International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 39 العدد
Part 2 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

Received	2026/10/12	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/10/30	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/11/01	تم نشر الورقة العلمية في

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام AHP–GIS

دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا

عمر إبراهيم اعزوزة[1]، محمد علي حسن مسعود[2]*

[1] كلية الهندسة جامعة مصراتة – ليبيا.

[2] كلية الهندسة جامعة بني وليد – ليبيا.

*Mmas65596@gmail.com

2- https://orcid.org/0009-0000-6926-7174

الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الملاءمة المكانية لمواقع إنشاء مراكز إطفاء جديدة بمدينة بني وليد – ليبيا، باستخدام التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، لمعالجة محدودية التوزيع الحالي للخدمات. واعتمدت الدراسة على ستة معايير مكانية، هي: الكثافة السكانية، المباني التجارية، القرب من الطرق الرئيسية، البعد عن مراكز الإطفاء القائمة، الأراضي الزراعية، والقرب من المناطق الصناعية ومحطات الوقود. واستُخدمت المقارنات الثنائية لآراء الخبراء لاشتقاق أوزان المعايير واختبار اتساقها، ثم جرى دمج الطبقات المكانية لإنتاج خريطة الملاءمة.

أظهرت النتائج أن الكثافة السكانية حصلت على أعلى وزن نسبي بلغ 0.21، تلاها معيار المباني التجارية بوزن 0.17، فيما بلغت نسبة اتساق المصفوفة الجماعية 0.09. كما صُنّفت منطقة الدراسة إلى خمس درجات للملاءمة، وكشفت النتائج عن مواقع مناسبة يمكن الاستفادة منها في تخطيط مراكز إطفاء جديدة. وتؤكد الدراسة أهمية دمج AHP وGIS في دعم التخطيط المكاني، مع ضرورة التحقق الميداني من المواقع المقترحة قبل اعتمادها.

الكلمات المفتاحية: الملاءمة المكانية، مراكز الإطفاء، التحليل الهرمي (AHP)، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بني وليد.

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 39 العدد
Part 2 المجلد
ISTJ
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام AHP–GIS:
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

Selecting the Best Locations for Fire Stations Using AHP–GIS: A Case Study of the City of Bani Walid – Libya

[1]Omar Ibrahim Azouza, [2]Mohamed Ali Hassan Masoud
1- Faculty of Engineering, University of Misrata - Libya
2- Faculty of Engineering, University of Bani Walid - Libya

Abstract

This study aims to assess the spatial suitability of sites for the construction of new fire stations in the city of Bani Walid, Libya, using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information Systems (GIS), in order to address the limited distribution of services at present. The study relied on six spatial criteria: population density, commercial buildings, proximity to main roads, distance from existing fire stations, agricultural land, and proximity to industrial areas and petrol stations. Pairwise comparisons based on expert opinions were used to derive the weights of the criteria and test their consistency; the spatial layers were then integrated to produce a suitability map.

The results showed that population density received the highest relative weight of 0.21, followed by the commercial buildings criterion with a weight of 0.17, whilst the consistency ratio of the aggregate matrix was 0.09. The study area was also classified into five suitability grades, and the results identified suitable locations that could be utilised in the planning of new fire stations. The study emphasises the importance of integrating AHP and GIS to support spatial planning, whilst highlighting the need for field verification of the proposed sites prior to their adoption.

Keywords: spatial suitability, fire stations, Analytic Hierarchy Process (AHP), Geographic Information Systems (GIS), Bani Walid.

1. المقدمة

يمثل التوزيع المكاني لمراكز إطفاء الحريق أحد العناصر الأساسية في تخطيط خدمات الطوارئ، لما له من تأثير مباشر في سرعة الوصول إلى مواقع الحوادث وكفاءة تقديم الخدمة. ولا يرتبط اختيار موقع مركز الإطفاء بعامل مكاني واحد، وإنما يتأثر بمجموعة

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

من العوامل السكانية والعمرانية والاقتصادية وشبكة الطرق واستخدامات الأراضي ومصادر الخطر ويعد العثور على موقع مناسب لمحطات الإطفاء أمراً بالغ الأهمية لتلبية عدد من المتطلبات.[1] ويلزم وجود إطار صارم لاتخاذ القرارات قادر على استيعاب مجموعة متنوعة من النقاط التي قد تكون متناقضة، من أجل الموازنة بين هذه العوامل بفعالية.[2] وقد أسهمت نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تطوير أساليب تحليل وتقييم مواقع الخدمات الطارئة من خلال تمثيل العوامل المؤثرة مكانيًا وتحليل علاقاتها المكانية، في حين يوفر أسلوب التحليل الهرمي (AHP) إطارًا منهجيًا لتحديد الأوزان النسبية للمعايير متعددة الأبعاد اعتمادًا على المقارنات الثنائية لآراء الخبراء.

وفي مدينة بني وليد، تبرز الحاجة إلى تقييم الملاءمة المكانية لمواقع مراكز إطفاء جديدة في ضوء محدودية التوزيع الحالي للخدمة وتعدد العوامل المؤثرة في اختيار المواقع. ومن هنا تعتمد هذه الدراسة على دمج AHP مع GIS لإنتاج خريطة مكانية توضح درجات الملاءمة وتساعد في تحديد المناطق الأكثر مناسبة لإنشاء مراكز إطفاء جديدة.

2. الدراسات السابقة

تناولت الدراسة الحالية عددًا من الدراسات والبحوث العلمية السابقة التي وظّفت أسلوبي التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) في التحليل المكاني، وتناولت موضوعات متنوعة وفقًا لطبيعة كل دراسة وأهدافها، مع التركيز على منهجيات استخدامها في تقييم الملاءمة المكانية وتحديد المواقع المناسبة. ونستعرض فيما يلي جملة من هذه الدراسات.

تناولت دراسة (راوية محمد وآخرين 2025) استخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP) لتحديد أولويات التنمية المكانية في منطقة حماة، من خلال تقييم مجموعة من المعايير المؤثرة في اختيار المناطق المستهدفة بالتنمية. واعتمدت الدراسة على آراء 40 خبيرًا لتحديد المعايير الأكثر تأثيرًا، ثم احتساب أوزانها النسبية باستخدام برنامج Super Decisions. وأظهرت النتائج تصدّر الظروف الاقتصادية قائمة المعايير بوزن 46%، تلتها البنية التحتية الأساسية بنسبة 24%، ثم إمكانات التنمية الاقتصادية وكثافة السكان بنسبة 12% و10% على التوالي، في حين جاءت الظروف البيئية في المرتبة الأخيرة

