



تقدير الإشعاع الشمسي المباشر بمنخفض الجغبوب شمال شرق ليبيا ودوره في استدامة موارد الطاقة

أ.سعد رجب حمدو لشهب

عائشة رجب منصور ادويب

محاضر بقسم الموارد والبيئة، كلية العلوم البيئية المرج،

المعهد العالي للعلوم والتقنية إجدابيا

جامعة بنغازي.

الملخص:

ناقشت هذه الورقة تقدير الاشعاع الشمسي الكلي بمنخفض الجغبوب شمال شرق ليبيا، واعتمدت الدراسة على تقدير معدلات الإشعاع الشمسي للأعوام (2023، 2024، 2025، 2026، 2027)، حيث هدفت الدراسة إلى تحديد المواضع التي تحقق الاستفادة في استخدام الطاقة الشمسية، باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، واختيار وتحديد مواضع إقامة المحطات وفقاً لمعايير ثابتة عن طريق بناء نماذج الملائمة المكانية للوصول إلى موازنة يتم من خلالها تحديد هذه المواضع، وتم الاعتماد على عدة مناهج وأساليب للدراسة منها المنهج الإقليمي، ومنهج التحليل المكاني، والأسلوب الكمي التحليلي، والأسلوب الإحصائي، بالإضافة إلى أسلوب المعايير المتعددة، ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها، أن متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2023 تراوحت (301899-358399) كيلو واط ساعة/م²، كما قُدر متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2024 بقيمة تراوحت (208724 - 249945) كيلو واط ساعة/م²، كما قُدر متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2025 بقيمة تراوحت (428511-507067) كيلو واط ساعة/م²، وبناءً عليه تم اقتراح عدة مواضع ملائمة لإقامة مستجمعات للطاقة الشمسية.

الكلمات المفتاحية:

مستجمعات، الطاقة، الاشعاع، الملاءمة، المعايير.



Abstract;

This paper discussed estimating solar radiation in the Jaghbub depression in northeastern Libya, and the study relied on estimating solar radiation rates for the years (2023, 2024, 2025, 2026, 2027). The study aimed to identify locations that benefit from the use of solar energy, using information systems techniques. Geography, selecting and determining the locations of stations according to fixed standards by building spatial suitability models to reach a budget through which these locations are determined. Several approaches and methods were relied upon for the study, including the regional approach, the spatial analysis approach, the quantitative analytical method, and the statistical method, in addition to The multiple criteria method, and one of the most important results reached is that the estimated average amount of solar radiation for the summer months of 2023 ranged from (301899-358399) kWh/m², and the estimated average amount of solar radiation for the summer months of 2024 was estimated at a value that ranged from (208724) - 249,945) kilowatt-hours/m². The estimated average amount of solar radiation for the summer months of 2025 was estimated at a value ranging from (428,511 - 507,067) kilowatt-hours/m², and accordingly, several suitable locations were proposed for establishing solar energy catchments.

Keywords:

Catchments, energy, radiation, suitability, standards



المقدمة:

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة بل ليبيا، وتسعى الدولة جاهدة لتطوير مجال استخدامها على الرغم من أن الاهتمام باستغلالها يعتبر حديثاً، وبحكم الموقع الجغرافي أو الفلكي بين دائرتي عرض 18. 45 و 32. 57 فإن الأشعة الشمسية تصل إلى 8 كيلو وات /الساعة للمتر المربع الواحد، وساعات السطوع 3200- 4000 ساعة في السنة، وتبلغ كمية الطاقة الشمسية الساقطة على مساحة ليبيا خلال سنة واحدة 103×350 (3.5 مليارات) كيلووات /ساعة وهو ما يفوق 100000 مرة للاحتياج الكلي للكهرباء المتوقعة في ليبيا لعام 2040 (قلية، 2019، 9).

ونظراً لاتساع المنطقة ووقوعها ضمن الصحراء الليبية حيث تمتلك إمكانات سطوع كبيرة تشجعها على استخدام هذا المصدر، كذلك اتساع النطاق الصحراوي حيث يمثل حوالي 80 % من مساحة ليبيا، والذي يسمح باستغلاله لإقامة محطات لتوليد الطاقة الشمسية، ونقل إنتاجها من الكهرباء إلى المدن، إذ يبلغ الإشعاع الشمسي قرابة 2800 كيلو وات/ ساعة للمتر المربع في السنة بالصحراء الليبية فليبيا قادرة عن إنتاج 7% من الإنتاج العالمي للطاقة الشمسية (ندار، 2021، 7).

