



ISSN: 2957-3874 (Print)

Journal of Al-Farabi for Humanity Sciences (JFHS)

<https://iasj.rdd.edu.iq/journals/journal/view/95>

مجلة الفارابي للعلوم الإنسانية تصدرها جامعة الفارابي



نمذجة التوسع الحضري لمدينة الدبس باستخدام نموذج (Frequency Ratio) وتقنيات نظم

المعلومات الجغرافية (GIS)

م.د. مؤيد سامي عبدالله القره غولي

وزارة التربية العراقية مديرية تربية كركوك

Modeling Urban Expansion in Dibs City Using the Frequency Ratio Model and Geographic Information Systems (GIS) Techniques

M.D. Moayad Sami Abdullah Al-Qara Ghouli

Iraqi Ministry of Education – Kirkuk Directorate of Education

Email: mouyadsami@gmail.com

المخلص

شهدت مدينة الدبس خلال العقود الأخيرة نمواً سكانياً وعمرانياً متسارعاً رافقه توسع حضري اتسم بعدم الانتظام المكاني وتفاوت في اتجاهاته، ما أفرز تحديات تخطيطية تتطلب أدوات تحليلية قادرة على فهم أنماط التوسع وتوجيهه مستقبلاً. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تطور النمو السكاني والعمراني في مدينة الدبس خلال المدة (1977-2024)، ثم نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري باستخدام نموذج النسب التكرارية المعروف بـ (Frequency Ratio). اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي-التحليلي في تحليل النمو السكاني والعمراني واتجاهات التوسع، وعلى المنهج الكمي-المكاني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في نمذجة القابلية للتوسع الحضري. وتم استخدام بيانات التوسع الحضري للمدة (1997-2009) بوصفها مرحلة التدريب، في حين استخدمت بيانات الفترة (2009-2024) للتحقق الزمني من كفاءة النموذج. واشتملت الدراسة على مجموعة من العوامل المكانية لإدخالها في النموذج. أظهرت نتائج الدراسة وجود تباين واضح بين النمو السكاني والتوسع العمراني، حيث سبق التوسع العمراني النمو السكاني في بعض المراحل، واتخذ التوسع الحضري اتجاهات مكانية محددة، ولا سيما الاتجاه الجنوبي الشرقي. كما بينت نتائج نمذجة القابلية المكانية أن نحو (47%) من التوسع الحضري الفعلي خلال فترة التحقق وقع ضمن فئتي القابلية العالية والعالية جداً، رغم أن هاتين الفئتين تمثلان حوالى (33.4%) من مساحة المدينة، ما يدل على كفاءة جيدة لنموذج (Frequency Ratio) في تمثيل أنماط التوسع الحضري. وتخلص الدراسة إلى أن خريطة القابلية المكانية الناتجة تمثل أداة تحليلية داعمة للتخطيط الحضري، يمكن الاستفادة منها في توجيه التوسع المستقبلي نحو المناطق الأكثر ملاءمة. الكلمات الدالة: التوسع الحضري، Frequency Ratio، نظم المعلومات الجغرافية، القابلية المكانية، مدينة الدبس.

ABSTRACT

Dibs City has experienced rapid population and urban growth over recent decades, accompanied by urban expansion characterized by spatial irregularity and directional variation. This has generated planning challenges that require analytical tools capable of understanding urban expansion patterns and guiding future growth. This study aims to analyze the development of population and urban growth in Dibs City during the period (1977–2024), and to model urban expansion susceptibility using the Frequency Ratio model. The study adopted a descriptive–analytical approach to analyze population and urban growth and expansion directions, as well as a quantitative–spatial approach employing Geographic Information Systems (GIS) techniques to model urban expansion susceptibility. Urban expansion data for the period (1997–2009) were used as a training phase, while data for (2009–2024) were employed for temporal validation of the model’s performance. A set of spatial factors was incorporated into the model to assess their influence on urban expansion. The results reveal a clear disparity between population growth and urban expansion, as urban growth preceded population growth during certain

periods, and expansion followed specific spatial directions, particularly the southeastern direction. The susceptibility modeling results indicate that approximately (47%) of the actual urban expansion during the validation period occurred within the high and very high susceptibility classes, although these classes represent only about (33.4%) of the total city area. This demonstrates the good performance of the Frequency Ratio model in representing urban expansion patterns. The study concludes that the resulting urban expansion susceptibility map constitutes an effective analytical tool to support urban planning and can be utilized to guide future expansion toward more suitable areas. **Key words:** Urban expansion; Frequency Ratio; Geographic Information Systems (GIS); Spatial susceptibility; Dibs City.

المقدمة □

يشهد العالم المعاصر تسارعاً متزايداً في وتيرة التحضر، حيث أصبحت المدن تمثل المحور الرئيس للنمو السكاني والاقتصادي، وهو ما رافقه توسع حضري متسارع في العديد من المدن، لا سيما في الدول النامية. وقد أسهم هذا التوسع، في كثير من الحالات، في بروز أنماط نمو حضري غير متوازن، اتسمت بالامتداد الأفقي غير المنظم، وما يرتبط به من ضغوط على الموارد الطبيعية والبنية التحتية والخدمات الحضرية (Angel et al, 2011, p3). لذا لم يعد تحليل التوسع الحضري يقتصر على توصيف نمو المساحات العمرانية، بل تطور ليشمل دراسة ديناميكياته المكانية والعوامل المؤثرة فيه، فضلاً عن محاولة التنبؤ باتجاهاته المستقبلية. وتؤكد الدراسات الجغرافية الحديثة أن فهم العلاقة بين النمو السكاني والتوسع الحضري يُعد مدخلاً أساسياً لتفسير أنماط التوسع الحضري، ولا سيما في المدن المتوسطة والصغيرة التي تشهد تحولات وظيفية متسارعة دون أن تراقبها دائماً سياسات تخطيطية واضحة (Seto, Karen., et al. 2011, p1) وقد أسهم تطور تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في إحداث نقلة نوعية في دراسة التوسع الحضري، من خلال إتاحة إمكانية تحليل التغيرات المكانية بدقة زمنية ومكانية عالية، وربطها بمجموعة واسعة من العوامل الجغرافية (Herold et al., 2005, p291). وضمن هذا الإطار، برزت نماذج القابلية المكانية بوصفها أدوات تحليلية فعالة تهدف إلى تحديد المناطق الأكثر احتمالاً للتوسع الحضري، استناداً إلى الأنماط السابقة للنمو والعوامل المؤثرة فيه. ومن بين هذه النماذج، حظي نموذج Frequency Ratio (FR) باهتمام متزايد في الدراسات الجغرافية والتخطيطية، نظراً لبساطته الإحصائية وقدرته على تمثيل العلاقة بين الظواهر المكانية والعوامل المؤثرة دون الحاجة إلى افتراضات معقدة. وقد استُخدم هذا النموذج على نطاق واسع في دراسات القابلية المكانية لمجموعة من الظواهر المكانية، من بينها التوسع الحضري، لما يوفره من نتائج واضحة قابلة للتفسير المكاني والدعم التخطيطي (Lee and Pradhan, 2007, p35). بناءً على ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى تناول التوسع الحضري في مدينة الدبس بوصفها نموذجاً لمدينة متوسطة شهدت نمواً سكانياً وعمرانياً متسارعاً خلال العقود الأخيرة. وتسعى الدراسة إلى الجمع بين التحليل التاريخي للنمو السكاني والعمراني من جهة، ونمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري باستخدام نموذج (Frequency Ratio) من جهة أخرى، بما يسهم في فهم أنماط التوسع الحضري وتفسير اتجاهاته، وتوفير أداة مكانية يمكن الاستفادة منها في دعم التخطيط الحضري المستقبلي.

مشكلة البحث □

على الرغم من النمو السكاني والعمراني المتسارع الذي شهدته مدينة الدبس خلال العقود الأخيرة، فإن هذا النمو لم يكن دائماً مصحوباً بتخطيط مكاني يستند إلى تحليل علمي واضح لاتجاهات التوسع والعوامل المؤثرة فيه. وقد أسفر ذلك عن توسع حضري اتسم بعدم الانتظام المكاني وتفاوت في كفاءة استغلال الأراضي الحضرية. لذا تتمثل مشكلة الدراسة في غياب إطار تحليلي مكاني يوضح العلاقة بين النمو السكاني والتوسع العمراني من جهة، ويحدد المناطق الأكثر قابلية للتوسع الحضري مستقبلاً من جهة أخرى، بما يحد من قدرة الجهات التخطيطية على توجيه النمو الحضري بصورة مستدامة.

فرضية البحث □

تتعلق الدراسة من فرضية مفادها أن التوسع الحضري في مدينة الدبس لم يكن عشوائياً، بل خضع لتأثير مجموعة من العوامل المكانية الطبيعية والخدمية، وأن تحليل أنماط التوسع الحضري السابقة باستخدام نموذج (Frequency Ratio) يمكن أن يسهم في تحديد المناطق ذات القابلية العالية للتوسع الحضري، والتي تتوافق بدرجة ملحوظة مع مواقع التوسع الحضري الفعلي في المراحل اللاحقة.

