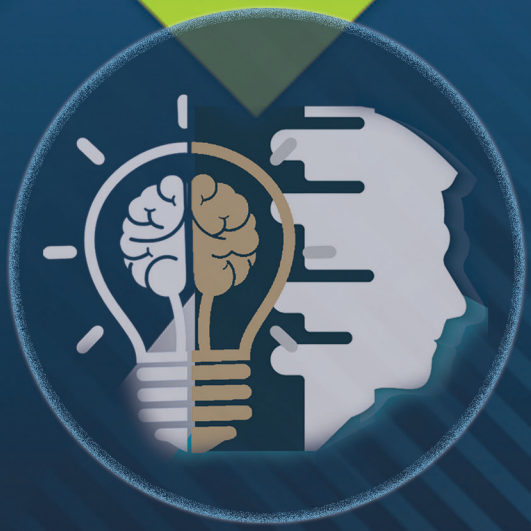
مجلة العلوم الإنسانية
بجامعة حائل

جامعة حائل
University of Ha'il

# مجلة العلوم الإنسانية

## دورية علمية محكمة تصدر عن جامعة حائل



السنة التاسعة، العدد 29
المجلد الثاني، مارس 2026

Arcif Analytics

Print ISSN:1658-788X
Online E-ISSN:1658-8819

# مجلة العلوم الإنسانية

دورية علمية محكمة تصدر عن جامعة حائل

للتواصل:

مركز النشر العلمي والترجمة

جامعة حائل، صندوق بريد: 2440 الرمز البريدي: 81481

https://uohjh.com/

j.humanities@uoh.edu.sa

ردمد : إلكتروني E-1658-8819 ورقي 1658- 788X رقم الإيداع 14398368

## نبذة عن المجلة

**تعريف بالمجلة**

مجلة العلوم الإنسانية، مجلة دورية علمية محكمة، تصدر عن وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي بجامعة حائل كل ثلاثة أشهر بصفة دورية، حث تصدر أربة أعداد في كل سنة، وبحسب اكتمال البحوث المجازة للنشر.

وقد نجحت مجلة العلوم الإنسانية في تحقيق معايير اعتماد معامل التأثير والاستشهادات المرجعية للمجلات العلمية العربية معامل " آرسيف Arcif " المتوافقة مع المعايير العالمية، والتي يبلغ عددها (32) معياراً، وقد أطلق ذلك خلال التقرير السنوي الثامن للمجلات للعام 2023.

**رؤية المجلة**

التميز في النشر العلمي في العلوم الإنسانية وفقاً لمعايير مهنية عالمية.

**رسالة المجلة**

نشر البحوث العلمية في التخصصات الإنسانية؛ لخدمة البحث العلمي والمجتمع المحلي والدولي.

**أهداف المجلة**

تهدف المجلة إلى إيجاد منافذ رصينة؛ لنشر المعرفة العلمية المتخصصة في المجال الإنساني، وتمكن الباحثين –من مختلف بلدان العالم– من نشر أبحاثهم ودراساتهم وإنتاجهم الفكري لمعالجة واقع المشكلات الحياتية، وتأسيس الأطر النظرية والتطبيقية للمعارف الإنسانية في المجالات المتنوعة، وفق ضوابط وشروط ومواصفات علمية دقيقة، تحقيقا للجودة والريادة في نشر البحث العلمي.

## قواعد النشر

### لغة النشر

1- تقبل المجلة البحوث المكتوبة باللغتين العربية والإنجليزية.
2- يُكتب عنوان البحث وملخصه باللغة العربية للبحوث المكتوبة باللغة الإنجليزية.
3- يُكتب عنوان البحث وملخصه ومراجعه باللغة الإنجليزية للبحوث المكتوبة باللغة العربية، على أن تكون ترجمة الملخص إلى اللغة الإنجليزية صحيحة ومتخصصة.

### مجالات النشر في المجلة

تهتم مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل بنشر إسهامات الباحثين في مختلف القضايا الإنسانية الاجتماعية والأدبية، إضافة إلى نشر الدراسات والمقالات التي تتوفر فيها الأصول والمعايير العلمية المتعارف عليها دوليًّا، وتقبل الأبحاث المكتوبة باللغة العربية والإنجليزية في مجال اختصاصها، حيث تعنى المجلة بالتخصصات الآتية:

- علم النفس وعلم الاجتماع والخدمة الاجتماعية والفلسفة الفكرية العلمية الدقيقة.
- المناهج وطرق التدريس والعلوم التربوية المختلفة.
- الدراسات الإسلامية والشريعة والقانون.
- الآداب: التاريخ والجغرافيا والفنون واللغة العربية، واللغة الإنجليزية، والسياحة والآثار.
- الإدارة والإعلام والاتصال وعلوم الرياضة والحركة.

## أوعية نشر المجلة

تصـــدر المجلة ورقيًّا حســـب القواعد والأنظمة المعمول بها في المجلات العلمية المحكمة، كما تُنشـــر البحوث المقبولة بعد تحكيمها إلكترونيًّا لتعم المعرفة العلمية بشكل أوسع في جميع المؤسسات العلمية داخل المملكة العربية السعودية وخارجها.

# ضوابط النشر في مجلة العلوم الإنسانية وإجراءاته

## أولاً: شروط النشر

### أولاً: شروط النشر

1. أن يتّسم بالأصالة والجدّة والابتكار والإضافة المعرفية في التخصص.
2. لم يسبق للباحث نشر بحثه.
3. ألا يكون مستلّاً من رسالة علمية (ماجستير / دكتوراة) أو بحوث سبق نشرها للباحث.
4. أن يلتزم الباحث بالأمانة العلمية.
5. أن تراعى فيه منهجية البحث العلمي وقواعده.
6. عدم مخالفة البحث للضوابط والأحكام والآداب العامة في المملكة العربية السعودية.
7. مراعاة الأمانة العلمية وضوابط التوثيق في النقل والاقتباس.
8. السلامة اللغوية ووضوح الصور والرسومات والجداول إن وجدت، وللمجلة حقها في مراجعة التحرير والتدقيق النحوي.

## ثانيًا: قواعد النشر

1. أن يشتمل البحث على: صفحة عنوان البحث، ومستخلص باللغتين العربية والإنجليزية، ومقدمة، وصلب البحث، وخاتمة تتضمن النتائج والتوصيات، وثبت المصادر والمراجع باللغتين العربيّة والإنجليزيّة، والملاحق اللازمة (إن وجدت).
2. فـــي حال (نشر البحث) يُزوَّد الباحث بنسخة إلكترونية من عدد المجلة الذي تم نشر بحثه فيه، ومستلاًّ لبحثه .
3. فـــي حال اعتماد نشر البحث تؤول حقوق نشره كافة للمجلة، ولها أن تعيد نشره ورقيّاً أو إلكترونيّاً، ويحقّ لها إدراجه في قواعد البيانات المحلّيّة والعالمية – بمقابل أو بدون مقابل– وذلك دون حاجة لإذن الباحث.
4. لا يحقّ للباحث إعادة نشر بحثه المقبول للنشر في المجلة إلا بعد إذن كتابي من رئيس هيئة تحرير المجلة.
5. الآراء الواردة فـــي البحوث المنشورة تعبر عن وجهة نظر الباحثين، ولا تعبر عن رأي مجلة العلوم الإنسانية.
6. النشر في المجلة يتطلب رسوما مالية قدرها ( 1000 ريال) يتم إيداعها في حساب المجلة، وذلك بعد إشعار الباحث بالقبول الأولي وهي غير مستردة سواء أجيز البحث للنشر أم تم رفضه من قبل المحكمين.

## ثالثًا: توثيق البحث

أسلوب التوثيق المعتمد فـــي المجلة هو نظام جمعية علم النفس الأمريكية (APA7)

## رابعا: خطوات وإجراءات التقديم

1. يقدم الباحث الرئيس طلبًا للنشر (من خلال منصة الباحثين بعد التسجيل فيها) يتعهد فيه بأن بحثه يتفق مع شروط المجلة، وذلك على النحو الآتي:

أ. البحث الذي تقدمت به لم يسبق نشرة (ورقيا أو إلكترونيا)، وأنه غير مقدم للنشر، ولن يقدم للنشر في وجهة أخرى حتى تنتهي إجراءات تحكيمه، ونشرة في المجلة، أو الاعتذار للباحث لعدم قبول البحث.

ب. البحث الذي تقدمت به ليس مستلا من بحوث أو كتب سبق نشرها أو قدمت للنشر، وليس مستلاً من الرسائل العلمية للماجستير أو الدكتوراة.

ج. الالتزام بالأمانة العلمية وأخلاقيات البحث العلمي.

د. مراعاة منهج البحث العلمي وقواعده.

هـ. الالتزام بالضوابط الفنية ومعايير كتابة البحث في مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل كما هو في دليل المؤلفين لكتابة البحوث المقدمة للنشر في مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل وفق نظام APA7

2. إرفاق سيرة ذاتية مختصرة في صفحة واحدة حسب النموذج المعتمد للمجلة (نموذج السيرة الذاتية).
3. إرفاق نموذج المراجعة والتدقيق الأولي بعد تعبئته من قبل الباحث.
4. يرسل الباحث أربع نسخ من بحثه إلى المجلة إلكترونيّاً بصيغة (word) نسختين و (PDF) نسختين تكون إحداهما بالصيغتين خالية مما يدل على شخصية الباحث.
5. يتم التقديم إلكترونياً من خلال منصة تقديم الطلب الموجودة على موقع المجلة (منصة الباحثين) بعد التسجيل فيها مع إرفاق كافة المرفقات الواردة في خطوات وإجراءات التقديم أعلاه.
6. تقوم هيئة تحرير المجلة بالفحص الأولي للبحث، وتقرير أهليته للتحكيم، أو الاعتذار عن قبوله أولياً أو بناء على تقارير المحكمين دون إبداء الأسباب وإخطار الباحث بذلك
7. تملك المجلة حق رفض البحث الأولي ما دام غير مكتمل أو غير ملتزم بالضوابط الفنية ومعايير كتابة البحث في مجلة حائل للعلوم الإنسانية.
8. في حال تقرر أهلية البحث للتحكيم يخطر الباحث بذلك، وعليه دفع الرسوم المالية المقررة للمجلة (1000) ريال غير مستردة من خلال الإيداع على حساب المجلة ورفع الإيصال من خلال منصة التقديم المتاحة على موقع المجلة، وذلك خلال مدة خمس أيام عمل منذ إخطار الباحث بقبول بحثه أوليًا وفي حالة عدم السداد خلال المدة المذكورة يعتبر القبول الأولي ملغي.
9. بعد دفع الرسوم المطلوبة من قبل الباحث خلال المدة المقررة للدفع ورفع سند الإيصال من خلال منصة التقديم، يرسل البحث لمحكّمين اثنين؛ على الأقل.
10. في حال اكتمال تقارير المحكّمين عن البحث؛ يتم إرسال خطاب للباحث يتضمّن إحدى الحالات التّالية:

أ. قبول البحث للنشر مباشرة.

ب. قبول البحث للنّشر؛ بعد التّعديل.

ج. تعديل البحث، ثمّ إعادة تحكيمه.

د. الاعتذار عن قبول البحث ونشره.

11. إذا تطلب الأمر من الباحث القيام ببعض التعديلات على بحثه، فإنه يجب أن يتم ذلك في غضون (أسبوعين من تاريخ الخطاب) من الطلب. فإذا تأخر الباحث عن إجراء التعديلات خلال المدة المحددة، يعتبر ذلك عدولا منه عن النشر، ما لم يقدم عذرا تقبله هيئة تحرير المجلة.
12. في حالة رفض أحد المحكمين للبحث، وقبول المحكم الآخر له وكانت درجته أقل من 70%؛ فإنّه يحق للمجلة الاعتذار عن قبول البحث ونشره دون الحاجة إلى تحويله إلى محكم مرجح، وتكون الرسوم غير مستردة.

