Integration of FAHP and GIS for Identifying Optimal Real Estate Development Sites in Tartous Governorate

Dr. Fadi CHAABAN*
Dr. Iyad ABBAS**
Thouraya SHAHOOD***

(Received 10 / 10 / 2024. Accepted 28 / 1 / 2025)

□ ABSTRACT □

The selection of sites for construction projects is of critical importance, especially in light of rapid population growth and increasing pressure on natural resources. Therefore, it has become necessary to use Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods to improve decision-making. One of the well-known methods in MCDM is the Analytical Hierarchy Process (AHP), which relies heavily on human evaluations. However, AHP has been criticized for its inability to handle uncertain or vague information, as it depends on traditional numerical evaluations. To overcome these limitations, fuzzy logic was developed, leading to the emergence of Fuzzy AHP (FAHP), which enhances decision-making flexibility and allows for effective handling of uncertain information. FAHP provides more accurate and reliable evaluations in complex decision-making contexts, better reflecting human reasoning.

This research aims to identify the best factors and criteria contributing to selecting optimal real estate development sites in Tartous Governorate, Syria, to support reconstruction efforts. The study developed a model in a Geographic Information System (GIS) environment, utilizing the FAHP method to assess the suitability of sites for real estate development. A comprehensive set of criteria was selected to determine the best locations, distributed across four main factors: accessibility factors, environmental factors, physical factors, and socio-economic factors.

The integration of FAHP with GIS improves the decision-making process in selecting real estate development sites, as GIS provides spatial data, while FAHP allows for dealing with both quantitative and qualitative data, assigning weights to the criteria, and ranking the alternatives in a way that reflects human reasoning when dealing with uncertain information.

The research produced thematic maps identifying optimal real estate development sites in Tartous Governorate, with results showing that 8.8% of the total area of Tartous is highly suitable for real estate development. This provides deep insights for effective strategic planning in land and resource management. The study highlights the effectiveness of integrating FAHP with GIS in improving site selection decisions and recommends the integration of modern technologies in urban planning to achieve sustainable development.

Keywords: Geographic Information System (GIS), Fuzzy AHP, Site Selection Criteria, Reconstruction, Syria.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Associate Professor, Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Latakia University, Latakia, Syria. fadi.chaaban@tishreen.edu.sy
**Postgraduate student (Master), Department of Topographic Engineering, Faculty of Civil Engineering, Latakai University, Latakia, Syria.

التكامل بين FAHP وGIS لتحديد أفضل المواقع للتطوير العقاري في محافظة طرطوس

د. فادي شعبان *

د. إياد عباس**

ثريا شحود***

(تاريخ الإيداع 10 / 10 / 2024. قُبِل للنشر في 28/ 1 / 2025)

□ ملخّص □

يعد اختيار المواقع لمشاريع البناء أمراً بالغ الأهمية، خاصةً في ظل النمو السكاني المتسارع والضغط المتزايد على الموارد الطبيعية. لذلك، أصبح من الضروري استخدام أساليب تحليل القرارات متعددة المعايير (MCDM) لتحسين اتخاذ القرارات. إحدى الطرق المعروفة في اتخاذ القرار متعدد المعايير هي طريقة التسلسل الهرمي التحليلي (AHP)، التي تعتمد بشكل كبير على التقييمات البشرية. ومع ذلك، تواجه AHP انتقادات لعدم قدرتها على التعامل مع المعلومات غير المؤكدة أو الضبابية، إذ تعتمد على تقييمات رقمية تقليدية. للتغلب على هذه القيود، تم تطوير المنطق الضبابي، مما أدى إلى ظهور FAHP، الذي يعزز مرونة اتخاذ القرارات ويتيح التعامل مع المعلومات غير المؤكدة بفعالية. يوفر FAHP تقييمات أكثر دقة وموثوقية في سياقات اتخاذ القرار المعقدة، مما يعكس التفكير البشري بشكل أفضل.

يهدف هذا البحث إلى تحديد أفضل العوامل والمعايير المساهمة في اختيار مواقع التطوير العقاري الأفضل في محافظة طرطوس، سورية، بهدف دعم جهود إعادة الإعمار. اعتمد البحث على بناء نموذج في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يوظف طريقة التسلسل الهرمي الضبابي (Fuzzy AHP – FAHP) لتقييم مدى ملاءمة المواقع للتطوير العقاري. تم اختيار مجموعة شاملة من المعايير لتحديد أفضل المواقع، موزعة على أربعة عوامل رئيسية: عوامل إمكانية الوصول، عوامل بيئية ،عوامل فيزيائية ، عوامل اقتصادية واجتماعية.

يساهم دمج FAHP مع GIS في تحسين عملية اتخاذ القرار في اختيار مواقع التطوير العقاري، حيث يوفر GIS البيانات المكانية، بينما تتيح FAHP إمكانية التعامل مع البيانات الكمية والنوعية وإعطاء أوزان للمعايير وترتيب البدائل بشكل يعكس طريقة التفكير البشري عند التعامل مع المعلومات غير المؤكدة.

أنتج البحث خرائط غرضية تحدد المواقع المثلى للتطوير العقاري في محافظة طرطوس حيث أظهرت النتائج أن 8.8% من المساحة الإجمالية في طرطوس تعتبر ذات ملاءمة مكانية عالية جداً للتطوير العقاري، مما يوفر رؤى عميقة لتخطيط استراتيجي فعال لإدارة الأراضي والموارد. تؤكد الدراسة على فعالية دمج FAHP مع GIS في تحسين القرارات المتعلقة بمواقع البناء، وتوصي بضرورة تكامل التقنيات الحديثة في التخطيط الحضري لتحقيق تنمية مستدامة.

الكلمات المفتاحية: نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، التسلسل الهرمي الضبابي ، معايير اختيار المواقع، إعادة إعمار، سورية

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* **أستاذ مساعد – قسم الهندسة الطبوغرافية –كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية– اللاذقية– سورية. fadi.chaaban@tishreen.edu.sy**

** **طالبة دراسات عليا (ماجستير) – قسم الهندسة الطبوغرافية –كلية الهندسة المدنية – جامعة اللاذقية– اللاذقية– سورية.**

مقدمة:

يعد النّمو العشوائي غير المخطط له والمتراكم بسبب الضغط السكاني مشكلة شائعة في سورية، والتي تتمهد لخلق التوسع الحضري، مما يلزم تحديد مناطق ملائمة للتنمية الجديدة للحفاظ على توازن بيئي صحي.

يعتبر اختيار الموقع في مشاريع البناء من العوامل الحاسمة التي تؤثر بشكل كبير على نجاح المشروعات، خاصةً في ظل النمو السكاني المتسارع والضغط المتزايد على الموارد الطبيعية (Al-Harbi, 2001). يتطلب هذا الاختيار تحليلاً شاملاً لمجموعة من العوامل البيئية والاقتصادية والاجتماعية، مما يجعل استخدام أساليب مثل تحليل القرارات متعددة المعايير (MCDM) ضرورة ملحة لتحسين كيفية اتخاذ القرارات وتقليل النزاعات بين المصالح المختلفة (Hwang & Yoon, 1981).

أحد الطرق المعروفة في عملية اتخاذ القرار متعدد المعايير MCDM عند اختيار الموقع، هي طريقة التسلسل الهرمي Analytical Hierarchy Process (AHP)، التي تعتمد على تقييم البدائل بناءً على الخبرة الإنسانية، لكنها تُواجه انتقادات لعدم قدرتها على التعامل مع المعلومات غير المؤكدة أو الضبابية، حيث تعتمد على تقييمات رقمية تقليدية (Saaty, 1980).

لتجاوز قيود AHP، تم تطوير المنطق الضبابي مما أدى إلى ظهور Fuzzy AHP (FAHP)، والذي يزيد من مرونة اتخاذ القرارات حيث يتمكن من التعامل بشكل فعال مع المعلومات غير المؤكدة. تعكس FAHP التفكير البشري مع توفير تقييمات أكثر دقة وموثوقية في سياقات اتخاذ القرار المعقدة (Zadeh, 1965).

عند دمج FAHP مع نظم المعلومات الجغرافية، تتشكل أداة فعالة لمواجهة تحديات اختيار المواقع. يتمكن برنامج GIS من تحليل الخصائص المكانية، بينما توفر FAHP الأسلوب الملائم لتحديد أوزان المعايير وترتيب البدائل. هذه الشراكة تعزز من القدرة على التخطيط الحضري المستدام، مما يسهم في تحسين جودة الحياة في المجتمعات المحيطة (Hernández-Suárez et al., 2018). كما تم تطوير نظم دعم قرار قائمة على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لضمان سلامة واستدامة مواقع البناء (Mallick et al., 2022). كما تشير الأبحاث إلى أن الاستدامة في البناء تتطلب نهجاً شاملاً يشمل التفكير الاستراتيجي والتقنيات الحديثة لضمان إنشاء مدن ذكية ومستدامة تلبي متطلبات المستقبل (Fan et al., 2012).

أهمية البحث وأهدافه:

تبرز أهمية البحث في:

- الحصول على أفضل المواقع الفعلية والموضوعية للتطوير العقاري في ظل المعايير المتوفرة التي تساعد في عملية إعادة الإعمار وتوفير الوقت في تحديدها.
- تحسين عملية اتخاذ القرارات: يمكن استخدام النموذج المكاني المبني في هذا البحث لتحسين عملية اتخاذ القرارات في مجال تطوير العقارات، حيث يمكن استخدامه في تقييم العوامل المؤثرة على تطور العقارات في مناطق محددة، وتحديد المناطق التي تحتاج إلى تطوير والمناطق التي يجب تجنبها.
- توفير الوقت والجهد: يمكن استخدام النموذج المكاني لتوفير الوقت والجهد المستخدمين في إنتاج خرائط التطوير العقاري التي تعتمد على الطرق التقليدية، حيث يمكن إنتاج الخرائط بشكل سريع ودقيق باستخدام هذا النموذج.
- تحسين عملية تطوير العقارات باستخدام التقنيات الحديثة، وبالتالي تحسين جودة الحياة في المجتمعات المختلفة

والمساهمة في عملية التنمية المستدامة.

ويتجسد هدف البحث الأساسي في:

- تحديد أفضل العوامل والمعايير الحالية التي تساعد في اختيار مواقع التطوير العقاري وتساهم في إعادة الاعمار في منطقة من سوريا.
- بناء نموذج في بيئة GIS لخدمة التطوير العقاري اعتماداً على طريقة FUZZY–AHP لاختيار مواقع التطوير العقاري الأنسب والأكثر موضوعية.

