مجلة القرطاس
تصدر عن الجمعية الليبية للعلوم التربوية والإنسانية ISSN 3135-4564
https://alqurtas.alandalus-libya.org.ly/ojs/index.php/qjhar/index مجلة علمية محكمة نصف سنوية

النمذجة المكانيـــة للتوسّـــع الحضري المستقبلـــي المستدام باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعـــد ـ مدينـــة الزنتان كحالة دراسية ـ

د. عمر رمضان عبدالسّـــلام طـــريش *
قسم نظم المعلومات الجغرافية ، كلية تقنية المعلومات ، جامعة الزنتان، ليبيا
البريد الإلكتروني/omartreish@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-1389-4097

تاريخ الاستلام 22/ 5/ 2026م تاريخ القبول25 / 8/ 2026م

Spatial Modeling of Sustainable Future Urban Expansion Using Geographic Information Systems and Remote Sensing – Zintan City as a Case Study –

Dr. Omar Ramadan Abdel-Salam Treish *
Department of Geographic Information Systems / Faculty of Information Technology, Zintan University, Libya
Email/omartreish@gmail.com

(Abstract)
Urban expansion in the city of Zintan has been accelerating rapidly, creating a need for the application of modern scientific approaches to predict future urban growth patterns in support of sustainable urban development. The research problem lies in the absence of a spatial model capable of identifying the most suitable areas for future urban expansion within the city. Therefore, this study aimed to develop a spatial model for evaluating land suitability for urban expansion using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques. The study employed the Analytic Hierarchy Process (AHP) to derive the relative weights of the criteria influencing urban expansion. Satellite imagery, after appropriate preprocessing, was used to generate and analyze the spatial layers within the

حقوق النشر © للمؤلف/للمؤلفين 2025. ينشر هذا البحث بموجب رخصة المشاع الإبداعي Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

GIS environment. The results revealed that approximately 90% of the study area falls within the highly suitable and most suitable land suitability classes for urban expansion, indicating the availability of extensive land resources capable of accommodating future urban growth under sound planning principles. Furthermore, the findings demonstrate that directing urban expansion toward these suitable areas can reduce unplanned urban sprawl, optimize infrastructure development costs, and preserve the natural hydrological network, thereby contributing to sustainable urban development in the city of Zintan.

Keywords: Spatial Modeling, Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing (RS), Analytic Hierarchy Process (AHP), Zintan

الملخـــــص:

يشـــهد التّوســع الحضــري في مدينة الزنتان نمــوًا متسارعًا، الأمر الذي يستدعي توظيف أساليب علمية حديثة للتنبؤ باتجاهات التوسع العمراني المستقبلية بما يدعم تحقيق التنمية الحضرية المستدامة. وتتمثل مشكلة الدراسة في غياب نموذج مكاني يحدد المناطق الأكثر ملائمة للتوسع الحضري المستقبلي في المدينة. وهدفت الدراسة إلى بناء نموذج مكاني لتقييم ملائمة الأراضي للتوسع العمراني باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية(GIS) والاستشعار عن بعد(R.S) . واعتمدت الدراسة على نموذج التحليل الهرمي متعدد المعايير (AHP) لاشتقاق الأوزان النسبية للمعايير المؤثرة في التوسع الحضري، كما استُخدمت بيانات الأقمار الصناعية بعد معالجتها لإعداد الطبقات المكانية وتحليلها داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت النتائج أن نحو 90% من مساحة منطقة الدراسة تندرج ضمن فئتي الملائمة الجيدة والمثالية للتوسع العمراني، مما يشير إلى توافر مساحات واسعة قابلة لاستيعاب النمو الحضري المستقبلي وفق أسس تخطيطية سليمة. كما بينت الدراسة أن توجيه التوسع نحو هذه المناطق يسهم في الحد من النمو العمراني العشوائي، وترشيد تكاليف إنشاء البنية التحتية، والحفاظ على الشبكة الهيدرولوجية الطبيعية، بما يدعم تحقيق التنمية الحضرية المستدامة في مدينة الزنتان.

الكلمات المفتاحية: النمذجة المكانية، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، التحليل الهرمي (AHP)، مدينة الزنتان.

المقدّمـــــة:

يُمثّـل التوسّـع الحضري أحـد أبرز التّحديات التي تواجه المخططين وصناع القرار، لما يترتب عليه من آثار عمرانية وبيئية واقتصادية تستلزم تخطيطًا قائمًا على أسس علمية ومكانية دقيقة. ويؤدي النمو السكاني المتسارع والتغيرات الاقتصادية والاجتماعية، في ظل غياب التخطيط السليم، إلى توسع عمراني غير منظم ينعكس سلبًا على استخدامات الأراضي والبنية التحتية والموارد الطبيعية. ومن هنا تبرز أهمية نمذجة الملاءمة المكانية للتوسع الحضري باعتبارها أداة فاعلة لتحديد المواقع الأكثر ملاءمة للنمو العمراني المستقبلي وفق معايير موضوعية.

وقد أسهم التطـــور في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في تعزيز كفاءة الدراسات الحضرية من خلال توفير بيئة متكاملة لجمع البيانات المكانية وتحليلها ونمذجة أنماط التوسع العمراني. كما أثبت دمج هذه التقنيات مع أساليب اتخاذ القرار متعدد المعايير، ولا سيما أسلوب التحليل الهرمي(AHP) ، فاعلية كبيرة في تقييم ملاءمة الأراضي للتوسع الحضري، من خلال دمج العوامل الطبيعية والبشرية واسناد أوزان نسبية لها وفق أهميتها في عملية اتخاذ القرار (Saaty, (1980؛ (Malczewski, 1999)

وتعد مدينة الزنتان من المدن الليبية التي شهدت توسعًا عمرانيًا متسارعًا خلال السنوات الأخيرة نتيجة النمو السكاني وتطور الأنشطة الاقتصادية وتحسن مستوى الخدمات، مما أدى إلى تزايد الطلب على الأراضي السكنية والضغط على البنية التحتية. ورغم ذلك، لا تزال الدراسات التي توظف النمذجة المكانية وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد لتوجيه التوسع الحضري في المدينة محدودة، الأمر الذي يستدعي تطوير نموذج مكاني يدعم التخطيط العمراني المستدام.

وانطلاقًا من ذلك، يهدف هذا البحث إلى بناء نموذج مكاني لتحديد المناطق الأكثر ملاءمة للتوسع الحضري المستدام في مدينة الزنتان، من خلال دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع أسلوب التحليل الهرمي(AHP) ، بما يسهم في دعم متخذي القرار وإعداد مخططات عمرانية أكثر كفاءة واستدامة.

إشكالية البحث:

تشـــــهد مدينة الزنتان توسعًا عمرانيًا متسارعًا نتيجة النمو السكاني وتزايد الطلب على الأراضي السكنية والخدمية، مما أدى إلى امتداد العمران نحو مناطق قد لا تتوافر

فيها مقومات التنمية المستدامة. ورغم التطور الذي شهدته تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في مجال تحليل البيانات المكانية ودعم التخطيط الحضري، فإن توظيفها في توجيه التوسع العمراني بمدينة الزنتان لا يزال محدودًا، كما تفتقر المدينة إلى نموذج مكاني يدمج العوامل الطبيعية والبشرية لتحديد المناطق الأكثر ملاءمة للتوسع الحضري المستقبلي.وانطلاقًا من ذلك، تتمثل إشكالية البحث في بناء نموذج مكاني يعتمد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، مع توظيف أسلوب التحليل الهرمي(AHP) ، لتقييم ملاءمة الأراضي وتحديد أفضل مناطق التوسع الحضري المستدام، بما يدعم متخذي القرار في إعداد مخططات عمرانية أكثر كفاءة. وعليه فأن الدراسة تحاول الاجابة على السؤال التالي: ما المناطق الأكثر ملاءمة للتوسع الحضري المستقبلي المستدام في مدينة الزنتان في ضوء دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد مع أسلوب التحليل الهرمي.

تســـاؤلات الدراسة:

ما المناطق الأكثر ملاءمة للتوسع الحضري المستقبلي المستدام في مدينة الزنتان باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وأسلوب التحليل الهرمي(AHP)؟

ويتفرع عنه السؤالان التاليان:

1- ما المعايير الطبيعية والبشرية الأكثر تأثيرًا في تحديد ملاءمة التوسع الحضري بمدينة الزنتان؟

2- ما الأوزان النسبية لهذه المعايير وفق أسلوب

أهداف البحث:

يهدف هذا البحث إلى بناء نموذج مكاني لتقييم الملاءمة المكانية للتوسع الحضري المستقبلي المستدام في مدينة الزنتان، من خلال دمج تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) مع أسلوب التحليل الهرمي (AHP)، بما يدعم التخطيط العمراني الرشيد واتخاذ القرار.