13. يقدم الباحث الرئيس (حسب نموذج الرد على المحكمين) تقرير عن تعديل البحث وفقاً للملاحظات الواردة في تقارير المحكمين الإجمالية أو التفصيلية في متن البحث
14. للمجلة الحق في الحذف أو التعديل في الصياغة اللغوية للدراسة بما يتفق مع قواعد النشر، كما يحق للمحررين إجراء بعض التعديلات من أجل التصحيح اللغوي والفني. وإلغاء التكرار، وإيضاح ما يلزم. وكذلك لها الحق في رفض البحث دون إبداء الأسباب.
15. في حالة رفض البحث من قبل المحكمين فإن الرسوم غير مستردة.
16. إذا رفض البحث، ورغب المؤلف في الحصول على ملاحظات المحكمين، فإنه يمكن تزويده بهم، مع الحفاظ على سرية المحكمين. ولا يحق للباحث التقدم من جديد بالبحث نفسه إلى المجلة ولو أجريت عليه جميع التعديلات المطلوبة.
17. لا تردّ البحوث المقدمة إلى أصحابها سواء نشرت أم لم تنشر، ويخطر المؤلف في حالة عدم الموافقة على النشر
18. يحق للمجلة أن ترسل للباحث المقبول بحثه نسخة معتمدة للطباعة للمراجعة والتدقيق، وعليه إنجاز هذه العملية خلال 36 ساعة.
19. لهيئة تحرير المجلة الحق فـــي تحديد أولويات نشر البحوث، وترتيبها فنيّاً.

## المشرف العام

**سعادة وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي**

**أ. د. هيثم بن محمد بن إبراهيم السيف**

## هيئة التحرير

**رئيس هيئة التحرير**

**أ. د. نوف بنت سالم الشمري**

أستاذ البلاغة والنقد، جامعة حائل، المملكة العربية السعودية

**أعضاء هيئة التحرير**

**أ. د. عبد العزيز بن سليمان الغسلان**
أستاذ السياسة الشرعية، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية
المملكة العربية السعودية

**أ. د. عمر عبد الله العنانزة**
أستاذ الإدارة الفندقية، جامعة اليرموك
المملكة الأردنية الهاشمية

**أ. د. عبد الله محمد أبو تينة**
أستاذ القيادة التربوية، جامعة قطر، دولة قطر

**أ. د. سيندر دوفتشين**
أستاذ تعليم اللغة، جامعة كيرتن، أستراليا

**د. ثامر بن عيسى العميم**
أستاذ اللغويات التطبيقية المشارك، جامعة حائل
المملكة العربية السعودية

**د. عمر عبد الله الصمعاني**
استاذ تنمية المواهب والابتكار المشارك، جامعة حائل
المملكة العربية السعودية

**د. محمد بن حسين أوانق أحمد**
محاضر أول (Senior Lecturer) في دراسات اللغة العربية
جامعة ملايا، ماليزيا

**أ. ممدوح نويجع الرشيدي**
سكرتير هيئة التحرير

## مدير إدارة التحرير

**د. علي بن عيسى الشمري**

أستاذ المناهج وتعليم اللغة العربية المشارك، جامعة حائل، المملكة العربية السعودية

## الهيئة الاستشارية

**أ.د فهد بن سليمان الشايع**

جامعة الملك سعود – مناهج وطرق تدريس

Dr. Nasser Mansour
University of Exeter. UK – Education

**أ.د محمد بن مترك القحطاني**

جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية – علم النفس

**أ.د علي مهدي كاظم**

جامعة السلطان قابوس بسلطنة عمان – قياس وتقويم

**أ.د ناصر بن سعد العجمي**

جامعة الملك سعود – التقييم والتشخيص السلوكي

**أ.د حمود بن فهد القشعان**

جامعة الكويت – الخدمة الاجتماعية

Prof. Medhat H. Rahim
Lakehead University - CANADA
Faculty of Education

**أ.د رقية طه جابر العلواني**

جامعة البحرين – الدراسات الإسلامية

**أ.د سعيد يقطين**

جامعة محمد الخامس – سرديات اللغة العربية

Prof. François Villeneuve
University of Paris 1 Panthéon Sorbonne
Professor of archaeology

**أ. د سعد بن عبد الرحمن البازعي**

جامعة الملك سعود – الأدب الإنجليزي

**أ.د محمد شحات الخطيب**

جامعة طيبة – فلسفة التربية

# تحسين صنع القرار من خلال تخطيط الملائمة المكانية لاستغلال الطاقة الشمسية في المدينة المنورة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية

# Improving decision-making through spatial suitability planning for solar energy exploitation in Al-Madinah Al-Munawara using GIS technology

**د. نشميه بنت سعود بن عوض الحجوري**
أستاذ الجغرافيا المساعد، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك فيصل، الأحساء، المملكة العربية السعودية.
https://orcid.org/0000-0002-0790-1309

**Dr. Nashmiah Saud Awad Al-Hujuri**
Assistant Professor of Geography, Department of Geography, College of Arts, King Faisal University, Al-Ahsa, Kingdom of Saudi Arabia.

(تاريخ الاستلام: 2025/09/08، تاريخ القبول: 2025/11/13، تاريخ النشر: 2025/12/15)

**المستخلص**

تزداد الحاجة إلى تحسين استخدام مكونات البيئة مع تطور المجتمعات، حيث يعزز التكامل الوظيفي بين النظم الإيكولوجية في البيئات الحضرية المستوى الاقتصادي والاجتماعي والبيئي من أجل الاستدامة، إذ تسعى الخطط العالمية والوطنية إلى تحقيق هذا الهدف، بما في ذلك الوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050، الأمر الذي يعزز أهمية التخطيط لتوسيع سوق الطاقة المتجددة. تُعد الطاقة الشمسية من أسرع الموارد المتجددة نمواً حالياً، وهي خيار استراتيجي رئيسي لتلبية احتياجات الطاقة المستقبلية. يركز الهدف الرئيس للدراسة تحديد الأماكن الملائمة لبناء محطات الطاقة الشمسية في المدينة المنورة، باستخدام منهج تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA)بطريقة التحليل الهرمي التسلسلي، (AHP) واستناداً على مراجعة الدراسات السابقة تم جمع المعايير وتحديد المتغيرات وفقاً لخصائص البيئة المقاربة لمنطقة الدراسة. تلخصت أهم نتائج الدراسة أن اقصى ملائمة مكانية لمواقع محطات الطاقة الشمسية كان لبلدية العوالي بمساحه تبلغ 25364 كم2، تليها بالمرتبة الثانية بلدية قباء بمساحة بلغت 11665 كم2 من إجمالي منطقة الدراسة، وعلى العكس من ذلك سجلت بلدية أحُد المرتبة الأولى من حيث الأقل ملائمة حيث بلغت اجمالي مساحتها غير الملائمة 53986 كم2، تليها بلدية قباء وبلدية البيداء بمساحات أقل من إجمالي مساحة المدينة المنورة. وأوصت الدراسة بأهمية إجراء المزيد من الدراسات الميدانية للكشف عن الأماكن التي يمكن زراعة الألواح الشمسية بهدف أيجاد مزيج من المصادر المتجددة وترشيد الاستهلاك للمصادر التقليدية.

**الكلمات المفتاحية:** الاستدامة البيئية، الملائمة المكانية، الطاقة المتجددة، التخطيط التنموي، نظم المعلومات الجغرافية.

**Abstract**

There is an increasing need to enhance the utilization of environmental components as societies develop. Functional integration between ecosystems in urban environments promotes economic, social, and environmental levels for the sake of sustainability. Global and national plans aim to achieve this goal, including reaching net-zero emissions by 2050, which underscores the importance of planning to expand the renewable energy market. Solar energy is currently one of the fastest-growing renewable resources and represents a key strategic option to meet future energy needs. The main objective of this study is to identify suitable locations for building solar power plants in Al-Madinah Al-Munawara, using the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) approach through the Analytic Hierarchy Process (AHP). Based on a review of previous literature, criteria were collected and variables determined according to the environmental characteristics similar to the study area. The main findings of the study show that the highest spatial suitability for solar power plant sites was in Al-Awali Municipality, with an area of 25,364 km², followed by Quba Municipality with an area of 11,665 km² of the total study area. On the other hand, Uhud Municipality ranked first in terms of least suitability, with a total unsuitable area of 53,986 km², followed by Quba and Al-Bayda Municipalities with smaller areas relative to the total area of Al-Madinah Al-Munawara. The study recommended conducting further research to identify locations where solar panels, aiming to create a mix of Renewable energy sources and to rationalize the consumption of conventional resources.

**Keywords:** Environmental sustainability, spatial suitability, renewable energy, developmental planning, GIS.

**للاستشهاد:** الحجوري، نشميه بنت سعود بن عوض. (2026). تحسين صنع القرار من خلال تخطيط الملائمة المكانية لاستغلال الطاقة الشمسية في المدينة المنورة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية. *مجلة العلوم الإنسانية بجامعة حائل*، 02 (29)، ص41 – ص57.

**التمويل:** لا يوجد تمويل لهذا البحث.

**Funding:** "There is no funding for this research".

## المقدمة:

ترتبط معدلات التنمية الاقتصادية والاجتماعية للبيئات الحضرية خاصة في المناطق الصحراوية ارتباطاً وثيقا بما يتاح من مصادر الطاقة، بمعنى أن أي برنامج تنمية يرتكز على مصادر الطاقة المتاحة. ومن هنا، تبرز مشكلتين مركبتين ومرتبطتين بشكل عكسي: مشكلة الحاجة لمزيد من الطاقة، ومشكلة التلوث الناجم عن استخدام مصادر الطاقة الأحفوري وتناقص الاحتياطي الخاص بها (عويضة,2017). إن تحسين صنع القرار في مجال استغلال الطاقة النظيفة والفعالة يكمن بالتخطيط الملائم لها، ويساهم في دعم مستقبل أسواقها (Alizadeh, et al., 2016; Karbassi, et al., 2007; Zamani-Sabzi, et al., 2016). وفي السنوات الأخيرة بدأت الدول خطة الترشيد في استهلاك الوقود الاحفوري واستبدالها بموارد الطاقة المتجددة وذلك من اجل زيادة أمن الطاقة (وليد، محمد،2018).

وفي ظل ما تحظى به المدُن السعودية من طلب عال على الطاقة في نظامها الحضريّ ونشاطها الاقتصادي (الأحمد، 1992م)، يجدر القول: أن توافرُ الطاقة ضرورةً وطنيةً تنمويةً، والاهتمام بتطويرها وتنوُّع مصادرها هو ضرورة استراتيجية لاستدامة صناعتها، وفي إطار تطبيق خطة التنمية الوطنية 2030م هدفت المملكة العربية السعودية إلى الحد من الاعتماد على النفط وتوليد ما بين 100-130جيجا واط من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة من خلال مشروع المسح الجغرافي للطاقة المتجددة (وزارة الطاقة،2024)، حيث تعد مشاريع الطاقة الشمسية من أكثر الطرق الواعدة في مجال المساهمة بتنمية الطاقة المستدامة، وذلك نظرًا لأهمية تحقيق جدوى إقامة مشروعات محطات الطاقة الشمسية التي تركز على اتخاذ قرار معياري يحقق الاختيار الأمثل دون المساس بالعوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية، قد يترتب عليها أهداف متضاربة، لذا تعد عملية معقدة تتطلب معالجة دقيقة (عبدالكريم،2020). ومع تنامي الاتجاه التطبيقيّ التقني في الدراسات الجُغرافيَّة، يتجلَّى دور التخطيط المكاني والتوجيه الصحيح لتحسين صنع القرار من خلال الهدف الرئيسي لهذه الدراسة وهو تسليط الضوء على الإمكانات الممكنة والتي قد تتمتع بها المدينة المنورة لاستغلال الطاقة الشمسية وتحديد المواقع المثلى لبناء محطات للاستفادة منها.

