العصبية (ANNs) بشكل رئيسي بالتنبؤ والنمذجة خاصة فيما يتعلق بالمشكلات ذات النهج غير الخطي ذات الطابع المتغير بمرور الزمن والتي تتسبب بنمذجة العلاقة بين المدخلات والمخرجات. (Al-Khwarizmi Engineering Journal,2023.p11)

جدول (4): مصفوفة احتمالية الانتقال (ماركوف) لتغيرات استعمالات الأراضي لعام 2013

	Urban	Vegetation	BarrenLand	Water
Urban	0.8136	0.1021	0.0028	0.0815
Vegetation	0.0772	0.6880	0.2310	0.0038
BarrenLand	0.1074	0.3272	0.5639	0.0015
Water	0.0217	0.3275	0.0000	0.6508

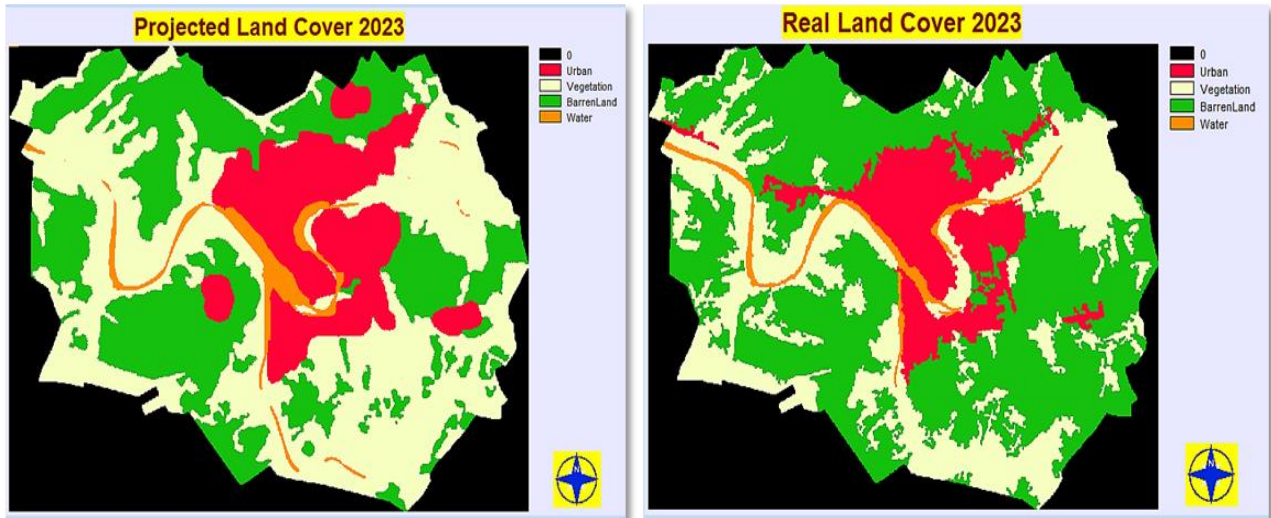
المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج (Idrisi Selve) ونموذج (Markov) والخرائط المصنفة لعام 2003-2013

يتبين من الجدول (4) أعلاه مصفوفة احتمالية الانتقال لكل فئة من الفئات الأرضية الى الفئات الأخرى، القيم الافقية (الصفوف) تدل على التغيرات التي حدثت سابقاً بالفترة بين 2003-2013، بينما تدل القيم العمودية على احتمال التغير المستقبلي لكل استعمال . ان نموذج ماركوف يعطي معلومات كمية عن مقدار التغيرات المستقبلية ولا يعطي معلومات مكانية عنها ، وبذلك فهو يفتقر الى الطابع الجغرافي الذي يعطي ويبين اين

تتوزع هذه الخلايا التي حدث بها التغيير من استعمال الى استعمال اخر وكيف ستكون على الأرض ولذلك نقوم باستخدام نموذج مطور اخر وهو (CA-Markov) لإضفاء البعد المكاني الى سلسلة ماركوف من خلال نمذجة السلوك الذاتي الخلوي (Cellular Automata) والذي يعمل على نظام الخلايا ويظهر التغييرات المستقبلية لكل خلية بناء على مصفوفة احتمالية الانتقال لكل فئة من فئات استعمالات الأرض للاعوام السابقة التي يتم استخراجها من تحليل ماركوف ، وكذلك بناء على المجاروات لكل خلية من الخلايا والتي بالنهاية تعطي خريطة تظهر التغييرات لكل فئة من فئات استعمالات الأرض للعام المستهدف و هو عام 2033 .