أهمية الدراســـــة:

تتحدد اهمية الدراسة في دراسة الملائمة المكانية للتوسع العمراني في العمل على تحديد أفضل الامكان الأكثر ملائمة للتوسع العمراني، في محاولة للتقليل من العشوائية في البناء ورسم المخططات، وذلك للتقليل من المخاضر البيئية التي ستنجم عن ذلك التوسع مستقبلا ، ولتحقيق التنمية المستدامة، بالاعتماد على أحدث التقنيات في هذا المجال المتمثلة نظم المعلومات لجغرافية، والتحليل الهرمي متعدد المعايير (AHP) للنظر في توجيه التمدد العمراني نحو مناطق آمنة ومناسبة للسكن دون الإضرار بالبيئة.

مجالات الدراسة :

ـ المجال الجغرافـــــي المكانـــــي: تقع منطقة الدراسة في شمال غرب ليبيا وتحديداً مدينة الزنتان كما هو مبين بالشكل(1)، يحدها من الشمال سهل الجفارة، وغربا بلدية الرجبان، وجنوبا الفرع البلدي المرحان وشرقا بلدية الرياينة.

ـ المجال الفلكي: تقع منطقة الدراسة على دائرة عرض "50 '55 °31 شمالاً، وخط طول "54 '14 °12 شرقاً

ـ المجال الزمني: سنة الدراسة 2026

منـهجية الدراسة:

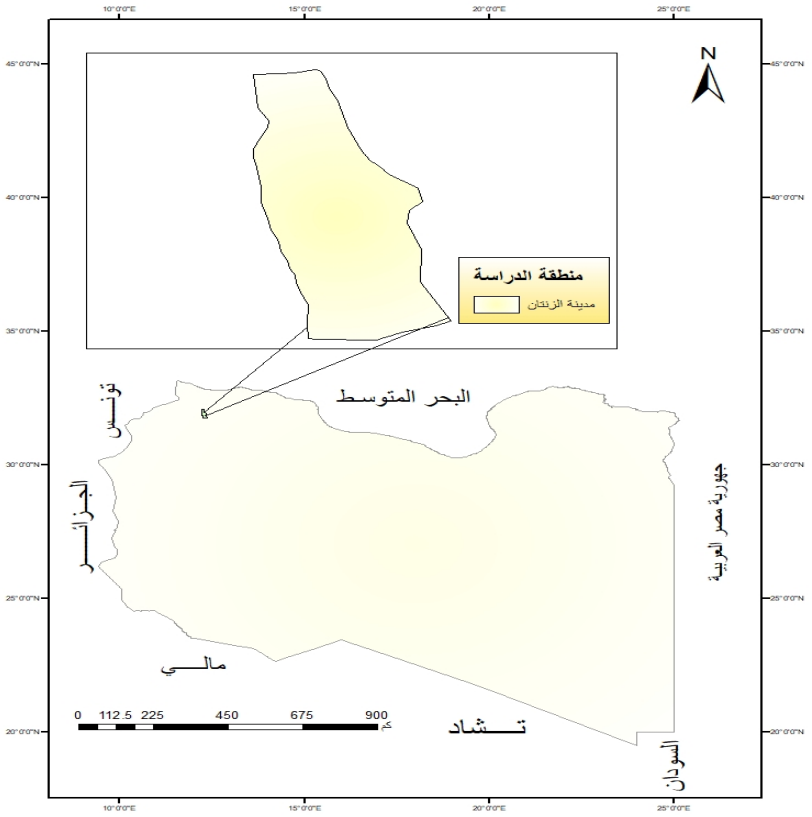
اعتمدت هذه الدراسة على المنهجين الوصفي التحليلي، والمنهج التطبيقي المكاني، بهدف تحليل واقع التوسع الحضري في مدينة الزنتان وتحديد المواقع الأكثر ملائمة للتوسع العمراني المستقبلي وفق أسس علمية تقنية حديثة. فقد استخدم المنهج الوصفي في استعراض الإطار النظري للدراسة وتحليل العوامل المؤثرة في التوسع الحضري، بينما وظف المنهج التحليلي في دراسة العلاقات المكانية بين معايير الملاءمة المختلفة وتقييم تأثيرها في اختيار مواقع التوسع العمراني.

كما ارتكزت الدراسة على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (R.S) بوصفها أدوات رئيسة لإعداد قاعدة بيانات، ومعالجة وتحليل البيانات المكانية والمرئيات الفضائية، واستخراج المعايير الطبيعية والبشرية والبيئية المؤثرة على التوسع العمراني، ولتحديد الأهمية النسبية لهذه المعايير، استُخدمت طريقة التحليل الهرمي(Analytic Hierarchy Process - AHP) ، حيث أُجريت المقارنات الثنائية بين المعايير، ثم حُسبت الأوزان النسبية بعد التأكد من اتساق

مصفوفة المقارنات باستخدام نسبة الاتساق(Consistency Ratio-CR) ، بما يضمن موضوعية الأوزان ودقتها.

بعد ذلك جرى إعداد طبقات مكانية لجميع معايير الدراسة داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وإعادة تصنيفها إلى درجات موحدة للملاءمة، ثم دمجها باستخدام أسلوب التراكب الموزون (Weighted Overlay) اعتمادًا على الأوزان المستخرجة من نموذجAHP ، لإنتاج خريطة الملاءمة المكانية للتوسع الحضري المستقبلي، وتقييم توافق مناطق التوسع المقترحة مع متطلبات التنمية المستدامة، وصولًا إلى إنتاج نموذج مكاني يحدد أفضل المواقع الملائمة للتوسع العمراني المستقبلي في مدينة الزنتان.

الشكل (1) يبين حدود منطقة الدراسة الجغرافية والفلكية



المصد: من عل الباحث استنادا الى google earth pro و10.8 arc gis

الدّراســــــــات السّابقة:

أشارت الشهابي، خيرية(ب ت) استخدام نظم المعلومات الجغرافية واسلوب التحديد الهرمي في تحديد انسب المواقع لإقامة مركز تجاري في مدينة جدة، هدف البحث الى كيف لنظم المعلومات الجغرافية أن يساعد في تحديد افضل المواقع في اختيار مركز تجاري في مدينة جدة بالسعودية وفق شروط ومعايير وضعتها الباحثة حسب طبيعة الموضوع، نهجت الباحثة المنهج التطبيقي في دراسة الموضوع، وتوصلت الدراسة الى ان عملية التحليل في نظم المعلومات الجغرافية اقترح عدم اقامة مرطز تجاري في النطاق الجنوبي الشرقي نظرا لقلة عدد السكان وبعده عن الطرق الرئيسية ، بينما اقرح بناء مركز تجاري في النطاق الجنوبي، يليه النطاق الشرقي ، ثم الاوسط.

واضحت بشير، احلام(2024)، تقييم وتقويم اتجاهات التوسع العمراني في الفرع البلدي الزروق باستخدام نزم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة الى رصد وتتبع اتجاه النو العمراني بالمنطقة وذلك باستخدام ادوات التحليل المكاني في برنامج نظم المعلومات الجغرافية وتحديد افضل الاماكن للتوسع العمراني من خلال الاعتماد على مجموعة من المعايير، واتبعت الباحثة امنهج التاريخي الوصفي في تتبع ونشأة ظاهرة التوسع العمراني في منطقة الدراسة، ان اقصى ارتفاع للتوسع العمراني كان في سنة 2006 بنسبة 13.3% ، وارجعت سبب ذلك الى شبكة الطرق الجيدة، وتوصلت الى رسم خريطة رقمية لأفضل الاماكن يمكن اي يتوسع فيها النمو العمراني.

دراســـــة : حمزة والعامري وآخرون(2022)، الملائمة المكنية لاتجاهات التوسع الحضري لمدينة الشامية باستعمال نظم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة الى الاستفادة من التقنيات الحديثة المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية وطريقة التحليل الهرمي متعدد المعايير في تحديد مناطق التوسع الحضري المستقبلي بمنطقة الدراسة، واتبع الباحث منهج التحليل المكاني، وتوصل الى منطقة الدراسة تعاني محددات طبيعية وبشرية تقف عائقا من النمو العمراني في جهاتها الشمالية والجنوبية، كما اظهرت الدراسة الى امكانية المساعدة في تحقيق القرار الصائب عند الاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الهرمي متعدد المعايير في بيئة واحدة متكاملة ، كما اكدت الدراسة على قدرة البرنامج من بناء نماذج مكانية تحاكي الواقع الطبيعي رياضيا، وتساعد المخططين الى الوصول الى اقتراح افضل الاماكن للتوسع الحضري.

دراسة القحطاني، شادية (2025) الملائمة المكانية للتوسع العمراني في مدينة خميس مشيط بمنطقة عسير باستخدام التحليل متعدد المعايير، حيث تناولت الدراسة النمو العمراني الحالية للمدينة واتجاهاته، وقد قامت الباحثة بأجراء التحليل الطبوغرافي للمنطقة وتطبيق نموذج لتقييم الملائمة المكانية للتوسع العمراني المستقبلي بأسلوب التحليل الهرمي في بيئة نظم المعلومات الجغرافية من خلال مجموعة من المعايير على هيئة طبقات مكانية منها طبقة الارتفاعات والانحدار والطرق الرئيسية والاودية والمناطق العمرانية الحالية ، ثم توصلت الدراسة الى الخروج بخريطة نهائية لدرجات الملائمة المكانية التي توضح المناطق الانسب للتوسع العمراني.