## مشكلة الدراسة

تقع المدينة المنورة في غرب المملكة العربية السعودية ما بين دائرتي عرض (28-24) شمالاً و خطي طول (36-39) شرقاً، وتأتي في المرتبة الثالثة من حيث المساحة وتبلغ 150.000كم2 ما نسبته 7.7 % من اجمالي مساحة المملكة العربية السعودية، كما انها تأخذ المرتبة الرابعة من حيث عدد السكان بين مدن المملكة بعد كل من الرياض وجدة ومكة، وتمثل المدينة المنورة عاصمة امارة منطقة المدينة والقاعدة الحضرية للإقليم، وهي من تمثل المدينة الكبرى من ست مدن رئيسية داخل حدود الامارة (المرصد الحضري لهيئة تطوير منطقة المدينة المنورة،2024)، شكل رقم (1).

**شكل1**

***موقع منطقة الدراسة من خريطة المملكة العربية السعودية (2024م)***

***المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على الخارطة الرسمية، البوابة الجيومكانية، الهيئة العامة للمساحة.**

هنا تأتي الحاجة للكشف عن المواقع الملائمة لاستغلال الطاقة الشمسية المناسبة بما يتوافق مع الظروف والإمكانات البيئيَّة في المدينة المنورة، تتلخص المشكلة في السؤال الرئيس ما مدى إمكانية تطبيق نموذج متعدد المعايير يمكن أن يحسن من صنع القرار التخطيطي في

تحديد أفضل المواقع ملائمة لاستغلال الطاقة الشمسية؟

### أهمية الدراسة

تمثل هذه الدراسة جانبان من الأهمية أولهما الأهمية العلمية: وتبرز من خلال مجالها الموضوعي ويعود ذلك إلى الارتباط الكبير بين التنمية (الحديثة) الاقتصادية والعمرانية وبين الطلب المتزايد على الطاقة، غلى جانب الحاجة للتوجه إلى ترشيد استهلاك المصدر الأحفوري وخلق مزيج من المصادر لتوليد الطاقة متجددة بما يتوافق مع الرؤية الوطنية 2030م، بينما الأهمية التطبيقية: تعود لإبراز الدور الجغرافي للتخطيط التنموي الذي يحققه تطبيق نموذج متعدد المعايير في تحسين صناعة القرار، من خلال التكامل الوظيفي في اساليب وأدوات التقنيات الجغرافية الحديثة، بما يحقق الهدف التنموي من التخطيط الأمثل والحصول على أنسب الأماكن لاستغلال الطاقة الشمسية في المدينة المنورة.

### أهداف الدراسة

تهدف الدراسة إلى:

1. تطبيق تخطيط متعدد المعايير للوصول إلى أكثر الأماكن فاعلية لتشييد محطات الطاقة الشمسية.
2. بيان الإمكانات الجغرافية لإنتاج الطاقة الشمسية بكفاءة عالية وذات قيمة اقتصادية في المدينة المنورة.
3. دور النظم الجيومكانية في دعم صانعي القرار للتخطيط التنموي في مجال الطاقة المتجددة.

### منهج الدراسة

تدرجت منهجية الدراسة بين المنهج الاستقرائي القائم على حصر المعايير من خلال مراجعة الدراسات السابقة، وتحديد متغيرات المعايير وجمع بياناتها ومعالجتها، ثم التخطيط وصنع القرار من خلال منهج التحليل المكاني التطبيقي لإبراز العلاقات بين المعايير وتحليلها وربطها بمنطقة الدراسة، وذلك بإستخدام أسلوب تحليل القرار متعدد المعايير Multiple-criteria analysis (MCA) بطريقة التحليل الهرمي التسلسلي The Analytic Hierarchy Process (AHP) بغرض الوصول إلى النموذج النهائي بعد الدمج والمطابقة بين الطبقات للكشف عن أكثر المواقع ملائمة لاستغلال الطاقة الشمسية، كذلك اعتمدت الدراسة على المنهج الكارتوجرافي في كامل مخرجات الخرائط والاشكال باستخدام البرامج Microsoft Excel، ArcMap Pro 2.3.

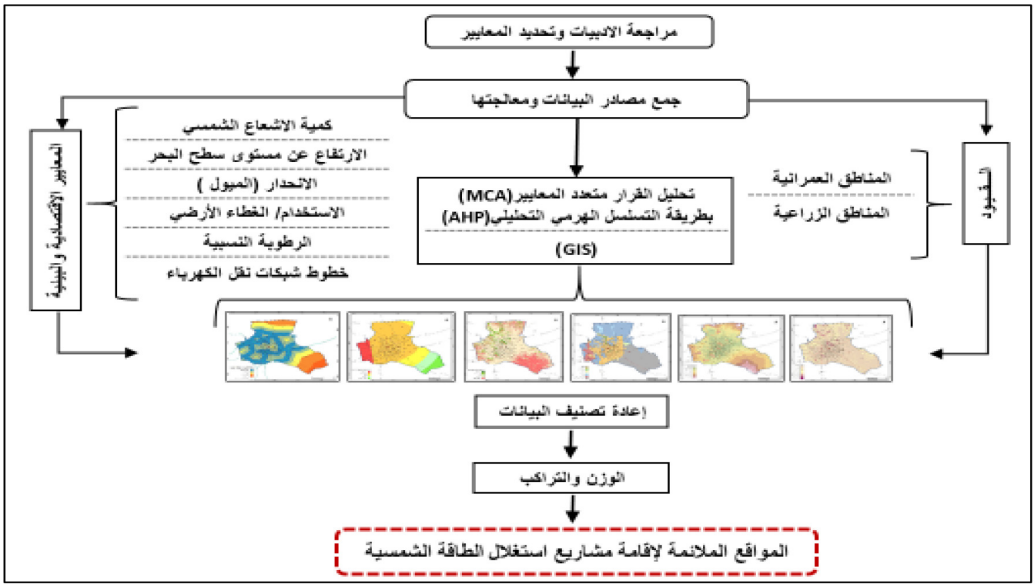
### مصادر جمع البيانات وأساليب المعالجة

تمثل معالجة البيانات هي الركيزة الاولى في بناء المعايير التي بدورها تحقق الكفاءة المكانية الملائمة حول أنسب وأفضل المواقع لإقامة لمشروعات استغلال الطاقة الشمسية وهي ما تدعم صنع القرار وتحسين الفوائد الاجتماعية والاقتصادية والبيئية، وتعد نظم البيانات الجغرافية GIS هي الوعاء المناسب لجمع وتخزين ومعالجة وتحليل البيانات المكانية وغير المكانية ويتيح اشتقاق معلومات وإيجاد حلول في مجالات متعددة (Ruiz, et al., 2020).

وقد اعتمدت الدراسة على عدة مصادر للحصول على البيانات الأولية المستخدمة، والتي تتمثل في نموذج الارتفاعات الرقمي من نوع (DEM)، ومرئية القمر الصناعي Landsat-8/OLIدقة 30*30م لعام 2023م لتصنيف الغطاء الأرضي، خريطة طبوغرافية مقياس 50.000:1، لتوقيع بعض الظواهر المساحية وتحويلها بصيغة Shape file، خريطة الاشعاع الشمسي وخريطة توزيع شبكة الكهرباء والتي تم الحصول عليها من أطلس مصادر الطاقة المتجددة، تحويلها إلى صيغ رقمية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وتقوم معالجة البيانات على اشتقاق طبقة لكل معيار، ومن ثم انشاء قواعد البيانات اللازمة. شكل رقم (2).

**شكل 2**

***مخطط التدفق لمنهجية اعداد قواعد البيانات المستخدمة*** **في الدراسة لاستنباط نموذج الملائمة المكانية وقع منطقة الدراسة من خريطة المملكة العربية السعودية (2024م)**




*المصدر: من عمل الباحثة اعتمادا على التحليل متعدد المعايير القائم على نظم المعلومات الجغرافية.

## الدراسات السابقة

أكدت الكثير من الدراسات أن التحول من مصادر الطاقة الأحفوري إلى مصادر الطاقة النظيفة هو تحدي عالمي، خاصة للبلدان التي تمتلك حالياً احتياطات من الوقود الأحفوري، فهي تعد محدودة على المدى الطويل، لذا هي بحاجة إلى تخطيط سياسات محلية تزيد من فاعلية استخدام مصادر الطاقة النظيفة وتنميتها وإزالة العوائق التي تحول دون استغلالها بالمستقبل (Alizadeh, et al., 2020; Tabassum, et al., 2021) كما اثبتت الدراسات التطبيقية فاعلية استخدام أسلوب التحليل متعدد المعايير في اتخاذ القرار المناسب من خلال المعايير التي وضعت لكل دراسة بغرض الوصول إلى الهدف. كما لوحظ ان هذا الأسلوب يعمل على ترتيب المعايير بطريقة علمية بعيداً عن التخمين والحدس، وقد حقق تطبيقه في الدراسات منافع عظمى في الكشف عن الملائمة المكانية في إقامة العديد من المشاريع في الكثير من المجالات مثل مجال السياحة والصناعة والتنمية وتوزيع الخدمات وغيرها كما جاء في دراسة (هلال، 2023م؛ عبد الكريم، 2020م؛ Sánchez-Lozano, et.al., 2020)، وفي مقابل ذلك توافق تطبيقه في مجال استغلال الطاقة وصناعتها مع موضوع هذه الدراسة ودراسة كلاً من: (Alizadeh, et al. 2020) والتي تهدف إلى توفير إطار منهجي لدعم القرار لصانعي السياسات على أساس اتخاذ القرار متعدد المعايير (MCDM) بإستخدام إيران كمثال. قامت بالجمع بين نموذج المنفعة والفرصة والتكلفة والمخاطر مع عملية الشبكة التحليلية من أجل دمج التخطيط الاستراتيجي وصنع القرار في مجال صناعة الطاقة النظيفة، كما طبقت دراسة (Islam, M. et al., 2024) استخدام AHP وتحليل القرار متعدد المعايير (MCDA) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لاختيار المواقع المثالية لمحطات الطاقة الشمسية في بنغلاديش، وخلصت إلى أن حوالي 19 % من المساحة في بنجلاديش ''عالية جدًا'' ومناسبة لتركيب محطات الطاقة الشمسية. وفي ذات السياق جاءت دراسة (Levosada, et al. 2022) المطبقة في الفلبين والتي كشفت نتائجها انه رغم وقوع البلاد بالقرب من خط الاستواء إلا أن البلاد تتلقى مستوى منخفض نسبيًا من الطاقة الشمسية المركزة DNI، مما أدى إلى تقييد إجمالي المساحة المناسبة بشكل كبير، بلغت المساحة الإجمالية الصالحة لإستغلال الطاقة الشمسية حوالي 905 كم2؛ ومع ذلك، فإن الكثير من هذه المنطقة غير متجاورة.

كما طبقت دراسة (داوود، الغامدي ومندور، 2017) أسلوب نظم المعلومات جغرافية متعددة المعايير لتحديد انسب المواقع المكانية لتجميع الطاقة الشمسية في منطقة مكة المكرمة، بالاعتماد على مجموعة من المعايير الجغرافية والفنية والبيئية والاقتصادية، وتلخصت نتائجها أن منطقة الدراسة تحظى بنسبة ملائمة تتراوح من 47 % حتى 97 % وبمتوسط يبلغ 80 %، كما تناولت دراسة ( آل سرور و عبدالخالق، 2018) التوزيع الأمثل لمواقع استغلال الطاقة الشمسية وعملت على تصنيف مساحات الملائمة التي يمكن استغلالها فعلياً في محافظة النعيرية والتي بلغت 11230 كم2 وبنسبة 75 % من إجمالي المحافظة وذلك بعد استبعاد المناطق ذات المستوى الضعيف ومناطق القيود. كما طبقت دراسة (مشيط،2024) تحديد انسب مواقع محطات الطاقة الشمسية في منطقة عسير جنوب غرب المملكة، باستخدام تحليل القرار متعدد المعايير (MCDA) وأظهرت نتائج نموذج الملائمة أنه لا يوجد مناطق حققت قيمة 100 % وقد بلغت أعلى قيمة ملائمة 94 % وقد وضحت نطاقها واتجاهها الجغرافي وإنها سجلت مساحة تقدر 17776.64 كم2 وبنسبة 2.29 % من اجمالي منطقة عسير.

