العددِ 21A ايار 2026
المجلة العراقية للبحوث الانسانية والاجتماعية والعلمية
NO.21A May 2026 Iraqi Journal of Humanitarian, Social and Scientific Research
Print ISSN 2710-0952 Electronic ISSN2790-1254

نمذجة انماط التوسع المساحي لمدينة كركوك للفترة من (1977-2026) والمحاكات المكانية حتى سنة 2046

نعمان مزهر محمد عواد المفرجي
nmanmzhr37@gmail.com

المستخلص

يهدف البحث إلى تحليل ونمذجة التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك خلال الفترة الممتدة من عام 1977 إلى عام 2046، اعتمادًا على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وباستخدام نموذج السلاسل الماركوفية المقترن بالخلايا الآلية (CA–Markov). استندت الدراسة إلى مرئيات فضائية متعددة التواريخ ملتقطة بواسطة القمر الاصطناعي الأمريكي لاندسات للأعوام 1977 و1997 و2026، حيث جرى تحليلها ومعالجتها باستخدام برنامج Arc Map لإنتاج خرائط استخدامات الأرض والغطاء الأرضي.، تم تصنيف الغطاء الأرضي إلى ثلاثة أصناف (الأراضي الجرداء أو المتروكة، الأراضي الخضراء أو المزروعة، وقطاع المباني) ومن ثم أُجري تحليل التغير المكاني بين الفترات الزمنية المختلفة.

اعتمد البحث على نموذج ماركوف لاستخراج مصفوفة الانتقال الاحتمالية بين أصناف الغطاء الأرضي، فيما استُخدمت الخلايا الآلية لمحاكاة البعد المكاني للتوسع الحضري اعتمادًا على مبدأ التجاور المكاني وخرائط الملاءمة، وأسفرت نتائج نموذج CA–Markov عن إمكانية التنبؤ بالتوسع الحضري المستقبلي لمدينة كركوك حتى عام 2046 بدرجة مقبولة من الدقة المكانية، مما يعزز أهمية النمذجة المكانية في دعم التخطيط الحضري المستدام واتخاذ القرار المكاني.

الكلمات المفتاحية: النمذجة المكانية، توسع مساحي، تخطيط حضري، المحاكاة).

Abstract

This research aims to analyze and model the urban expansion of Kirkuk city from 1977 to 2046, using Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques, specifically the Markov chain model coupled to automated cells (CA-Markov). The study relied on multi-date satellite imagery captured by the American Landsat satellite for the years 1977, 1997, and 2026. This imagery was analyzed and processed using ArcMap software to produce land use and land cover maps. Land cover was classified into three categories: barren or abandoned land, green or cultivated land, and the built-up area. The spatial change between the different time periods was then analyzed. The research relied on the Markov model to extract the probability transition matrix between land cover classes, while automated cells were used to simulate the spatial dimension of urban expansion based on the principle of spatial adjacency and suitability maps. The results of the CA-Markov model resulted in the possibility of predicting the future urban expansion of Kirkuk city up to the year 2046 with an acceptable degree of spatial accuracy, which reinforces the importance of spatial modeling in supporting sustainable urban planning and spatial decision-making.

Keywords: Spatial modeling, spatial expansion, urban planning, simulation

المقدمة

شهدت المدن في العقود الأخيرة تسارعًا غير مسبوق في معدلات النمو الحضري والتوسع المساحي، نتيجة التفاعل المعقّد بين العوامل الديموغرافية والاقتصادية والسياسية والتكنولوجية، الأمر الذي

أفرز تحولات مكانية عميقة في البنية الحضرية والوظيفية للمدن, ويُعد التوسع المساحي الحضري أحد أبرز مظاهر هذه التحولات لما يحمله من آثار مباشرة وغير مباشرة على استخدامات الأرض، والموارد الطبيعية، والبنية التحتية، والبيئة الحضرية، والعدالة المكانية.

وتعد مدينة كركوك نموذجًا حضريًا معقدًا لهذا النوع من التحولات، نظرًا لخصوصيتها الجغرافية والاقتصادية والسياسية، فضلًا عن تاريخها العمراني المتقلب منذ سبعينيات القرن الماضي.

فقد شهدت المدينة توسعًا مساحيًا متدرجًا ومتفاوت الشدة، ارتبط بمراحل مختلفة من النمو السكاني، والتحولات الاقتصادية، والأحداث السياسية، مما أدى إلى تغيرات واضحة في أنماط استخدامات الأرض واتجاهات الامتداد الحضري.

في هذا السياق، تبرز أهمية توظيف النماذج المكانية الحديثة، ولا سيما نماذج السلاسل الماركوفية (Markov Chains) مقترنة بـ الخلايا الآلية (Cellular Automata – CA)، بوصفها أدوات تحليلية واستشرافية قادرة على فهم ديناميات التوسع الحضري الماضية، ومحاكاة سيناريوهاته المستقبلية ضمن إطار مكاني– زماني متكامل.

وعليه يسعى هذا البحث إلى بناء نموذج مكاني للتوسع المساحي لمدينة كركوك، يجمع بين التحليل التاريخي والتنبؤ المستقبلي للفترة الممتدة من 1977 إلى 2046، اعتمادًا على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

اولاً:- مشكلة البحث

تتمثل مشكلة البحث في غياب تصور مكاني– علمي دقيق يفسر ديناميات التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك، ويحدد اتجاهاته المستقبلية في ظل استمرار الضغوط السكانية والعمرانية, فعلى الرغم من توفر بيانات تاريخية لغطاء الأرض واستخداماتها، إلا أن معظم الدراسات السابقة ركزت على الوصف الزمني أو التحليل الجزئي، دون بناء نموذج تنبؤي مكاني قادر على محاكاة التغيرات المستقبلية، وتتجسد المشكلة البحثية في التساؤلات الآتية:

- كيف تطور التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك خلال الفترة (1977–2026)؟
- ما الأنماط المكانية السائدة لهذا التوسع؟
- ماهي الاتجاهات المحتملة للتوسع الحضري مستقبلًا حتى عام 2046؟
- إلى أي مدى يمكن لنموذج CA–Markov أن يسهم في تفسير هذا التوسع والتنبؤ بمساراته المكانية؟

ثانياً:- فرضية البحث

ينطلق البحث من فرضية رئيسة مفادها أن التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك ليس عشوائيًا، بل يخضع لمنطق مكاني–زماني تحكمه أنماط استخدامات الأرض السابقة، وقوى الجذب الحضري، وعوامل القرب المكاني، ويمكن نمذجته والتنبؤ باتجاهاته المستقبلية بدقة مقبولة باستخدام نموذج CA–Markov.

وتتفرع عن هذه الفرضية فرضيات ثانوية، منها:

- إن أنماط التوسع الحضري المستقبلية ستتبع الاتجاهات التاريخية نفسها مع تباين في الشدة.
- إن مناطق القرب من النسيج الحضري القائم وشبكات النقل ستكون أكثر عرضة للتحول العمراني.
- إن دمج التحليل الإحصائي الماركوفي مع الخلايا الآلية يعزز واقعية التنبؤ المكاني.

ثالثاً:- هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى تحليل ونمذجة التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك من خلال الجمع بين التحليل التاريخي والتنبؤ المستقبلي، وذلك عبر:

- تتبع التغيرات المكانية لاستخدامات الأرض للفترة (1977–2026).
- تحليل أنماط واتجاهات التوسع الحضري باستخدام المؤشرات المكانية.
- بناء نموذج تنبؤي للتوسع الحضري حتى عام 2046 باستخدام CA–Markov.
- إنتاج خرائط إسقاط مكاني يمكن اعتمادها في التخطيط الحضري المستقبلي.
- دعم صانعي القرار برؤية مكانية استشرافية للتوسع العمراني المحتمل.