(زين ، دلال مصطفى ، 2020 ، ص ص 103-104)

بعد ان تم الحصول على مصفوفة احتمال الانتقال (transition probability matrix)، وصور الاحتمال الشرطية (conditional probability images) ومصفوفة المناطق الانتقالية (transition areas matrix) والتي تضمنت المساحات المتوقعة للانتقال لكل صنف من استعمالات الأراضي لمحاكاة التوزيع لعام 2023 وتكرار العملية للسنوات 2003 – 2023 و 2003-2033 للتنبؤ بالتغيرات لعام 2043. تم تكرار العملية وذلك للحصول على خريطة التنبؤ لعامي 2023 و 2033 لاستعمالهما في التأكد من دقة النموذج وإمكانية اعتماد النتائج للتنبؤ باتجاه النمو المستقبلي. عند اكتمال خطوات النموذج تظهر خريطة التنبؤ لعام 2023 شكل (14) والنتيجة بالشكل التالي: -



شكل (14): التنبؤ لعام 2023
المصدر: الباحث بالاعتماد على نتائج نموذج ماركوف (CA-Markov)

الشكل (15) استعمالات الأرض المصنفة لعام 2023
المصدر: الباحث بالاعتماد على تصنيف الصورة الفضائية 2023 وبرنامج الادرسي

الخريطة الناتجة مطابقة بنسبة كبيرة لخريطة استعمالات الأرض الفعلية لعام 2023 . الشكل (15). ويتم التأكد من ذلك بأعتماد اختبار كبا (Kappa ببرنامج IDRISI Selva).

جدول (3): مصفوفة احتمالية الانتقال (ماركوف) لتغيرات استعمالات الأراضي لعام 2023

المناطق المائية	الأراضي القاحلة	الأراضي الزراعية	الأرض الحضرية	
0.0063	0.1264	0.0937	0.7736	الأرض الحضرية
0.0048	0.4396	0.5199	0.0356	الأراضي الزراعية
0.0000	0.7212	0.1872	0.0915	الأراضي القاحلة
0.5771	0.0178	0.3336	0.0715	المناطق المائية

المصدر : الباحث بالاعتماد على نتائج نموذج سلسلة ماركوف (Markov Chain) ببرنامج الادرسي

من المصفوفة أعلاه، احتمالية الانتقال من الاستخدام الزراعي الى السكني (الحضري) هي 0.0356 ومن الأراضي القاحلة الى السكني 0.0915، واحتمالية انتقال الاستعمال الزراعي بان تكون أراضي قاحلة هي 0.4396، والأراضي القاحلة بان تتحول الى أراضي زراعية هي 0.1872. جدول (3) بعد الحصول على صور الاحتمالات والتي تمثل احتمالية انتماء كل بكسل في الفترة الزمنية التالية، يتم تطبيق نموذج CA-markov للتنبؤ بخريطة استعمالات الارض المستقبلية للعام 2033 وهي كالتالي : - الشكل (16)



الشكل (16): التنبؤ لعام 2033 ، برنامج الادرسي
المصدر : الباحث بالاعتماد على نموذج (CA-Markov) التنبؤي



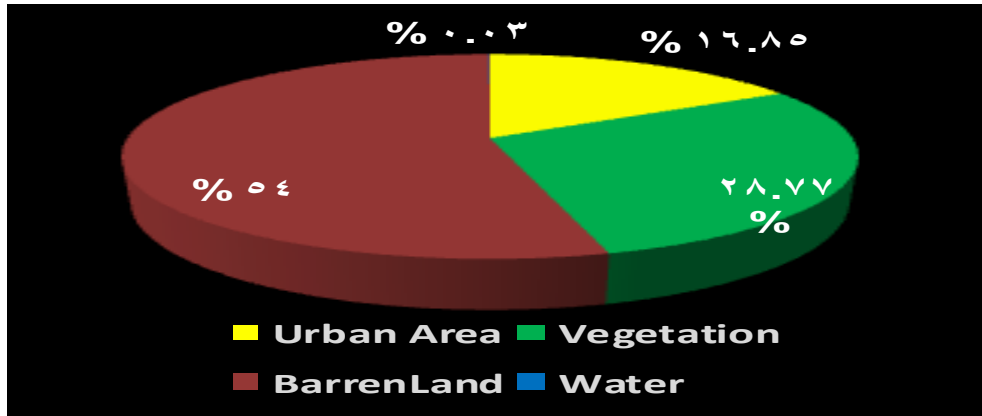
يوضح لنا الشكل أعلاه والجدول (5) ادناه التغيرات الحاصلة حتى العام المتنبأ عام 2033 ، والذي يظهر ان المناطق المبنية أصبحت ذات انتشار اكبر وتوسعت على حساب الأراضي الزراعية وبناء على ذلك يلاحظ تراجع في مساحة الأراضي الزراعية وامتداد المناطق المبنية عليها شيئا فشيئا مع الزمن ، مما يعطي دلالة على أنه اذا بقي التوسع بهذه الطريقة على مدى الأعوام المقبلة مع بقاء العوامل الطبيعية والبشرية بالمدينة هي نفسها ستطغى المناطق المبنية على مدينة الكوت ويكون امتدادها على حساب المناطق الزراعية وبالتالي سيحصل تراجع في الاراضي الزراعية

جدول (5) : المساحات والنسب المئوية لاستعمالات الأراضي خلال الفترة من 2023-2033

category	2023		2033	
	Hectar	%	Hectar	%
Urban Area	5208.75	13.81	6315.75	16.85
Vegetation	12017.9	31.87	10697.58	28.77
BarrenLand	19629.5	52.05	20114.64	54.35
Water	855.54	2.27	583.74	0.03
Total	37712.23	100%	37711.71	100

المصدر : الباحث بالاعتماد على خارطة التنبؤ المستقبلية لعام 2033 والخارطة المصنفة الحالية لعام 2023