## المناقشة والتحليل

تمكنت الدراسة الحالية من خلال مراجعة الأدبيات السابقة ذات العلاقة في موضوعها، من حصر المعايير الدولية التي من خلالها يمكن تحسين القرار ودعم سياسة صناعة الطاقة المتجددة وتحديد الإطار الجغرافي لإنشاء المشاريع التي تُعنى بها، وعليه اعتمدت الدراسة على وجه الخصوص بالمتغيرات التي أُختيرت في الدراسات ذات البيئات الجغرافية المقاربة والمشابهة خصائصها لمنطقة الدراسة بغرض تحقيق أكثر اتساق ودقة في استخلاص النتائج.

وقد طبقت الدراسة عملية صنع القرار والتخطيط المكاني الملائم من خلال المعايير التالية:

- كمية الاشعاع الشمسي.
- الارتفاع عن مستوى سطح البحر.
- الانحدار (الميول).
- الغطاء الأرضي/استخدام الأرض.
- الرطوبة النسبية.
- خطوط شبكات نقل الكهرباء.

وقد اتفقت هذه الدراسة من خلال المعايير المختارة بشكل كلي مع دراسة دواد والغامدي ومندور (2017م)، حيث جاء الاتفاق جزئياً مع دراسة كلاً من مشيط (2024م) وآل سرور وعبد الخالق (2018) وAlizadeh وآخرون (2020م)، بينما اختلفت الدراسة عنهما في المنهجية المتبعة وفي حدودها الجغرافية.

### أولاً: خرائط المدخلات ومعالجة المدخلات

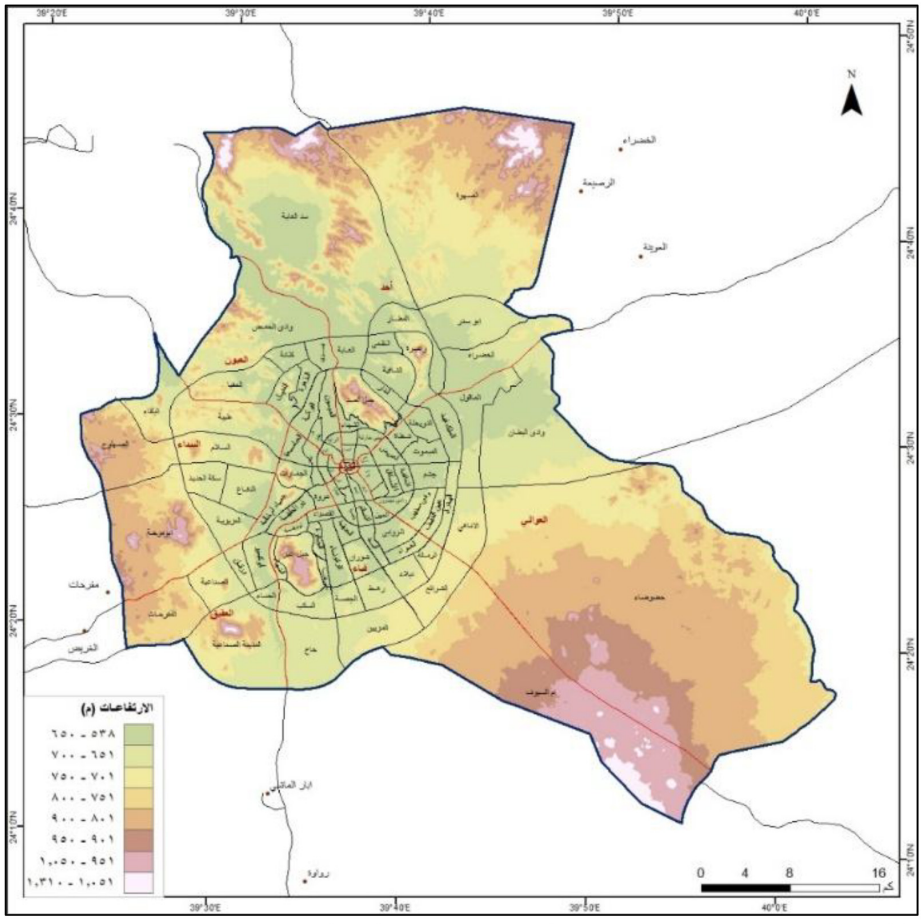
تعد الخصائص الطبوغرافية أحد اهم متغيرات الدراسة ومحدداتها، واستناداً لما جاء في دراسة مشيط (2024م) أنه لا يوجد أي اتفاق مسبق من قبل الدراسات السابقة حول درجات الانحدار المقبولة للإقامة مشروعات استغلال الطاقة الشمسية، وغالباً يتم الاعتماد على العلاقة المكانية «العكسية» بينهما، بمعنى كلما زاد انحدار سطح الارض كلما قلت المنفعة بسبب ضعف الملائمة المكانية، و قد بدأت الدراسة بتطبيق أداة حساب الانحدار (Slope)، وأداة حساب الارتفاع عن منسوب سطح البحر (Elevation) باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية العالمي (DEM) في برنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS Pro 2.3 من إزري، وتبين أن الانحدار العام

يأخذ اتجاهه من الجنوب إلى الشمال في منطقة الدراسة، وجاءت قيم الانحدار موزعة على 8 فئات تتراوح ما بين الصفر إلى 47.6 درجة، وذلك بمتوسط يبلغ 1.9 درجة، كما يوضح الشكل رقم (3) وجدول رقم (1).

أما ارتفاع منسوب سطح المدينة المنورة فقد تراوح بين 538م–1310م بمتوسط 851م وتتنوع طبيعة السطح ما بين جبال وأودية، من أمثلة جبال المدينة وهو اعلاها جبل أحد يقع في الشمال الشرقي بارتفاع 1077م، يليه جبل عير أقصى الجنوب الغربي بارتفاع 1000م، وجبل سلع 80م بجانب جبل أحد، وجبل الرماة 20م... الخ (حقائق وأرقام، 2012)، كما يضم سطح المدينة المنورة عدد من الأودية والتي تمثل مناسيب منخفضة لسطح الأرض مثل وادي العقيق والرانوناء، بطحان وقناة .... الخ (هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة، 2020)، وهي تتبع وتتفق في الاتجاه مع اتجاه الانحدار العام لمنطقة الدراسة، كما يوضح الشكل (4).

***شكل3***

***خريطة الانحدار***




**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمي (DEM)، بيانات القمر الصناعي(SRTM).

**جدول 1**

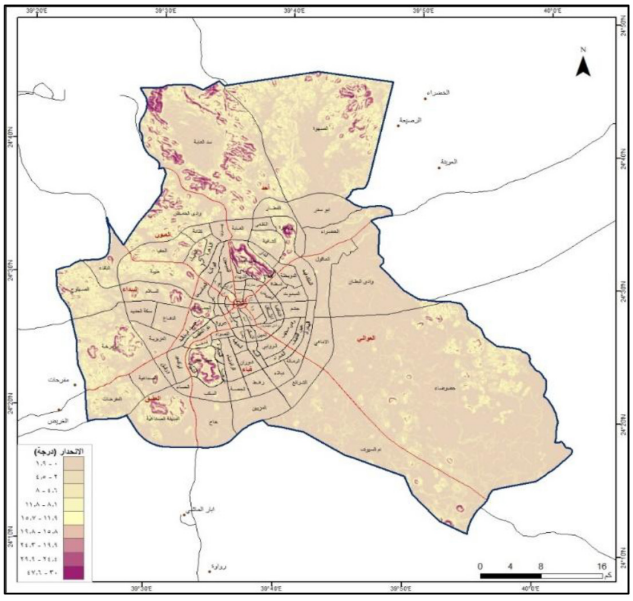
***قيم درجات الانحدار حسب المساحة في المدينة المنورة.***

| الانحدار من (درجة) | 0 | 2 | 4.6 | 8.1 | 11.9 | 15.8 | 19.9 | 24.4 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الانحدار إلى (درجة) | 1.9 | 4.5 | 8 | 11.8 | 15.7 | 19.9 | 24.3 | 29.9 | 47.6 |
| المساحة (كم2) | 1155.11 | 522.45 | 214.21 | 141.51 | 11.10 | 71.69 | 51.69 | 43.16 | 9.82 |
| النسبة (%) | 50.21 | 22.71 | 9.31 | 6.15 | 4.35 | 3.12 | 2.25 | 1.48 | 0.43 |

**المصدر:* الباحثة اعتمادا على الشكل (3).

**شكل 4**

***تضاريس سطح الأرض الطبوغرافية في المدينة المنورة.***

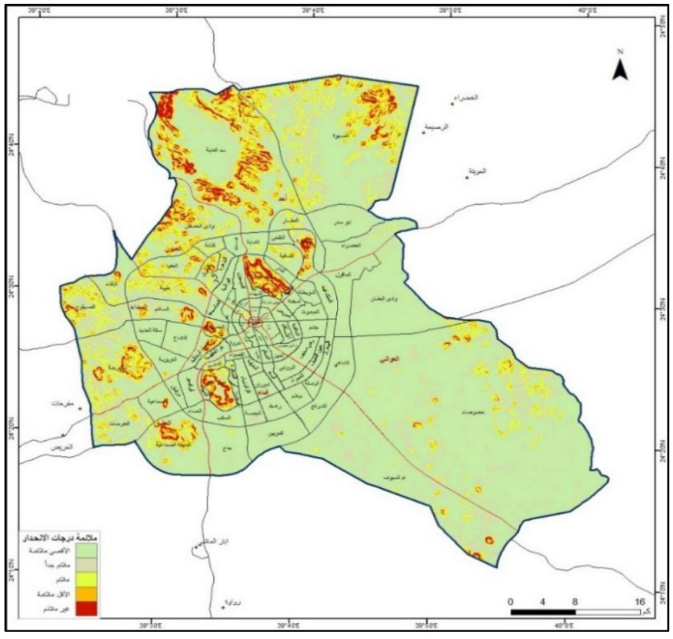


***المصدر**: الباحثة بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي (**SRTM**).

تمكنت الدراسة من الخروج بسطح شبكي يحاكي طبوغرافية سطح الارض في منطقة الدراسة، ويوضح شكل رقم (5) تباين تصنيف فئات الملائمة المكانية من غير الملائم حتى الأقصى ملائمة في المدينة المنورة.

**شكل 5**

***فئات الملائمة المكانية لمواقع استغلال الطاقة الشمسية في المدينة وفقاً لطبوغرافية سطح الأرض.***



***المصدر**: الباحثة بالاعتماد على الشكل (**3**) و (**4**).

يبين الشكل رقم (5) أن نتائج تحديد ملائمة انحدار تضاريس منطقة الدراسة، وقوع معظم مساحة منطقة الدراسة ضمن فئة الملائمة القصوى من إجمالي المساحة بينما ينحصر نطاق الملائمة الضعيفة والغير ملائم بشكل محاذي لبعض وفي أجزاء متفرقة، أجزاء من

الشمال كذلك وفي الوسط من المدينة المنورة.

كما تم استخدام المرئيات الفضائية للقمر الصناعي Landsat8 بدقة 30x30م والخريطة الطبوغرافية في ترقيم عدد من الطبقات الاتجاهية من خلال تطبيق التصنيف الموجه Supervised Classification لاستخلاص فئات الغطاء الأرضي، إلى جانب الزيارة الميدانية لمطابقة التصنيف، وبالتالي حساب المساحات التي تشغلها كل فئة كما يوضح جدول رقم (2)، وتشمل المناطق الحضرية والمناطق الزراعية وبعض السبخات والحرات البركانية وسهل رسوبي وتلال وبروزات صخرية كما يوضح شكل رقم (6).