ومن خلال هذه الدراسة تبين أن الظروف الطبيعية والبشرية في منطقة الدراسة تساعد إلى حد كبير في

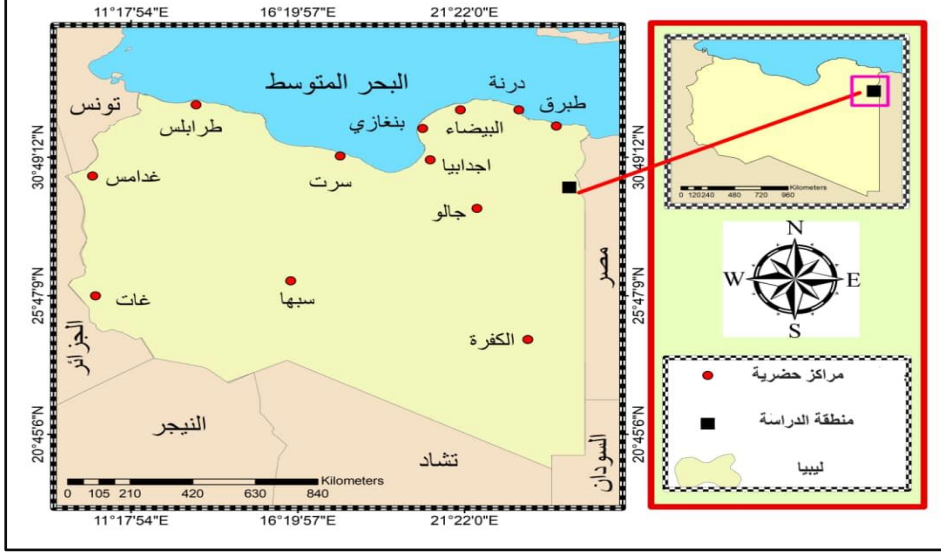
استغلال الطاقات المتجددة المتاحة في إقامة العديدة من المشاريع التنموية المستدامة حيث أن منطقة الدراسة تطول فيها فترة السطوع بحيث تتجاوز 10 ساعات في متوسطها العام مما يرفع من إمكانية إنتاج معدلات عالية من الطاقة، ويُعد استخدام الطاقات المتجددة من أبرز الاتجاهات في التنمية المستدامة (الزردومي، 2022، 2).

منطقة الدراسة:

يقع منخفض الجغبوب في أقصى شمال شرق صحراء ليبيا على الحدود الليبية المصرية جنوب شرق مدينة طبرق بمسافة 260 كم، يحده من الشرق منخفض سيوة داخل الأراضي المصرية، وغرباً واحات جالو وأوجلة واجخره، وشمالاً هضبة الدفة الجيرية، وجنوباً بحر الرمال العظيم، وتبلغ مساحته 1234.359 كم²، أما فلكياً فيقع بين دائرتي عرض 29.44.43 و 29.46.32 شمالاً، وخطي طول 24.31.44 و 24.29.08 شرقاً، الشكل (1).

— الحدود الزمانية: اعتمدت الدراسة على تقدير بيانات الإشعاع الشمسي المباشر الفصلية للسنوات (2024، 2023، 2025، 2026، 2027).

شكل (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arc Gis10.5

— تقدير الإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة بناءً على تحليل النماذج الرقمية، والوصول إلى نتائج قد يتم الاعتماد عليها في دراسات مستقبلية.

.مناهج الدراسة وأساليبها:

.المنهج الإقليمي:

في دراسة إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية في الإقليم الصحراوي الواقع في الجنوب الليبي، والذي قد تعمم نتائجه على نظيره من الأقاليم في المنطقة العربية.

منهج التحليل المكاني:

تم الاعتماد على هذا المنهج في إبراز الاختلافات المكانية

وتحليلها بمنطقة الدراسة.

الأسلوب الكمي التحليلي:

للتعامل مع البيانات المتعلقة بالعناصر المناخية، وتحليلها

وتمثيلها في جداول وأشكال بيانية.

.موضوع الدراسة:

يعد المحافظة على البيئة واستدامة مواردها من الأمور المهمة التي باتت تشغل العالم في العصر الحديث، حيث تسهم الطاقة غير المتجددة في تلوث البيئة بشكل كبير، مما نجم عنه العديد من المشكلات البيئية التي أصبحت تؤرق البشرية جمعاء، حيث ظهرت عدة توجهات عالمية نحو استخدام موارد الطاقة النظيفة كطاقة الشمس والرياح والطاقة الكهرومائية وطاقة الكتلة الحيوية، باعتبارها طاقات متجددة غير ناضبة، بالإضافة إلى كونها طاقات نظيفة غير ملوثة للبيئة.

.أهداف الدراسة:

— توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية في مجال الطاقات المتجددة.



تحديد المعايير وأوزانها:

تعد عملية تحديد المعايير وأوزانها من الخطوات المهمة في إعداد النموذج النهائي للملائمة المكانية، وهو بشكل عام يعتمد على نوع البيانات المكانية التي يتم الاعتماد عليها في معرفة المواضع المناسبة لإنشاء هذه المحطات.

تحليل المسافات:

وهو تحليل مرتبط بعملية المطابقة لأوزان المعايير حيث يتم حساب البعد عن كل معيار من المعايير المستخدمة في عملية الملائمة، كشبكة الطرق واستخدامات الأرض بحيث تقاس مسافة البعد بالكيلو متر، باستخدام أداة Distance ثم أداة Distance Path.

إعادة تصنيف المعايير:

حيث صنف المعايير إلى رتب تبين مدى صلاحية البعد والقرب عن كل معيار بالنسبة لمحطات الطاقة الشمسية، ويتم إعادة تصنيف المعايير من صندوق أدوات Tool Box Arc ثم Spatial Analyst Tools، ثم اختيار أداة Reclass ومنها إلى Reclassify، بعد ذلك يتم تصنيف المعايير بترتيب رقمية من 7.1.