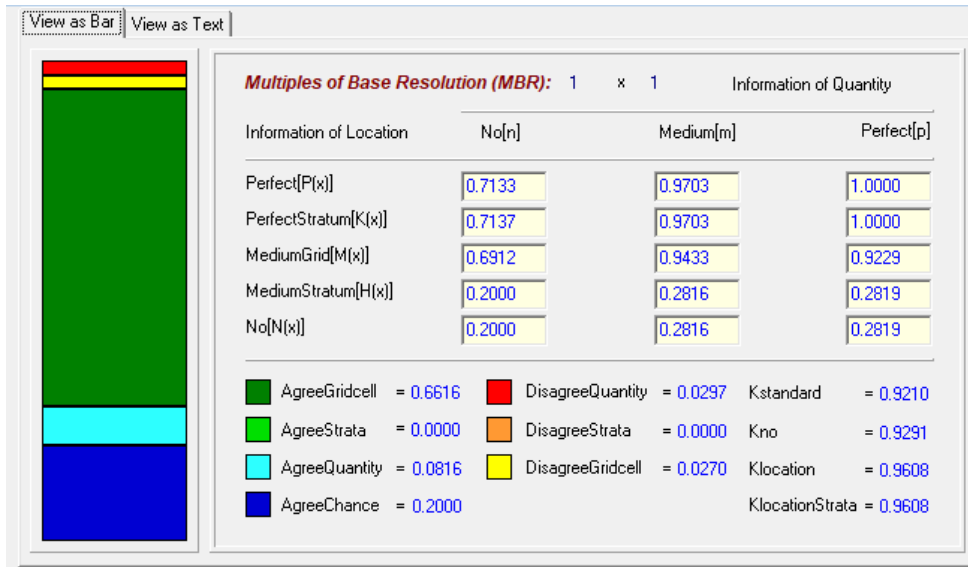
يظهر ان المناطق الزراعية تأخذ 28.77% من المساحة الكلية للمنطقة، والمناطق المبنية (الحضرية) 16.85% من المساحة الكلية كما وتأخذ الأراضي القاحلة نسبة 54.35% من المساحة الكلية ، مع ثبات نسبي للجسام المائية والتي تعد ضئيلة جدا . الشكل(17)



شكل (17): النسب المتوقعة لاستعمالات الأرض في مدينة الكوت للعام 2033
المصدر: الباحث بالاعتماد على خريطة استعمالات الأرض لعام 2033 المتوقعة وبرنامج الادريسي

16- التحقق من صحة النموذج المطبق في المحاكاة

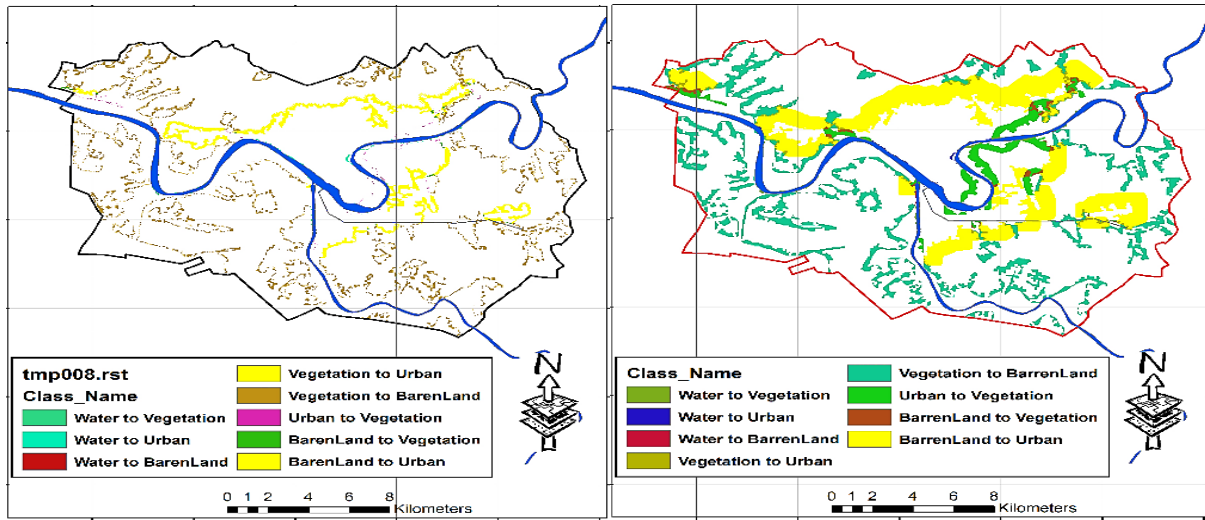
يتم التحقق من خلال الأداة (validate) المنضوية ضمن برنامج الادريسي للمقارنة بين خريطة المحاكاة التنبؤية 2033 وخريطة الأساس الفعلية لعام 2023. الشكل (18)، الذي يبين ان قيمة معامل كايا بلغت (0.92) وهي نسبة عالية جدا (Paulos et al., 2023, P21). مما يدل على ان القيمة الإحصائية لكلا النموذجين جاءت بتوافق عال. (مجلة اداب الكوفة، 2021، ص512) فيما اظهر مؤشران اخران و هما لتميز الدقة الكمية والمكانية على توافق عالي جدا بنسبة بلغت 0.96