دراسة تاهمي صادق وآخرون(2023)الملائمة المكانية للتوسع العمراني في مدينة المسيلة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتسلسل الهرمي تهدف الدراسة الى تحسين عمليات التخطيط العمراني واستغلال الموارد الطبيعية انسب استخدام بتحديد المناطق الاكثر ملائمة للنمو العمراني الذي بدوره سيساعد المخططين والجهات الحكومية في توجيه استثماراتهم وجهودهم بشكل افضل، واتبع الباحث اسلوب العمل على مرحلتين اثنين الاولى حددت المعايير بالاعتماد على الخبراء والدراسات السابقة ونماذج الارتفاعات والمسافة عن الطرق الرئيسية واستخدامات الاراضي والملكية العقارية، اما المرحلة الثانية فاعتمدت على احدث التقنيات المكانية المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية وقيمة البيانات التي حددت وفقا للمعايير ثم استخراج نماذج الملائمة لكل معيار، ثم نموذج الملائة النهائي، وتوصلت الدراسة الى ان وجود مجموعة من المحددات منها ما هو طبيعي ومنها ما هو بشري عملت على الحد من التوسع العمراني، وتم تحديد اماكن للتوسع العمراني منها ما هو بدرجة عالية الملائمة ومنها ماهو متوسط الملائمة.

دراسة حلبي رائد(ب،ت) تحديد انسب المواقع لإقامة المنشآت السياحية في مدينة اريحا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة الى معرفة درجة ملائمة المكان الجغرافي لكل موقع لإقامة معالم سياحية وانتاج خرائط ومخططات توضح درجة ملائمتها السياحية ، بهدف تقديمها للمستثمرين والعاملين بقطاع السياحة في مدين اريحا والخروج بتوصيات مناسبة، اتبع الباحث في كتابة بحثه المنهج الاستقرائي النظري والمنهج التطبيقي التحليلي بالسلوب التحليل الاحصائي المكاني، وقسم الباحث الدراسة الى خمس مراحل الاولى تتمثل في بناء الطبقات -المعايير المختارة- ثم استخدام الصور الجوية والمرئيات الفضائية وتصحيحها ب GPS

والعمل على اعادة تصنيف كل موقع من منطقة الدراسة، وتوصلت الى انها صنفت الأماكن الى عشرة تصنيفات افضلها من الملائمة المكانية لإقامة المنشآت السياحية هو التصنيف 10، كما اثبتت الدراسة أن لنظم المعلومات الجغرافية القدرة العالية في تصنيف افضل المواقع الملائمة مكانياً لإقامة معالم سياحية جديدة.

دراسة عبد حسون رفج،(2025)، اختيار مواقع ملائمة لمحطة رفع مياه الصرف الصحي في مدينة الشامية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ، سعت الدراسة الى توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية في اختيار افضل الاماكن لبناء محطة رفع صرف صحي، واعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني من خلال استخدام ادوات التحليل المكاني، وهدفت الى تحديد افضل المعايير والشروط اللازمة في اختيار الموقع الافضل، وانتاج خريطة رقمية قابلة للتحديث باستمرار لموقع المحطة، وبناء قاعدة بيانات تهدف الى تخزين ومعالجة البيانات ووصولا بها الى متخذي القرار السليم، وبناء نموذج Model لتحديد افضل اماكن لإنشاء محطة لرفع مياه الصرف الصحي، وتوصلت الى أن لنظم المعلومات الجغرافية دور فعال في اختيار افضل الأماكن للإنشاء محطة رفع مياه الصرف الصحي، ثم استنباط نموذج كارتوجرافي يستند الى بعض النماذج الرياضية في معالجة الخرائط والوصول الى انشاء قاعدة بيانات مكانية دقيقة تختصر الوقت والجهد والمال لصانعي القرارات والمساعدة في وضع خ\\ طويلة الامد.

دراسة عدو محمد واخرون(2017)، الملائمة المكانية لتوزيع السكان والخدمات الصحية في الموصل باستخدام GISو RS، هدف البحث الى ابراز العلاقة المكانية بين لتوزيع المراكز الصحية من خلال ربطها بتحليل الكثافة السكانية والحك فيا اذا كانت تتناسب مع الحجم السكاني للمدينة، استخدم الباحث المنهج الاستقرائي التي يعتمد على تحليل الجزئيات للوصول إلى الكليات، واستخدم الباحث في دراسته على مصدرين من البيانات الأول البيانات المكانية والثانية البيانات الوصفية، وتوصل الباحث الى بعض احياء المدينة وخاصة الحديثة منها والتي تقع في اطراف المدينة تفتقر الى الخدمات الصحية بشكل جيد، بالإضافة الى الاهمال الكبير من قبل المسؤولين عن قطاع الصحة للقطاع، وأن التوزيع عشوائي وغير عادل ، نجد مرافق صحية حجمها لا يتناسب مع الكتلة العمرانية الموجود فيها والعكس.

طريقة العمل وخطواته:

إن عملية اختيار المكان الملائم للتوسع العمراني من قبل المسؤولين عن قطاع تخطيط المدن تحكمها مجموعة من الضوابط والشروط منها ما هو طبيعي مثل تضاريس سطح الأرض وما ينتج عليه من مرتفعات ومنخفضات وسهول واودية، ومنها ما هو بشري متمثل في القرب أو البعد عن الخدمات العامة والطرق الرئيسية والفرعية وغيرها من العوامل المؤثرة في المكان الملائم للتوسع العمراني، فتضاريس سطح الارض مثلا محدد رئيسي في اختيار المكان المناسب فنمو السكان عمرانيا من الطبيعي ان يتجه نحو المناطق السهلة المنبسطة وإن كانت، اراضي زراعية الامر الذي يؤدي الى التأثير المباشر على الاقتصاد والبيئة وكذلك إلى اختلال التوازن البيئي من خلال انكماش الاراضي الزراعية على حساب التمدد الحضري (المهدوي، فضل الله ص4)، او مناطق اثرية حيث أن امتداد المدن بسبب الزيادة السكانية والتي من بينها المناطق السياحية والتراثية كان له الاثر في الزحف على تلك المناطق المحيطة بالكتلة العمرانية مع مرور الوقت (ابوحميرة، 2024،ص13).

اولا طرق العمل :بداء العمل على تحديد المعايير الخاصة بالملائمة المكاني لاختيار أفضل المواقع للتمدد العمراني في مدينة الزنتان، فبالاستعانة بالدراسات السابقة الخاصة بموضوع البحث، إضافة الى استشارة بعض المتخصصين في التخطيط العمراني، تم تحديد العوامل المؤثرة في التمدد العمراني، وتعد هذه الخطوة من أصعب خطوات نمذجة الملائمة المكانية كونها خطوة غير تقنية، لا ترتبط بقدرات اخصائي نظم معلومات جغرافية ولا البرنامج ذاته(داوود جمعة 2018).

المعايير المستخدمة في دراسة الملائمة المكانية للتوسع العمراني في الزنتان:

ـ الانحدار(Slope)، ان المناطق الأقل انحدارا هي الأكثر ملائمة للنمو العمراني، أما المناطق ذات الانحدارات الشديدة فهي غير ملائمة للبناء أو مكلفة جدا.

ـ الارتفاع: تجنب الأماكن المرتفعة وكذلك الاماكن المنخفضة.

ـ الأودية ومجاري السيول: الابتعاد عن مجاري الأودية وحرمها المكاني

ـ القرب من الطرق الرئيسية: لسهولة الربط بالبنية التحتية لتقليل التكلفة.

ـ القرب من المراكز العمرانية: لسهولة الوصول الى الخدمات الاساسية.

اعتمدت الدراسة **على مرحلتين رئيسيتين هما:**

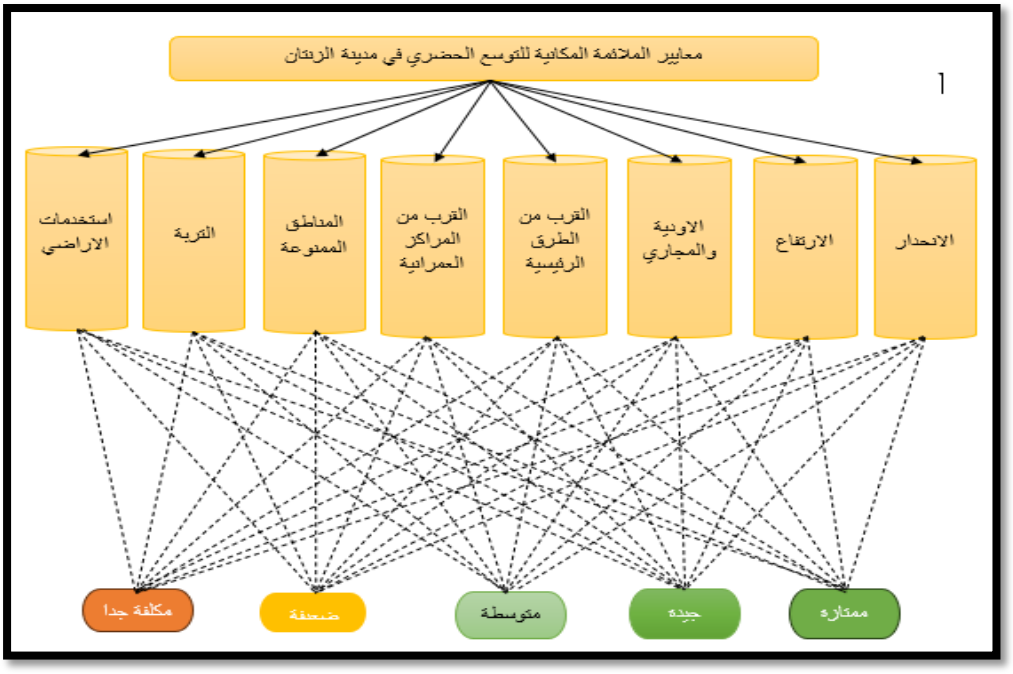
1- تطبيق أسلوب التحليل الهرمي (Analytic Hierarchy Process - AHP) لتحديد الأوزان النسبية للمعايير المستخدمة وفقًا لأهميتها في عملية تقييم الملاءمة المكاني كما هو موضح بالشكل (2).

