ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

تقييم مواقع محطات الطاقة الشمسية في محافظة الأنبار ومواءمتها مع الخطط الاستراتيجية

Assessment of Solar Power Plant Sites in Al-Anbar Governorate and Their Alignment with Strategic Plans

أ.م. د بلسم شاكر شنيشل[1]* ،الجامعة العراقية /كلية الآداب /العراق

Prof. Dr. Balsam Shaker Shanishil, Iraqi University / College of Arts / Iraq

balsam_shneshil@aliraqia.edu.iq

محمد مشرف شهاب [2]، الجامعة العراقية /كلية الآداب /العراق

Mohammed Mushrif Shehab, Iraqi University / College of Arts / Iraq

mohammed.m.shihab@aliraqia.edu.iq

تاريخ استلام البحث: 18 / 8 / 2025 تاريخ قبول البحث: 1 / 10 / 2025

*المؤلف المرسل: أ.م.د بلسم شاكر شنيشل، الجامعة العراقية /كلية الآداب /العراق، balsam_shneshil@aliraqia.edu.iq

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

الملخص:

يُعَدّ استثمار الطاقة الشمسية خيارًا استراتيجيًا لمواجهة تحديات الطاقة في العراق، ولا سيما في محافظة الأنبار التي تمتاز بمعدلات إشعاع شمسي مرتفعة ومساحات شاسعة غير مستثمرة، يهدف هذا البحث إلى تحديد المواقع المثلى لإنتاج الطاقة الشمسية باستخدام منهجية التحليل الهرمي (AHP) ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية(GIS) ، ومن ثم مطابقة هذه النتائج مع خطط وزارة الكهرباء العراقية المتعلقة بإنشاء محطات طاقة شمسية في المحافظة.

اعتمدت البحث على بيانات مناخية وإشعاعية مستخلصة من محطات أرضية وفضائية، فضلا عن خرائط طبوغرافية واستعمالات الأرض وربطها بإحداثيات فعلية باستخدام نظم تحديد المواقع(GPS) ، أظهرت النتائج أن نحو (29%) من المواقع الحكومية تتطابق مع فئة الملاءمة العالية التي حددتها البحث (مثل القائم، عنه، راوة، والفلوجة)، بينما تتركز غالبية المشاريع المقترحة (62%) في مناطق متوسطة الملاءمة، في حين تقع نسبة محدودة (9%) ضمن مناطق منخفضة الكفاءة.

تشير هذه النتائج إلى وجود فجوة بين التحليل العلمي والاختيار المؤسسي للمواقع، مما قد يؤثر على كفاءة الإنتاج ويزيد من الفاقد في منظومة الكهرباء، ويوصي البحث بضرورة تعزيز التكامل بين الدراسات الأكاديمية والتخطيط الحكومي، مع إعادة تقييم المواقع المستقبلية استنادًا إلى معايير علمية دقيقة، فضلا عن اعتماد تقنيات متقدمة مثل تتبع نقطة القدرة القصوى (MPPT) لرفع كفاءة الأنظمة الشمسية، وبهذا يساهم البحث في دعم توجهات التنمية المستدامة وتحقيق أمن الطاقة الوطني عبر الاستخدام الأمثل للموارد الشمسية في العراق.

الكلمات المفتاحية: **الطاقة الشمسية – الطاقة الكهروضوئية، التحليل المكاني – النمذجة المكانية، محافظة الأنبار – غرب العراق، AHP التحليل الهرمي، GIS**

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

Abstract

Solar energy represents a strategic option for addressing Iraq's energy challenges, particularly in Al-Anbar Governorate, which is characterized by high solar irradiance and vast unused lands. This research aims to identify the optimal sites for solar power generation using the Analytic Hierarchy Process (AHP) within a Geographic Information System (GIS) environment, and to match these results with the Iraqi Ministry of Electricity's plans for establishing solar power plants in the governorate.

The study relied on climatic and irradiance data derived from both ground-based and satellite stations, in addition to topographic and land-use maps. Data were integrated into **PVsyst** software to enhance the accuracy of solar modeling and linked with actual coordinates through Global Positioning System (GPS), then analyzed spatially using GIS tools. Results revealed that about 29% of the government-selected sites fall within the "high suitability" category identified by the study (such as Al-Qaim, Anah, Rawa, and Fallujah), while the majority (62%) are in areas of medium suitability, and only 9% are within low-efficiency zones.

These findings highlight a noticeable gap between scientific analysis and institutional site selection, which may reduce energy efficiency and increase transmission losses. The study recommends strengthening integration between academic assessments and governmental planning, reassessing future sites based on scientifically robust criteria, and adopting advanced technologies such as Maximum Power Point Tracking (MPPT) to improve photovoltaic system performance. Overall, the research contributes to sustainable energy planning in Iraq by ensuring optimal utilization of solar resources, enhancing energy security, and supporting national commitments toward renewable energy development.

Keywords: Solar Energy – Photovoltaic Systems, Spatial Analysis – Geospatial Modeling, Al-Anbar Governorate – Western Iraq, AH, GISS.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

أولا : المقدمة .

محافظة الأنبار تُعدّ الأكبر مساحةً في العراق إذ تمتد على نحو (138,288 كم²) مشكلةً ما يقارب ثلث مساحة البلاد، وتتوزع تضاريسها بين السهول الشرقية والهضاب الغربية بارتفاعات تتراوح بين (25–947 م) فوق مستوى سطح البحر، ما يمنحها تنوعًا طبوغرافيًا ملائمًا لاستثمارات الطاقة الشمسية، المناخ السائد فيها صحراوي جاف يتميز بارتفاع معدلات الإشعاع الشمسي وصفاء السماء معظم أيام السنة، مع معدلات أمطار محدودة وغير منتظمة، مما يجعلها بيئة مثالية لمشاريع الطاقة المتجددة، وخاصة الكهروضوئية.

يمر نهر الفرات في المحافظة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي بطول يقارب (484 كم)، فضلا عن بحيرات مثل الحبانية والرزازة والثرثار، والتي تُسهم في دعم الاستدامة البيئية عبر توفير مصادر مياه تستخدم في صيانة الألواح الشمسية، كما تتسم المحافظة بانخفاض الكثافة السكانية في معظم أجزائها، باستثناء المراكز الحضرية الكبرى مثل الرمادي والفلوجة، وهو ما يتيح مساحات شاسعة غير مستغلة يمكن توظيفها لمشاريع الطاقة الشمسية على نطاق واسع.

اما جيولوجيًا تُظهر مساحات واسعة من المحافظة طبيعة تربة صحراوية كلسية وحصوية تمثل نحو (35.5%) من مساحتها، وهي بيئة مناسبة لتركيب الألواح مع بعض المعالجات الإنشائية، كذلك تعزز شبكة الطرق الرئيسة، لاسيما الطريق الدولي السريع الرابط مع الأردن وسوريا والسعودية، من سهولة الربط اللوجستي ونقل المعدات.

هذا الموقع الاستراتيجي، إلى جانب خصائصها المناخية والطبيعية والبشرية، يجعل من الأنبار نموذجًا واعدًا لاستثمارات الطاقة الشمسية في العراق، يتماشى مع خطط وزارة الكهرباء لتوسيع الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتلبية متطلبات التنمية المستدامة.

1. *مشكلة البحث.*

تتمثل مشكلة البحث في غياب المواءمة الكاملة بين التوجهات الحكومية في تخطيط مشاريع الطاقة الشمسية والنتائج العلمية المستخلصة من التحليل المكاني الكفوء، الأمر الذي يثير تساؤلات حول كفاءة التخطيط المؤسسي، وجدوى الاستثمارات القائمة، ومدى تحقيقها لأهداف الاستدامة وأمن الطاقة على المدى الطويل.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

2. فرضية البحث.

تفترض هذه البحث أن المواءمة بين المواقع المثلى التي حددها التحليل المكاني باستخدام منهجية التحليل الهرمي (AHP) والمواقع التي اعتمدتها وزارة الكهرباء في خططها لإنشاء محطات الطاقة الشمسية في محافظة الأنبار، ما زالت غير مكتملة؛ إذ إن نسبة كبيرة من المواقع الحكومية تقع ضمن مناطق ذات ملاءمة متوسطة أو منخفضة، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض كفاءة إنتاج الطاقة وارتفاع الفاقد، وبالمقابل فإن اعتماد نتائج التحليل المكاني في اختيار مواقع المشاريع المستقبلية سيسهم في تحسين الأداء التشغيلي، وزيادة الكفاءة الإنتاجية، وتعزيز أمن الطاقة، ودعم مسار التحول نحو الاستدامة في قطاع الكهرباء العراقي.

