Journal of the College of Education for Humanities
University of Thi-Qar \ ISSN:2707-5672

مجلة كلية التربيـة للعلـوم الانسـانيـة
جامعة ذي قار / الرقم المعياري 2707-5672

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

تحليل وتمثيل خصائص التضاريس لاختيار المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية في قضاء زاخو – دهوك باستخدام تقانة RS- GIS

م. د ماهر عبد المجيد عبد الرزاق
جمهورية العراق- جامعة ذي قار/ كلية الاداب قسم الجغرافية
maherabdulmaged@utq.edu.iq

أ. م. د. فالح شمخي نصيف
جمهورية العراق/ جامعة ذي قار/ كلية التربية للعلوم الإنسانية
dr.Falh.s@utq.edu.iq

أ. د علي مجيد الياسين
جمهورية العراق- جامعة ذي قار/ كلية الاداب/قسم الجغرافية
alimajeed@utq.edu.iq

الملخص

هناك متطلبات عدة لاختيار مواقع خلايا الطاقة الشمسية منها مايتعلق بخصائص التضاريس، التي تعمل على توفير اكبر قدر من الطاقة الشمسية الضوئية للخلايا، ومن ثم تحقيق اقصى جدوى عملية في اختيار الموقع الامثل، ولتحقيق ذلك يتم الاعتماد على تحليل البيانات الرقمية لانموذج الارتفاع الرقمي (DEM) من موقع USGU بالولايات المتحدة الأمريكية www.earthexplorer.usgs.gov المرئية الرادارية من القمر الصناعي Aster Global DEM، ومن ثم معالجة انموذج الارتفاع الرقمي من خلال مليء الفجوات البيانية من خلال استيراد الملف من برنامج Global Mapper على شكل DEM Raster، ويتم ذلك وفق عدد من الخطوات وهي، اضافة Model من الواجهة الرئيسة للبرنامج، فتح قائمة Model Properties ومن ثم الذهاب الى Environment لتحديد مسار الانموذج، فضلا عن ادراج ادوات التحليل المكاني داخل الانموذج الذي تم بناءه وهي (خطوط الارتفاعات المتساوية- Contour)، (الانحدار- Slope)، (اتجاه الانحدار- Aspect)، ومن بعد ذلك يتم تحديد معايير الموقع المفضل لانشاء مزارع خلايا الطاقة الشمسية (Raster Calculator) وهي، الارتفاع يتراوح مابين (160- 300م)، درجة الانحدار بين (10- 40)، اتجاه الانحدار نحو الجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي (112.5- 247.5)، يهدف البحث الى تحقيق التنمية المستدامة لمصادر الطاقة المتجددة لتعويض النقص الحاصل في تجهيز القدرة الطهربائية في المناطق الشمالية لاسيما القرى في المناطق الجبلية والنائية التي لاتصل اليها خطوط نقل القدرة. وتوصل البحث الى نتائج عدة اهمها، ذروة انتاج منظومة طاقة الخلايا الشمسية من شهر أيار إلى تموز، حيث يصل الإنتاج اليومي لكل kWp إلى 5–7 kWh ان الجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي هي أفضل الاتجاهات لخلايا الطاقة الشمسية، وبذلك حققت الفئة الرابعة (مرتفعة التطابق)، أكبر مساحة (574.2 كم2) وتمثل 38.2% من المساحة الكلية.

الكلمات المفتاحية: انموذج الارتفاع الرقمي، مزارع خلايا الطاقة الشمسية، الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

Journal of the College of Education for Humanities
University of Thi-Qar \ ISSN:2707-5672

مجلة كلية التربيـة للعلـوم الانسـانيـة
جامعة ذي قار / الرقم المعياري 2707-5672

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

Analysis and representation of terrain characteristics to select the optimal locations for solar cells in Zakho-Dohuk district using RS-GIS technology

Dr. Maher Abdul-Majid Abdul-Razzaq
Republic of Iraq - University of Thi-Qar / College of Arts, Department of Geography
maherabdulmaged@utq.edu.iq

Asst. Prof Dr. Falih Shamkhi Nasif
Republic of Iraq - University of Thi-Qar / College of Education for Human Sciences
dr.Falh.s@utq.edu.iq

Prof. Dr. Ali Majid Al-Yassin
Republic of Iraq - University of Thi-Qar / College of Arts / Department of Geography
alimajeed@utq.edu.iq

Abstract

There are several requirements for selecting sites for solar photovoltaic (PV) installations, some of which are related to terrain characteristics that maximize the amount of solar radiation received by the panels, thereby achieving the highest practical efficiency in site selection. To accomplish this, analysis of digital elevation model (DEM) data from the USGS website (www.earthexplorer.usgs.gov) (is utilized, specifically the Aster Global DEM satellite radar imagery. The DEM data is then processed to fill data gaps by importing the file into Global Mapper software in DEM raster format. The procedure involves several steps: first, adding a Model from the main interface of the software, opening the Model Properties menu, and then navigating to Environment to define the model path. Spatial analysis tools are incorporated into the constructed model, including Contour lines (elevation), Slope, and Aspect (slope orientation). Subsequently, criteria for the preferred site for solar PV farms are determined using the Raster Calculator. These criteria include an elevation range of 160–300 m, a slope between 10°–40°, and slope orientation facing southeast, south, and southwest.(°247.5–°112.5) The study aims to achieve sustainable development of renewable energy sources to compensate for the shortage in electricity supply, particularly in northern regions and remote mountainous villages not connected to the main power transmission lines. The study reached several results, the most significant of which are: the peak solar PV energy production occurs from May to July, with daily energy output reaching 5–7 kWh per kWp. The southeast, south, and southwest directions are the most favorable for solar panels. Consequently, the fourth category (highly suitable) covers the largest area of 574.2 km², representing 38.2% of the total study area.