أسلوب المعايير المتعددة:

الذي يهدف إلى التوصل إلى نموذج نهائي يُمكن الحكم من خلاله على مدى الملاءمة المكانية، لإنشاء مستجمعات طاقة شمسية، جدول (1)، تم حساب المناسيب والانحدار على نموذج الارتفاع الرقمي DEM نوع Srtm بدقة مكانية 30×30 متر، وتم استخدام النموذج بعد عملية الأسقاط والإرجاع الجغرافي 1984 UTM Project coordinate systems واقتصاص منطقة الدراسة، وإجراء عملية تحليل السطوح بتحليل فئات الانحدار للسطح من خلال صندوق أدوات التحليل والانتقال Spatial Analyst Tools ثم اختيار Surface ثم Slope وتحديد فئات الانحدار بعد ذلك، لتطبيق معيار ميل سطح الأرض بالدرجات، وتحويل الجزء المقتص من نموذج الارتفاع الرقمي من Victor إلى Raster ثم رسم مناطق استخدامات الأرض من المرئية الفضائية.

جدول (1) معايير انسب مواضع تجميع الطاقة الشمسية

نوع المعيار	المعيار	الفئات	الملائمة
تقني	الاشعاع الشمسي (كيلو وات/متر مربع/يوم	اكبر من 8	عالية
		8.6	متوسطة
		6.4.5	قليلة
		أقل من 4.5	غير ملائمة
اقتصاد بيئي	ميل سطح الأرض (درجة)	3.0	عالية
		5.3	متوسطة
		10.5	قليلة
		اكبر من 10	غير ملائمة
اقتصاد بيئي	البعد عن شبكة الطرق (كم)	اكبر من 5	ملائم
		اصغر من 5	غير ملائم
	البعد عن المدن (كم)	اكبر من 5	ملائم
		اصغر من 5	غير ملائم
قيود	حدود التجمعات العمرانية	اكبر من 3	ملائم
		اقل من 3	غير ملائم
	الاراضي الزراعية	-	غير ملائم
		-	غير ملائم
قيود	السبخات	-	غير ملائم
		-	غير ملائم

المصدر: جمعة محمد داود وآخرون، تحديد أفضل المواقع لتجميع الطاقة الشمسية في منطقة مكة المكرمة الادارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير، الملتقى الوطني الحادي عشر لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة الأمام عبدالرحمن بن فيصل، 13، ابريل، 2017

الدراسات السابقة:

– دراسة إبراهيم، (2016)، بعنوان "تقدير مركبة الإشعاع الشمسي المنتشر لعدد من المناطق الليبية"، هدفت الى تقدير مركبة الإشعاع الشمسي المنتشر لعدد 16 موقعا موزعة جغرافيا على شمال ووسط وجنوب البلاد وهي طرابلس، سرت، بنينا، إجدابيا، شحات، طبرق، غدامس، القريات، هون، جالو، الجغبوب، غات، سهيا، تازربو، الكفرة، وقد اعتمدت على بيانات تم الحصول عليها من

المركز الوطني للأرصاد الجوية في ليبيا، والتي تغطي مدة ثلاثون سنة (1976—2005)، وتشمل الرطوبة النسبية وساعات السطوع للشمس، وعليه اعتمد لتقدير هذا الاشعاع في بقية المواقع الليبية المذكورة، وقد تبين أن 22.0976 kw.h/m^2 متوسط الاشعاع الشمسي المنتشر على سطح أفقي في ليبيا هو أما الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي لنفس المواقع فقد تم حسابه باستخدام نموذج دقنيايوكس وليمون الذي يعتمد على



قيمته (9.8) في مدينة مرزق، في حين أن أدنى متوسط بلغ (2.3) في مدينة سبها، تركز أعلى متوسط لقيم الإشعاع الشمسي المقدر حيث بلغ (9.4) لعام 2023، في مدينة هون في حين أن أدنى متوسط لنفس العام بلغ (3.5) في مدينة مرزق. واختيار أنسب المواضع لمحطات الطاقة الشمسية بمناطق (جالو، هون، سبها، مرزق)، واعتمدت الدراسة على تقدير معدلات الإشعاع الشمسي للأعوام (2021، 2022، 2023)، حيث هدفت الدراسة إلى تحديد المناطق التي تحقق الاستفادة في استخدام الطاقة الشمسية، واختيار وتحديد مواضع إقامة المحطات وفقاً لمعايير ثابتة عن طريق بناء نماذج الملائمة المكانية للوصول إلى موازنة يتم من خلالها تحديد هذه المواضع، وتم الاعتماد على عدة مناهج وأساليب للدراسة منها المنهج الإقليمي، ومنهج التحليل المكاني، والأسلوب الكمي التحليلي، والأسلوب الإحصائي، بالإضافة إلى أسلوب المعايير المتعددة، ومن أهم النتائج التي تم التوصل إليها، أن أعلى قيمة للإشعاع الشمسي المقدر للشهور تركزت في مدينة مرزق حيث بلغت (6.6) كيلو واط ساعة/م².