3. أهداف البحث.

- *تحديد المواقع المثلى لإنتاج الطاقة الشمسية في محافظة الأنبار باستخدام التحليل المكاني ومنهجية التحليل الهرمي.(AHP)*
- *مطابقة نتائج التحليل العلمي مع خطط وزارة الكهرباء العراقية الخاصة بإنشاء محطات الطاقة الشمسية.*
- *تقييم كفاءة المواقع المعتمدة حكومياً ومدى توافقها مع المعايير المناخية والجغرافية والفنية.*
- *تقديم توصيات عملية لتحسين التخطيط المؤسسي وضمان الاستخدام الأمثل للموارد الشمسية.*
- *دعم توجه العراق نحو تنويع مصادر الطاقة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري بما يحقق أهداف التنمية المستدامة.*

4. أهمية البحث

- *يساهم البحث في ربط النتائج الأكاديمية بالخطط الحكومية لتقليص الفجوة بين البحث النظرية والتطبيق العملي.*
- *يعزز من كفاءة الاستثمار في الطاقة المتجددة عبر اختيار المواقع الأكثر جدوى فنياً واقتصادياً.*
- *يدعم أمن الطاقة في العراق من خلال استغلال إمكانات محافظة الأنبار كمصدر استراتيجي للطاقة الشمسية.*
- *يوفر إطاراً علمياً يمكن اعتماده لتخطيط مشاريع الطاقة المتجددة في محافظات عراقية أخرى.*

5. مبررات اختيار الموضوع

- *حاجة العراق الماسة إلى تنويع مصادر الطاقة وتقليل الضغط على الشبكة الوطنية.*

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

- *امتلاك محافظة الأنبار خصائص طبيعية ومناخية مميزة (إشعاع شمسي مرتفع، مساحات واسعة، كثافة سكانية منخفضة).*
- *وجود فجوة بين اختيار المواقع الحكومية والنتائج العلمية، مما يستدعي التقييم والتحليل.*
- *ارتباط الموضوع بالأهداف العالمية للتنمية المستدامة، لاسيما الهدف السابع (طاقة نظيفة وبأسعار معقولة).*

6. *المنهج المستخدم*

تعتمد هذه البحث على المنهج الجغرافي التطبيقي الذي يهدف إلى توظيف المعطيات المناخية والمكانية في تحليل كفاءة إنتاج الطاقة الشمسية داخل محافظة الأنبار، ويتكامل هذا المنهج مع المنهج التحليلي لفهم العلاقات بين العوامل المناخية والجغرافية وتأثيرها على الأداء الكهروضوئي.

الأساليب العلمية المستخدمة:

- التحليل المكاني:(Spatial Analysis): باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) للكشف عن الأنماط والتوزيع المكاني للكفاءة الشمسية.
- الأسلوب التحليلي متعدد المعايير:(MCDM): وتحديدًا تقنية التحليل الهرمي (AHP) لتحديد الأهمية النسبية للعوامل المؤثرة في اختيار المواقع المثلى.
- التحليل الإحصائي الوصفي: لتحليل الخصائص المناخية وبيانات الاستبيان المجمعة من الخبراء.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

7. الأدوات ووسائل العمل.

جدول (1) الأدوات ووسائل العمل

البرامجيات / الأدوات	نوع البيانات	المصدر
معالجة البيانات عبر Excel وربطها بخرائط GIS	بيانات المواقع المقترحة لمشاريع الطاقة الشمسية (منجزة، قيد التنفيذ، مستقبلية)	وزارة الكهرباء العراقية – مديرية الطاقات المتجددة
ArcGIS 10.8، التحليل الإحصائي باستخدام SPSS / Excel	عناصر مناخية (الإشعاع الشمسي، عدد ساعات السطوع، الغيوم، الأمطار)	الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي (العراق) + بيانات NASA POWER
ArcMap Spatial Analyst	الارتفاع عن سطح البحر، الانحدار، اتجاهات السطح	بيانات طبوغرافية من نموذج الارتفاع الرقمي USGS – (DEM)
ENVI، ArcGIS Pro	الغطاء الأرضي، الكثافة السكانية، الأراضي غير المستثمرة	خرائط استعمالات الأرض (LULC) من الأقمار الصناعية (Landsat, Sentinel)
مراجعة أدبيات، تطبيق AHP في بيئة Expert Choice / Excel	معايير الملاءمة العالمية لاختيار مواقع الطاقة الشمسية	المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE) + تقارير دولية (IEA, IRENA)
Google Earth Pro، أجهزة GPS	توثيق المواقع بالصور والإحداثيات (GPS)	البحث الميدانية (زيارات باحث للمواقع في الأنبار)

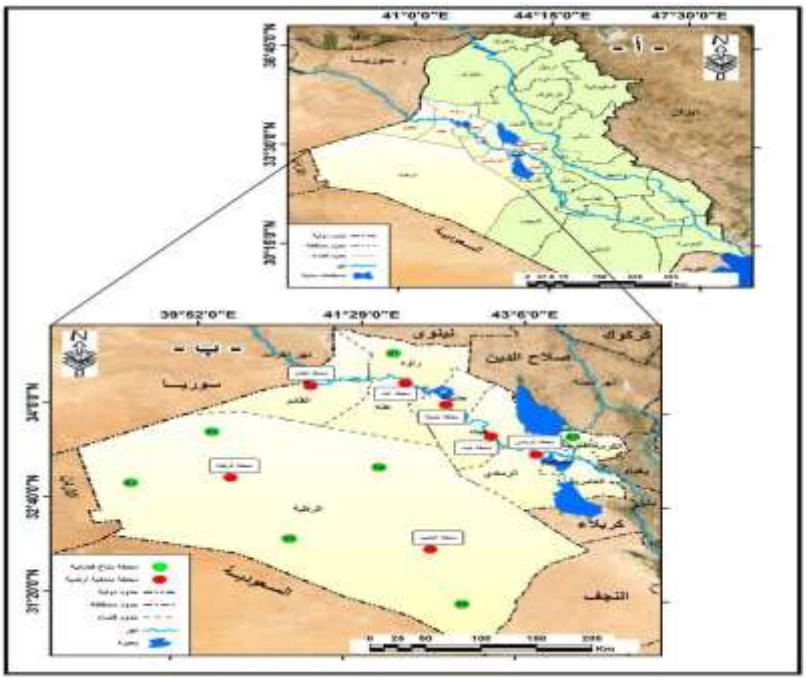
ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

8. حدود وموقع منطقة البحث

تُعد محافظة الأنبار أكبر المحافظات العراقية من حيث المساحة، وتمتاز بموقعها الجغرافي الفريد وخصائصها المناخية المتميزة، تقع ضمن الجزء الغربي من العراق، وتشترك بحدود دولية مع سوريا والأردن من الغرب، والمملكة العربية السعودية من الجنوب، الأمر الذي يمنحها موقعًا استراتيجيًا على المستويين الإقليمي والوطني،(شكل 1) كما انها تمتد فلكيًا بين دائرتي عرض (32.0° – 35.0°) شمالًا وخطي طول (39.0° – 43.8°) شرقًا، وهي بذلك تقع ضمن نطاق الحزام الشمسي العالمي الذي يُعد من أغنى المناطق بالطاقة الشمسية، مما يعزز قابليتها لأن تكون بيئة مثالية للاستثمار في مشاريع الطاقة المتجددة، ولا سيما الطاقة الشمسية.

اما إداريً فأنها تضم مجموعة من الأقضية الرئيسة: الرمادي، الفلوجة، هيت، القائم، الرطبة، عنه، راوة، النخيب، وحديثة، وتتباين هذه الوحدات الإدارية في خصائصها الطبوغرافية والمناخية، وهو ما يُكسبها تنوعًا في الإمكانات الاستثمارية، وقد حُددت الحدود المكانية للبحث لتشمل جميع أقضية المحافظة.