أهمية البحث □

تتبع أهمية الدراسة من كونها تسهم في تعزيز الفهم العلمي لديناميات التوسع الحضري في المدن المتوسطة، من خلال الجمع بين التحليل التاريخي للنمو السكاني والعمراني والنمذجة المكانية للقابلية للتوسع الحضري. مما يكتسب الدراسة أهمية تطبيقية، لكونها توفر خريطة قابلية مكانية يمكن توظيفها كأداة مساندة في دعم قرارات التخطيط الحضري وتوجيه التوسع المستقبلي في مدينة الدبس.

أهداف البحث.

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل تطور النمو السكاني والعمراني في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤)، وبيان العلاقة بينهما، فضلاً عن تحليل اتجاهات التوسع. كما تهدف إلى نمذجة القابلية المكانية للتوسع باستخدام نموذج (Frequency Ratio)، والتحقق من كفاءته في تمثيل أنماط التوسع الحضري الفعلية، بما يوفر أساساً علمياً يمكن الاستناد إليه في توجيه التوسع الحضري المستقبلي.

منهج البحث.

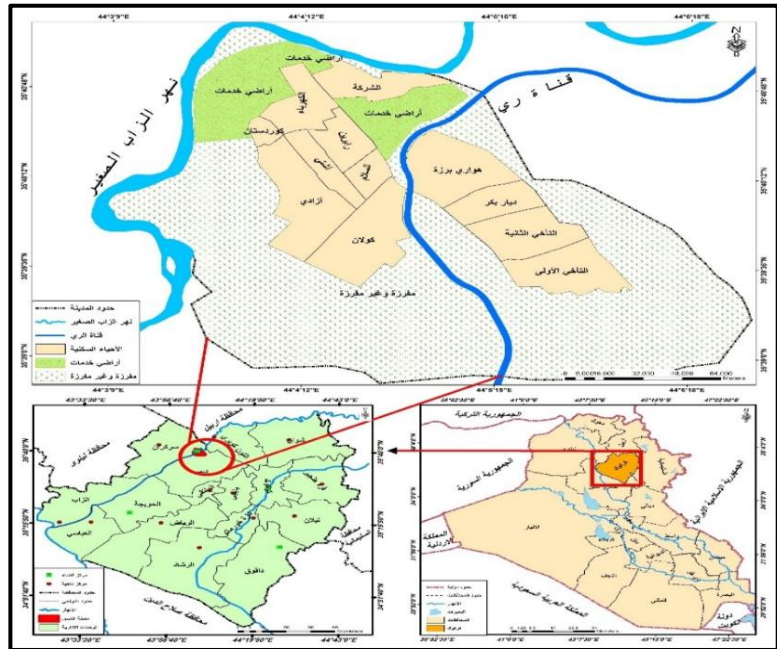
اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي-التحليلي في تحليل النمو السكاني والعمراني واتجاهات التوسع الحضري، من خلال استخدام البيانات الإحصائية والخرائط التاريخية. كما تم توظيف المنهج الكمي-المكاني في نمذجة القابلية للتوسع الحضري، بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونموذج (Frequency Ratio)، وذلك لقياس العلاقة بين التوسع الحضري السابق والعوامل المكانية المؤثرة، وإنتاج خريطة قابلية مكانية والتحقق من كفاءتها زمنياً.

الحدود المكانية والزمانية للدراسة.

أ- الحدود المكانية: تمثلت الحدود المكانية بالحدود البلدية لمدينة الدبس، الواقعة فلكياً بين دائرتي عرض (35° 39' 0" - 35° 40' 48") شمالاً، وخطي طول (44° 6' 18" - 44° 3' 9") شرقاً. إذ تعد المدينة مركزاً وبالغ مساحتها حوالي (١٤٠٠.٦) هكتار، موزعه على (١٢) حياً سكنياً خريطة (١). وبحجم سكاني يبلغ (٢٣٤٢٠) نسمة، بحسب تعداد عام (٢٠٢٤).

ب- الحدود الزمانية: تمثلت بالمدة الممتدة من ١٩٧٧ إلى ٢٠٢٤ لغرض تحليل النمو السكاني والعمراني، في حين اقتصرتم نمذجة القابلية المكانية على مرحلتين زمنيتين، الأولى بوصفها مرحلة تدريب (١٩٩٧-٢٠٠٩)، والثانية بوصفها مرحلة تحقق زمني (٢٠٠٩-٢٠٢٤).

خريطة (١) موقع منطقة الدراسة بالنسبة للعراق ومحافظه كركوك



المصدر: الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الإدارية، مقياس ١/١٠٠٠٠٠٠. خريطة محافظة كركوك، مقياس ١/٢٥٠٠٠٠٠، خريطة مدينة الدبس لعام ٢٠٢٤، ومخرجات برنامج (Arc Gis 10.8).

١. النمو السكاني والعمراني وتطور التوسع الحضري في مدينة الدبس (١٩٧٧-٢٠٢٤).

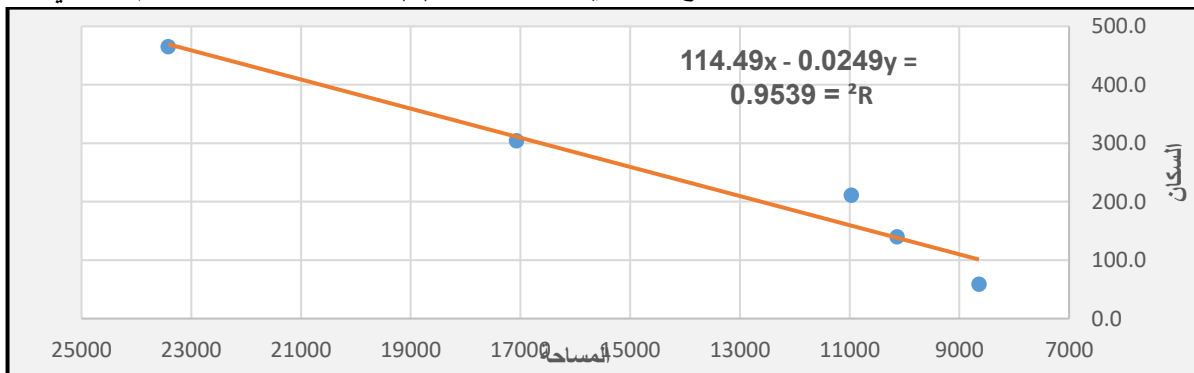
١-١. تحليل النمو السكاني والعمراني والعلاقة بينهما. شهدت مدينة الدبس خلال المدة الممتدة من عام (١٩٧٧) إلى عام (٢٠٢٤) نمواً سكانياً وعمرانياً متواصلًا، اتخذ أشكالاً واتجاهات مختلفة من مرحلة إلى أخرى. فقد ارتفع عدد سكان المدينة من (٨٦٤٣) نسمة عام (١٩٧٧) إلى نحو

(٢٣٤٢٠) نسمة عام (٢٠٢٤)، محققاً زيادة سكانية إجمالية بلغت (١٤٧٧٧) نسمة، وبمعدل نمو سنوي عام قُدِّر بـ(٢.١٪). ويعكس هذا النمو تحولات ديموغرافية واضحة ارتبطت بتغيير الدور الوظيفي للمدينة وتحسن مستوى الخدمات الأساسية فيها، ينظر جدول (١). جدول (١) التطور التاريخي لحجم السكان والمساحة المعمورة في مدينة الدبس للمدة (١٩٧٧ - ٢٠٢٤).

ت	السنوات	عدد سكان	نسبة الزيادة	معدل النمو %	المساحة/هكتار	نسبة الزيادة	معدل النمو %
1	1977	8643	-	-	58.8	-	-
2	1987	10133	1490	1.6	139.8	81.0	9
3	1997	10971	838	0.8	210.9	71.1	4.2
4	2009	17073	6102	3.8	304.1	93.2	3.1
5	2024	23420	6347	2.1	465.1	161.0	2.9
6	1977-2024	-	14777	2.1	-	406.3	4.5

المصدر: الباحث اعتماداً على: (١) جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، نتائج التعداد العام للسكان للأعوام (١٩٧٧، ١٩٨٧، ١٩٩٧) ونتائج الحصر والترقيم لعام (٢٠٠٩)، وتعداد العام (٢٠٢٤).