Keywords: Digital elevation model, solar farms, remote sensing and Geographic information systems.

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

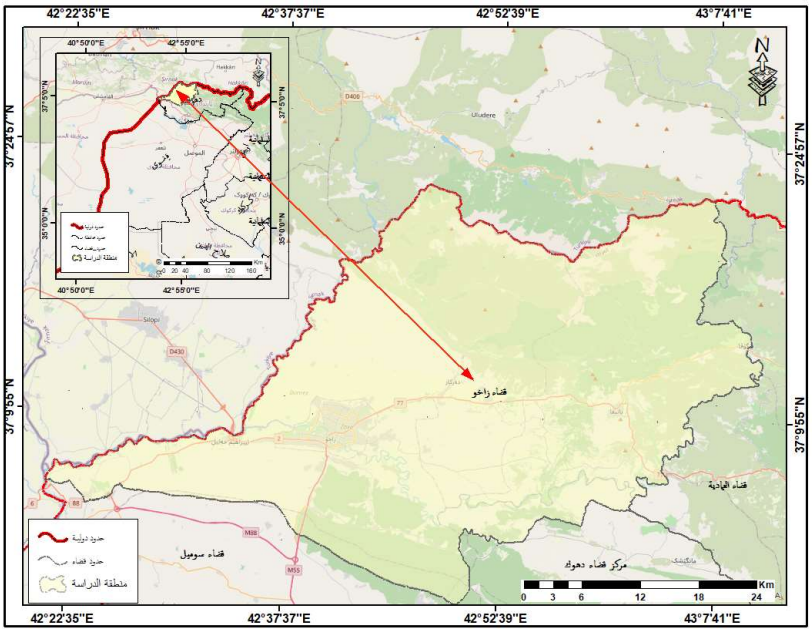
المقدمة:

التقدم التكنولوجي في مجال الطاقة الشمسية أصبح أمرًا ضروريًا لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجهها العالم اليوم، واحدة من أهم العوامل التي تؤثر على كفاءة خلايا الطاقة الشمسية هي الخصائص التضاريسية للموقع الذي يتم فيها تركيبها، قضاء زاخو – دهوك في العراق الشمالي يعتبر منطقة مناسبة لاستغلال الطاقة الشمسية بسبب وفرة الإشعاع الشمسي. ومع ذلك، يحتاج هذا الاستغلال إلى دراسة دقيقة للخصائص التضاريسية للمنطقة لضمان اختيار المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية، تقنية الاستشعار عن بعد (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) توفر أدوات قوية لتحليل وتمثيل الخصائص التضاريسية للمنطقة، هذه التقنية تسمح بتحليل البيانات الجغرافية المكانية وتقديم نماذج ثلاثية الأبعاد للterrain، مما يسهل اختيار المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية، هذا البحث جزءًا من الجهود المبذولة لتعزيز استغلال الطاقة الشمسية في العراق وتحقيق التنمية المستدامة.

منطقة الدراسة وطريقة العمل

قضاء زاخو التابع الى محافظة دهوك شمالي العراق، بلغت مساحته (1504.52/ كم^2) ، اما موقعه فلكيا فهو يقع بين دائرتي عرض ("13 '22 °37 - "11 '1 °37) شمالا، وقوسي طول ("35 '7 °43 - "36 '22 °42) شرقا. الخريطة (1)، تم ادراج Model من الواجهة الرئيسة للبرنامج، فتح قائمة Model Properties ومن ثم الذهاب الى Environment لتحديد مسار الانموذج، فضلا عن ادراج ادوات التحليل المكاني داخل الانموذج الذي تم بناءه وهي (خطوط الارتفاعات المتساوية- Contour)، (الانحدار- Slope)، (اتجاه الانحدار- Aspect). الصورة (1)، ومن ثم تحديد المعايير التضاريسية للموقع الامثل لانشاء مزارع خلايا الطاقة الشمسية (Raster Calculator) وهي، الارتفاع يتراوح مابين (333- 684م)، درجة الانحدار بين (10- 40)، اتجاه الانحدار نحو الجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي (112.5- 247.5). الصورة (2).

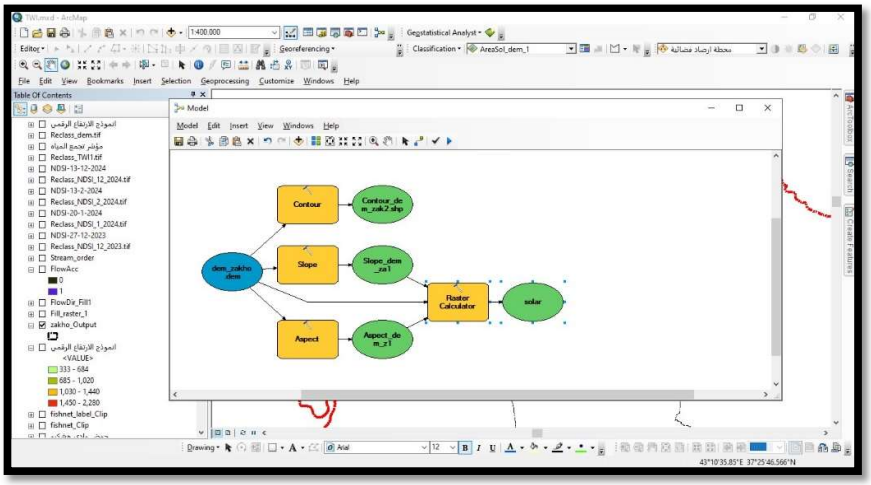
الخريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر: الباحث بالاعتماد على : جمهورية العراق، وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، قسم انتاج الخرائط، خريطة العراق الادارية 1:1000000، وخريطة محافظة دهوك الادارية مقياس 1:250000 2010، بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