شكل (1) منطقة البحث من العراق



المصدر :من إعداد بالاعتماد على بيانات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) **وخرائط الأساس**

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

9. *الدراسات السابقة والمشابهة:*

1. AIP Journal (2016) – Solar energy status in Iraq: Abundant or not—Steps forward

تناولت البحث قياسات الإشعاع الشمسي في مناطق مختلفة من العراق، مع تركيز خاص على الصحراء الغربية للأنبار وأبرزت وفرة الإشعاع وإمكان استثماره في مشاريع واسعة وتتقارب في فكرة البحث لكونها تقدم بيانات إشعاعية دقيقة تدعم التحليل المكاني للطاقة الشمسية.

2. MJ Basheer (2017) – Solar Energy Applications in Iraq: A Review.

بحث مراجعة عامة للتطبيقات الشمسية في العراق، تضمنت تقييماً لإمكانات الطاقة الشمسية والاستخدامات الممكنة ولم تتناول اختيار المواقع أو التحليل المكاني.

3. Al-Kayiem & Mohammad (2019) – Potential of Renewable Energy Resources with an Emphasis on Solar Power in Iraq.

قدمت تقييماً وطنياً شاملاً لمصادر الطاقة المتجددة، مع تركيز على الطاقة الشمسية وإمكاناتها الفنية والاقتصادية، وتناولت الإمكانات الشمسية وطنياً دون تحديد مواقع مثلى.

4. Sulala Al-Hamadani (2020) – Solar energy as a potential contributor… in Iraq

بحث مراجعة لأهمية الطاقة الشمسية في سد فجوة الطلب على الكهرباء بالعراق، ركزت على الفرص، والتحديات لأنها مراجعة عامة دون استخدام GIS أو تحليل مكاني.

5. مشروع جامعة الأنبار (وسام خليل، 2021) – تقارير إعلامية عن منظومات شمسية جامعية، أشرفت الجامعة على تصميم وتنفيذ منظومات شمسية لتوليد الكهرباء بالحرم الجامعي كنماذج تطبيقية لكونها تطبيق محدود النطاق دون تحليل شامل للمحافظة.

6. Emad Jaleel Mahdi وآخرون (2023) – The Importance of Using Concentrator Solar Energy Technologies in Anbar Province.

ركزت البحث على جدوى اعتماد تقنيات الطاقة الشمسية المركّزة (CSP) في الأنبار، وحددت المواقع الملائمة وفق شدة الإشعاع المباشر، كونها تركز على محافظة الأنبار نفسها، مع تحليل اقتصادي وتقني للمواقع.

7. Q. Hassan (2024) – GIS-based multi-criteria analysis for solar, wind, and biomass energy potential in Iraq

استخدمت البحث تقنيات GIS والتحليل المتعدد المعايير (MCDA) لتحديد المواقع المثلى للطاقة المتجددة في العراق، واعتمدت منهجية GIS و AHP مشابهة، لكنها غطت العراق ككل وليس الأنبار تحديداً.

8. Ali K. Nawar وآخرون (2024) – An Analytical Study on the Potential of Installing Photovoltaic Systems in Iraq.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

اعتمدت البحث على برامج PVsyst و PVGISلتقييم الأداء المحتمل لمحطات شمسية في مدن مختلفة بالعراق، مع تحليل زاوية الميل والإشعاع، كما تم استخدام نفس الأدوات والبرامج PVsyst) و (GISوإن كان في مناطق أخرى غير الأنبار.

9. Q. Hassan (2024) – Evaluating energy, economic, and environmental aspects of solar-wind-biomass systems…

قدمت إطاراً لتحديد المواقع المثلى للطاقة عبر تحليل تقني واقتصادي وبيئي، استخدمت نهجاً متكاملاً شبيهاً بالمنهج الحالي، لكن البحث سُحبت لاحقاً من النشر.

ثانيا: تحليل المواقع المقترحة من خطط وزارة الكهرباء:

في إطار سعي وزارة الكهرباء وما تستهدفه من محاولات استثمار الطاقة ضمن محافظة الانبار وإلى زيادة الاعتماد على الطاقة المتجددة، وتحديدًا الطاقة الشمسية، وضعت وزارة الكهرباء خططًا معلنة لتنفيذ مشاريع تهدف إلى استغلال المواقع ذات الإمكانات العالية للإشعاع الشمسي (مقابلة مع د. وليد السهلاني).

وما تهدف إليه هذه البحث هو مطابقة المواقع المثلى التي تم تحديدها باستخدام نموذج التحليل الهرمي (AHP) مع المواقع التي تضمنتها خطط وزارة الكهرباء، للتحقق من مدى توافق النتائج البحثية مع التوجهات الحكومية الحالية والمستقبلية، ولتقديم توصيات عملية تساهم في دعم سياسات الطاقة المستدامة.

تُبين الخريطة (1) التوجه الاستراتيجي لوزارة الكهرباء العراقية نحو توسيع مشاريع الطاقة الشمسية، حيث تم تحديد مواقع مستقبلية في محافظة الأنبار لتميزها بمستوى إشعاع شمسي مرتفع وأراضٍ واسعة، إضافة إلى مشروع قيد الإنجاز في جنوب المحافظة كخطوة تنفيذية فعلية.

ونظراً لما تمتاز محافظة الأنبار بخصائص طبيعية وجغرافية تجعلها من أكثر المواقع ملاءمة لإنتاج الطاقة الشمسية في العراق، وتدل الخريطة (2) على أن هنالك توجهًا استراتيجيًا لدى وزارة الكهرباء نحو استثمار هذه الإمكانيات عبر اختيار مواقع مدروسة من حيث الإشعاع الشمسي وتوافر الأرض وشبكات النقل الكهربائي، وهو أداه لدعم التوجه، إذ بلغت عدد المواقع المقترحة بواقع (19) موقعاً، وهي تنتشر في عدة مواقع داخل الأنبار، تحديدًا في: منطقة الرطبة غرب المحافظة، قريبة من الحدود الأردنية والسورية بعدد (3) مواقع، ومناطق أخرى في الوسط والشمال الغربي (قرب القائم، وعانة، وراوه) بعدد (4) مواقع، وحديثة وهيت والرمادي بعدد (4) لكل منهما على التوالي، في حين وجدت محطات قيد الإنجاز محطة واحدة في مناطق جنوبية قريبة من حدود السعودية، والثانية في الفلوجة قرب بحيرة الرزازة.

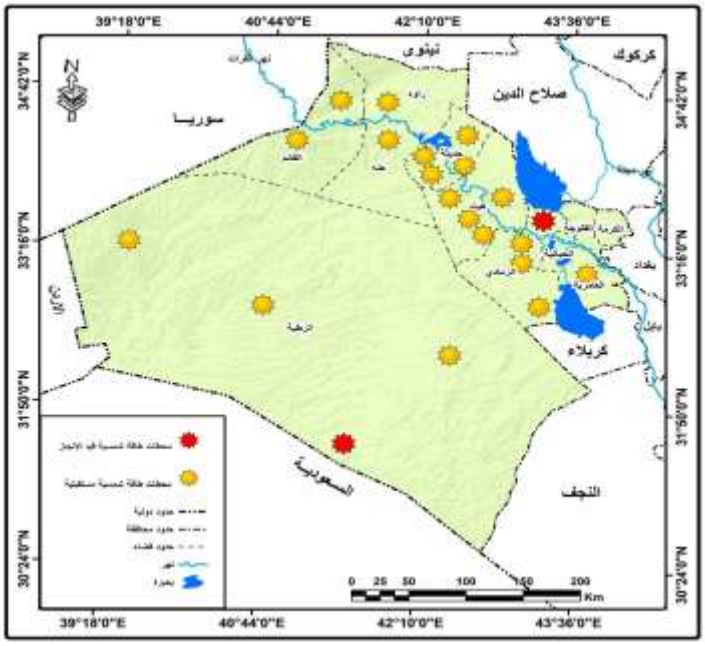
أن هذه المواقع جاء اختيارها بناءً على توفر الإشعاع الشمسي العالي، واتساع الأراضي، وبعدها عن التجمعات السكنية، أو لعوامل الجغرافية والمناخية داعمة مثل: الإشعاع الشمسي العالي وقلة الغيوم والأمطار

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

فالمناخ الصحراوي الجاف في الأنبار يقلل من احتمالات الغيوم، مما يعزز من كفاءة ألواح الطاقة الشمسية، فضلاً عن توفر مساحات شاسعة: الأراضي الواسعة وغير المستثمرة في الأنبار، خصوصًا في المناطق الجنوبية والغربية، تتيح إنشاء مشاريع طاقة شمسية على نطاق واسع دون عوائق عمرانية أو زراعية، وهو ما يعكس توجهًا حكوميًا واضحًا للاستثمار الفعلي في هذه المناطق الملائمة(مقابلة مدير محطات الطاقة الشمسي).