رابعاً:- منهج البحث

اعتمد البحث المنهج التحليلي–الاستشرافي، الذي يجمع بين:

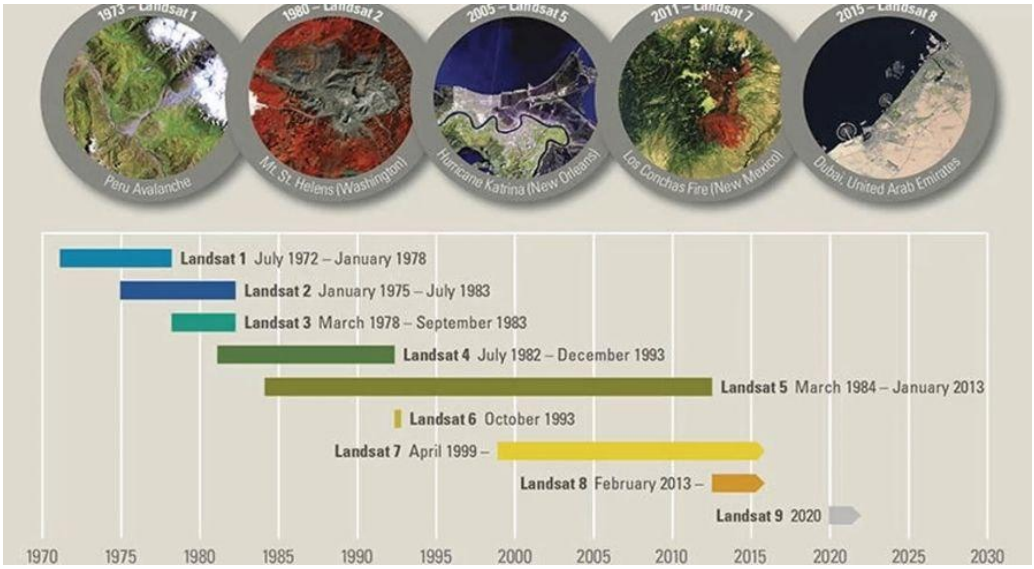
المنهج التحليلي المكاني في تفسير التغيرات الحضرية الماضية والمنهج التنبؤي (Predictive Modeling) في استشراف التوسع المستقبلي، ويُعد هذا الدمج المنهجي مناسبًا لدراسة الظواهر الحضرية الديناميكية، لكونه لا يكتفي بوصف الواقع، بل يتجاوزه إلى فهم آليات التغير وإعادة إنتاجه مكانيًا.

خامساً:- منهجية البحث

تقوم منهجية البحث على سلسلة مترابطة من الخطوات العلمية، تشمل:

1. جمع البيانات المكانية وهى خرائط الاحياء وحدودها متعددة التواريخ (2026,1997,1977)
2. مرئيات فضائية متعددة التواريخ (2026,1997,1977) بواسطة القمر الاصطناعي Land Sat وحسب مراحل تاريخ الصور تم الاعتماد على مجموعة من التحديثات للقمر الاصطناعي كما في الشكل (1)

شكل (1) تحديثات القمر الاصطناعي Land Sat الامريكي



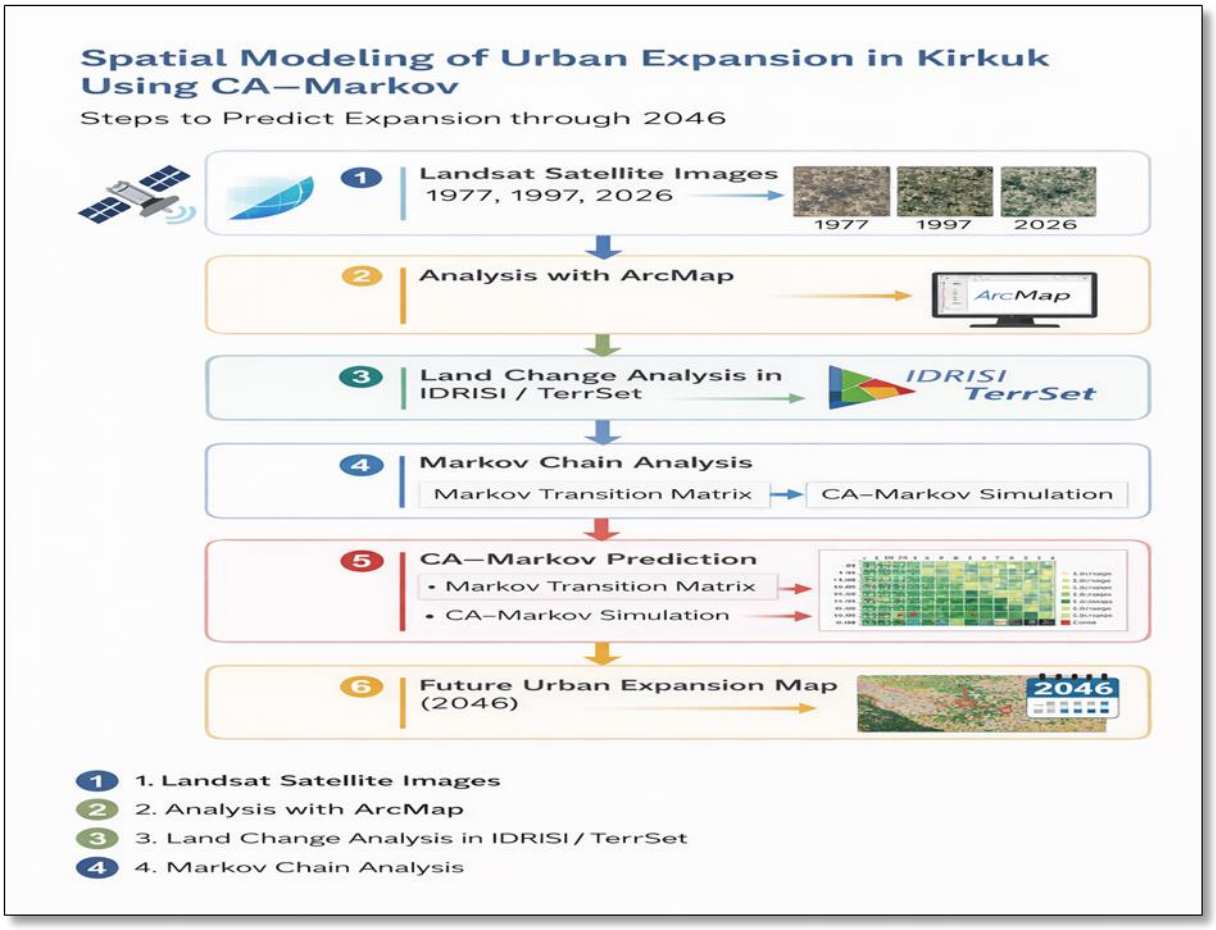
المصدر : https://www.usgs.gov/

3. تحليل وتصنيف المرئيات الفضائية التصنيف الموجه (Supervised Classification) واستخراج اصناف الارض (زراعي , جرداء, مبنية)
4. الانتقال الى برنامج IDRISI وتحويل صيغة الملفات الى ACSLL to Raster لغرض تحليل تغير الغطاء الارضي Spatial Land Cover Change
5. بناء مصفوفة التغير والانتقال بين الاصناف باستخدام موديل Markov للفترة ما بين (1977-2026) و من ثم استشراف المستقبل المكاني للتوسع باستخدام موديل CA-Markov لسنة 2046

6. النتائج النهائية للتوسع المساحي واستخراج المساحات شكل (2)

شكل (2) يمثل المنهجية المتبعة وخطوات العمل التقني

المصدر : من عمل الباحث



1-1 مفهوم التوسع المساحي

تعد مشكلة الزحف العمراني على حساب الأراضي الزراعية من المشاكل التي تعاني منها جميع أغلب مدن العالم، وخاصة تلك التي تمتاز بزيادات سكانية سريعة، ويعرف التوسع العمراني على أنه الزيادة المستمرة في أعداد السكان سواء كان ذلك في سكن منتظم أو غير منتظم، وهذا ما يؤدي إلى زيادة الطلب على التوسع المساحي (العراقي، 2018، صفحة 27) .

لقد عرف (هربر وكوتمان) عملية التوسع الحضري بالانتشار والامتداد خارج الحدود الموضوعة للمدينة، أي توسع الهيكل الحضري للمدينة وانتشاه دون التقيد بحدود المناطق التي حدثت فيها تلك العملية (Harper and Gottman , 1967, p. 23).

وعرف الدكتور عبد الرازق عباس حسين المصطلح "رغبة السكان للاستقرار في المدن من جهة وتوسع حجوم تلك المدن من جهة أخرى ولاسيما المدن الكبيرة، وقد تكون هذه العملية قد تمت بشكل عشوائي غير منظم او بشكل علمي ومخطط" (حسين، 1977، صفحة 27)، كما شهدت مدينة كركوك نمواً عمرانياً متسارعاً وغير مخطّط له في كثير من الأحيان، يأتي استجابة للزيادة السكانية والهجرة الداخلية والتغيرات السياسية والاقتصادية, أدى هذا التوسع إلى استهلاك الأراضي الزراعية والمناطق الخضراء، مما يستدعي دراسة علمية دقيقة لتحليل أنماط هذا التوسع وفهم آثاره.

1-2-1: أشكال التوسع: -

تعددت وجهات نظر المختصين في تخطيط المدن حول أشكال التوسع الحضري وفي كل الاحوال ينحصر في شكلين, هما التوسع الأفقي الذي يسود في المدن الواقعة في المناطق السهلية والمحاطة بالمناطق المكشوفة والتي لا توجد فيه محددات طبيعية او بشرية تحد من تلك العملية والتوسع العمودي السائد في المدن الحديثة ذات الكثافة السكانية العالية او التي توجد فيها محددات طبيعية او بشرية تحد من توسعها الافقي بينما يرى آخرون ان هنالك ثلاثة اشكال رئيسة للتوسع الحضري هي: (حمدي، 1964، صفحة 101) .