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

بنسبة 8%. كما أُجري تحليل الحساسية لدراسة تأثير تغير أوزان المعايير في ترتيب البدائل. وأكدت الدراسة أهمية أسلوب التحليل الهرمي في تحديد الأولويات ودعم قرارات التخطيط المكاني، وهو ما يبرز إمكانية الاستفادة منه في تقييم ملاءمة مواقع الخدمات والمرافق، مع اختلاف مجال التطبيق في الدراسة الحالية. [3] و هدفت دراسة (نور عبود وعمر العشارى2022) إلى تحديد المواقع المثلى لإنشاء المدارس الثانوية للبنات في محافظة بغداد، باستخدام التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية .(GIS) واعتمدت الدراسة على سبعة معايير مكانية وخدمية، كان أبرزها حاجة السكان إلى المدارس، وقربها من الشوارع الرئيسة والمراكز الصحية، إضافةً إلى أعداد الطلبة والمدرسين. وأظهرت النتائج تفاوتًا في درجة أهمية مواقع المدارس، إذ صُنفت إلى أربعة مستويات، كما بينت وجود حاجة إلى إنشاء مدارس جديدة لسد العجز في الخدمات التعليمية. وأوصت الدراسة بالاعتماد على نتائج التحليل المكاني والمعايير المعتمدة عند اختيار مواقع المدارس الجديدة.[4] أجرى (تشويخي واخرون 2026) دراسة لتقييم مخاطر تآكل التربة في منطقة قابس جنوب شرقي تونس، بالاعتماد على منهجية التحليل الهرمي (AHP) وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية .(GIS) وشملت الدراسة مجموعة من العوامل، من أبرزها الهطول المطري، والغطاء النباتي، والانحدار، والارتفاع، ونوع التربة، وعمقها.

أظهرت النتائج أن الانحدار كان العامل الأكثر تأثيرًا بنسبة 19%، يليه الارتفاع بنسبة 18%، ثم عمق التربة بنسبة .15%كما بينت خريطة مخاطر التآكل أن 63% من مساحة المنطقة تندرج ضمن المخاطر المتوسطة، بينما تمثل المناطق ذات المخاطر المرتفعة إلى المرتفعة جدًا .37% وخلصت الدراسة إلى فعالية دمج منهجيتي AHP و GISفي تحديد المناطق المعرضة للتآكل ودعم الإدارة المستدامة للأراضي. [5] هدفت دراسة (آيات حسين ، 2025) إلى تحديد الموقع الأمثل لإنشاء مكب للنفايات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ومنهجية التحليل الهرمي (AHP) ، وأداة Weighted Overlay. واعتمدت الدراسة على ستة معايير رئيسية، هي: المسافة عن المناطق الحضرية، والأراضي الزراعية، وقنوات الري، والطرق، والقرى، والمناطق الجرداء.

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

أظهرت النتائج أن معيار البعد عن المناطق الحضرية كان الأكثر أهمية بوزن 34.1%، يليه البعد عن المناطق الجرداء 25.2%، ثم الأراضي الزراعية .17.6%كما تبين أن المواقع التي تبعد أكثر من 1000–800متر عن المناطق الحضرية والزراعية تعد أكثر ملاءمة، لما توفره من تقليل للمخاطر البيئية والصحية. وبعد دمج الطبقات المكانية، صنفت الدراسة المواقع إلى ثلاث فئات :ملائمة جدًا، وملائمة بشروط، وغير ملائمة . وخلصت إلى أن دمج GIS و AHPيساعد على اختيار مواقع المكبات بطريقة علمية توازن بين الحماية البيئية والكفاءة التشغيلية.[6]

أظهرت الدراسات السابقة فاعلية منهجيتي GISو AHP في تحليل الملاءمة المكانية واختيار المواقع، إلا أن معظمها ركز على مجالات مختلفة، مثل المدارس ومكبات النفايات والتنمية المكانية، دون تطبيقهما بصورة كافية على اختيار المواقع المثلى لمراكز الإطفاء مع مراعاة توزيع السكان، وشبكة الطرق، ومصادر الخطر، وسرعة الوصول. لذلك تسعى الدراسة الحالية إلى سد هذه الفجوة من خلال دمج المنهجيتين لتحديد أنسب المواقع وتحسين توزيع خدمات الطوارئ، والجدول رقم (1) يعرض مقارنة بين الدراسات السابقة والدراسة الحالية.

جدول 1. مقارنة الدراسات السابقة بالدراسة الحالية

ت.	الدراسة	مجال الدراسة	المنهجية المستخدمة	المعايير أو محاور التحليل	أبرز النتائج	أوجه الاختلاف عن الدراسة الحالية
1	راوية محمد وآخرون (2025)	تحديد أولويات التنمية المكانية في منطقة حماة	التحليل الهرمي (AHP)	الظروف الاقتصادية، والبنية التحتية الأساسية، وإمكانات التنمية الاقتصادية، وكثافة السكان، والظروف البيئية	تصدرت الظروف الاقتصادية المعايير بوزن 46%، تلتها البنية التحتية بنسبة 24%، مع استخدام تحليل الحساسية لدراسة تأثير تغير الأوزان في ترتيب البدائل	ركزت على تحديد أولويات التنمية المكانية ، بينما AHP باستخدام تستخدم الدراسة الحالية لتقييم GISو AHP الملاءمة المكانية لمواقع مراكز إطفاء الحريق
2	نور عبود وعمر العشاري (2022)	تحديد مواقع المدارس الثانوية للبنات في محافظة بغداد	التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)	حاجة السكان إلى المدارس، والقرب من الشوارع الرئيسة والمراكز الصحية، وأعداد الطلبة والمدرسين، ضمن سبعة معايير	تصنيف المواقع إلى أربعة مستويات، وإظهار الحاجة إلى إنشاء مدارس جديدة لسد العجز في الخدمات التعليمية	ركزت على توزيع المؤسسات التعليمية، بينما تركز الدراسة الحالية على تحديد المناطق الملائمة لإنشاء مراكز إطفاء الحريق

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام AHP–GIS:
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

ت.	الدراسة	مجال الدراسة	المنهجية المستخدمة	المعايير أو محاور التحليل	أبرز النتائج	أوجه الاختلاف عن الدراسة الحالية
3	تشويخي وآخرون (2026)	تقييم مخاطر تآكل التربة في منطقة قابس جنوب شرقي تونس	التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)	الهطول المطري، والغطاء النباتي، والانحدار، والارتفاع، ونوع التربة، وعمقها	جاء الانحدار في المرتبة الأولى بنسبة 19%، يليه الارتفاع بنسبة 18%، ثم عمق التربة بنسبة 15%، وصُنفت 63% من المنطقة ضمن المخاطر المتوسطة و37% ضمن المخاطر المرتفعة إلى المرتفعة جدًا	ركزت على تقييم مخاطر تآكل التربة، بينما تستخدم الدراسة الحالية المنهجيتين لتقييم الملاءمة المكانية لمواقع مراكز الإطفاء
4	آيات حسين (2025)	تحديد الموقع الأنسب لإنشاء مكب للنفايات	نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والتحليل الهرمي (AHP)، وأداة Weighted Overlay	ستة معايير، تشمل المسافة عن المناطق الحضرية، والأراضي الزراعية، وقنوات الري، والطرق، والقرى، والمناطق الجرداء	حصل البعد عن المناطق الحضرية على أعلى وزن بنسبة 34.1%، يليه البعد عن المناطق الجرداء بنسبة 25.2%، ثم الأراضي الزراعية بنسبة 17.6%، وصُنفت المواقع إلى ثلاث فئات للملاءمة	ركزت على اختيار مواقع مكبات النفايات وفق معايير بيئية ومكانية، بينما تتناول الدراسة الحالية اختيار مواقع مراكز الإطفاء وفق معايير سكانية وعمرانية وخدمية ومصادر الخطر
5	الدراسة الحالية	تقييم الملاءمة المكانية لمواقع مراكز إطفاء الحريق بمدينة بني وليد – ليبيا	التحليل الهرمي (AHP)، ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وأداة Weighted Overlay	ستة معايير: الكثافة السكانية، والمباني التجارية، والقرب من الطرق الرئيسية، والبعد عن مراكز الإطفاء القائمة، والأراضي الزراعية، والقرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود	تحديد الأوزان النسبية للمعايير، وإنتاج خريطة للملاءمة المكانية تتضمن خمس فئات، وتقييم درجات الملاءمة في عدد من المحلات المأهولة	تطبيق AHP–GIS على تخطيط مواقع مراكز إطفاء الحريق في مدينة بني وليد، بهدف تحديد المناطق ذات درجات الملاءمة الأعلى لدعم قرارات التخطيط المكاني لخدمات الطوارئ