وفي المناطق الشمالية الغربية قرب راوه وعنة: تُمثل مواقع مستقبلية للاستثمار الشمسي، مستفيدة من القرب من شبكة النقل الكهربائي القادمة من سد حديثة، صورة (1).

خريطة (1) مواقع محطات الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها من وزارة الكهرباء



المصدر: اعتماداً على ملحق (1) ومعالجتها باستخدام برنامج Arc Map 10.8.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

صورة (1) المواقع الشمسية المستقبلية المقترحة في قضاء عنه وحديثة.

المصدر: البحث الميدانية، بتاريخ (26/ 5/ 2025).

ويعرض الجدول (2) أن المواقع المقترحة لإقامة مشاريع الطاقة الشمسية في محافظة الأنبار والمناطق المجاورة، حالة موضحة كل مشروع والمميزات الجغرافية والفنية التي جعلت هذه المواقع مؤهل، فقد تم اختيار مواقع مثل جنوبي غرب الأنبار والنخيب (قرب بحيرة الرزازة) لتنفيذ مشاريع قيد الإنجاز نظراً لاتساع المساحات وتوفر الأراضي البعيدة عن التلوث العمراني، بالإضافة إلى قربها من الشبكة الوطنية وقدرتها على تلبية الطلب العالي، أما المشاريع المقترحة مستقبلياً مثل الرطبة، راوة– عنة– القائم، وحديثة– هيت، فقد تميّزت بتوفر مساحات واسعة، كثافة سكانية منخفضة، سهولة الربط بالشبكة الوطنية، وملاءمة بيئية جيدة، مما يعزز مرونة توزيع الطاقة ويقلل الفاقد أثناء النقل، يهدف هذا التوزيع الاستراتيجي إلى دعم استقرار الشبكة الكهربائية الوطنية وتلبية احتياجات المحافظات القريبة، خاصةً العاصمة بغداد، بما يضمن تعزيز الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري(مقابلة مع د. محمد عبد ربه).

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

جدول (2) المواقع المقترحة لمحطات الطاقة الشمسية في محافظة الانبار

ت	موقع المشروع	عدد المشاريع	حالة المشروع	المميزات الرئيسة لمشروع الطاقة الشمسية
1	جنوبي غرب الانبار (قرب الحدود السعودية)	1	قيد الانجاز	اشعاع شمسي عالي، مساحة واسعة، بعيد عن التلوث الصناعي
2	الفلوجة (قرب بحيرة الرزازة)	1	قيد الانجاز	قرب الشبكة الوطنية، طلب طاقة عالٍ عليه، موقع استراتيجي
3	الرطبة	3	مقترح مستقبلي	كثافة اشعاع شمسي، ارض مفتوحة
4	راوه – عنه – القائم	4	مقترح مستقبلي	قرب خطوط النقل، دعم المحافظات الشمالية
5	حديثة – هيت	8	مقترح مستقبلي	سهولة الربط بالشبكة الوطنية، كثافة سكانية متوسطة، بيئة مكانية ملائمة
5	الرمادي	3	مقترح مستقبلي	مركزية الموقع وتعزيز مرونة النقل
6	العامرية	1	مقترح مستقبلي	قرب الطلب العالي من محافظة بغداد، وتعزيز النقل والتوزيع

المصدر: اعتماداً على تقرير وزارة الكهرباء

ثانياً: تحليل عدد المحطات في كل موقع مقترح ضمن خطط وزارة الكهرباء:

تُظهر الخريطة (3) توزيع اعداد مواقع مشاريع الطاقة الشمسية المقرر إنشاؤها في كل قضاء من اقضية محافظة الانبار وفق خطط وزارة الكهرباء وضمن كل موقع، إذ يتراوح عدد المواقع المخطط تنفيذها بين موقعين وأربعة إلى ستة مواقع.

تبيّن الخريطة أن مناطق شمال وشرق محافظة الأنبار تحتضن أكبر عدد من المواقع المخطط إقامتها لمحطات الطاقة الشمسية، إذ تتركز في كل موقع أكثر من (4) محطات شمسية، ما يشير إلى عدد مواقع أعلى مقارنة ببقية أجزاء المحافظة، في المقابل، تُظهر الخريطة قلة عدد المواقع في مناطق غرب وجنوب الانبار بواقع (2) محطات شمسية في كل موقع فضلاً تباعدها.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

يعود هذا التوزيع إلى عدة اعتبارات مخطط لها من قبل وزارة الكهرباء تشمل الظروف المناخية وكمية الإشعاع الشمسي، فضلاً عن اعتبارات اقتصادية وتقنية مثل سهولة الربط بالشبكة الكهربائية وموقع الطلب على الطاقة، كما تعكس الخريطة توجه الوزارة نحو تنويع مواقع الإنتاج لتغطية مختلف مناطق المحافظة، مع التركيز على المناطق التي تتمتع بمساحات شاسعة وإشعاع شمسي عالٍ.

وتعدّ عملية اختيار الموقع الأمثل لإنتاج الطاقة الشمسية من العوامل الأساسية في نجاح مشاريع الطاقة المتجددة، إذ إن كفاءة الأداء والإنتاجية تعتمد بشكل مباشر على الموقع الجغرافي والمواصفات المناخية والبيئية، صورة (2)، وقد تمّ في هذه البحث استخدام منهجية التحليل المكاني متعددة المعايير (*AHP*) لتحديد المواقع الأكثر كفاءة في محافظة الأنبار لإقامة مشاريع توليد الطاقة الشمسية، وهو ما يعزز من قابلية ربط مواقع مشاريع الطاقة الشمسية بشبكات الكهرباء الوطنية أو البنى التحتية الأخرى، ما يعزز من كفاءة التخطيط والتوزيع المكاني لمشاريع الطاقة المتجددة في العراق.

صورة (2) محطة شمسية منفذة في قضاء عنه وفق الأسس المناخية والبيئية

المصدر: البحث الميدانية للباحث، بتاريخ (26/ 5/ 2025).

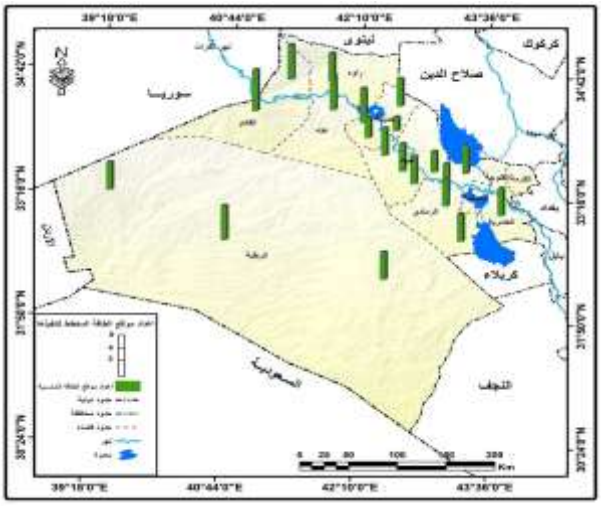
ثالثاً: تحليل مساحة كل موقع مقترح ضمن خطط وزارة الكهرباء:

تظهر الخريطة (3) توزيع مساحة مواقع مشاريع الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها في محافظة الانبار، موضحةً مساحة كل موقع مقترح بوحدات الدونم، ويُلاحظ من التوزيع الجغرافي أن المواقع ذات المساحات الكبرى تتركز بشكل واضح في مناطق وسط وشرق محافظة الانبار، وهو ما يعكس توجّه وزارة الكهرباء نحو استغلال الأراضي الواسعة القريبة من مراكز الطلب الكهربائي الرئيسة، بينما تتوزع مواقع بمساحات

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

أقل نسبيًا في مناطق شمال أجزاء غرب محافظة الأنبار، ما يشير إلى وجود خطة شاملة ولكنها غير متوازنة جغرافيًا من حيث حجم الاستثمارات في مشاريع الطاقة الشمسية.