1-1-2-1 التوسع العشوائي:

هو الامتداد العمراني للاستعمالات الارض الحضرية، من دون خطة سابقة أي كيفما يشاء توقيع هذه الاستعمالات لمجرد وجود عوامل تساعد في وجود واقامة تلك الاستعمالات وهي تتخذ اشكالاً عديدة تتمثل في ما يأتي:-

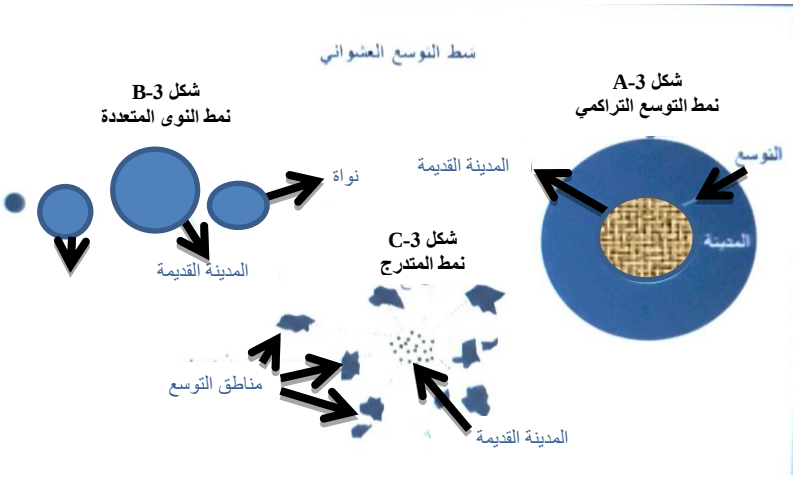
1- الشكل التراكمي: - هو ابسط نمو عرفته المدينة، يتم بملأ مساحات داخل المدينة او البناء عند مشارفها وأطرافها، إذا كان سعر الارض في مركز المدينة مرتفعاً مقارنة بأطرافها حيث تنمو المدينة بشكل حلقات دائرية الواحدة تلي الأخرى وتبقى على اتصال مباشر مع المدينة المركزية لاحظ شكل (3 - A) وخير مثال على ذلك التوسع الحلقي الدائري لمدينة موسكو الكبرى (الجنابي، 2011، صفحة 334).

2- التوسع المتعدد النوى: - هو ظهور مدينة حديثة بالقرب من أخرى قديمة ثم تندمج هذه المدن مكونه مدينة كبيرة وبينهم علاقة معينة كما يوضحه شكل (3 - B) وقد يقصد بعض سكان المدينة القديمة المدن الجديدة رغبة في الانفصال او التجديد او طلبا للراحة والخدمات، وبعد التطور الحاصل في وسائط النقل اصبح مألوفا الفصل بين السكن ومكان العمل.

3- التوسع المتدرج: - هو التوسع على شكل قفزات متناثرة الهدف منه إنشاء مجمعات حضرية غير متصلة عمرانياً بالمدينة المركزية (وهيبة، 1980، صفحة 147).

كما موضح في الشكل(3 - C) من حيث استمرار التوسع واستغلال ارض المدينة بشكل كامل من خلال ملء الفراغات بالاستعمالات الأخرى، وإنما هناك مناطق خالية تفصل بينها وبين المدينة المركزية وهذا النمط من التوسع له اثار على المدينة من أهمها الضغط على الخدمات في المدينة لاسيما الحاجة الى إيصال الماء والكهرباء وخدمات الصرف الصحي .

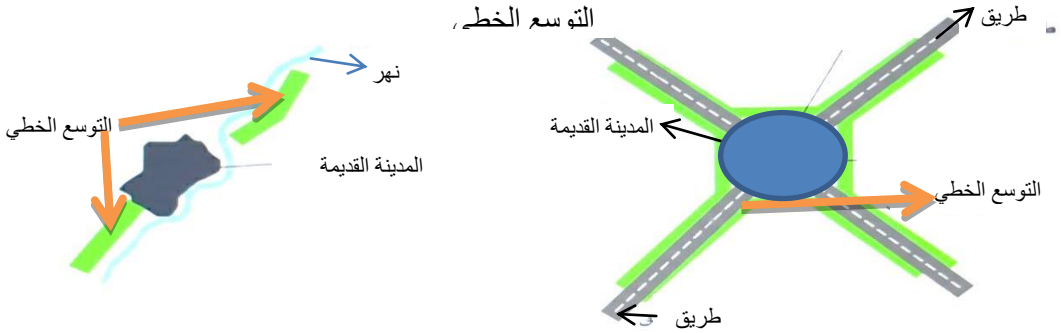
شكل 3 (A-B-C) أنماط التوسع العشوائي للمدن



المصدر: من عمل الباحث مقتبس من صلاح الجنابي، جغرافية الحضر أسس وتطبيقات ، مصدر سابق ، ص345

2-2-1 **التوسع الخطي (الشريطي):** - يتمثل هذا النوع من أنماط التوسع العمراني على شكل أشرطة تمتد من مركز المدينة نحو الأطراف مع إمتداد طرق المواصلات الرئيسة التي تخرج من مركز المدينة، تاركة فيما بينها مناطق قليلة التطور (الجنابي، التغير في استعمالات الأرض حول المدن العراقية، 1977، صفحة 10).
وفي بعض الأحيان يوجد هذا النمط من التوسع في المدن النهرية التي تستعمل النهر وسيلة نقل إذ أنها تمتد على شكل خط طولي كما في الشكل (4) ممتد مع إمتداد النهر ، وكذلك يقال عن المدن التي تتوسع مع امتداد سكة الحديد لتأخذ الشكل الطولي أيضا وإمتداد النسيج العمراني مع إمتداد الطرق الرئيسة (الاشعب، 1982، صفحة 63) .

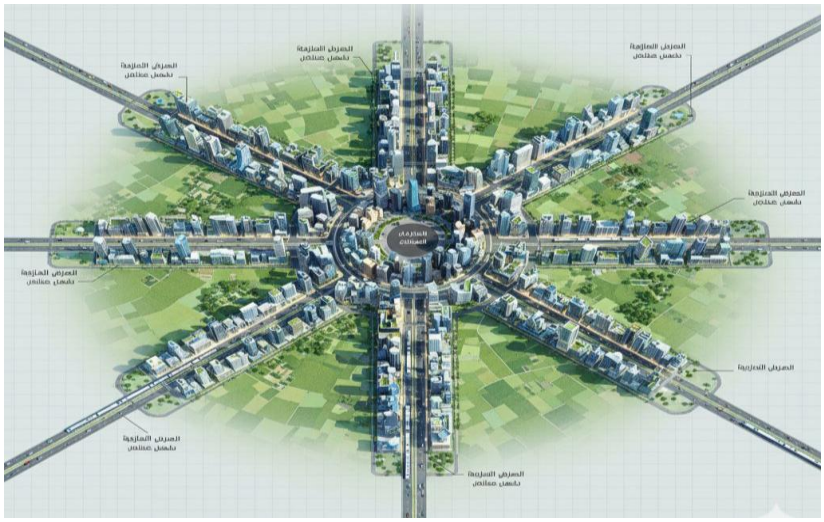
شكل (4) أنماط التوسع الخطي (الشريطي) للمدن



المصدر: من عمل الباحث مقتبس من صلاح الجنابي، جغرافية الحضر أسس وتطبيقات ، مصدر سابق ، ص345

3-2-1 **التوسع المحوري:** - حسب الشكل (5) يمتد هذا التوسع ايضا مع خطوط النقل والمواصلات وقد تترك فضاءات واسعة بين تلك الامتدادات، ويشبه هذا النوع من التوسع الشكل الخطي أو الشبكي الا ان الاختلاف بينهما هو ان التوسع الشبكي يكون شكلا نجمياً مع خطوط النقل والمواصلات

شكل (5) نمط التوسع المحوري للمدن



4-2-1 **التوسع المخطط:** - يتم هذا الشكل من التوسع عن طريق تدخل الدولة بصورة مباشرة في توجيه التوسع الحضري وتنظيمه وتجهيزه بالمرافق والخدمات العامة التي تهدف إلى عدم ظهور التجمعات السكنية المتدهورة ولتوفر السكن المناسب واللائق للسكان مع مراعاة ظروف المدينة الطبيعية والبشرية (الاقتصادية والاجتماعية) حيث توضع خطة

منسقة مدروسة الأبعاد للتوسع الحضري للمدينة (الجنابي، جغرافية الحضر أسس وتطبيقات، الطبعة الأخيرة، 2011، صفحة 88).

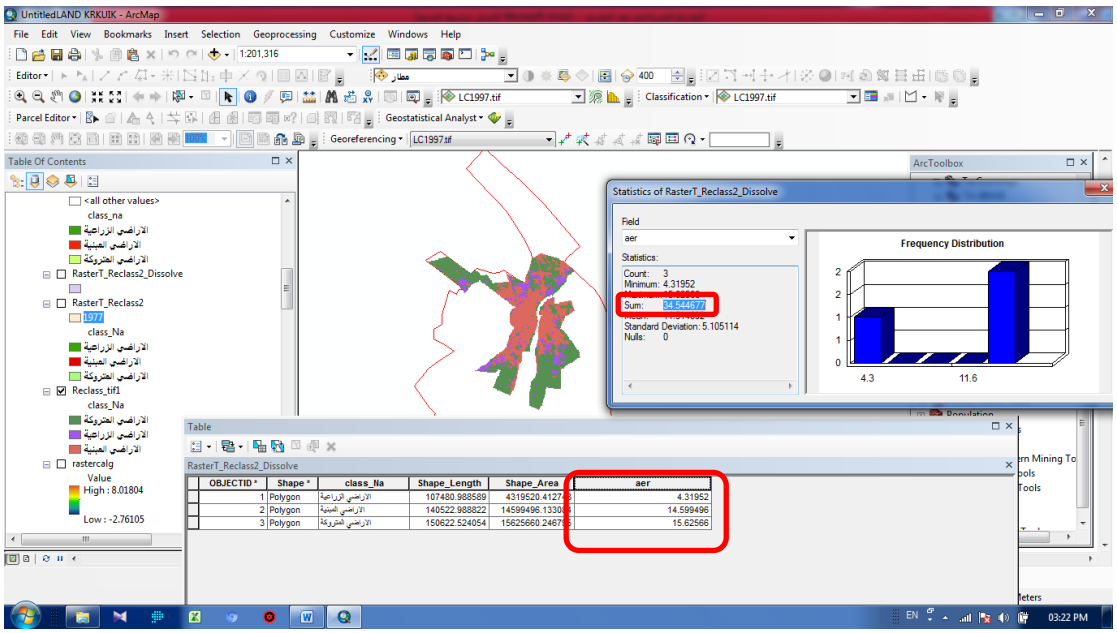
5- مراحل التوسع المساحي الحضري لمدينة كركوك للفترة من (1977-2026)

5-1- التحليل المكاني للغطاء الأرضي سنة 1977 (المرحلة الأولى)

تُظهر خريطة (2) للغطاء الأرضي لمدينة كركوك لسنة 1977 أن النسيج الحضري كان ما يزال في مرحلة التركيز المكاني المحدود، حيث تركزت المناطق المبنية بشكل واضح في قلب المدينة التاريخي وعلى جانبي مجرى نهر الخاصة، الذي شكّل عنصر جذب مكاني رئيسي للاستقرار البشري, ويلاحظ أن قطاع المباني (المناطق المبنية) ظهر بمساحة محدودة نسبيًا مقارنة بمساحة الأراضي الزراعية والأراضي الجرداء أو المتروكة التي كانت تشكّل الإطار المكاني المحيط بالمدينة.

في المقابل انتشرت الأراضي الزراعية بشكل ملحوظ في الأطراف القريبة من النواة الحضرية، ولا سيما في المناطق المجاورة للنهر، مستفيدة من وفرة الموارد المائية وملاءمة التربة، في حين سادت الأراضي الجرداء أو المتروكة في الأطراف البعيدة، ممثلةً المجال الاحتياطي للتوسع المستقبلي . وتمثلت المساحات للأصناف في هذه الفترة وحسب الشكل (6) الذي يمثل استخراج المساحات بواسطة البرنامج المعتمد Arc MAP GIS 10.8 , اذ بلغت المساحة الكلية للمدينة في هذه الفترة (34.544677)كم^2 اما مساحة صنف الاراضي الزراعية او الخضراء فقد بلغت (4.31952) كم^2 وهي تشكل ما نسبته 12.5 % , اما مساحة المباني الاسمنتية فقد بلغت مساحتها (14.599496)كم^2 وهي تشكل ما نسبته 42.5% , والمساحة الاراضي المتروكة او الجرداء كانت مساحتها (15.62566) كم^2 ومثلت نسبتها 45% وهي النسبة الاعلى في تلك الفترة , وهذا يعني ان 57.5% من المدينة غير مستثمرة.

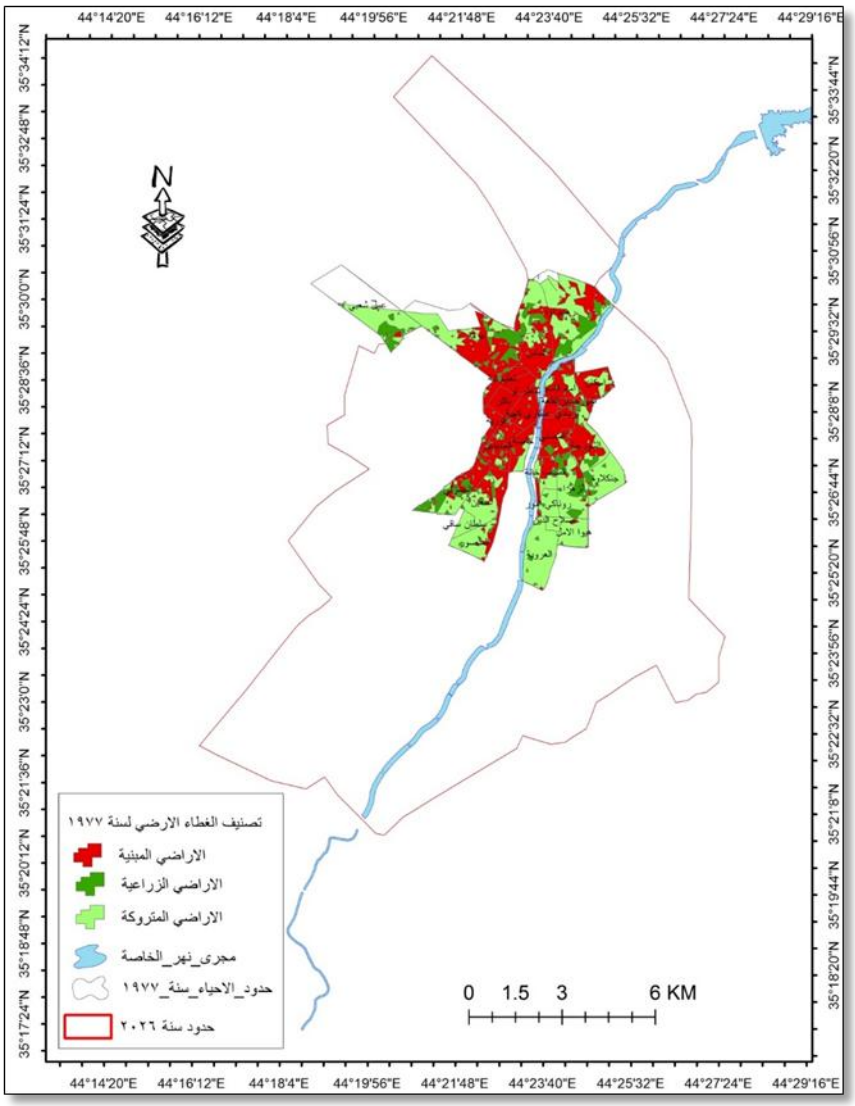
شكل (6) استخراج المساحات لمدينة كركوك واصناف الغطاء الارضي لسنة 1977



5-2-1 نمط التوسع الحضري في سنة 1977

من خلال تحليل الشكل المكاني للغطاء الأرضي، يمكن تصنيف نمط التوسع الحضري لمدينة كركوك في هذه المرحلة ضمن نمط التوسع المتراص (Compact Urban Pattern).

خريطة (2) نمط واتجاه التوسع المساحي لمدينة كركوك لسنة 1977 (المرحلة الاولى)
المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على القمر الاصطناعي Land Sat-



ويتسم بالخصائص الآتية:

- تجمع عمراني مركزي واضح دون تشتت كبير.
- محدودية الامتداد العمراني خارج النواة الرئيسة.
- غياب الامتدادات الشريطية الطويلة أو القفزات العمرانية (Leapfrog Development).
- اعتماد واضح على القرب من مركز المدينة والخدمات الأساسية.

كما أن التوسع الحضري في هذه المرحلة لم يكن عشوائيًا، بل خضع لمنطق التجاور المكاني، حيث نمت المناطق المبنية بشكل متصل ومتلاصق، مما يعكس طبيعة النمو الحضري التقليدي قبل تسارع التحولات الاقتصادية والديموغرافية اللاحقة.