(٢) الصورة الفضائية لمنطقة الدراسة متعددة المجسات (TM/ETM+/OLI) بحسب أعوام الدراسة، ومخرجات برنامج (Arc GIS V 10.8). بالتوازي مع ذلك، شهدت المساحة العمرانية توسعاً ملحوظاً، إذ ارتفعت من (٥٨.٨) هكتار عام (١٩٧٧) إلى نحو (٤٦٥.١) هكتار في عام (٢٠٢٤)، أي بزيادة كلية بلغت (٤٠٦.٣) هكتار، وبمعدل نمو سنوي عام قدره (٤.٥٪)، وهو معدل يفوق النمو السكاني خلال المدة نفسها. ويشير هذا التفاوت بين معدلي النمو السكاني والعمراني إلى أن التوسع الحضري في مدينة الدبس لم يكن دائماً استجابة مباشرة للنمو السكاني، بل اتخذ في بعض المراحل طابع التوسع الأفقي المسبق، المرتبط بتوفر الأراضي، وتوسع شبكة الطرق، وامتداد الخدمات والمرافق العامة. تكشف المقارنة الزمنية بين النمو السكاني والعمراني عن وجود علاقة غير خطية بين المتغيرين؛ إذ يبيّن الشكل (١) العلاقة بين النمو السكاني والتوسع العمراني في مدينة الدبس، حيث أظهر تحليل الانحدار الخطي وجود ارتباط قوي بين المتغيرين، إذ بلغ معامل التحديد ($R^2=0.90$) ما يشير إلى أن الجزء الأكبر من التغيير في المساحة العمرانية يرتبط بالنمو السكاني. ومع ذلك، تُظهر القيم تبايناً في درجة التوازن بين المتغيرين عبر المراحل الزمنية، إذ سبق التوسع العمراني النمو السكاني في بعض الفترات، وهو ما يعكس اعتماد المدينة على نمط توسع أفقي اتسم بعدم الانتظام الزمني، الأمر الذي يفسر الحاجة إلى أدوات نمذجة مكانية لتوجيه التوسع الحضري مستقبلاً. شكل (١) العلاقة الزمنية بين الحجم السكاني والعمراني



المصدر: - تنظيم الباحث اعتماداً على معطيات جدول (١)، ومخرجات برنامج (Excel). وتشير هذه النتائج إلى أن التوسع الحضري في مدينة الدبس تأثر بمجموعة من العوامل المتداخلة، لم يقتصر دورها على العامل السكاني فقط، بل شملت عوامل خدمية وبنوية ومكانية، وهو ما يفسر لاحقاً أنماط القابلية المكانية للتوسع الحضري التي سيكشف عنها نتائج نمذجة (Frequency Ratio) في المحور الثاني من الدراسة. ٢-١ تحليل المراحل التاريخية للتوسع الحضري. استناداً إلى بيانات النمو السكاني والعمراني وخريطة (٢)، يمكن تقسيم تطور التوسع الحضري في مدينة الدبس إلى مراحل تاريخية متميزة، تعكس اختلاف ديناميات النمو من فترة إلى أخرى.

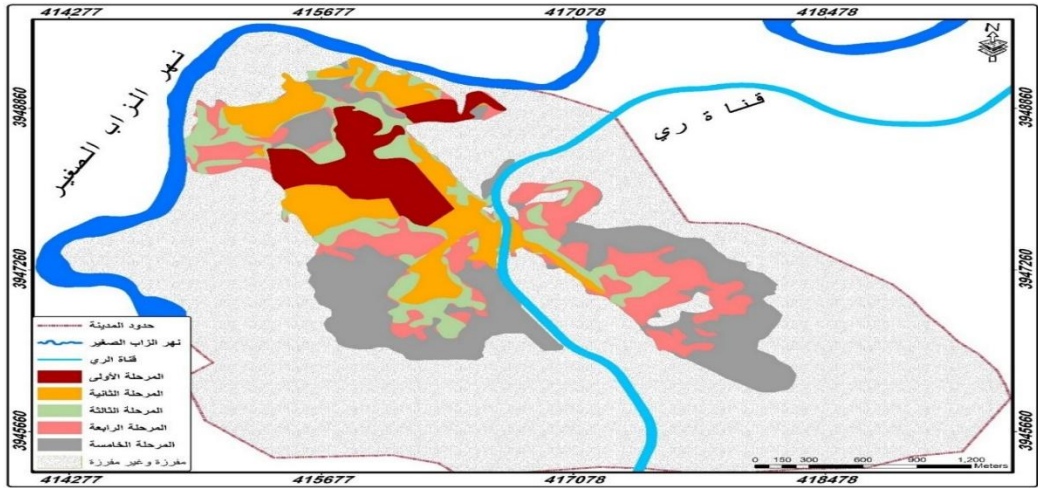
مجلة الفارابي للعلوم الانسانية المجلد (٩) العدد (٣) آذار لعام ٢٠٢٦

-مرحلة النمو الحضري المحدود تمثلت بالمدة (١٩٧٧-١٩٨٧)، اتسمت هذه المرحلة بزيادة عمرانية معتدلة ارتبطت بالنواة الحضرية القائمة، وبمعدلات نمو سكاني وعمراني متقاربة نسبياً. وقد كان التوسع خلال هذه المرحلة محصوراً في نطاقات قريبة من مركز المدينة، مع اعتماد واضح على الامتداد الطبيعي للعمران القائم.

-مرحلة النمو الحضري المتسارع نسبياً (١٩٨٧-١٩٩٧)، تُعد هذه مرحلة توسع حضري متسارع نسبياً، حيث ارتفعت المساحة العمرانية بمعدل نمو بلغ (٩٪)، في حين ظل النمو السكاني منخفضاً نسبياً. ويشير ذلك إلى بداية ظهور نمط التوسع الأفقي، المدفوع بتوفر الأراضي وانفتاح المدينة على محاور نمو جديدة، دون أن يقابله طلب سكاني مباشر بالحجم نفسه.

-مرحلة توسع حضري الأكثر ديناميكية خلال المدة (١٩٩٧-٢٠٠٩)، شهدت المدينة في هذه المرحلة توسعاً حضرياً أكثر ديناميكية، تزامن مع تسارع واضح في النمو السكاني بلغ (٣.٨٪)، وارتفاع في المساحة العمرانية بنسبة (٩٣.٢٪). وتمثل هذه المرحلة نقطة تحول رئيسة في تاريخ النمو الحضري للمدينة، إذ شهدت توسعاً مكانياً واسع النطاق ارتبط بتحسين الخدمات الأساسية وامتداد شبكات النقل والمرافق.

-مرحلة الاستقرار النسبي وإعادة تنظيم التوسع الحضري (٢٠٠٩-٢٠٢٤). تتميز هذه المرحلة بانتقال التوسع الحضري إلى نمط أكثر استقراراً نسبياً، حيث انخفضت معدلات النمو العمراني إلى (٢.٩٪) مقابل استمرار النمو السكاني عند (٢.١٪). ويعكس ذلك بداية تبلور نمط توسع أكثر ارتباطاً بالطلب الفعلي، مع تركّز النمو في اتجاهات محددة تأثرت بالعمران القائم وشبكة الطرق والخدمات، فضلاً عن القيود الطبيعية. خريطة (2) مراحل التطور الحضري في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤).

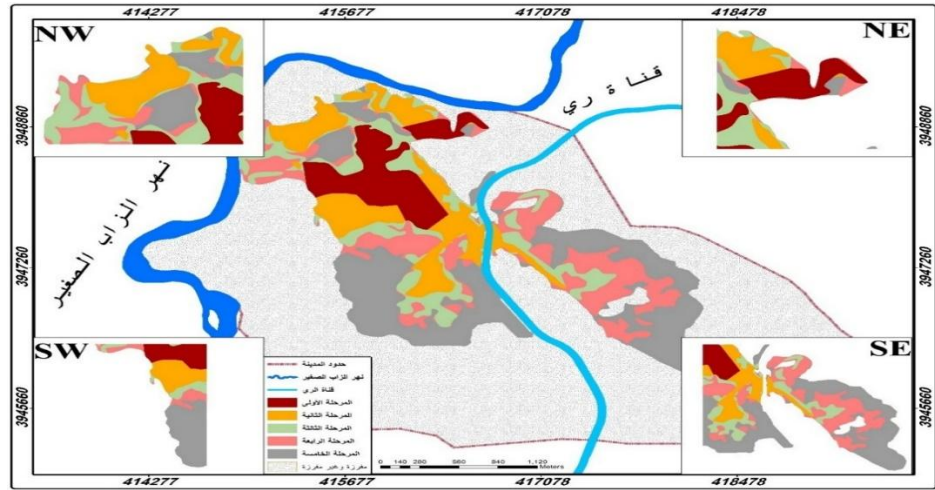


المصدر: الصورة الفضائية متعددة المجسات (TM/ETM+/OLI) بحسب أعوام الدراسة، ومخرجات برنامج (Arc GIS V 10.8).

٣-١. تحليل اتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤). يظهر جدول (٢) وخريطة (٣) اللذان يبيّنان التحليل الكمي لاتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤) وجود تباين واضح في توزيع المساحة العمرانية المتوسعة بين الاتجاهات المختلفة، سواء من حيث الحجم المطلق أو من حيث النسب المئوية، ما يعكس عدم تجانس النمو المكاني للمدينة. جدول (٢) التغير الزمني لاتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس للمدة (١٩٧٧-٢٠٢٤).

ت	الاتجاه	1977	1987	1997	2009	2024	المجموع
1	(NE) شمال شرقي	11.4	8.9	8.4	1.8	2.2	32.7
2	(SE) جنوب شرقي	17.2	35.1	36.3	72.4	114.0	275.1
3	(SW) جنوب غربي	16.8	16.8	6.5	8.0	31.0	79.1
4	(NW) شمال غربي	13.4	20.1	19.8	11.0	13.8	78.1
5	المجموع	58.8	81.0	71.1	93.2	161.0	465.1

المصدر: - الصورة الفضائية متعددة المجسات (TM/ETM+/OLI) لمنطقة الدراسة بحسب أعوام الدراسة، ومخرجات برنامج (Arc GIS V 10.8). خريطة (3) اتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤).



المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على تحليل التوسع الحضري باستخدام برنامج (Arc GIS V 10.8).