**جدول 2**

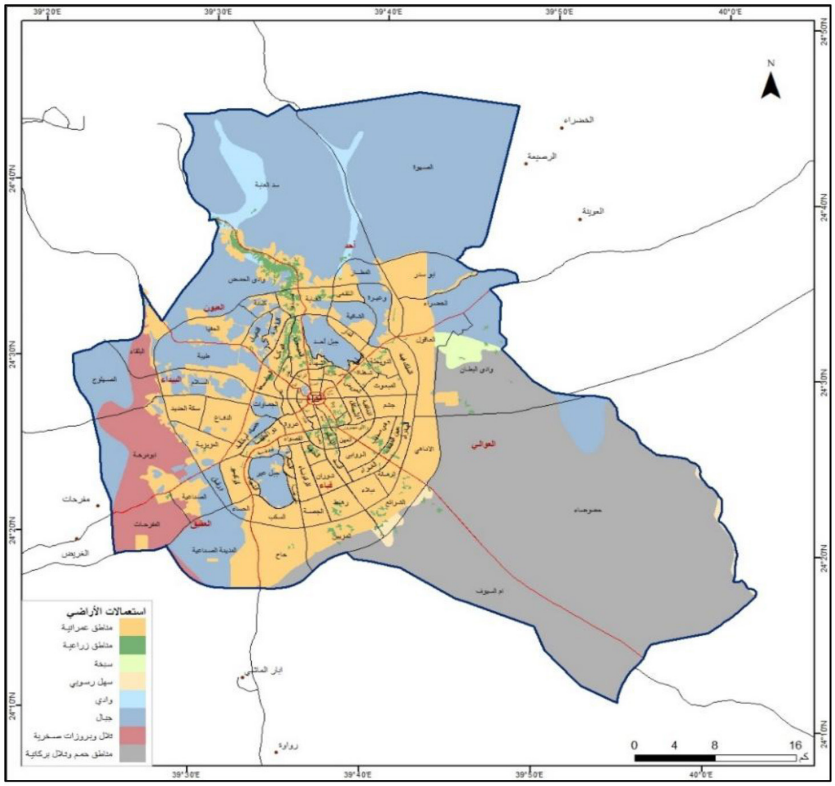
***توزيع فئات الغطاء الأرضي المصنفة وفقاً للمساحة من اجمالي منطقة الدراسة.***

| الفئات المصنفة للغطاء الارضي | تلال وبروزات صخرية | جبال | سبخات | سهل رسوبي | مناطق حمم وتلال بركانية | مناطق زراعية | مناطق عمرانية | اودية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المساحة (كم2) | 103.66 | 796.61 | 13.56 | 10.85 | 743.51 | 31.06 | 561.58 | 40.45 |
| النسبة (%) | 4.50 | 34.62 | 0.59 | 0.47 | 32.31 | 1.35 | 24.40 | 1.76 |

**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على نتائج التصنيف **Supervised Classification** لمرئية القمر الصناعي **Landsat8** لعام **2023م**.

**شكل 6**

***الغطاء الأرضي في المدينة المنورة لعام 2023م.***

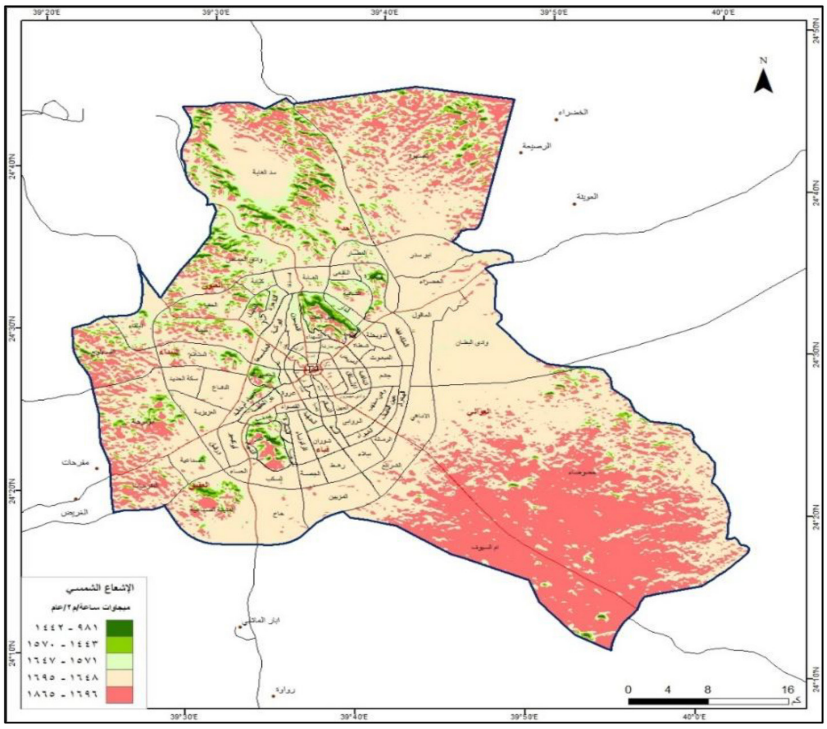



**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على نتائج التصنيف الموجه **Supervised Classification** لمرئية القمر الصناعي **Landsat8** لعام **2023م**.

تمكنت الدراسة بالاعتماد على أطلس مصادر الطاقة المتجددة من ترقيم شبكات نقل الكهرباء وحساب بيانات كمية الاشعاع الشمسي لمنطقة الدراسة، وعمل الملائمة المثلى للتوزيع الجغرافي لهما، تعد كمية الاشعاع الشمسي من أهم المؤشرات ذات الدلالة المباشرة لتصنيف فئات الملائمة المكانية وفقاً للعلاقة الطردية بينهما، ويشير الشكل رقم (7) إلى توزيع كمية الاشعاع الشمسي السنوي في المدينة المنورة تتراوح 981 ميجاوات/ساعة/متر مربع/بالسنة حتى 1696 ميجاوات/ساعة/متر مربع/بالسنة، وذلك بمتوسط يبلغ 1600 ميجاوات/ساعة/متر مربع/بالسنة. كما يبين الشكل رقم (8) نتائج توزيع فئات الملائمة المكانية وفقاً لكمية الاشعاع الشمسي، وأنه تتوزع بنسب متفاوتة على أطراف منطقة الدراسة، بينما تتركز اقصى نسبة ملائمة مكانية في الجزء الجنوبي من المدينة المنورة.

**شكل 7**

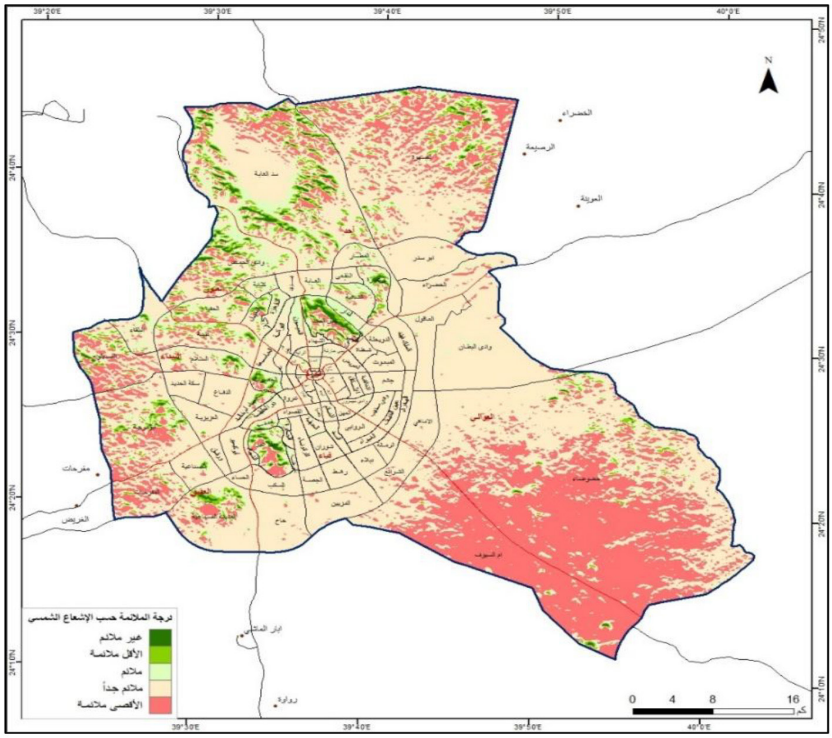
***توزيع كمية الاشعاع الشمسي السنوي في المدينة المنورة.***




**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على أطلس مصادر الطاقة المتجددة.

**شكل 8**

***درجات الملائمة المكانية للإشعاع الشمسي في المدينة المنورة.***

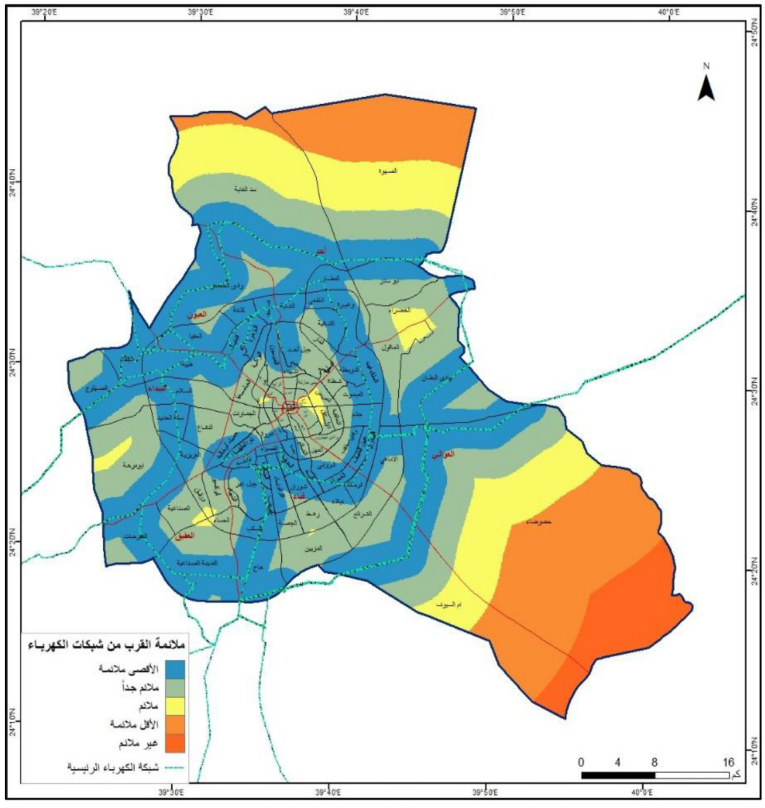



**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على شكل رقم (7).

بينما يوضح الشكل رقم (9) درجة ملائمة توزيع شبكة خطوط نقل الطاقة الكهربائية من حيث القرب أو البعد عن المواقع المثلى لاستغلال الطاقة الشمسية، يمكن وصف العلاقة الاقتصادية بين شبكات خطوط الكهرباء وبين الملائمة المكانية القصوى للاستفادة من الطاقة الشمسية و استغلالها في مجال الطاقة بأنها «علاقة عكسية»؛ حيث أن القرب يحقق كفاءه الاستفادة من الطاقة و يتيح إمكانية الربط بينهما، ويخلق بذلك فرصة لإمكانية صنع المزيج بين المصادر التقليدية (الأحفوري) والمصادر المتجددة، مما يساهم تحقيق اقتصادية نقل الطاقة واستدامتها (Soydan,2020)، وعلى العكس من ذلك يكون البعد عنها أحد أسباب انخفاض الكفاءة نتيجة زيادة نسبة الفاقد من الطاقة المنقولة.