خريطة (3) عدد محطات الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها من وزارة الكهرباء



المصدر: واعتماداً على ملحق (1) ومعالجتها باستخدام برنامج *Arc Map 10.8*.

وتبرز أهمية هذه الخريطة في إظهار العلاقة المكانية بين المواقع المقترحة وخصائصها المساحية، حيث يمكن من خلالها تحليل مدى ملاءمة هذه المواقع للتنفيذ الفعلي لمشاريع الطاقة الشمسية على مستوى المساحة المطلوبة لإقامة الألواح الشمسية والبنية التحتية المرافقة، وهو ما يسهم في دقة التخطيط المستقبلي لمشاريع الطاقة المتجددة ويقلل من التحديات المتعلقة بملكية الأراضي وخدمات الربط الكهربائي.

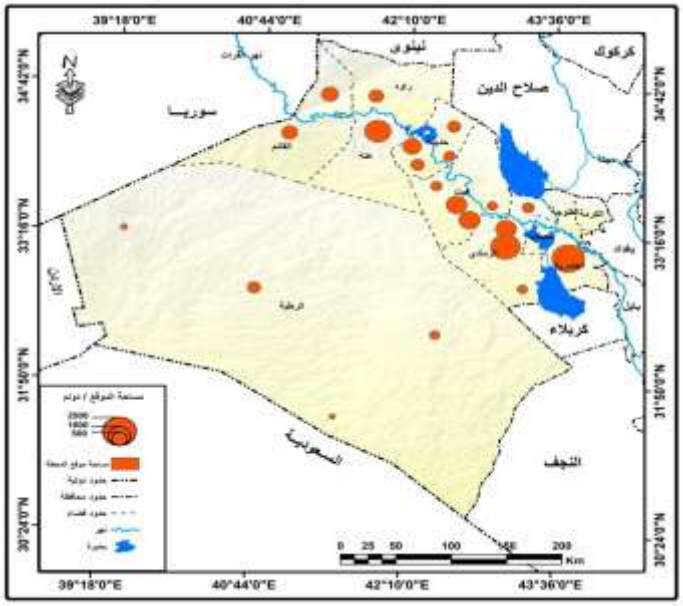
عند مقارنة هذه الخريطة مع خريطة المواقع (1) وخريطة عدد المحطات في كل موقع (2) يتضح وجود تباين واضح في التوزيع المكاني بين عدد المواقع ومساحاتها الفعلية، فرغم بعض الاقضية أظهرت كثافة عددية عالية للمواقع المخطط تنفيذها بحسب عدد المحطات في كل موقع، إلا أن خريطة المساحات تشير إلى أن معظم هذه المواقع تتسم بمساحات صغيرة نسبيًا، ما يعكس تركيزًا على مشاريع صغيرة متعددة بدلاً من المشاريع الكبيرة.

في المقابل، تُظهر مناطق وسط محافظة الأنبار وأجزاء وجود مواقع أقل عددًا وفق خريطة عدد المواقع، لكنها ذات مساحات أكبر بكثير بحسب خريطة المساحات، ما يدل على توجه وزارة الكهرباء لإقامة مشاريع طاقة شمسية واسعة النطاق في هذه المناطق، ربما للاستفادة من وفرة الأراضي الصحراوية وانخفاض الكثافة السكانية، بالإضافة إلى قربها من مراكز استهلاك الطاقة العالية.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

هذا التباين يشير إلى استراتيجية متعددة المحاور تعتمدها وزارة الكهرباء: محور يقوم على توزيع مشاريع صغيرة في مناطق الشمال وشرق محافظة الانبار وهي ذات الطبيعة السكانية العالية والزراعية المتداخلة لتلبية الطلب المحلي وتخفيف الضغط على الشبكة الكهربائية، ومحور آخر يركز على مشاريع كبرى في المناطق الوسطى لتوليد كميات أكبر من الطاقة الشمسية وإمداد مناطق واسعة باحتياجاتها، لذلك، توصي هذه البحث بضرورة تحقيق توازن أفضل بين عدد المواقع ومساحاتها عبر مختلف مناطق العراق، لضمان العدالة في توزيع الاستثمارات في الطاقة المتجددة وتعزيز كفاءة الإنتاج على المستوى الوطني.

خريطة (4) مساحة مواقع محطات الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها من وزارة الكهرباء



المصدر: اعتماداً على ملحق (1) ومعالجتها باستخدام برنامج *Arc Map 10.8*.

رابعاً: تحليل الطاقة الإنتاجية في كل موقع مقترح ضمن خطط وزارة الكهرباء:

تُظهر خريطة (5) حجم القدرة الإنتاجية المتوقعة لمشاريع الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها في محافظة الانبار ولكل موقع، والتي تتراوح القدرات الإنتاجية للمشاريع المخطط لها بين 50 و300 ميغاواط.

وعند مقارنة هذه الخريطة "القدرة الإنتاجية" بخريطة عدد المواقع يتضح وجود علاقة غير متطابقة تمامًا بين عدد المواقع أو مساحاتها من جهة، والطاقة الإنتاجية المخططة من جهة أخرى، ففي مناطق شرق الأنبار، تُظهر الخريطة مشاريع ذات قدرات إنتاجية مرتفعة رغم أن عدد المواقع في هذه المناطق كان قليلًا نسبيًا، وهو ما يدل على اعتماد الوزارة على إنشاء محطات كبيرة في مواقع محددة لتلبية الطلب العالي.

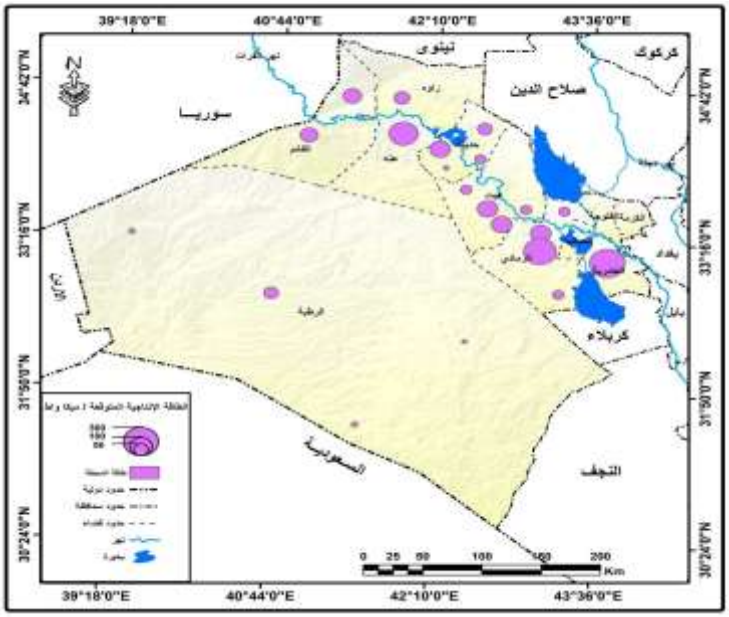
ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

على النقيض من ذلك، تشير مناطق شمال الانبار إلى وجود عدد كبير من المواقع الصغيرة، لكن تُظهر قدرات إنتاجية متوسطة أو منخفضة نسبيًا، ما يعكس توجهًا لتنفيذ مشاريع صغيرة موزعة جغرافيًا في تلك المناطق لتقوية الشبكة المحلية وتوفير تغذية كهربائية للمجتمعات الريفية.

أما عند المقارنة الإنتاجية بخريطة مساحات المشاريع (4)، فيُلاحظ أن المساحات الكبيرة لا ترتبط دائمًا بقدرات إنتاجية عالية؛ ففي بعض المواقع، خاصة في غرب الانبار (مثل الرطبة)، توجد مساحات واسعة لكنها مخصصة لمشاريع بقدرة إنتاجية منخفضة نسبيًا؛ قد يعود ذلك إلى اعتبارات تقنية مثل شدة الإشعاع الشمسي، أو اقتصادية كتباعد المواقع عن الشبكة الوطنية مما يزيد من تكاليف الربط.

أن هذه الاختلاف بين التوزيع المكاني لعدد المواقع، ومساحاتها، وقدراتها الإنتاجية يوضح أن التخطيط الحكومي لوزارة الكهرباء الذي يعتمد على مزيج من مشاريع صغيرة منخفضة القدرة ومشاريع مركزية عالية القدرة لتحقيق توازن بين تلبية الطلب المحلي وتحسين كفاءة إنتاج الطاقة على المستوى الوطني، وهو ما يستدعي تبني نهج تكاملي يضمن استغلال أمثل للموارد الشمسية في العراق، مع الأخذ في الاعتبار عوامل مثل البنية التحتية، الكثافة السكانية، والقرب من مراكز الاستهلاك.

خريطة (5) الطاقة الإنتاجية المتوقعة لمحطات الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها من وزارة الكهرباء



المصدر: اعتماداً على ملحق (1) ومعالجتها باستخدام برنامج *Arc Map 10.8*.

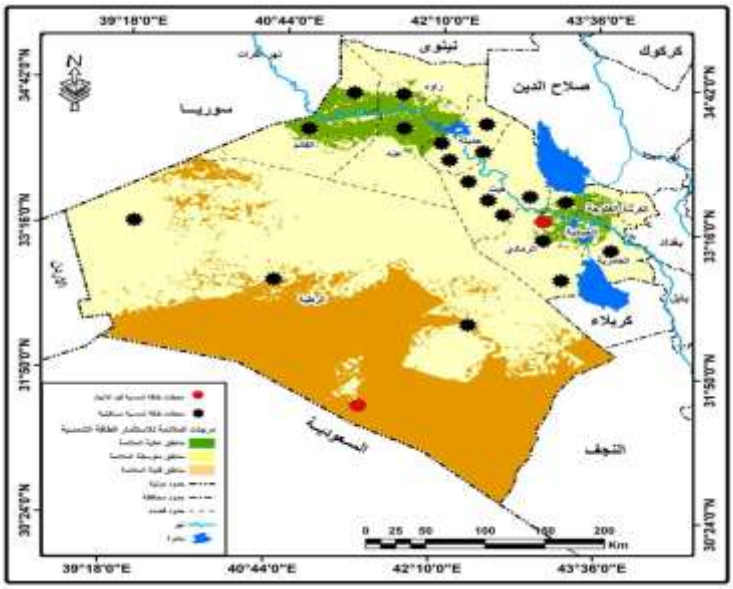
ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

خامساً: تحليل تطابق الموقع مقترح ضمن خطط وزارة الكهرباء مع نتائج البحث:

يمكن إجراء تحليل علمي لمدى تطابق مواقع محطات الطاقة الشمسية مع درجات الملاءمة للاستثمار الطاقة الشمسية في محافظة الانبار، أن هذا التطابق يعكس توجّهًا نسبيًا نحو استغلال الموارد الشمسية بكفاءة، مع وجود بعض التفاوتات فيما تعرضه دراستنا وما تخطط له وزارة الكهرباء.

فمن خريطة درجات الملاءمة (6) وجدول (3)، يتبين أن محطات (راوه وعنه والقائم وموقعي الفلوجة ضمنه قيد الانجاز) وقعت ضمن فئة الملائمة العالية وهي تشكل نسبة تطابق (29%) مع نتائج البحث، وهي المناطق المثلى من حيث شدة الإشعاع الشمسي وصفاء الجو وملاءمة الأرض، إلى انخفاض معدلات الرطوبة والغبار وغياب الغطاء النباتي الكثيف، مما يوفر بيئة مناخية وفنية مثالية لتركيب الألواح الشمسية.

خريطة (5) التطابق بين محطات الطاقة الشمسية المخطط تنفيذها ودرجات الملائمة للموقع الأمثل المحددة لهذه البحث



المصدر: اعتماداً على نموذج *AHP* **ومعالجتها باستخدام برنامج** *Arc Map 10.8*.

كما أن طبيعة الأراضي المنبسطة تسهّل عمليات البناء والتمديد الشبكي، بالمقابل تنتشر غالبية المحطات القائمة ضمن مناطق الملاءمة المتوسطة، بنسبة (62%) مما يشير إلى وجود اعتبارات لوجستية أخرى في اختيار المواقع، مثل القرب من مراكز الاستهلاك أو توفر البنية التحتية، كما توجد بعض المحطات في مناطق منخفضة أو غير ملائمة بنسبة (10%) ما قد يعكس قيودًا في التخطيط أو ضعفًا في تكامل

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

البيانات المناخية مع القرار الاستثماري، بشكل عام، يوضح التحليل أن هناك بداية لتوجه علمي نحو المناطق المثلى، لكنه لا يزال بحاجة إلى تعزيز وتوجيه أفضل نحو الاستغلال الأمثل للمناطق ذات الكفاءة القصوى لإنتاج الطاقة الشمسية.

وبشكل عام تساهم الكثافة السكانية المنخفضة في تقليل التأثيرات الاجتماعية والبيئية المحتملة، وهو ما جعل وزارة الكهرباء تخطط لمحطات طاقة شمسية قائمة وأخرى قيد الإنشاء في هذه المناطق، ما يدل على إدراك فعلي لإمكاناتها العالية، وتشكل هذه المواقع فرصة استراتيجية لتعزيز أمن الطاقة في العراق، خاصة وأنها بعيدة عن مراكز الضغط الكهربائي التقليدية، وقريبة من الحدود مع السعودية، مما قد يُتيح مستقبلاً فرصًا للتكامل الإقليمي في مشاريع الطاقة المتجددة.

أظهرت نتائج هذا المبحث وجود فجوة واضحة بين بعض مواقع التحليل الكفوءة والمواقع المحددة من قبل وزارة الكهرباء، وبالرغم من وجود بعض التقاطعات الإيجابية، إلا أن الاعتماد الأكبر على معايير غير مندمجة قد يؤدي إلى تقليل الكفاءة الإنتاجية للمشاريع المستقبلية، وعليه توصي البحث بأهمية التكامل بين التحليل العلمي والتخطيط المؤسسي لتحقيق الاستخدام الأمثل للطاقة الشمسية في محافظة الأنبار، وعليه نوصي في إعادة تقييم المواقع الحكومية بالاعتماد على نتائج التحليل المكاني لضمان اختيار المواقع ذات الكفاءة الأعلى، وإدراج المناطق ذات الأولوية المناخية مثل الرطبة والقائم ضمن المرحلة القادمة من الخطة الوطنية للطاقة الشمسية، فضلاً عن تعزيز التنسيق بين الجهات البحثية والمؤسسات الحكومية لاعتماد أدوات علمية (مثل *AHP* و*GIS*) في التخطيط.

جدول (3) تطابق مشاريع الطاقة الشمسية المخططة من زارة الكهرباء مع نتائج البحث

المشاريع المخطط لها حسب القضاء	العدد	الموقع ضمن فئة الملائمة المثلى	مطابقة الموقع الكفؤ مع البحث
راوه	1	مناطق عالية الملائمة	مطابق مع نتائج البحث
عنه	1	مناطق عالية الملائمة	مطابق مع نتائج البحث
القائم	2	مناطق عالية الملائمة	مطابق مع نتائج البحث
حديثة	4	مناطق متوسطة الملائمة	مطابق جزئياً
هيت	4	مناطق متوسطة الملائمة	مطابق جزئياً
الرمادي	2	مناطق متوسطة الملائمة	مطابق جزئياً

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

الفلوجة	1	مناطق عالية الملائمة	مطابق مع نتائج البحث
العامرية	1	مناطق متوسطة الملائمة	مطابق جزئياً
الرطبة	3	مناطق متوسطة الملائمة	مطابق جزئياً
		مناطق قليلة الملائمة	غير مطابق
محطات طاقة قيد الانجاز	2	موقع الفلوجة	مطابق مع نتائج البحث
		موقع الرطبة	غير مطابق
نسبة المطابقة (%)	21	مناطق عالية الملائمة	% 29
		مناطق متوسطة الملائمة	% 62
		مناطق قليلة الملائمة	% 9

المصدر: بالاعتماد على خريطة (5) وملحق جدول (1)

سادساً: اقتراح تطبيق تقنية تتبع نقطة القدرة القصوى (*MPPT*) لضبط الجهد والتيار بطريقة ذكية:

إن التوسع المتزايد في سعة توليد الطاقة الشمسية يبرز الحاجة إلى تعزيز أداء أنظمة الطاقة الكهروضوئية من خلال وضع استراتيجية موقعية فعّالة لدعم الطاقة التفاعلية المرتبطة بالشبكة الكهربائية. وقد أظهرت الدراسات التي تناولت سيناريوهات متعددة مثل تباين الإشعاع الشمسي، وانقطاع الأحمال، وحدوث أعطال كهربائية في مواقع مختلفة، أن هذه الأنظمة قادرة على البقاء متصلة بالشبكة أثناء حالات الاستقرار والحالات الانتقالية دون خرق لمتطلبات قانون الشبكة.(Jaalam et al., 2017)

وفي ظل توجه وزارة الكهرباء العراقية نحو تنويع مصادر الطاقة، ولا سيما الطاقة الشمسية واستثمارات نصب محطاتها المخطط لها في محافظة الأنبار، تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق الاستفادة القصوى من موارد الطاقة المتجددة. ومن أجل رفع كفاءة أنظمة الطاقة الشمسية في المحافظة، يُوصى بتبني تقنية تتبع نقطة القدرة القصوى. Maximum Power Point Tracking (MPPT).