2- استخدام نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System - GIS)لإعداد الطبقات المكانية للمعايير، وإعادة تصنيفها، وتطبيق الأوزان المستخرجة من نموذجAHP ، ثم تنفيذ عملية التراكب المكاني (Weighted Overlay)لإنتاج خريطة الملائمة المكانية وتحديد أفضل المناطق المقترحة للتوسع العمراني.

المناقشة والتحليل

اولا: استخدام نموذج التحليل الهرمي AHP

الشكل (2)الهيكل الهرمي للملائمة المكانية للتوسع العمراني لمدينة الزنتان



المصدر : من اعداد الباحث استناداً الى صادق تاهمي وآخرون 2023ص9

تعيين الأوزان باستخدام مصفوفة المقارنة وحساب المعايير Pairwise Comparison Matrix

إن اعداد المصفوفة للمقارنة بين جميع العوامل حسب أهمية كلا منها بالنسبة للعامل الثاني جزء مهم في دراسة الملائمة المكانية بأسلوب التسلسل الهرمي لتحويل التصورات الشخصية إلى أرقام كمية تساعد في الخروج بنتائج علمية لاتخضع للأهواء الشخصية او التصورات الدهنية، في هذا الجزء سيتم العمل على انشاء مصفوفة مقارنة ثنائية بين المعايير المختارة بناء على الدراسات السابقة واستشارة بعض خبراء التخطيط العمراني، استنادا الى المقياس الكمي للأهمية الذي وضعه Saaty كما هو موضح بالجدول (1)

الجدول (1) يبين المقياس الكمي لتحديد الأوزان حسب الاهمية لsaaty

القيمة	درجة الاهمية
1	المعياران متساويان
3	المعيار الاول اهم من الثاني بدرجة متوسطة
5	المعيار الاول اهم من الثاني بدرجة قوية
7	المعيار الاول اهم من الثاني بدرجة قوية جدا
9	المعيار الاول اهم من الثاني بدرجة مثالية
8-6-4-2	قيم وسطية عند الحاجة للتسوية

المصدر: من اعداد الباحث استنادا الى صادق تاهمي ص10

بناء على الجدول السابق يمكن إنشاء مصفوفة المقارنة لتحديد أوزان المعايير بمقارنة كل معيار بغيره باستخدام مقياس ثابت من 1 الى 9 لتحديد الأهمية بالنسبة لكل معيار. تم اعتماد خمسة معايير مؤثرة وبشكل مباشر على التوسع العمراني وتم عمل مصفوفة المقارنة ثنائية المعايير كا هو مبين بالجدول (2).

الجدول (2)يبين مصفوفة ثنائية المعايير

المعيار	الانحدار	الارتفاع	الاودية	الطرق	العمران
الانحدار	1	2	3	5	5
الارتفاع	0.5	1	2	4	4
الاودية	0.33	0.50	1	3	3
الطرق	0.20	0.25	0.33	1	2
العمران	0.20	0.25	0.33	0.5	1
المجموع	2.23	4	6.66	13.5	15

المصدر: اعداد الباحث 2026.

من الجدول السابق الذي بين أهمية كل معيار للثاني وتحويله من قيمة معنوية إلى قيمة كمية يمكن الاعتماد عليها في إجراء التحاليل المطلوبة، الخطوة التالية هي حساب

مجموع كل عمود، ثم قسمة قيمة للمعيار على قيمة مجموع العمود، بغية الوصول الى اوزان المعايير او متجه الاولوية كما هو موضح بالجدول (3) :

الجدول (3) اوزان المعايير ومتجه الاولية

المعيار	الانحدار	الارتفاع	الاودية	الطرق	العمران	الاوزان/متجه الاولوية	النسبة%
الانحدار	0.448	0.50	0.450	0.370	0.333	0.4202	%42.02
الارتفاع	0.224	0.25	0.300	0.296	0.266	0.2672	%26.72
الاودية	0.148	0.125	0.150	0.222	0.200	0.1690	%17.00
الطرق	0.089	0.063	0.049	0.074	0.133	0.0816	%8.16
العمران	0.089	0.063	0.049	0.037	0.066	0.0610	%6.10

المصدر: إعداد الباحث اعتمادا على الجدول السابق.

بعد استخراج الأوزان أو متجه الأولوية الذي مثل الأوزان النسبية لكل معيار نذهب إلى الخطوة التالية :

حساب نسبة الاتساق (CR) Consistency Ratio

الهدف من هذه الخطوة هو التأكد من أن تقييم مدى اتساق الاحكام والمقارنات الزوجية بين المعايير كانت منطقية بعيدة عن العشوائية، وبناء على المصفوفة السابقة ونسب الأوزان المستخرجة نقوم بحساب نسبة الاتساق عن طريق المعادلة التالية:

$$CR = CI / RI$$

CR: نسبة الاتساق

CI: هو حساب مؤشر الاتساق

RI: تحديد دليل العشوائية وهو قيمة ثابتة وضعها العالم توماس على حسب المعايير في هذا البحث المعايير خمسة تم وضع القيمة 1.12.

اولا: حساب المتجه المرجح: يتم ذلك بضرب مصفوف المقارنات الاصلية في متجه الاوزان المستخرج سابقا ويتم ذلك بالطريقة التالية: وذلك بضرب كل خلية في اتجاه افقي في مصفوفة المقارنات الزوجية في كل خلية في متجه الاوزان في اتجاه عمودي، والجدول التالي (4) يبين ذلك، هدف ذلك هو قياس مدى دقة واتساق منطق صانع القرار، وتحديداً لاستخدامه كخطوة وسيطة إجبارية لحساب القيمة الذاتية القصوى :λ max

الجدول (4) حساب المتجه المرجح

المعيار	وزن الانحدار× 0.4205	وزن الارتفاع× 0.2672	وزن الاودية× 0.1690	وزن الطرق × 0.0816	وزن العمران× 0.0611	المتجه المرجح
الانحدار	0.4205	0.5344	0.5070	0.4080	0.3055	2.175
الارتفاع	0.2102	0.2672	0.3380	0.3264	0.2444	1.386
الاودية	0.1388	0.1336	0.1690	0.2448	0.1833	0.8693
الطرق	0.0841	0.0668	0.0557	0.0816	0.1222	0.4104
العمران	0.0841	0.0668	0.0551	0.0408	0.0611	0.3079

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الجدول 2-3

ثانياً: حساب القيمة الذاتية العظمى:λ max

تقسم ناتج المتجه المرجح على الوزن المقابل لكل معيار، ثم نأخذ المتوسط مثل ما هو موضح بالجدول (5):

الجدول (5) استخراج القيمة الذاتية العظمى

المعيار	المتجه المرجح/ وزن المعيار	القيمة الذاتية λ max
الانحدار	0.4202 / 2.1750	5.178
الارتفاع	0.2672 / 1.3860	5.187
الاودية	0.1690 / 0.8693	5.147
لطرق	0.0816 / 0.4104	5.022
العمران	0.0610 / 0.3079	5.054