النتائج والمناقشة:

تقدير الإشعاع الشمسي المباشر للفترة (2023.2027). تم تقدير كمية الإشعاع الشمسي بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، عن طريق تحديد ارتفاع المنطقة أو انخفاضها عن مستوى سطح البحر، وتحديد السنوات المراد تقديرها، جدول (2).

ساعات السطوع. كما تم تحويل الكميات المقاسة لكل من الإشعاع الشمسي الكلي والمنتشر الساقطة على سطح أفقي إلى بيانات على سطح مائل وذلك باستخدام نموذج لغرض الحصول على زوايا الميلان المثلى الشهرية و السنوية لهذه المناطق من المفيد جداً، وقد وجد أن زوايا الميلان المثلى السنوية (1 — 61)° ووجد أن زوايا الميلان المثلى للمواقع المختارة تتراوح مدن سبها وغات والكفرة وتازربو إلى 26°، وهذه النتائج تعتبر جوهرية لأية منظومة تجمع طاقة شمسية يجمع تركيبها في أي من المواقع المذكورة أو المناطق القريبة (إبراهيم، 2016).

— دراسة مرعي، (2018)، بعنوان: "الملائمة المكانية لاختيار محطة طاقة شمسية لقرية صيدا" وضعت الدراسة طريقة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) متعددة المعايير في دراسة امكانية توافر عدد من المعايير الطبيعية والاقتصادية والبيئية في بقعة مكانية محددة، بالإضافة لتحديد أفضل موقع لاختيار محطة طاقة شمسية بناء على عدة معايير تؤخذ بعين الاعتبار كميل السطح، والإشعاع الشمسي، واستخدامات الأرض والشبكة الكهربائية. وتم حساب عدد الألواح الشمسية اللازمة لتوفير حاجة القرية من الكهرباء حيث بلغت 150 لوح شمسي يحتوي كل لوح على 2 خلية شمسية.

— دراسة الزردومي، وآخرون، (2022)، ناقشت هذه الورقة تقدير الإشعاع الشمسي خلال العام 2022، تركزت أعلى متوسط لقيم الإشعاع الشمسي المقدر لعام 2021 ما



جدول (2) القيم الاعلى الادنى للاشعاع الشمسي المباشر المقدر لسنوات الدراسة

السنوات	قيمة الإشعاع الشمسي المقدر/ كيلواط ساعة/م ²	قيمة الإشعاع الشمسي المقدر/ كيلواط ساعة/م ²
2023	اعلى قيمة	504240
	أدنى قيمة	425624
2024	اعلى قيمة	505226
	أدنى قيمة	426502
2025	اعلى قيمة	501967
	أدنى قيمة	424323
2026	اعلى قيمة	466196
	أدنى قيمة	393566
2027	اعلى قيمة	467050
	أدنى قيمة	394719

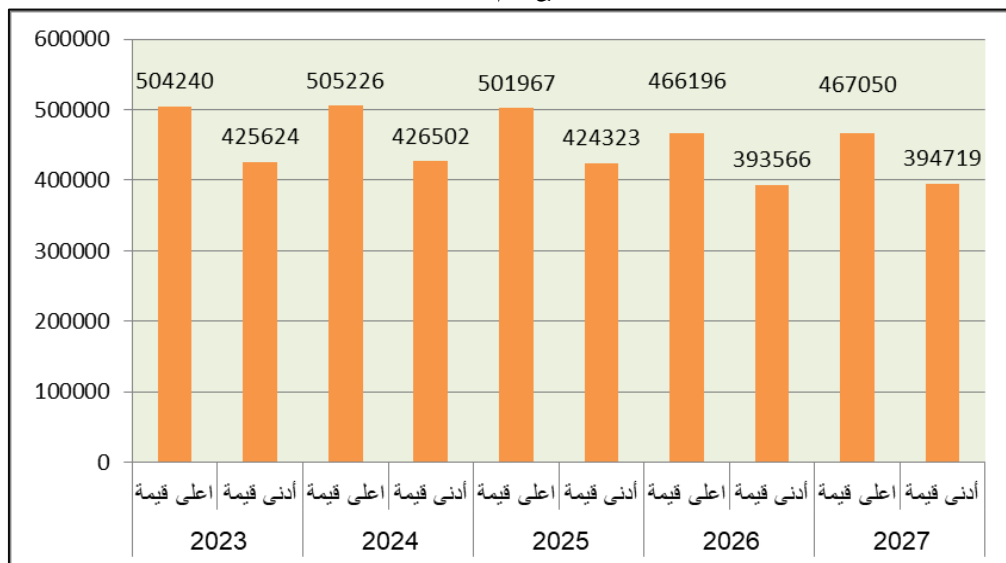
المصدر: من حساب الباحث اعتمادا على Solar Radiation باستخدام برنامج Arc Gis 10.5