تُعد تقنية MPPT من أبرز الحلول التقنية لرفع كفاءة الطاقة الشمسية وضمان تحقيق أعلى إنتاجية من الألواح الكهروضوئية؛ إذ تعمل على تتبع نقطة القدرة القصوى وضبط الجهد والتيار باستمرار وفقاً للتغيرات في الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وحالة التضليل الجزئي. وقد أوضحت البحوث أن اعتماد هذه التقنية يؤدي إلى تحسين الأداء بنسبة تتراوح بين (20–30)% مقارنة بالأنظمة التقليدية التي لا تستخدمها (Seyedmahmoudian et al., 2016؛ Xiao et al., 2023).

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

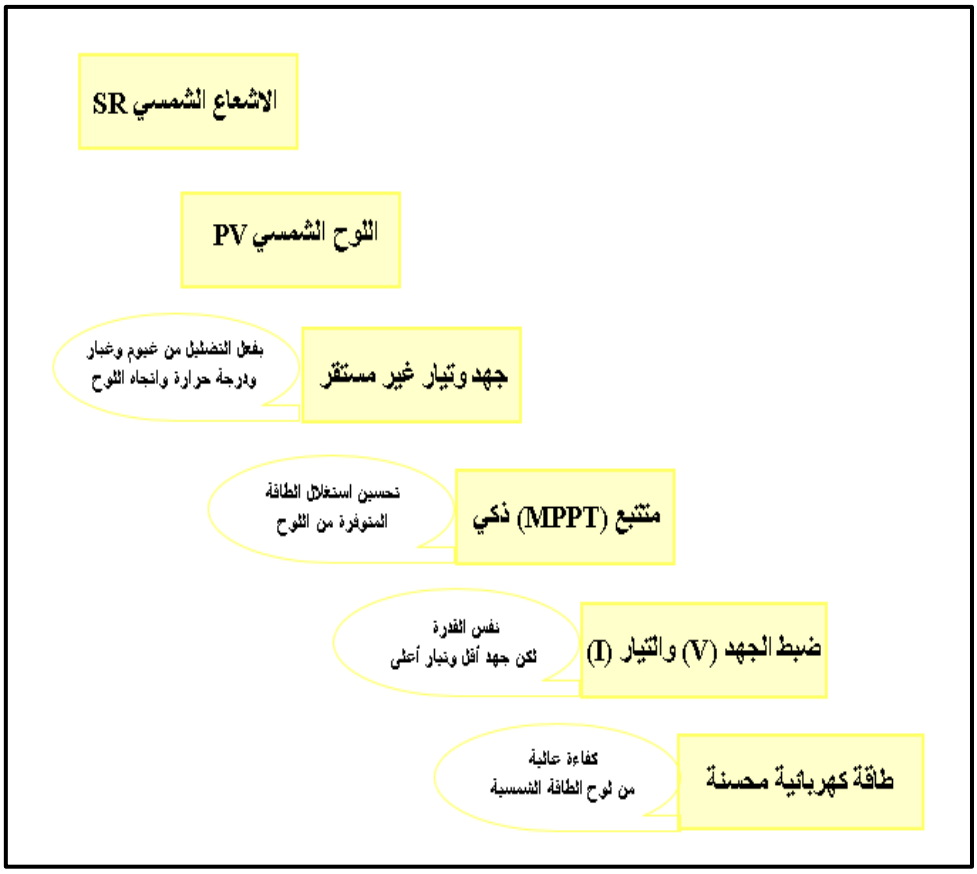
إن تفعيل تقنية MPPT يمثل دليلاً عمليًا على الجدوى الفنية لزيادة إنتاج الطاقة اليومية وتحسين أداء الألواح وتقليل الفاقد الناتج عن عدم التوافق بين جهد الألواح وجهد البطاريات. كما تحقق هذه التقنية جدوى اقتصادية واضحة من خلال تقليل فترات استرداد التكاليف لمشاريع الطاقة الشمسية، والحد من الحاجة إلى التوسع المكلف في شبكات التوزيع التقليدية، إضافة إلى دعم برامج التنمية الاقتصادية المحلية (Xiao et al., 2023).

ولكل لوح شمسي نقطة تشغيل مثالية وكفاءة مكانية تختلف تبعًا لعوامل جغرافية مثل: شدة الإشعاع الشمسي، ودرجة حرارة اللوح، والتظليل الجزئي الناتج عن الغيوم أو الغبار، بالإضافة إلى تأثير العمر الافتراضي لمكونات النظام. وقد أثبتت الدراسات أن العوامل البيئية مثل الغبار والرطوبة وسرعة الرياح تؤثر بشكل مباشر في كفاءة الخلايا الكهروضوئية .(Mekhilef et al., 2012) ونظرًا لهذا التغير المستمر في ظروف التشغيل، جاء استخدام تقنية MPPT لضبط الجهد والتيار بطريقة ذكية، مما يضمن استخراج أعلى قدرة كهربائية ممكنة من اللوح الشمسي في كل لحظة تشغيلية.(Seyedmahmoudian et al., 2016)

وبهذا فهي تتيح تحقيق أعلى استفادة ممكنة من الألواح الكهروضوئية عبر ضبط الجهد والتيار تلقائيًا بما يتناسب مع الظروف البيئية المتغيرة. إن اعتماد هذه التقنية سيسهم بشكل مباشر في زيادة إنتاجية الطاقة، وتقليل الفاقد، وتحسين موثوقية الإمداد الكهربائي، بما يدعم أهداف التنمية المستدامة ويعزز استقرار الشبكة الكهربائية في محافظة الأنبار، *شكل (2)*.

شكل (2) مراحل تحسين كفاءة الطاقة الشمسية باستخدام تقنية نقطة القدرة القصوى (MPPT***)***

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356



Source: Ali varani Mohapatra, et al., A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition, Renewable and Sustainable Energy Reviews, NO. 80, 2017, P. 854.

في هذا السياق، من الضروري التركيز على بحث الجدوى الفنية والاقتصادية لدعم المقترح العملي حيز التنفيذ لمشاريع الطاقة الشمسية لوزارة الكهرباء في محافظة الأنبار، وذلك من خلال المقارنة بين خوارزميات تتبع نقطة القدرة القصوى (MPPT) والتقنية التقليدية (PWM)، كما هو موضح في الجدول (4).

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

جدول (4) مقارنة بين نقطة القدرة القصوى (MPPT) والتقنية التقليدية (PWM).