1-5-3- الاتجاه المكاني للتوسع (Spatial Direction of Expansion)

تشير الخريطة (2) إلى أن الاتجاه الغالب للتوسع الحضري سنة 1977 كان اتجاهًا طوليًا (Linear / Axial Expansion) بمحاذاة مجرى نهر الخاصة مع امتدادات محدودة نحو المناطق القريبة من الأراضي الزراعية الخصبة في مقابل ضعف واضح للتوسع نحو المناطق البعيدة ذات الطابع الجرداء ويُفسَّر هذا النمط بكون المجرى المائي والمتمثل بمجرى الخاصة عنصرًا حاكمًا في توجيه الاستيطان الحضري، سواء من حيث توفير المياه أو تشكيل محور طبيعي للنمو،

إضافة إلى محدودية البنية التحتية في تلك المرحلة، مما قيد الامتداد العمراني الأفقي الواسع, وهنا لابد ان نذكر العامل المهم الاخر المؤثر على هذا النمط من التوسع وهو وجود ابر النفط شرق وغرب المدينة مما اضفى النمط الخطي على التوسع على طول مجرى المائي في المدينة .

يمكن القول إن سنة 1977 تمثل مرحلة التأسيس المكاني للتوسع الحضري في مدينة كركوك، حيث كان النمو بطيئًا نسبيًا متوازنًا مع استخدامات الأرض الزراعية قليل الضغط على الموارد البيئية وهو ما يجعل هذه المرحلة مرجعية أساسية لفهم التحولات اللاحقة، ومقارنة شدة واتجاه التوسع الحضري في الفترات التالية (1997 و2026).

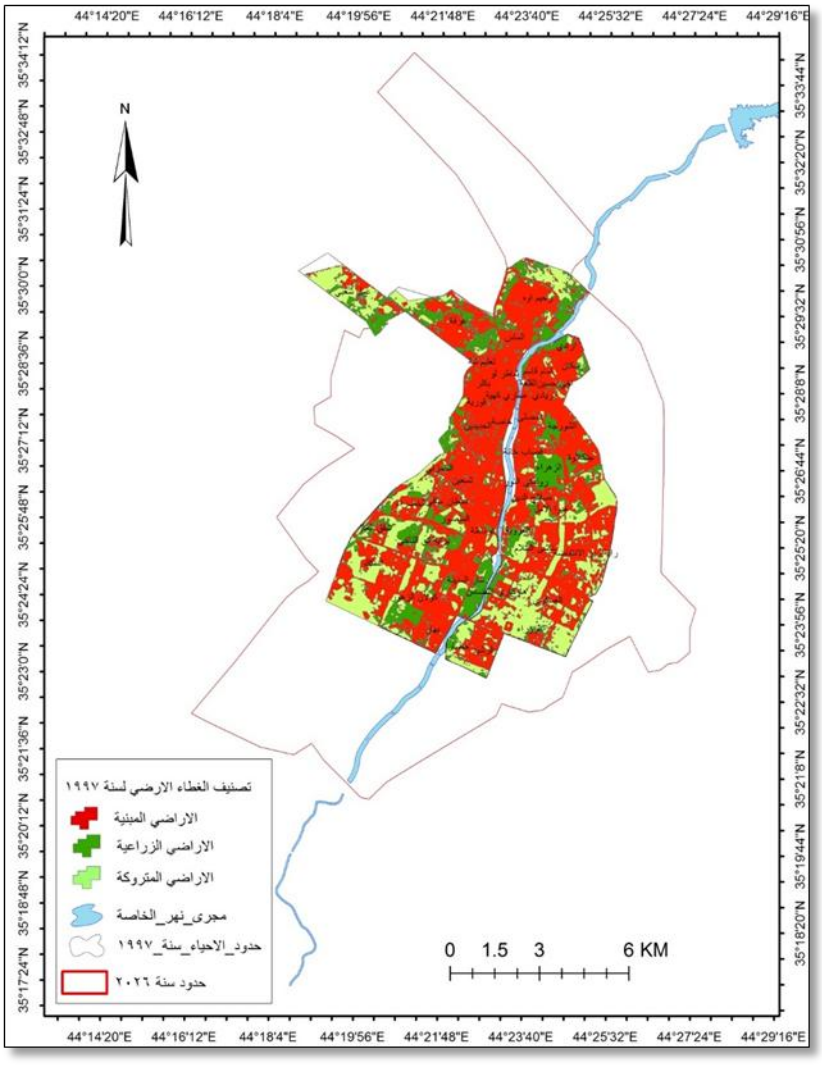
2-5- التحليل المكاني للغطاء الأرضي سنة 1997 (المرحلة الثانية)

تظهر الخريطة (3) لسنة 1997 انتقال المدينة إلى مرحلة توسّع أكثر كثافة وتنظيماً مقارنة بسنة 1977، حيث لم يعد التوسع مجرد زحف أولي، بل أصبح تمدداً عمرانياً واضح المعالم داخل حدود الأحياء، مع بروز ضغط قوي على الأراضي الزراعية والمتروكة. اما نمط التوسع المكاني (Spatial Expansion Pattern) فقد مثل النمط الخطي – النهري استمرار محورية مجرى الخاصة كعامل موجه للتوسع , اذ امتدت الكتل العمرانية امتدت بشكل طولي على جانبي المجرى المائي مع ملاحظة ازدياد كثافة البناء قرب المجرى مقارنة بـ1977، ما يشير إلى:

- ارتفاع القيمة المكانية للأراضي القريبة من المجرى المائي.
- تحسن شبكات النقل والخدمات على المحور النهري.
- هذا نمط توسع خطي موجّه بعامل طبيعي (River-oriented expansion).
- النمط الكتلي المتصل (Compact / Infill Expansion) ادى الى ظهور ملء الفراغات الداخلية داخل النسيج الحضري للمدينة.
- تقلّص واضح في رقع الأراضي المتروكة داخل المدينة.
- التحول من نمو متناثر إلى نسيج عمراني شبه متصل.

يمثل التوسع المساحي لهذه الفترة دخول المدينة مرحلة التكثيف الحضري بدل التوسع الأفقي فقط ,وهنا لابد من الاشارة الى النمط الزاحف على حساب الأراضي الزراعية اذ تراجعت مساحات للأراضي

خريطة (3) نمط واتجاه التوسع المساحي لمدينة كركوك لسنة 1997 (المرحلة الثانية)



المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على القمر الاصطناعي Land Sat-

الزراعية (الأخضر الداكن) البالغة مساحتها (12.082427) كم^2 لسنة 1997 من مجموع المساحة الكلية البالغة (77.833732) كم^2 لتشكل نسبتها 15% وتحوّلها من مساحات زراعية إلى أراضٍ مبنية، خصوصاً في الأطراف والشرقية متأثرة بالعامل البشري والمتمثل بالمحاور الطرقية الثانوية اذ بلغت المساحة المبنية (45.716622) كم^2 مشكلة ما نسبته 59% , وهذا يعكس ضغطاً سكانيا واقتصادياً متزايداً على الحزام الزراعي اما بالنسبة للأراضي المتروكة انكمشت 1997 مقارنة بالفترة الاولى اذ بلغت مساحتها (20.034684) كم^2 مُشكلة ما نسبته 26% , لتتحول كما في صنف الاراضي الزراعة إلى مخزون عمراني مستقبلي, وبهذا فقدت دورها كحاجز توسع لتتحول ديناميكية استعمالات الأرض سنة 1997 الى صنف الأراضي المبنية لتصبح هي الصنف الغالب.

يمكن القول إن الفترة 1977–1997 تمثل مرحلة الانتقال من النمو الحضري البطيء إلى التوسع المنظَّم المكثف حيث تحوّل التوسع من انتشار أفقي عشوائي إلى توسع خطي موجَّه بمجرى نهر الخاصة وتكثيف داخلي للنسيج الحضري, وبهذا بدأت المدينة تفقد توازنها مع الأرض الزراعية لتشكّل الأساس البنيوي للتوسع السريع اللاحق بعد سنة 2003.