قيمة الإشعاع الشمسي المقدر كل 14 يوم على مدار 2 ساعة للفترة (1. يونيو.2025) حتى (28. اغسطس. 2025)، إن أعلى قيمة مقدرة بلغت (501967) (كيلو وات/متر مربع/يوم، وأدنى قيمة بلغت (424323) كيلو وات ساعة/متر مربع، أما قيمة الإشعاع الشمسي الكلي المقدر للفترة الممتدة (7. يونيو.2026) حتى (27. اغسطس. 2026) بلغت (466196) كيلو وات ساعة/متر مربع، كقيمة عليا، لكل 10 أيام بفواصل زمني قدره 2 ساعة، وأدنى قيمة بلغت (393566) (كيلو وات/متر مربع/يوم، كما أن أعلى قيمة مقدرة للفترة (6. يونيو.2027) حتى (16. اغسطس. 2027) بلغت (467050) (كيلو وات/متر مربع/يوم وأدنى قيمة مقدرة للإشعاع الشمسي بلغت (394719) (كيلو وات/متر مربع/يوم، شكل (2).

من خلال الجدول (2) المتعلق بتقدير كمية الاشعاع الشمسي للفترة الممتدة (1— يونيو— 2023) حتى (31. اغسطس — 2023) لمحطة الجغبوب، باستخدام تحليلات الاشعاع الشمسي كل 14 يوم لكل فترة قياس تقديرية بفواصل زمني قدره 2 ساعة، تبين أن قيمة الاشعاع الشمسي الكلي المقدر الساقط بلغ (504240) (كيلو وات/متر مربع/يوم، كأعلى قيمة مقدرة و(425624) (كيلو وات/متر مربع/يوم، كأدنى قيمة مقدرة، في حين بلغت قيمة الاشعاع الشمسي المباشر المقدر الساقط للفترة الممتدة (2. يونيو.2024) حتى (29. اغسطس. 2024)، بفترة قياس تقديرية 14 يوم بفواصل زمني قدره 2 ساعة تبين أن قيمة الاشعاع الشمسي الكلي المقدر الساقط بلغ (505226) (كيلو وات/متر مربع/يوم، كأعلى قيمة مقدرة و(426502) كيلو وات ساعة/متر مربع، كأدنى قيمة مقدرة، وبينت

شكل (2) أعلى قيمة وأدنى قيمة مقدرة للإشعاع الشمسي

كيلووات/متر مربع/يوم للفترة (2023.2027)



المصدر: جدول (2)

معياري قدره (2437.86) في عام 2024، أما أدنى قيمة مقدرة للإشعاع الشمسي بلغت (466195.84) (كيلو وات/متر مربع/يوم، بمتوسط حسابي بلغ (460077.00)، وانحراف معياري قدره (2233.16) حسب تقدير عام 2026، جدول (3).

— التحليل الاحصائي لقيم الاشعاع الشمسي المباشر المقدرة لشهور الصيف بمنخفض الجغوب للفترة (2023.2027):

يُلاحظ من بيانات الجدول (3) أن أعلى قيمة للإشعاع الشمسي المقدّر بلغت (505225.56) (كيلو وات/متر مربع/يوم بمتوسط حسابي بلغ (498558.14) وانحراف



جدول (3) التحليل الاحصائي لقيم الاشعاع الشمسي المباشر المقدرة لشهور الصيف بمنخفض الجغوب للفترة (2023.2027)

السنة	التحليل الاحصائي لقيم الاشعاع الشمسي المقدرة				
2023	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط*	الانحراف المعياري*	معامل الاختلاف*
	425623.96	504239.53	497555.02	2448.50	%0.49
2024	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف
	426501.90	505225.56	498558.14	2437.86	%0.48
2025	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف
	424323.25	501967.18	495419.33	2384.40	%0.48
2026	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف
	393565.75	466195.84	460077.00	2233.16	%4.85
2027	أقل قيمة	أعلى قيمة	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل الاختلاف
	394718.87	467050.34	460946.21	2224.20	%0.48

المصدر: من حساب الباحث اعتمادا على Solar Radiation باستخدام برنامج Arc Gis10.5

المتوسطات الشهرية للإشعاع الطبيعي المباشر* والطاقة الكهروضوئية**

في شهر فبراير، وبلغ متوسط الطاقة الكهروضوئية المحددة أعلاه في شهر يوليو حيث بلغ 176.3 كيلو وات/متر مربع/يوم، وأدنى متوسط في شهر ديسمبر حيث بلغ 96.3 كيلو وات/متر مربع/يوم.

من الجدول (4) المتعلق بتحليل المتوسطات الشهرية للإشعاع الشمسي بلغ أعلى متوسط للإشعاع الشمسي الطبيعي المباشر 237.2 كيلو وات/متر مربع/يوم في شهر يوليو، وأدنى متوسط بلغ 139.9 كيلو وات/متر مربع/يوم

* الإشعاع الطبيعي المباشر: هو الانبعاث التلقائي للطاقة على شكل اشعة من الانوية غير المستقرة في الطبيعة (عددها الذري أكبر من 20) في حين يشكل الإشعاع الصناعي الطاقة التي تنبعث من النظائر و الانوية التي يتم قذفها بجسيمات دون الذرية.