شكل (18): التحقق من صحة نموذج محاكاة التنبؤ
المصدر: الباحث بالاعتماد على نتائج نموذج ماركوف التنبؤي وباستخدام برنامج الادريسي

17- التحليل المكاني للتغير على استعمالات الأرض بين عام 2023 و عام التنبؤ 2043

يوضح الشكلان (19،20)، ان النسبة الأكبر للتحويل بين استعمالات الأرض كانت متركزة على الجانب الحضري حيث ان مساحات واسعة من الأراضي القاحلة قد تحولت الى مناطق مبنية وبخاصة في الاتجاه الشمالي من منطقة الدراسة وكذلك بالاتجاه الجنوبي الشرقي وخلال الفترة من 2023 – 2043 سنة الهدف



الشكل(19): التنبؤ المستقبلي لعام 2033

الشكل (20) : التنبؤ المستقبلي لعام 2043

المصدر : الباحث بالاعتماد على نموذج ماركوف التنبؤي وبرنامج الاريسى

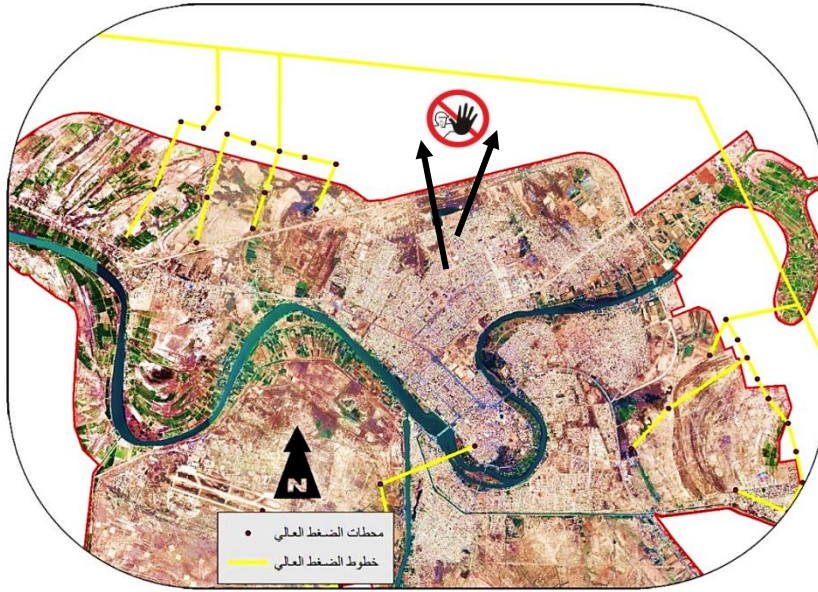
18- اختيار محور التوسع

بعد الحصول على اتجاهات التوسع للمدينة لعام 2043 من خلال التنبؤ بالنمو المستقبلي لها، سنتطرق الى اتجاهات التوسع الحضرية المكانية المحتملة وبالاستناد على عدة عوامل او محددات، أي ان الامتداد الحتمي للمدينة هل سينتشر نحو الشمال ام الجنوب الشرقي؟

أ: الاتجاه الشمالي والشمالي الشرقي

في هذا الاتجاه و لوجود بعض محددات التوسع الحضري ومنها أبنية الخدمات المختلفة / كالمناطق المشيدة القديمة والعشوائيات (التجاوزات) التي تؤدي إلى تدهور الحالة البيئية والصحية للمجتمعات المحيطة بها، ويمكن اعتبار طرق المرور السريع عائقا امام نمو المدينة، يحتاج تجاوزها كلف كبيرة لغرض انشاء عدد من الجسور والانفاق للربط بين أجزاء المدينة عبر المرور السريع.

خطوط الضغط العالي والمنتشرة شمال المنطقة هي الأخرى تحتل مساحة كبيرة مع محرماتها تصل الى اكثر من 50 م ، لا يمكن التوسع باتجاهها. الشكل (21)