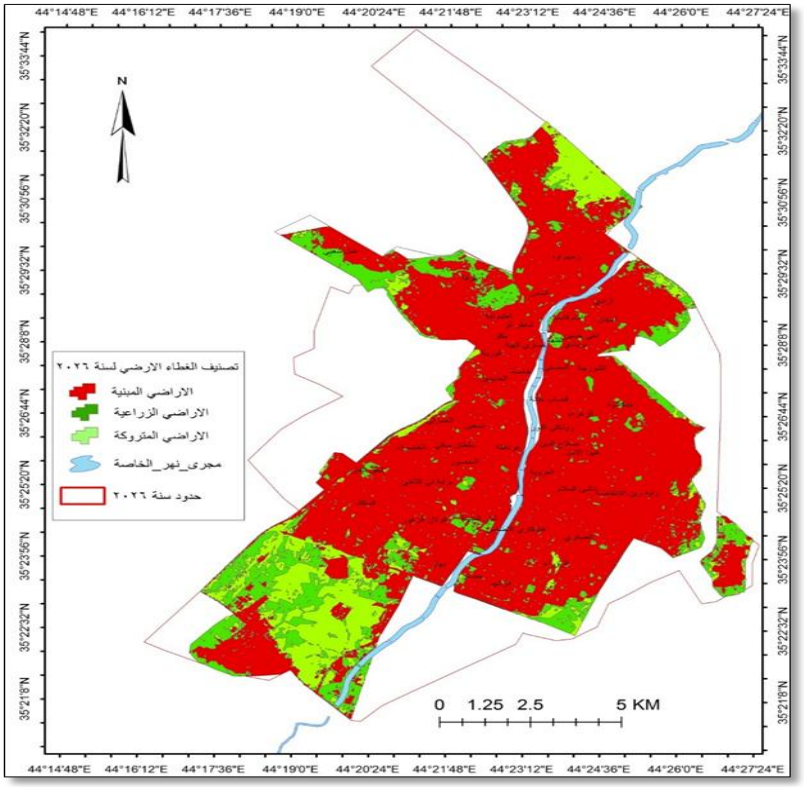
3-5- التحليل المكاني للغطاء الأرضي سنة 2026 (المرحلة الثالثة و الاحدث)

من خلال خريطة (4) لسنة 2026 اظهرت أن المدينة دخلت مرحلة الهيمنة العمرانية شبه الكاملة، حيث أصبحت الأراضي المبنية (باللون الأحمر) هي الصنف المسيطر مكانيًا، مع تراجع واضح ومحدود للأراضي الزراعية والمتروكة، وتحولها إلى جيوب متناثرة داخل النسيج الحضري, وهذه المرحلة تمثل الطور الناضج للتوسع الحضري (Mature Urban Expansion Stage) اذ ظهر النمط الكتلي المكثف (Compact & Saturation Expansion) على شكل المدينة بندماج شبه كامل للكتل العمرانية, واختفاء الفراغات الداخلية التي كانت واضحة في 1977 و1997 وتحوّل المدينة إلى نسيج حضري متصل عالي الكثافة الاسمنتية, وهذا يدل على الانتقال من التوسع الأفقي إلى التشبع العمراني.

خريطة (4) نمط واتجاه التوسع المساحي لمدينة كركوك لسنة 2026 (المرحلة الثالثة)

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على القمر الاصطناعي Land Sat-

فمع استمرار النمط الخطي النهري (Persistent River-oriented Expansion) كمحور بنيوي للتوسع . وهنا لابد من الاشارة الى مساوئ الزحف الاسمنتي كأحد ابرز اصناف التوسع, اذ شهدت هذه المرحلة الحالية تراجع حاد في المساحات الزراعية, وتحوّل معظم الحزام الزراعي إلى استعمالات عمرانية. اما ديناميكية استعمالات الأرض في سنة 2026 فقد



تمثلت في ما يأتي :-

- الأراضي المبنية: هي الصنف المسيطر مطلقًا بمساحة بلغت (100.92706) كم^2 من مجموع المساحة الكلية للمدينة لسنة 2026 بلغت (136.888009) كم^2 لتشكل اعلى نسبة وصلت الى 73%
- الأراضي الزراعية: فقدت استمراريتها المكانية اذ بلغت مساحتها (19.512243) كم^2 وبنسبة بلغت 14%
- الأراضي المتروكة: أصبحت هامشية، وغالبًا مؤقتة بانتظار التحول العمراني وبلغت مساحتها (16.448706) كم^2

يمكن تفسير تطور انماط التوسع المساحي على النحو الآتي:

- 1977: مرحلة نمط النشوء الحضري والتوسع العشوائي.
- 1997: مرحلة نمط الانتقال والتكثيف المنظّم.
- 2026: مرحلة نمط التشبع والضغط الحضري العالي.

المدينة انتقلت من نمو أفقي ضعيف التنظيم إلى نمو حضري مكثف عالي الاستهلاك للأرض

6- المحاكات المكانية (Simulation) للتوسع الحضري لمدينة كركوك لسنة 2046

تعد برامج نظم المعلومات الجغرافية من الأدوات المتكاملة التي تجمع معظم عمليات التحليل المكاني ضمن بيئة واحدة، ويُعد برنامج Arc Map GIS من أكثر هذه البرامج شيوعًا، لما يوفره من إمكانات واسعة في إدارة البيانات المكانية، والتحليل المكاني، وإنتاج الخرائط الموضوعية بمختلف إصداراته.

إلا أن البرنامج المعتمد يفتقر إلى القدرة على تنفيذ المحاكاة المكانية الاستشرافية المعتمدة على النمذجة الاحتمالية–الديناميكية للتغيرات المستقبلية في استخدامات الأرض، ولا سيما في الدراسات الحضرية, وانطلاقًا من ذلك، كان لا بد من الانتقال إلى برنامج (IDRISI TerrSet) الإصدار 17.0، لما يتمتع به من كفاءة عالية في مجال المحاكاة المكانية، وبخاصة من خلال نماذج Markov وCA–Markov، التي تتيح تحليل اتجاهات التغير الزمني وتحديد المواقع المحتملة للتوسع الحضري بصورة علمية دقيقة (Eastman, J. R., 2016, p. 92).

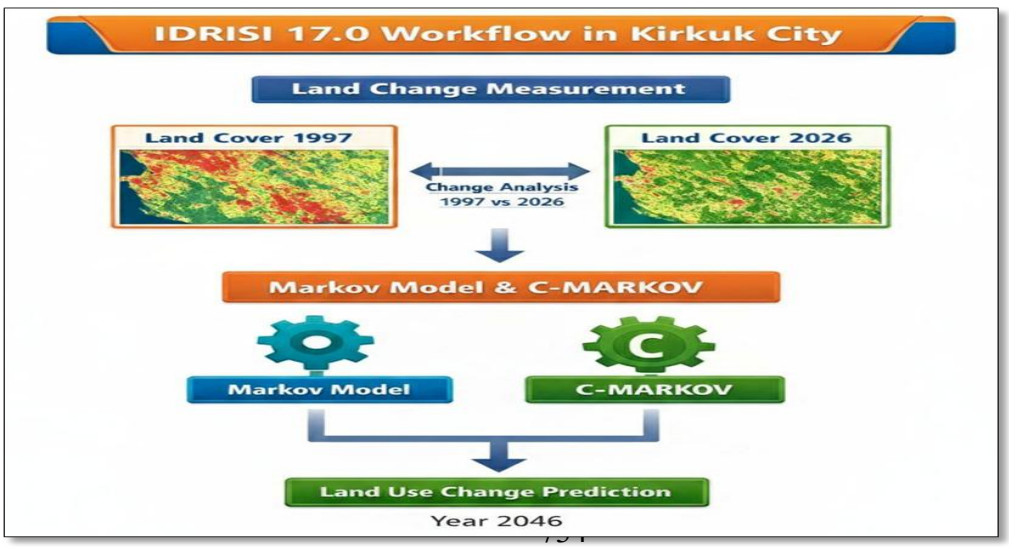
والشكل (7) يمثل منهجية العمل على انتاج محاكات مكانية على برنامج (IDRISI TerrSet V17.0) الذي يبدء بقياس التغيرات الارضية بين فترتين وهى 1997-2026 ومن ثم الانتقال الى النموذج Markov الذي يقيس قابلية تحول الغطاء الارضي من صنف الى صنف اخر عن طريق مصفوفة انتقال تسمى (Transition Probability Matrix) هذه النتائج هي جوهر تحليل "ماركوف" وتعطي نظرة دقيقة على كيفية تغير الغطاء الأرضي في منطقة الدراسة, وبعد هذه الخطوة يتم الانتقال الى نموذج CA-MARKOV لإنتاج خريطة التنبؤ المستقبلية (التي تجمع بين سلاسل ماركوف والأتوماتا الخلوية لإضافة البعد المكاني).

وحسب الشكل (8) اتستخدم نموذج (Land Change Modeler LCM) في برنامج IDRISI Selva لتحليل التغيرات في الغطاء الأرضي لمدينة كركوك. الرسم البياني الذي يمثل "Gains and losses by category" (المكاسب والخسائر حسب الفئة) تمثل في النتائج حسب ما يلي :-

6-1- تحليل الرسم البياني المكاسب والخسائر (Gains and Losses)

يوضح هذا الرسم ديناميكية التغيير لكل صنف (Urban، Vegtoseil، Soil) خلال الفترة 1997-2026.