***شكل 9***

***خريطة ملائمة القرب من شبكات الكهرباء الرئيسية في المدينة المنورة.***



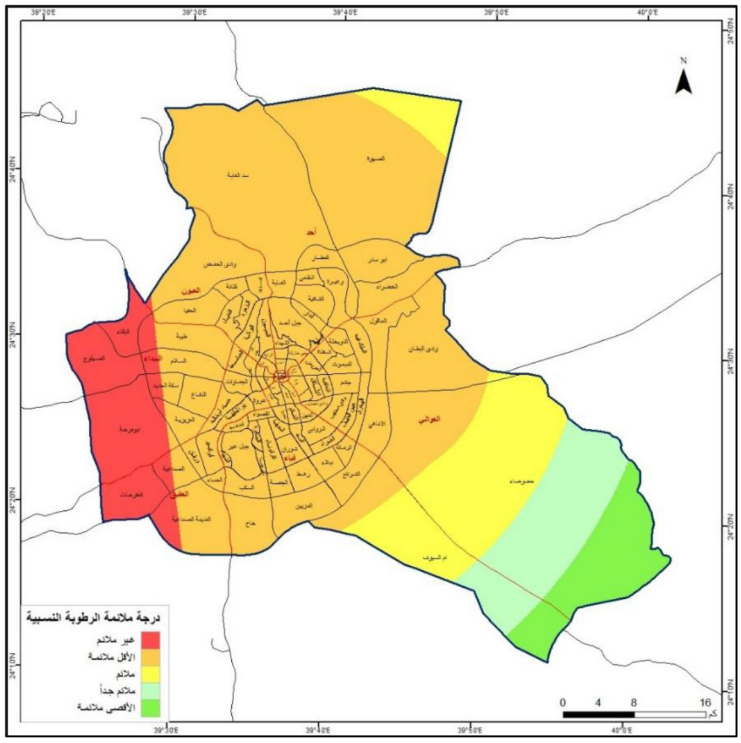

*المصدر: الباحثة بالاعتماد على طبقة ( Shapfile) لشبكة خطوط نقل الكهرباء الرئيسية في منطقة الدراسة **2022**م.

تكشف نتيجة تحديد الملائمة المكانية في المدينة المنورة لاستغلال الطاقة الشمسية وفقاً لمعيار البعد عن خطوط نقل الكهرباء الرئيسية كما يوضح شكل رقم (9)، وقوع نطاق الملائمة الضعيفة والغير ملائمة في المناطق التي يزيد بعدها لأكثر من 5 كم، وقد جاءت توزيعها في الشمال كذلك في الجنوب من المدينة المنورة، بينما تحظى مناطق فئات الملائمة جداً والأقصى ملائمة على معظم إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

واستكمالاً لمعايير استغلال الطاقة الشمسية تمثل الرطوبة النسبية أحد العوامل المناخية التي تؤثر على ألواح الطاقة الشمسية وبالتالي تحدد مدى مناسبة المواقع لإقامة مشروعات استغلال الطاقة الشمسية، وقد أشارا الشريفي و البيضاني في دراستهما) 2021م) أن تأثير زيادة الرطوبة في مجال استغلال الطاقة الشمسية يعدّ أعلى تأثيراً من زيادة درجات الحرارة، حيث تقلل من كفاءه انتاج الطاقة وقد تنعدم. وللكشف عن ذلك اعتمدت الدراسة على بيانات محطة الأرصاد الجوية في منطقة الدراسة التابعة للمركز الوطني للأرصاد، في استخلاص خريطة الملائمة المكانية تبعاً لمعيار الرطوبة النسبية كما يتبين من الشكل رقم (10).

**شكل 10**

***فئات الملائمة المكانية لاستغلال الطاقة الشمسية وفقاً لمعيار الرطوبة النسبية في المدينة المنورة.***




**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على بيانات محطة المناخ في المدينة المنورة.*

## ثانياً: تحليل القرار متعدد المعايير MCA بطريقة التحليل الهرمي التسلسلي AHP في نظم المعلومات الجغرافية:

تعد أي ظاهره جغرافية هي نتاج تفاعل مجموعة من المعايير (الموزونة)، بمعنى أن كل عامل له أهميته النسبية كدلاله على حجم تأثيره في هذا التفاعل، ويمكن من خلال اجراء خطوات التحليل متعدد المعايير الحصول على أوزان للعوامل أو المعايير المؤثرة بصورة منطقية بعيداً عن التحيز والعشوائية.(Greene, et al., 2011) وقد تم تطوير اسلوب التحليل الهرمي التسلسلي AHP في أواخر السبعينيات كأحد الأساليب المعتمدة في اتخاذ القرار. وتعرف اليوم بأنها هي منهجية تحليل القرار متعدد المعايير MCA وهي الأكثر استخدامًا لاتخاذ القرارات، بحيث تمكن للمستخدم تحديد الأولوية بين مجموعة من المعايير، وينتمي هذا التحليل الى مجموعة الأساليب الكمية، ويعتمد بشكل أساسي على المقارنة الزوجية بين المعايير Pair-wise Comparison على أن تعطي نتيجة المقارنة قيمة توضح أفضلية معيار عن الأخر بكل زوج من المعايير، ومن ثم بالتحليل الاحصائي لتلك المقارنات يمكن الخروج بالوزن النهائي لكل معيار( Castillo, et. al., and Abudeif, et. al.,2015).

يقوم تحليل القرار على منهج تحليل مجموعة من الأسس يمكن تحديدها على النحو التالي:

1. تحديد الهدف العام Overall Goal للدراسة، وهو الوصول الى الأهمية النسبية (الوزن) لكل معيار يدخل في بناء نموذج الملائمة المكانية وذلك بطريقة منطقية. الخروج بمنتج خرائطي وإحصائي يوضح المواقع المثلى والملائمة للاستغلال الطاقة الشمسية في منطقة الدراسة.
2. تجهيز مجموعة المعايير Criteria التي تساهم في اختيار الهدف العام، على شكل طبقات خلوية Raster layers، وإعادة تقييسها Criteria standardization (توحيد مقياس المعايير). وذلك لأن دمج الطبقات يتطلب ضرورة اخضاعها إلى تقييس المعايير(الموحدة)، بمعنى الانتقال من المقياس الكمي (الارتفاع يقاس بالمتر، الانحدار يقاس بالدرجة، ...) إلى المقياس الرتبي (الأقصى ملائمة، ملائم جداً، ملائم، الأقل ملائمة، غير ملائم) وهو مكافئ من حيث الملائمة، كما يتبين من خرائط معايير بالملائمة المكانية، تكمن أهمية هذا العمل في أنها تتيح الحصول على نتائج بمعيار إحصائي ومفاهيمي في أن واحد بدلاً من المقاييس المختلفة.
3. بناء مصفوفة المقارنات الثنائية المزدوجة (الزوجية) من أجل تعزيز الموضوعية في عملية التقييم وذلك من خلال المقارنة كل زوجين من المعايير بدلالة الأهمية، وتستخدم لاستقراء الأوزان وحساب ثبات الاحكام، ويعبر عن ذلك في قطر المصفوفة بقيمة الواحد الصحيح. أي القيم الفعلية التي يحققها كل معيار مع نفسه، وتظهر في المصفوفة (باللون الأصفر)، كما يتبين من الجدول التالي رقم (3) نتيجة المقارنة بين كل زوج من المعايير المشمولة بالدراسة:

**جدول 3**

***مصفوفة المقارنة الزوجية للمعايير بطريقة التحليل التسلسلي الهرمي(AHP).***

| المعيار | الإشعاع الشمسي | الرطوبة النسبية | الاستخدام/الغطاء الأرضي | القرب من شبكة الكهرباء | درجة الانحدار |
|---|---|---|---|---|---|
| الإشعاع الشمسي | **1.00** | 4.00 | 2.00 | 3.00 | 4.00 |
| الرطوبة النسبية | 0.25 | **1.00** | 0.33 | 2.00 | 2.00 |
| الاستخدام/الغطاء الأرضي | 0.50 | 3.00 | **1.00** | 3.00 | 4.00 |
| القرب من شبكة الكهرباء | 0.33 | 0.50 | 0.33 | **1.00** | 3.00 |
| درجة الانحدار | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 0.33 | **1.00** |
| الإجمالي | 2.33 | 9.00 | 3.91 | 9.33 | 14.00 |

**المصدر:* الباحثة.

### 3.1. تحديد النسب المئوية والأهمية النسبية للأوزان المعايير الرئيسية:

ويتم ذلك على النحو التالي:

- إيجاد مجموع كل عمود من الاعمدة في مصفوفة المقارنة الثنائية لكل معيار.
- قسمة كل عنصر في مصفوفة المقارنة المزدوجة على المجموع الكلي.

$$a_{jk}=\frac{\partial_{jk}}{\sum_{1=i}^{m} a_{Ik}}$$

حيث أن:

$a_{jk}$ : النسبة المئوية لقيمة معيار بالصف مقابل معيار في العامود.

$\partial_{jk}$ : قيمة الأفضلية لقيمة معيار بالصف مقابل معيار أخر في العامود.

$\sum_{1=i}^{m} a_{Ik}$ : المجموع الكلي لمعيار العامود.

$$W_J = \frac{\sum_{1=I}^{m} a_{JI}}{m}$$

حيث: $W_J$: الوزن النسبي لقيمة معيار الصف، و $\sum_{1=I}^{m} a_{JI}$ : مجموع النسب المئوية للقيم بمعيار من الصفوف، و m : نهائي قيم مجموع النسب المئوية جميع الصفوف (Sánchez-Lozano, et al., 2020).

تم حساب متوسط مجموع نسب العناصر في كل صف في المصفوفة السابقة (التي تم الحصول عليها في الخطوة السابقة)، للوصول إلى الأفضلية النسبية مع كل معيار من المعايير، ويطلق على متوسط مجموع نسب العناصر الجذور المميز Eigen values (القيم المرجحة).

**جدول 4**

***مصفوفة تحديد النسب المئوية والأهمية النسبية للأوزان المعايير الرئيسية المستخدمة في الدراسة***

| المعيار | الإشعاع الشمسي | الرطوبة النسبية | الغطاء الأرضي | القرب من شبكة الكهرباء | درجة الانحدار | Weighted Values |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **الإشعاع الشمسي** | 0.43 | 0.44 | 0.51 | 0.32 | 0.29 | 0.40 |
| **الرطوبة النسبية** | 0.11 | 0.11 | 0.09 | 0.21 | 0.14 | 0.13 |
| **الغطاء الأرضي** | 0.21 | 0.33 | 0.26 | 0.32 | 0.29 | 0.28 |
| **القرب من شبكة الكهرباء** | 0.14 | 0.06 | 0.09 | 0.11 | 0.21 | 0.12 |
| **درجة الانحدار** | 0.11 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.07 |
| **الاجمالي** | | | | **1** | | |

**المصدر:* الباحثة بالاعتماد على طريقة التحليل الهرمي **The analytic hierarchy process (AHP)**.

يتضح من الجدول السابق رقم (4) أنه بالاعتماد على مصفوفة القرار المزدوجة؛ جاء المعيار الرئيسي الذي نال أعلى أهمية نسبية بالاعتماد على قيمة الاوزان المحتملة هو الإشعاع الشمسي حيث بلغ 40 %، يليه معيار الغطاء الأرضي بنسبة 28 %، ثم الرطوبة النسبية 13 %، بينما سجل معيار القرب من شبكات الكهرباء 12 %، وأخيراً انحدار السطح بنسبة 7 % وذلك من اجمالي المعايير المستخدمة في الدراسة.