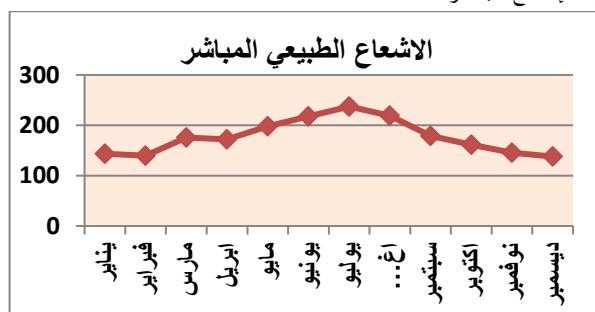
** الطاقة الكهروضوئية المحددة: هي تكنولوجيا تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء، وتتم باستخدام الألواح الشمسية (PV) المكونة من الخلايا الكهروضوئية، وتولد هذه الخلايا تيار كهربائي مباشر (DC).

جدول (4) المتوسطات الشهرية للإشعاع الطبيعي المباشر والطاقة الكهروضوئية

المتوسطات الشهرية			الشهور
اشعاع طبيعي مباشر	اجمالي الطاقة الكهروضوئية	الطاقة الكهروضوئية المحددة	
kWh/m ²	kWh	kWh/kWp	
143.5	103486.6	103.5	يناير
139.9	110959.7	111	فبراير
175.8	145585	145.6	مارس
172.2	154286.8	154.3	ابريل
197.8	166840	166.8	مايو
217.4	169797.5	169.8	يونيو
237.2	176257	176.3	يوليو
219.3	168500.6	168.5	اغسطس
179.1	145735.2	145.7	سبتمبر
161.5	128589.9	128.6	اكتوبر
145.6	105328.7	105.3	نوفمبر
138	96322.2	96.3	ديسمبر
2127.3	1671688.9	1671.7	متوسط سنوي

المصدر: [/https://globalsolaratlas.info](https://globalsolaratlas.info)

شكل (3) متوسطات الشهرية للإشعاع المباشر



المصدر: جدول (4).

الملاءمة المكانية:

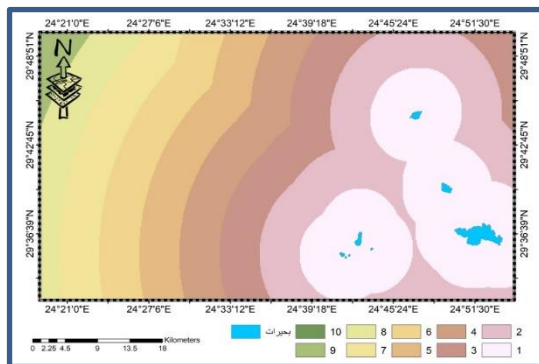
تم التعامل في هذه الخطوة مع المخرجات التي تمت إعادة تصنيفها، بعد عملية بناء النموذج Bolder، شكل (5) تمهيدا لتطبيق تحليل الوزن والجمع، وتم الوصول للأداة من صندوق أدوات التحليل، والانتقال إلى Spatial Analysis ثم Overlay ومنه تم اختيار Weighted Overlay بعد عملية بناء النموذج والأشكال.

نماذج الملائمة النهائية لاختيار مواضع مجمعات الطاقة

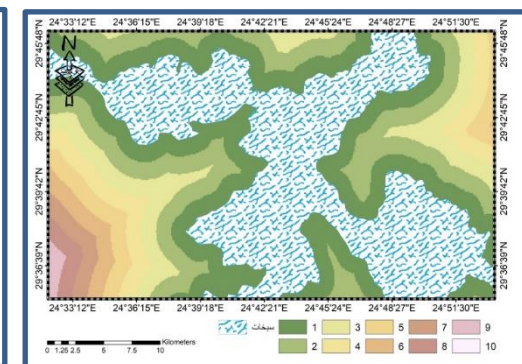
الشمسية:

يعتمد بناء نموذج الملائمة النهائية في اختيار مواضع محطات الطاقة الشمسية على عدد من المعايير منها معايير تقنية ومعايير اقتصادية، وقيود طبيعية وبشرية، وتعتمد هذه المعايير على فئات ملائمة مكانية، كاستواء السطح الذي ستقام عليه المحطة، وبعده عن المباني، وقربه من خطوط الكهرباء، وبعده عن العوائق الطبيعية كالجبال والهضاب.