العنصر	*تقنية (PWM)*	*تقنية (MPPT)*
طريقة العمل	*يخفض الجهد الزائد من الألواح الى جهد البطارية*	*تتبع نقطة القدرة القصوى للألواح الشمسية*
الكفاءة	*أقل كفاءة حوالي (70 – 80-)%*	*أعلى كفاءة تصل إلى (98)%*
الأداء في الطقس الغائم أو البارد	*ضعيف: يفقد الكثير من الطاقة في الظروف غير المثالية*	*ممتاز: يستفيد من أي قدرة من الاشعاع*
السعر	*أقل تكلفه*	*أعلى تكلفه*
فترة استرداد التكلفة	*5 سنوات*	*3.5 – 4 سنوات*
الحجم والتعقيد	*مشاريع طاقة شمسية بسيطة وأصغر حجماً*	*مشاريع أعلى حجم وتعقيد*
الاستخدام الأمثل	*للأنظمة الصغيرة أو ذات الميزانية المحدودة*	*للأنظمة الكبيرة او في الأماكن ذات تغير الاشعاع*
استغلال الطاقة	*لا يستغل الطاقة بشكل كامل متوسط الإنتاج 20 ك. و. س*	*يستخرج أكبر طاقة ممكنة من اللوح الشمسي متوسط الإنتاج 25 – 27 ك. و. س*
عمر البطارية	*قدر يؤدي الى شحن غير مثالي للبطارية*	*يحسن من شحن البطارية بكفاءة أكبر*

Source: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, Photovoltaics Report, 2020, Page 12. Available at: https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحليل المكاني باستخدام (GIS–AHP) أن نسبة (29%) فقط من المواقع التي اعتمدتها وزارة الكهرباء تقع ضمن فئة الملاءمة العالية، في حين يتركز (62%) من المشاريع في مناطق متوسطة الملاءمة، و(9%) في مناطق منخفضة الكفاءة، مما يعكس فجوة واضحة بين التحليل العلمي والاختيار المؤسسي.
2. تتوافر في محافظة الأنبار خصائص طبيعية ومناخية (إشعاع شمسي مرتفع، مساحات واسعة، كثافة سكانية منخفضة) تجعلها بيئة مثالية لمشاريع الطاقة الشمسية، إلا أن الاستغلال الحكومي لهذه المزايا ما زال جزئياً وغير ممنهج علمياً.
3. وجود تباين مكاني بين عدد المواقع ومساحاتها وقدراتها الإنتاجية، حيث تركز الوزارة في بعض المناطق على مشاريع صغيرة متعددة، بينما تخصص مناطق أخرى لمشاريع واسعة النطاق، وهو ما قد يؤثر على التوازن الجغرافي والكفاءة الاقتصادية.
4. أظهر التطابق بين نتائج البحث وخطط الوزارة أن بعض المشاريع (مثل راوة، عنه، القائم، والفلوجة) تقع ضمن أفضل المناطق، ما يشير إلى توجه صحيح جزئي، لكنه غير كافٍ لتحقيق الاستفادة القصوى من الإمكانات الشمسية للمحافظة.
5. غياب المواءمة الكاملة بين الدراسات الأكاديمية وخطط الوزارة قد يؤدي إلى انخفاض كفاءة الإنتاج وارتفاع الفاقد في الشبكة الوطنية، مما يحد من تحقيق أهداف التنمية المستدامة وأمن الطاقة.

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

أولاً: المراجع العربية

1. خليل، وسام، (2021) تقارير إعلامية عن منظومات شمسية جامعية – جامعة الأنبار .
2. المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة(RCREEE) بدون تاريخ (معايير الملاءمة العالمية لاختيار مواقع الطاقة الشمسية،القاهرة: المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة.
3. وزارة الكهرباء العراقية، مديرية الطاقات المتجددة (2024) بيانات المواقع المقترحة لمشاريع الطاقة الشمسية في محافظة الأنبار، بغداد: وزارة الكهرباء.
4. الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي (2024) البيانات المناخية السنوية، بغداد: وزارة النقل.
5. مقابلة شخصية مع مهندسين من وزارة الكهرباء العراقية، (26 أيار/مايو 2025) الأنبار، العراق.

ثانياً: المراجع الأجنبية

7. AIP Journal. (2016). Solar energy status in Iraq: Abundant or not—Steps forward. *AIP Conference Proceedings, 1758*(1), 1–8. https://doi.org/10.1063/1.4959434
8. Basheer, M. J. (2017). Solar energy applications in Iraq: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 72*, 319–328. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.041
9. Al-Kayiem, H. H., & Mohammad, T. A. (2019). Potential of renewable energy resources with an emphasis on solar power in Iraq. *International Journal of Energy Economics and Policy, 9*(3), 1–12.
10. Al-Hamadani, S. (2020). Solar energy as a potential contributor in Iraq. *Energy Reports, 6*, 76–85. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.036
11. Jaleel Mahdi, E., et al. (2023). The importance of using concentrator solar energy technologies in Anbar Province. *International Journal of Renewable Energy Research, 13*(2), 422–431.
12. Hassan, Q. (2024). GIS-based multi-criteria analysis for solar, wind, and biomass energy potential in Iraq. *Energy Strategy Reviews, 46*, 101234. https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101234
13. Hassan, Q. (2024). Evaluating energy, economic, and environmental aspects of solar-wind-biomass systems. *Renewable Energy, 215*, 120–133.
14. Nawar, A. K., et al. (2024). An analytical study on the potential of installing photovoltaic systems in Iraq. *Renewable Energy, 210*, 998–1010. https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.04.017
15. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. (2020). *Photovoltaics report*. Freiburg: Fraunhofer ISE. Retrieved from https://www.ise.fraunhofer.de
16. Mohapatra, A. V., Varani, A., & others. (2017). A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 80*, 854–872. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.083
17. NASA POWER. (2024). *Climatology and solar irradiance data sets*. NASA Langley Research Center. Retrieved from https://power.larc.nasa.gov

ISSN: 2392- 5418 e-ISSN: 2520- 7423 DOI:10.59799/SQZH5356

18. USGS. (2023). *Digital Elevation Model (DEM)*. United States Geological Survey. Retrieved from https://earthexplorer.usgs.gov
19. Landsat & Sentinel. (2024). *Earth observation datasets for land use/land cover*. European Space Agency & USGS.
20. Google Earth Pro. (2025). *Satellite imagery and spatial referencing for Al-Anbar Governorate*. Google Inc.

ملحق (1) مواقع مشاريع الطاقة الشمسية المعدة للتنفيذ من قبل وزارة الكهرباء

ت	اسم الموقع	مساحة الموقع / دونم	الطاقة الإنتاجية / ميكا واط	الاحداثيات (X , Y)
1	رمادي 1	1000	100	353363_3714217
				352226_3714217
				352226_3712018
				353363_3712018
2	رمادي 2	2000	250	321626_3680551
				320466_3677425
				319060_3677948
				320220_3681073
3	عامرية الصمود	2500	300	396868_3663855
				399294_3663251
				400002_3665649
				397581_3666259
4	هيت	1000	100	289383_3725793
				288385_3726039
				288038_3724334
				290205_3724296
5	الكيلو 35	1016	100	313133_3701354
				312190_3701685
				312648_3704058
				313692_3703790
6	سد حديثة	800	100	257584_3784422
				257438_3784315
				257438_3784296
				255835_3785448
				257584_3785202
7	عنه	1600	200	769460_3806056
				770324_3804942
				769801_3804502
				770134_3804257
				768854_3802876
8	راوه	500	60	763430_3823280
				763430_3824158
				761748_3824400
				761750_3823791
9	الرحالية	240	30	331363_3633726
				330076_3633726
				330069_3633260
				331356_3633260
10	البوبالي	325	30	365711_3706769
				366523.5_3706769
				366523.5_3707769
				365711_3707769
11	الوس	304	30	3765300_0259902
				3764819_0260656
12	الرطبة	400	50	616466_3658235
				616948_3658205
				616835_3657430
				616764_3656065
				616261_3656096
13	البغدادي	280	30	268739_3753228
				267913_3752919
				258385_3752230
				269184_3752539
14	المحمدي	240	30	300623_3713197
				300762_3712716
				299562_3712368
15	النخيب (الكسرة، الهباوية)	240	6	238776_3554777
				3553527_238776
				3553527_238776
				3554777_236776
16	عرعر	80	10	قيد الانجاز
17	الوليد	100	10	3700198_0496500
				3699711_0496892
				3699460_0496580
				3699948_0496188
18	القائم	600	75	703646_3799996
				704452_3800944
				704805_3800472
				705648_3800123
				705317_3799294
				704538_3799704
19	الرمانة	660	80	3811051_696550
				3810850_697630
				3809713_697055
				3809275_697085
				3809340_696260
20	برونة	400	50	3486_42278
				34754_422722
				34718_422643
				34730_422630
21	حديثة	400	7.5	3761319_265232
				3759932_264699
				3759691_265322

المصدر: وزارة الكهرباء، مديرية الطاقة المتجددة في محافظة الانبار، 2025