**3.2. بعد ذلك تأتي مرحلة حساب مستوى ثبات الاحكام (مستوى منطقية الأوزان السابقة):** هو مقياس منطقي يمكن حسابه من خلال مؤشرات إحصائية، لحساب مدى الاتساق الكامل (عدم تعارض او تناقض الأحكام) أثناء سلسلة المقارنات الزوجية العديدة، وحيث أن هناك قيمة رقمية تستخدم كمحك بالنسبة لثبات الأحكام في المصفوفة؛ والتي يجب أن تساوي قيمتها (0.1) في المقياس المطلق؛ و(10 %) في المقياس النسبي.

كلما كانت قيمة التناسق أقل من ( < 0.1 أو < 10% )دل ذلك على إقتراب الأحكام من الثبات وعدم التناقض (متسقة)؛ أما إذا كانت نسبة الاتساق أكثر من ( > 0.1 أو > 10% ) تكون قيمه ذات دلالة أنها غير متسقة أو متناقضة، وفي مثل هذه الحالة ترفض الأحكام وتعاد مره أخرى. يتم حساب نسبة الثبات على النحو التالي وفقا للمعادلة التالية:

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

حيث أن: CR= نسبة التناسق (الثبات) Consistency ratio

RI= مؤشر الثبات العشوائي Random Index والذي يتم تعريفه على أنه متوسط مؤشر الاتساق، ويعتمد على عدد العناصر المستعملة في عملية المقارنة ويستخرج من جداول خاصة أعدت لهذا الغرض تبعاً لمقياس Saaty (1980) كما يتضح من الجدول التالي رقم (5):

**جدول 5**

***قيمة مؤشر الثبات Consistency Verification نسبة الى عدد المعايير وفقاً لمقياس ساتي (Saaty (1980.***

| عدد المعايير(n) | 2-1 | 3 | 4 | **5** | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| المؤشر العشوائي (RI) | 0.00 | 0.58 | 0.9 | **1.12** | 1.24 | 1.32 | 1.41 |

CI= مؤشر الاتساق Consistency Index والذي ويمكن الحصول عليه طبقاً للمعادلة التالية:

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1}$$

إذا أن: $\lambda max$ = الجذر الكامن Eigen values (أعلى قيمة ذاتية لمصفوفة المقارنة الثنائية).

n = تمثل عدد المعايير.

بتطبيق على كل ما سبق يوضح الجدول رقم (6) ناتج حساب نسبة الاتساق لأوزان المعايير المحسوبة، وقد بلغت قيمة نسبة الاتساق نحو (0.1) وهي قيمة يعني أن الأوزان متسقة داخلياً ولا تتسم بالتناقض، ويمكن الاعتماد عليها للحصول على قرار مبني على أرقام كمية في إختيار وتحديد المواقع الملائمة لاستغلال الطاقة الشمسية في منطقة الدراسة.

**جدول 6**

***ناتج حساب مستوى ثبات واتساق الاحكام المستخدمة في الدراسة.***

| | | |
|---|---|---|
| المتوسط الموزون لإجمالي القيم | **λ max** | 5.47 |
| مؤشر الاتساق | **Consistency Index (CI)** | 0.117 |
| مؤشر العشوائية (لـ 5معايير) | **Random Index (RI) (for 5 criteria)** | 1.12 |
| **نسبة الاتساق** | **Consistency Ratio (CR)** | **0.1** |

***المصدر**: الباحثة بالتطبيق الرياضي للمعادلات السابقة.

تمثل الخطوات السابقة هي مدخلات بناء نموذج Model Builder ضمن بيئة برنامج Arc GIS Pro 2.3، للخروج بخريطة الملائمة المكانية لمواقع استغلال الطاقة الشمسية في المدينة المنورة.

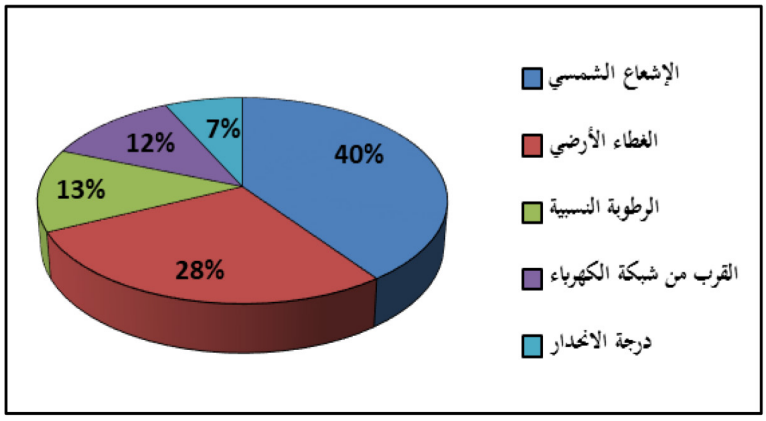
**ثالثاً: النموذج البنائي للملائمة المكانية:**

تعد نماذج البناء تسلسلاً منطقياً لمجموعة من الأدوات، ولتطبيق نموذج الملاءمة المكانية لمحطات استغلال الطاقة الشمسية يتطلب الأمر دمج طبقات متغيرات الدراسة والمتمثلة في المعايير وذلك مع الأخذ في الإعتبار قيمة أوزانها المطلقة كمقياس للأهمية النسبية كما يتضح من شكل (11).

ولتصنيف نتائج الملاءمة ومساحتها من إجمالي منطقة الدراسة

**شكل 11**

***أوزان المعايير النهائية والمستخدمة في بناء النموذج البنائي للملائمة المكانية في منطقة الدراسة.***



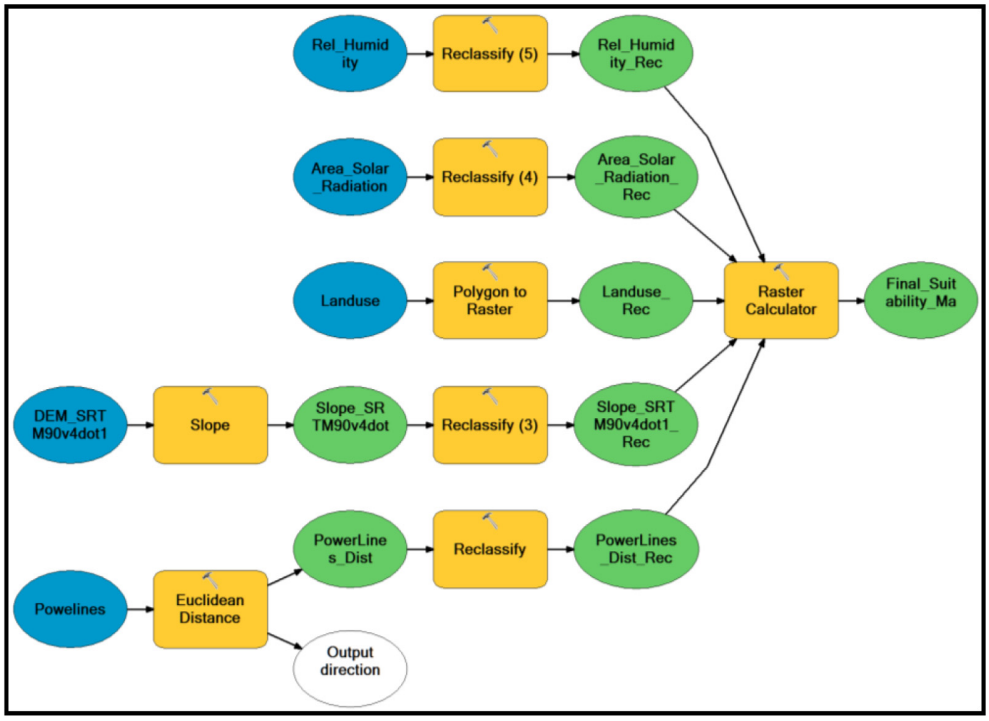

*المصدر:* الباحثة اعتماد على طريقة التحليل الهرمي(AHP).

وفقاً لمعايير النموذج المدمجة، يوضح لنا الشكل رقم (12) النموذج البنائي للملائمة المكانية لاستغلال الطاقة الشمسية بطريقة التحليل متعدد المعايير لعام 2024م.

من خلال تحليل الشكل رقم (12) و(13) والشكل البياني رقم (14)

**شكل 12**

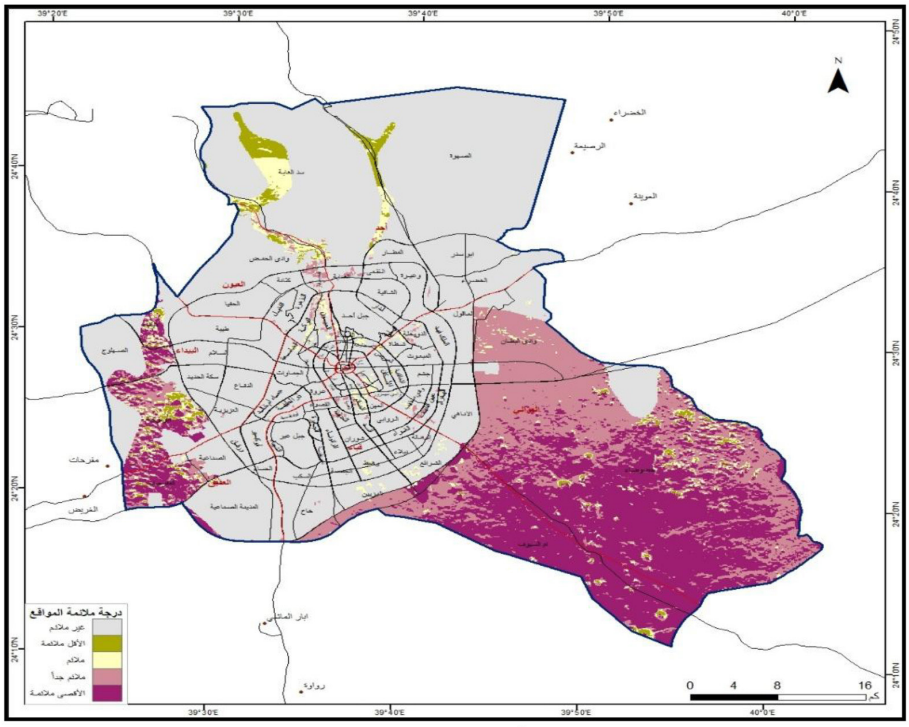
***النموذج البنائي للملائمة المكانية لاستغلال الطاقة الشمسية بطريقة التحليل متعدد المعايير لعام 2024م.***




**المصدر:* من عمل الباحثة بالاعتماد على قواعد البيانات المكانية داخل برنامج ArcGIS Pro 2.3.

**شكل 13**

***خريطة الملائمة المكانية لمحطات الطاقة الشمسية في المدينة المنورة.***




***المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على قواعد البيانات المكانية داخل برنامج ArcGIS Pro 2.3.**

والجداول رقم (7) ورقم (8) يتضح ما يلي:

وفقاً للتقسيم البلدي والمعمول به من قبل هيئة تطوير المدينة المنورة نجد أن بلدية العوالي احتلت المرتبة الأولى في الأقصى ملائمة من بين كافة البلديات السبعة في المدينة المنورة؛ حيث أشارت النتائج أن ما يقدر بـ 25364 كم$^2$ من مساحتها جاء أفضل ملائمة لإقامة محطات استغلال الطاقة الشمسية، تليها بالمرتبة الثانية بلدية قباء حيث بلغت نسبة أقصى ملائمة من مساحتها بنحو 11665 كم$^2$ .

وعلى العكس سجلت بلدية أُحُد شمال المدينة المنورة المرتبة الأولى من حيث الأقل ملائمة حيث بلغت إجمالي مساحتها غير الملائمة 53986 كم$^2$ ، تليها بلدية قباء وبلدية البيداء بمساحات تقدر 16012 كم$^2$ و15534 كم$^2$ لكلاً منهما على التوالي.