فقد بلغ إجمالي التوسع الحضري خلال المدة المدروسة (٤٦٥.١) هكتار، تركز ما يقارب (٢٧٥.١) هكتار منها في الاتجاه الجنوبي الشرقي (SE)، وهو ما يمثل نحو (٥٩.١٪) من إجمالي التوسع الحضري. وتُظهر البيانات الزمنية أن هذا الاتجاه حافظ على موقعه كاتجاه مهيمن للنمو منذ المراحل الأولى، إلا أن وزنه النسبي ازداد بشكل ملحوظ في المراحل اللاحقة، إذ ارتفعت مساهمته من (٢٩.٣٪) عام (١٩٧٧) إلى نحو (٧٠.٨٪) في عام (٢٠٢٤) من إجمالي التوسع في تلك السنة، ما يشير إلى تصاعد واضح في توجيه النمو الحضري نحو هذا الاتجاه بمرور الزمن. في المقابل، سجل الاتجاه الجنوبي الغربي (SW) توسعاً عمرانياً إجمالياً بلغ (٧٩.١) هكتار، أي ما نسبته (١٧.٠٪) من إجمالي التوسع الحضري. وقد اتسم هذا الاتجاه بتراجع نسبي في مساهمته بمرور الزمن، إذ انخفضت حصته من (٢٨.٦٪) عام (١٩٧٧) إلى نحو (١٩.٣٪) في عام (٢٠٢٤)، ما يعكس محدودية قدرته على استيعاب التوسع الحضري المستمر مقارنة بالاتجاه الجنوبي الشرقي. أما الاتجاه الشمالي الغربي (NW)، فقد بلغ مجموع التوسع فيه (٧٨.١) هكتار، بما يعادل (١٦.٨٪) من إجمالي التوسع الحضري. ويلاحظ أن هذا الاتجاه شهد تقلبات واضحة في مساهمته النسبية، حيث ارتفعت حصته خلال المدة (١٩٨٧-١٩٩٧) لتبلغ نحو (٢٨٪) من التوسع في بعض السنوات، قبل أن تنخفض لاحقاً إلى (٨.٦٪) في عام (٢٠٢٤)، وهو ما يدل على أن التوسع في هذا الاتجاه كان مرحلياً وغير مستدام. وسجل الاتجاه الشمالي الشرقي (NE) أدنى مساهمة في التوسع الحضري، إذ لم تتجاوز المساحة المتوسعة فيه (٣٢.٧) هكتار، أي ما نسبته (٧.٠٪) فقط من إجمالي التوسع الحضري خلال المدة المدروسة. كما انخفضت مساهمته النسبية من (١٩.٤٪) عام (١٩٧٧) إلى أقل من (١.٥٪) بعد عام (٢٠٠٩)، ما يؤكد وجود قيود مكانية قوية حدّت من إمكانية التوسع الحضري في هذا الاتجاه. وعلى المستوى الزمني العام، تُظهر النتائج أن اتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس انتقلت من نمط توزيع نسبياً متوازن خلال المراحل المبكرة إلى نمط توسع موجه في المراحل اللاحقة، تركز بصورة أساسية في اتجاه واحد مهيمن. فقد ارتفعت مساهمة الاتجاه الجنوبي الشرقي وحده من أقل من ثلث التوسع الحضري في المراحل الأولى إلى ما يزيد على ثلثي التوسع خلال المرحلة الأخيرة، في حين تراجعت مساهمة الاتجاهات الأخرى مجتمعة من نحو (٧٠٪) إلى أقل من (٣٠٪). مما سبق تشير نتائج تحليل النمو السكاني والعمراني واتجاهات التوسع الحضري في مدينة الدبس خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤) إلى أن النمو الحضري لم يكن منتظماً أو متوازناً مكانياً، بل خضع لآلية توجيه مكاني واضحة، أدت إلى تركّز النمو في اتجاهات محددة دون غيرها ولا سيما الاتجاه الجنوبي الشرقي، الذي استحوذ على الحصة الأكبر من التوسع الحضري. ويعكس هذا النمط الدور الحاسم للعوامل المكانية في توجيه التوسع، وهو ما يوفر إطاراً تفسيرياً ضرورياً لفهم نتائج نمذجة القابلية للتوسع الحضري في المحور الثاني من الدراسة.

٢. نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري في مدينة الدبس باستخدام نموذج (Frequency Ratio).

٢-١. الإطار المنهجي لنمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري.

تُعد نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري إحدى الأدوات التحليلية المهمة لفهم الأنماط المستقبلية للنمو الحضري، من خلال الربط بين التوسع العمراني السابق ومجموعة من العوامل المكانية المؤثرة. وتكمن أهمية هذا النوع من النمذجة في قدرته على الانتقال من التحليل الوصفي للتوسع الحضري، كما ورد في المحور الأول، إلى تحليل مكاني تفسيري وتنبؤي يحدد المناطق الأكثر قابلية لاستيعاب النمو الحضري مستقبلاً، لذا فقد تم اعتماد نموذج (Frequency Ratio) لكونه من النماذج الإحصائية البسيطة والفعالة في تحليل العلاقة بين وقوع ظاهرة مكانية معينة، مثل التوسع الحضري، وبين العوامل المؤثرة فيها. ويقوم هذا النموذج على مقارنة التكرار النسبي للتوسع الحضري ضمن فئات كل عامل مكاني مع

التكرار النسبي لتلك الفئات على مستوى منطقة الدراسة، بما يسمح بتحديد درجة مساهمة كل فئة في تعزيز أو إعاقة التوسع الحضري. ويتميز نموذج (Frequency Ratio) بملاءمته للدراسات الحضرية، لكونه يعتمد على بيانات تاريخية فعلية للتوسع الحضري، كما انه لا يتطلب افتراضات إحصائية معقدة، مما يتيح دمج عدد من العوامل المكانية المتباينة ضمن إطار تحليلي واحد (عبد الظاهر، ٢٠٢٣، ص ٥٣). وبناءً على ذلك، جرى توظيف نموذج (Frequency Ratio) في هذه الدراسة لتحليل القابلية المكانية للتوسع الحضري في مدينة الدبس، استناداً إلى أنماط النمو العمراني السابقة واتجاهاته التاريخية التي تم تحليلها في المحور الأول، وبما يضمن التكامل بين التحليل الزمني والنمذجة المكانية.

٢-٢. البيانات المستخدمة ومعالجتها المكانية.

لتطبيق نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري، تم تصميم وإنشاء قاعدة بيانات مكانية تأخذ في الاعتبار العوامل المؤثرة في النمو الحضري بمدينة الدبس، إذ تم أخذ خمسة عوامل مستخرجة من قاعدة البيانات المكانية المنشأة بعين الاعتبار عند حساب القابلية، وشملت هذه البيانات طبقات العمران القائم، وشبكة الطرق، والخدمات التعليمية، والمرافق العامة، فضلاً عن بيانات الانحدار، وقد جرى إعدادها ومعالجتها ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS). ولغرض توحيد التحليل المكاني، تم تحويل جميع الطبقات المتجهة (Polygon, Line, Point) إلى صيغة الـ (Raster) في بيئة برنامج (ArcMap) بدقة مكانية موحدة بلغت ٣٠ متراً، مع اعتماد الحدود البلدية لمدينة الدبس حداً مكانياً للتحليل، بما يضمن اقتصار النتائج على نطاق المدينة فقط. كما جرى توحيد نظام الإحداثيات والإسقاط لجميع البيانات لضمان الدقة المكانية وتجنب أي انحرافات تحليلية، أما بيانات التوسع الحضري، فقد تم اشتقاقها من مقارنة خرائط العمران لسنوات مختارة تمثل مراحل تاريخية مختلفة، حيث استُخدمت إحدى المراحل السابقة أساساً لبناء النموذج والمتمثلة بالمدة (١٩٩٧-٢٠٠٩)، في حين حُصّصت المرحلة اللاحقة (٢٠٠٩-٢٠٢٤) لغايات التحقق الزمني من كفاءة النموذج. وقد أسهم هذا الأسلوب في تعزيز موثوقية نتائج النمذجة، من خلال الفصل بين بيانات التدريب وبيانات التحقق. وقد جرى بعد ذلك تصنيف كل عامل مكاني إلى فئات ملائمة للتحليل الإحصائي، بما يسمح بحساب قيم (Frequency Ratio) لكل فئة على حدة، ومن ثم دمجها لاحقاً في بناء خريطة القابلية المكانية النهائية للتوسع الحضري.

٢-٣. العوامل المؤثرة في التوسع الحضري بمدينة الدبس.

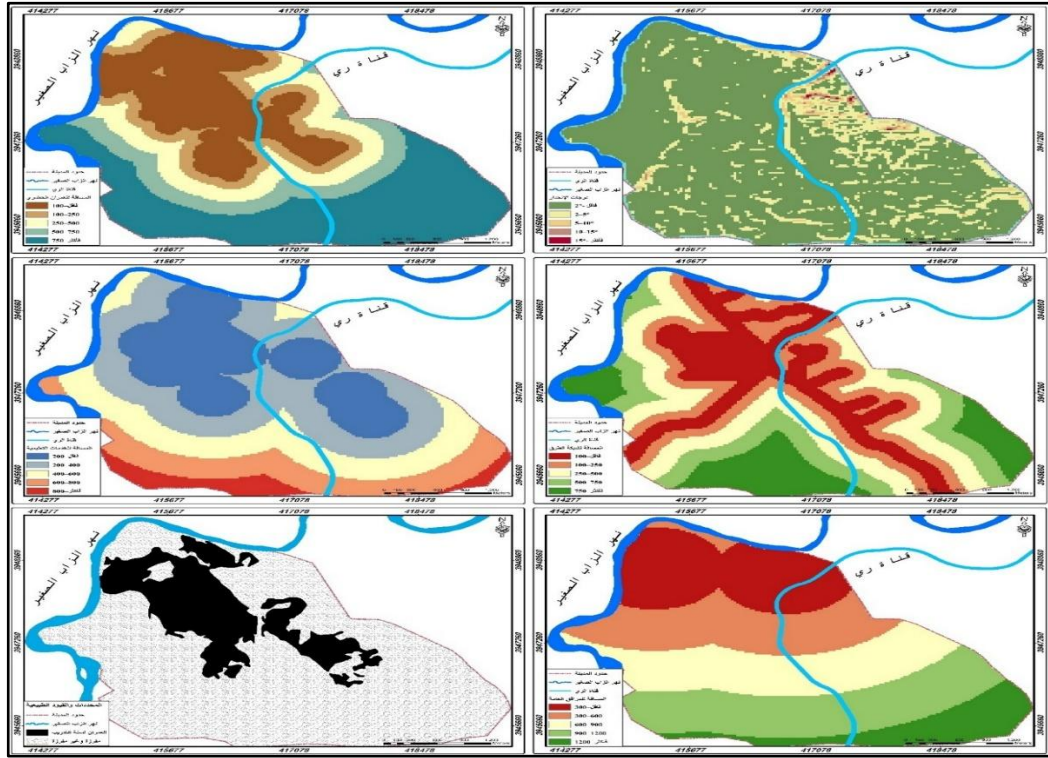
٢-٣-١. الانحدار (Slope) بوصفه عاملاً طبيعياً موجّهاً للتوسع الحضري.

يُعد الانحدار من العوامل الطبيعية المهمة التي تؤثر في ملاءمة الأراضي للتوسع الحضري، لما له من دور في تحديد سهولة البناء وتكلفة التطوير. وانطلاقاً من ذلك، تم إدراج عامل الانحدار ضمن نموذج (Frequency Ratio) لتحليل علاقته بالتوسع الحضري في مدينة الدبس. اعتمدت الدراسة على اشتقاق خريطة الانحدار من نموذج الارتفاع الرقمي وتصنيفها إلى فئات مختلفة، بهدف تحليل توزيع التوسع الحضري السابق ضمن مستويات الانحدار المتباينة. وأظهرت النتائج أن التوسع الحضري تركز بصورة رئيسة في فئات الانحدار المنخفض إلى المتوسط، ولا سيما فئتي (٢-٥ درجات) و (٥-١٠ درجات)، اللتين سجلتا قيم (Frequency Ratio) أعلى من الواحد الصحيح. في المقابل، وعلى الرغم من أن فئة الانحدار البسيط جداً (٠-٢ درجات) تشغل المساحة الأكبر من المدينة، فإن قيم (Frequency Ratio) فيها جاءت أقل من الواحد، ما يدل على أنها لم تكن الأكثر جذباً للتوسع الحضري. كما أظهرت فئات الانحدار الأعلى غياباً شبه تام للتوسع، بما يؤكد الدور المحدد للانحدار عند تجاوز مستويات معينة. وتشير هذه النتائج إلى أن الانحدار أسهم في تحديد الإطار المكاني العام للتوسع الحضري في مدينة الدبس، دون أن يكون العامل الحاسم الوحيد، إذ تداخل تأثيره مع العوامل البنوية والخدمية التي وُجّهت التوسع داخل النطاقات الطبيعية الملائمة.

٢-٣-٢. العمران القائم لسنة التدريب بوصفه عاملاً موجّهاً للتوسع الحضري.

يُعد العمران القائم أحد أكثر العوامل تأثيراً في توجيه التوسع الحضري، إذ يرتبط النمو المكاني للمدن غالباً بألية الامتداد المتدرج للنسيج العمراني القائم بدل نشوء مراكز عمرانية معزولة. وانطلاقاً من ذلك، تم إدراج عامل العمران القائم ضمن نموذج (Frequency Ratio) لتحليل دوره في تحديد مناطق القابلية المكانية للتوسع الحضري في مدينة الدبس. اعتمدت الدراسة على تمثيل العمران القائم بوصفه طبقة مكانية أساس، جرى تصنيفها إلى نطاقات ذات مسافات متدرجة تعكس درجة القرب من النسيج العمراني القائم، بما يسمح بتحليل العلاقة بين التوسع الحضري السابق ومستويات القرب المختلفة. وقد أظهرت نتائج التحليل وجود علاقة طردية واضحة بين التوسع الحضري والقرب من العمران القائم لسنة التدريب، حيث سجلت النطاقات الأقرب قيم (Frequency Ratio) مرتفعة مقارنة بالنطاقات الأبعد. ويشير ذلك إلى أن التوسع الحضري في مدينة الدبس اتخذ في مجمله نمط الامتداد المتصل، حيث فضّل النمو العمراني التوسع بمحاذاة النسيج القائم، مستفيداً من البنية التحتية والخدمات المتوفرة، ومقللاً في الوقت نفسه من كلفة التوسع في المناطق البعيدة أو المنفصلة. في المقابل، تراجعت قيم (Frequency Ratio) بشكل ملحوظ في

النطاقات الأبعد عن العمران القائم، ما يدل على ضعف جاذبيتها للتوسع الحضري خلال فترة الدراسة ينظر خريطة (٤). وتتسجم هذه النتائج مع ما أظهره تحليل المراحل التاريخية واتجاهات التوسع الحضري في المحور الأول، الذي بين أن النمو العمراني في مدينة الدبس لم يتخذ طابع القفزات المكانية، بل اتسم بالامتداد التدريجي في اتجاهات محددة انطلقت أساساً من النواة الحضرية. ويعكس ذلك دور العمران القائم بوصفه عاملاً بنوياً مهيماً يوجّه النمو الحضري داخل الإطار المكاني العام الذي تفرضه العوامل الطبيعية. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن العمران القائم مثل أحد المحددات الأساسية لتوزيع القابلية المكانية للتوسع الحضري، إذ أسهم في تركّز القابلية العالية في المناطق المحيطة بالنسيج العمراني القائم، وهي المناطق التي أظهرت لاحقاً توافقاً كبيراً مع مواقع التوسع الحضري الفعلي خلال مرحلة التحقق الزمني من النموذج. خريطة (٤) العوامل المكانية المؤثرة في التوسع الحضري لمدينة الدبس خلال مرحلة التدرّيب (١٩٩٧-٢٠٠٩).



المصدر: الباحث اعتماداً على المعالجة الإحصائية المكانية باستخدام برنامج (Arc GIS V 10.8).

٢-٣-٣. شبكة الطرق ودورها في توجيه التوسع الحضري. تمثل شبكة الطرق أحد العوامل البشرية (البنوية) المهمة في توجيه التوسع الحضري، لما توفره من سهولة وصول وربط بين المناطق الجديدة والنسيج العمراني القائم. لذا فقد جرى في هذه الدراسة تمثيل شبكة الطرق المعتمدة خلال مرحلة ما قبل التوسع اللاحق، مع دمج الطرق الرئيسية والثانوية في طبقة واحدة لتحليل تأثيرها المكاني. وأظهرت نتائج نموذج (Frequency Ratio) أن التوسع الحضري في مدينة الدبس تركز بصورة أكبر في النطاقات القريبة من شبكة الطرق، حيث سجلت هذه النطاقات قيمة أعلى مقارنة بالمناطق الأبعد. ويعكس هذا النمط الدور الفاعل لشبكة الطرق في فتح محاور نمو جديدة وتوجيه التوسع الحضري في اتجاهات محددة، وهو ما يتسجم مع نتائج تحليل اتجاهات التوسع الحضري التي أظهرت سيادة اتجاهات ارتبطت بمحاور الحركة الرئيسية، وتشير هذه النتائج إلى أن شبكة الطرق أسهمت في تعزيز القابلية المكانية للتوسع الحضري داخل النطاقات التي تتوافر فيها إمكانية الوصول، دون أن تكون عامل جذب مستقل بمعزل عن بقية العوامل البنوية والخدمية.

٢-٣-٤. الخدمات التعليمية ودورها في توجيه التوسع الحضري. تُعد الخدمات التعليمية من العوامل الخدمية المهمة التي تسهم في تعزيز جاذبية المناطق الحضرية للتوسع، نظراً لارتباطها المباشر باحتياجات السكان اليومية. وفي هذه الدراسة، جرى اعتماد مواقع المؤسسات التعليمية القائمة خلال مرحلة ما قبل التوسع الحضري اللاحق بوصفها عاملاً مكانياً لتحليل علاقتها بأنماط النمو العمراني. وأظهرت نتائج نموذج (Frequency Ratio) أن التوسع الحضري في مدينة الدبس تركز نسبياً في النطاقات القريبة من الخدمات التعليمية، حيث سجلت هذه النطاقات قيمة أعلى مقارنة بالمناطق الأبعد. ويشير ذلك إلى أن توفر المؤسسات التعليمية أسهم في تعزيز القابلية المكانية للتوسع الحضري، لاسيما في المراحل التي

شهدت نمواً سكانياً ملحوظاً، كما تم توضيحه في المحور الأول. ومع ذلك، فإن تأثير الخدمات التعليمية جاء أقل حدة مقارنة بالعوامل البنوية مثل العمران القائم وشبكة الطرق، ما يدل على أن دورها كان تعزيزياً أكثر من كونه عامل توجيه رئيساً للتوسع الحضري.