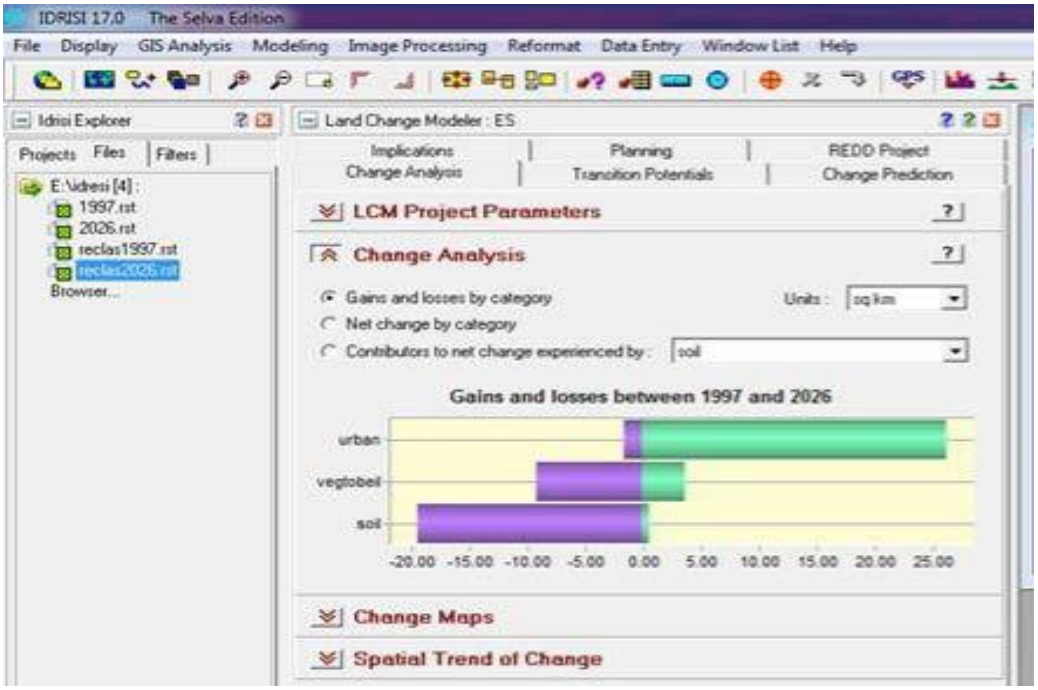
شكل (7) منهجية العمل لبناء محاكات مكانية للتوسع المساحي على برنامج IDRISI



الأعمدة الخضراء الاكتساب (Gains): تمثل المساحات الجديدة التي اكتسبتها الفئة. نلاحظ أن المناطق الحضرية (Urban) سجلت أعلى نسبة مكاسب (أكثر من 25 km^2).
الأعمدة البنفسجية الخسائر او الضياع(Losses): تمثل المساحات التي فُقدت من تلك الفئة وتحولت إلى فئات أخرى نلاحظ أن التربة (Soil) هي الأكثر خسارة (حوالي 20 km^2).
التداخل بين اللونين: يوضح التبادل فالفئة قد تفقد مساحة في مكان ما وتكسب مساحة في مكان آخر. وهذا يعني ان :-

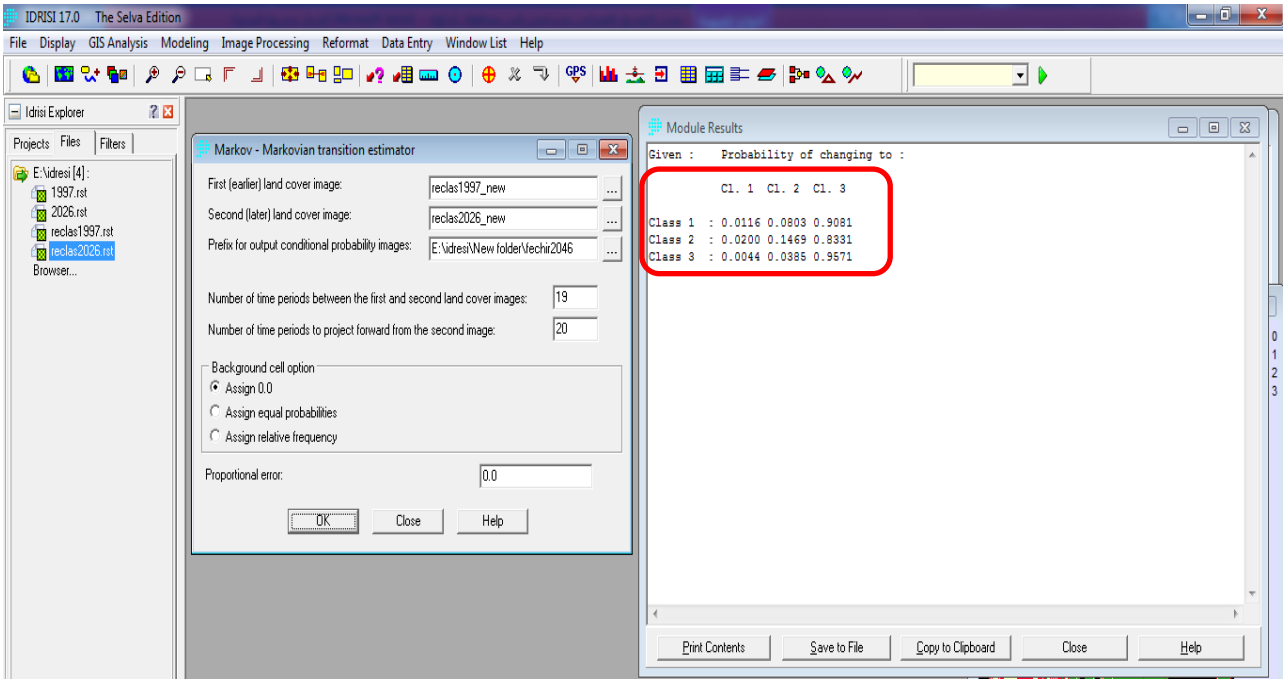
- Urban (الحضري): يظهر نموًا هائلًا ومكاسب واضحة جدًا مقابل خسائر ضئيلة شبه معدومة هذا يشير إلى توسع عمراني كبير في مدينة كركوك خلال هذه الفترة.
- Vegtoseil (الغطاء النباتي/التربة المختلطة): هناك توازن نسبي بين الخسارة والمكسب، لكن الخسارة أكبر قليلًا، مما قد يشير إلى تجريف بعض الأراضي الزراعية لصالح السكن.
- Soil (التربة/الأراضي الجرداء): هي "المصدر" الرئيسي للتوسع حيث تظهر خسائر كبيرة جدًا، مما يعني أن معظم التوسع العمراني تم على حساب الأراضي المكشوفة أو التربة.

شكل (8) قياس التغيرات في الغطاء الارضي المكاسب والخسائر الناتجة في الفترة ما بين 1997-2026



2-6- المقاييس الإحصائية لنموذج ماركوف
عند العمل على هذا الموديل، البرنامج يعتمد على مصفوفة التغيير (Transition Matrix) التي كما في الشكل (9) تتمثل النتائج في ما يأتي :-

شكل (9) مصفوفة التغير والانتقال بين الاصناف للغطاء الارضي لمدينة كركوك لسنة 2046 حسب نموذج ماركوف



6-2-1- الصنف الأول: الأراضي الزراعية (Class 1)

الاستقرار (0.0116): احتمالية بقاء الأراضي الزراعية كما هي ضعيفة جداً (حوالي 1.1%). هذا يعني اختفاء شبه كامل للغطاء النباتي الأصلي في منطقة الدراسة التحول إلى "مبني" (0.9081): هناك احتمال هائل بنسبة 90.8% أن تتحول الأراضي الزراعية مباشرة إلى أراضي مبنية (عمران). هذا يمثل زحفاً عمرانياً قوياً جداً يلتهم المساحات الخضراء.

6-2-2- الصنف الثاني: الأراضي المتروكة (Class 2)

الاستقرار (0.1469): احتمالية بقاء الأراضي المتروكة كما هي منخفضة (14.6%).

التحول إلى "مبني" (0.8331): الأراضي المتروكة (الفضاء) لديها احتمال كبير جداً بنسبة 83.3% لتتحول إلى أراضي مبنية. وهذا يعني أن الأراضي التي كانت مهيأة للبناء أو متروكة سيتم استغلالها عمرانياً بشكل شبه كامل.

3. الصنف الثالث: الأراضي المبنية (Class 3)

الاستقرار (0.9571): هذا هو الرقم الأعلى في المصفوفة، ويعني أن المناطق العمرانية مستقرة جداً بنسبة 95.7%. بمجرد تحول الأرض إلى "مبني"، فمن النادر جداً أن تعود لتصبح زراعية أو متروكة.