متوسط هذه القيم λmax= 5.118

هذا الرقم هو الذي نستخدمه في معادلة نسبة الاتساق CR للتأكد من دقة المصفوفة

ثالثاً: حساب مؤشر الاتساق CI

يحسب مؤشر الاتساق بالمعادلة التالي: CI= λmax – n / n - 1

5.118 – 5 / 5 -1 = 0.0295

رابعاً: حساب نسبة الاتساق CR

$$CR = CI / RI$$

ومؤشر الاتساق CI يساوي 0.0295

نسبة الاتساق RI تساوي 1.12

0.0295 / 1.12 = 0.026

النتيجة النهائية ان نسبة الاتساق = 0.026 او 2.6%

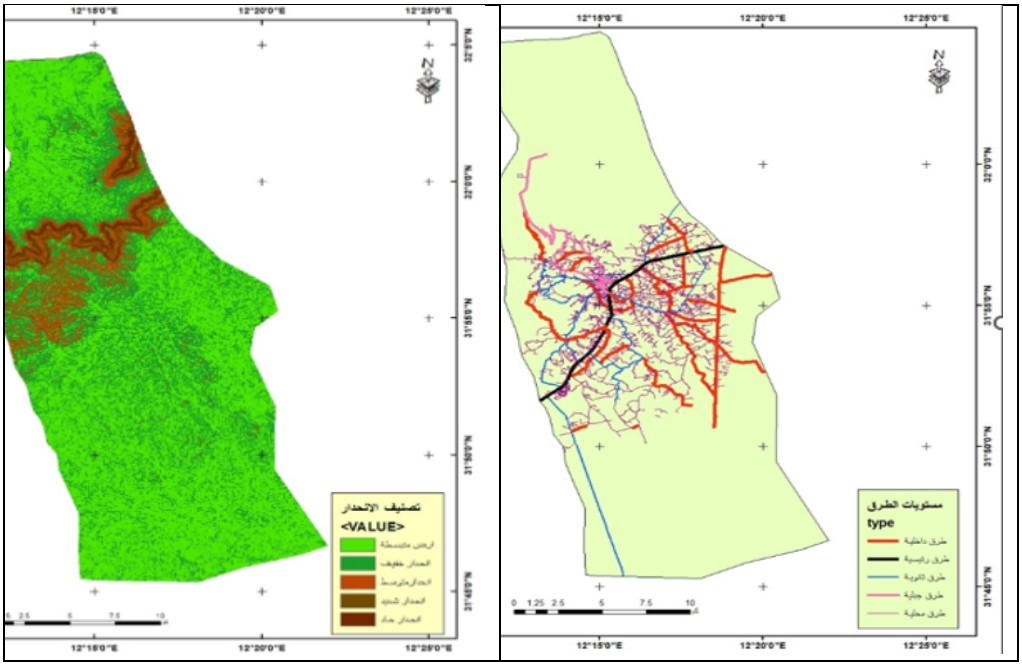
اي القيمة اقل من **0.10 او 10%** فأن المصفوفة متناسقة تماما ونتائج الاوزان مقبولة.

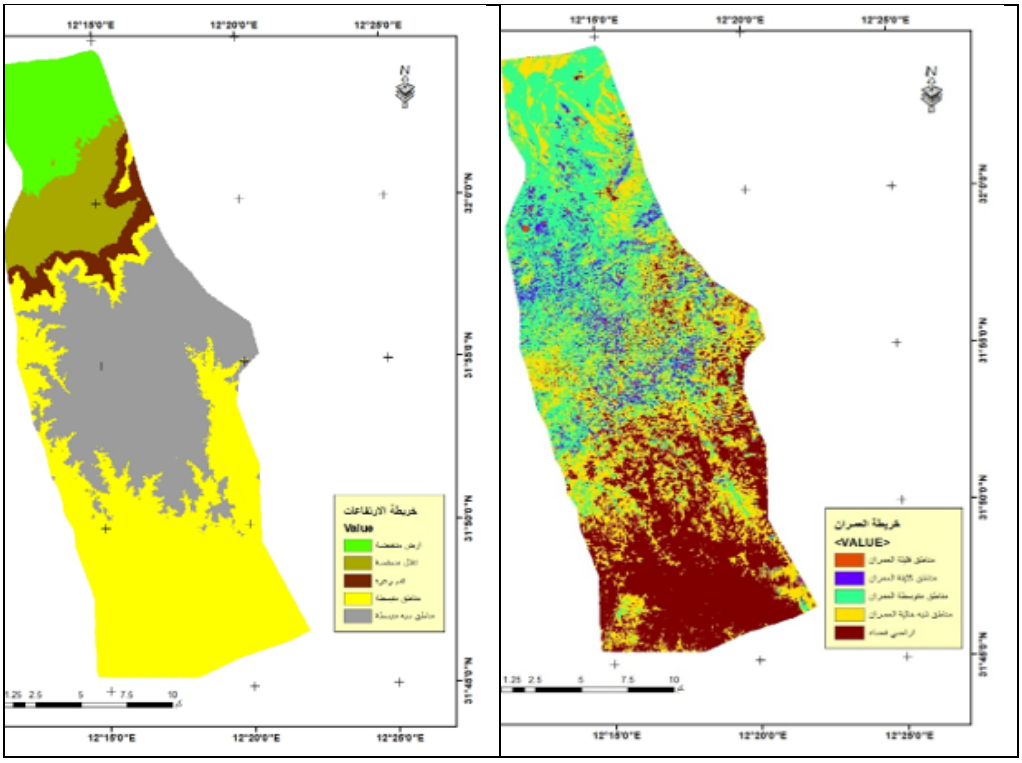
المرحلة الثانية (1)

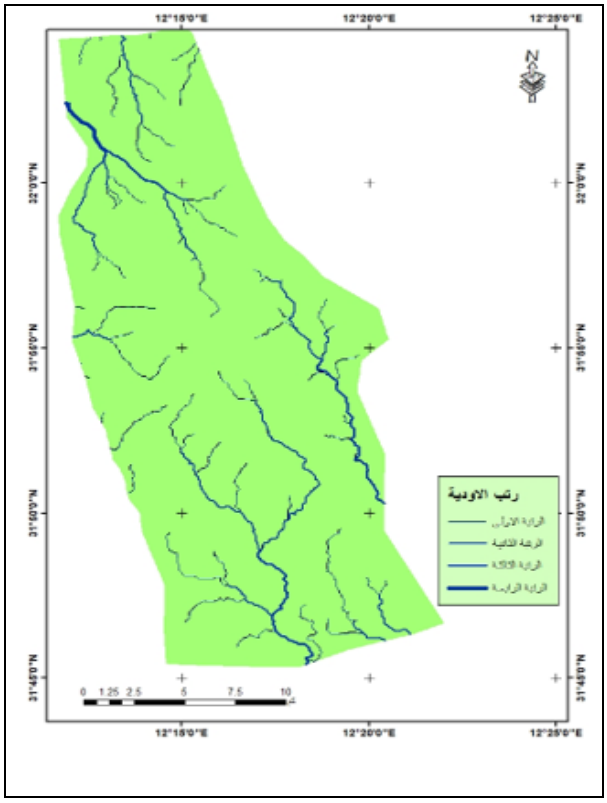
تبدأ بعمل المطابقة المكانية Multi-Criteria Evaluation (**MCE**) داخل بيئة GIS في تحديد أنسب المناطق الملائمة للبناء مستقبلاً موضوع البحث، حيث تعتبر تقنية gis من اهم التقنيات التي تساهم في تحديد اتجاهات النمو العمراني بعيدا عن الأراضي الزراعية والاودية والمناطق الخطرة، عبر بناء نماذج محاكاة تضمن استدامة النمو العمراني.

وقد مرت هذه العملية في الدراسة الحالية بعدة مراحل بدأت بجمع البيانات المكانية الخاصة بالمعايير المذكورة مسبقاً، حيث أعتمد على نموذج الارتفاع الرقميDEM الصادر عن هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS) بدقة تمييزية تصل إلى 30، وذلك لاستخراج معايير الانحدار، والارتفاع، وكذلك تم الاعتماد على النموذج نفسه لاستخراج الاودية والمجاري المائية، اما معيار الطرق فتم الاعتماد على منصة خريطة الشارع المفتوح(open street map 2025)، وفيما يخص معيار التمدد العمراني القائم، تم توظيف مؤشر الاختلاف القياسي للكتل المبنية (NDBI) لتحديد النطاقات العمرانية، والاشكال التالية (2) تبين ذلك:

الاشكال (2) البيانات المكانية للمعايير




12°15'0"E
12°20'0"E
12°25'0"E
N
خريطة الارتفاعات
Value
خريطة العمران
<VALUE>
1.25 2.5 5 7.5 10



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على صورة القمر الصناعيlandsat9 ثم Arc Gis 10.8

المرحلة الثانية (2) استخراج نماذج الملائمة الفردية

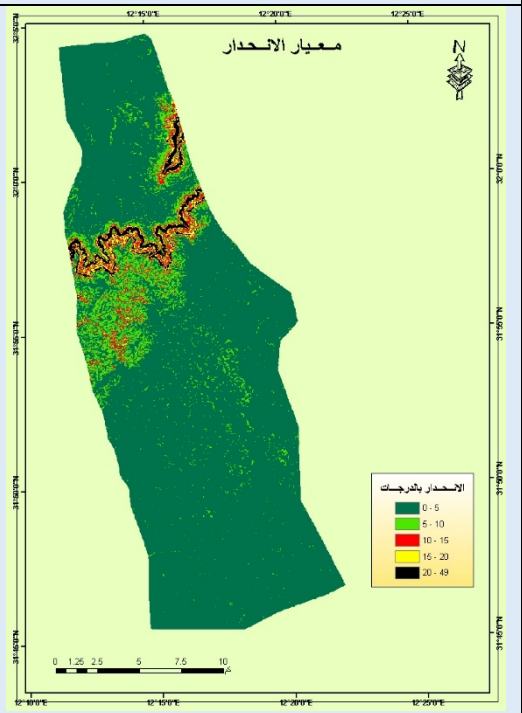
تعد تقنية نظم المعلومات الجغرافية من التقنيات الأساسية لاستخراج نماذج الملائمة المكانية للتوسع العمراني والهدف من ذلك هو توجيه النمو العمراني نحو مناطق آمنة ومستدامة، وتعتمد هذه النماذج على دمج وتحليل المعايير سابقة الذكر لتقييم مدى صلاحية أراضي منطقة الدراسة للتعمير وتجنب المخاطر.