طرائق البحث ومواده:

1.1 المنطق الضبابي وتحليل القرار متعدد المعايير (MCDM):

قدمت نظرية المنطق الضبابي المبتكرة من قبل العالم لطفي زاده حلاً فعالاً للعمل في الحالات والشروط غير المؤكدة (Zadeh, 1965)، حيث تمثل إطاراً متقدماً لتحليل المشكلات المعقدة التي تتسم بعدم اليقين والمعلومات غير الواضحة. تستند هذه النظرية إلى استخدام المجموعات الضبابية (Fuzzy Sets)، التي تسمح بتصنيفات متعددة بدلاً من التصنيفات الثنائية التقليدية، مما يوفر مرونة أكبر في تحليل الخيارات وتقييمها.

إن توظيف هذه الأساليب في منهجيات اتخاذ القرارات متعددة المعايير (MCDM) يعزز من قدرة المختصين على اختيار المواقع المثلى للتطوير العقاري. كما يساهم في تحسين فعالية التخطيط واستدامة التنمية. حيث أصبحت الاستدامة الحضرية ذات أهمية متزايدة لمشاريع البناء في السنوات الأخيرة (Mallick et al.,2022&Bregat,.2007). من خلال التركيز على الفروقات الدقيقة في الخصائص البيئية والاجتماعية، يتمكن القرار المدعوم بالنظرية الضبابية من الارتقاء بجودة الحياة الحضرية وتحقيق توازن أفضل بين التنمية العمرانية واحتياجات المجتمع.

بالتالي، فإن أهمية هذه الأدوات لا تقتصر فقط على تحسين فعالية اتخاذ القرارات، بل تمتد لتكون عاملاً رئيسياً في تعزيز الاستدامة، مما يؤدي إلى تطوير حضري يراعي البيئة ويحقق تحسينات مستدامة للموارد والتخطيط العمراني.

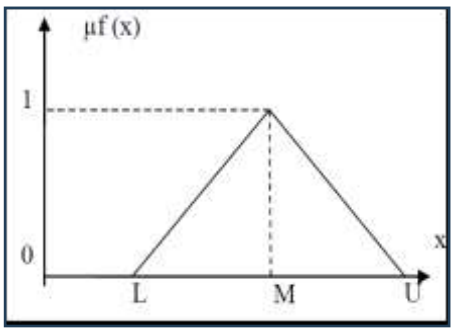
1.2 طريقة التسلسل الهرمي الضبابي (Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP:

طريقة FAHP هي امتداد لطريقة AHP (Kabir et Hasin.,2011& Chang.,1996) وحيث إن طريقة AHP تعتمد على استخدام أرقام تقليدية crisp وبما ان الغموض من الصفات الأساسية لمشاكل صناعة القرار فإن طريقة FAHP قد تم تطويرها لعنونة هذه المشكلة.

تُعرف الأعداد الضبابية بأنها مجموعة ضبابية تتبع الأعداد الحقيقية(Çebi &Karale.,2017)، وتُستخدم في معالجة القيم العددية غير المحددة مثل التقريب "حوالي 7" أو "قريب من 10" (Chen and Hwang, 1992). تشمل الأعداد الضبابية أنواعاً متعددة، منها الأعداد الضبابية المثلثية، وشبه المنحرفه، والمنحنيات على شكل جرس. وفي الأبحاث، تُستخدم الأعداد الضبابية المثلثية بشكل واسع. تحدد الأعداد الضبابية المثلثية من خلال ثلاثة أرقام حقيقية (l، m، u)، حيث تمثل هذه الأرقام على التوالي أصغر قيمة ممكنة، القيمة الأكثر احتمالية، وأكبر قيمة ممكنة. يُعرَّف عامل الانتماء بناءً على هذه القيم، حيث تُوضح الدالة العضوية للأعداد الضبابية المثلثية في الشكل(1).

تشكل القيم العددية الحقيقية (l، m، u) الأساس الذي يُبنى عليه العدد الضبابي المثلثي، حيث تمثل "l" أصغر قيمة محتملة، و"m" تمثل القيمة المركزية الأكثر احتمالاً، و"u" تمثل أكبر قيمة محتملة.

تعرف دالة الانتماء للعد الضبابي المثلثي كما يلي المعادلة(1):



$$(1) \quad \mu f(x) = \begin{cases} \frac{x-L}{m-L} & L \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \le x \le u \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

الشكل 1:الرقم الضبابي المثلثي

خطوات طريقةFAHP:

1.تحديد معايير الدراسة وتحويل مشكلة القرار الى الشكل الهرمي بحيث يتم إظهار العناصر الهامة لمشكلة القرار، أي يتم تحليل المشكلة المعقدة الى بنية هرمية مع عناصر قرار (أهداف، خصائص مثل طبقات لخرائط المعايير، وبدائل).

2.تحديد الأهمية النسبية للمعايير بالنسبة إلى بعضها البعض من قبل كل خبير Ki حيث (i=1,2,..n) باستخدام المقارنات الثنائية Pairwise comparision كما يأتي:

$$(2) \quad A = \begin{bmatrix} w1/w1 & w1/w2 & \dots. & w1/wn \\ w2/w1 & w2/w2 & \dots. & w2/wn \\ \dots. & \dots. & \dots. & \dots. \\ wn/w1 & wn/w2 & \dots. & wn/wn \end{bmatrix}$$

حيث:

A: مصفوفة المقارنة الثنائية comparison pairwise matrix

W1: وزن العنصر 1

W2: وزن العنصر 2

Wn: وزن العنصر n

من أجل تطبيق المقارنات الثنائية بين البارامترات، يتم استخدام الأرقام التقليدية crisp في مقياس saaty الجدول (1):

جدول 1:مقياس Saaty المستخدم في المقارنات الثنائية (Chang.,1996)

درجة الأفضلية (مقياس لغوي)	درجة الأفضلية		
	قيمة رقمية	قيمة رقمية ضبابية	مقلوب القيمة الرقمية الضبابية
أفضلية متساوية للأول على الثاني	1	(1,1,1)	(1,1,1)
أفضلية متساوية إلى متوسطة للأول على الثاني	2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
أفضلية متوسطة للأول على الثاني	3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
أفضلية متوسطة الى قوية للأول على الثاني	4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
أفضلية قوية للأول على الثاني	5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
أفضلية قوية إلى قوية جداً للأول على الثاني	6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
أفضلية قوية جداً للأول على الثاني	7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
أفضلية قوية جداً إلى تامة للأول على الثاني	8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
أفضلية مطلقة للأول على الثاني	9	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

3.التأكد من تناسق المقارنات لكل خبير ki لتحديد أذا كانت المقارنات متناسقة أم متضاربة، يجب حساب نسبة التناسق (CR) وفق المعادلة(3)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

حيث CI مؤشر التناسق $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$

وحيث λ_{max} قيمة eigen value الأعظمية لمصفوفة المقارنة A

n: عدد المعايير

RI: مؤشر العشوائية يمكن حسابه من جدول مؤشرات التضارب العشوائية الجدول(2) :

جدول 2: حساب RI(Chang.,1996)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.17	1.74	1.37	1.41	1.45	1.49

إذا كان CR<0.1 فإنه يتم اعتبار الأحكام متناسقة، وإذا كانت CR>0.1 فإنه يتم اعتبار الأحكام متضاربة وبالتالي يجب إعادة بناء المصفوفة.

4. تحويل مصفوفة المقارنة الثنائية لكل خبير KI حيث i=1,2,..n إلى الشكل الضبابي باستخدام الأرقام الضبابية في مقياس saaty الجدول (1)

يمكن التعبير عن مصفوفة المقارنة الثنائية الضبابية $\tilde{A}(a_{ij})_{n*n}$ رياضياً بالشكل الآتي المعادلة (4):

$$\tilde{A}(a_{ij})_{n*n} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (L_{12}, m_{12}, u_{12}) & \ldots. & (L_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (L_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1,1,1) & \ldots.. & (L_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \ldots. & \ldots & \ldots.. & \ldots \\ (L_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (L_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \ldots.. & (1,1,1) \end{bmatrix} \quad (4)$$

5.حساب أوزان المعايير w عن طريق تطبيق خوارزمية FAHP وهي المتوسط الهندسي (Geometric mean) التي يمكن تلخيصها باتباع الخطوات (Helmy et al.,2021;kooti.,2007;Odusoro&Oke,2021) كما يأتي:

الخطوة الأولى: يتم حساب المتوسط الهندسي الضبابي لكل متجه $\tilde{r_i}$ (Fuzzy geometric mean value) المعادلة (5):

$$\tilde{r_1} = (l_1 * l_2 .. * l_n)^{\frac{1}{n}}, (m_1 * m_2 .. * m_n)^{\frac{1}{n}}, (u_1 * u_{2\ldots *} u_n)^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

الخطوة الثانية: يتم حساب الوزن الضبابي للمتجهات Fuzzy weights $\tilde{w}_i$ المعادلة (6):

$$\tilde{w}_i = \tilde{r_i} * (\tilde{r_1} + \tilde{r_2} + \cdots . + \tilde{r_n})^{-1} \quad (6)$$

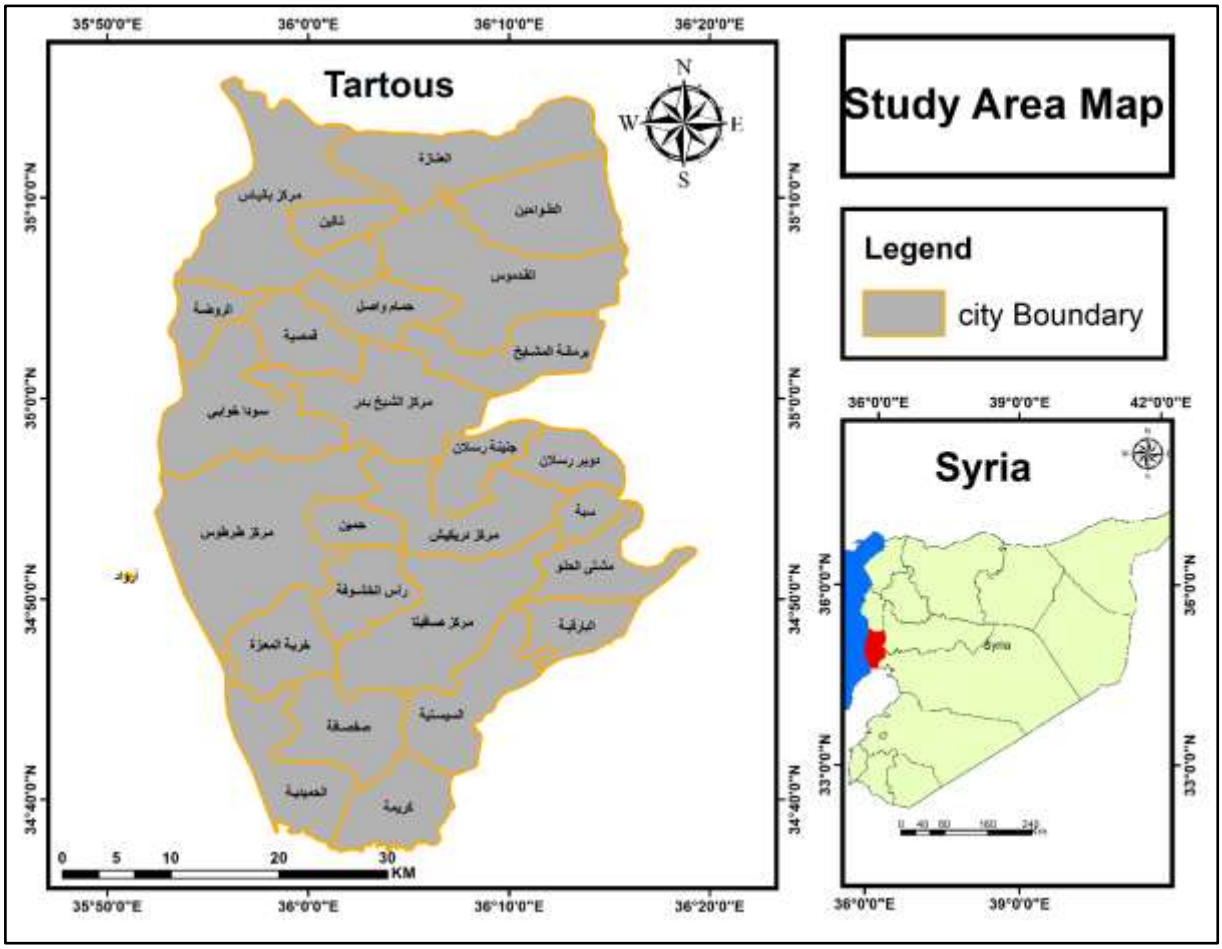
الخطوة الثالثة: يتم حساب الوزن النهائي w_i المعادلة (7):

$$w_i = \left(\frac{l+m+u}{3}\right) \quad (7)$$

1.3 منطقة الدراسة

تقع مدينة طرطوس على الساحل السوري، وتُعتبر واحدة من أهم المدن في الجمهورية العربية السورية. تتميز المدينة بموقعها الاستراتيجي المطل على البحر الأبيض المتوسط، حيث تُحدد جغرافيتها بين(´34°38_´35°16) شمالي خط الاستواءو(´35°52_´36°19) شرقي غرينتش الشكل (2). تتسم الطبيعة الطبوغرافية في محافظة طرطوس بتنوع كبير في التضاريس، حيث تمتد المنطقة بين السواحل الواقعة على البحر الأبيض المتوسط والمناطق الجبلية الداخلية. تصل ارتفاعات الجبال إلى نحو 1400 متر فوق مستوى سطح البحر، مما يساهم في تكوين مشهد طبيعي متنوع.

وتبدأ الانحدارات في المحافظة من 0 درجة في المناطق الساحلية لتزداد تدريجياً، حيث تصل إلى مستويات حادة تصل إلى 60 درجة في مناطق الجبال. في السنوات الأخيرة، شهدت طرطوس تطوراً ملحوظاً في البنية التحتية والأنشطة العمرانية نتيجة الزيادة في عدد السكان والسياح. يُعتبر استخدام تقنيات أنظمة المعلومات الجغرافية أداة أساسية في تحليل وتخطيط المشاريع العمرانية في المدينة، لضمان تحقيق التنمية المستدامة وتلبية احتياجات السكان.



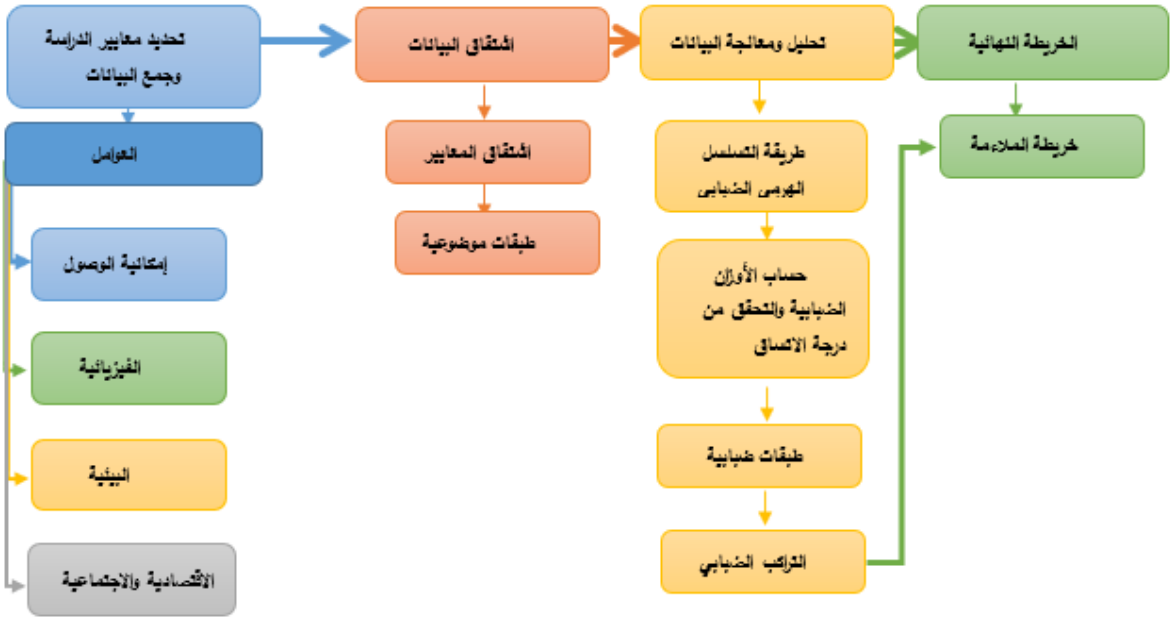
الشكل 2: منطقة الدراسة

1.4 المنهجية

يبين (الشكل 3) المنهجية المتبعة في اختيار أفضل مواقع التطوير العقاري ضمن بيئة GIS.

حيث تتألف المنهجية المعروضة من أربع خطوات أساسية:

1. تحديد معايير الملاءمة المكانية للتطوير العقاري وجمعها.
2. اشتقاق بيانات جديدة من البيانات الأصل.
3. تحليل ومعالجة البيانات وتحديد أوزان للمعايير المستخدمة باستخدام FAHP.
4. الحصول على خريطة الملاءمة النهائية وتحليل النتائج.



الشكل 3:المنهجية

1.4.1 المرحلة الأولى تحديد معايير الملاءمة المكانية للتطوير العقاري وجمعها:

تم استخدام مجموعة واسعة من المعلومات لتحديد معايير وقيود الدراسة أو لتقييم مدى ملاءمة التنمية الحضرية للدراسات شاملة مراجعة إلى وذلك بالاستناد الجدول(3)، (Islam&Parvez,2020;Bikdeli.,2020;Kordi&Brandt.2020; Mosadeghi et al., 2015; Saha & Roy, 2021; Aburas et al., 2015; Mallick et al., 2022)، وأهداف الدراسة، وآراء الخبراء، ومدى توفر البيانات المتاحة، قمنا بتصنيف معايير الملاءمة الحضرية الى أربعة عوامل (إمكانية الوصول – بيئية –فيزيائية – اجتماعية واقتصادية).

معايير إمكانية الوصول وتشمل هذه المعايير على:

القرب من شبكة الطرق، يُعتبر القرب من الطرق الرئيسية عاملاً حيوياً في تسهيل الحركة والنقل (Aburas et al., 2017)، والبعد عن شبكة السكك الحديدية يُعزز من السلامة ويقلل من الضوضاء (Saha & Roy, 2022)، والبعد عن المطارات يساهم في تقليل التأثيرات البيئية السلبية (Weldu & Deribew, 2016)، والبعد عن المرفأ يساهم في تقليل الآثار البيئية السلبية مثل الضوضاء والتلوث (Khan et al., 2021).

المعايير البيئية وتتضمن هذه المعايير:

استخدامات الأراضي حيث يجب تقييم الأنماط الحالية لاستخدام الأراضي ومدى توافقها مع التنمية المستدامة (AlFanatseh, 2022)، يتطلب الحصول على خرائط عالية الدقة الكثير من الجهد والتكاليف، ولهذا فإن استخدام خرائط LULC العالمية قد يكون فعالاً جداً في عدة مجالات، بما في ذلك تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية. ومع ذلك، من الضروري تقييم دقة خرائط LULC قبل استخدامها لضمان موثوقيتها في اتخاذ القرار(Chaaban et al,.2022)،يُعتبر الابتعاد عن مكبات القمامة أمراً ضرورياً لتجنب المخاطر الصحية (Parvez & Islam, 2020)،

البعد عن خطوط التوتر الكهربائي، يسهم ذلك في تحسين الأمان وتقليل المخاطر (Bikdeli, 2020)، البعد عن الفوالق حيث تعتبر الزلازل من الظواهر الطبيعية التي تشكل تهديداً كبيراً للبنية التحتية وللأمن العام، الأنهار الرئيسية حيث يجب مراعاة تأثير النمو على جودة وإمدادات المياه (Mosadeghi et al., 2015)، تعتبر المناطق الساحلية من أبرز الوجهات التي تجذب الاستثمارات في مجال التطوير العقاري، حيث تتيح القرب من الخط الساحلي فرصاً فريدة تعزز من قيمة المشاريع العقارية. تأثير التنمية الكبير على النظام البيئي الساحلي (Ustaoglu & Aydinoglu, 2020)، خصائص التربة، تعتبر نوعية التربة عاملاً أساسياً في تحديد ملاءمة الأرض للبناء (Saha & Roy, 2022).

معايير اجتماعية واقتصادية تشتمل على:

القرب المراكز الحضرية حيث يعزز من جاذبية المناطق لتطوير البنية التحتية (Weldu & Deribew, 2016)، تعداد السكان ويعتبر مؤشراً مهماً لفهم احتياجات المجتمع ووفرة الخدمات (Mosadeghi et al., 2015)، البعد عن المدن الصناعية يُساعد في فهم تأثير التنمية الصناعية على المناطق السكنية (Bikdeli, 2020)، الإطلالة البحرية تعتبر من العوامل الجاذبة للاستثمار وتطوير السياحة (Parvez & Islam, 2020)، تعتبر الإطلالة البحرية في محافظة طرطوس من العوامل الرئيسية التي تعزز قيمة العقارات وتجذب الاستثمارات.

المعايير الفيزيائية وتشمل:

الارتفاع يؤثر على التصميم والتطوير الهندسي (Ustaoglu & Aydinoglu, 2020)، الانحداريعد عاملاً مؤثراً في استدامة المشاريع المنفذة (AlFanatseh, 2022)، اتجاه الانحدار له تأثير على تصريف المياه والتخطيط العمراني (Mosadeghi et al., 2015)، الجيولوجيا ونوع الصخور تلعب دوراً في تحديد قابلية الأراضي للبناء (Liu et al., 2020).

نلاحظ في الجدول (3) بأنَّ دقة البيانات تتراوح بين 5± و 50± متر، لذلك سيتم اعتماد 30± متر كدقة وسطية مناسبة لجميع المعايير .

جدول 3: البيانات ومصادرها

المعايير	المصدر والدقة والتاريخ	المرجع
شبكة الطرق	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021)
السكك الحديدية	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021)
المرفأ	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Ustaoglu & Aydınoglu, 2020)
المطار	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Weldu & Deribew, 2016; Saha & Roy, 2021)
البعد عن مكبات القمامة	المرصد البيئي بدقة 10 متر (2023)	(Mallick et al., 2022)
استخدامات الأراضي	وكالة الفضاء الأوروبي بدقة 10 متر (2020)	(Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021; Weldu & Deribew, 2016; Mallick et al., 2022; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020)
التربة والجيولوجيا	المركز العربي آكساد بدقة 50 متر (2023)	(Weld & Derbies, 2016; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020)
الأنهار	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Aburas et al., 2015; Mallick et al.,2022; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020)
خطوط التوتر الكهربائي العالي	مديرية الكهرباء بدقة 10 متر (2023)	(Aburas et al., 2015)

الفوالق	الهيئة العامة للجيولوجيا والزلازل بدقة 5 متر (2023)	_
الخط الساحلي	Open Streat Map بدقة 6 متر (2023)	(Ustaoglu & Aydınoglu, 2022)
الكثافة السكانية	تعداد الاحصائي للسكان في سوريا 2014	Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021; Mallick) (et al., 2022
المدن الصناعية	محافظة طرطوس بدقة 5 متر (2023)	(Aburas et al., 2015)
المركز الحضري	محافظة طرطوس بدقة 5 متر (2023)	(Weldu & Deribew, 2016; Saha & Roy, 2021)
الارتفاع	نموذج الارتفاع الرقمي DEM (Digital Elevation Model) بدقة أفقية 30 متر ، ودقة شاقولية 10 متر	Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021; Mallick) (et al., 2022

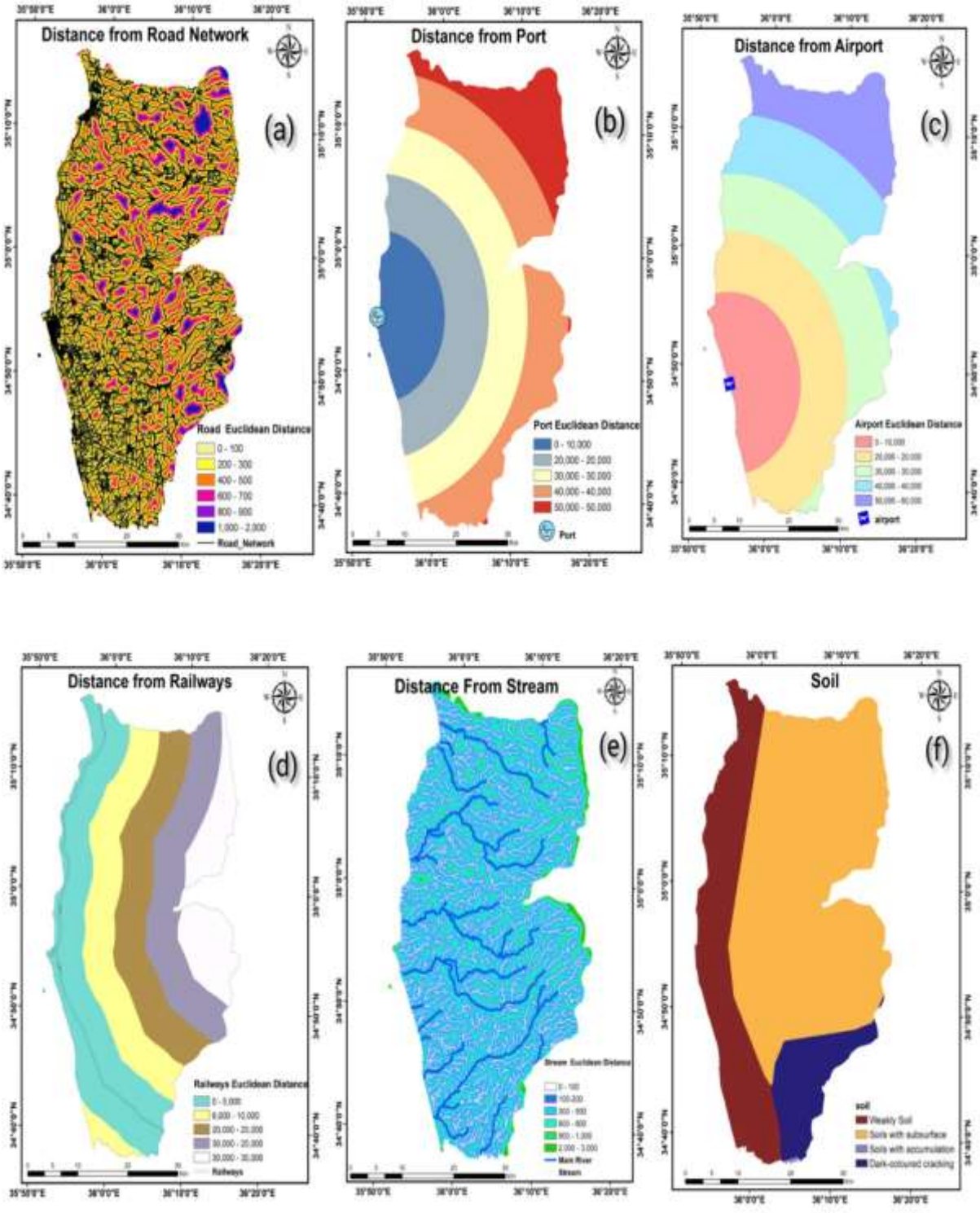
1.4.2 مرحلة اشتقاق البيانات:

تم اشتقاق مجموعة من الطبقات الجديدة واللازمة للتحليل من البيانات الأصلية وباستخدام مجموعة الأدوات المتوفرة في برنامج الـ Arc map:

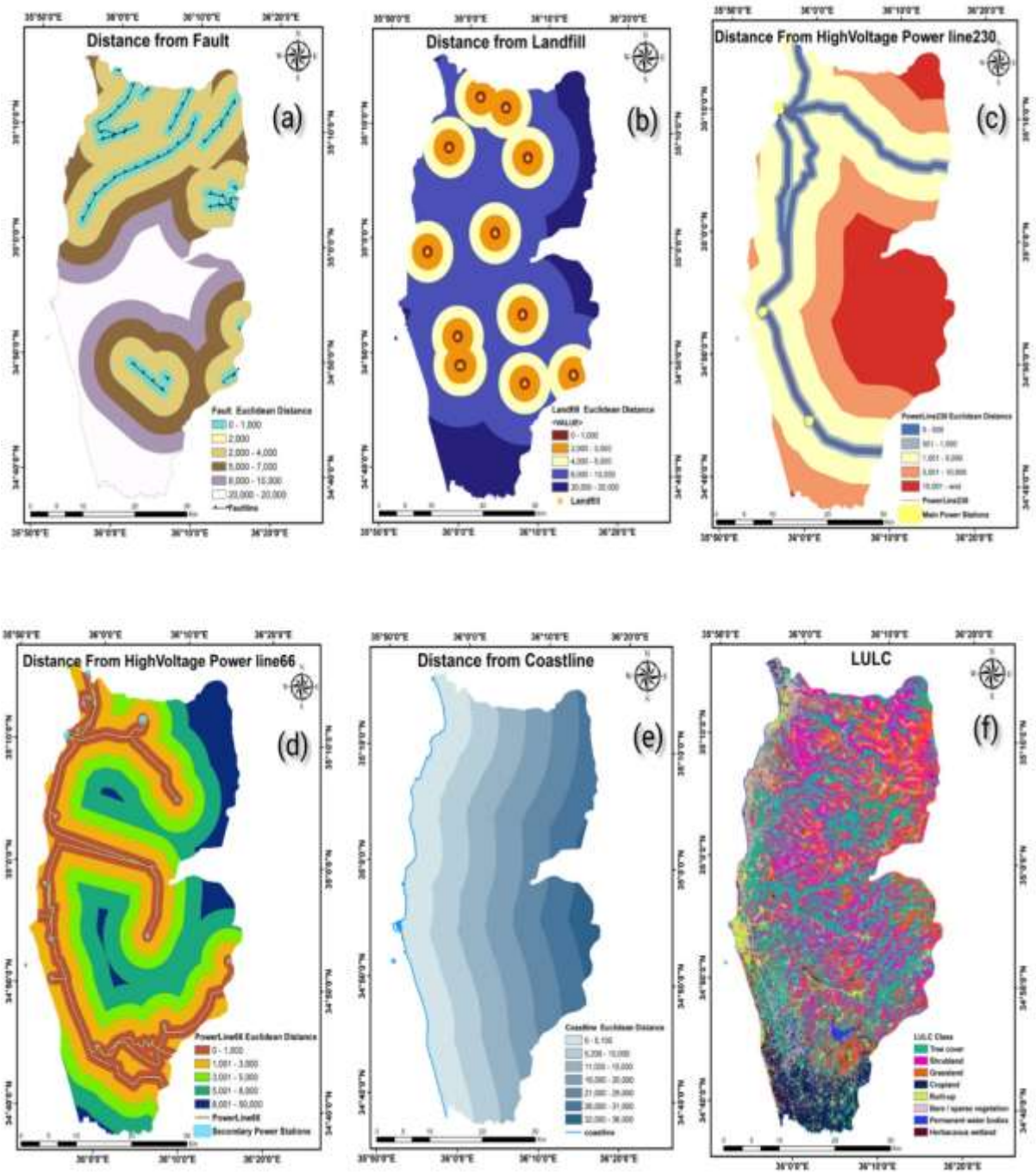
1. شبكة المسيلات المائية (Stream Network): تم استنتاج شبكة المسيلات المائية باستخدام أدوات المعالجة المتقدمة المتاحة في برنامج ArcMap.

2. تم اشتقاق خرائط الميل (Slope)، الاتجاه (Aspect)، ورؤية المجال (Viewshed): تم استنتاج الطبقات من نموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model - DEM) باستخدام أدوات التحليل في ArcMap. يُعبر الميل عن درجة انحدار السطح، بينما يُحدد الانحدار الاتجاه الذي ينحدر إليه السطح. يُساهم تحليل رؤية المجال في تقييم المناظر الطبيعية والتأثيرات المحتملة للبحر على البيئة، مما يُعزز الفهم الشامل للموارد البيئية.

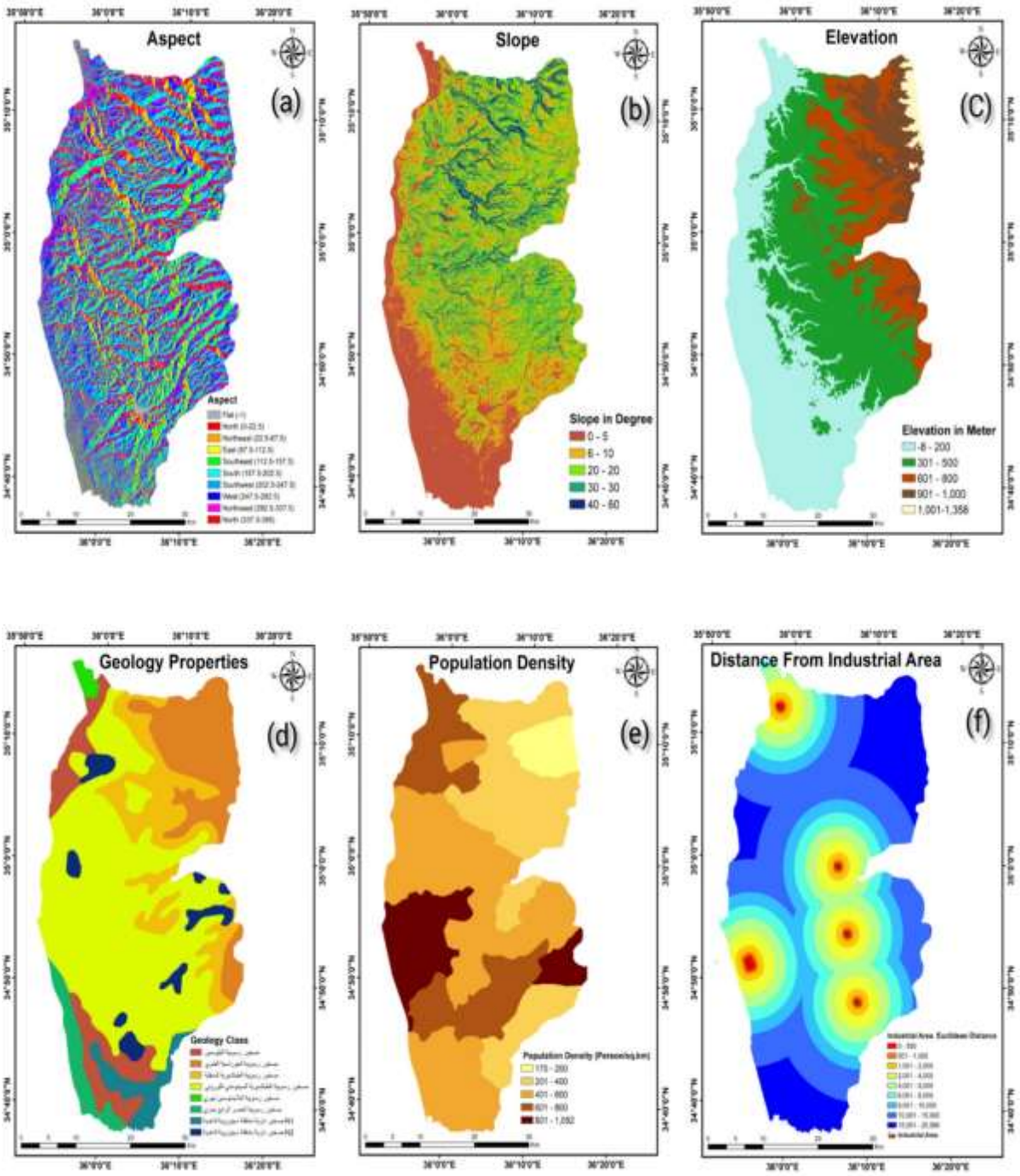
3. المسافة الإقليدية (Euclidean Distance): بعد تحويل الطبقات إلى صيغة راستر (Raster)، تم حساب المسافة الإقليدية بدقة.



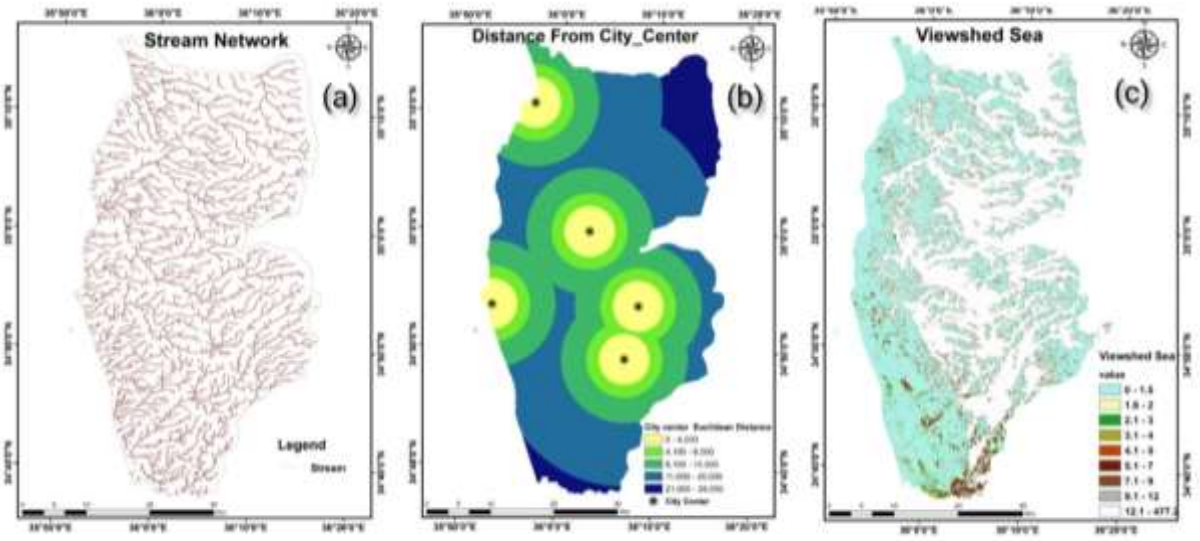
الشكل4: ((a) البعد عن شبكة الطرق (b) البعد عن المرفأ (c) البعد عن المطار (d) البعد عن السكك الحديدية (e) البعد عن شبكة المسيلات المائية (f) التربة)



الشكل5: ((a) البعد عن الفوالق (b) البعد عن مكبات القمامة (c) البعد عن خطوط التوتر الكهرباء العالي 230 (d) البعد عن خطوط التوتر الكهرباء العالي 66(e) البعد عن الخط الساحلي (f) LULC)



الشكل6: ((a) اتجاه الميل (b) الميل(c)الارتفاع (d) الجيولوجيا(e) الكثافة السكانية (f) البعد عن المدن الصناعية)



الشكل7: ((a) شبكة المسيلات المائية (b) البعد عن المركز الحضري (c) الاطلالة البحرية)

النتائج والمناقشة:

1.5 تحليل ومعالجة البيانات:

1.5.1 الوظيفة العضوية:

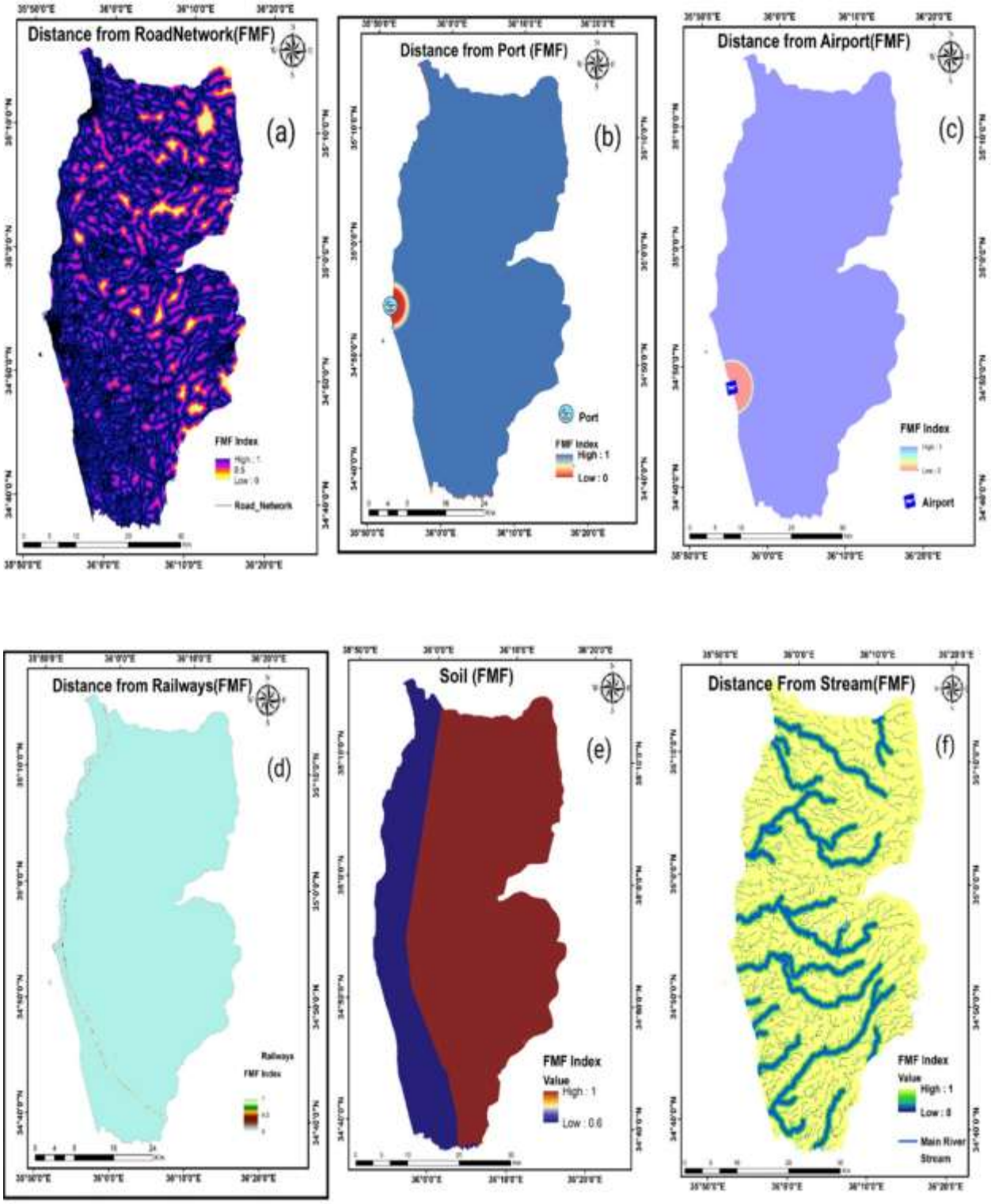
الوظائف العضوية (Membership Functions) تمثل عناصر أساسية في نظرية المجموعات الضبابية (Fuzzy Set Theory) (Zadeh and Kacprzyk,1992;Zadeh,1996)، حيث تُستخدم لتعزيز دقة اتخاذ القرار في بيئات تحتوي على بيانات ذات درجة عالية من عدم اليقين. بينما تعتمد المجموعات التقليدية (Classical Sets) على تصنيفات ثنائية صارمة (True/False)، تتيح المجموعات الضبابية تدرجات انتماء، حيث يمكن أن تتراوح القيم من 0 إلى 1، مما يعكس درجة العضوية (Degree of Membership) للعناصر المختلفة، هذه التدرجات في الانتماء يتم وصفها بدالات العضوية ((Klir and Yuan, 1995).

يوجد عدد كبير من أشكال توابع الانتماء الضبابية المستعملة لتحديد قيمة أو درجة انتماء كل عنصر من عناصر المجموعة. من أشهر هذه التوابع هي التوابع الخطية (linear membership function)، والتوابع الجيبية (sinusoidal memebership) (Zhao & Bose, 2002; Burrough & McDonnell, 1998; Kainz, 2010)، في هذه الدراسة، لتحديد المواقع الأكثر ملاءمة، ووفقاً لأهداف الدراسة وفرائضها، سيتم اعتماد الوظائف العضوية الخطية، سواء كانت متزايدة أو متناقصة، بجانب الوظائف شبه المنحرفة والفئوية، مما سيوفر توازناً ديناميكياً في تقييم مدى ملاءمة المواقع المقترحة للتطوير. (Akgun & Türk, 2010) على الرغم من أنه غالبا لا يمكن تجنب اختيار الوظائف العضوية الفئوية. يُوفر هذا التنوع في أنماط الوظائف العضوية إطار عمل قوي لتحليل البيانات ودعم قرارات التخطيط الحضري (Urban Planning)، مما يسهم في تحقيق التوازن بين المتطلبات الاقتصادية والبيئية. يوضح الجدول (3) وظائف العضوية المعتمدة في هذا البحث. تم الاعتماد على نقاط التحكم بعد مراجعة الدراسات

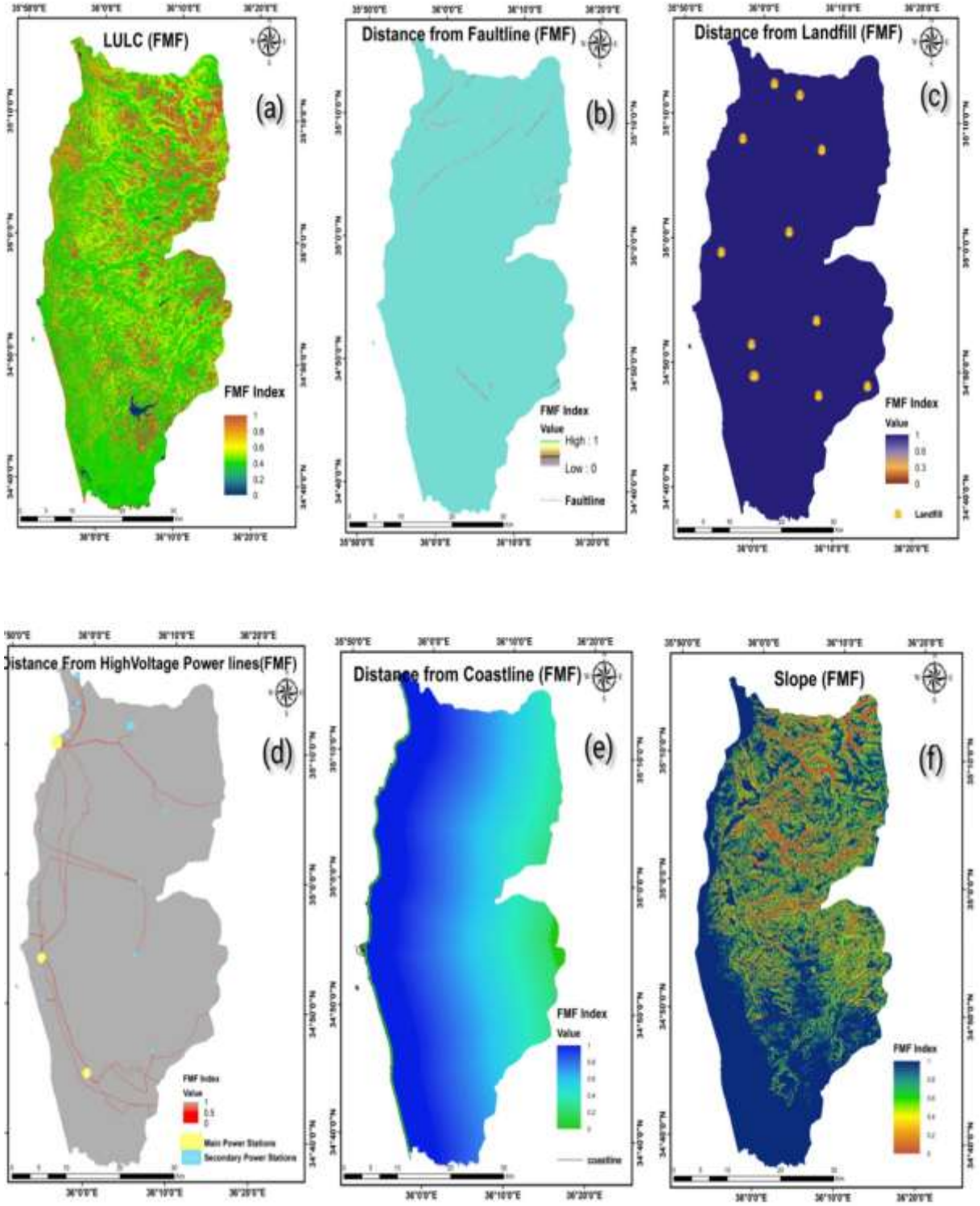
السابقة (Aburas et al., 2015; Saha & Roy, 2021; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020; Mallick et al., 2022; Mosadeghi., 2013)، بالإضافة إلى استشارة آراء الخبراء والمراعاة الدقيقة للشروط المحددة.

جدول3 : وظائف العضوية المستخدمة لكل معيار

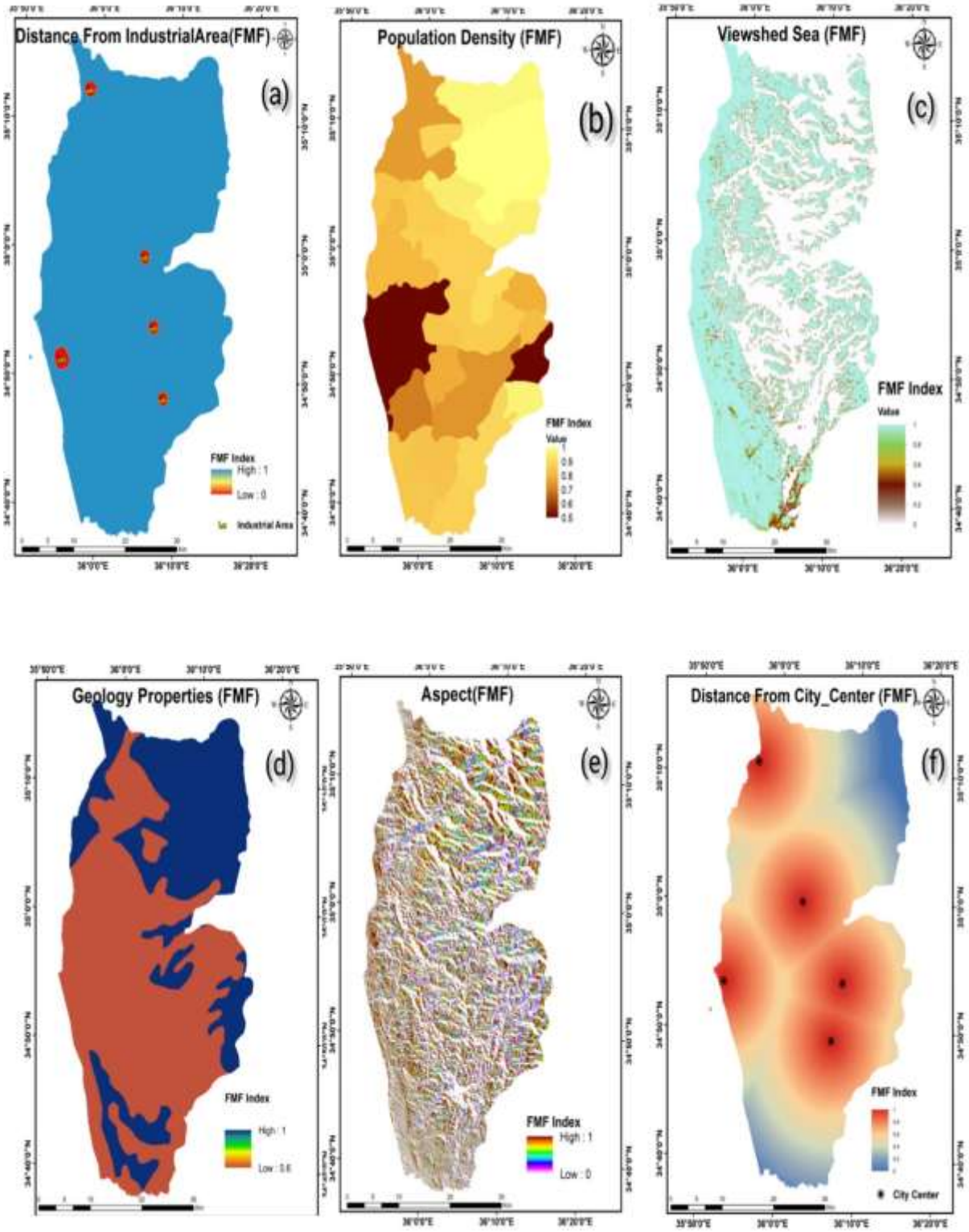
العوامل	المعيار	المجموعات الضبابية	نقاط التحكم
عوامل إمكانية الوصول	البعد عن شبكة الطرق	خطي متناقص	C=200, D=2000
	البعد عن السكك الحديدية	خطي متزايد	A=0, B=50
	البعد عن المرفأ	خطي متناقص	A=1000, B=5000
	البعد عن المطار	خطي متزايد	A=3000, B=5000
عوامل بيئية	البعد عن مكبات القمامة	خطي متزايد	A=400, B=1000
	استخدامات الأراضي	تصنيف	built up=0, Bare / sparse vegetation=10
			Permanent water bodies=0, Herbaceous wetland=0
			tree cover=0.4, shrubland=0.7,
			, grassland=1, gropland=0.8
	أنواع التربة	تصنيف	SS=1, SC=0.7
			SD=0.9, SW=0.7
	البعد عن الأنهار الرئيسية	خطي متزايد	A=50, B=800
	البعد عن الأنهار الفرعية	خطي متزايد	A=0, B=50
	البعد عن خطوط التوتر العالي66	خطي متزايد	A=12, B=14
	البعد عن خطوط التوتر العالي230	خطي متزايد	A=24, B=26
	البعد عن خطوط الزلزال	خطي متزايد	A=50, B=100
	البعد عن الخط الساحلي	خطي متناقص	C=300, D=35000
عوامل فيزيائية	الانحدار	شبه منحرف	A=135, B=235, C=270, D=315
	الميل	خطي متناقص	C=10, D=25
	الجيولوجيا	تصنيف	الصخور الرسوبية البليوسين والصخور الرسوبية الجوراسية العلوية =1
			الصخور الرسوبية البليستوسين والصخور الرسوبية الطباشيرية=0.9
			الصخور الرسوبية الطباشيرية سينومان والصخور الرسوبية العصر الرابع بحري = 0.8
			لصخور النارية والصخور المتدفقة السينوزية =0.7
عوامل اجتماعية واقتصادية	البعد عن المدن الصناعية	خطي متزايد	A=500, B=1000
	المركز الحضري	خطي متناقص	C=1000, D=20000
	الكثافة السكانية	خطي متناقص	C=300, D=2000
	الاطلالة البحرية	خطي متناقص	C=1.5, D=15



الشكل 4: الصور الناتجة عن تطبيق تابع الانتماء الضبابي لتحديد ((a) البعد شبكة الطرق(b) البعد عن المرفا(c) البعد عن المطار(d) البعد عن شبكة السكك الحديدية(e) التربة (f) البعد عن شبكة المسيلات المائية)



الشكل9: ا الصور الناتجة عن تطبيق تابع الانتماء الضبابي لتحديد ((a) LULC(b) البعد عن الفوالق(c) البعد عن مكبات القمامة(d) البعد عن خطوط التوتر العالي(e) البعد عن الخط الساحلي (f) الميل)



الشكل10: الصور الناتجة عن تطبيق تابع الانتماء الضبابي لتحديد ((a) البعد عن المدن الصناعية(b) الكثافة السكانية(c) الاطلالة البحرية(d)الجيولوجيا (e) اتجاه الميل (f) البعد عن المراكز الحضرية)

1.5.2 حساب أوزان المعايير:

بعد القيام بتجميع البيانات ومعالجتها واشتقاق طبقات جديدة ضرورية في عملية التحليل المكاني لاختيار المواقع المثلى لإنشاء المشروع العمراني تبدأ عملية حساب أوزان المعايير، جميع المعايير السابقة تم الحصول عليها بعد استشارة الخبراء المناسبين وبالاستعانة بالمراجع المناسبة، ولتحديد أوزان المعايير تم استخدام مقياس saaty ذو القيم من 1الى 9الجدول (1).

آراء الخبراء حول الأهمية النسبية للمعايير بالنسبة الى بعضها البعض تم تحويلها إلى اوزان باستخدام برنامج excel حيث تم تطبيق المقارنات الثنائية pairwise comparison وطريقة FAHP من أجل حساب الأوزان ونسبة التناسق.

وتكون الاوزان النهائية للمعايير لجملة الخبراء الخمسة كما هو مبين في الجدول (5) التالي:

جدول4 : أوزان المعايير النهائية

المعايير	الخبير الأول	الخبير الثاني	الخبير الثالث	الخبير الرابع	الخبير الخامس	الوزن النهائي
البعد عن شبكة الطرق	0.09	0.08	0.13	0.14	0.04	0.09
البعد عن السكك الحديدية	0.05	0.04	0.04	0.02	0.05	0.04
البعد عن المرفأ	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04
البعد عن المطار	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.04
البعد عن مكبات القمامة	0.12	0.08	0.07	0.09	0.04	0.08
استخدامات الأراضي	0.06	0.09	0.03	0.04	0.08	0.06
أنواع التربة	0.04	0.02	0.01	0.09	0.08	0.05
البعد عن الأنهار	0.08	0.05	0.01	0.02	0.04	0.04
البعد عن خطوط التوتر العالي	0.04	0.02	0.07	0.02	0.02	0.03
البعد عن خطوط الزلزال	0.06	0.09	0.03	0.09	0.08	0.07
البعد عن الخط الساحلي	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
الانحدار	0.06	0.07	0.10	0.03	0.06	0.06
الميل	0.06	0.07	0.10	0.03	0.06	0.06
الجيولوجيا	0.11	0.07	0.06	0.15	0.06	0.09
البعد عن المدن الصناعية	0.04	0.07	0.15	0.06	0.03	0.07
المركز الحضري	0.04	0.07	0.03	0.06	0.13	0.07
الكثافة السكانية	0.02	0.04	0.03	0.06	0.07	0.04
الاطلالة البحرية	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
المجموع	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

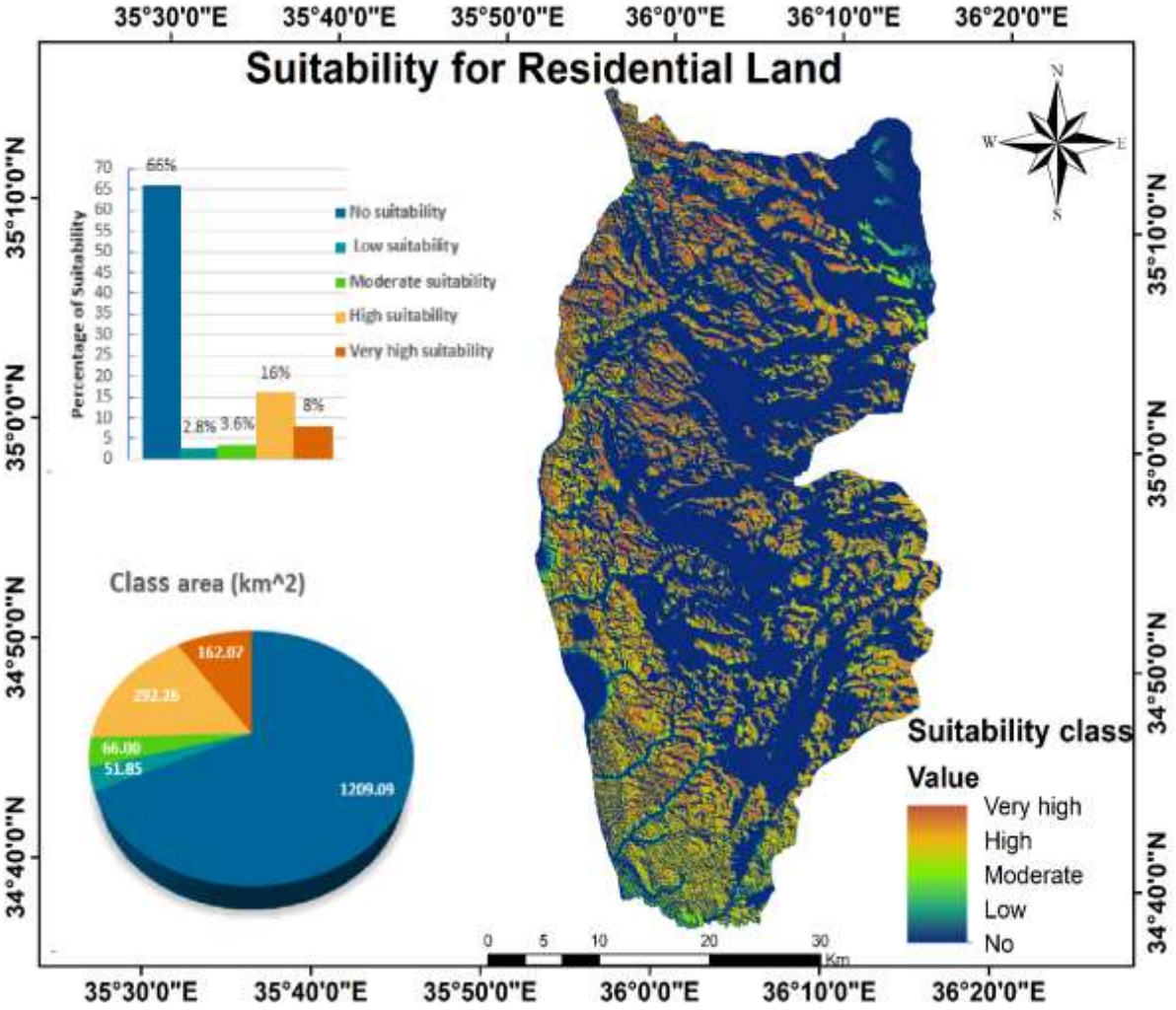
1.6 النتيجة النهائية

1.6.1 التراكب الضبابي

إن التراكب الضبابي يعد أداة حيوية في ArcMap، تعزز من قدرة الباحثين ومخططي المدن على اتخاذ قرارات مستنيرة بناءً على تحليل شامل للبيانات المكانية. تم تحديد المواقع المناسبة وتقسيمها إلى خمس فئات الشكل(11)، وهي: عدم وجود ملاءمة مكانية، ملاءمة مكانية منخفضة، ملاءمة مكانية متوسطة، ملاءمة مكانية عالية، وملاءمة مكانية عالية جداً. تشير النتائج إلى أن8.8% من المساحة الإجمالية تصنف ضمن "ملاءمة مكانية عالية جداً"، في حين تمثل 16.2% "ملاءمة عالية"، و3.6% "ملاءمة متوسطة"، بينما تتوزع بقية المساحة بين "ملاءمة منخفضة" و"غير ملاءمة"، كما هو موضح في الجدول (6). يمكّن هذا الأسلوب من اشتقاق رؤى عميقة من بيانات معقدة، مما يسهم في تطوير استراتيجيات فعالة لإدارة الأراضي والموارد.

جدول 5 :الملاءمة المكانية

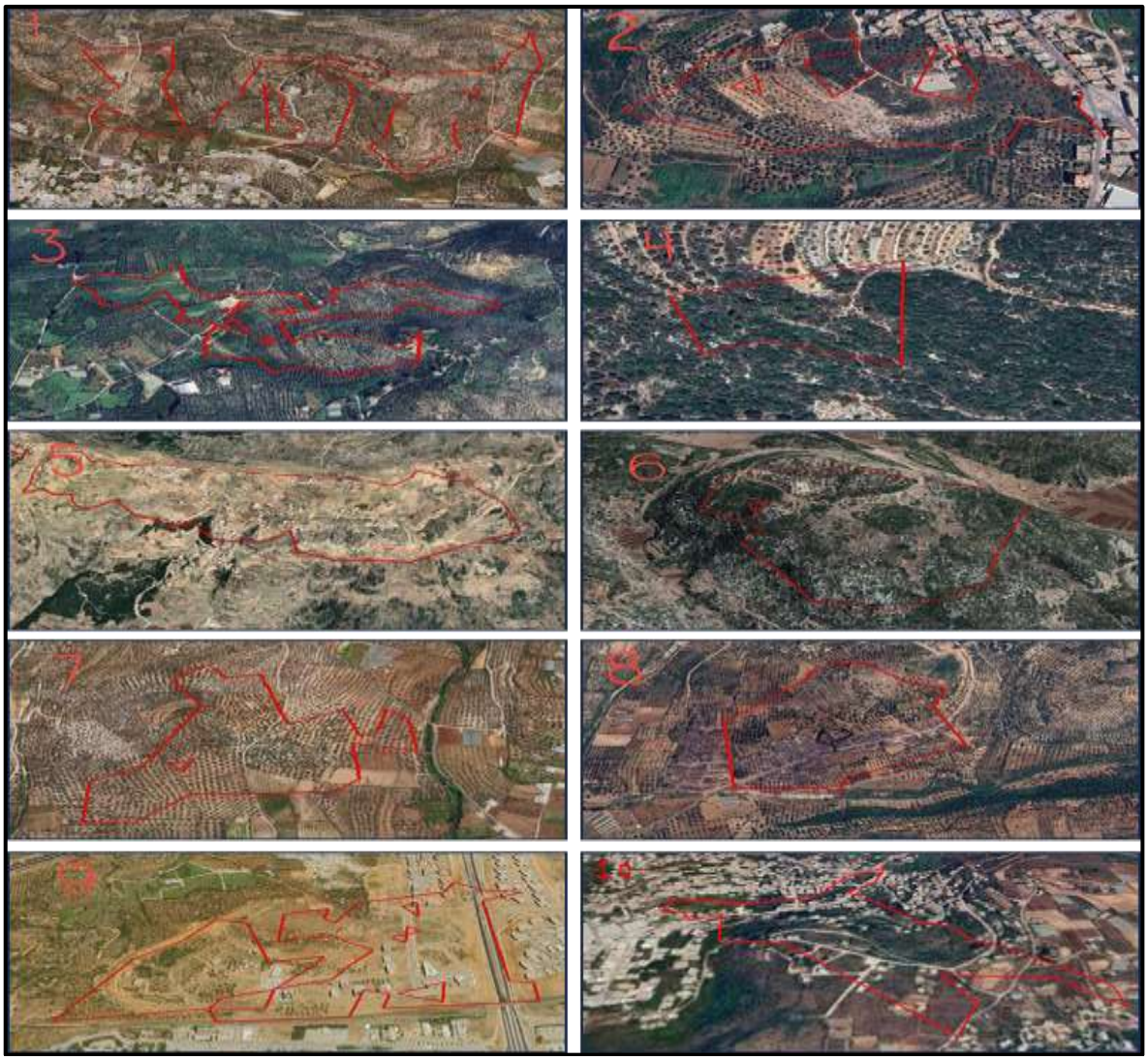
Suitable Class	Area in Km	% of Total AREA
No Suitability	1209.0915	**66.26**
low Suitability	51.8523	**2.84**
Moderate Suitability	65.9981	**3.62**
High Suitability	292.2555	**16.02**
Very high Suitability	162.0720	**8.88**
Total	1824.7810	**100**



الشكل11: الخريطة النهائية

1.6.2 التحقق من النتائج

تم أخذ مجموعة من العينات الموضحة في الشكل (12)، وتم التحقق بالقياس ووضع النتائج بالجدول (6).



الشكل 12: مجموعة عينات للتحقق

جدول6: التحقق من العينات

المواقع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
القرب من الطريق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
البعد عن السكك الحديدة	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق
البعد عن المطار	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
البعد عن المرفأ	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق
البعد عن مكبات القمامة	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق

استعمالات الأراضي	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق	محقق	غير محقق
القرب من الأنهار	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق	غير محقق
التربة	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
البعد عن الفوالق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
البعد عن خطوط التوتر الكهربائي	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
القرب من الخط الساحلي	محقق	غير محقق	محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	محقق	غير محقق	غير محقق
الجيولوجيا	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
الميل	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق
الانحدار	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق
الاطلالة البحرية	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
البعد عن المدن الصناعية	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق
القرب من المركز الحضري	محقق	محقق	محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق	غير محقق
الكثافة السكانية	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	محقق	غير محقق	محقق	محقق
درجة الملاءمة	**عالية جداً**	**عالية**	**عالية جداً**	**متوسطة**	**متوسطة**	**متوسطة**	**عالية**	**منخفضة**	**عالية**	**غير ملائم**

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- ✓ أظهرت النتائج أن تطبيق طريقة (FAHP) ساهمت بفعالية في تقييم المعايير المختلفة المتعلقة بمواقع التطوير العقاري. وقد أسفر ذلك عن تحديد المواقع الأكثر ملاءمة طبقاً للمتطلبات المعتمدة، تشير النتائج إلى أن8.8% من المساحة الإجمالية تصنف ضمن "ملاءمة مكانية عالية جداً"، في حين تمثل 16.2% "ملاءمة عالية".
- ✓ أظهرت التحليلات أن استخدام FAHP مع بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) قد أسهم بشكل كبير في تحسين دقة القرارات المتخذة في اختيار المواقع المناسبة للتطوير العقاري من خلال الاعتماد على الأرقام الضبابية لتحديد أوزان المعايير.

✓ أثبت الدمج بين FAHP وبرامج GIS، مثل ArcMap، فعاليته في تعزيز كفاءة عمليات التحليل المكاني، مما سهل من عملية اتخاذ القرارات والمستندة إلى بيانات موضوعية.

✓ تتطلب عملية اتخاذ القرار في مجال التطوير العقاري تضمين آراء الخبراء المختلفين العاملين في نفس المجال، مما يعزز الشمولية ودقة النتائج.

✓ تتميز طريقة FAHP بقدرتها على دمج معايير متعددة لتحقيق الخريطة النهائية للمواقع المثلى. يمنح هذا النهج مرونة أكبر، حيث يقلل من عدم الموضوعية مقارنةً بطريقة AHP التقليدية.

التوصيات:

✓ إنشاء قاعدة بيانات شاملة وتحديثها بشكل دوري: يُوصى بإنشاء قاعدة بيانات تتضمن جميع المعلومات والبيانات ذات الصلة بمشاريع التطوير العقاري، ويجب تحديثها بشكل دوري لضمان دقتها ومواءمتها مع التطورات الحالية. سيساهم ذلك في تحسين جودة التحليلات والدراسات، مما يساعد في اتخاذ قرارات استراتيجية أفضل.

✓ تعزيز التعاون بين القطاعات ودمج التكنولوجيا الحديثة: يُنصح بتشجيع التعاون الفعّال بين الجهات الحكومية، والمطورين، والمجتمعات المحلية، مما يسهم في تحقيق استفادة قصوى من التقنيات الحديثة. كما يُوصى بتبني آخر الابتكارات التكنولوجية في مجالات نظم المعلومات الجغرافية، لتعزيز كفاءة التحليلات المدعومة بالبيانات وتحسين جودة القرارات المتخذة.

✓ توسيع نطاق البحث: من الضروري إجراء تطبيقات إضافية لنفس الطريقة على مشاريع تنموية مختلفة، مما يعزز موثوقية النتائج عبر مختلف البيئات والظروف.

References:

1. Al-Harbi, K. *The effect of the site selection process on construction projects*. International Journal of Project Management, Vol. (19) No. (1) 2001, 69-74.
2. Hwang, C. l., & Yoon, K. *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer, 1981.
3. Malczewski, J. *GIS and multi-criteria decision analysis*. John Wiley & Sons, 1999.
4. Mosaedbik, R. *A spatial multi-criteria decision-making model for coastal land use planning*. Doctoral dissertation, Griffith University, 2013
5. Mosaedbik, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Münderers, H. *Comparison of fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision-making model for urban land-use planning*. Computers, Environment and Urban Systems, Vol. (49) 2015, 34-65.
6. Mallick, J., Iqbal, A. A., Kahla, N. B., Alqadhi, S., Singh, V. P., Ho, P. V., & lee, H. *GIS-based decision support system for safe and sustainable building construction site in a mountainous region*. Sustainability, Vol. (14) No. (2) 2022, 288.
7. Ustaoglu, E., & Avdouch, A. C. *Suitability evaluation of urban construction land in the Pendik district of Istanbul, Turkey*. land Use Policy, 104783, 2020.
8. Saaty, T. l. *The analytic hierarchy process (AHP)*. The Journal of the Operational Research Society, Vol. (30) No. (3) 1980, 159-168.
9. Zadeh, l. A. *Fuzzy Sets*. Information and Control, 1965.
10. Chaaban, F., Khatatbeh, J. E., & Darwish, H. *Accuracy assessment of ESA WorldCover 2020 and ESRI 2020 land cover maps for a region in Syria*. Journal of Geovisualization and Spatial Analysis, Vol. (6) No. (3) 2022, 8–31.
11. Kooti, M. *Comparison of fuzzy and crisp analytic hierarchy process (AHP) methods for spatial multicriteria decision analysis in GIS*. Proceedings of GIS, September 2007.

12. Helmy, S. E., Helal, G., & Eisa, M. *Fuzzy analytical hierarchy process*. Journal of King Saud University - Engineering Sciences, 2021.
13. Odusoro, S. A., & Okes, S. A. *A fuzzy analytic hierarchy method to reduce imprecision and uncertainty in drilling operation's factor selection process for entrepreneurial carbon fibre reinforced plastic composite plates*. International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, Vol. (3) No. (17) 2021, 17-26.
14. Zhao, J., & Bose, B. K. *Evaluation of membership functions for fuzzy logic-controlled induction motor drive.* In IEEE 2002 28th Annual Conference of IEEE, 2002.
15. Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. *Principles of Geographical Information Systems (2nd ed.)*. New York: Oxford University Press, 1998.
16. Saha, A., & Roy, R. K. *An integrated approach to identify suitable areas for built-up development using GIS-based multi-criteria analysis and AHP in Siliguri planning area, India*. SN Applied Sciences, Vol. 3, No. 6, 2017.
17. Abtrass, M. M., Abtulah, S. H., Rami, M. F., & Ashtarak, Z. H. *A review of land suitability analysis for urban growth by using the GIS-based analytic hierarchy process*. Asian Journal of Applied Sciences, Vol. (3) No. (6), 2015.
18. Aygun, A., & Turek, N. *landslide susceptibility mapping for Awaslik (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis*. Environment Earth Science, Vol. (61), 2010, 595–611.
19. Weldy, W. G., & Derbew, I. A. *Identification of potential sites for housing development using GIS based multi-criteria evaluation in Dire Dawa City, Ethiopia*. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, Vol. (34), 2016, 49.
20. Al-Fartousi, A. *land suitability analysis of urban development in the Aqaba area, Jordan using a GIS-based analytic hierarchy process*. Geoinformatics, 2022, 1-17.
21. Dikidkeli, S. *Redevelopment modeling for land suitability evaluation of the suburb brownfields using fuzzy logic and GIS, northeastern Iran*. Environment, Development and Sustainability, Vol. (22) No. (7), 2020, 6213-6232.
22. liu, Y., Eckert, C. M., & Earl, C. *A review of fuzzy AHP methods for decision-making with subjective judgments*. Expert Systems with Applications, Vol. (161), 2020, 113738.
23. Cebi, A., & Karal, H. *An application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) for evaluating students' projects*. Educational Research and Reviews, Vol. (12) No. (3), 2017, 120-132.