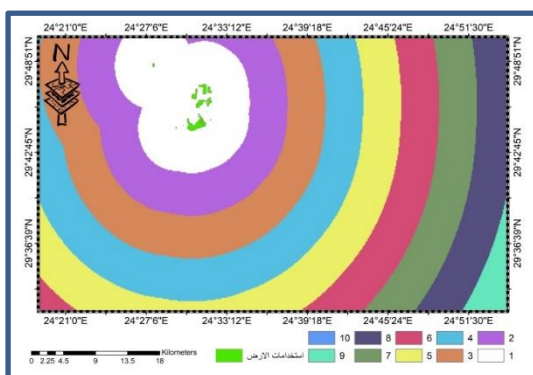
شكل (6) معيار البعد عن البحيرات



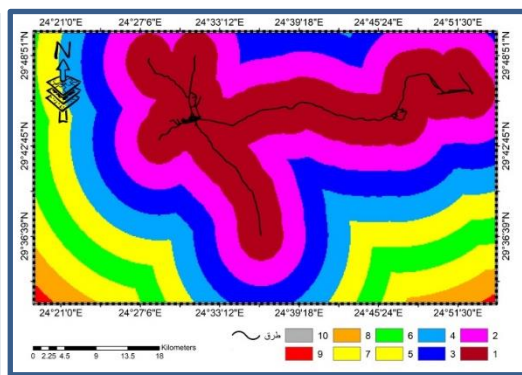
شكل (5) معيار البعد عن السبخات



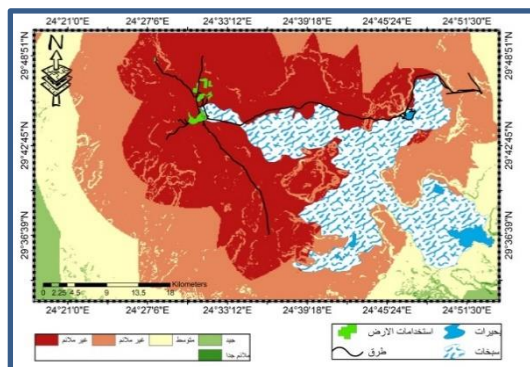
شكل (8) معيار البعد عن استخدام الارض



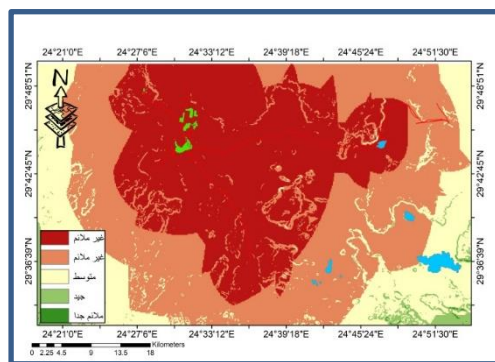
شكل (7) معيار البعد عن الطرق



شكل (9) نموذج الملاءمة



شكل (10) نموذج الملاءمة النهائي



انسب المواضع لتجميع الطاقة الشمسية، تم اقتراح عدد 5 مواقع تعد هي الأنسب من حيث ملائمتها المكانية لهذا الغرض.

يبين الجدول (5) المواضع المقترحة لإقامة مجمعات الطاقة الشمسية بعد تطبيق الملاءمة المكانية وتصنيف المعايير وأوزانها، ثم إعادة موازنة هذه المعايير، وفقاً لمعايير

جدول (5) المواقع المقترحة لمستجمعات الطاقة الشمسية

ت	خط العرض	خط الطول	الارتفاع/ بالمتري	الموقع المقترح
1	°29.728771	°24.268426	53	غرب
2	°29.695025	°24.263156	50	غرب
3	°29.621373	°24.281318	27	جنوب غرب
4	°29.538415	°24.797359	81	جنوب شرق
5	°29.686260	°24.273396	54	جنوب غرب

المصدر: الباحث اعتماداً على نموذج الملاءمة المكانية

النتائج:

نظراً لطبيعة الأرض الصخرية غرب الواحة مقارنة بباقي المواضع ذات الطبيعة الرملية.

1- إن المواضع التي تقع غرب واحة الجغبوب وجنوب غربها تعد من أفضل المواقع لإقامة مستجمعات طاقة شمسية،



3. تشجيع البحث والتطوير في مجال الطاقات المتجددة، واستغلالها خاصة الطاقة الشمسية من خلال إنشاء معاهد ومراكز وكليات متخصصة في هذا المجال.

.المراجع:

1. الزردومي ريم، لشهب، سعد، الغويل، بسمة، (2022)، تقدير الاشعاع الشمسي واختيار انصب المواضع لمحطات الطاقة الشمسية بمناطق جالو هون سها مرزق، أعمال المؤتمر الجغرافي السادس عشر، المجلد الثاني قسم الجغرافيا، جامعة طبرق.

2. داوود، جمعة محمد وآخرون، (2017)، تحديد أفضل المواقع لتجميع الطاقة الشمسية في منطقة مكة المكرمة الادارية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير، الملتقى الوطني الحادي عشر لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، جامعة الأمام عبدالرحمن بن فيصل.

3. قلية، منصور علي، (2019)، إمكانية استخدام الطاقة الشمسية في ليبيا، دراسة في جغرافية الخدمات، مجلة كليات التربية جامعة الزاوية، العدد التاسع.

4. ندار، ابوبكر عبيدة، بالحاج، سهام مفتاح، (2021)، الطاقة الشمسية وسبل استغلالها في الجنوب الليبي لتحقيق التنمية المستدامة، المؤتمر العلمي الثاني لكلية التربية العجيلات والأول لقسم الجغرافيا تحت عنوان المقومات الجغرافية والسياسات الاقتصادية لليبيا وأثرها في تحقيق التنمية المستدامة.

5. www.globalsolaratlas.info

2— يعد جنوب شرق واحة الجغبوب غير ملائم لإقامة مستجمعات طاقة شمسية، نظراً لكثرة انتشار البحيرات والسبخات في هذا الجزء من المنخفض.

3— لم تُظهر نتائج الملائمة المكانية أي مواضع في وسط المنخفض تصلح لإقامة مستجمعات طاقة شمسية، نتيجة لوجود السبخات والحافات الصخرية وغيرها من القيود الطبيعية، وبذلك تعد مواضع وسط المنخفض مواضع غير ملائمة.

4. أن متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2023 تراوحت (301899 – 358399) كيلو كيلو وات/متر مربع/يوم.

5. قُدر متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2024 بقيمة تراوحت (208724 . 249945) كيلو وات/متر مربع/يوم.

6. قُدر متوسط كمية الاشعاع الشمسي المقدرة لشهور فصل الصيف لعام 2025 بقيمة تراوحت (428511 . 507067) كيلو وات/متر مربع/يوم.

7. أن أعلى قيمة مقدرة للفترة (6- يونيو- 2027) حتى (16. اغسطس. 2027) بلغت (467050) كيلو وات/متر مربع/يوم. **.التوصيات:**

1. التوجه نحو استخدام الطاقات البديلة والحد من استخدام الوقود ومشتقاته.

2. إجراء المزيد من الدراسات لتحديد أفضل التطبيقات والتقنيات الخاصة، باستغلال الإشعاع الشمسي والتي تتوافق مع طبيعة ومعطيات منطقة الدراسة.



الملاحق



ملحق (1) إجمالي إنتاج الطاقة الكهروضوئية وإجمالي خروج الطاقة الكهروضوئية

					إجمالي خروج الطاقة الكهروضوئية [Wh]				إجمالي إنتاج الطاقة الكهروضوئية [Wh]				ملاحج كل ساعة
Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 - 1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 - 2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 - 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 - 4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 - 5
0	0	0	0	0	57	0	165	0	0	0	0	0	5 - 6
0	0	2266	15949	28483	59800	71502	63951	22088	875	0	0	0	6 - 7
12780	48275	117622	163487	190919	218104	233280	217194	168514	91634	23420	9896	0	7 - 8
158796	237774	304141	342178	372118	392039	400966	384860	343867	272302	194322	146573	0	8 - 9
321954	390180	458223	499918	528636	540548	543158	530117	505548	446588	362637	313061	0	9 - 10
440028	500628	563069	612225	638570	646189	644755	633554	621562	578666	501891	443865	0	10 - 11
506413	552898	613726	670152	702446	706682	705671	690212	686942	655583	585738	523830	0	11 - 12
516413	552231	609333	676473	715078	719048	716117	697616	700285	675886	611788	547106	0	12 - 13
472922	497164	563080	636455	684385	692219	686177	662423	666850	646596	583664	515518	0	13 - 14
371989	393989	457504	542239	606113	619535	608436	582035	577875	564044	497936	424671	0	14 - 15
233232	249850	310106	403341	481361	503218	489036	454135	446250	422617	364274	284989	0	15 - 16
72474	87680	140761	238855	322973	354117	339343	301164	282433	253313	203560	124083	0	16 - 17
166	286	8229	56567	151704	190108	179787	147355	114726	87906	33614	4686	0	17 - 18
0	0	0	0	12716	44047	41687	17153	5952	281	0	0	0	18 - 19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19 - 20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 - 21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21 - 22
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22 - 23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23 - 24
3107167	3510955	4148060	485783 9	543550 2	568571 1	565991 5	538193 4	514289 2	469629 1	396284 4	333827 8	0	Sum

المصدر: <https://globalsolaratlas.info/>



ملحق (2) التشعيع الطبيعي المباشر والتشعيع العادي المباشر

					تشعيع عادي مباشر [Wh / m ²]				التشعيع الطبيعي المباشر [Wh/m ²]			
Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 - 1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 - 2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2 - 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3 - 4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4 - 5
0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	0	0	5 - 6
0	0	2266	15949	28483	59800	220	180	56	3	0	0	6 - 7
12780	48275	117622	163487	190919	218104	434	368	295	227	70	57	7 - 8
158796	237774	304141	342178	372118	392039	565	497	434	429	378	359	8 - 9
321954	390180	458223	499918	528636	540548	659	601	558	559	506	488	9 - 10
440028	500628	563069	612225	638570	646189	722	670	638	651	609	586	10 - 11
506413	552898	613726	670152	702446	706682	757	702	677	697	658	639	11 - 12
516413	552231	609333	676473	715078	719048	763	706	687	706	672	654	12 - 13
472922	497164	563080	636455	684385	692219	749	689	667	687	649	627	13 - 14
371989	393989	457504	542239	606113	619535	705	642	609	625	580	542	14 - 15
233232	249850	310106	403341	481361	503218	626	545	511	511	464	407	15 - 16
72474	87680	140761	238855	322973	354117	513	428	380	371	331	248	16 - 17
166	286	8229	56567	151704	190108	375	299	214	206	79	22	17 - 18
0	0	0	0	12716	44047	156	55	14	0	0	0	18 - 19
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19 - 20
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20 - 21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21 - 22
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22 - 23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23 - 24
3107167	3510955	4148060	4857839	5435502	5685711	7244	6382	5740	5672	4996	4629	Sum

المصدر: <https://globalsolaratlas.info>