معيار الانحدار(Slop): يعتبر معيار الانحدار الركيزة الأساسية في الهندسة والتخطيط العمراني؛ فهو يحدد إمكانية البناء الآمن، ويوجه شبكات البنية التحتية، ويؤثر جذرياً على التوسع الحضري للمدن، ويقلل من المخاطر البيئية. وتم معالجته هذا المعيار من خلال الأدوات التالية:

Arc tools ⟵ data management tools ⟵ surface ⟵ slop

النمذجة: Reclassification أعيد تصنيف الانحدار إلى خمسة اصناف بناء على درجة الميل، حيث صُنفت المناطق ذات الانحدار المنخفض (0-5درجات) بأنها الأعلى ملائمة للتوسع العمراني، نظراً لسهولة التأسيس وتمديد شبكات البنية التحتية. بينما استُبعدت أو صُنفت المناطق شديدة الانحدار على أنها مناطق قليلة أو معدومة الملائمة لتجنب مخاطر الأنجراف وتكاليف التسوية الباهظة كما هو مبين بالشكل(3):

الشكل (3) تصيف الانحدارارت ودرجة ملائمتها

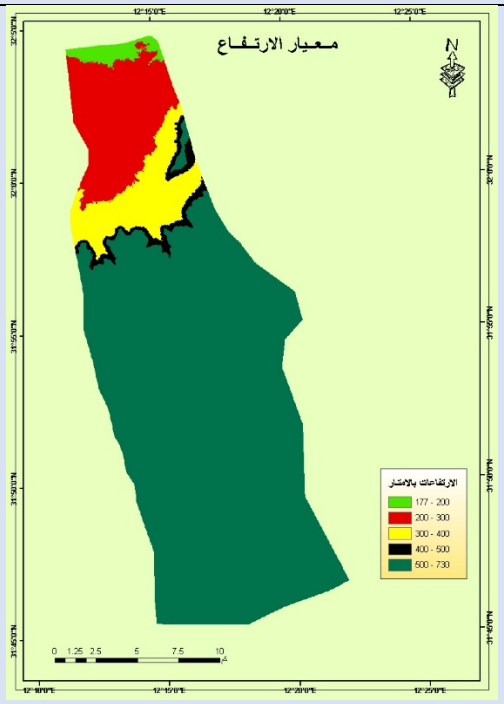
درجة الملائمة	تصنيف الانحدارات%	الشكل
مثالية	5-0	
جيدة	10-5	
متزسطة	15-10	
منخفضة	20-15	
غير ملائمة	49-20	

المصدر: من عمل الباحث استنادا الى ARC GIS 10.8

معيار الارتفاع (Elevation): تم اشتقاقه من نموذج الارتفاع الرقمي DEM يؤثر هذا المعيار في سهولة تمديد شبكات البنية التحتية للوصول إلى المرافق، وبالرغم من أن هذا المعيار ليس له اهمية كبيرة في منطقة الدراسة لأنها عبارة عن حواف لهضبة أعلاها يكون شبه مستوي وكذلك أسفلها ولكن لابد من الإشارة اليه لأنه بشكل عام في موضوع الملائمة المكانية للتوسع العمراني يعتبر من المعايير المهمة.

النمذجة (Modeling) أُعيد تصنيف معيار الارتفاع الفئات التالية: من 100-200م ارضي شبه مستوية وجيدة للبناء والتوسع الآمن ، ومن 200-300م أراضي مرتفعة قليلا، ومن300-400م ارضي مرتفعة وتقع على حواف المرتفع، أما 500 فأكثر فهي المناطق الاكثر ارتفعا واستواء ولهذا صنفت بالملائمة المثالية للتوسع ومن والشكل (4) يبين معيار الارتفاع ودرجات الملائمة المكانية:

الشكل (4) تصنيف معيار الارتفاعات ودرجات الملائمة

درجة الملائمة	الشكل
مستبعدة	
منخفضة	
متوسطة	
جيد	
مثالي	

المصدر: من عمل الباحث استنادا الى ARC GIS10.8

معيار الطريق(Roads)

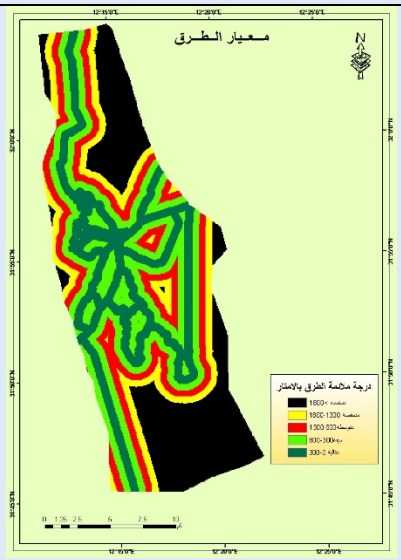
يُعد القرب من الطريق من المعايير المهمة في دراسة موضوع الملائمة المكانية، أي كلما اقتربت المناطق المقترحة للتوسع الحضري من الطريق كانت المثالية اعلى وكلما بعدت كانت أقل، لتقليل من كلفة البناء وسهولة ربط الشبكات العامة ببعضها بأقل التكاليف على العكس من المناطق البعيدة. ولهذا صُنفت الأراضي المتاخمة لشبكة الطرق الرئيسية بأنها الأعلى درجات الملائمة، حيث ترتفع

القيمة المكانية للمناطق كلما قلّت المسافة الفاصلة عن الطرق. المناطق المعزولة أو البعيدة عن مسارات النقل الرئيسية حصلت على أدنى درجات الملائمة.

النمذجة (Modeling) تم استخدام أداة التحليل المكاني المسافة الاقليدية Euclidean Distance لحساب اقرب مساحة مستقيمة من كل خلية (pixel) في نطاق الدراسة الى اقرب معلم نقطي أوخطي أومساحي (vector/raster)، وتم التصنيف بناء على المسافة من الطريق حيث صنفت المسافة الأولى من الطريق الى حوالى 500م كا اعلى مثالية وتتناقص بالابتعاد عنها، كانت نتيجة الاداة موضح بالشكل(5)

الشكل(5) يوضح معيار الطريق ودرجات الملائمة والارتفاعات

الملائمة	الارتفاع/م	الشكل
مثالية	500-0	
جيدة	1000-500	
متوسطة	1500-1000	
منخفضة	2000-1500	
مستبعدة	2000<	



المصدر: من عمل الباحث استنادا الى ARC GIS10.8

معيار الاودية(Valleys/Streams) يستخدم هذا المعيار لحماية التجمعات البشرية من أخطار السيول والمجاري المائية بكل انواعها الموسيمية ودائمة الجريان، حيث تم وضع حرم مكاني لكل

مجرى مائي يمنع فيه البناء.

النمذجة (Modeling)، جرى تطبيق أداة المسافة الإقليدية (Euclidean Distance) لإنشاء نطاقات حماية بمسافات تفصلية متعددة حول مجاري الأودية. وبناءً على ذلك، تم تصنيف فئات الملاءمة كالتالي:

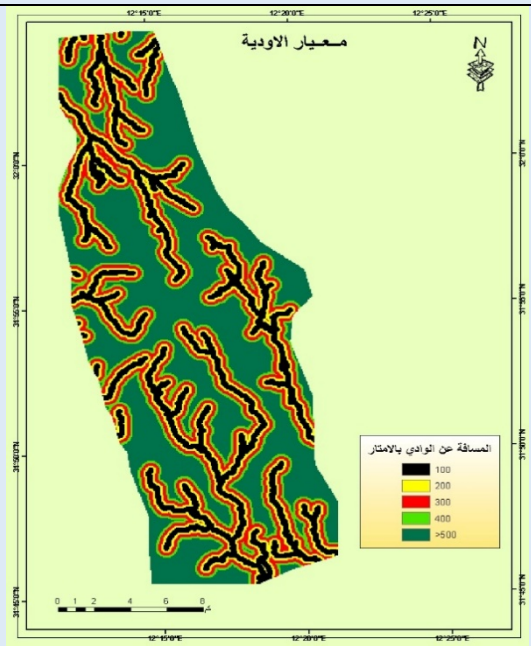
- المسافات الأقل من 500 متر :صُنفت كحرم مائي مستبعد تماماً (غير ملاءم)؛ لتجنب مخاطر الفيضانات.
- المسافات التي تزيد عن 500 متر **:**صُنفت كنطاقات آمنة وملاءمة للبناء والتوسع الحضري المستقبلي، حيث ترتفع درجة الملاءمة كلما زاد الابتعاد عن حرم الوادي.