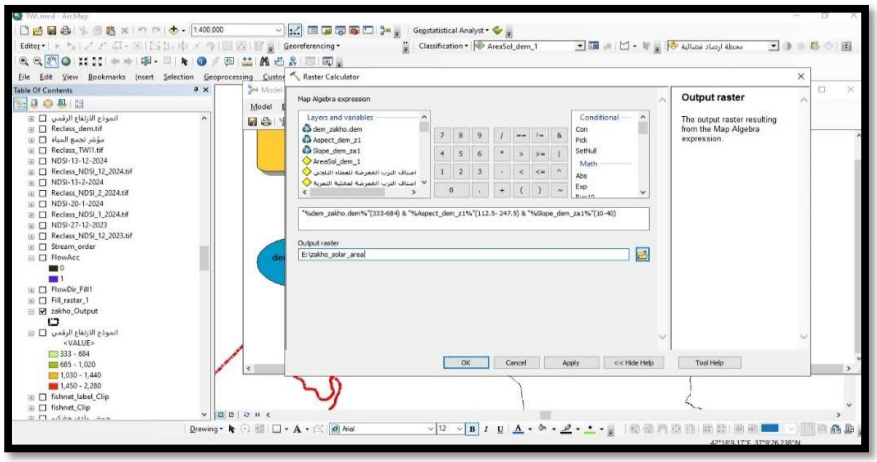
https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

الصورة (1) ادراج Model من الواجهة الرئيسة لبرنامج Arc Map



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على تقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

الصورة (2) المعايير التضاريسية الموقع المفضل لانشاء مزارع خلايا الطاقة الشمسية



المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على تقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

3- النتائج :

3-1/ الإشعاع الضوئي الفعال الكلي عند سطح الأرض في ظروف السماء الصافية (كيلوواط-ساعة/متر مربع/اليوم):

يمثل الإشعاع الضوئي النشط ضوئياً (Photo synthetically Active Radiation – PAR) مقدار الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض ضمن المجال الطيفي (400–700 نانومتر)، وهي الجزء من الإشعاع الشمسي القابل للاستخدام في العمليات الحيوية كالبناء الضوئي، كما تُعد مكوناً رئيساً من مكونات الطاقة الكلية المتاحة عند سطح الأرض وهو مؤشر مباشر على كمية الطاقة الشمسية المتاحة للتحويل إلى طاقة كهربائية عبر الألواح الكهروضوئية، تؤثر قيم الإشعاع الشمسي النشط ضوئياً (PAR) تأثيراً مباشراً على كفاءة الخلايا الشمسية، إذ تمثل شدة الإشعاع وطيفه العامل الحاسم في تحديد كمية الفوتونات الممتصة داخل الخلايا. كلما ارتفعت قيمة الإشعاع الشمسي الكلي في ظروف السماء الصافية، زادت كمية الطاقة المنتجة من النظام الكهروضوئي، خصوصاً في المناطق ذات معدلات إشعاع مرتفعة ومستقرة على مدار العام [1].

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

تقدر القيمة المثلى للإشعاع الشمسي النشط ضوئياً في المناطق المشمسة بين 4.5 – 7.0 كيلوواط·ساعة/م²/يوم، وهي المدى الذي يُعد اقتصادياً ومجدياً في استغلال الطاقة الشمسية الكهروضوئية.

عند هذا المستوى من الإشعاع، يمكن أن تنتج منظومة طاقة شمسية بقدرة 1 كيلوواط ما يقارب في 4.5 kWh/m²/day: نحو 4.0 – 4.5 كيلوواط·ساعة من الكهرباء يومياً، و في 6.0 kWh/m²/day: نحو 5.5 – 0.6 كيلوواط·ساعة يومياً، وفي 7.0 kWh/m²/day: نحو 6.5 – 7.0 كيلوواط·ساعة يومياً، أي أن كل زيادة بمقدار 1 kWh/m²/day في قيمة الإشعاع الشمسي ترفع إنتاج الكهرباء بنحو 15–20٪، تبعاً لنوع الخلايا الشمسية وكفاءتها الحرارية (التي تتراوح عادة بين 15–22٪ في الخلايا السليكونية الحديثة).

متوسطات PAR الشهرية المحسوبة من الجدول(1)، 2014–2024 حسب المتوسط السنوي PAR=2.52 kWh/m²/day، ولتحويل PAR → GHI: الألواح الشمسية تستجيب لطيف أوسع من PAR (400–700). لذلك نستخدم عامل تحويل لمعرفة تقريبياً قيمة الإشعاع الشمسي الكلي (GHI). وهواختيار عاملاً وسطياً f = 0.46 حيث ان:

$$\boldsymbol{GHI} = \frac{\boldsymbol{P}}{\boldsymbol{f}}$$ GHI (Global Horizontal Irradiance): الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح أفقي.