٢-٣-٥ المرافق العامة (المياه والكهرباء) ودورها في القابلية المكانية للتوسع الحضري. تمثل المرافق العامة، ولا سيما شبكتي المياه والكهرباء، أحد الشروط الأساسية لتهيئة الأراضي للتوسع الحضري. وفي هذا الإطار، جرى اعتماد مواقع البنى التحتية للمياه والكهرباء القائمة خلال مرحلة ما قبل التوسع وتحليل تأثيرها المكاني باستخدام نموذج (Frequency Ratio). وقد أظهرت نتائج التحليل أن التوسع الحضري في مدينة الدبس ارتبط بصورة أوضح بالمناطق الواقعة ضمن نطاقات قريبة من المرافق العامة، حيث سجلت هذه النطاقات قيم (Frequency Ratio) مرتفعة نسبياً، في حين تراجعت القيم في المناطق البعيدة عنها. ويعكس هذا النمط الدور المحوري للمرافق العامة في توجيه التوسع الحضري، من خلال تقليل كلفة إيصال الخدمات وتشجيع الامتداد العمراني في نطاقات محددة، وتشير هذه النتائج إلى أن المرافق العامة لم تعمل بوصفها عامل جذب مستقل، بل أسهمت في تعزيز القابلية المكانية للتوسع ضمن النطاقات التي تتوافر فيها شروط بنوية أخرى ملائمة، وهو ما يفسر تركيز القابلية العالية في مناطق محددة دون غيرها.

٢-٣-٦. المحددات والقيود الأخرى وأثرها في التوسع الحضري. تتأثر أنماط التوسع الحضري في مدينة الدبس بعدد من القيود الطبيعية، في مقدمتها نهر الزاب والقنوات المائية المرتبطة به، والتي تمثل عوائق مكانية تحد من التوسع الحضري في بعض الاتجاهات. وقد أظهرت نتائج التحليل التاريخي واتجاهات التوسع الحضري أن هذه العناصر الطبيعية أسهمت في تقليص فرص النمو الحضري، ولا سيما في الاتجاهات الشمالية والشمالية الشرقية من المدينة. وعلى الرغم من أهمية هذه القيود في تفسير أنماط التوسع الحضري، فإنها لم تُدرج ضمن نموذج (Frequency Ratio) بوصفها عوامل مستقلة، وذلك لكونها تمثل عوامل مقيدة فعلاً لا تعمل على تعزيز القابلية للتوسع، بل تحد منها بشكل مباشر. كما أن إدراجها ضمن النموذج قد يؤدي إلى تحييز النتائج عبر خفض القابلية تلقائياً في نطاقات واسعة دون إسهام تفسيري إضافي.

وبناءً على ذلك، جرى التعامل مع هذه القيود والمحددات ضمنياً من خلال تأثيرها في اتجاهات التوسع الحضري وفي توزيع القابلية المكانية النهائية، دون إدخالها كمتغيرات كمية في النموذج، وهو ما ينسجم مع المنهجية المعتمدة في العديد من دراسات نمذجة القابلية للتوسع الحضري. ٢-٤. تطبيق نموذج الـ (Frequency Ratio). تم تطبيق نموذج (Frequency Ratio) في هذه الدراسة بوصفه أسلوباً إحصائياً مكانياً لقياس العلاقة بين التوسع الحضري السابق والعوامل المكانية المؤثرة في مدينة الدبس. واعتمد التطبيق على الفصل بين مرحلتي التدريب والتحقق الزمني، بما يعزز موثوقية النتائج ويحد من التحيز المكاني. فقد جرى استخدام طبقة التوسع الحضري للمدة (١٩٩٧-٢٠٠٩) بوصفها مرحلة تدريبية، بعد تحويلها إلى صيغة (Raster)، لاستخلاص العلاقة المكانية بين التوسع الحضري وفئات العوامل المعتمدة في النموذج. في المقابل، خُصصت طبقة التوسع الحضري للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)، بعد تحويلها إلى صيغة (Raster)، لغرض التحقق الزمني من كفاءة النموذج بعد إنتاج خريطة القابلية النهائية، ولغرض حساب قيم الـ (Frequency Ratio)، جرى مقارنة النسبة المئوية لمساحة التوسع الحضري الواقعة ضمن كل فئة من فئات العوامل المكانية، مع النسبة المئوية لمساحة تلك الفئة ضمن منطقة الدراسة ككل. وتم احتساب قيمة (FR) لكل فئة وفق العلاقة: -

$$FR = \frac{A_{exp,i}/A_{exp}}{A_i/A}$$

حيث تمثل: - $A_{exp,i}$ مساحة التوسع الحضري ضمن الفئة i ، وتمثل A_{exp} إجمالي مساحة التوسع الحضري خلال المرحلة التدريبية، في حين تمثل A_i مساحة الفئة i ضمن المدينة، و A إجمالي مساحة المدينة. وتُفسَّر قيم (FR) التي تزيد على الواحد الصحيح بوصفها مؤشراً على وجود علاقة إيجابية بين الفئة والتوسع الحضري، في حين تشير القيم الأقل من الواحد إلى ضعف القابلية (Lee, S., Pradhan, B. 2007, p38). وقد جرى تحويل قيم (FR) إلى طبقات (Raster)، وزنية لكل عامل، تمهيداً لدمجها لاحقاً في بناء خريطة القابلية المكانية للتوسع الحضري، ثم إخضاعها للتحقق باستخدام بيانات التوسع الحضري اللاحقة للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)، وجاءت النتائج وفق جدول (٣).

٢-٥. بناء خريطة القابلية المكانية للتوسع الحضري لمدينة الدبس. بعد احتساب قيم (Frequency Ratio) لجميع فئات العوامل المكانية المعتمدة في الدراسة، جرى تحويل هذه القيم إلى طبقات (Raster) وزنية تمثل القابلية الجزئية للتوسع الحضري لكل عامل على حدة. وتُعد هذه الخطوة أساسية في نماذج (FR)، إذ تسمح بتمثيل الأثر النسبي لكل عامل ضمن إطار مكاني موحد، تمهيداً لعملية الدمج النهائي (p74, Tehrani et al., 2013). ولغرض بناء خريطة القابلية المكانية النهائية، تم دمج طبقات الأوزان الناتجة عن جميع العوامل باستخدام أسلوب الجمع الخطي البسيط (Linear Overlay)، والذي يُعد من أكثر الأساليب شيوعاً في نمذجة القابلية المكانية عند استخدام نماذج قائمة على

النسب الإحصائية، مثل (Frequency Ratio)، نظراً لافتراضه استقلالية العوامل وعدم الحاجة إلى أوزان ذاتية إضافية كما هو موضح في المعادلة (Lee, S., Pradhan, B. 2007, p35) :-

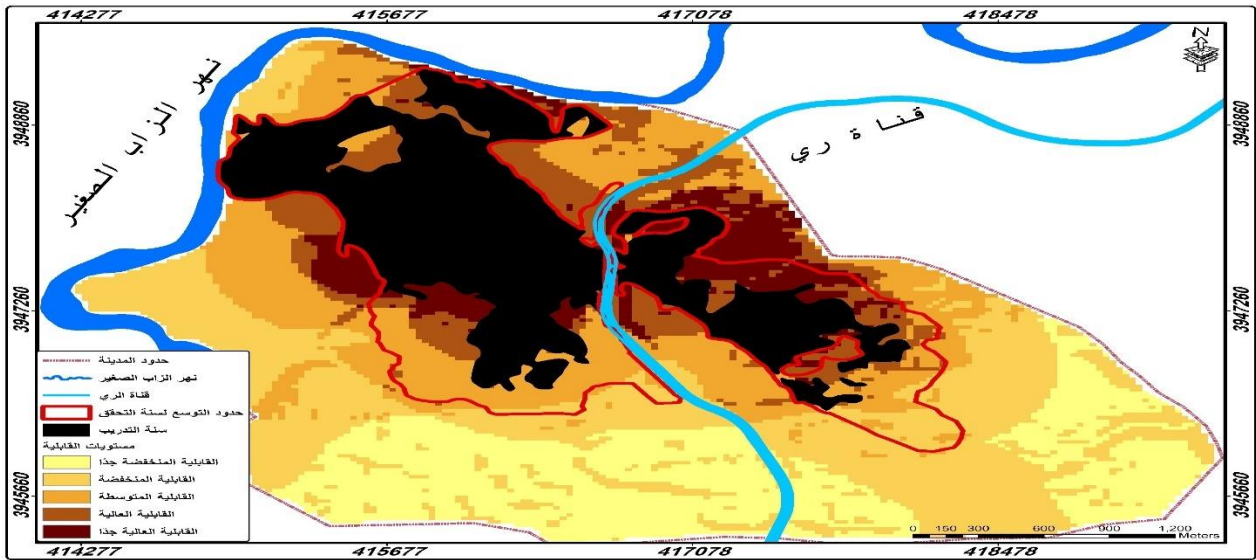
$$FR \text{ المرافق العامة} + FR \text{ الخدمات التعليمية} + FR \text{ الطرق الرئيسية} + FR \text{ العمران} + FR \text{ الانحدار} = \text{تأثير القابلية}$$

وأسفر هذا الدمج عن إنتاج (Raster) يمثل القابلية المكانية الإجمالية للتوسع الحضري داخل حدود مدينة الدبس. وقد أظهرت خريطة القابلية الناتجة تدرجاً مكانياً واضحاً في قيم القابلية، عكس التباين في تأثير العوامل المكانية المختلفة، وسمح بتمييز مناطق ذات قابلية منخفضة وأخرى ذات قابلية مرتفعة للتوسع الحضري. ولغرض تسهيل تفسير النتائج وتحليلها مكانياً، جرى تصنيف خريطة القابلية النهائية إلى خمس فئات رئيسية، هي: قابلية منخفضة جداً، منخفضة، متوسطة، عالية، وعالية جداً، باستخدام أسلوب (Natural Breaks (Jenks)، الذي يهدف إلى تعظيم التباين بين الفئات وتقليل التباين داخل الفئة الواحدة، وهو أسلوب مستخدم على نطاق واسع في الدراسات المكانية ذات الطبيعة التطبيقية (Malczewski, 2004, p22). جدول (3) نتائج حساب نموذج (FR) للعوامل المكانية المؤثرة في التوسع الحضري بمدينة الدبس خلال مرحلة التدریب (١٩٩٧-٢٠٠٩).

العامل	فئة الانحدار	AreaClass (م ^٢)	%	ExpClass (م ^٢)	%	FR
الانحدار	0-2°	10,940,400	80.90	661,500	69.47	0.86
	2-5°	2,206,800	16.32	254,700	26.75	1.64
	5-10°	291,600	2.16	30,600	3.21	1.49
	10-15°	67,500	0.50	5,400	0.57	1.14
	15-20°	17,100	0.13	0	0.00	0.00
	الإجمالي	13,523,400	100.00	952,200	100.00	1.00
العمران القائم	0-100	7,119,900	50.81	915,300	95.85	1.89
	100-250	2,872,800	20.50	39,600	4.15	0.20
	250-500	2,450,700	17.49	0.00	0.00	0.00
	500-750	1,081,800	7.72	0.00	0.00	0.00
	750-1000	487,800	3.48	0.00	0.00	0.00
	الإجمالي	14,013,000	100.00	954,900	100.00	1.00
النقل	0-100	7,434,900	53.06	872,100	91.33	1.72
	100-250	3,528,900	25.18	82,800	8.67	0.34
	250-500	1,942,200	13.86	0.00	0.00	0.00
	500-750	925,200	6.60	0.00	0.00	0.00
	750-1000	181,800	1.30	0.00	0.00	0.00
	الإجمالي	14,013,000	100.00	954,900	100.00	1.00
التعليم	0-200	4,066,200	29.0	651,600	68.2	2.35
	200-400	4,123,800	29.4	299,700	31.4	1.07
	400-600	2,875,500	20.5	3,600	0.4	0.02
	600-800	2,141,100	15.3	0.0	0.0	0.00
	>800	806,400	5.8	0.0	0.0	0.00
	الإجمالي	14,013,000	100.0	954,900	100.0	1.00
٥	0-300	3,008,700	21.5	237,600	24.9	1.16

2.00	41.4	395,100	20.7	2,902,500	300-600
1.51	33.7	322,200	22.3	3,123,000	600-900
0.00	0.0	0	24.7	3,458,700	900-1200
0.00	0.0	0	10.8	1,520,100	>1200
1.00	100.0	954,900	100.0	14,013,000	الإجمالي

المصدر: الباحث اعتماداً على بيانات التوسع الحضري ونموذج (Frequency Ratio)، ومخرجات برنامج (Arc Gis 10,8). ويُعد هذا التصنيف ضرورياً لتحويل القيم الرقمية المجردة إلى فئات مكانية قابلة للتفسير والتوظيف التخطيطي، فضلاً عن دوره في تسهيل عملية التحقق الزمني اللاحقة من كفاءة النموذج. وقد أظهرت خريطة (٥) القابلية المصنفة تركز الفئات ذات القابلية العالية والعالية جداً في مناطق محددة من المدينة، بما يعكس التفاعل المشترك بين العوامل الطبيعية والبنوية والخدمية، ويؤكد أن التوسع الحضري المحتمل لا يتوزع بصورة عشوائية داخل النطاق الحضري. وبذلك، شكّلت خريطة القابلية المكانية الناتجة الأساس التحليلي الذي تم الاعتماد عليه في مرحلة التحقق الزمني من النموذج باستخدام بيانات التوسع الحضري اللاحقة للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)، بهدف تقييم مدى توافق التوسع الحضري الفعلي مع مناطق القابلية المتوقعة. خريطة (٥) القابلية المكانية للتوسع الحضري في مدينة الدبس باستخدام نموذج (Frequency Ratio).



المصدر. من إعداد الباحث بالاعتماد على نموذج (Frequency Ratio) ومخرجات برنامج (Arc Gis 10,8).

٢-٦. التحقق الزمني من نموذج القابلية المكانية للتوسع الحضري للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤). للتأكد من كفاءة نموذج (Frequency Ratio) وقدرته على تمثيل أنماط التوسع الحضري بصورة واقعية، تم إخضاع خريطة القابلية المكانية الناتجة لعملية تحقق زمني (Temporal Validation) باستخدام بيانات توسع حضري لاحقة لم تدخل في مرحلة بناء النموذج. وقد تمثلت بيانات التحقق بطبقة التوسع الحضري للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)، والممثلة بصيغة الـ (Raster)، وذلك بهدف اختبار مدى توافق التوسع الحضري الفعلي مع فئات القابلية المتوقعة. واعتمدت عملية التحقق على تحليل التوزيع المساحي للتوسع الحضري خلال فترة التحقق ضمن فئات القابلية المختلفة، من خلال مقارنة مواقع التوسع الفعلي مع خريطة القابلية المصنفة إلى خمس فئات. وذلك بالاستناد إلى نتائج تحليل (Tabulate Area) في بيئة برنامج (ArcMap)، الذي يبيّن مساحة التوسع الحضري الواقعة ضمن كل فئة من فئات القابلية. ولغرض قياس كفاءة النموذج، تم حساب نسبة التوسع الحضري الواقع ضمن فئتي القابلية العالية والعالية جداً من إجمالي التوسع الحضري خلال فترة التحقق وفق العلاقة: -

$$FR = \frac{A_H + A_{VH}}{A_T}$$

حيث تمثل: - A_H مساحتي التوسع الحضري ضمن فئتي القابلية العالية والعالية جداً على التوالي، في حين تمثل A_T إجمالي مساحة التوسع الحضري خلال فترة التحقق. جدول (٤) توزيع التوسع الحضري خلال الفترة ٢٠٠٩-٢٠٢٤ على فئات القابلية المكانية للتوسع الحضري

النسبة %	مساحة التوسع خلال فترة التحقق (م ^٢)	النسبة %	من المساحة الكلية للمدينة (م ^٢)	فئة القابلية
11.60%	192,600	18.70%	2,534,400	القابلية المنخفضة جداً
41.40%	684,900	26.10%	3,528,000	القابلية المنخفضة
27.70%	458,100	21.80%	2,942,100	القابلية المتوسطة
19.30%	320,400	18.60%	2,518,200	القابلية العالية
0.00%	0	14.80%	2,000,700	القابلية العالية جداً
100.00%	1,656,000	100.00%	13,523,400	المجموع

المصدر: اعتماداً على معطيات خريطة (١)، ومخرجات برنامج (Arc Gis 10,8).

وبناءً على نتائج جدول التحقق (٤) اعلاه، فقد أظهرت نتائج التحليل أن التوسع الحضري لم يتوزع بشكل متجانس على جميع فئات القابلية، بل تركز بصورة ملحوظة في الفئات ذات القابلية المرتفعة، إذ بلغت نسبة التوسع الحضري الواقع ضمن فئتي القابلية العالية والعالية جداً نحو (٤٧٪) من إجمالي التوسع الحضري خلال المدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤)، في حين أن هاتين الفئتين لا تمثلان سوى نحو (٣٣.٤٪) من المساحة الكلية لمدينة الدبس. ويعكس هذا التفاوت بين النسبة المساحية ونسبة التوسع الفعلي قدرة النموذج على تمييز المناطق ذات الأولوية الأعلى للتوسع الحضري، وعدم اقتصار نتائجه على تأثير المساحة وحدها. وتشير هذه النتائج إلى أن نموذج (Frequency Ratio) نجح في التقاط الأنماط المكانية الأساسية للتوسع الحضري، من خلال تركّز التوسع الفعلي في نطاقات سبق أن حددها النموذج بوصفها ذات قابلية مرتفعة. كما تؤكد أن القابلية المكانية الناتجة لم تكن عشوائية، بل جاءت متسقة مع اتجاهات النمو الحضري التاريخية والعوامل المكانية المؤثرة التي تم تحليلها في المحور الأول. وعلى الرغم من أن جزءاً من التوسع الحضري قد وقع خارج فئات القابلية العالية، فإن ذلك يُعدّ أمراً متوقعاً في النماذج المكانية ذات الطبيعة الإحصائية، نظراً لتأثير عوامل غير ممثلة في النموذج، أو تغير الظروف التخطيطية والاقتصادية بمرور الزمن. ومع ذلك، فإن تركّز نسبة كبيرة من التوسع الحضري داخل الفئات ذات القابلية المرتفعة يشير إلى مستوى جيد من الكفاءة التنبؤية للنموذج، ويعزز من إمكانية الاعتماد عليه كأداة مساعدة في توجيه التوسع الحضري المستقبلي.

٢-٧. تحليل نتائج نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري لمدينة الدبس. أظهرت نتائج نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري باستخدام نموذج (Frequency Ratio) أن أنماط التوسع الحضري في مدينة الدبس تخضع لمنظومة مكانية متداخلة من العوامل الطبيعية والبنوية والخدمية، ولا يمكن تفسيرها بعامل واحد منفرد. فقد بينت خريطة القابلية النهائية وجود تركّز واضح للفئات ذات القابلية العالية والعالية جداً في مناطق محددة من المدينة، وهو ما يعكس استمرارية الاتجاهات التاريخية للتوسع الحضري التي تم تحليلها في المحور الأول. وأوضحت نتائج التحقق الزمني أن نسبة معتبرة من التوسع الحضري الفعلي خلال المدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤) تركزت ضمن فئات القابلية العالية، رغم أن هذه الفئات تشغل جزءاً محدوداً من مساحة المدينة. ويشير هذا التوافق بين القابلية المتوقعة والتوسع الفعلي إلى أن النموذج لم يعتمد على التوزيع المساحي للعوامل فحسب، بل نجح في التقاط العلاقات المكانية الحقيقية التي حكمت نمو المدينة خلال العقود السابقة. كما بينت النتائج أن العوامل البنوية، ولا سيما العمران القائم وشبكة الطرق، لعبت الدور الأبرز في توجيه التوسع الحضري داخل النطاقات الطبيعية الملائمة، في حين أسهمت العوامل الخدمية، مثل الخدمات التعليمية والمرافق العامة، في تعزيز القابلية داخل هذه النطاقات دون أن تكون عوامل توجيه مستقلة. أما العوامل الطبيعية، ممثلة بالانحدار، فقد أسهمت في تحديد الإطار المكاني العام للتوسع، من خلال تقييد النمو في المناطق غير الملائمة، دون أن تمنع التوسع بالكامل في الأراضي ذات الانحدار المنخفض إلى المتوسط. وفي المقابل، أظهرت نتائج النموذج أن بعض مناطق التوسع الحضري وقعت خارج فئات القابلية العالية، وهو ما يمكن تفسيره بتأثير عوامل غير ممثلة في النموذج، أو بتغير السياسات التخطيطية والاقتصادية خلال فترة التحقق. ويُعدّ هذا الأمر متوقعاً في نماذج القابلية الإحصائية، ولا يقلل من كفاءة النموذج طالما أن الجزء الأكبر من التوسع تركز في المناطق ذات القابلية المرتفعة. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن نموذج (Frequency Ratio) أظهر كفاءة جيدة في نمذجة القابلية المكانية للتوسع الحضري في مدينة الدبس، من خلال قدرته على تمثيل الاتجاهات العامة للنمو الحضري وترتيب المناطق وفق درجات متفاوتة من القابلية، بما يجعله أداة تحليلية مساعدة يمكن الاستفادة منها في دعم القرارات التخطيطية المستقبلية.

توصلت الدراسة إلى مجموعة من الاستنتاجات الرئيسية المتعلقة بدinamيات النمو الحضري في مدينة الدبس والقابلية المكانية للتوسع الحضري، يمكن تلخيصها بما يأتي: -

١- أظهر تحليل النمو السكاني والعمراني خلال المدة (١٩٧٧-٢٠٢٤) وجود تباين واضح بين معدلات النمو السكاني ومعدلات التوسع العمراني، حيث سبق التوسع العمراني النمو السكاني في بعض المراحل، ما يعكس اعتماد المدينة على نمط توسع أفقي اتسم بعدم الانتظام الزمني.

٢- بين تحليل المراحل التاريخية واتجاهات التوسع الحضري أن النمو العمراني لم يكن عشوائياً، بل تركز بصورة رئيسة في اتجاهات محددة، ولا سيما الاتجاه الجنوبي الشرقي، نتيجة تداخل العوامل البنوية والخدمية مع القيود الطبيعية التي حدت من التوسع في اتجاهات أخرى.

٣- أظهرت نتائج نمذجة القابلية المكانية باستخدام نموذج (Frequency Ratio) أن التوسع الحضري في مدينة الدبس يرتبط بمجموعة من العوامل المكانية المتداخلة، تصدّرها العمران القائم وشبكة الطرق، في حين لعبت العوامل الخدمية دوراً تعزيزياً، وأسهم الانحدار في تحديد الإطار المكاني العام للتوسع.

٤- أثبتت نتائج التحقق الزمني للمدة (٢٠٠٩-٢٠٢٤) كفاءة جيدة للنموذج، حيث تركز نحو (٤٧٪) من التوسع الحضري الفعلي ضمن فنتي القابلية العالية والعالية جداً، رغم أن هاتين الفئتين تمثلان حوالي (٣٣.٤٪) فقط من مساحة المدينة، ما يدل على قدرة النموذج على تمييز مناطق التوسع ذات الأولوية.

٥- أكدت الدراسة أن خريطة القابلية المكانية الناتجة تمثل أداة تفسيرية وتنبؤية فعّالة، تعكس استمرارية أنماط النمو الحضري التاريخية، وتوفر أساساً مكانياً يمكن الاستناد إليه في توجيه التوسع الحضري المستقبلي.

التوصيات.

في ضوء النتائج التي توصلت إليها الدراسة، يمكن تقديم التوصيات الآتية:-

١. اعتماد خريطة القابلية المكانية للتوسع الحضري كأداة مساندة في إعداد الخطط العمرانية المستقبلية لمدينة الدبس، ولا سيما عند تحديد مناطق التوسع ذات الأولوية.

٢. توجيه التوسع الحضري نحو المناطق المصنفة ضمن فئات القابلية العالية والعالية جداً، مع الحد من الامتداد العمراني في المناطق منخفضة القابلية لتقليل الكلفة الاقتصادية والمخاطر البيئية.

٣. تعزيز التكامل بين التخطيط العمراني وشبكة الطرق والخدمات الأساسية، بما يسهم في توجيه النمو الحضري بصورة أكثر كفاءة واستدامة.

٤. أخذ القيود الطبيعية، ولا سيما نهر الزاب والمجاري المائية، بنظر الاعتبار بوصفها عناصر تنظيمية للتوسع الحضري، مع الحفاظ على أدوارها البيئية وعدم الزحف العمراني غير المنظم باتجاهها.

٥. توصي الدراسة بإجراء أبحاث لاحقة تعتمد على دمج عوامل إضافية، مثل العوامل الاقتصادية أو السياسات التخطيطية، واستخدام نماذج مكانية مقارنة، بهدف تعميق فهم ديناميات التوسع الحضري وتعزيز دقة التنبؤ المستقبلي.

المصادر.

1- Angel, Shlomo., et al. (2011). Making room for a planet of cities. Lincoln Institute of Land Policy.

https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/making-room-for-a-planet-of-cities-full_0.pdf

2- Seto, Karen., et al. (2011). A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. PloS one. Volume 6, Issue 8.

3- Lee, S., & Pradhan, B. (2007). Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. Landslides, Volume 4, Issue 1, 33-41.

٤- جمهورية العراق، وزارة التخطيط، الجهاز المركزي للإحصاء، نتائج التعداد العام للسكان للأعوام (١٩٧٧، ١٩٨٧، ١٩٩٧)

ونتايج الحصر والترقيم لعام (٢٠٠٩)، وتعداد العام (2024).

5- Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2005). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. Remote Sensing of Environment, Volume 86, Issue 3, 286-302.

6- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptibility using GIS-based data driven models. Journal of Hydrology, Volume 504, 69-89.

7- Malczewski, Jacek. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. Progress in Planning, 62(1), 3–65.

٨- عبد الظاهر، محمد ربيع، (٢٠٢٣)، دور التقنيات الجيومعلوماتية فى التنبؤ بالنمو الحضري لمدينة السويس، مصر باستخدام نموذج frequency ratio، المجلة الدولية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات (IJ-ICT)، المجلد ٥، العدد ١.

References

- 1- Angel, Shlomo., et al. (2011). Making room for a planet of cities. Lincoln Institute of Land Policy. https://www.lincolninst.edu/app/uploads/legacy-files/pubfiles/making-room-for-a-planet-of-cities-full_0.pdf
- 2- Seto, Karen., et al. (2011). A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. PloS one. Volume 6, Issue 8.
- 3- Lee, S., & Pradhan, B. (2007). Landslide hazard mapping at Selangor, Malaysia using frequency ratio and logistic regression models. Landslides, Volume 4, Issue 1, 33–41.
- 4- Republic of Iraq, Ministry of Planning, Central Statistical Organization, Results of the General Population Census for the years (1977, 1987, 1997) and the results of the enumeration and numbering for the year (2009), and the census for the year (2024).
- 5- Herold, M., Goldstein, N. C., & Clarke, K. C. (2005). The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling. Remote Sensing of Environment, Volume 86 , Issue 3, 286–302.
- 6- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2013). Spatial prediction of flood susceptibility using GIS-based data driven models. Journal of Hydrology, Volume 504, 69–89.
- 7- Malczewski, Jacek. (2004). GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. Progress in Planning, 62(1), 3–65.
- 8- Abdel-Zaher, M R,(2023). The role of geoinformatics techniques in predicting the urban growth of the city of Suez, Egypt, using the frequency ratio model. The International Journal of Informatics, Media and Communication Technology (IJIMCT) Vol.5 Issue(1).