والشكل (6) يبين ذلك:

الشكل(6) يوضح درجات الملائمة للاودية

المصدر: اعداد الباحث استناداً البرنامج arc gis 10.8

درجة الملائمة	المسافات/م	الشكل
غير ملائم	100-0	
جيدة	200-100	
متوسطة	300-200	
منخفضة	400-300	
مثالية	> 500	

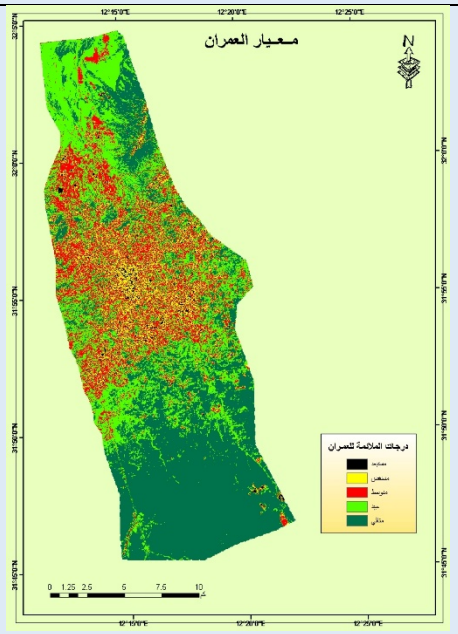


معيار العمرانUrban/Built-up : يهدف هذا التحليل إلى معرفة مدى قرب أو بعد الأماكن المتوقع أن يزحف عليها العمران بشكل مستدام لتقليل الإنفاق على البنية التحتية مع إستبعاد المناطق المبنية.

وقد أُعطيت الأراضي المتاخمة والمحيطة بالعمران القائم وزناً مكانياً عالياً للملائمة، لدورها في استمرارية النسيج الحضري وتقليل تكاليف مد خطوط الخدمات الأساسية. كلما زادت المسافة الفاصلة عن العمران (التشتت العمراني العشوائي)، كلما انخفضت درجة الملاءمة.

النمذجة(Modeling) تم إستخدم مؤشر (NDBI) لمعرفة المناطق المبنية، ثم أجريت عمليات التصنيف كما هو مبين بالشكل (7)

الشكل (7) المناطق الملائمة لتوسع العمراني

الشكل	درجة الملائمة
	مثالية
	متوسطة
	منخفضة
	جيد
	مستبعد

المصدر: اعداد الباحث استناداً البرنامج arc gis 10.8

المرحلة الثالثة: مرحلة إنتاج خريطة الملائمة المكانية للتوسع العمراني في مدينة الزنتان

تمثل هذه المرحلة المخرج النهائي لخريطة الملائمة المكانية، والتي تعتبر الركيزة الأساسية لعمليات التخطيط العمراني الأستراتيجي، إذ تكتسب هذه المرحلة أهمتها من كونها نقطة التقاء لجميع المعايير التي تم تحديدها وتصنيفها مسبقا، ليتم ترجمتها الى مخرجات بصرية قابلة للقياس والتحليل.

وقد تم ذلك بالأعتماد على الأداة البرمجية weighted overlay (التركيب المرجح) في برنامج arc map التي تختص بانتاج خرائط الملائمة المكانية، تعتمد هذه الأداة على دمج كافة طبقات المعايير مع تطبيق الاوزان النسبية المستخرجة من مصفوفة AHP .،للوصول الى نموذج الملائمة النهائي.

"لحساب نموذج الملائمة النهائي، يتم ضرب قيم الملائمة الفردية لكل معيار في الوزن المخصص له والمستخرج من مصفوفة التحليل الهرمي، ثم تُجمع النواتج معاً لتشكيل الخريطة النهائية (Malczewski & Rinner, 2015)."

كما هو مبين بالمعادلة التالية:

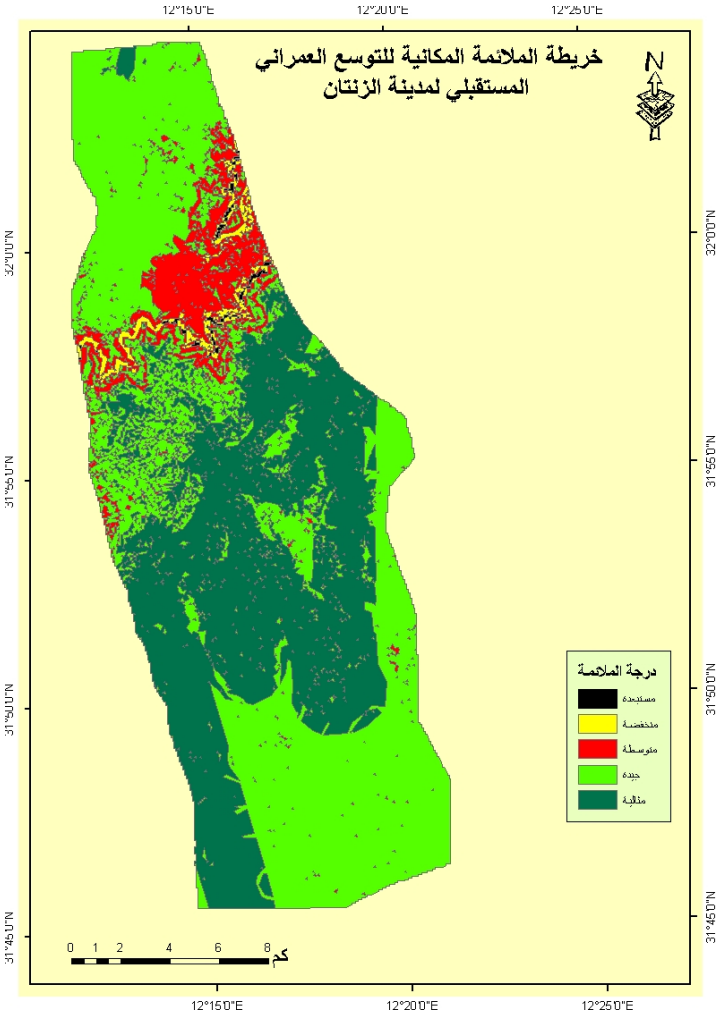
Suitability=(slope×0.42)+(Elevation×0.27)+ (Roads×0.17) + (Urban×8) + (Valleys×6)

وللوصول الى تلك الاداة اتباع المسار التالي:

ثم يتم إدخال الطبقات في input raster وإدخال أوزان المعايير في influence% حيث يتم إدخال وزن كل معيار أمام الطبقة الخاصة لتطبيق المعادلة التالية:

ArcToolbox → Spatial Analyst Tools → Overlay → Weighted Overlayثم. OK نتحصل على الشكل (8)

الشكل (8) يبين الملائمة النهائية للتوسع العمراني المستقبلي لمدينة الزنتان



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على البيانات المكانية السابقة و ARCGIS10.8

أما الخطوة التي تليها هو تحويل الطبقة الى بيانات متجهة polygon vector وذلك لحساب كل نطاق ملائمة كما هو مبين بالجدول(6)

الجدول (6) يبين مساحة ونسبة كل فئة من فئات الملائمة المكانية

درجة الملائمة	المساحة (كم^2)	النسبة%
مستبعدة	0.983	0.29
ملائمة منخفضة	5.510	1.63
ملائمة متوسطة	26.665	7.93
ملائمة جيدة	168.114	50.03
ملائمة مثالية	134.882	40.12

المصدر: من اعداد الباحث اعتادا على نتائج الدراسة

النتائج :

أولاً ـ النطاقات ذات الأولوية للتوسع العمراني (المثالية والجيدة)

تمثل هذه النطاقات مجتمعة 90.15% من إجمالي مساحة المنطقة المقترحة للتوسع، وهي نسبة مرتفعة جداً تعكس تفوق العوامل الإيجابية (المحفزات) على العوامل السلبية (المحددات):

1. فئة الملائمة الجيدة (Good Suitability) - النسبة: 50.03%التحليل الرقمي: تشغل هذه الفئة المرتبة الأولى مساحياً بواقع 168.114 كم^2، محتلة نصف مساحة منطقة الدراسة. التفسير المنطقي الجغرافي: يعود هيمنة هذه الفئة إلى اتساع السهول والاراضي ذات الانحدارات الخفيفة التي لا تتجاوز الحدود الحرجة للبناء (غالباً أقل من 8%). جغرافياً، تقع هذه الأراضي في مناطق قريبة نسبياً من محاور الطرق الحالية والكتل العمرانية القائمة، مما يجعلها امتداداً طبيعياً وسلساً للمدينة. تمنح هذه الفئة المخططين مرونة عالية جداً في رسم المخططات الهيكلية دون الخوف من عوائق طبوغرافية مكلفة هندسياً.