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

3. مشكلة البحث

تعاني مدينة بني وليد من محدودية التوزيع المكاني لخدمات إطفاء الحريق، في ظل الاعتماد على محطة قائمة واحدة، مما يحد من القدرة على اختيار مواقع مناسبة لإنشاء مراكز جديدة وفق أسس مكانية موضوعية. كما أن تعدد العوامل المؤثرة في ملاءمة مواقع مراكز الإطفاء، مثل الكثافة السكانية والمباني التجارية والطرق الرئيسية ومراكز الإطفاء القائمة والأراضي الزراعية والمناطق الصناعية أو محطات الوقود، يجعل الاعتماد على معيار مكاني منفرد غير كافٍ لاتخاذ قرار الموقع وعليه، تتمثل مشكلة البحث في كيفية تحديد وتحليل درجة الملاءمة

المكانية لمواقع إنشاء مراكز إطفاء جديدة بمدينة بني وليد اعتمادًا على مجموعة من المعايير المكانية باستخدام AHP و GIS.

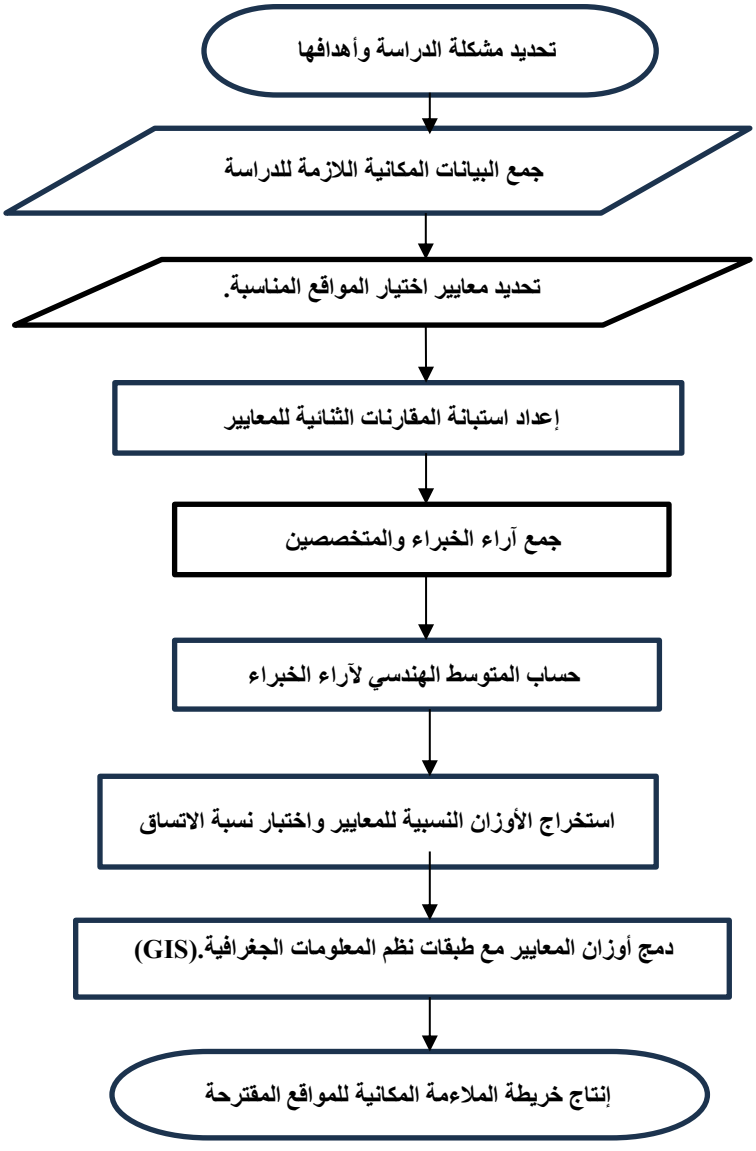
4. هدف البحث

يهدف البحث إلى تحديد وتحليل الملاءمة المكانية لمواقع إنشاء مراكز إطفاء جديدة بمدينة بني وليد باستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، وذلك من خلال:

- تحديد المعايير المكانية المؤثرة في اختيار مواقع مراكز الإطفاء.
- اشتقاق الأوزان النسبية للمعايير باستخدام.AHP
- اختبار اتساق الأحكام المستخدمة في المقارنات الثنائية.
- تحويل المعايير إلى طبقات مكانية موحدة داخل بيئة.GIS
- إنتاج خريطة للملاءمة المكانية وتحديد المناطق ذات الأولوية لإنشاء مراكز الإطفاء.

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

5.منهجية الدراسة



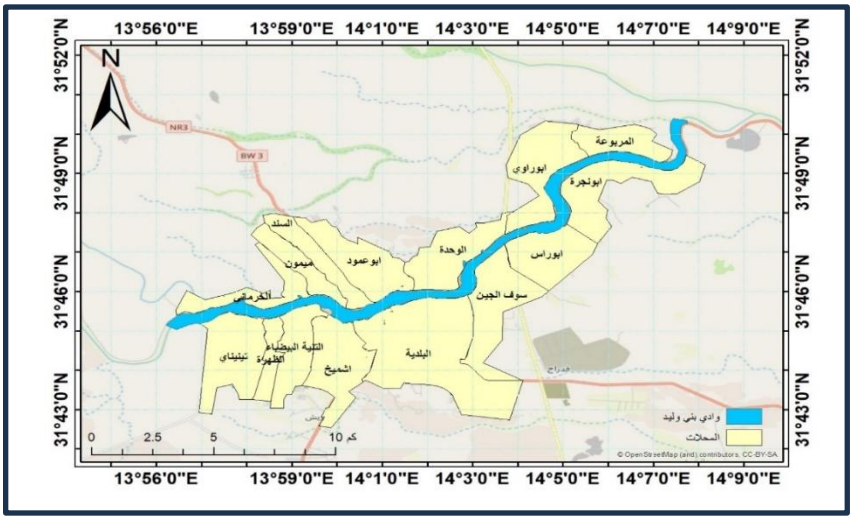
الشكل (1) المنهجية المتبعة في الدراسة

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

يوضح الشكل (1) المنهجية المتبعة في الدراسة، بدءًا من تحديد مشكلة الدراسة وأهدافها، مرورًا بجمع البيانات المكانية وتحديد معايير اختيار المواقع، ثم إعداد استبانة المقارنات الثنائية وجمع آراء الخبراء وتحليلها باستخدام المتوسط الهندسي. وبعد ذلك، تم استخراج الأوزان النسبية للمعايير واختبار نسبة الاتساق، ودمج هذه الأوزان مع طبقات نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، وصولًا إلى إنتاج خريطة الملاءمة المكانية.

- **منطقة الدراسة**

- تقع مدينة بني وليد في الجزء الشمالي الغربي من دولة ليبيا، وتبعد نحو (180) كم جنوب شرق العاصمة طرابلس. وتمتد فلكيًا بين دائرتي عرض (31°–32.8°) شمالًا، وتبلغ مساحتها الإجمالية نحو (19,710) كم². ويحدها شمالًا مدينتا ترهونة وزليتن، وشرقًا مدينة سرت، وشمال شرق مدينة مصراتة، وغربًا مدينتا غريان ونسمة. وتُعد بني وليد من المدن ذات الامتداد الجغرافي الواسع، وقد شهدت خلال السنوات الأخيرة توسعًا عمرانيًا وتغيرًا في توزيع الأنشطة السكانية ويبلغ تعدادها السكاني (124926) نسمة مصلحة الأحوال المدنية بني وليد 2026. الأمر الذي يجعلها منطقة مناسبة لدراسة التوزيع المكاني لمراكز الإطفاء. ويوضح الشكل (2) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.



الشكل 2. خريطة مدينة بني وليد المصدر: اعداد الباحث باستخدام ArgMap10.8

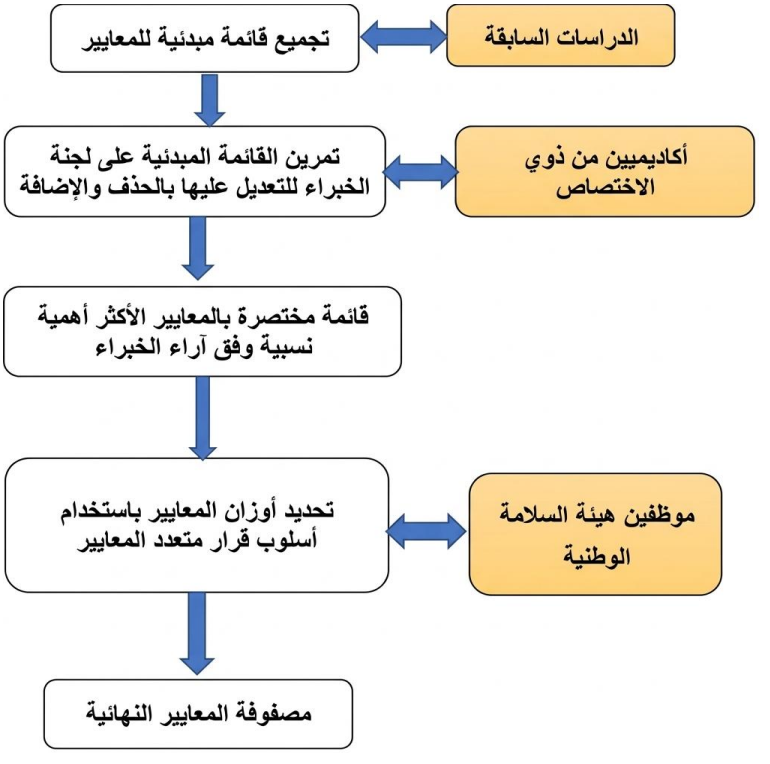
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

- **مصادر البيانات.**

اعتمدت الدراسة على ملفات مكانية بصيغة Shapefile أُعدّت عام 2024، واستُخدمت في تجهيز البيانات المكانية اللازمة للتحليل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية .(GIS) وشملت البيانات المعايير الستة المستخدمة في تقييم الملاءمة المكانية، وهي: الكثافة السكانية، والمباني التجارية، والقرب من الطرق الرئيسية، والمسافة من مراكز الإطفاء القائمة، والأراضي الزراعية، والقرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود.

كما جُمعت آراء موظفي هيئة السلامة الوطنية من خلال استبيان المقارنات الثنائية لتحديد الأوزان النسبية للمعايير باستخدام أسلوب التحليل الهرمي(AHP) ، بعد عرض الاستبيان على محكّمين من موظفي كلية الهندسة جامعة مصراتة لمراجعته والتحقق من وضوح فقراته وملاءمتها لأهداف الدراسة.

- **معايير اختيار مواقع مراكز الإطفاء**



الشكل 3. منهجية تحديد المعايير

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

وفيما يلي نوضح خطوات تحديد المعايير المذكورة في الشكل (3) وهي كالتالي:
قمنا بتصميم استبيان يحتوي على قائمة مبدئية من المعايير بالاعتماد على الدراسات السابقة وتمريره على مجموعة من الأكاديميين من ذوي الخبرة في مجالات ذات صلة كما اعتمد قياس رأي المُشاركين في الاستبيان على ترك المجال للإضافة والتعديل والحذف على القائمة؛ لضمان الوصول إلى المعايير الأكثر أهمية قدر الإمكان، وتم تقييم المعايير بوضع رقم يعبر عن النسبة المئوية لأهمية المعيار حيث رقم (0) يعبر عن عدم الأهمية، أ ما الرقم (1) يعبر عن الأقل أهمية، والرقم (100) يعبر عن الأكثر أهمية.

بعد إدخال التعديلات على نموذج الاستبيان بناءً على آراء الخبراء، تم اعتماد ستة معايير رئيسية كمحصلة لآراء الخبراء على نموذج الاستبيان التي تتمثل في المعايير التالية:

- الكثافة السكانية :لتحديد المناطق التي يتركز فيها السكان .
- المباني التجارية :لمراعاة المناطق التي تتركز فيها الأنشطة التجارية .
- القرب من الطرق الرئيسية :لتقييم سهولة الوصول إلى شبكة الطرق الرئيسية .
- المسافة من مراكز الإطفاء القائمة :لتقييم التوزيع المكاني للمراكز القائمة وعلاقته بالمواقع المقترحة .
- الأراضي الزراعية :لمراعاة توزيع الأراضي الزراعية ضمن التحليل المكاني .
- القرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود :لمراعاة المناطق المرتبطة بمصادر الخطر المحتمل.

جدول رقم 2. المعايير المستخدمة في الدراسة

المعيار	الرمز
الكثافة السكانية	C1
المباني التجارية	C2
القرب من الطرق الرئيسية	C3
البعد عن مراكز الإطفاء القائمة	C4
الأراضي الزراعية	C5
القرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود	C6

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

6. أسلوب التحليل الهرمي(AHP)

يعد أسلوب التحليل الهرمي أحد النماذج المستخدمة في معالجة القرار متعدد المعايير، ويعتبر من أدوات صنع القرار، وقد وضع هذا النموذج العالم توماس ساعاتي عام 1977 م. تعتمد هذه الطريقة على توظيف الأساليب الكمية في عملية اتخاذ القرار الخاص بانتقاء البديل الأمثل من بين مجموعة من البدائل المتعددة والمتاحة. يعتبر نموذج AHP من النماذج المهمة التي تفيد في حالة عدم قدرة متخذ القرار على بناء دالة المنفعة الخاصة به [7] . فأحيانا يكون من الصعب على صانع القرار تحديد كل من درجات وأوزان المعايير المطلوبة في هذا النموذج، وكذلك مصفوفة المقارنات الثنائية والتي تستخدم لحساب درجة فعالية البديل Aj وفق الخاصية xj .يمكن التعبير عن مصفوفة المقارنة الزوجية $A=(aij)\ n*n$ كالتالي:

$$A=\begin{bmatrix} a11 & a12 & \cdots & a1n \\ a21 & a22 & \cdots & a2n \\ \vdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ an1 & an2 & \cdots & ann \end{bmatrix}$$

حيث aij >0 تمثل درجة التفضيل اواهمية المعيار او البديل xi بالمقارنة مع البديل او المعيار xj.

- **خطوات تطبيق عمليات التحليل الهرمي:**

تشمل عملية التحليل الهرمي الخطوات التالية [3]

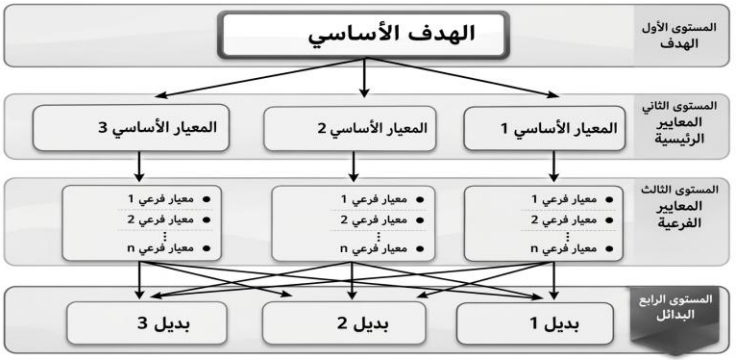
بناء الهيكل الهرمي: تتضمن الخطوة الأولى في عملية التحليل الهرمي تحديد المكونات الرئيسة لمشكلة اتخاذ القرار وتنظيمها في هيكل هرمي يتألف من ثلاثة مستويات على الأقل كما وضح بالشكل رقم (3):

المستوى الأول: الهدف العام لأتخاذ القرار (على سبيل المثال اختيار أفضل موقع لأنشاء مركز إطفاء– مدرسة – مستشفى... الخ)

المستوى الثاني: المعايير الفرعية ان وجدت (التكلفة، والتأثير البيئي، ومسافة الوصول)

المستوى الثالث: البدائل او الخيارات المتاحة لتحقيق الهدف (على سبيل المثال مواقع مختلفة لإنشاء مدرسة).

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29



شكل 4. الشكل العام البنية الهرمية[7]

اجراء المقارنات الزوجية:

بمجرد انشاء الهيكل الهرمي، يتم اجراء مقارنات زوجية لتقييم الأهمية النسبية للعناصر في كل مستوى. تتضمن هذه العملية مقارنة كل عنصر ضمن مستوى معين بالنسبة للعنصر الموجود مباشرة فوقه في التحليل الهرمي. تأخذ المقارنة الشكل التالي: ما مقدار أهمية البديل او المعيار i عندما يقارن بالبديل او المعيار j؟ حيث يتم التعبير عن درجة الأهمية النسبية بمقياس تتراوح من (1 – 9). والجدول رقم (4) يوضح مقياس توماس ساعاتي.

$$A=\begin{bmatrix} a11 & a12 & \cdots & a1n \\ a21 & a22 & \cdots & a2n \\ \vdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ an1 & an2 & \cdots & ann \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} a11 & a12 & \cdots & a1n \\ \frac{1}{a12} & a22 & \cdots & a2n \\ \vdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \frac{1}{a1n} & \frac{1}{a2n} & \cdots & ann \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \frac{w1}{w1} & \frac{w1}{w2} & \cdots & \frac{w1}{wn} \\ \frac{w2}{w1} & \frac{w2}{w2} & \cdots & \frac{w2}{wn} \\ \vdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \frac{wn}{w1} & \frac{wn}{w2} & \cdots & \frac{wn}{wn} \end{bmatrix}$$

- **حساب اوزان العناصر:** الهدف الأساسي من المقارنة الزوجية هو تعيين الاوزان التي تعكس الأهمية النسبية لكل معيار وبديل. يتم حساب الاوزان بطريقة القيمة الذاتية.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

ويتم بعد ذلك تجميع مصفوفات المقارنات الثنائية بين المعايير لكل الخبراء في مصفوفة واحدة عن طريق حساب متوسط تقييمات الخبراء والذي يمكن حسابه باستخدام قانون المتوسط الهندسي والموضح بالمعادلة.

$$\bar{a} = n\sqrt{a_1 \times a_2 \times \ldots\ldots \times a_n}$$

- **حساب شعاع الأولوية**

في هذه الطريقة يوظف مفهوم القيمة الذاتية والشعاع الذاتي لمصفوفة المقارنات الثنائية، وذلك من خلال ضرب مصفوفة المقارنات الثنائية A في شعاع الأوزان W ومنه نحصل على المصفوفة التالية.[8]

$$A \times w = \begin{bmatrix} \frac{w1}{w1} & \frac{w1}{w2} & \cdots & \frac{w1}{wn} \\ \frac{w2}{w1} & \frac{w2}{w2} & \cdots & \frac{w2}{wn} \\ \vdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ \frac{wn}{w1} & \frac{wn}{w2} & \cdots & \frac{wn}{wn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = nw$$

- **حساب نسبة الثبات:** للتحقق من دقة العناصر الناتجة عن المقارنات الزوجية تقوم (AHP) بحساب نسبة الثبات Consistency Ratio (CR) بناء على المؤشرين التاليين:

مؤشر الثبات (Consistency Index) يرمز له بالرمز (CI) ويحسب من العلاقة التالية:

$$\text{CI} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}$$

حيث n= عدد المعايير

λ_{max} = الجدر الكامن لمصفوفة المقارنة الثنائية Ã و تمثل أعظم قيمة ذاتية.

- مؤشر الثبات العشوائي (Random Consistency Index) ويرمز له (RI) وتعتمد قيمته على حجم المصفوفة كما مبين في الجدول رقم (3).

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

جدول 3. قيم مؤشر الثبات العشوائي [3]

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

يتم بعد ذلك الحصول على نسبة الثبات باستخدام العلاقة التالية:

$$CR=\frac{CI}{RI}$$

حيث يشترط ان لا تزيد قيمة CR عن (0.2) للمستوى المقبول، اما إذا تجاوزت القيمة هذا المعدل، فيجب على صانع القرار مراجعة المقارنات الزوجية لتعزيز الاتساق قبل المضي قدما في عملية اتخاذ القرار.

الجدول (4): يوضح مقياس درجات الأهمية المستخدمة في إجراء المقارنات الزوجية بين المعاييرتقييم البدائل **واتخاذ القرار النهائي:** في الخطوة الأخيرة، يتم حساب درجات الأولوية الاجمالية لكل بديل من خلال تجميع الدرجات المرجحة عبر جميع المعايير. تتمثل هذه الخطوة في ضرب وزن كل معيار في درجة أولوية كل

جدول 4. المقياس الأساسي للمقارنة الزوجية

درجة الاهمية	التعريف	التفسير
1	أهمية متساوية	العنصرين متساويين من حيث الأهمية بالنسبة للهدف العام
3	أهمية معتدلة	تفضيل عنصر على الاخر بدرجة بسيطة
5	أهمية كبيرة	تفضيل عنصر على الاخر
7	أهمية كبيرة جدا	عنصر يفضل على الاخر بدرجة كبيرة جدا
9	أهمية قصوى	أعلى درجة ممكنة من التأكيد في تفضيل عنصر على الاخر
2.4.6.8	أهمية متوسطة بين القيم السابقة	حكماً وسط أ عدديا

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

بديل، ثم جمع القيم الناتجة للحصول على الدرجة الإجمالية لكل بديل.

- **الأوزان النسبية للمعايير[8]**

لتحديد الأوزان للمعايير يتم إجراء المقارنات الثنائية بين المعايير وفق المقياس الذي أقترحه توماس ساعاتي

والمعروف بمقياس التسع نقاط والموضح بالجدول (3). والجدول (5) يوضح مصفوفات المقارنة الثنائية للخبراء السبعة، ليتم بعد ذلك تجميع مصفوفات المقارنات الثنائية بين المعايير لجميع الخبراء في مصفوفة واحدة عن طريق حساب متوسط تقييمات الخبراء، والذي يمكن حسابه باستخدام قانون المتوسط الهندسي.

جدول 5. مصفوفات المقارنة الثنائية للخبراء

k1						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	2	1	1	1
C2	1/2	1	2	1/2	1	2
C3	1/2	1/2	1	3	1/2	1/2
C4	1	2	1/3	1	2	1
C5	1	1	2	1/2	1	1/2
C6	1	1/2	2	1	2	1

K2						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	1/2	1	2	2
C2	1/2	1	2	1	2	1/2
C3	2	1/2	1	1/2	1	1
C4	1	1	2	1	1	1
C5	1/2	1/2	1	1/2	1	2
C6	1/2	2	1	1	1/2	1

k3						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/2	2	2	2	2
C2	2	1	1	1	1	1/2
C3	1/2	1	1	1	1	1
C4	1/2	1	1	1	1	1
C5	1/2	1	1	1/2	1	2
C6	1/2	2	1	1/2	1/2	1

k7						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	1/2	2	2	1
C2	1/2	1	2	1	2	1/2
C3	2	1/2	1	1/2	1	1
C4	1/2	1	2	1	1	1
C5	1/2	1/2	1	1/2	1	1
C6	1	2	1	1/2	1/2	1

k4						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	1/2	2	1	2
C2	1/2	1	2	1	2	1/2
C3	2	1/2	1	1/2	1	1
C4	1/2	1	2	1	1	1
C5	1	1/2	1	1	1	2
C6	1/2	2	1	1	1/2	1

k5						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/2	1	2	2	2
C2	2	1	1	1	2	1/2
C3	1	1	1	1	1	1
C4	1/2	1	1	1	1	1
C5	1/2	1/2	1	1/2	1	2
C6	1/2	2	1	1/2	1/2	1

k6						
المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	1/2	2	2	1
C2	1/2	1	2	1	2	1/2
C3	2	1/2	1	1/2	1	1
C4	1/2	1	2	1	1	2
C5	1/2	1/2	1	1/2	1	2
C6	1	2	1	1/2	1/2	1

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

والجدول (6) يوضح مصفوفة متوسط تقييمات الخبراء.

جدول 6. مصفوفة متوسط التقييمات للخبراء

المعيار	C1	C2	C3	C4	C5	C6	اوزان المعايير
C1	1.00	1.35	0.82	1.64	1.64	1.49	0.21
C2	0.74	1.00	1.64	0.91	1.64	0.61	0.17
C3	1.22	0.61	1.00	0.79	0.91	0.91	0.15
C4	0.61	1.10	1.27	1.00	1.10	1.10	0.16
C5	0.61	0.61	1.10	0.91	1.00	1.49	0.15
C6	0.67	1.64	1.10	0.91	0.67	1.00	0.16
Σ	4.85	6.31	6.94	6.15	6.96	6.59	

يتم التأكد من مدى جودة القرار النهائي عن طريق قياس درجة اتساق الأحكام التي يعتمدها الخبراء، ونظرا لصعوبة تحقيق الاتساق التام للأحكام في أي مقارنة ثنائية يتم إجراؤها، ولمعالجة ضعف الاتساق في أسلوب AHP اعتمد ساعاتي مؤشر للثبات يمكن من خلاله الحكم بقبول مصفوفة المقارنة أو رفضها وطلب إعادة بنائها، ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية:

- حساب مجموع القيم لكل عمود في مصفوفة المقارنة الثنائية.
- قسمة كل عنصر من عناصر المصفوفة على مجموع العمود الذي يقع فيه العنصر، وبالتالي نحصل على المصفوفة الجديدة والتي مجموع كل عمود فيها يساوي 1.00
- ايجاد المتوسط الحسابي لكل صف في المصفوفة لنحصل على الأولوية النسبية للمعايير المرتبطة بذلك الصف.
- حساب شعاع المجموع المرجح WSV من خلال ضرب الأولوية النسبية لكل صف من صفوف المصفوفة في عناصر العمود الذي يقابلها في مصفوفة المقارنات الثنائية الأصلية للخبير قبل إجراء التخفيض.
- حساب شعاع الاتساق CV من خلال قسمة مركبات شعاع المجموع المرجح على الأولوية النسبية لكل صف.

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

❖ إيجاد متوسط مركبات شعاع الاتساق من خلال حساب المتوسط البسيط لقيم شعاع الاتساق. وبالتالي يمكننا تحديد نسبة التناسق، والجدول رقم (7) يوضح تناسق المقارنات الثنائية للخبراء.

جدول 7. تناسق المقارنات الثنائية للخبراء

الخبير	CI	CR	ثبات الاحكام	ΣCV	λmax
K1	0.26	0.20	مقبول	43.74	7.29
K2	0.21	0.17	مقبول	42.45	7.07
K3	0.23	0.18	مقبول	42.92	7.15
K4	0.20	0.16	مقبول	42.12	7.02
K5	0.19	0.15	مقبول	41.64	6.94
K6	0.24	0.19	مقبول	43.29	7.21
K7	0.20	0.16	مقبول	42.05	7.01
Km	0.11	0.09	مقبول	39.44	6.57

حيث ان:

Km تمثل مصفوفة متوسط تقييمات الخبراء.

أظهرت نتائج المقارنات الثنائية الجماعية الأوزان النسبية الآتية كما موضح بالجدول رقم (8):

جدول 8. الاوزان النسبية للمعايير

المعيار	الوزن النسبي
الكثافة السكانية C1	**0.21**
المباني التجارية C2	**0.17**
القرب من الطرق الرئيسية C3	**0.15**
البعد عن مراكز الإطفاء القائمة C4	**0.16**
الأراضي الزراعية C5	**0.15**
القرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود C6	**0.16**

- يوضح الجدول الأوزان النسبية للمعايير المعتمدة في عملية التقييم؛ إذ حصل معيار الكثافة السكانية (C1) على أعلى وزن نسبي بلغ (0.21)، يليه معيار المباني التجارية (C2)بوزن (0.17). بينما بلغت أوزان معايير البعد عن مراكز الإطفاء القائمة(C4) ،

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

والقرب من المناطق الصناعية أو محطات الوقود (0.16) (C6) لكل منهما، في حين بلغ وزن كل من القرب من الطرق الرئيسية (C3) والأراضي الزراعية .(0.15) (C5) ويبلغ مجموع الأوزان النسبية لجميع المعايير (1.00) .

- **اختبار الاتساق**

تم اختبار اتساق الأحكام باستخدام مؤشر الاتساق (CI) ونسبة الاتساق .(CR) وأظهرت النتائج أن قيم نسبة الاتساق للمقارنات الفردية تراوحت بين 0.15 و0.20، في حين بلغت نسبة الاتساق للمصفوفة الجماعية 0.09، وهي القيمة المعتمدة في الدراسة للحكم على مقبولية الاتساق.

وبذلك أمكن اعتماد الأوزان المستخرجة من المقارنات الثنائية في مرحلة التحليل المكاني.

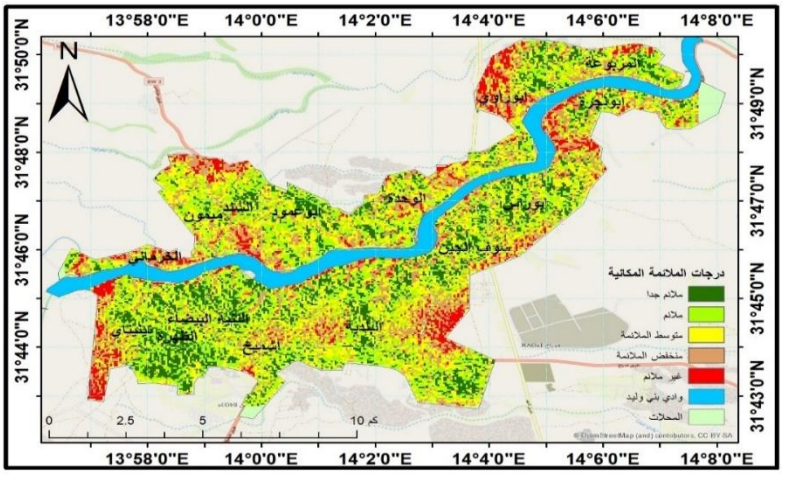
7. التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

بعد استخراج الأوزان النسبية للمعايير باستخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP) كما هو موضح في الشكل رقم (3)، تم تمثيل هذه المعايير في صورة طبقات مكانية داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإجراء التقييم المكاني. وقد شملت المعالجة المكانية والتحليلية الخطوات الإجرائية التالية:

- **إعداد ومعالجة الطبقات:** توحيد الإسقاط الجغرافي، والقص المكاني (Clip) للطبقات وفق الحدود الإدارية لمدينة بني وليد، وتحويل البيانات إلى صيغة الرستر (Raster).
- **تحليل المسافات المكانية:** تطبيق أداة المسافة الإقليدية (Euclidean Distance) لإنشاء نطاقات البعد والقرب عن الطرق، محطات الإطفاء القائمة، والأودية والمناطق الحيوية.
- **إعادة التصنيف (Reclassify):** توحيد مقاييس الطبقات المختلفة وتحويلها إلى قيم قياسية متدرجة لتصبح قابلة للدمج والتحليل وقد جرى توحيد مقاييس كافة الطبقات المكانية وإعادة تصنيفها إلى خمس فئات متدرجة (من 1 إلى 5)، بحيث تعبر القيم الأعلى عن أعلى درجات الملاءمة، مع مراعاة توجيه قيم المسافات بما يتوافق مع المنطق التخطيطي لخدمات الإطفاء قبل دمجها.

اختيار أفضل مواقع لمراكز إطفاء الحريق باستخدام :AHP–GIS
دراسة حالة مدينة بني وليد – ليبيا
http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

- **التراكب المكاني (Weighted Overlay)**: دمج الطبقات المعالجة باستخدام الأوزان النسبية المستخرجة من تحليل (AHP) عبر تطبيق أداة الحاسبة الراستربة (Raster Calculator) لإنتاج خريطة الملاءمة المكانية الأولية.
- **التصفية والاستخراج (Conditional Analysis)**: تطبيق أداة الشرط (Con Tool) لعزل واستبعاد المناطق غير الملائمة واستخراج المواقع المثلى المحددة لإنشاء مركز الإطفاء الجديد.



الشكل 5. خريطة الملائمة المكانية لمنطقة الدراسة الناتجة عن دمج عمليات التحليل الهرمي (AHP) مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS). **المصدر: اعداد الباحث**

توضح الخريطة (5) التوزيع المكاني لدرجات الملاءمة لإنشاء مراكز الإطفاء داخل منطقة الدراسة؛ حيث تظهر المناطق الملائمة جدًا باللون الأخضر الداكن، والمناطق الملائمة باللون الأخضر الفاتح، وتتركز الفئتان بصورة أوضح في الأجزاء الوسطى والجنوبية والغربية. تليها مناطق الملاءمة المتوسطة باللون الأصفر، التي تنتشر على نطاق واسع داخل المنطقة. أما المناطق منخفضة الملاءمة فتظهر باللون البرتقالي في بقع محدودة، في حين تتوزع المناطق غير الملائمة باللون الأحمر على هيئة بقع متفرقة، خاصة في بعض الأجزاء الشمالية والشرقية والجنوبية. كما يوضح اللون الأزرق مسار وادي بني وليد، الذي يمثل حاجزًا طبيعيًا ينبغي مراعاته عند اختيار المواقع المقترحة لمراكز الإطفاء.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

- **نتائج تحليل الملاءمة المكانية.**

مكنت عملية التحليل المكاني من تصنيف منطقة الدراسة إلى خمس درجات للملاءمة، وتشير الخريطة الناتجة إلى وجود تباين مكاني واضح في درجات الملاءمة داخل منطقة الدراسة, إذ تشير القيم الأقل في النطاق العددي لخريطة الملاءمة النهائية إلى أعلى درجات الملاءمة (ملائم جداً)، وذلك بحكم الطبيعة الحسابية لعملية التراكب والتجميع المرجح للطبقات، وتتدرج تصاعدياً نحو القيم الأكبر التي تمثل الفئات الأقل ملاءمة أو غير الملائمة. وتُظهر النتائج أن المناطق الملائمة تتركز في مواقع تتوافر فيها مجموعة من الخصائص المكانية الداعمة لإنشاء مراكز الإطفاء، وفق الأوزان النسبية المحددة للمعايير.

8. مناقشة النتائج

أظهرت نتائج AHP أن الكثافة السكانية تمثل المعيار الأكثر تأثيرًا في تحديد الملاءمة المكانية، وهو ما يعكس أهمية توجيه خدمات الإطفاء نحو المناطق التي يتركز فيها الطلب السكاني. كما أظهرت النتائج أهمية المعايير المرتبطة بالنشاط التجاري وشبكة الطرق ومصادر الخطر، بما يؤكد أن اختيار موقع مركز الإطفاء يتطلب النظر إلى مجموعة من العوامل المكانية بصورة متزامنة.

وأتاح استخدام GIS تحويل الأوزان النظرية الناتجة عن AHP إلى توزيع مكاني قابل للتحليل والتفسير، بحيث لم تقتصر النتيجة على ترتيب رقمي للمواقع، بل أظهرت التباين الجغرافي في مستويات الملاءمة داخل منطقة الدراسة.

كما أظهرت مقارنة المواقع أن بعض المواقع ذات الترتيب المتقدم في التحليل لا تمثل بالضرورة الموقع الوحيد الممكن لإنشاء مركز اطفاء وإنما تعكس درجات مختلفة من الملاءمة المكانية. لذلك ينبغي التعامل مع خريطة AHP– GIS باعتبارها أداة لدعم القرار المكاني، وليس باعتبارها حكمًا منفردًا على الموقع النهائي، إذ يمكن أن تتداخل عوامل أخرى مرتبطة بالتغطية المكانية، وإمكانية الوصول، وتوافر الأراضي، والقيود التخطيطية عند اتخاذ القرار النهائي.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

9. الاستنتاجات.

خلصت الدراسة إلى أن استخدام أسلوب التحليل الهرمي (AHP) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) يتيح تقييم الملاءمة المكانية لمواقع إنشاء مراكز إطفاء جديدة بمدينة بني وليد، من خلال تحديد الأهمية النسبية للمعايير وتحليل توزيعها المكاني. وقد توصلت الدراسة إلى الاستنتاجات الآتية:

1. أظهرت نتائج التحليل الهرمي أن الكثافة السكانية تمثل المعيار الأعلى وزنًا نسبيًا بقيمة 0.21، تليها المباني التجارية بوزن 0.17، بما يبرز أهمية مراعاة التوزيع السكاني والأنشطة التجارية عند تخطيط مواقع مراكز الإطفاء.

2. بلغت نسبة اتساق مصفوفة المقارنات الثنائية الجماعية 0.09، وهي قيمة مقبولة وفق الحد المرجعي الشائع البالغ 0.10.

3. أسهمت معالجة الطبقات المكانية ودمجها باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في إنتاج خريطة تصنف منطقة الدراسة إلى خمس درجات للملاءمة المكانية، بما يساعد على تحديد المناطق الأكثر ملاءمة لإنشاء مراكز إطفاء جديدة.

4. بينت نتائج التحليل المكاني وجود تفاوت في درجات الملاءمة بين مناطق مدينة بني وليد، وهو ما يبرز أهمية اعتماد معايير مكانية متعددة بدلًا من الاستناد إلى معيار منفرد عند تخطيط مواقع مراكز الإطفاء.

10. التوصيات.

توصي الدراسة بالاستفادة من خريطة الملاءمة المكانية عند دراسة مواقع مراكز إطفاء جديدة في مدينة بني وليد، مع إجراء تقييم ميداني للمواقع ذات الأولوية قبل اعتمادها نهائيًا، وتحديث طبقات البيانات والمعايير بصورة دورية بما يتناسب مع التغيرات السكانية والعمرانية واستخدامات الأراضي.

http://www.doi.org/10.62341/istj-vol39-2-an29

المراجع

[1]. Badi, I. B. R. A. H. I. M., Jibril, M. L., & Bakır, M. (2022). A composite approach for site optimization of fire stations. *Journal of Intelligent Management Decision*, *1*(1), 28-35.

[2]. Hamad, K. A., & Suleimany, J. M. S. (2025). Optimal Fire Station Site Selection in Erbil City, Kurdistan Region of Iraq: A GIS-AHP Approach. *EURASIAN JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING*, *11*(2), 49-69.

[3]. راوية محمد، محمد يسار عابدين، & صفوان العساف. (2025). استخدام عملية التحليل الهرمي (AHP) لتحديد أولويات التنمية المكانية في منطقة حماة. مجلة جامعة حماة، 8(2).

[4]. نور عبود & ,عمر العشاري. (2022). تحليل القرار متعدد المعايير باستعمال طريقة التحليل الهرمي (AHP) المستند الى نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لإيجاد الموقع الامثل للمدارس الثانوية في محافظة بغداد. *Journal of Al-Rafidain University College For Sciences (Print ISSN: 1681-6870, Online ISSN: 2790-2293)*, (2), 155-168.

[5]. تشويخي، و.، عبد الكريم، ب.، أتوي، م.، بوجيله، أ.، أنتونس، إ. م. ح. ر.، الهوادي، ل.، ومحمودي، س. (2026). نمذجة AHP–GIS المتكاملة لتقييم مخاطر تآكل التربة في المناطق الجافة: دراسة حالة في قابس، تونس. *أنظمة الأرض والبيئة*، (2)*10*، 2097–2115.

[6]. حسين، آيات سعيد. (2025). استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد أفضل موقع لمكب النفايات في ناحية النصر والسلام. *مجلة العصر للعلوم الإنسانية والاجتماع، (18)*، 164 .186–المركز العربي للأبحاث والدراسات، دولة قطر .

[7]. علي قاسم شتوان، & وئام علي ابوحليقة. (2021). أولوية استكمال المشاريع الإنشائية المتوقفة في ليبيا باستخدام التحليل المتعدد المعايير. *مجلة البحوث الأكاديمية,19*, 89–76 .

[8]. علي شتوان، & حمزة النبوت .(2023) .اختيار المقاول الأفضل باستخدام أسلوب FTOPSIS. The International Journal of Engineering & Information Technology (IJEIT), 10(2), 107-117.