P: الطاقة

f: عامل ثابت

الجدول (1) متوسط الإشعاع الشمسي النشط ضوئياً (kWh/m²/day) للمدة 2014–2024

السنة	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل السنوي
2014	1.4	1.9	2.5	3.1	3.5	3.8	3.6	3.3	2.7	2.0	1.5	1.2	2.5
2015	1.4	1.8	2.5	3.1	3.5	3.7	3.6	3.2	2.6	1.9	1.5	1.3	2.5
2016	1.4	1.8	2.5	3.1	3.5	3.7	3.6	3.2	2.7	2.1	1.5	1.2	2.5
2017	1.4	1.9	2.5	3.1	3.5	3.8	3.6	3.3	2.7	2.0	1.4	1.2	2.5
2018	1.3	1.8	2.5	3.0	3.4	3.8	3.6	3.3	2.7	1.9	1.4	1.2	2.5
2019	1.4	1.9	2.5	3.1	3.6	3.7	3.7	3.2	2.7	2.0	1.5	1.2	2.5
2020	1.4	1.9	2.4	3.1	3.6	3.8	3.5	3.3	2.7	2.1	1.4	1.2	2.5
2021	1.4	1.9	2.5	3.1	3.6	3.8	3.6	3.2	2.7	2.0	1.5	1.2	2.5
2022	1.4	1.9	2.5	3.0	3.4	3.6	3.6	3.2	2.7	2.0	1.5	1.2	2.5
2023	1.4	1.9	2.4	3.1	3.4	3.7	3.6	3.2	2.7	2.0	1.5	1.2	2.5
2024	1.4	1.9	2.5	3.1	3.4	3.7	3.5	3.2	2.6	2.0	1.5	1.2	2.5

المصدر: الباحث بالاعتماد على: https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/ ، التغطية المكانية لنقاط المحطة المختارة بدقة Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 949.06 meters. (هذا العامل يعكس أن PAR يشكل تقريباً 45–50% من الطاقة الشمسية الكلية؛ اختيار 0.46 هو قيمة وسطية معطية نتائج معقولة للمناطق (الصحراوية/شبه الصحراوية).

بعد تطبيق المعادلة اعلاه على بيانات الجدول (1)، يعطي لكل شهر متوسط PAR (kWh/m²/day) من الجدول، و تقدير GHI (باستخدام f=0.46)، ثم نطاق إنتاج kWh/kWp/day باستخدام PR = 0.72–0.85، يتبين الاتي من الجدول (2)، ان

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

ذروة الإنتاج من شهر أيار إلى تموز، حيث يصل الإنتاج اليومي لكل kWp إلى 5–7 kWh، واتضح ان ادنى انتاج في فصل الشتاء (كانون الاول ، كانون الثاني) الإنتاج ينخفض إلى ~1.9–2.6 kWh/day، هذا يستلزم تخطيط تخزين/تحويل الأحمال أو الربط بالشبكة للتعويض.

الجدول (2) المتوسط الشهري المتوقع من إنتاج طاقة الخلايا الشمسية في زاخو كيلو واط/ يوم

شهر	PAR (kWh/m²/day)	تقدير GHI = PAR/0.46 (kWh/m²/day)	إنتاج يومي لكل 1) kWp نطاق (kWh/day
كانون الثاني	1.38	3.00	2.16 – 2.55
شباط	1.87	4.07	2.93 – 3.46
آذار	2.47	5.36	3.86 – 4.56
نيسان	3.08	6.69	4.81 – 5.68
أيار	3.48	7.57	5.45 – 6.43
حزيران	3.72	8.09	5.83 – 6.88
تموز	3.59	7.80	5.61 – 6.63
آب	3.23	7.01	5.05 – 5.96
أيلول	2.68	5.84	4.20 – 4.96
تشرين الأول	2.01	4.36	3.14 – 3.71
تشرين الثاني	1.48	3.21	2.31 – 2.73
كانون الأول	1.21	2.64	1.90 – 2.24

المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول (1) و https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/.

2-3/ خصائص التضاريس:

التضاريس تلعب دورًا مهمًا في اختيار الموقع الأمثل لخلايا الطاقة الشمسية، يجب أن تؤخذ في الاعتبار العوامل التالية: انحدار الأرض، الارتفاع، وتأثير الارتفاع على درجة الحرارة [2].

يظهر من خصائص فئات الارتفاع المتساوية في الخريطة (2) والجدول (3)، انها تعكس توزيع المساحة حسب الفئات في المنطقة التي تقع بين خطي كنتور 333-2280. يمكن أن نستخلص بعض النقاط المهمة من هذه البيانات، الفئة الأولى (333-684 م) تمثل أكبر نسبة من المساحة الكلية، حيث تبلغ 40.2%.

هذا يشير إلى أن المنطقة تتميز بارتفاع منخفض إلى متوسط هي سهلية يمكن ان تستقبل اكبر قدر ممكن من الاشعة الضوئية الشمسية وستكون مناسبة، الفئة الثانية (685-1020 م) تمثل 28.44% من المساحة الكلية. هذا يشير إلى أن المنطقة تتميز بارتفاع متوسط، الفئة الثالثة (1030-1440 م) تمثل 17.46% من المساحة الكلية. هذا يشير إلى أن المنطقة تتميز بارتفاع متوسط إلى مرتفع في حين ان الفئة الرابعة (1450-2280 م) تمثل 13.9% من المساحة الكلية، اذ ان كفاءة الخلايا الشمسية مع الارتفاع المنخفض إلى المتوسط (الفئة الأولى والثانية) قد يؤدي إلى تعرضها لأشعة الشمس بشكل كافٍ، مما يزيد من

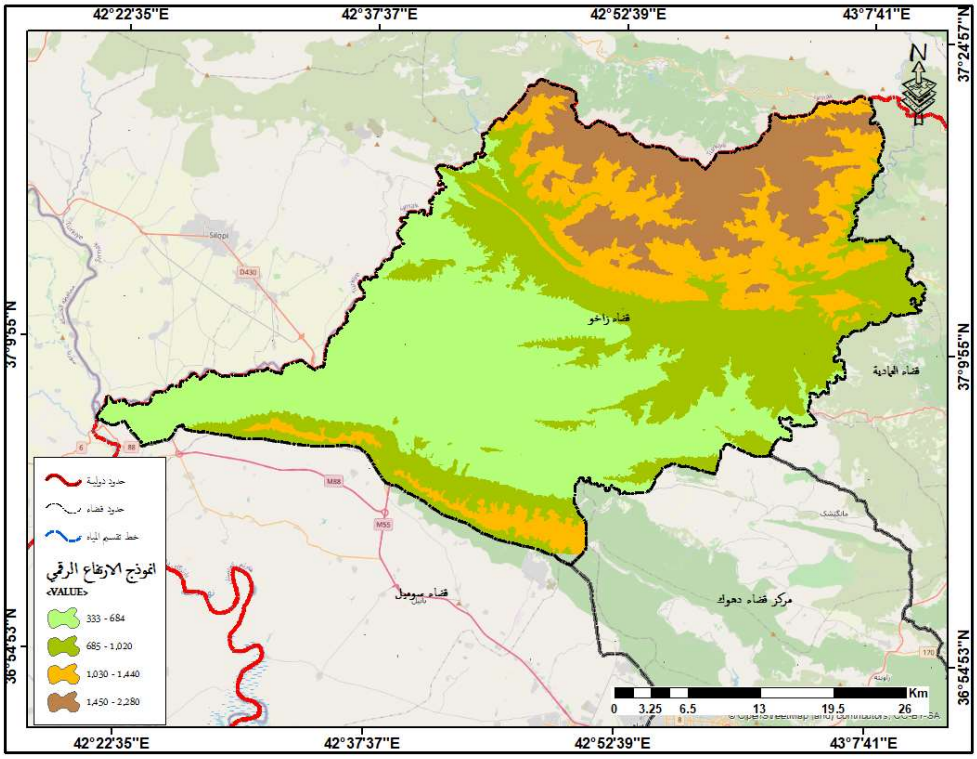
https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

كفاءتها، في حين ان الارتفاع المتوسط إلى المرتفع (الفئة الثالثة والرابعة) قد يؤدي إلى تعرض الخلايا الشمسية لأشعة الشمس بشكل منخفض، مما يحد من كفاءتها.

كما ان تأثير خصائص درجات الانحدار على كمية الاشعة المستلمة من الاشعة الضوئية على كفاءة الخلايا الشمسية يعتمد على درجاته، درجات الانحدار المائلة تزيد من كمية الاشعة الضوئية التي تصل الى الخلايا الشمسية، مما يزيد من كفاءتها، درجات الانحدار العمودية والأفقية تقلل من كمية الاشعة الضوئية التي تصل الى الخلايا الشمسية، مما يقلل من كفاءتها، يظهر من الخريطة (3) والجدول (4)، يتضح ان الانحدار المنخفض (0-18 درجة) يؤدي إلى تقليل كمية الاشعة الشمسية الضوئية التي تصل الى المنطقة، والانحدار المائل (19-49 درجة)، يؤدي إلى زيادة كمية الاشعة الشمسية الضوئية التي تصل الى المنطقة، الانحدار الشديد (50-87 درجة)، يؤدي إلى زيادة كبيرة في كمية الاشعة الشمسية الضوئية التي تصل الى المنطقة، وبذلك يتبين ان الانحدار من 10-40 درجة يقع ضمن الفئتين الثانية والثالثة، هذه الفئات تمثل ما يقرب من 36% من المساحة الكلية وهي مناسبة لاقامة مزارع خلايا الطاقة الشمسية.

اما اتجاه الانحدار يلعب دورًا مهمًا في تحديد الموقع الأمثل لخلايا الطاقة الشمسية، حيث أن اتجاهات الجنوب الشرقي والجنوب والجنوب الغربي هي أفضل اتجاهات لخلايا الطاقة الشمسية، حيث تتلقى أكبر كمية من الاشعة الشمسية، مما يزيد من كفاءة الخلايا الشمسية [3]. يظهر من الخريطة (4) والجدول (5)، اتجاه الجنوب الشرقي: مساحة 175.45 كم2، نسبة 11.66%، واتجاه الجنوب: مساحة 313.76 كم2، نسبة 20.85%، و اتجاه الجنوب الغربي: مساحة 217.5 كم2، نسبة 14.46%، هذه الاتجاهات تمثل ما يقرب من 47% من المساحة الكلية.

الخريطة (2) فئات الارتفاع المتساوية في قضاء زاخو



المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

الجدول (3) فئات الارتفاع المتساوية ومساحتها/ كم^{2}ونسبتها المئوية % في قضاء زاخو

الفئة	فئة الارتفاع/ م	المساحة/ كم^2	النسبة %
الفئة الاولى	684 - 333	604.88	40.2
الفئة الثانية	1,020 - 685	427.82	28.44
الفئة الثالثة	1,440 - 1,030	262.69	17.46
الفئة الرابعة	2,280 - 1,450	209.14	13.9
المساحة الكلية		**1504.52**	**100**

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

3-3/ انموذج المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية في قضاء زاخو:

تم تحديد المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية في قضاء زاخو باستخدام تقنيات تحليلية متقدمة. دراسة أجريت في عام 2022 وجدت أن المناطق الواقعة في الجنوب الشرقي من قضاء زاخو هي الأكثر ملاءمة لتركيب خلايا الطاقة الشمسية، حيث تتميز بتوافر كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي[4]. هذه النتائج تتفق مع الدراسات السابقة التي أشارت إلى أن المناطق الواقعة في الجنوب الشرقي من العراق هي الأكثر ملاءمة لاستغلال الطاقة الشمسية [5].

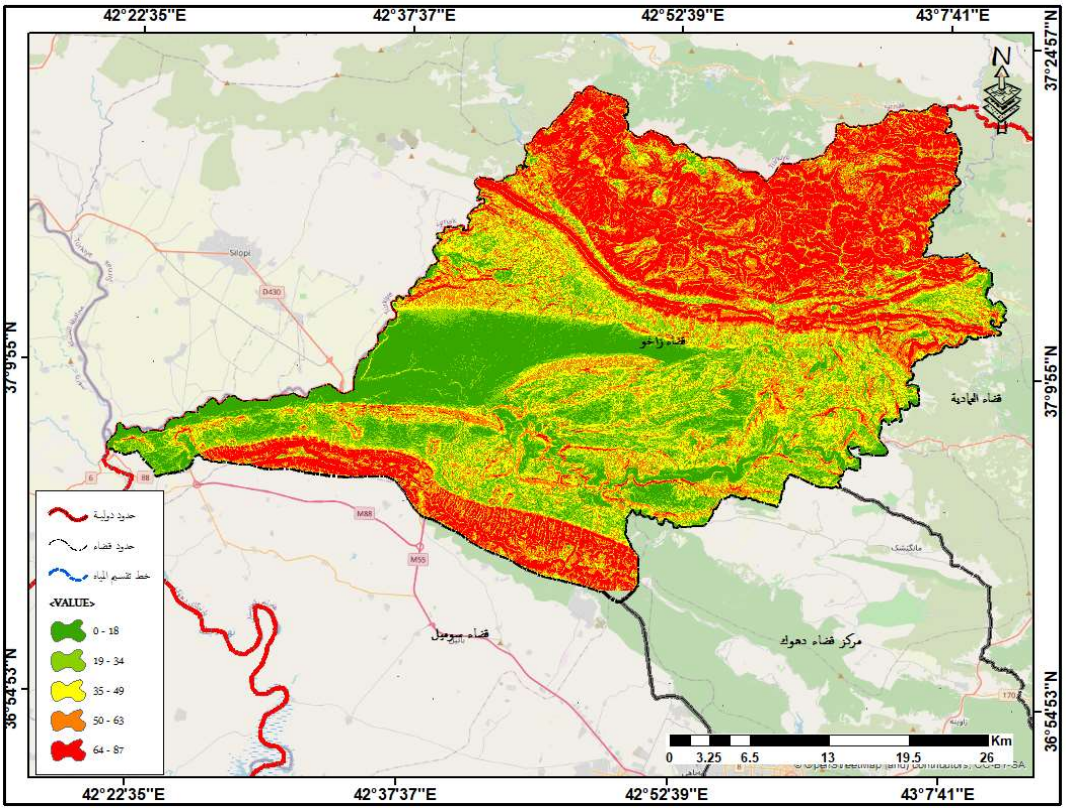
يظهر من الخريطة (5) والجدول (6)، التوزيع الجغرافي لمواقع خلايا الطاقة الشمسية في قضاء زاخو، حيث تم تقسيم المواقع إلى فئات اربع بناءً على قيمة التطابق. النتائج تشير إلى أن، الفئة الرابعة (مرتفعة التطابق) تشغل أكبر مساحة (574.2 كم2) وتمثل 38.2% من المساحة الكلية، والفئة الأولى (غير متطابقة) تشغل مساحة 344.6 كم2 وتمثل 22.9% من المساحة الكلية، اما الفئتان الثانية والثالثة (منخفضة التطابق ومتوسطة التطابق) تشغل مساحات أصغر وتمثل 19.4% و5.19% من المساحة الكلية على التوالي، هذه النتائج يمكن أن تساعد في تحديد المواقع المثلى لتركيب خلايا الطاقة الشمسية.

كما تبين ان قضاء زاخو من المناطق التي تشهد إشعاعًا شمسيًا عاليًا، مما يجعلها بيئة مثالية لتطبيق تقنيات الطاقة الشمسية. يمكن تنفيذ مشاريع الطاقة الشمسية في المدينة عبر مستويات عدة وهي:

- المباني السكنية والتجارية: تركيب الألواح الشمسية على الأسطح لتوليد الكهرباء وتوفير الطاقة.
- المرافق العامة: مثل المدارس والمستشفيات والمراكز الحكومية، حيث يمكن تركيب أنظمة شمسية لتلبية احتياجاتها الطاقوية.
- الفضاءات العامة: مثل الحدائق والساحات، من خلال تركيب مظلات شمسية مزودة بألواح شمسية لتوفير الطاقة للمرافق العامة والإضاءة [6].