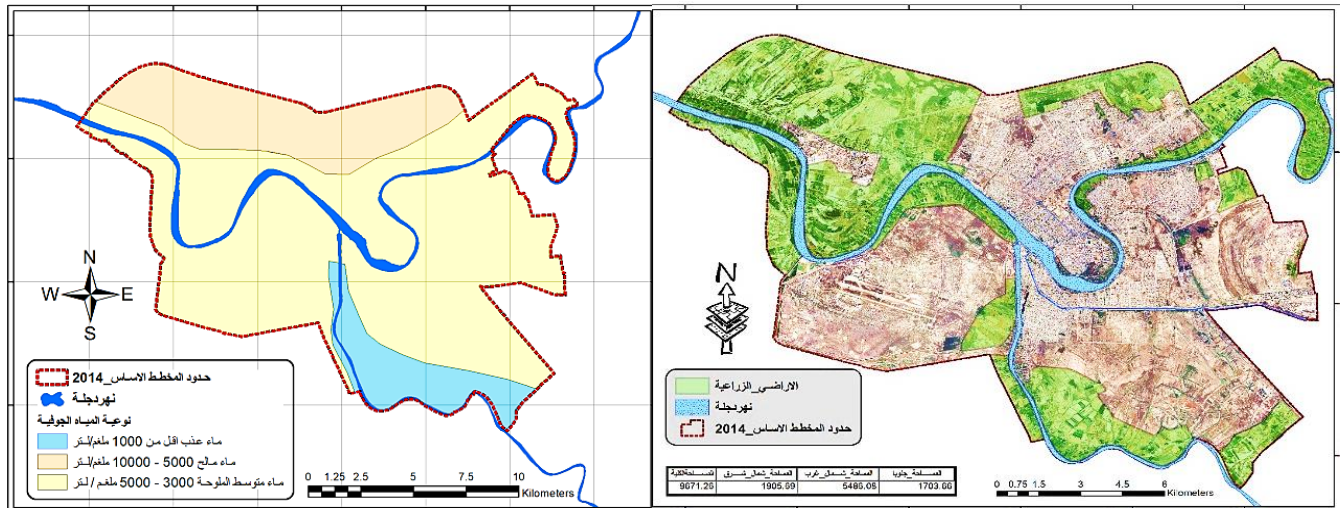


شكل (21): خطوط الضغط العالي شمال منطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على وزارة البلديات والأشغال العامة، مديرية التخطيط العمراني/واسط

كما ان لعامل قيمة الأرض دور في تحديد التوسع الحضري، نلاحظ ان الاحياء المتمثلة بأماكن وجودها وسط و شمال منطقة الدراسة هي اعلى قيمة مما عليه في الاتجاه الجنوبي والجنوبي الشرقي (وزارة البلديات والأشغال العامة، 2007، ص13)

كما ان الزحف العمراني على الأراضي الزراعية أحد العوامل التي تؤدي الى التصحر وبالفعل قد تحولت كثير من الأراضي الزراعية في المنطقة الى أراضي غير صالحة للزراعة، بذلك تعد الأراضي الزراعية من المعوقات للنمو العمراني. الشكل (22). (الدليمي، 2008، ص103)

كذلك تكون التربة شمال المنطقة ذات مياه جوفية مالحة ما بين (5000-10000 mg/L) (وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين). مما تؤدي الى ارتفاع منسوب الرطوبة على الجدران وهذا يقلل من عمر الوحدة. ينظر الشكل (23)، في حين ضمن مناطق شط الغراف فان كمية الاملاح الذائبة تكون قليلة جدا بالتالي نستبعد ان يكون التوسع بالاتجاه الشمالي والشمالي الشرقي [الباحث].



الشكل (23): ترب منطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على الخارطة الجيولوجية للكوت

الشكل(22): الأراضي الزراعية في منطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على الصورة الفضائية الحالية وتقنية GIS

ب: الاتجاه الجنوبي والجنوبي الغربي

تمتاز مدينة الكوت بصفة نادرة الظهور في المدن، وهي عقدة تفرع نهر الغراف وقناة الدجيلة من نهر دجلة، اذ لا تتجاوز هذه المنطقة دائرة نصف قطرها (500 متر)، يمكن لهذه العقدة النهرية ان تستغل لأغراض الاستثمارات الصحية في المدينة بالاتجاه الجنوبي، خصوصا وان معظم مجاوراتها هي من الاستعمالات السكنية، فضلا عن قربها من منطقة الظهير الريفي للمدينة، غير متأثرة باختناقاتها وازدحاماتها.

(وزارة البلديات والاشغال العامة، مصدر سابق، ص117)، كما ان لوجود السهل الفيضي بالاتجاه الجنوبي من منطقة الدراسة. الشكل (24)، دور في التوسع باتجاهه فغالبا ما تتمتع السهول الفيضية بتربة خصبة وإمكانية الوصول إلى الموارد المائية، مما يجعلها مناطق جذابة للزراعة والاستيطان المبكر، مما قد يؤدي في النهاية إلى التحضر. قسم الباحث الكثافات السكانية الى ثلاثة اصناف وهذه الاصناف تعد مؤشرات

فرعية وتقسّم الى: (غنيم، 2013، ص86)

1-كثافة منخفضة: تتراوح الكثافة الاجمالية من 0 – 70 شخصاً / هكتار.