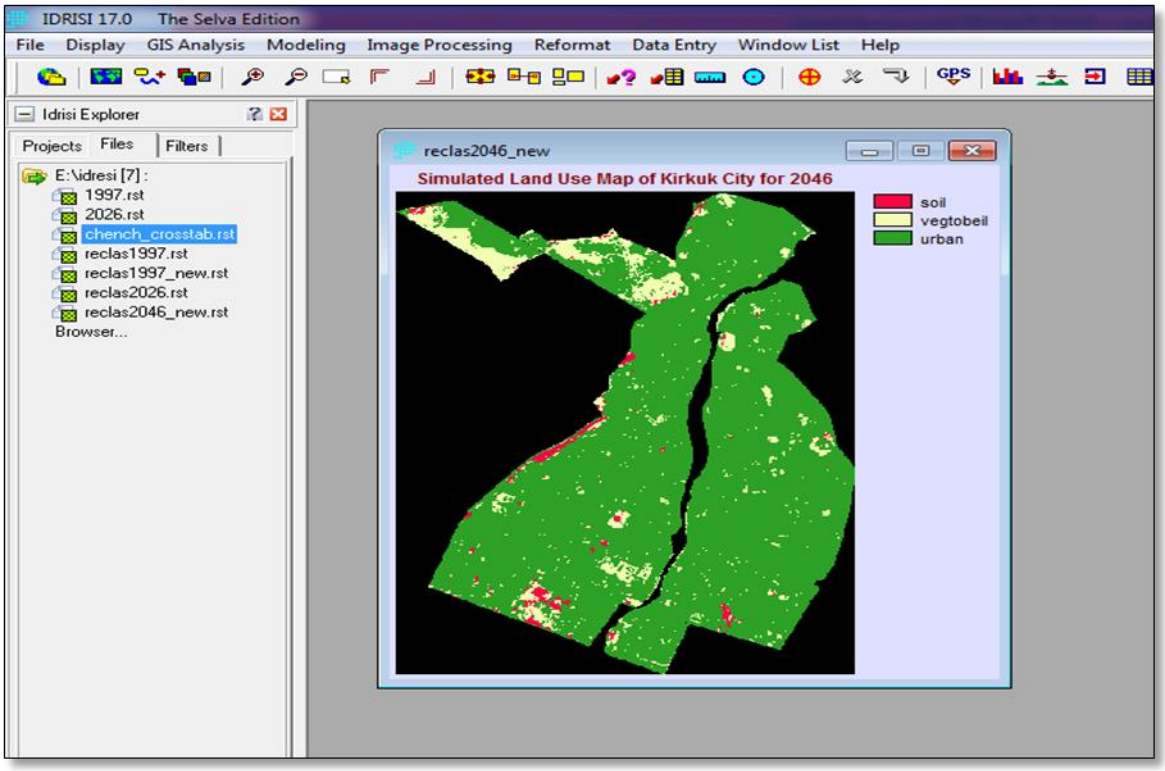
الجذب العمراني: تلاحظ أن جميع الأصناف الأخرى (الزراعية والمتروكة) تنجذب بقوة نحو الصنف الثالث (المبني).

خلاصة تفسير المصفوفة جغرافيا:- هذه المصفوفة تشير إلى انفجار سكاني وعمراني كبير في كركوك للفترة ما بين (1997-2046). التنبؤ يظهر أن المدينة تتجه لتكون كتلة خرسانية (عمرانية) واحدة، حيث أن أكثر من 90% من الأراضي الزراعية و 83% من الأراضي المتروكة ستتحول إلى مناطق مبنية، مما يستوجب على مخطط المدينة الانتباه لضرورة الحفاظ على مساحات خضراء لضمان التوازن البيئي بسبب احتمالية اكتساح صنف المباني ليطغى على كل اجزاء المدينة .

تطبيق نموذج سي ماركوف CA–Markov لسنة 2046 حسب الشكل (10) التي تظهر النتائج الاحصائية في نموذج Markov على شكل خريطة مكانية تمثل اتجاه ونمط النمو المساحي والتغير في الاصناف مكانياً لتظهر النتائج المكانية طغيان صنف المباني على الاصناف الاخرى في المدينة بعد 20 سنة هذا النمط الزمني يؤكد أن احتمالية التحول من زراعي الى مبني أصبحت عالية جدًا والأراضي المتروكة تمثل الخزان المستقبلي للتوسع النمو المستقبلي سيكون أقل انتشارًا وأكثر إعادة تدوير للأرض داخل النسيج الحضري (Redevelopment).

شكل (10) المحاكات المكانية حسب نموذج CA–Markov المعتمد لتوقع التوسع المساحي في مدينة كركوك لسنة 2046

الاستنتاجات والمقترحات



أولاً: الاستنتاجات:

1. التحول العمراني الجذري: كشفت النتائج عن توجه مدينة كركوك نحو توسع عمراني هائل، حيث بلغت احتمالية انتقال الأراضي الزراعية (Class 1) إلى أراضٍ مبنية (Class 3) نسبة مرتفعة جداً وصلت إلى 90.8%.
2. تدهور الغطاء النباتي: أظهرت مصفوفة الانتقال أن الأراضي الزراعية هي الصنف الأكثر هشاشة، حيث بلغت نسبة ثباتها 1.1% فقط، مما يشير إلى انحسار شبه كامل للمساحات الخضراء لصالح الاستخدامات الحضرية بحلول عام 2046.
3. استقرار الكتلة المبنية: سجلت الأراضي المبنية أعلى نسبة استقرار وثبات بين جميع الأصناف بنسبة 95.7%، مما يعني أن عمليات التغيير في الغطاء الأرضي بكركوك هي عمليات "غير عكسية" (Irreversible)، أي أن الأرض بمجرد بنائها لا تعود لصنف آخر.
4. استنزاف الأراضي الجرداء : تعتمد التوسعات العمرانية المستقبلية بشكل كبير على استغلال "الأراضي المتروكة" (Class 2)، حيث بلغت احتمالية تحولها إلى أراضٍ مبنية 83.3%.
5. ديناميكية الخسارة والربح: وفقاً لمخرجات برنامج IDRISI، فإن الصنف العمراني هو "الرابح الأكبر" من حيث المساحة بنسبة مكاسب تتجاوز 25 km^2، بينما تعد التربة والأراضي الزراعية "الخاسر الأكبر" بمعدلات خسارة حادة.

ثانياً: المقترحات:

1. تفعيل الحزام الأخضر: ضرورة الإسراع في إنشاء وتشجير حزام أخضر حول مدينة كركوك للحد من الزحف العمراني العشوائي وحماية ما تبقى من الأراضي الزراعية.
2. توجيه السياسات الإسكانية: نقترح على الجهات التخطيطية في محافظة كركوك توجيه التوسع السكاني نحو "الأراضي المتروكة" وغير الصالحة للزراعة، بدلاً من التمدد على حساب الأراضي الزراعية ذات القيمة البيئية والغذائية.

3. تبني التوسع العمودي: للتقليل من معدلات الانتقال العالية نحو الأراضي المبنية (المقاسة في مصفوفة ماركوف)، يفضل تشجيع البناء العمودي بدلاً من الأفقي لتقليل مساحة الأرض المستهلكة.
4. تحديث المخطط الأساسي: ضرورة تحديث المخطط الأساسي لمدينة كركوك بما يتناسب مع نتائج التنبؤ لعام 2046، لضمان توفير مساحات خدمية وترفيهية توازن الكتلة الخرسانية المتوقعة.

المصادر

الـمراجع

1- Eastman, J. R. (2016). TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling System. Clark University.

2- Harper and Gottman . (1967). ((The Human Geography)) john willey and sons press. - New york,U.S.A.

3- خالص الاشعب. (1982). المدينة العربية ، مؤسسة الخليج العربي للطباعة والنشر. الكويت: مؤسسة الخليج العربي للطباعة والنشر.

4- صلاح حميد الجنابي. (2011). جغرافية الحضر أسس وتطبيقات، الطبعة الأخيرة. الموصل: دار ابن الأثير للطباعة والنشر.

5- صلاح حميد الجنابي. (1977). التغير في استعمالات الأرض حول المدن العراقية. بغداد: أطروحة دكتوراه ،غير منشورة ، كلية الاداب ،جامعة بغداد.

6- عبد الرزاق عباس حسين. (1977). جغرافية المدن. بغداد: مطبعة اسعد.

7- عبد الفتاح محمد وهيبة. (1980). في جغرافية العمران. بيروت: دار النهضة العربية.

8- عطيات عبد القادر حمدي. (1964). جغرافية العمران . الاسكندرية: مطبعة دار المعارف.

9- محمد ابراهيم العراقي. (2018). ،التوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية . مصر: ،جامعة الازهر 2018،