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

الخريطة (3) فئات درجة الانحدار في قضاء زاخو



المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

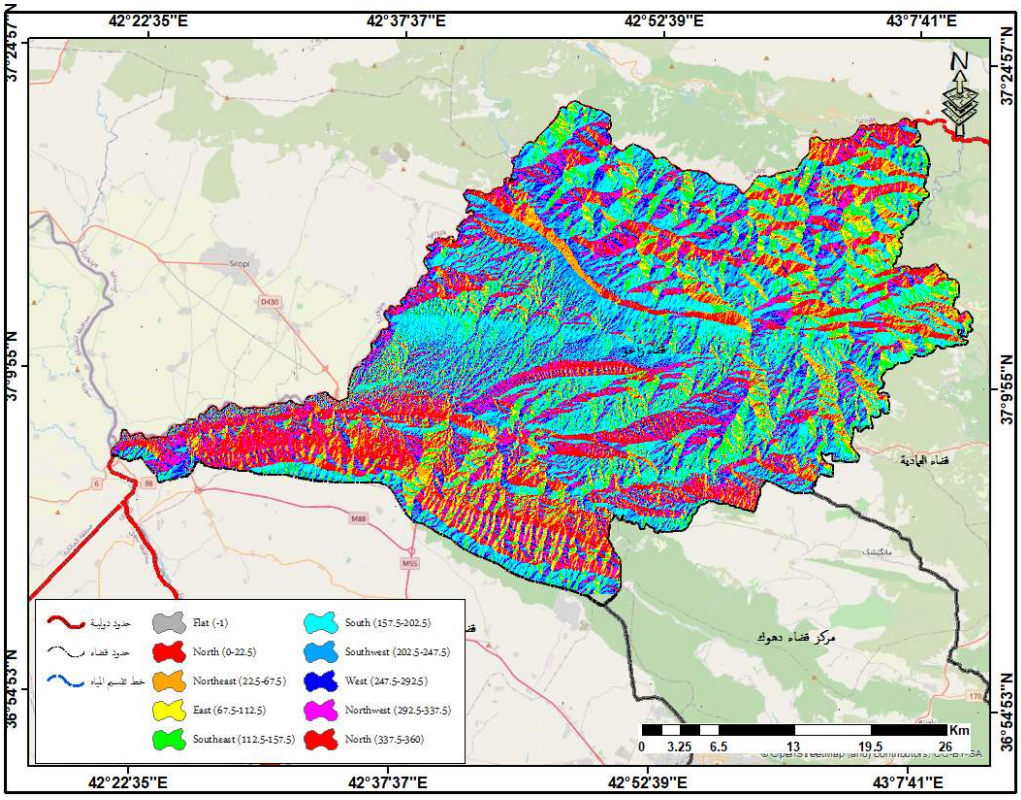
الجدول (4) فئات درجة الانحدار ومساحتها/ كم^2 ونسبتها المئوية % في قضاء زاخو

الفئات	الانحدار/ درجة	المساحة/ كم^2	النسبة %
الفئة الاولى	18 - 0	267.64	17.79
الفئة الثانية	34 - 19	264.34	17.57
الفئة الثالثة	49 - 35	277.58	18.45
الفئة الرابعة	63 - 50	309.37	20.56
الفئة الخامسة	87 - 64	385.59	25.63
المساحة الكلية		1504.52	100

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

الخريطة (4) اتجاه الانحدار في قضاء زاخو



المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

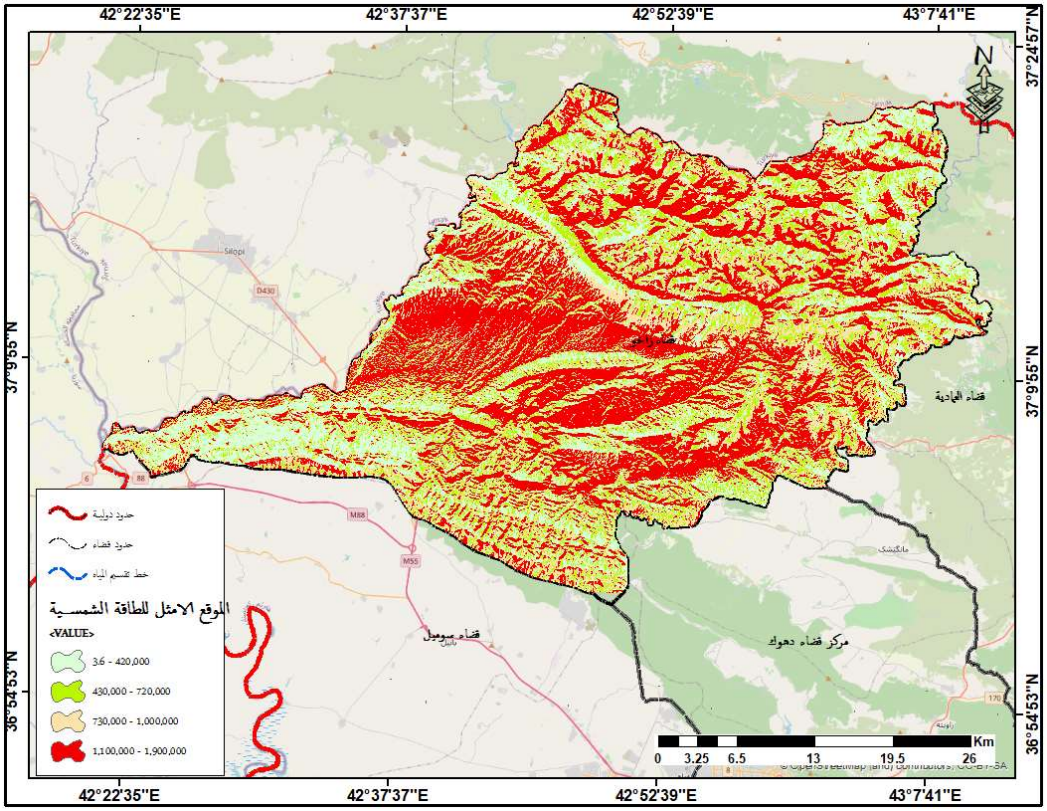
الجدول (5) اتجاه الانحدار ومساحتها/ كم^2 ونسبتها المئوية % في قضاء زاخو