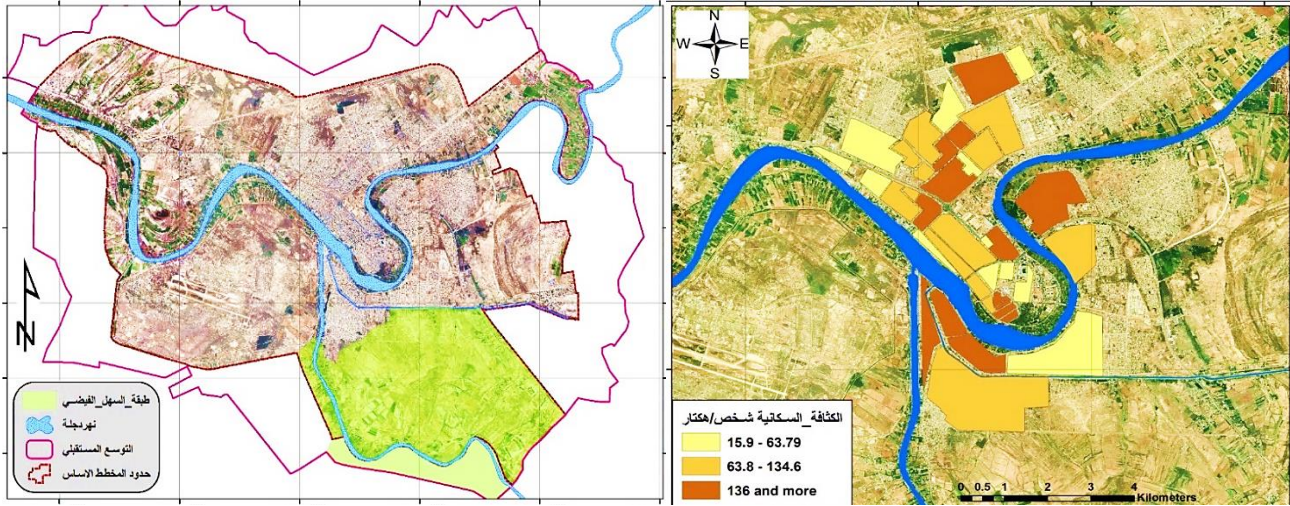
2-كثافة متوسطة: تتراوح الاجمالية من 71- 135 شخصاً / هكتار.

3-كثافة عالية: تتراوح الكثافة الاجمالية اكثر من 136 شخصاً / هكتار.

تعد الكثافات السكانية المنخفضة من العوامل المؤثرة في التوسع الحضري. الشكل (25)

تتأثر جميع المدن بالزيادة السكانية المصاحب لانخفاض الكثافة السكانية الموثر في ازدياد مساحة الرقعة المكانية للمدينة الى الضعف.(مجلة المخطط والتنمية، 2006، لا يوجد رقم صفحة)

أن القرب من المنطقة الحضرية يمكن أن يساهم في تحسين الربط مع المدينة ويقلل من التكاليف التي قد تكون مرتبطة ببناء بنية تحتية جديدة في مناطق بعيدة عن المدينة. يمكن أن يساعد ذلك في توزيع النمو الحضري بشكل أكثر توازناً وتجنب التركيز الزائد للسكان والخدمات في المدينة الرئيسية. والاتجاه الجنوبي هو اقرب ما يمكن للربط مع المنطقة الحضرية بعد مناسباً جداً.



الشكل (24): تبيين منطقة السهل الفيضي
المصدر: الباحث بالاعتماد علم الخارطة الجيولوجية

الشكل (25): الكثافات السكانية لمنطقة الدراسة
المصدر: الباحث بالاعتماد على الكثافات السكانية لحياء الكوت لعام 2018

19- الاستنتاجات

1- اظهرت نتائج الدراسة ان العوامل البشرية المتمثلة في الانسان ونشاطاته الحضرية المختلفة هي العامل الرئيسي والمسؤول عن حدوث التغييرات في انماط الغطاء الارضي واستعمالاته ، وخاصة الاراضي الزراعية خلال فترتي التنبؤ (2033-2023 و 2043-2023) ، مما انعكس سلبيًا على تدهورها من حيث تراجع مساحتها بنسبة (7.57%) في هذه الدراسة تم بناء قاعدة بيانات جغرافية لكل من انماط الغطاء الارضي والتغييرات في استعمالاته و مؤشرات التدهور البيئي للاراضي الزراعية و هي قابلة للتعديل و التحديث و الدمج.

2- تمكنت الدراسة ومن خلال تطبيق نموذج المحاكاة باستعمال نمذجة (CA-Markov) الى استنباط خريطة الامتداد العمراني المتوقع والتغيرات المستقبلية لاستعمالات الأراضي لغاية عام 2043 ، فقد أظهرت النتائج تطور المساحة العمرانية للمدينة الى (4060.8 هكتار) زيادة على ماكانت عليه عام 2023 ، وان اتجاه الامتداد العمراني المتوقع للنموذج لا يختلف كثيرا من ناحية التوزيع المكاني للنمو العمراني من موقع لآخر لكن كان للبحث رأي آخر في اختيار الاتجاه المناسب للنمو العمراني وفقا للعوامل والمحددات. وهو الاتجاه الجنوبي والجنوبي الشرقي.

3- يمكن استخدام النتائج في التخطيط لإدارة الموارد الطبيعية، وتحديد المناطق البيئية الحساسة، وتحديد مواقع النمو الحضري، والتنبؤ بتأثيرات التغيير المناخي على استعمالات الأرض. كما ويمكن تحسين النموذج عبر تعديل معدلات التحول وإجراءات البيانات لزيادة دقته وقدرته على التنبؤ بالتغييرات المستقبلية، حيث توفر هذه الطريقة إطارًا لدراسة تأثيرات سيناريوهات مختلفة، مما يساعد في اتخاذ قرارات أفضل مستندة إلى تحليلات قائمة على البيانات.

4- هذا النموذج مفيد بشكل خاص لأنه لا يتطلب كمية كبيرة من البيانات. يتم استخدامه أيضا لتحديد احتمالات الانتقال من حالة استخدام الأراضي إلى حالة أخرى ، لكن ما يؤخذ عليه القصور في عمليات صنع القرار في ماركوف، خاصة فيما يتعلق بالتوسع المستقبلي للمدينة، حيث انه نموذج رياضي عشوائي لسيناريو صنع القرار ومن الجدير بالذكر أن عمليات ماركوف تعتمد على فرض ثبات احتمالات تحول الحالة من فترة زمنية إلى فترة زمنية أخرى ومن العيوب الأخرى لعمليات ماركوف هي أنها لا تأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية والاقتصادية والبيئية التي يمكن أن تؤثر على عملية صنع القرار وبالتالي، يمكن أن يؤدي الاعتماد على نموذج ماركوف إلى تقديم قرارات غير دقيقة أو غير ملائمة للواقع المعيشي والاجتماعي والاقتصادي للمدينة .

20- التوصيات :

1. أن الجمع بين تقنيات نمذجة النمو الحضري المختلفة يمكن أن يؤدي إلى تحسين الموثوقية والدقة في التنبؤ بالنمو الحضري وتغيرات استخدام الأراضي ، لذا نوصي بالاعتماد على تقنيات ماركوف التنبؤية .
2. ضرورة التكامل في استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد و نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات العمرانية والسكانية ، لما لها من قدرة عالية في إدارة البيانات المكانية ومعالجتها وتحليلها ، والتي تساعد الجهات المعنية في كشف التغيرات الحاصلة في اتجاهات النمو العمراني واستعمالات الأراضي وفي التنبؤ بها مستقبلا وذلك من خلال بناء جسر للتواصل بين مخرجات الجغرافيين والجهات الحكومية ، وتفعيل دورهم في عملية التخطيط ، لانهم يسهمون في انتاج خرائط تقييمية نابعة من تقنيات متقدمة في معالجة البيانات ونمذجتها ، وذلك من خلال توجيه سياسة الوزارات مثل وزارة الزراعة و وزارة البلديات والاشغال العامة نحو الاستفادة من تلك الدراسات .
3. ضرورة تبني الجهات الرسمية المسؤولة في بلدية الكوت ومديرية التخطيط العمراني تخصيص أراضي ملائمة للنمو العمراني المستقبلي ، بحيث تكون المساحات المخصصة لاستعمالات الأراضي في مناطق التوسع منسجمة مع الضوابط والتنظيمات العمرانية بالإضافة الى عوامل النمو الحضري المشار اليها بالبحث
4. تحليل الموقع يحتاج الى أساليب غير تقليدية تعمل على زيادة كفاءة اتخاذ القرارات المكانية لتطوير المناطق العمرانية
5. ضرورة ان يأخذ التصميم الأساس للمدينة بنظر الاعتبار النمو السكاني لغرض رفع مستوى الخدمات حسب حاجة السكان وما تتطلبه المرحلة التي ستمر بها المدينة لغاية سنة هدف البحث وخاصة بالاتجاه الجنوبي .
6. تطوير صلاحيات البلدية بخصوص خطط التنمية الحضرية ، ويتحقق ذلك من خلال الاستفادة من البحوث لاسيما المتعلقة منها بالتنبؤات المستقبلية.
7. تحديد الاتجاه الأفضل لتوسع المدينة من خلال تخطيط مسبق ، ويتم ذلك من خلال الاخذ بنظر الاعتبار دراسة الموقع والموضع والسكان والعمران من جهة و محددات التوسع من جهة ثانية .بالاخص ماذكر في البحث من محددات للتوسع .

8. تشجيع البحث العملي في مجال الذكاء الاصطناعي ذلك لان جزء من منهجية الدراسة قد قامت على ذلك ((التنبؤ المستقبلي)) ، وإقامة مراكز مهياة لمثل هكذا بحوث لتنمية و تطوير الكفاءات المحلية في هذا المجال والاستفادة منها قدر الإمكان .
9. إعداد تصميم أساسي جديد للمدينة قائم على توقعات سكانية جديدة وإعادة توزيع استعمالات الأرض من غير المساس بالاستعمالات الحالية.
10. ضرورة بناء قاعدة بيانات واسعة وموحدة تكون جميع الجهات العاملة ضمن قطاعات الدولة مشتركة في تزويدها بالبيانات اللازمة، وتكون مرتبطة مع بعضها لضمان التبادل في المعلومات وتحديثها، وذلك لتحقيق أفضل إدارة للأرض الحضرية وفوائدها على المدى البعيد. ويمكن الاستفادة من هذه القاعدة في تحسين الخدمات الحكومية وتطوير القطاعات الحيوية المختلفة.

المصادر العربية

- 1- الدليمي، امنة جبار مطر، " التوسع العمراني و اثره على الأراضي الزراعية في ريف مدينة الخالدية" ، رسالة ماجستير ، جامعة الانبار ، كلية الاداب ، 2008
- 2- زين ، دلال مصطفى ، "التخطيط للنمو الذكي لاستخدامات الأرض الحضرية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية و باعتماد نموذج (CA-Markove) مدينة اريحا حالة دراسية" ، رسالة ماجستير ، فلسطين ، جامعة القدس ، 2020
- 3- السعيد ، شريهان مازن بدر ، " اتجاهات النمو الحضري في مدينة الكوت " ، رسالة ماجستير ، جامعة واسط ، كلية التربية ، قسم الجغرافية، 2014.