كما بينت خريطة الملائمة أن مناطق أطراف المدينة الواقعة باتجاه جنوب الشرقي والبعيدة عن مناطق العمران تعتبر الأفضل لإقامة محطات تجميع الطاقة الشمسية، ولكن هذا الأمر يخضع أيضاً لأصحاب القرار حيث أن هناك اعتبارات أخرى لاستخدام الأراضي قد تمنع من إقامة المحطات عليها، كأن تكون هذه الأراضي عسكرية، او تكون منح سكانية، أو أراضي لمشاريع قادمة.

**جدول 7**

***تصنيف درجة الملائمة المكانية حسب التقسيم البلدي لمنطقة الدراسة***

| البلديات | درجة الملائمة المكانية | | | |
|---|---|---|---|---|
| | متوسط درجة الملائمة | أقصى درجة ملائمة | الانحراف المعياري للملائمة | معامل الاختلاف (%) |
| العوالي | 2.94 | 4.64 | 1.54 | **33.22** |
| قباء | 1.98 | 4.61 | 1.94 | **42.02** |
| البيداء | 1.04 | 4.20 | 1.65 | **39.33** |
| العقيق | 0.82 | 4.20 | 1.57 | **37.36** |
| العيون | 0.36 | 3.42 | 1.00 | **29.35** |
| أحد | 0.19 | 3.63 | 0.73 | **20.09** |
| الحرم | ND | ND | ND | **ND** |

** المصدر: من عمل الباحثة.*

**جدول 8**

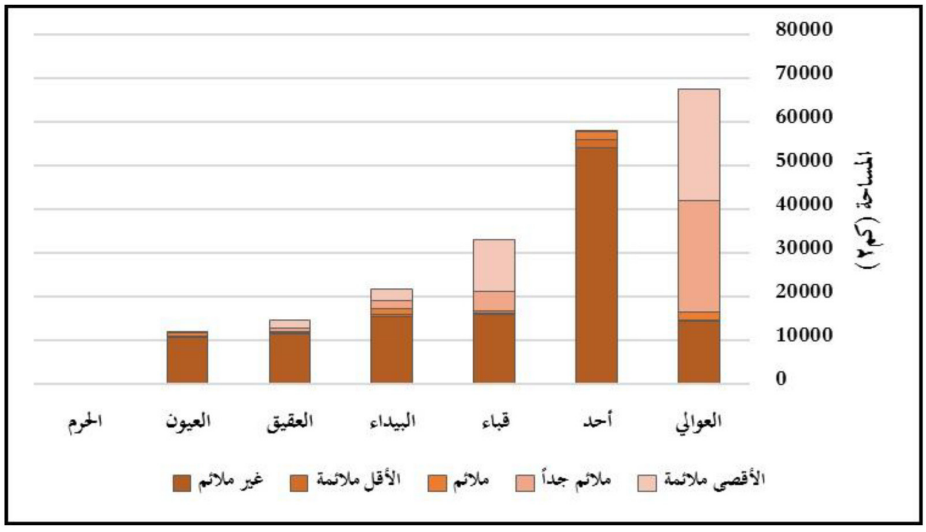
***حساب المساحات حسب درجة الملائمة المكانية لمنطقة الدراسة***

| البلديات | المساحة حسب درجة الملائمة المكانية (كم2) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | غير ملائم | الأقل ملائمة | ملائم | ملائم جداً | الأقصى ملائمة |
| قباء | 16012 | 122 | 641 | 4518 | 11665 |
| العوالي | 14267 | 456 | 1879 | 25389 | 25364 |
| الحرم | 171 | ND | ND | ND | ND |
| أحد | 53986 | 1880 | 1833 | 152 | 0 |
| العيون | 10675 | 243 | 693 | 483 | 0 |
| البيداء | 15534 | 494 | 1184 | 1916 | 2619 |
| العقيق | 11539 | 90 | 388 | 901 | 1836 |

* *المصدر*: من عمل الباحثة.

**شكل 14**

***مستويات الملائمة المكانية لمحطات إنتاج الطاقة الشمسية حسب المحافظات في منطقة المدينة المنورة***




## النتائج والتوصيات

وعليه كشفت الدراسة أنه لا يمكن إقامة محطات لاستغلال الطاقة الشمسية في وسط المدينة، وذلك لارتفاع أسعار الأراضي خاصة المساحات الممتدة في داخل حدود الحرم. فهي أراضي باهضة الثمن لذا تم إعطاؤها من حيث أفضلية الملائمة قيمة صفر (ND).

كما كشفت الدراسة أن شمال المدينة رغم وقوعه على أطراف المدينة وتحقيقه لبعض المعايير إلا أنه غير ملائم لإقامة محطات استغلال الطاقة الشمسية وذلك لوجود مناطق الجبلية و"حرات بركانية" كما أظهر شكل رقم (6) خريطة الغطاء الأرضي.

وتوصي الدراسة في مزيد من الدراسات والتطبيق لتحليل متعدد المعايير باستخدام التسلسل الهرمي للكشف عن الأماكن التي يمكن زرع الواح شمسية، كذلك توصي باستغلال أسطح المنازل في المناطق التي توفرت بها أقصى ملائمة، بهدف خلق مزيج من المصادر المتجددة وترشيد الاستهلاك للمصادر التقليدية.

## المراجع


الدليمي، خلف حسين علي (2015). تخطيط الخدمات المجتمعية والبنية التحتية أسس– معايير – تقنيات، الطبعة الثانية، دار صفاء للنشر والتوزيع.

الشريفي، راشد عبد راشد و البيضاني، هدي أحبيني عاشور (2021). الإمكانات الجغرافية لاستثمار الطاقة الشمسية في محافظة البصرة بين الوقع والتحديات مع الإشارة لبعض دول الجوار. https://faculty.uobasrah.edu.iq/uploads/publications/1632243164.pdf

القاضي، ابتسام إبراهيم (2018). التوسع الحضري في المدن الصحراوية المليونية واستهلاك الطاقة الكهربائية:

دراسة حالة مدينة الرياض، *مجلة كلية الآداب*، 1 (94)، جامعة الإسكندرية، 53-1.

عبده، أشرف (2014). التباين المكاني لتوزيع محطات الوقود في المدينة المنورة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة.

مدينة الملك عبد الله للطاقة الذرية والمتجددة، أطلس مصادر الطاقة المتجددة https://www.energy.gov.sa/ar/init/pages/atlaas.aspx

مشيط، أمل (2024). الملائمة المكانية لتحديد أنسب المواقع لمحطات الطاقة الشمسية في منطقة عسير باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير. *المجلة الجغرافية العربية*. 55(83). https://doi..195-244 org/10.21608/agj.2024.241260.1197

معجم المصطلحات الإحصائية للبيئة ESCWA برنامج الأمم المتحدة الاسكوا https://www.unescwa.org/ar/sd-glossary/

هلال، صالح رجب عيسى (2022). تحليل القرار متعدد المعايير لتحديد مناطق التنمية شرق المينا باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *مجلة كلية الآداب جامعة الفيوم*. 15(1)؛ 1000- https://doi.org/10.21608/jfa-.1050 fu.2022.172860.1835

Al-Dulaimi, Khalaf Hussein Ali (2015). Community Services and Infrastructure Planning: Foundations, Standards, and Techniques, Second Edition, Safaa Publishing and Distribution House, Amman.

Al-Sharifi, Rashid Abdul Rashid and Al-Baydani, Hoda Ahbini Ashour (2021). Al'iimkanat Aljughrafiat liaistithmar altaaqat alshamsiat fi muhafazat albasrat bayn alwaqe waltahadiyat mae al'iisharat libaed dual aljawar., (in Arabic) https://faculty.uobasrah.edu.iq/uploads/publications/1632243164.pdf.

Alizadeh, Reza, Soltanisehat, Leili, Lund D. Peter, Zamanisabzi, Hamed. (2020). "Improving renewable energy policy planning and decision-making through a hybrid MCDM method". Energy Policy: 137 (111174). https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111174

Al-Qadi, Ibtisam Ibrahim (2018). Urban Expansion in Million-Population Desert Cities and Electricity Consumption: A Case Study of Riyadh, (in Arabic) *Faculty of Arts Journal*, 1 (94), Alexandria University, 1-53.

ESCWA Glossary of Environmental Statistical Terms, United Nations Economic and Social Commission for Western Asia (ESCWA) https://www.unescwa.org/ar/sd-glossary/

Abdo, Ashraf (2014). Spatial Variation in the Distribution of Gas Stations in Medina Using Geographic Information Systems, (in Arabic) Geographical Research Series, Egyptian Geographical Society, Cairo.

Greene, R., Devillers, R., Luther, J.E. and Eddy, B.G. (2011), GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis. Geography Compass, 5: 412-432. https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2011.00431.x

Islam, M. R. Aziz, M. T. Alauddin, M. Kader, Z. (2024). "Site suitability assessment for solar power plants in Bangladesh: A GIS-based analytical hierarchy process (AHP) and multi-criteria decision analysis (MCDA) approach". Renewable Energy. 220 (119595). https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119595

King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy, Atlas of Renewable Energy Sources https://www.energy.gov.sa/ar/init/pages/atlaas.aspx

Hilal, Saleh Rajab Issa (2022). Multi-criteria decision analysis to identify development areas east of Mina using remote sensing and geographic information systems. (in Arabic) *Journal of the Faculty of Arts*, Fayoum University. 15(1); 1000-1050.https://doi.org/10.21608/jfafu.2022.172860.1835

Levosada, A.T.A. Ogena, R.P.T. Santos, J.R.V. and Danao, L.A.M. (2022). "Mapping of Suitable Sites for Concentrated Solar Power Plants in the Philippines Using Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process". Sustainability.; 14(19):12260. https://doi.org/10.3390/su141912260

Mushayt, Amal (2024). Spatial suitability to determine the most suitable sites for solar power plants in the Asir region using multi-criteria geographic in-

formation systems. (in Arabic) *The Arab Geographical Journal.* 55(83); 195-244. https://doi.org/10.21608/agj.2024.241260.1197

Sánchez-Lozano, J.M., Salmerón-Vera, F.J. and Ros-Casajús, C. (2020). "Prioritization of Cartagena Coastal Military Batteries to Transform Them into Scientific, Tourist and Cultural Places of Interest: A GIS-MCDM Approach". Sustainability.; 12(23):9908. https://doi.org/10.3390/su12239908

Saaty, T.L. (1980) The Analytic Hierarchy Process: Planning. Priority Setting, Resource Allocation. McGraw Hill, New York.

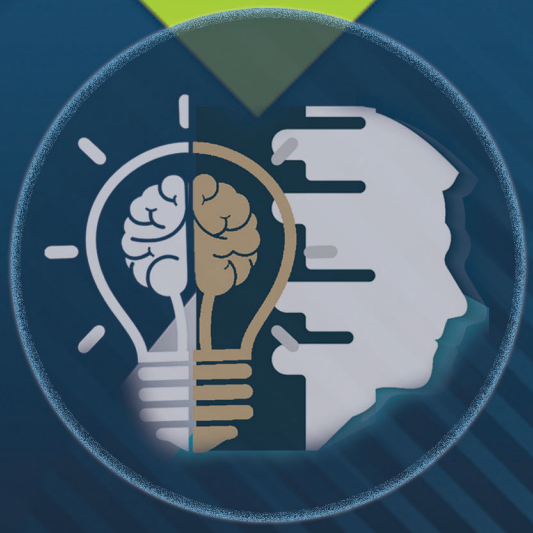
Tabassum, S.; Rahman, T.; Islam, A.U.; Rahman, S.; Dipta, D.R.; Roy, S.; Mohammad, N.; Nawar, N.; Hossain, E. Solar Energy in the United States: Development, Challenges, and Future Prospects. Energies2021,14,8142.http://doi.org/10.3390/en14238142

Journal of Human Sciences
At Hail University

جامعة حائل
University of Ha'il

# Journal of Human Sciences

## A Scientific Refereed Journal Published by University of Hail



Ninth year, Issue 29
Volume 2, March 2026

Arcif Analytics

Print ISSN:1658-788X
Online E-ISSN:1658-8819