الاتجاه	درجة اتجاه الانحدار	اللون	مساحة /كم^2	النسبة المئوية%
المسطح	0	رصاصي	0.29	0.02
الشمال	(22.5 - 0)	أحمر	123.5	8.21
الشمال الشرقي	(67.5 - 22.5)	برتقالي	138.78	9.22
الشرق	(112.5 - 67.5)	أصفر	98.64	6.56
الجنوب الشرقي	(157.5 - 112.5)	أخضر	175.45	11.66
الجنوب	(202.5 - 157.5)	سمائي	313.76	20.85
الجنوب الغربي	(247.5 - 202.5)	أزرق	217.5	14.46
الغرب	(292.5 - 247.5)	نيلي	139.61	9.28
الشمال الغربي	(337.5 - 292.5)	بنفسجي	172.31	11.45
الشمال	(360 - 337.5)	أحمر	124.67	8.29
المجموع			**1504.52**	**100**

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

الخريطة (5) المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية في قضاء زاخو



المصدر: الباحث بالاعتماد على تقنيات برنامج Arc Map10.4.1، Model Tool .

الجدول (6) فئات المواقع المثلى لخلايا الطاقة الشمسية ومساحتها/ كم^2 ونسبتها المئوية % في قضاء زاخو

الفئة	القيمة الرقمية	التطابق	المساحة/ كم^2	النسبة %
الفئة الاولى	3.6 - 420,000	غير متطابقة	344.6	22.9
الفئة الثانية	430,000 - 720,000	منخفضة التطابق	291.7	19.4
الفئة الثالثة	730,000 - 000,000,1	متوسطة التطابق	294	19.5
الفئة الرابعة	1,100,000 - 900,000,1	مرتفعة التطابق	574.2	38.2
المساحة الكلية			**1504.52**	**100**

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات هيئة المسح الجيولوجي الامريكية earthexplorer.usgs.gov، انموذج الارتفاع الرقمي DEM، وتقنيات برنامج Arc Map10.4.1.

4- الخاتمة والقترحات :

المواقع المثلى للتطابق في زاخو، والتي تم تحديدها من خلال تحليل قيمة التطابق، لها تأثير كبير على مشاريع التنمية الزراعية والسياحية في المنطقة، حيث أن هذه المواقع تتميز بتوافر كميات كبيرة من الإشعاع الشمسي، مما يجعلها مثالية لتركيب خلايا الطاقة الشمسية، في مجال التنمية الزراعية، يمكن أن تساهم المواقع المثلى للتطابق في:

https://doi.org/10.32792/utq/jedh/v15i4

1- توفير الطاقة اللازمة للزراعة، مما يقلل من التكاليف والزيادة في الإنتاجية.
2- توفير المياه اللازمة للزراعة من خلال استخدام الطاقة الشمسية لضخ المياه.
3- تحسين جودة المحاصيل من خلال استخدام الطاقة الشمسية لتوفير الضوء والحرارة اللازمة للنمو.
4- اما في مجال التنمية السياحية، يمكن أن تساهم المواقع المثلى للتطابق في:
5- توفير الطاقة اللازمة للمناطق السياحية، مما يقلل من التكاليف والزيادة في جودة الخدمات.
6- توفير فرص عمل جديدة في مجال الطاقة الشمسية والسياحة.
7- تحسين جودة الخدمات السياحية من خلال استخدام الطاقة الشمسية لتوفير الضوء والحرارة اللازمة للمناطق السياحية، كما يمكن أن تساهم المواقع المثلى للتطابق في زاخو في تحقيق التنمية المستدامة في مجالات الزراعة والسياحة، مما يقلل من التكاليف والزيادة في الإنتاجية والجودة.

المصادر

[1] - *عبد الرحمن، خالد محمد*، تحليل الإشعاع الشمسي وتأثيره في كفاءة أنظمة الطاقة الكهروضوئية في البيئات الجافة *مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 36، العدد 2، ص. 112–128، 2020.*

[2] - John A. Duffie ،(Solar Energy: Fundamentals, Technology, and Systems ،ISBN: 978-0-471-49557-1 ،Wiley-Interscience, P.236-234 ،2006

[3] - Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2006). Solar engineering of thermal processes. Wiley-Interscience.

[4] - Al-Hadithi, A. F., Al-Obaidi, K. M., & Al-Rawechi, F. M. (2022). "Assessment of Solar Energy Potential in Zakho District, Kurdistan Region, Iraq." Journal of Renewable Energy, 2022, 1-12.

[5] - Al-Khalidi, H. A., Al-Khateeb, M. M., & Al-Rawechi, F. M. (2019). "Solar Energy Potential in Iraq: A Review." Journal of Solar Energy Engineering, 141(2), 020801.

[6] - Preece, C. (2024). Integrating Renewable Energy Systems into Urban Planning. Sustainability Journal. Retrieved from https://icrp.org.uk/journal/index.php/Sustainability/article/view/Preece-2024-1 .