الكتب العربية

- 1- عثمان محمد غنيم، "تخطيط الخدمات والمرافق الاجتماعية ؛ من منظور عمراني" ، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع ، 2013

المجلات العربية

- 1- احمد سعد ، حسين و معن عبدعلي ، فوز ، (2020) ، " العوامل المؤثرة فيالنمو الحضري لمدنالموانئ (دراسة تحليلية لنمو مدينة أم قصر) " ،مجلة المخطط والتنمية ، العدد 41 .
- 2- المجلة العربية الدولية لتكنولوجيا المعلومات والبيانات ، أساليب الذكاء الاصطناعي الجغرافية في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بين النظرية والتطبيق ، المجلد الثاني ، العدد الثاني، 2022



- 3- العامري، رافد موسى، (2021)، "محاكاة النمو العمراني وتغير استعمالات الأرض في مدينة الديوانية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية"، مجلة اداب الكوفة، العدد 49/ج1
- 4- الكناني، كامل كاظم و الجابري، احمد عبد السلام، " استخدام منهجية التحليل المكاني في تقييم الملائمة المكانية للتوسع الحضري لمدينة الكوت"، مجلة كلية التربية، العدد الثاني عشر، جامعة واسط. لا توجد سنة
- 5- مهدي، ناصر صالح ،(2006)، "النمو السكاني والتطور العمراني لعدد من المدن العربية المعاصرة"، مجلة المخطط والتنمية، العدد 15.
- 6- عبد العال، نجلاء عبد التواب ، " التنبؤ بمعدلات تخرج طلاب كلية التربية جامعة بني سويف باستخدام سلاسل ماركوف لتحسين الأداء الأكاديمي لديهم في ضوء التوجه نحو التعلم المدمج" مجلة كلية التربية، جامعة بني سويف ، عدد ابريل ، الجزء الأول، 2022
- 7- امين، رقية احمد محمد ، "اتجاهات التغير للغطاء واستعمالات الأراضي والتنبؤ بها في منطقة المسيب بابل باستخدام الجيوماتكس، مجلة مداد الاداب، العدد 1381، الجامعة العراقية، كلية الاداب، 2020
- 8- حسيبة، عايش ، "التخطيط الحضري و دوره في تحقيق أهداف التنمية الحضرية"، مجلة الباحث في العلوم الإنسانية والاجتماعية، الجزائر، جامعة باتنة، العدد 12، ISSN: 2170-1121، 2020.

الدوائر الحكومية :

- 1-وزارة الموارد المائية ، الهيئة العامة للمساحة ، قسم انتاج الخرائط .
- 2-وزارة البلديات والاشغال العامة، مديرية التخطيط العمراني، استراتيجية تطوير مدينة الكوت وتحديث التصميم الأساس لها، تقرير الكوت المرحلة الثانية والثالثة، عرض نتائج المسوحات الميدانية، واسط، 2007
- 3-وزارة الصناعة والمعادن، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين ، مسلسل الخرائط الهيدروجيولوجية للعراق مقياس 1:250000
- 4-وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، القوى العاملة.

English Referances

English Book

Hepperle, E., Dixon-Gough, R., Maliene, V., Mansberger, R., Paulsson, J., & Pödör, A. (Eds.). (2012). *Land management: potential, problems and stumbling blocks*. vdfHochschulverlag AG





English magazines

1-Ahmed, W. M., Ahmed, A. A., &Abdulateef, O.F.,A Methodology for Evaluating and Scheduling Preventive Maintenance for a Thermo-Electric Unit Using Artificial Intelligence. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*,19(1), 2023,p1-13

2-Faisel G. Mohammed , Maryam H. Ali , Sajaa G. Mohammed,Forest Change Detection in Mosul Province using RS and GIS Techniques, *Iraqi Journal of Science*, Vol. 62, No. 10, 2021, pp: 3779-3789. DOI: 10.24996/ij.s.2021.62.10.36,

3-Kara, S., & Ergun, O.,”*Forecasting Urban Growth Using GIS-Based Modeling: A Case Study of Istanbul, Turkey*”, *European Planning Studies*, 19(9), 1551-1566. doi:10.1080/09654313.2011.579785, 2011

4-Omar, Najat Qader and Ahamad,Mohd Sanusi S.and Samat,Narimah,”Modelling Land-use and Land-cover Changes Using Markov-CA, and Multiple Decision Making in Kirkuk City ”, *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences* , University of Kirkuk, 2(1), DOI: 10.12983/ij.sres-2014-p0029-0042.

5- Yang ,Jun , and Su , Junru , and Chen , Fei ,and Xie, Pengand Ge,Quansheng ,”ALocal Land Use Competition Cellular Automata Model and Its Application ” *International Journal of Geo Information* ,5(7),2016,doi.org/10.3390/ijgi5070106

6- Paulos Lukas, Assefa M Melesse, Tadesse Tujuba Kenea,” Prediction of Future Land Use/Land Cover Changes Using a Coupled CA-ANN Model in the Upper Omo–Gibe River Basin, Ethiopia” , *Remote Sensing* , 15, 1148, 2023