2. فئة الملائمة المثالية (Ideal Suitability) - النسبة: 40.12%التحليل الرقمي: تأتي في المرتبة الثانية بمساحة تبلغ 134.882 كم^2، وهي نسبة كبيرة جداً، التفسير المنطقي الجغرافي: تمثل هذه الأراضي "القلب الاستراتيجي" للتوسع العمراني القادم. وصولها إلى هذه الدرجة الكاملة من الملاءمة يعني تطابقاً تاماً بين أوزان الـ AHP والواقع المكاني. هذه المناطق تجمع بين اربع ميزات في آن واحد:

- استواء تام في السطح (صفر إلى 3% انحدار)، مما يلغي تكاليف أعمال الحفر والتسوية (Cut and Fill).
- تلاصق مباشر مع الكتلة المبنية القائمة، مما يعزز مفهوم "التنمية المتصلة" ويمنع التشتت.
- وقوعها على حافة شبكات الطرق الرئيسية، مما يوفر الجهد والمال الذي سيبدل في شق الطرق الجديدة.
- اضافة الى ذلك الأمان من التجمعات المائية ، لكونها تقع في أعلى نقطة آمنة بعيداً عن حواف الأودية أو خطوط تصريف السيول.

ثانياً: النطاقات الانتقالية والحرجة (المتوسطة والمنخفضة) تشكل هذه الفئات النطاقات الهامشية التي بدأت تظهر فيها المحددات الجغرافية أو البيئية بشكل تصاعدي:

1. فئة الملائمة المتوسطة (Medium Suitability) - النسبة: 7.93%التحليل الرقمي: تشغل مساحة محدودة تُقدر بـ 26.665 كم ^{2}.التفسير المنطقي الجغرافي: تُعزى هذه الفئة إلى مناطق بدأت تفقد بعض مزاياها المرفقية أو الطبوغرافية. منطقياً، هذه الأراضي إما أنها تقع في مناطق ذات انحدارات متوسطة بين (8% و15%) تتطلب معالجات هندسية خاصة، أو أنها أراضٍ مستوية ممتازة ولكنها معزولة جغرافياً ومبتعدة مسافات كبيرة عن شبكة الطرق الحالية والعمران القائم. البناء هنا ممكن، ولكنه مرهق اقتصاديًا بسبب تكلفة تمديد خطوط الكهرباء، وانابيب توصيل المياه إلى مسافات بعيدة.

2. فئة الملائمة المنخفضة (Low Suitability) - النسبة: 1.63%التحليل الرقمي: مساحتها ضئيلة جداً ولا تتجاوز 5.510 كم ^{2}.التفسير المنطقي الجغرافي: ظهور هذه النسبة الضئيلة يعكس نجاح النموذج في عزل قيم المناطق التي تشكل خطورة أو صعوبة بالغة. تفسير انخفاض ملاءمتها يعود إلى تداخل معقد بين طبوغرافيا قاسية (انحدارات حادة وارتفاعات شاهقة) مع تراجع شديد في إمكانية الوصول (Accessibility). البناء في هذه النطاقات غير مجدٍ اقتصادياً ويحمل مخاطر بيئية، لذا تم خفض درجاتها تلقائياً أثناء دمج الأوزان.

ثالثاً: النطاقات المحظورة (المستبعدة)فئة المناطق المستبعدة - النسبة: 0.29% التحليل الرقمي: تمثل النسبة الأقل على الإطلاق بمساحة 983 متر مربع .التفسير المنطقي الجغرافي والبيئي: على الرغم من صغر مساحتها، إلا أنها الطبقة الأكثر خطورة وأهمية في التحليل. هذه المساحة تمثل مجاري الأودية وحرمها المباشر، بالإضافة إلى قمم الانحدارات الجبلية الجارفة. خروج هذه النسبة (0.29%) وحصولها على صفر في الملاءمة يعني أن الدراسة تبنت معيار "الأمان البيئي المستدام" كأولوية قصوى لحماية الأرواح والممتلكات من كوارث السيول المفاجئة.

رابعاً: الاستنتاج التخطيطي العام (Planning Conclusion)منظور التخطيط الإقليمي لهذه النتائج يشير إلى أن المدينة تمتلك "مخزوناً استراتيجياً آمناً ومثالياً" من الأراضي للتوسع العمراني (الفئتين جيدة ومثالية بنسبة 90%). هذا التوزيع يضمن أن التوسع العمراني القادم لن يكون عشوائياً إذا اخذ المسؤولون بعين الاعتبار معايير

التخطيط العمراني، ومثل هذه الدراسات، بل سيكون نمواً مدروساً يوجه الكثافة السكانية نحو الأراضي الأكثر أماناً بيئياً، والأقل تكلفة اقتصادياً على خزينة الدولة في إنشاء البنية التحتية، مع الحفاظ الصارم على الشبكة الهيدرولوجية الطبيعية (الأودية) دون المساس بها.

التوصيات:

1- اعتماد خريطة الملاءمة المكانية الناتجة عن الدراسة مرجعًا علميًا في إعداد المخططات الهيكلية المستقبلية لمدينة الزنتان، وتوجيه التوسع العمراني نحو المناطق ذات الملاءمة المثالية والجيدة، باعتبارها الأكثر توافقًا مع متطلبات التنمية العمرانية المستدامة.

2- تحديث نموذج الملاءمة المكانية بصورة دورية من خلال إدخال البيانات المستجدة المتعلقة بالنمو العمراني وشبكات الطرق والبنية التحتية والتغيرات البيئية، لضمان استمرار ملاءمة النموذج للواقع المكاني.

3- إجراء دراسات مستقبلية تتضمن معايير إضافية، مثل التغير المناخي، ومخاطر السيول، والخصائص، وتوقعات النمو السكاني، ونماذج المحاكاة المستقبلية للتوسع العمراني، بما يسهم في تطوير نماذج أكثر شمولًا ودقة لدعم التخطيط العمراني المستدام.

4- الاستفادة من نتائج الدراسة في إعداد رؤية مستقبلية للتوسع العمراني المستدام تحقق التوازن بين متطلبات التنمية السكانية والاقتصادية من جهة، والحفاظ على الموارد البيئية وتقليل تكاليف البنية التحتية من جهة أخرى.

بيان تضارب المصالـــح:

يُقر المؤلف بعدم وجود أي تضارب مالي أو علاقات شخصية معروفة قد تؤثر على العمل المذكور في هذه الورقة.

المراجـــــــــع:

- شير، أحلام محمد. (2024). تقييم وتقويم أنماط واتجاهات التوسع العمراني في الفرع البلدي الزروق باستخدام التقنيات المكانية. مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، 4(1)، 179-229. doi.org
- بوحميرة، علي عطية. (2024). أثر التمدد الحضري على البيئة الزراعية واختلال التوازن البيئي. مجلة العلوم الإنسانية، جامعة الزاوية، 18(2)، 45-68.

- تاهمي، صادق، وبو النمر، نبيلة. (2023). الملاءمة المكانية للتوسع العمراني المستقبلي في مدينة المسيلة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والتسلسل الهرمي التحليلي AHP [ورقة علمية مقدمة]. الملتقى الدولي حول تسيير المدن، جامعة محمد بوضياف - المسيلة، الجزائر.
- الحلبي، رائد صالح. (2017). استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أنسب المواقع لإقامة منشآت سياحية في مدينة أريحا. مجلة جامعة الاستقلال للأبحاث، 2(2)، 129-154.
- حمزة، إياد علي، والعامري، عادل مهدي. (2022). الملائمة المكانية لاتجاهات التوسع الحضري لمدينة الشامية باستعمال نظم المعلومات الجغرافية. مجلة آداب الكوفة، 2022(53)، ج2، 405-437
- داود، جمعة محمد. (2018). تطبيقات إحصائية ومكانية متقدمة. نشر ذاتي.
- دو، محمد نوح محمود، والسبعاوي، علي إبراهيم علي. (2017). الملائمة المكانية لتوزيع السكان والخدمات الصحية في الموصل باستخدام GIS و RS. مجلة البحوث الجغرافية، جامعة الموصل، (25)، 10-30.
- الشهابي، خيرية علي حسن. (د.ت). استخدام نظم المعلومات الجغرافية وأسلوب التحليل الهرمي في تحديد أنسب المواقع لإقامة مركز تجاري في مدينة جدة. المجلة الإلكترونية الشاملة متعددة التخصصات (EIMJ).
- عبد حسون، رافد موسى. (2021). اختيار مواقع ملائمة لمحطة رفع مياه الصرف الصحي في مدينة الشامية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS). مجلة كلية التربية، جامعة واسط، 2(25)، 631-646.
- القحطاني، شادية سيف، وسلمان، عبير شريف. (2025). الملائمة المكانية للتوسع العمراني في مدينة خميس مشيط بمنطقة عسير باستخدام التحليل متعدد المعايير. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، 18(1).
- المهدي، فضل الله محمود. (2015). التوسع العمراني على الأراضي الزراعية في مدينة المرج شمال شرق ليبيا، دراسة جغرافية العوامل والآثار. المجلة الليبية العالمية، (3).

المراجع الأجنبية .

- Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science. Springer. doi.org
- Open Alex. (2026). Open Alex: The open catalog to the global research system. Our Research. https://openalex.org
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill.