مجلة جامعة بابل للعلوم الإنسانية، المجلد 28، العدد 1: 2020.
Journal of University of Babylon for Humanities, Vol.(28), No.(1): 2020.

تقييم كفاءة الطاقة المكتسبة بدلالة (حركة وثبات) واجهة الخلايا الشمسية وفقا للزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في مدينة الديوانية (دراسة في المناخ التطبيقي)

حسين علي عبد الحسين
كلية الآداب/ جامعة القادسية
hussein.abdulhussein@qu.edu.iq

معلومات البحث
تاريخ الاستلام : 23/ 10 / 2019
تاريخ قبول النشر:27 / 11 / 2019
تاريخ النشر: 5/2/ 2020

الخلاصة:

يسلط البحث الضوء على أهمية توجيه ألواح الخلايا الشمسية فصليا وضمن ساعات النهار خلال الفصل ألواحد في تحقيق أعلى كسب للطاقة الشمسية التي يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية،اشتملت الدراسة على أربعة فصول (الصيف، والشتاء، والاعتداليين الربيعي والخريفي)، تم اعتماد الدرجة المعيارية بوصفها وسيلة احصائية لبيان الفارق في الطاقة الواصلة لسطح ألواح الخلايا الشمسية في حالتي ثبات وحركة لألواح الخلايا الشمسية وفقا لزاويتي سمت الرأس وزاوية البعد الافقي، وتم بناء قاعدة للبيانات للمدة المحصورة بين (830–1230)ولكل فصل. وتم تحديد الزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في مدينة الديوانية بدلالة موقعها الفلكي وذلك باستعمال برنامج (Energy 3D programme)، وتم قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر بأستعمال جهاز(Solar power meter SPM – 1116 SD) وقد تم إعتماد موقع للرصد الميداني للإشعاع الشمسي بعيدا عن الابنية لتفادي تاثيرها على شدة الاشعاع الواصل.

توصلت الدراسة الى مجموعة من النتائج يمكن ايجازها على النحو الاتي:

1-يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية ثابتة باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر ^{0}) في فصل الصيف في الساعة(830)، ويتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر ^{0}) في الساعة(1030)، اما في الساعة (1230) فقد تحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية ثابتة باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر ^{0}) (1230).

2--يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (45^{0})، وزاوية البعد الافقي(135^{0}) جنوب الشرقي في وقت (830) في فصل الشتاء، أما في الساعة(1030) فأن أعلى كسب للطاقة يتحقق عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (30^{0})، وزاوية البعد الافقي (180^{0}) جنوبا، أما في الساعة(1230) فقد تحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحددة بزاوية سمت الرأس (45^{0})، وزاوية البعد الافقي(180^{0}) جنوبا.

3- تصدر الاعتدال الخريفي بقية الفصول في نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في الطاقة في حال حركة ألواح الخلايا الشمسية تزامنا مع حركة قرص الشمس بالمقارنة مكتسب الطاقة في حال ثباتها لتبلغ (22,44%)ضمن رقعة الزمن الممتد من الساعة(830–1230) بمعدل فرقاً بلغ (326,3واط /م2/ الساعة)وبزوايا البعد افقي التي تراوحت بين(112–129,08^{0})، في حين تقلصت نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في فصل الصيف بلغ (14,28%) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (273,9 واط /م2/الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين(143,08–160,2 ^{0}).

الكلمات الدالة: الخلايا الشمسية،الطاقة الشمسية، الطاقة المتجددة، زاوية ميل الشمس

Journal of University of Babylon for Humanities (JUBH) by University of Babylon is licensed under a
Creative Commons Attribution 4.0 International License

مجلة جامعة بابل للعلوم الإنسانية، المجلد 28، العدد 1: 2020.
Journal of University of Babylon for Humanities, Vol.(28), No.(1): 2020.

Evaluation of the Energy Efficiency Gained by (Motion and Stability) of the Solar Cell Interface According to the Specific Angles of the Location of the Sun Disk in Diwaniyah City (Applied Climate Study)

Hussein Ali Abdul Hussein
College of Arts /University of Qadisiyah

Abstract

The research highlights the importance of directing solar panels quarterly and within daylight hours within each single season - in achieving the highest solar gain that can be converted into electrical energy. The study included four seasons (summer, winter, and spring and autumn equinoxes). The standard score was applied as a statistical method to classify the difference in the energy reaching the surface of the solar cell panels. The specific angles of the location of the sun disk in Diwaniyah city were determined by its astronomical location using (Energy 3D program), and the intensity of direct and diffuse solar radiation was measured using a device (Solar power meter (SPM-1116 SD) has been observed site monitoring The field of solar radiation away from buildings to avoid the impact on the radiation intensity of connecting.

The study reached a set of results that can be summarized as follows

1-The highest energy gain is achieved when the solar cell panels are stationary towards the position of the sun disk specified at the head azimuth angle (zero°) in the summer at 830, and the highest energy gain is achieved when the solar cell panels are towards the sun disk position at the angle specified The azimuth of the head (zero°) at (1030), but at (1230) the highest energy gain is achieved when the solar cell panels are fixed towards the position of the sun disk specified at the angle of the head azimuth (zero°) (1230)

2-The highest energy gain is achieved when the solar cell panels are moving towards the sun disk specified at the angle of the head azimuth (°45), and the angle of the horizontal dimension (135°) southeast at 830 in winter, and at 1030 The highest energy gain is achieved when the solar cell panels are moving towards the sun's disc set at the angle of the head azimuth (°30), the angle of the horizontal dimension (180°) south, and at 1230 the highest energy gain is achieved when the solar cell panels are moving towards The sun disk is determined by the angle of the azimuth of the head (45°), and the angle of the horizontal dimension (180°) southward.

3-Autumnal equinox presided the rest of the seasons in the proportion of time, which sees a (very high) difference in energy in the case of the movement of solar cells coinciding with the movement of the solar disk compared to gain energy in the case of stability to reach (22.44%) within the time span of the hour (The difference in power gain was (326.3 W / m2 / hour) and the horizontal dimension angles ranged from (112-129.08), while the percentage of time witnessed (very high) difference in Summer to reach (14.28%) rate of difference in energy gain of (273.9 W / m2 / hour) and angles of horizontal dimension ranged between (143.08 to 160.2 °).

Keywords: solar cells, solar energy, renewable energy, Declination Angle

مقدمة

يعد انتاج الطاقة واستهلاكها معياراً لمستوى الرقي الحضاري للأمم، ذلك أن مستوى الاستهلاك والإنتاج في الطاقة يدل على مستوى حركة الاقتصاد والتطور والتنمية بمفهومها الشامل[1].

وفي الآونة الأخيرة أدرك الانسان انأيً زيادة في الإنتاج والاستهلاك قد تؤدي الى زيادة في التكلفة ضمن منظومة الاقتصاد البيئي لذلك سعى الانسان في البحث عن طاقة متجددة لا تشكل عبئاً على المنظومة الأيكلولوجية لطبيعته، ولذلك ظهر توجه نحو توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية، اما بشكل مباشر بواسطة الخلايا الشمسية، أو بشكل غير مباشر مثل طريقة التحويل الايوني الحراري والطريقة الكهروحرارية[2].

ولذلك أخذت تتبلور فكرة تصنيع خلية شمسية قبل أكثر من (150) سنة تقريباً، وقد لوحظ إمكانية تحويل الضوء الواصل من الشمس الى فرق جهد بحسب الظاهرة الفوتوفرلطائية(photo voltage phenomena) التي اكتشفها (Edmund Becquerel) في عام 1839. والذي لاحظ ان الفولطية بين الأقطاب المغمورة في محلول الكتروليتي يعتمد على الضوء الساقط[3].

لقد اقتصر عمل الخلايا الشمسية في الماضي على تجهيز المناطق النائية بكميات قليلة من الطاقة، اما في الوقت الحاضر فقد ظهر أستعمال أكثر واوسع لتطبيقات هذه الخلايا، ويتوقع زيادة في الاستعمال وبخاصة في حال استمرار انخفاض أسعارها وبالشكل المتوقع لها في المستقبل القريب [4].

ونظرا زيادة تكاليف صناعة الخلايا الشمسية من مادة السليكون دفع الباحثين للتقليل من كلف الإنتاج، وعلى الرغم من ان هذه المادة متوافرة بشكل واسع في الطبيعة، إلا ان تحويلها الى خلايا شمسية مكلف جداً، ولهذا يوجد الان نشاط بحثي مكثف للتقليل من كلف انتاج الطاقة من الاشعاع الشمسي[5].

ولذلك أظهرت نتائج البحوث منذ عام 1980 أنتاج تقنية الاغشية الرقيقة لإنتاج الخلايا الشمسية واطئة الكلفة مع زيادة كمية الطاقة المنتجة ضمن وحدة المساحة للخلايا الشمسية[6].

مشكلة البحث: لقد تمحورت مشكلة البحث على شكل تساؤلات يمكن صياغتها على النحو الاتي:

1-هل للتحكم في توجيه واجهات ألواح الخلايا الشمسية لموقع قرص الشمس دور في تحقيق زيادة في شدة الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الواصل لسطح تلك الخلايا؟

2-هل تتباين فصليا، وعبر ساعات النهار ضمن الفصل الواحد مقادير الزوايا المحددة للحركة الرأسية والافقية لألواح الخلايا الشمسية الاكثر كفاءة في كسب الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الواصل لسطح تلك الخلايا؟

فرضية البحث: يمكن صياغة فرض البحث ليكون بمثابة أجوبة أولية لتساؤلات مشكلة البحث:

1- للتحكم في توجيه واجهات ألواح الخلايا الشمسية لموقع قرص الشمس دور في تحقيق زيادة في شدة الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الواصل لسطح تلك الخلايا.

2- تتباين فصليا، وعبر ساعات النهار ضمن الفصل الواحد مقادير الزوايا المحددة للحركة الرأسية والافقية للألواح الخلايا الشمسية الاكثر كفاءة في كسب الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الواصل لسطح تلك الخلايا.

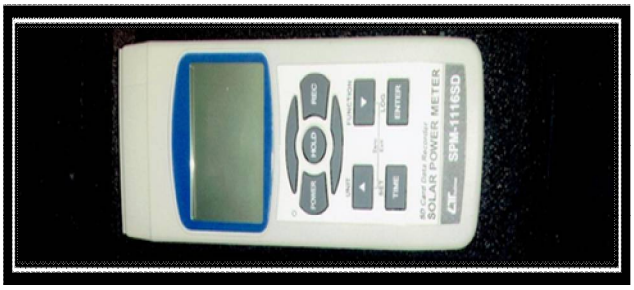
منهج البحث: اعتمد البحث على عدد من المناهج والاساليب العلمية التي كانت جميعها تمثل وسيلة الباحث للتحقق من صحة فروض الدراسة، وعلى النحو الآتي:

1- **منهج التحليل الوصفي الاحصائي:** تم استعمال منهج التحليل الوصفي الاحصائي (الدرجة المعيارية) للتوصل الى تصنيف ساعات النهار ضمن الفصل الواحد وفقا لمقادير الزوايا المحددة للحركة الرأسية والافقية لألواح الخلايا الشمسية الاكثر كفاءة في كسب الاشعاع الشمسي المباشر و المنتشر الواصل لسطح تلك الخلايا.

2- منهج التحليل المقارن للمشكلة: وهذا المنهج إعتمد على مستوى البحث ككل، في مراحل تحليل النتائج ومقارنتها بين رصدات شدة الاشعاع الشمسي فصليا وضمن ساعات النهار للفصل الواحد.

وسائل بناء قاعدة البيانات البحث و المعالجة الاحصائية: تم تطبيق الدرجة المعيارية كوسيلة احصائية لتصنيف الفارق في الطاقة الواصلة لسطح ألواح الخلايا الشمسية في في حالتي الثبات و الحركة ألواح الخلايا الشمسية وفقا لزاويتي سمت الرأس والبعد الافقي ،وتم بناء قاعدة للبيانات للساعات المحصورة بين (830-1230) ولكل فصل،

وتم تحديد الزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في مدينة الديوانية بدلالة موقعها الفلكي باستعمال برنامج (Energy 3D programme)،و تم قياس شدة الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر باستعمال جهاز(Solar power meter SPM – 1116 SD) ينظر صورة(1)، و(2)، وقد تم اتخاذ موقعللرصد الميداني للإشعاع الشمسي بعيدا عن الابنية لتفادي تأثيرها على شدة الاشعاع الواصل.



صورة (1) جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي (واط/ م^2) Solar power meter SPM – 1116 SD

صور(2)المسح الميداني للإشعاع الشمسي المباشر و المنتشر. باستعمال جهاز – Solar power meter SPM – 1116 SD .

أهمية البحث: يتطلب قطاع انتاج الطاقة الكهربائية استخداماً كثيفاً لرأس المال، اذ يتطلب استثمارات كبيرة لتلبية الطلب الحاصل على الطاقة الكهربائية، ومع سعي الحكومات الى زيادة انتاج الطاقة، وسعت السياسات الاقتصادية الى زيادة ونمو مشاريع مبتكرة لاستثمار وإنتاج الكهرباء بما يضمن أعلى مستوى للإنتاج وأقل أثراً على البيئة وهذا يقتضي إدارة انتاج واستهلاك الطاقة بما يضمن قدر أكبر من الكفاية وفق ضوابط ومعايير[7].

لقد اثبتت الدراسات ان بإمكان الدول النامية استثمار طاقة الإشعاع الشمسي بما يوفر مساهمة فعالة في سد متطلبات هذه الدول من الطاقة، في حين كشفت نفس الدراسات انخفاض كفاءة الطاقة الشمسية في الدول المتقدمة، اذ لا يمكن ان توفر أكثر من جزء صغير من متطلبات الطاقة لهذه الدول، ورغم ذلك هنالك نشاط بحثي مكثف لزيادة القدرة الإنتاجية بالاعتماد على الطاقة الشمسية[8].

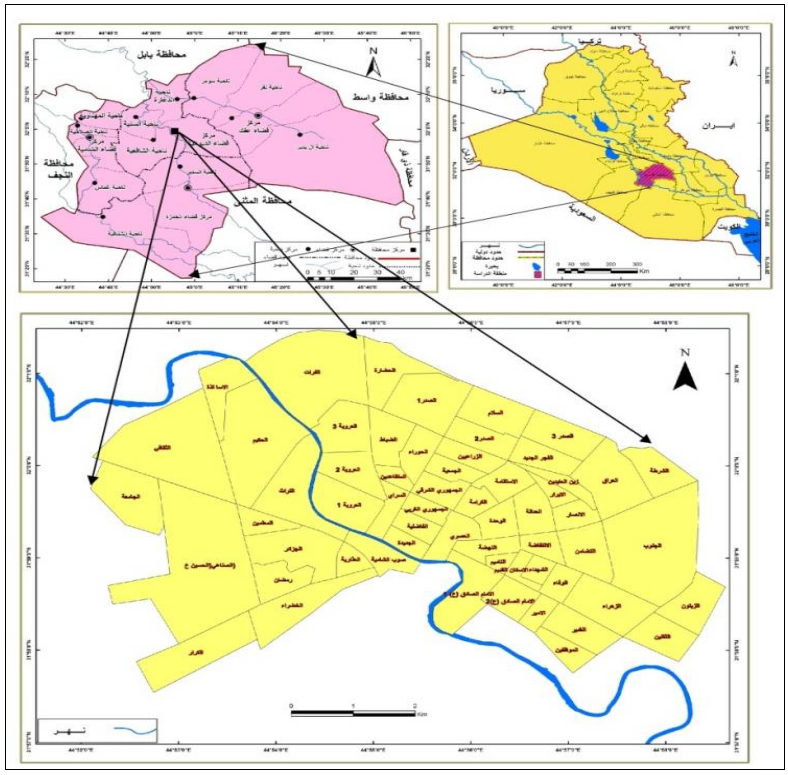
ولغرض الاستخدام الفعال للطاقة الشمسية تطلب استعمال وسائل متطورة لغرض تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية، اذ يمكن تحويل الطاقة الشمسية الى (الطاقة الحرارية والكهربائية والفوتوكيميائية) وذلك يتطلب وسيلة ملائمة يمكن من خلالها التعامل مع شدة الاشعاع الشمسي وتحويله الى شكل ملائم من أشكال الطاقة[9].

ومما تقدم يدل على أن الدول المتقدمة ادركت أن الطاقة المتجددة أفضل بديل للطاقة في ضوء اضمحلال مصادر الطاقة التقليدية(الاحفورية)، وأثبتت التجارب العالمية أهمية استخدام الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية) ذات التأثير الفعال والإيجابي في الجانب الاقتصادي والبيئي والتنمية الاجتماعية[10] ذلك لان الطاقة المتجددة احد أهم ركائز التنمية المستدامة، مما يتطلب زيادة كفاءة مصادر الطاقة المتجددة ولا سيما الطاقة الشمسية، وقد تؤدي التحسينات في كفاية وكفاءة الطاقة الشمسية من خلال التقدم التكنولوجي الى زيادة طلب الاقتصاد العالمي لهذا النوع من مصادر الطاقة[11].

مسوغات البحث: ان اغلب محطات الأنواء الجوية المنتشرة في انحاء العالم والعراق بصورة خاصة تقوم بقياس الاشعاع الشمسي الكلي على السطح الافقي، ومنها يتم تقدير كل من الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر كل على انفراد والتي تحتاجها اغلب التطبيقات العملية للطاقة الشمسية، اذ تفتقر قاعدة البيانات التي توفرها محطات الانواء الجوية الى بيانات تفصيلية عن مستوى شدة الاشعاع بزوايا سمت متعددة ولكل ساعة ولكل اتجاه جغرافي مما اوجد حاجة وضرورة لأجراء دراسة ميدانية يتم من خلالها دراسة مقدار شدة الاشعاع لثلاث ساعات (830،1030،1230) في فصلي الصيف والشتاء في مدينة الديوانية ولزوايا اتجاه (صفر،270،315، 45،90،135،180،225) وبزاوية سمت رأس لخلايا الشمس (صفر،15،30،45،60،90) وتم حساب كمية الاشعاع الشمسي على الاسطح المائلة لحاجتها في تصميم المنظومات التي تعمل بواسطة المجمعات والخلايا الشمسية وغيرها[12]،اذ تعد معرفة كمية شدة الاشعاع الشمسي الواصل بمثابة اساس لاختيار مواقع مشاريع الطاقة الشمسية ولتصميم وتقويم أداء المنظومات التي تعمل بالطاقة الشمسية[13].

ولهذا كانت هذه الدراسة بمثابة محاولة لزيادة كفاءة الخلية الشمسية بالاعتماد على كفاءة التوجيه، في حين اهتمت الدراسات الأخرى بدراسة كفاءة تحويل الطاقة الشمسية بالاعتماد على دراسة الخصائص الفيزيائية للخلايا المصنوعة اذ تراوحت بين (6-12%)، اما الخلايا المصنوعة من غشاء رقيق فقد وصلت كفاءتها تقريباً الى (19%) في حين الخلايا المصنعة ذات الموصلات المتعددة كانت لها كفاءة عالية وصلت الى (35%)[14].

الحدود المكانية والزمانية للبحث: تتحددّ منطقة الدراسة مكانياً، ضمن التصميم الاساس لمدينة الديوانية الواقعة عند تقاطع دائرة عرض (59 31° شمالاً) مع خط طول (15 55 44° شرقاً)، فهي تمثل المركز الإداري لمحافظة القادسية المكونة من اربعة اقضية وخمسعشرة وحدة ادارية (ناحية) ينظر خارطة (1)، وقد بلغت مساحتها ضمن حدود المخطط الاساس (5200 هكتاراً). اما المساحة المشغولة منها فعليا فقد بلغت (4676.77هكتاراً) .



خريطة (1) موقع منطقة الدراسة.

المصدر: اعتمادا على:

(1) الهيأة العامة للمساحة، خريطة محافظة القادسية الإدارية.

(2) المرئية الفضائية لمدينة الديوانية الملتقطة سنة 2011

(3) خريطة التصميم الأساس لمدينة الديوانية من 1974 ولغاية 2000

المبحث الاول: العوامل المتحكمة في كفاءة الخلايا الشمسية (الافتراضية) في مدينة الديوانية:

أولا: العوامل المتحكمة في كفاءة الخلايا الشمسية ذات الصلة بشدة الاشعاع الشمسي (المباشر، والمنتشر) الواصل الى سطح الخلايا الشمسية:

1-العوامل المتحكمة في كفاءة الخلايا الشمسية اعتماداً على شدة الاشعاع ذات الصلة بالمفقود من الطاقة الواصلة لسطح الخلايا الشمسية(الافتراضية):

(1) أثر التباين الشهري لمؤشراتتأثيرات العواصف الترابية في كفاءة الخلايا الشمسية:

يؤثر عامل عكورة الجو في شدة طاقة الاشعاع الشمسي للأطوال الموجية المحصورة ما بين (0.36-0.77 مايكرون)[15] اذ تمكن كاتز(katz) من حساب عامل عكورة الجو من خلال قياس الحزم الطيفية للإشعاع الشمسي العمودي المباشر للأطوال الموجية المذكورة سابقاً[16].

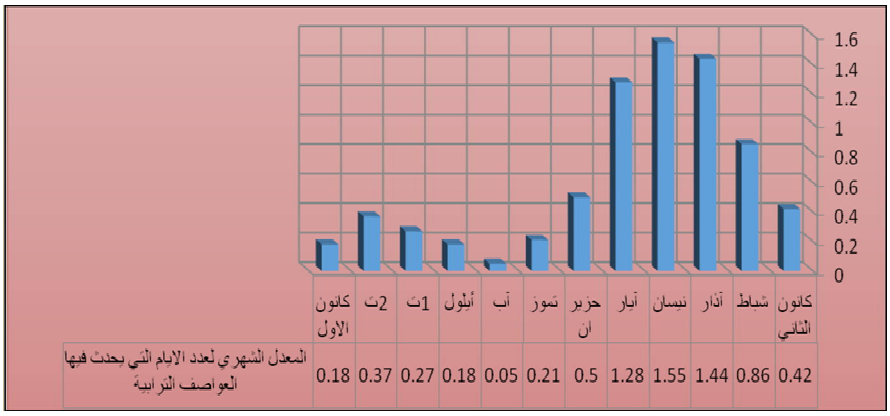
وتأثير وظيفة ضوء الشمس الذي يعمل على تنشيط الالكترونات في كل من الطبقتين بعامل عكورة الجو لينتج التيار، فعندما يتم امتصاص الفوتونات من قبل الخلية الشمسية تسبب طاقة الفوتون بتنشيط حركة الالكترونات في الطبقات، وبالتالي تحررها من الذرات، فتتحرك الالكترونات الى اسفل الخلية لتنتقل بين الطبقتين

عبر سلك مربوط بينهما، وبهذا ينشأ التيار الكهربائي في الخلية الشمسية والعكس صحيح، ولذلك تعتمد كفاءة عمل الخلية على عاملين: **الاول** هو كفاءة تحويل داخل الخلية و**الثاني** هو قابلية الخلية الشمسية على امتصاص الفوتونات [17]، ويرتبط عامل كفاءة التحويل الطاقة ومستوى امتصاص الفوتونات بعامل عكورة الجو.

ومن هنا أصبح من الضروري عرض واقع ثلاثة مؤشرات تؤثر في عكورة الجو ويمكن ايجازها على النحو الآتي:

أ- **المعدل الشهري لعدد الأيام التي تهب فيها العواصف الترابية:** يتباين في مدينة الديوانية معدل عدد الأيام العواصف الترابية فصلياً، اذ يقل المؤشر الى أدنى حد له في شهر آب ليبلغ (0,05)، في حين يزداد ليبلغ اقصى حد له في شهر نيسان، إذ يبلغ (1,55) اما في الاشهر التي رصد فيها شدة الاشعاع لشهري كانون الاول وحزيران فقد بلغ المؤشر (0,18) و (0,5) على التتالي.

ينظر شكل (1)، مما سبق يتضح ارتفاع نسبي للمؤشر في شهر حزيران بالموازنة مع شهر كانون الأول، انعكس ذلك على زيادة مستوى عكورة الجو في شهر حزيران.

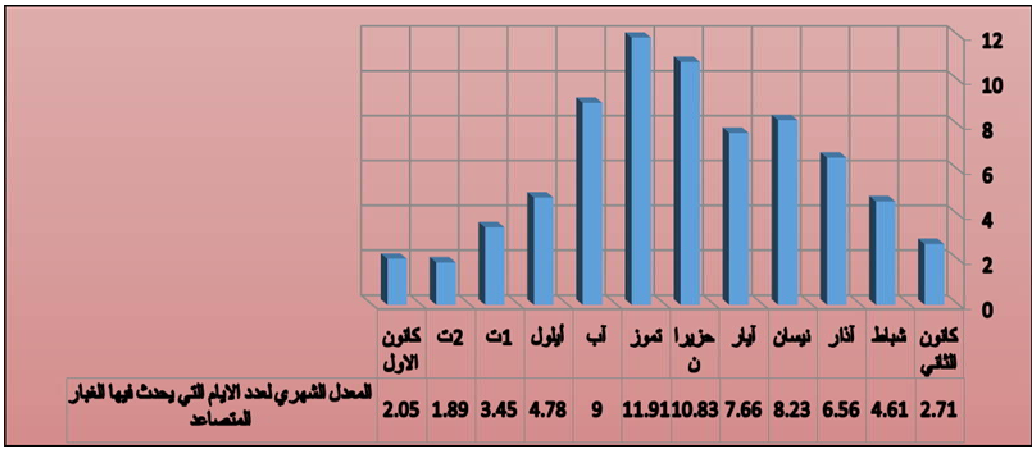


شكل(1) المعدل الشهري لعدد الأيام التي تحدث فيها العواصف الترابية على مدينة الديوانية.

المصدر: اعتمادا على وزارة النقل و المواصلات ،الهيئة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة للمدة(1997-2017).

ب- المعدل الشهري لعدد الأيام التي يحدث فيها الغبار المتصاعد: يتباين مؤشر معدل عدد أيام الغبار المتصاعد لكل شهر في الفصل الواحد، اذ يزداد في شهر تموز، الذي يمثل فصل الصيف، ليبلغ (11,91)، بينما يقل المؤشر الى أدنى حد له في شهر تشرين الثاني ليبلغ (1،89). أما في الأشهر التي رصدت فيها شدة الاشعاع وهما شهري كانون الأول وحزيران، فقد بلغ المؤشر (2,05) و (10,83) على التتالي.

ينظر الشكل (2) ونستدل مما سبق أن زيادة عكورة الجو في مدينة الديوانية في شهر حزيران كانت بفعل زيادة معدل عدد أيام الغبار المتصاعد شهرياً بالمقارنة مع مستوى العكورة في الجو الأقل نسبياً في شهر كانون الأول بدلالة المؤشر ،مما أنعكس ذلك على زيادة شدة الاشعاع المنتشر في شهر حزيران ،وانخفاضه في شهر كانون الأول.

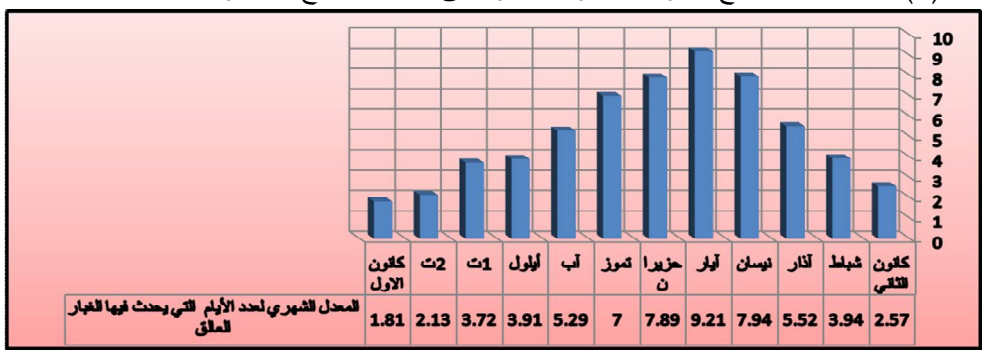


شكل(2) المعدل الشهري لعدد الأيام التي يحدث فيها الغبار المتصاعد في مدينة الديوانية.

المصدر: اعتمادا على وزارة النقل و المواصلات ،الهيئة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة للمدة(1997-2017).

ث- المعدل الشهري لعدد الأيام التي يحدث فيها الغبار العالق: يتباين المؤشر فصلياً، إذ يقل في شهر كانون الأول ليصل الى ادنى حد له، اذ يبلغ (1.81)، في حين يرتفع المؤشر الى اقصى حد له في شهر مايس ليبلغ (9,21). أما عند رصد الاشعاع الشمسي لشهري كانون الأول وحزيران، فقد بلغ المؤشر (1,81) و(7,89) على التتالي.

ينظر شكل (3)، ومما سبق يتضح أن زيادة تأثير المؤشر على نسبة الاشعاع المنتشر صيفاً وانخفاضه شتاءاً.



شكل(3)المعدل الشهري لعدد الأيام التي يحدث فيها الغبار العالق في مدينة الديوانية.

المصدر: اعتمادا على وزارة النقل و لمواصلات ،هيئة الانواء الجوية العراقية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة للمدة(1997-2017).

ومما تقدم يتضح أن معدل عدد الأيام للعواصف الترابية، والغبار العالق، والغبار المتصاعد يزداد في شهر حزيران بالمقارنة مع شهر كانون الأول، وقد يترتب على ذلك انخفاض نسبة فاعلية الاشعاع المباشر بالمقارنة مع الاشعاع المنتشر في شدة الاشعاع الكلي الواصل الى سطح الخلايا في شهر حزيران، وان زيادة شدة الاشعاع الذي تم رصده هي وليد للإشعاع المنتشر بدلالة ارتفاع مستوى عكورة الجو وفقاً لارتفاع للمؤشرات سابقة الذكر، وأن زيادة الطاقة الواصلة والمرتفعة نسبياً بالمقارنة مع اشهر السنة الاخرى جاء بفعل زيادة زاوية ارتفاع الشمس، أما في شهر كانون الأول فتكون العملية معكوسة، إذ تزداد نسبة فاعلية الاشعاع المباشر بالمقارنة مع المنتشر في تكوين شدة الاشعاع الكلي الواصل الى سطح الخلايا في شهر كانون الأول، وما يفسر الانخفاض

النسبي في شدة الاشعاع الذي تم رصده في شهر كانون الأول أنه جاء بفعل الانخفاض النسبي في زاوية ارتفاع الشمس في الشهر ذاته.

(2) المعدل الشهري للنسبة المئوية لغطاء السحب:تعرف الغيوم (The clouds)، بأنها حجم كثيف مؤلف من الماء والجليد المعلق تتراوح اقطارها بين (20–50 مايكرون) وكل جزء يتكون من نواة من مادة صلبة يتراوح قطرها ما بين (0,1–1 مايكرون)[18].

اكدت العديد من الدراسات أن الغيوم تؤثر في شدة الطاقة المنتشرة المتنقلة عبر الاشعاع بدلالة النمذجة الرياضية لشدة الاشعاع الشمسي الكلي الساقط على السطح الافقي وفقاً لمدخلات عدد ساعات سطوع الشمسي وكمية الغيوم في الجو[19]، حيث نمذج الباحث سولر(solar) العلاقة بين شدة الاشعاع الشمسي العمودي المباشر وعامل الصفاء الجوي وعدّهاعلاقة خطية[20].

يتباين مؤشر معدل التغيم شهريا في مدينة الديوانية، اذ يزداد المؤشر الى أن يبلغ اقصى حد له في شهر كانون الثاني إذ يبلغ (3,8)، في حين يقل المؤشر الى أدنى مقدار له في شهر حزيران حيث يبلغ (0,3) ينظر شكل (4)، أما خصائص المؤشر ضمن أشهر الرصد لشدة الاشعاع، فقد تباينت هي الأخرى، إذ بلغ المؤشر في شهري كانون الأول وحزيران كمعدل للزمن المحصور بين الساعات (830–1230) (282,78 واط/م2) و(850,6 واط/م2) على التتالي وعلى المستوى الافقي.

شكل(4)المعدل الشهري للنسبة المئوية لغطاء السحب في مدينة الديوانية.

المصدر: اعتمادا على (علي حسين الشلش ،مناخ العراق، ترجمة د.ماجد السيد ولي و عبد الاله ارزوقي كربل، مطبعة جامعة البصرة، البصرة،1988،ص82).

ونستنتج مما تقدم إن تباين المؤشر بحسب أشهر السنة كان له الدور الفعال في تحديد مقدار ونسبة الاشعة المنتشرة من الاشعاع الشمسي المباشر، إذ يساهم هذا المتغير في زيادة ضائعات الطاقة للإشعاع الشمسي الكلي الواصل الى سطح الخلايا في مدينة الديوانية من جهة، ويزيد من نسبة الاشعة المنتشرة بالمقارنة مع العمودية من جهة أخرى، مما يقلل من فاعلية التغيير الحاصل في زاوية ارتفاع الشمس المؤثرة في تغير شدة الاشعاع ضمن ساعات النهار لأغلب أيام أشهر الشتاء.

وتكون العملية معكوسة تماماً في أشهر الصيف ولاسيما في شهر حزيران، حيث يقل تأثير هذا العامل بالمساهمة في الضائعات للطاقة المنتقلة بالإشعاع الشمسي، وبهذا فان العامل المؤثر في التغير الحاصل في شدة الاشعاع عبر ساعات النهار هو مقدار زاوية ارتفاع الشمس نظراً لانخفاض مساهمة الغيوم في انتشار الاشعاع الشمسي اثناء مروره في الغلاف الجوي وصولاً الى سطح الخلايا الشمسية.

2- العوامل المتحكمة في كفاءة الخلايا الشمسية ذات الصلة بالزوايا المحددة لموقع قرص الشمس من سطح الخلايا الشمسية(الافتراضية): من المعروف ان الحركة الرأسية والافقية لقرص الشمس ضمن ساعات النهار وعلى أساس فصول السنة تتأثر بمتغيرات عدة تتمثل بالزوايا المحددة لموقع قرص الشمس، ويمكن ايجازها على النحو الاتي:

1- زاوية ارتفاع الشمس(h)

اولاً: تتحدد زاوية ارتفاع الشمس من خلال ثلاثة متغيرات يمكن ايجازها على النحو الاتي:[21]:

1- زاوية خط العرض: وهي الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين النقطة على سطح الأرض ومركز الأرض، ومسقط هذا الخط على المستوى المار على خط الاستواء، وبهذا فان مقدار هذه الزاوية هو دالة على مقدار خط العرض عددياً[22]، وفي مدينة الديوانية مقدار هذه الزاوية (31,59)°

2- زاوية الزمن: وتعد زاوية الزمن أحد المتغيرات لتحديد زاوية سقوط الاشعاع الشمسي وزاوية البعد الافقي، وهي الزاوية المحصورة بين مسقط الخط الواصل بين مركزي الأرض والشمس ومسقط الخط الواصل بين مركز الأرض والنقطة على سطح الأرض[23]. وهي تمثل الأوقات التي تم من خلالها رصد الحركة الرأسية لقرص الشمس في مدينة الديوانية. (830، 1030، 1230).

3- زاوية ميل الشمس: انها الزاوية المحصورة بين الخط الواصل بين مركزي الشمس والأرض ومسقط هذا الخط على المستوى المار في خط الاستواء. وزاوية ميل الشمس تتغير حسب موقع الأرض في المدار حول الشمس خلال العام ألواحد[24]. ويتراوح مقدار زاوية ميل الشمس (Declination Angle) بين (+23,5) درجة الى شمال خط الاستواء و(-23,5) الى الجنوب منه[25]. وبما ان موقع مدينة الديوانية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، فعند ذلك يكون مقدار زاوية ميل الشمس بالموجب تكون الموازنة الحرارية والاشعاعية في المدينة موجبة، والعكس يحصل عندما تكون زاوية ميل الشمس سالبة.

وقد اثبتت الدراسات ان زاوية ميلان اشعة الشمس إحدى العوامل المؤثرة في أداء الخلايا الشمسية، إذ ان لزاوية ميلان اشعة الشمس تأثيراً كبيراً في قدرة انتاج اللوح الشمسي للطاقة الكهربائية، وذلك من خلال علاقة زاوية ميلان اشعة الشمس للمكان مع تغير شدة الاشعاع الشمسي الساقط عليه، حيث يتأثر مستوى كفاءة القدرة الكهربائية الخارجة من اللوح الشمسي وكميتها بمقدار زاوية ميل الشمس[26].

وهذا ما تم اثباته في دراسة للباحث جلسنوود (Jellison and wood, 1986) اذ خلصت الدراسة الى وجود علاقة بين تغير كفاءة الخلية الشمسية و تغير زاوية سقوط للأشعة الشمسية وزاوية ميلان الشمس (DA)[27].

اذ يلاحظ عندما تكون زاوية ميلان اشعة الشمس موجبة يكون لها انعكاس على زيادة مقدار زاوية سقوط الاشعاع الشمسي (h) للساعات (830،1030،1230) لتبلغ (43،69،80) على التتالي في فصل الصيف، في حين يؤثر المقدار السالب لزاوية ميلان اشعة الشمس (DA)، بينما يقل مقدار زاوية سقوط الاشعاع الشمسي (h)، في فصل الشتاء لتبلغ (31،52،58) للأوقات سابقة الذكر على التتالي. ينظر جدول (1)، وهذا انعكس على شدة الاشعاع الشمسي الواصل لسطح الخلايا خلال مدة الرصد (830، 1030، 1230) في مدينة الديوانية.

2- زاوية سمت الرأس (Z): هي الزاوية المحصورة بين سمت الراصد وموقع قرص الشمس[28]، حيث تؤثر الزيادة في مقدار زاوية سمت الرأس (z) في تقليل مقدار شدة الاشعاع الواصل على الاسطح الافقية، على العكس من الاسطح عمودية الامتداد حيث يكون تأثيرها ايجابياً،إذ يلاحظ من الجدول (1) انخفاض مقدار زاوية سمت الرأس (z) صيفا، وارتفاعها شتاءً. لثلاث ساعات الرصد من (830،1030،1230).

3- زاوية البعد الافقي(A): هي الزاوية التي يصنعها اشعاع الشمسي على مستوى افق الراصد مقاسة بالزوايا ومقدارها يمتد عن صفر الشمال، وتحسب عن طريق برنامج استخدم لهذا الغرض عن طريق نمذجة زوايا قرص الشمس بدلالة الوقت على مستوى اليوم، والفصل والشهر من السنة، والموقع الفلكي لمدينة الديوانية[29].

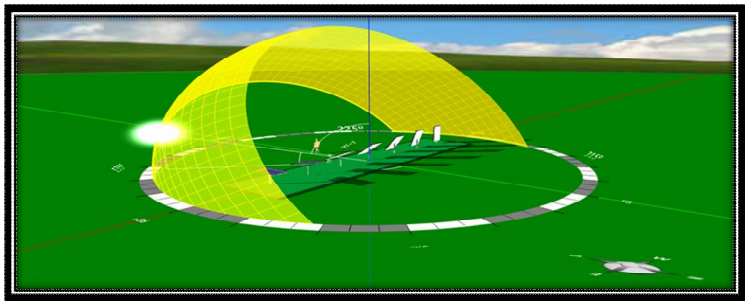
فان الفرق بين زاوية البعد الافقي عند الشروق والزوال تعطي صورة عن عدد ساعات السطوع الشمسي النظري، وما يتم خلال تلك الساعات من كسب لطاقة الإشعاع الشمسي[30] فكلما زاد الفارق بين مقدار الزاوية في الشروق والزوال دل ذلك على زيادة عدد ساعات الكسب لطاقة الاشعاع الشمسي، والعكس يحصل عندما يتقلص الفارق لمقدار زاوية البعد الافقي **(A)**عند الشروق والزوال.

جدول (1) مقدار الزوايا المحددة لموقع قرص الشمس في الساعة (830، 1030 ، 1230) في مدينة الديوانية، ولجميع فصول السنة.

الساعة / الفصل	زاوية سمت الراس(Z)			زاوية سقوط الاشعاع الشمسي(h)			زاوية البعد الافقي للإشعاع الشمسي عن صفر الشمال (A)		
رصدة فصل الصيف	830	1030	1230	1230	1030	830	830	1030	1230
رصدة الاعتدال الخريفي	47	21	10	80	69	43	86	105	223
رصدة فصل الشتاء	59	38	32	58	52	31	112	142	194
رصدة الاعتدال الربيعي	75	59	56	34	31	15	131	156	180
	59	38	32	58	52	31	112	142	194

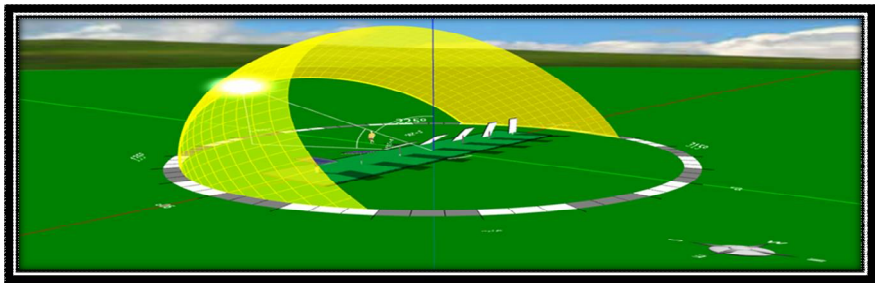
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج
Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017.

الاشكال رقم(12،13،14،15،16،17،5،6،7،8،9،10،11)



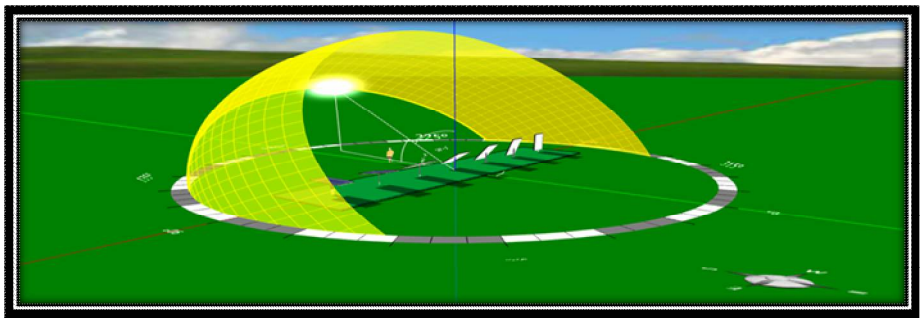
شكل (5) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية (الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °) شمالا في ساعة (830) في 21/كانون الاول الانقلاب الشتوي.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



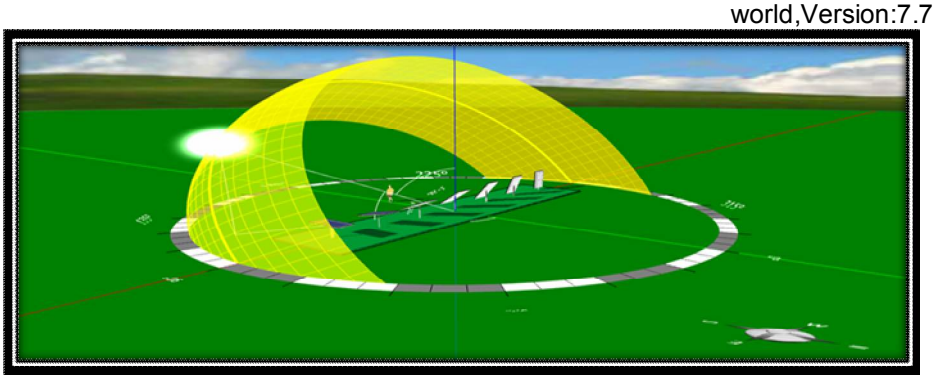
شكل (6) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °) شمالا في ساعة (1030) في 21/كانون الاول الانقلاب الشتوي.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017.



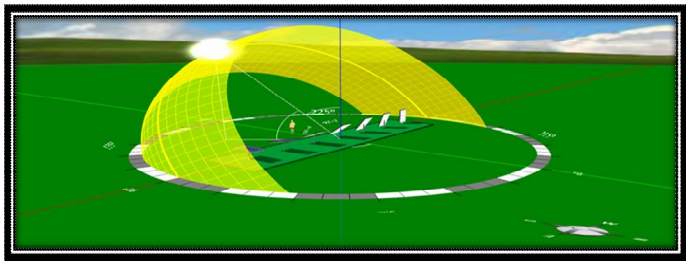
شكل (7) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59°) شمالا في ساعة (1230) في 21/كانون الاول الانقلاب الشتوي.

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



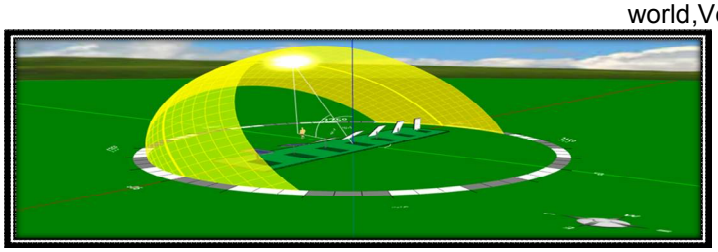
شكل (8) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °) شمالا في ساعة (830) في 21/آذار(الاعتدال الربيعي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



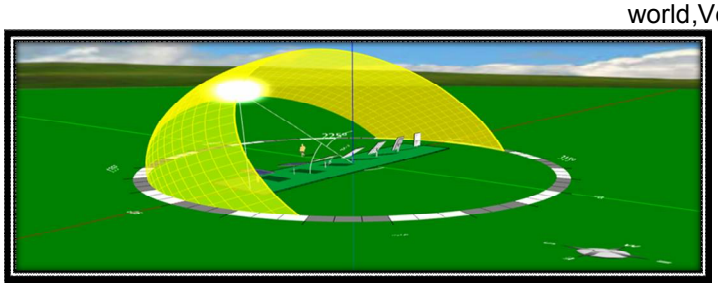
شكل (9) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (1030) في 21/آذار(الاعتدال الربيعي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



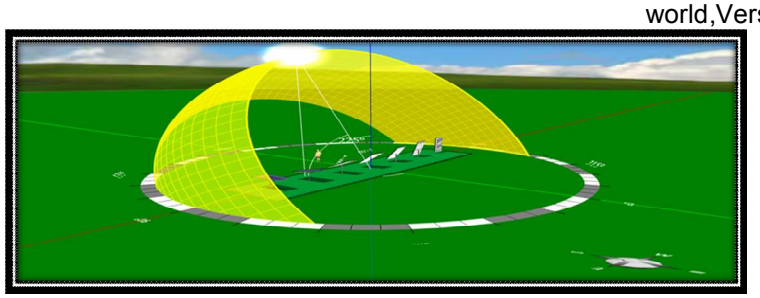
شكل (10) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية (الافتراضية)في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °) شمالا في ساعة (1230) في 21/آذار(الاعتدال الربيعي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



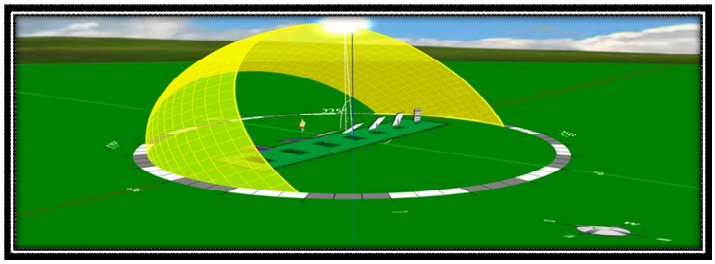
شكل (11) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (830) في 21 /حزيران(الانقلاب الصيفي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



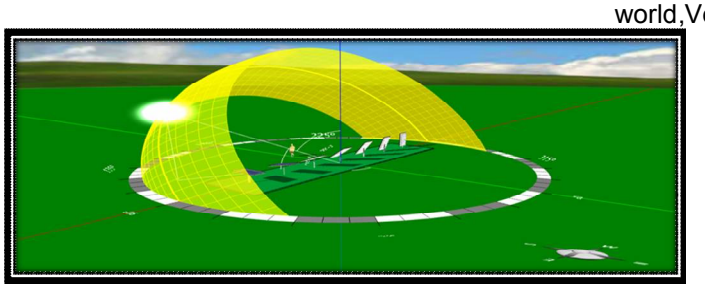
شكل (12) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59°)شمالا في ساعة (1030) في 21 /حزيران(الانقلاب الصيفي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



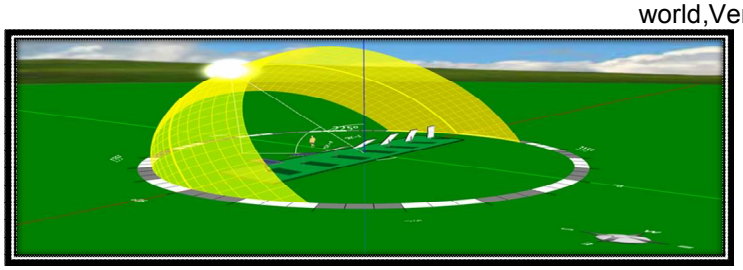
شكل (13) زوايا موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (1230) في 21 /حزيران(الانقلاب الصيفي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



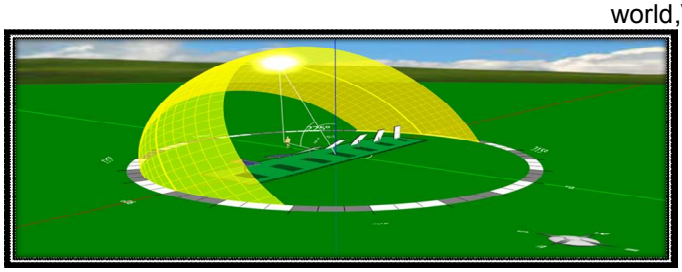
شكل (14) موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (830) في 21 /ايلول(الاعتدال الخريفي)

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



شكل (15)موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (1030) في 21 /ايلول(الاعتدال الخريفي)

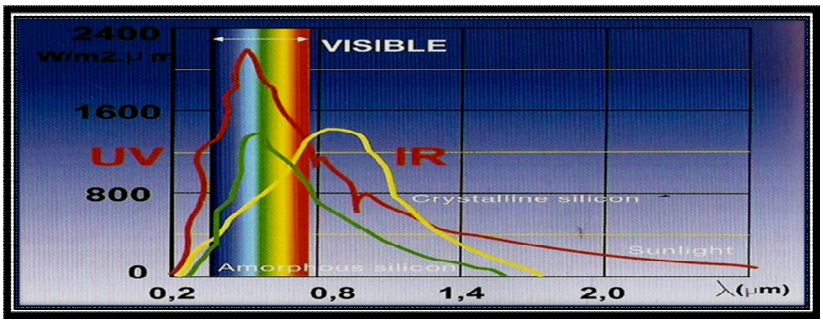
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017



شكل (16) موقع قرص الشمس نسبتا لواجهة الخلايا الشمسية(الافتراضية) في مدينة الديوانية بدلالة الموقع الفلكي للمدينة(31,59 °)شمالا في ساعة (1230) في 21 /ايلول(الاعتدال الخريفي).

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017

ثانيا:العوامل المتحكمة في كفاءة الخلايا الشمسية ذات الصلة بالخصائص الفيزيائية لمعادن الخلايا الشمسية(الافتراضية):تتباين الاستجابات الطيفية والكفاءة والكمية للطاقة المنتجة بالاعتماد على الطاقة الشمسية– وعلى شدة الاشعاع الشمسي الواصل للخلية، والاستجابة الطيفية للخلية الشمسية هي كمية مقاسة مباشرة، وتعرف نسبة الاستجابة الطيفية للخلايا الشمسية بأنها النسبة بين التيار الضوئي الكلي المستلم من قبل الخلية الشمسية وعدد الفوتونات الساقطة على سطح الخلية لكل طول موجي وتقاس بوحدة امبير لكل (واط)[19].ينظر شكل (17).



شكل (17) مستوى الاستجابة الطيفية بدلالة كمية الطاقة المنتجة وفقا للأطوال الموجيةلأنواع من الخلايا الشمسية السليكونية.

المصدر:Deo Prasad, Design with solar power , p 204

نقلاً عن: أحسان علي الجادري، توظيف المنظومات الشمسية في العمارة، رسالة ماجستير ،قسم الهندسة العمارة، الجامعة التكنولوجية ،2009،ص89.

يمكن تحديد مفهوم الخلايا الشمسية بأنها عبارة عن محولات فولتوضوئية مصنوعة من مواد شبه موصلة كالسيلكون والجرمانيوم[31] ويعد السيلكون المادة الأكثر استخداماً في صناعة الخلايا الشمسية، وذلك لوفرتها في الطبيعة بشكل واسع، ولها تقنية تصنيعية متطورة وكلف انتاج اقتصادية فضلاً عن انخفاض احتمالية اندثارها إلا ضمن مدة زمنية ليست بالقصيرة دلالة على طول عمرها[32].

ويتباين مستوى التقنية التصنيعية للخلايا الشمسية السليكونية تبعاً لأنواعها الرئيسة وهي السليكون البلوري والسليكون متعدد البلورات والسليكون العشوائي، ولهذه الأنواع خصائص متباينة فيزيائياً مما ينعكس على رغبة الشركات التصنيعية في انتاج خلايا شمسية منها[33].

ولهذا تتجه شركات التصنيع الى استخدام السليكون احادي التبلور وهي المادة الأكثر استعمالاً في صناعة الخلايا التجارية، أي تمتلك تركيبا بلورياً منتظماً، وكل ذرة في التركيب البلوري تقع في موقع معين وباتجاه معين، ولذا فانه يمتلك كفاءة عالية، اذ تصل كفاءتها الى (14–17%)، بالمقارنة مع خلايا زرنيخ الجاليوم (Ga As) ولكونه ذا قدرة امتصاصية واطئة فأن الخلايا المصممة تتطلب سمكاً يقرب من (300–500 ما يكرون) لامتصاص ضوء الشمس بالطول الموجي المطلوب[34]. وهذا يتعلق بالخلايا الفوتوفولطية، وهي الاجسام التي تقوم بتحويل طاقة الاشعاع الشمسي الى طاقة كهربائية بشكل مباشر دون الدخول في عمليات التحويل.

وبما ان المادة التي تستعمل في صناعة الخلايا الشمسية يجري تحديدها على اساس معيار الكفاءة، لذا فالمواد الرئيسة المرشحة لصناعة الخلايا الشمسية هي (cu_2s, cd Te, cd se, Ga As, Inp, si)[35].

ويمكن زيادة مستوى كفاءة الاسطح للخلايا الشمسية الماصة للإشعاع الشمسي، وذلك بأستعمال بعض الطلاءات التي تزيد من امتصاص الأشعة الشمسية [36] وقد شغل موضوع كفاءة الخلية الشمسية الكثير من الباحثين بهدف تحسين مستوى كفاءة التحويل للخلايا الشمسية من خلال خفض الخسائر الناتجة من عدة مؤشرات منها ما يتعلق بتفاعل الضوء مع مادة الخلية، حيث تتميز اغلب اشباه الموصلات وبخاصة مادة السليكون (Si) بالانعكاسية العالية للإشعاع الشمسي، ويمكن التقليل من انعكاسية الاشعة الشمسية الواصلة الى سطح الخلية الى أقل حد ممكن من خلال استعمال الطلاء بغشاء مضاد للانعكاسية[37] وكانت محاولة الباحث زيخ(zhenget. A) في عام 1996 رائدة في هذا المجال، اذ قدم دراسة حول كيفية تقليل الانعكاسية للضوء الساقط على سطح خلية شمسية سليكونية عن طريق استعمال طلاء مضاد للانعكاسية يتألف من طبقتين[38].

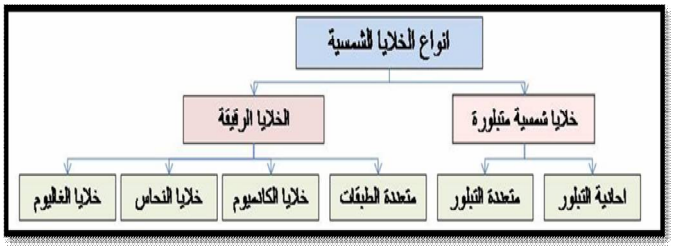
اذ يراعى طلاء الشريحة العليا بالزرنيخ أو الفسفور ووضعها في مقابل اشعة الشمس، اما الشريحة السفلى فتطلى بالبورون او الجاليوم، وعندما يسقط اشعاع شمسي على الشريحة العليا من الخلية، فأنه يعطي طاقته للإلكترونات فيحركها باتجاه الشريحة السفلى، وهكذا يتولد تيار كهربائي[39]. و يستعمل مركب (Sno_2) ثاني أوكسيد القصدير، والمركب (Fe_2o_3) أوكسيد الحديد كطلاء مضاد للانعكاسية للخلايا الشمسية السيليكونية من نوع (P-njunction)[40]. اما المعدن الاخر في صناعة الخلايا الشمسية فيتمثل بخلايا زرنيخ الجاليوم وهي مادة شبه موصلة، اذ يكون المركب الثنائي زرنيخ الجاليوم (Ga As) وصلة ثنائية تعطي مجالاً كهربائياً بطريقة مماثلة لما يحدث في خلايا السيليكون، إلا أنه ليس من المحتمل ان يكون بمقدور هذه المادة خلايا زرنيخ الجاليوم (Ga As) المنافسة في التكلفة بالمقارنة مع خلايا السيلكون، حيث إن سعر المواد الداخلة في تصنيعها تجعل من إنتاج هذا النوع من الخلايا غير اقتصادي في الوقت الحاضر[41].

ومن اهم مميزات مادة زرنيخ الجاليوم (Ga As)أن له عدة مواصفات مرغوبة من أهمها نسبة امتصاصيته عالية لأشعة الشمس، وقلة تاثره بارتفاع درجة الحرارة[42]. وفي الوقت نفسه يحتوي على عدة عيوب عدة تتمثل بقدرة تسرب خلايا المعدن للإلكترونات مما انعكس سلبا على مستوى كفاءة الخلايا الشمسية المصنعة من معدن زرنيخ الجاليوم (Ga As) بحوالي (10%) بالمقارنة مع (13%) للخلايا المصنعة من معدن السيليكون (Si)[43].

اما خلايا ثنائي سلفايدالانديوم نحاس (CIS) فأنها تُعد مادة واعدة لإنتاج اغشية رقيقة بمستوى كفاءة تصل الى (18%)، ولكنها تعاني من بعض المشكلات التصنيعية لان لها تركيب أكثر تعقيداً من الاغشية الرقيقة الأخرى، أما الخلايا الشمسية شبه الموصلة متعدد البلورات من معدن النحاس و انديوم السلينيوم(CTS) فأنه يتصف بزيادة في مستوى كفاءة التحويل والتي تصل الى (17،7%) بالمقارنة مع الخلايا المصنعة من معدن ثنائي سلفايدالانديوم النحاس (CIS)[44].ويكمن تصنيف كفاءة الخلايا الشمسية بدلالة المعدن المصنع منه الخلايا ودرجة أستجابته في تحويل الطاقة وعلى النحو الآتي: [45].

1. احادية التبلور Mono Crystalline silicon Cells بكفاءة(15–20 %)
2. متعددة التبلور (Multi Crystalline) Poly Crystalline Silicon Cells بكفاءة(10–14%)
3. خلايا النحاس Copper Indium Diselenide بكفاءة(18%)
4. خلايا متعددة الطبقات Amorphous Silicon Cells بكفاءة(5–9%)

5. خلايا الكادميوم Cadmium Telluride (CdTe) بكفاءة(7-10%)
6. خلايا زرنيخ الغاليومGaAs Solar Cells بكفاءة(30%) ينظرمخطط (1)



مخطط (1) أنواع الخلايا الشمسية .

المصدر: بيداء سعود عبد الشمري ،أثر تكنولوجيا الطاقة الشمسية في القرارات التخطيطية و الشكلية للمباني وتجمعاتها، رسالة ماجستير ،كلية الهندسة جامعة بغداد ،2011،ص15.

المبحث الثاني: تقييم كفاءة الطاقة المكتسبة لسطح الخلايا الشمسية (الافتراضية):

1- تقييم كفاءة الطاقة المكتسبة بدلالة التغيير في الحركة(الرأسية،و الافقية)، لواجهة الخلايا الشمسية (الافتراضية)وثباتها:

فمن أهم المتغيرات المحددة للحرارة المفقودة من المجمعات الشمسية، هي – اتجاه حركة للاقطات الخلايا للأشعة الشمسية، وسرعة الحركة، أي انه كلما كانت لقطات الخلايا تتحرك بسرعة عالية نسبياً زادت كمية الطاقة الحرارية المفقودة بفعل زيادة الفارق الحراري بين سطح لقطات الخلايا والهواء المجاور لها، وما يرافق ذلك من زيادة في كمية الحرارة المنتقلة الى الهواء المحيط بواسطة الحمل والاشعاع، في حين يحصل العكس عند تقليل سرعة الحركة، اذ تقل كمية الحرارة المنتقلة الى الهواء المحيط وبنفس طريقة انتقال الحرارة سابقة الذكر[46].

كما ان لمتغير شدة الاشعاع الشمسي العمودي أثراً في ارتفاع درجة الحرارة للاقطات الخلايا الشمسية الحرارية، إذ يؤدي الى زيادة الحرارة المكتسبة، ومن ثم زيادة في الطاقة المنتجة، اذا ما افترضنا ثبات كتلة المجمعات وحرارتها النوعية بالاعتماد على المعادلة التالية[47]:

الطاقة الحرارية المكتسبة= كتلة المجمع × حرارته النوعية × ارتفاع درجة حرارته.

ولأجل الاستفادة القصوى من شدة الاشعاع الواصل يفضل توجيه الحركة الرأسية اللاقطات الخلايا الشمسية الحرارية طول النهار بحيث يكون سطحها متعامداً باستمرار مع أشعة الشمس تقريباً، ويجدر بنا القول إن عملية التوجيه هذه تقتضي تحرك اللقطات على وفق محورين يقوم أحدهما بتتبع حركة قرص الشمس من الشرق الى الغرب، في حين يعمل المحور الثاني على بتتبع لا تغير الحاصل في زاوية ارتفاع قرص الشمس ضمن الحركة الرأسية للاقطات [48]. بحيث تلتقط الخلايا شدة الاشعاع الأعلى سواء كان من الاشعاع المباشر والمباشر العمودي[49] أم من الاثنين معاً.

وبفعل زاوية ارتفاع اشعة الشمس في مدينة الديوانية التي لا تصل الى (90) بسبب إن مدينة الديوانية تقع الى شمال مدار السرطان، ولذلك فأن الاشعاع لا يسقط عمودياً على السطح الافقي، ومن جانب أخر فأن الاسطح الافقية كغيرها من الاسطح التي تتعرض للإشعاع الشمسي تتأثر بهذا الاشعاع، ولحساب مقدار التأثير يتم حساب

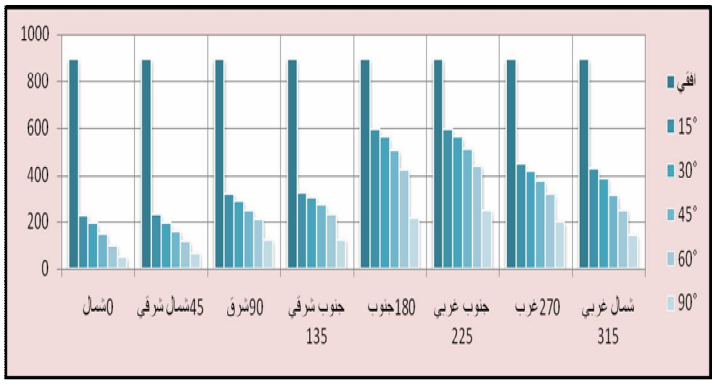
الجزء الذي يسقط عمودياً على السطح الافقي ناظرين الى الاشعاع الشمسي المباشر يعدّه كمية موجهة، وهذا الجزء العمودي هو ما تحتاجه لقطات الخلايا الشمسية وهو ما يعرف في هذا المجال باسم الاشعاع المباشر[50].

اولاً: رصدة فصل الصيف: أظهرت نتائج البحث ان أعلى شدة للطاقة الواصل بالإشعاع المباشر العمودي والمنتشر في ساعة الرصد (830) كانت بزاوية سقوط الاشعاع (h)(15ْ(، إذ بلغت شدة الاشعاع (593,09 واط/ م^2)، وبزاوية بعد أفقي (A) مقداره(180ْ(باتجاه الجنوب، ،من خلال شكل (**18**) يتضح أن أعلى مقدار لشدة الاشعاع الشمسي تم رصدها بلغت (893,66 واط/م2/الساعة) الواصلة لواجهة ألواح الخلايا الشمسية التي تكون باتجاه قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (صفر^0)، في حين رصد أقل مقدار للطاقة(48,31واط/م2/الساعة) المتحقق عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (90^0)، الامر الذي يجعل المدى بين أقل و أعلى طاقة متحققة(845,35واط /م2/الساعة) كوفورات في الطاقة عندما تكون واجهات الخلايا الشمسية باتجاه زاوية سمت الرس (صفر^0)، وتبتعد عن الاتجاه الاقل وفورات وهو اتجاه موقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (90^0)، و زاوية البعد الافقي (صفر^0) في وقت (830)، ومما تقدم يتضح ان ثبات الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (صفر^0).

جدول(2)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (830) في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقي لتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	893,66	224,94	193,66	150,89	101,38	48,31
45 شمال شرقي		228,50	194,05	160,79	118,41	66,53
90 شرق		319,80	291,95	250,17	208,38	124,27
135جنوب شرقي		326,36	304,29	272,76	230,38	127,17
180جنوب		593,09	567,07	503,86	425,77	213,81
225جنوب غربي		593,08	564,27	510,36	440,63	250,06
270 غرب		450,17	418,12	372,96	319,78	201,04
315 شمال غربي		428,3	384,6	313,22	249,11	147,13

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)



شكل(18)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس،و البعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (830) في مدينة الديوانية.

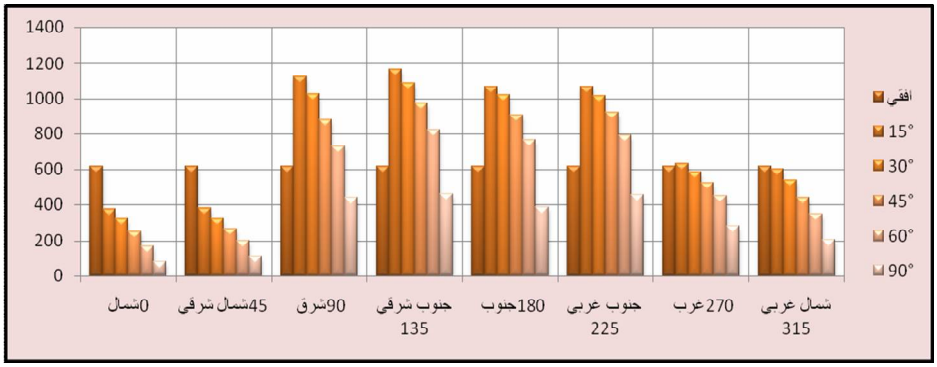
المصدر: اعتمادا على جدول(2)

في حين رصد مقدار زاوية اتجاه البعد الافقي (A) (135 ْ) باتجاه جنوب شرق ذات الاشعاع الأعلى طاقة في ساعة الرصد (1030)، ولكن زاوية سقوط الاشعاع كانت للساعة نفسها (h)(15 ْ)، إذ ارتفعت شدة الاشعاع الواصل لتبلغ (1167,25 واط/ م^2)، فمن خلال شكل (**19**) يتضح أن أعلى مقدار تم رصده لشدة الاشعاع الشمسي(1167,25واط/م2/الساعة) يصل لواجهة ألواح الخلايا الشمسية ذات الاتجاه لموقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (15 ^{0})، وزاوية بعد أفقي (135 ^{0})جنوب شرقي، في حين رصد أقل مقدار للطاقة(80,56واط/م2/الساعة) عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (90 ^{0})، الامر الذي يجعل الفارق في الطاقة(1086,69واط /م2/الساعة) كوفورات في الطاقة التي يتم تحويلها الى طاقة كهربائية عندما تكون واجهات الخلايا الشمسية باتجاه زاوية سمت الرأس (صفر ^{0}) وتبتعد عن الاتجاه الاقل وفورات في الطاقة الواصلة المتحقق للخلايا عندما تكون باتجاه موقع قرص الشمس المحدد لزاوية سمت الرأس (90 ^{0}) وزاوية البعد الافقي (صفر ^{0}) في وقت (1030) في فصل الصيف، ومما تقدم يتضح ان ثبات الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحكوم بزاوية سمت الرأس (صفر ^{0}) هو المثالي في تحقيق أعلى وفورات في الطاقة.

جدول(3) مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (1030) في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقي للتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	613,50	375,1	322,93	251,61	169,06	80,56
45 شمال شرقي		381,03	323,58	268,11	197,45	110,94
90 شرق		1122,14	1024,41	877,8	731,18	436,07
135جنوب شرقي		1167,25	1088,31	975,54	825,16	459,38
180جنوب		1068,38	1021,5	907,63	766,96	385,15
225جنوب غربي		1068,38	1016,47	919,35	793,75	450,46
270 غرب		628,49	583,75	520,7	446,45	280,68
315 شمال غربي		597,97	536,96	437,30	347,80	205,42

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)



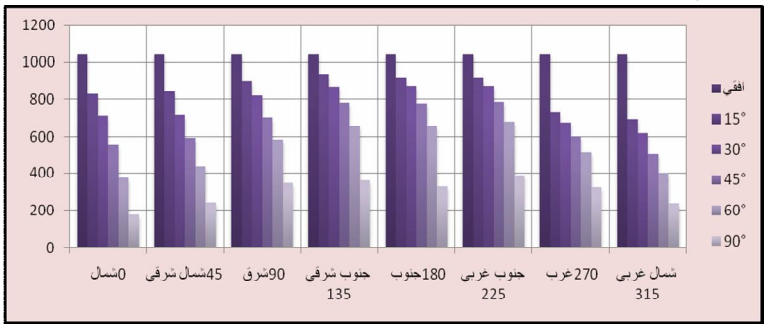
شكل(19)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس،والبعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (1030)في مدينة الديوانية.
المصدر:اعتمادا على جدول(3).

إما ساعة الرصد (1230) فسجلّ فيها أعلى شدة للإشعاع بلغ (1044,65 واط/ م^2) بزاوية سقوط اشعاع (h)(صفر°) ضمن واجهة سمت الرأس لسطح للاقطات الخلايا الشمسية، من خلال شكل (**20**) يتضح أن أعلى مقدار تم رصده لشدة الاشعاع الشمسي(1044,65واط/م2/الساعة) يصل لواجهة ألواح الخلايا الشمسية ذات الاتجاه لموقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر^0)، في حين رصد أقل مقدار للطاقة (177,8واط/ م2/الساعة) عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس(90^0) وزاوية البعد الافقي (صفر^0)،الامر الذي يجعل الفارق في الطاقة(866,85واط /م2/الساعة) كوفورات في الطاقة التي يتم تحولها الى طاقة كهربائية عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه زاوية سمت الرس (صفر^0) بشكل (ثابت) في وقت (1230) في فصل الصيف.

جدول(4)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (1230) في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقيلتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	1044,65	828,61	712,51	555,15	373,10	177,80
45 شمال شرقي		840,72	713,96	591,57	435,66	244,78
90 شرق		897,57	819,39	702,12	584,84	348,79
135جنوب شرقي		933,64	870,5	780,30	660,02	363,83
180جنوب		915,21	875,05	777,51	657,01	329,93
225جنوب غربي		915,21	870,75	787,55	679,96	385,88
270 غرب		726,86	675,11	602,19	516,33	324,61
315 شمال غربي		691,56	621	505,74	402,23	237,57

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)



شكل(20)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية) مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/حزيران/2018) الانقلاب الصيفي في الساعة (1230) في مدينة الديوانية.

المصدر:اعتمادا على جدول(4).

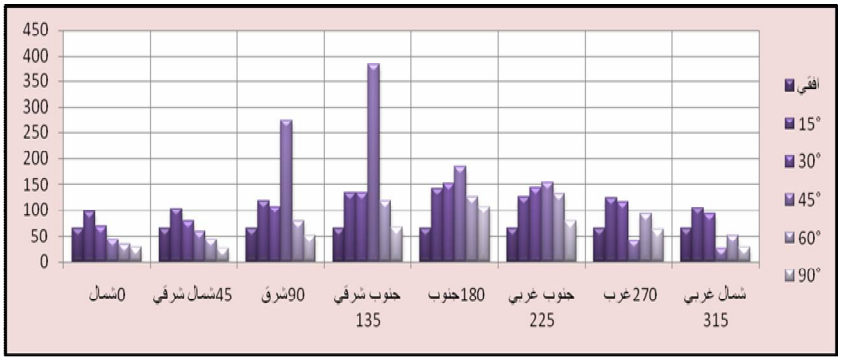
ثانياً: رصدة فصل الشتاء: أظهرت نتائج البحث–إن أعلى شدة للطاقة الواصلة بالإشعاع المباشر العمودي والمنتشر كانت في ساعة الرصد (830)و بزاوية سقوط الاشعاع (h) (45) إذ بلغت شدة الاشعاع الواصل (382,26 واط/ م^2)، وبزاوية بعد أفقي (A) بلغت (135^0) باتجاه الجنوب الشرقي، فمن خلال شكل (**21**) يتضح أن أعلى مقدار تم رصده لشدة الاشعاع الشمسي(382,26واط/م2/الساعة) يصل لواجهة ألواح الخلايا الشمسية ذات الاتجاه لموقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (45^0)،وزاوية البعد الافقي(135^0) جنوب الشرقي، في حين رصد أقل مقدار للطاقة(25,03واط/م2/الساعة) عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (90^0) و زاوية البعد الافقي (45^0) شمال شرقي، الامر الذي يجعل الفارق في الطاقة(357,23واط /م2/الساعة) كوفورات في الطاقة التي يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية

عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية المتحركة باتجاه قرص الشمس المحددة بزاوية سمت الرس (45^0)، وزاوية البعد الافقي(135^0) جنوب الشرقي في وقت (830) في فصل الشتاء.

جدول (5) مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/كانون الاول/2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (830) في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقيلتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	64,85	96,19	67,97	42,93	32,99	27,42
45 شمال شرقي		102,54	77,9	59,22	43,32	25,03
90 شرق		116,84	105,32	274,9	77,49	50,06
135جنوب شرقي		133,13	133,14	382,26	117,62	66,74
180جنوب		141,87	150,62	185,01	124,77	106,06
225جنوب غربي		124,78	142,67	152,47	131,92	78,65
270 غرب		123,19	114,85	41,35	91,78	61,96
315 شمال غربي		104,11	91,4	25,15	50,06	28,19

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)



شكل(21)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس،و البعد الافقي) في يوم (21/كانون الاول/2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (830) في مدينة الديوانية.

المصدر:اعتمادا على جدول(5).

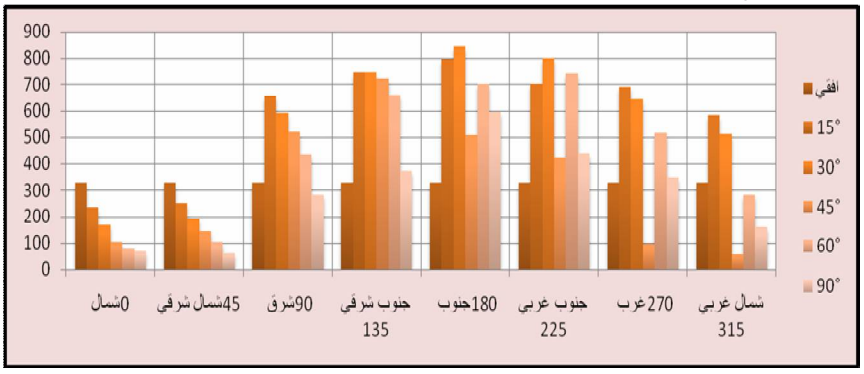
في حين تغيرت زاوية البعد الافقي (A) الأعلى طاقة في ساعة الرصد (1030) لتبلغ (180^0) باتجاه الجنوب، وبتغير قليل في زاوية سقوط الاشعاع (h) لتبلغ(30^0)، ولكن شدة الاشعاع الواصل قد زاد بالمقايسة مع ساعة الرصد السابقة لتصل الى(845,53 واط/ م^2) ، فمن خلال **شكل(22)** يتضح أن أعلى مقدار تم رصده لشدة الاشعاع الشمسي(845,53 واط/م2/الساعة) يصل لواجهة الواح الخلايا الشمسية ذات الاتجاه لموقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس(30^0)، وزاوية البعد الافقي (180^0) جنوبا، في حين رصد أقل مقدار للطاقة(61,04واط/م2/الساعة) عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (90^0)، وزاوية البعد الافقي (45^0)شمال شرقي، الامر الذي يجعل الفارق في الطاقة(784,49واط

/م2/الساعة) كوفورات في الطاقة التي يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه زاوية سمت الرأس (30°)، وزاوية البعد الافقي (180°) جنوبا في وقت (1030) في فصل الشتاء.

جدول (6) مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية) مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/كانون الاول/2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (1030)في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقيلتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	330,36	234,51	165,71	104,66	80,43	66,86
45 شمال شرقي		250	189,93	144,39	105,62	61,04
90 شرق		655,90	591,21	519,82	435,04	281,1
135جنوب شرقي		747,36	747,37	722,83	660,36	374,8
180جنوب		796,44	845,53	507,82	700,51	595,66
225جنوب غربي		700,51	800,91	425,33	740,66	441,72
270 غرب		691,58	644,74	95,06	515,33	348,02
315 شمال غربي		584,49	513,11	57,83	281,08	158,39

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)



شكل(22)مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس،والبعد الافقي) في يوم (21/ كانون الاول /2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (1030)في مدينة الديوانية.

المصدر:اعتمادا على جدول (6)

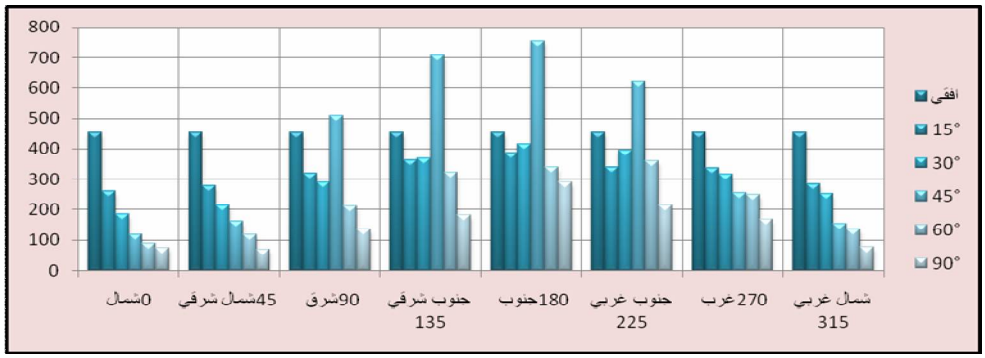
ما ساعة الرصد (1230) فقد سجل فيها شدة للطاقة مقداره (753,51 واط/ م^2) وفقاً لزاوية سقوط الاشعاع (h)(45°)، وبزاوية بعد أفقي باتجاه الجنوب (180 °)، من خلال **شكل(23)**يتضح أن أعلى مقدار تم رصده لشدة الاشعاع الشمسي(753,51واط/م2/الساعة) يصل لواجهة ألواح الخلايا الشمسية الموجهة باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (45°)، وزاوية البعد الافقي(180°) جنوبا، في حين رصد أقل مقدار للطاقة(68,3واط/م2/الساعة) عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (90°)، وزاوية البعد الافقي (45°) شمال شرقي، الامر الذي يجعل الفارق في الطاقة المتحقق (685,21 واط /م2/الساعة) كوفورات في الطاقة التي يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية عندما تكون واجهة الخلايا الشمسية

باتجاه قرص الشمس المحددة بزاوية سمت الرس (45^0)، وزاوية البعد الافقي(180^0) جنوبا في وقت (1230) في فصل الشتاء.

جدول (7) مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/ كانون الاول /2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (1230) في مدينة الديوانية.

زوايا سمت الرأس الشمس تمثل (زوايا الحركة الرأسية للخلايا الشمسية) / زاوية البعد الافقيلتوجه الخلايا الشمسية	°0	°15	°30	°45	°60	°90
0 شمال	453,15	262,37	185,40	117,1	89,99	74,81
45 شمال شرقي		279,71	215,5	161,55	118,17	68,3
90 شرق		318,73	291,36	509,21	211,4	136,6
135جنوب شرقي		363,17	368,32	708,08	320,89	182
180جنوب		387,01	416,69	753,51	340,4	289,45
225جنوب غربي		340,39	394,7	621	359,91	214,64
270 غرب		336,05	317,73	254,11	250,41	169,11
315 شمال غربي		284,01	252,86	154,59	136,58	76,96

المصدر: تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD)

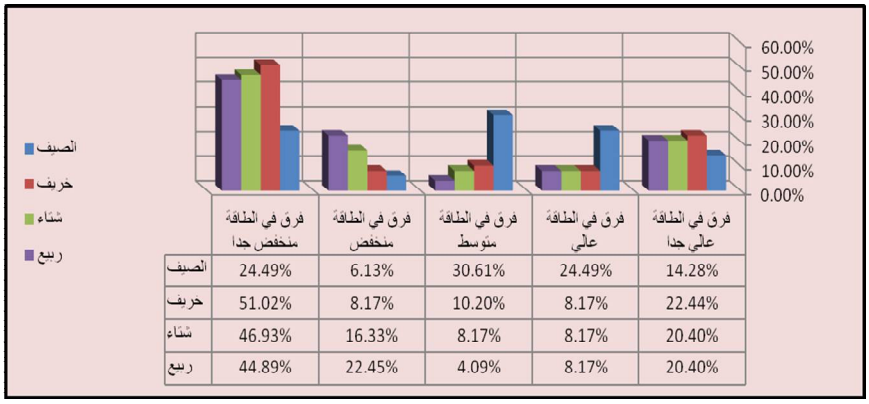


شكل(23) مقدار شدة الاشعاع (واط/م2/الساعة)الواصل لسطح الخلية الشمسية(الافتراضية)مختلفة في مقدار زاويتي(سمت الرأس، والبعد الافقي) في يوم (21/ كانون الاول /2018) الانقلاب الشتوي في الساعة (1230)في مدينة الديوانية.
المصدر:اعتمادا على جدول (7).

2- تقييم كفاءة الطاقة المكتسبة بدلالة تصنيف الوقت (ضمن ساعات الرصد)وفقا للفرق في الطاقة المكتسبة بين حالتي (الثبات، والحركة) لواجهة الخلايا الشمسية (الافتراضية).

من خلال شكل (24) يتضح تصدر الاعتدال الخريفي بقية الفصول في نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في الطاقة في حال حركة ألواح الخلايا الشمسية تزامنا مع حركة قرص الشمس بالمقارنة فيكسب الطاقة في حال ثباتها لتبلغ (22,44%) ضمن رقعة الزمن الممتد من الساعة(8,30-12,30) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (326,3واط /م2/ الساعة) وبزوايا البعد الافقي تراوحت بين (112 -129,08°)،في حين تقلصت نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في فصل الصيف ليبلغ (14,28%) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ

(273,9واط /م2/الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين (143,08–160,2°)، في حين بلغت نسبة رقعة الزمن المصنف فيها بدلالة الدرجة المعيارية فرقا في الطاقة (عالياً جدا) لفصلي الشتاء والربيع (20,4%) لكل منهما وبمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (279,66واط /م2/ الساعة) وبزوايا بعد الافقي يتراوح بين (170,81–180°) و(287,71واط /م2/ الساعة) وبزوايا بعد افقي تتراوح بين (112–127,37°) لكلا الفصلين على التتالي. وما يفسر الارتفاع النسبي في معدل فرق الطاقة و نسبة الوقت المتحقق فيه الفرق الاعلى في الاعتدال الخريفي هو الانخفاض النسبي في مستوى عكورة الجو بدلالة انخفاض معدل عدد ايام الغبار العالق و المتصاعد ينظر الشكلين (2) و (3)، الأمر الذي يجعل من تزامن الحركة الأفقية للخلايا الشمسية مع قرص الشمس في الاعتدال الخريف أكثر فاعلية في أحداث أكبر مقدار من الفرق في الطاقة الواصلة والمكتسبة، في حين أن زيادة زاوية سمت الرأس لمدة الرصد في فصل الصيف جعل من عملية تزامن الحركة الأفقية للخلايا الشمسية مع قرص الشمس أقل فاعلية في أحداث الفرق الموجب في الطاقة الواصلة و المكتسبة.



	فرق في الطاقة منخفض جدا	فرق في الطاقة منخفض	فرق في الطاقة متوسط	فرق في الطاقة عالي	فرق في الطاقة عالي جدا
الصيف	24.49%	6.13%	30.61%	24.49%	14.28%
خريف	51.02%	8.17%	10.20%	8.17%	22.44%
شتاء	46.93%	16.33%	8.17%	8.17%	20.40%
ربيع	44.89%	22.45%	4.09%	8.17%	20.40%

شكل (24)نسبة الوقت مصنف بدلالة الدرجة المعيارية للفرق الطاقة المكتسبة الموجبة بين حالة الحركة الافقية للخلايا الشمسية وثباتها.

المصدر :اعتمادا على ملحق (1).

كما يتضح من خلال الشكل (34) تصدر الاعتدال الخريفي بقية الفصول في نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(منخفضاً جدا) في الطاقة في حال حركة ألواح الخلايا الشمسية تزامنا مع حركة قرص الشمس بالمقارنة في كسب الطاقة في حال ثباتها لتبلغ (51,02%) ضمن رقعة الزمن الممتد من الساعة(8,30–12,30) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (215,3 واط /م2/ الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين (152,99–194°)، في حين تقلصت نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(منخفضاً جدا) في فصل الصيف ليبلغ (24,49%) بمعدل فرق في كسب الطاقة سالب بلغ (–229,5 واط/م2/ الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين (191,6– 223°)، في حين بلغت نسبة رقعة الزمن المصنف فيها بدلالة الدرجة المعيارية فرقا في الطاقة (منخفضاً جدا) لفصلي الشتاء والربيع (46,93%) و (44,89%)لكل منهما على التتالي وبمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (197,6واط /م2/ الساعة) وبزوايا بعد افقي يتراوح بين (136,1–158,56°) و(188,9واط /م2/ الساعة) وبزاوية بعد افقي يتراوح بين (147,87–182,04°) لكلا الفصلين على التتالي أيضا.

ومما تقدم يتضح ان الفرق في الطاقة المكتسبة في حال الحركة الافقية المتزامنة مع الحركة الافقية لقرص الشمس يجعل من ذلك التزامن في الحركة ضرورة لتحقق وفورات في الطاقة المستثمرة في توليد الطاقة من خلال الألواح الخلايا الشمسية في جميع فصول السنة باستثناء فصل الصيف .

النتائج:

1-يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية ثابتة باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر^0) في فصل الصيف في الساعة(830)، ويتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر^0) في الساعة(1030)،اما في الساعة (1230) يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية ثابتة باتجاه موقع قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (صفر^0) (1230).

2–يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (45^0) ،وزاوية البعد الافقي(135^0) جنوب الشرقي في وقت (830) في فصل الشتاء، أما في الساعة(1030) فأن أعلى كسب للطاقة يتحقق عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحدد بزاوية سمت الرأس (30^0)، وزاوية البعد الافقي (180^0) جنوبا، أما في الساعة(1230) يتحقق أعلى كسب للطاقة عندما تكون ألواح الخلايا الشمسية متحركة باتجاه قرص الشمس المحددة بزاوية سمت الرأس (45^0)، وزاوية البعد الافقي(180^0) جنوبا.

3- تصدر الاعتدال الخريفي بقية الفصول في نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في الطاقة في حال حركة ألواح الخلايا الشمسية تزامنا مع حركة قرص الشمس بالمقارنة فيكسب الطاقة في حال ثباتها لتبلغ (22,44%) ضمن رقعة الزمن الممتد من الساعة(8,30–12,30) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (326,3 واط/م2/ الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين(112–129,08^0)، في حين تقلص نسبة الوقت الذي يشهد فرقاً(عالياً جدا) في فصل الصيف لتبلغ (14,28%) بمعدل فرق في كسب الطاقة بلغ (273,9 واط/م2/الساعة) وبزوايا بعد افقي تراوحت بين(143,08–160,2 ^{0}).

المقترحات:

1- من الضروري ربط ألواح الخلايا الشمسية على وفق منظومة تحكم في الاتجاه تضمن ثبات الألواح باتجاه سمت الرأس خلال أشهر الصيف، وذلك لان البحث أثبت أن أتجاه سمت الرأس هو الاعلى كسبا للطاقة.

2-يلزم ربط ألواح الخلايا الشمسية على وفق منظومة تحكم في الاتجاه تضمن تحرك الألواح باتجاه موقع قرص الشمس خلال أشهر السنة باستثناء أشهر الصيف (حزيران ،وتموز ،آب)، وذلك لان البحث أثبت أن أتجاه تحرك ألواح باتجاه موقع قرص الشمس يحقق أعلى كسب للطاقة

الهوامش :

(1) زهير الكرمي، العلم ومشكلات الانسان المعاصر، عالم المعرفة، العدد (5)، الكويت، 1978، ص199.

(2) شيرين حسني رمضان الزيوكي، تأثير تراكيز الحاملات الأقلية وابعاد مناطق طبقات الخلايا الشمسية في اداءها، رسالة ماجستير (غ. م) كلية العلوم جامعة الموصل، 2005، ص1.

(3) K. Ng. Kwok, compete Gaide semiconductor devices, Mc Grew Hill, Inc, 1 st, Ed (1995), pp: 577.

(4) محمد عواد داوود، تحسين كفاءة الخلية الشمسية السيليكونية باستخدام بعض الاكاسيد Tcos لطبقة مضادة للانعكاس، رسالة ماجستير (غ. م) كلية العلوم جامعة المستنصرية، 2006، ص1.

(5) Dawn H, yan Z, and Ali S, Internal Rep, solar cells, Lab 7, University of California at sant Cruz, EE, 2002, P: 145.

(6) محمد عواد داوود، مصدر سابق، ص3.

(7) محمد يوسف الهيتي، واقع انتاج الطاقة الكهربائية ومستقبلها في البلدان النامية (دراسة تحليلية في الجغرافية الاقتصادية)، مجلة كلية الآداب جامعة بغداد، العدد (57)، ص240.

(8) انعام امين البزاز، توظيف الطاقة الشمسية في الأبنية في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، كلية الهندسة جامعة بغداد، 1990، ص9.

(9) سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، العدد (38)، الكويت، 1981، 179.

(10) حازم حمود حسين، تقنيات حديثة لتقطير المياه باستخدام الطاقة الشمسية، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية العلوم جامعة المستنصرية، 2007، ص1.

(11) محمد يوسف الهيتي، مصدر سابق، ص239.

(12) رعد احمد رسول، دراسة الاشعاع الشمسي في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، قسم العلوم التطبيقية (الفيزياء) في الجامعة التكنولوجية، 1986، ص1.

(13) بشير خليل احمد، دراسة وتحليل قياسات الاشعاع الشمسي في مدينة بغداد، رسالة ماجستير (غ. م)، قسم العلوم التطبيقية (الفيزياء) في الجامعة التكنولوجية، 1989، ص8.

(14) Scofield, solar cell characterization, advanced Laboratory, physics, 2000, p: 414.

(15)نواف بلوملا الحديدي، تعزيز كفاءة الخلايا الشمسية لأسند الكالسيوم بتغيير سمك طبقة النافذة ذات فجوة الطاقة العالية، أطروحة دكتوراه كلية التربية جامعة الموصل، 2005، ص13.

(16)بشير خليل احمد، مصدر سابق، ص10.

(17)أحسان علي الجادري ،مصدر سابق،ص90.

(18)G. W. Sadler, characteristic of clear sky normal incidence solor Insolation measured with the RG2 Filter, International and U. S. program solar Flux VO1.1, 1976, P; 288-297.

(19)سالار علي خضر الدزيي، التنبؤ بالتساقط باستخدام بيانات الغطاء الغيمي في العراق، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005، ص26.

(20)S.M. Abughers, Correlating the fraction of possible Sunshine to the total amount for the purpose of solar Radiation predication, proceedings Third arad International solar Energy Conference, Bag hdad, 1988, PP; 21-24

(21)A. soler, On the correlation between normal Direct Radiation and Global Radiation for clear and over cast skies, solar Energy, VO1, 34, No, 6, 1985, P: 517-520.

(22)سعود يوسف عياش، مصدر سابق، ص161.

(23)المصدر نفسه، ص162.

(24)المصدر نفسه، ص162.

(25)المصدر نفسه، ص162.

(26)رعد احمد رسول، مصدر سابق، ص3.

(27)المصدر نفسه، ص4.

(28)الاء رحيم محمد جواد الشمري، مصدر سابق، ص93.

(29)محمد عودة داوود، المصدر نفسه، ص5.

(30) Gary, H. P. & Gary, S. N, Model Evaluation & optimum collector slope for A Tropical country, solar world forum, 1982, P: 236.

(31)الاء رحيم محمد جواد الشمري، حساب كمية الطاقة الكهربائية المتولدة بفعل الاشعاع الشمسي في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، كلية التربية للبنات جامعة الكوفة، 2011، ص82.

(32)شيرين حسني رمضان الزيوكي، مصدر سابق، ص10.

(33)مصدر نفسه، ص10.

(34)مصدر نفسه، ص10.

(35) Hovel H. J. Transparency of Thin Metal Films on semiconductor substrates, J, Appl. Phys, 1976, PP: 47.

(36)سعود يوسف عياش، مصدر سابق، ص183.

(37)محمد عودة داوود، مصدر سابق، ص1.

(38) G. F. Zheng, J. zhao, M. Gross and E. chen, VO 140, 1996, PP: 89.

(39)عبد العزيز محمد العبادي، الطاقة الكهربائية والتنمية في العراق، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية الآداب جامعة بغداد، 1980، ص53.

(40)محمد عودة داوود، مصدر سابق، ص1.

(41)محمد رأفت إسماعيل، علي جمعان الشكيل، الطاقة المتجددة، دار الشروق، صنعاء، 1988، ص71.

(42)Hovel H. J. and woodall J. M. Gal- XAOXAS- GaAS P-P-N Heterojunction

(43)Solar cells, J. Etectrochem. Soc: solid-state sci and Tech, 1973, PP: S2.

(44)Hardingham C. and wood SP, High Efficiency Ga AS solar cells Arrays in space, GEC, Rev, 13, 1998, PP: 71.

(45)أحسان علي الجادري ،توظيف المنظومات الشمسية في العمارة، رسالة ماجستير ،قسم الهندسة العمارة ،الجامعة التكنولوجية ،2009،ص97.

(46)رعد احمد رسول، مصدر سابق، ص5.

(47)بشير خليل احمد، مصدر سابق، ص9.

(48)سعود يوسف عياش، مصدر سابق، ص181.

(49)المصدر نفسه، ص181.

(50)المصدر نفسه، ص169.

CONFLICT OF INTERESTS
There are no conflicts of interest

المصادر :

1. زهير الكرمي، العلم ومشكلات الانسان المعاصر، عالم المعرفة، العدد (5)، الكويت، 1978، ص199.
2. شيرين حسني رمضان الزيوكي، تأثير تراكيز الحاملات الأقلية وابعاد مناطق طبقات الخلايا الشمسية في اداءها، رسالة ماجستير (غ. م) كلية العلوم جامعة الموصل، 2005.
3. محمد عواد داوود، تحسين كفاءة الخلية الشمسية السيليكونية باستخدام بعض الاكاسيد Tcos لطبقة مضادة للانعكاس، رسالة ماجستير (غ. م) كلية العلوم جامعة المستنصرية، 2006.
4. محمد يوسف الهيتي، واقع انتاج الطاقة الكهربائية ومستقبلها في البلدان النامية (دراسة تحليلية في الجغرافية الاقتصادية)، مجلة كلية الآداب جامعة بغداد، العدد (57)،.
5. انعام امين البزاز، توظيف الطاقة الشمسية في الأبنية في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، كلية الهندسة جامعة بغداد، 1990.
6. سعود يوسف عياش، تكنولوجيا الطاقة البديلة، عالم المعرفة، العدد (38)، الكويت، 1981.
7. حازم حمود حسين، تقنيات حديثة لتقطير المياه باستخدام الطاقة الشمسية، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية العلوم جامعة المستنصرية، 2007.
8. رعد احمد رسول، دراسة الاشعاع الشمسي في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، قسم العلوم التطبيقية (الفيزياء) في الجامعة التكنولوجية، 1986.
9. بشير خليل احمد، دراسة وتحليل قياسات الاشعاع الشمسي في مدينة بغداد، رسالة ماجستير (غ. م)، قسم العلوم التطبيقية (الفيزياء) في الجامعة التكنولوجية، 1989.
10. نواف بلوملا الحديدي، تعزيز كفاءة الخلايا الشمسية لأسند الكالسيوم بتغيير سمك طبقة النافذة ذات فجوة الطاقة العالية، أطروحة دكتوراه ،كلية التربية جامعة الموصل، 2005.
11. سالار علي خضر الدزيي، التنبؤ بالتساقط باستخدام بيانات الغطاء الغيمي في العراق، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية الآداب، جامعة بغداد، 2005.
12. الاء رحيم محمد جواد الشمري، حساب كمية الطاقة الكهربائية المتولدة بفعل الاشعاع الشمسي في العراق، رسالة ماجستير (غ. م)، كلية التربية للبنات جامعة الكوفة، 2011.
13. عبد العزيز محمد العبادي، الطاقة الكهربائية والتنمية في العراق، أطروحة دكتوراه (غ. م)، كلية الآداب جامعة بغداد، 1980.
14. محمد رأفت إسماعيل، علي جمعان الشكيل، الطاقة المتجددة، دار الشروق، صنعاء، 1988.
15. أحسان علي الجادري، توظيف المنظومات الشمسية في العمارة، رسالة ماجستير ،قسم الهندسة العمارة، الجامعة التكنولوجية، 2009.

المصادر الاجنبية:

(1)K. Ng. Kwok, compete Gaide semiconductor devices, Mc Grew Hill, Inc, 1 st, Ed (1995).
(2)Dawn H, yan Z, and Ali S, Internal Rep, solar cells, Lab 7, University of California at sant Cruz, EE, 2002.
(3)Scofield, solar cell characterization, advanced Laboratory, physics, 2000.
(4)G. W. Sadler, characteristic of clear sky normal incidence solor Insolation measured with the RG2 Filter, International and U. S. program solar Flux VO1.1, 1976.
(5) Correlating the fraction of possible Sunshine to the total(5)S.M. Abughers, amount for the purpose of solar Radiation predication, proceedings Third arad International solar Energy Conference, Bag hdad, 1988.
(6)A. soler, On the correlation between normal Direct Radiation and Global Radiation for clear and over cast skies, solar Energy, VO1, 34, No, 6, 1985.
(7) Gary, H. P. & Gary, S. N, Model Evaluation & optimum collector slope for A Tropical country, solar world forum.
(8) Hovel H. J. Transparency of Thin Metal Films on semiconductor substrates, J, Appl. Phys.
(9) G. F. Zheng, J. zhao, M. Gross and E. chen, VO 140, 1996.
(10)Hovel H. J. and woodall J. M. Gal- XAOXAS- GaAS P-P-N Heterojunction
(11) Solar cells, J. Etectrochem. Soc: solid-state sci and Tech, 1973, PP: S2.
(12)Hardingham C. and wood SP, High Efficiency Ga AS solar cells Arrays in space, GEC, Rev, 13, 1998.

ملحق (1) متغيرات البحث بحسب فصول السنة.

رصدة فصل الخريف								رصدة فصل الصيف						
x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1		x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1
112	1	2.1	352.05	320.39	672.44	830		86	3	0.27	0.01	893.65	898.66	830
113.7	1	1.99	346.91	333.81	680.725	835		88.85	3	0.2	12.26	881.98	894.2421	835
115.41	1	1.88	341.78	347.23	689.01	840		91.7	3	0.14	24.51	870.31	894.8242	840
117.12	1	1.77	336.64	360.65	697.295	845		94.56	3	0.07	36.76	858.64	895.4063	845
118.83	1	1.66	331.51	374.07	705.58	850		97.41	3	0.01	49.01	846.97	895.9883	850
120.54	1	1.55	326.37	387.49	713.865	855		100.27	3	0.05	61.27	835.3	896.5704	855
122.24	1	1.44	321.24	400.91	722.15	860		103.12	3	0.11	73.52	823.63	897.1525	860
123.95	1	1.33	316.1	414.33	730.435	865		105.97	3	0.18	85.77	811.96	897.7346	865
125.66	1	1.22	310.97	427.75	738.72	870		108.83	3	0.24	98.02	800.29	898.3167	870
127.37	1	1.11	305.83	441.17	747.005	875		111.68	3	0.31	110.27	788.62	898.8987	875
129.08	1	1	300.7	454.59	755.29	880		114.54	3	0.37	122.53	776.95	899.4808	880
130.79	2	0.89	295.56	468.01	763.575	885		117.39	3	0.44	134.78	765.28	900.0629	885
132.49	2	0.78	290.43	481.43	771.86	890		120.25	2	0.5	147.03	753.61	900.645	890
134.2	2	0.67	285.29	494.85	780.145	895		123.1	2	0.57	159.28	741.94	901.2271	895
135.91	2	0.57	280.16	508.27	788.43	900		125.95	2	0.63	171.54	730.27	901.8091	900
137.62	3	0.46	275.02	521.69	796.715	905		128.81	2	0.7	183.79	718.6	902.3912	905
139.33	3	0.35	269.89	535.11	805	910		131.66	2	0.76	196.04	706.93	902.9733	910
141.04	3	0.24	264.75	548.53	813.285	915		134.52	2	0.82	208.29	695.26	903.5554	915
142.74	3	0.13	259.62	561.95	821.57	920		137.37	2	0.89	220.54	683.59	904.1375	920
144.45	3	0.02	254.48	575.37	829.855	925		140.22	2	0.95	232.79	671.92	904.7196	925
146.16	4	-0.08	249.35	588.79	838.14	930		143.08	1	1.02	245.05	660.25	905.3016	930
147.87	4	-0.19	244.21	602.21	846.425	935		145.93	1	1.06	257.3	648.58	905.8837	935
149.58	4	-0.3	239.08	615.63	854.71	940		148.79	1	1.15	269.55	636.91	906.4658	940
151.29	4	-0.41	233.94	629.05	862.995	945		151.64	1	1.21	281.8	625.24	907.0479	945
152.99	5	-0.52	228.74	642.54	871.28	950		154.5	1	1.28	294.13	613.5	907.63	950
154.7	5	-0.54	227.62	648.81	876.4359	955		157.35	1	1.31	299.87	613.46	913.3392	955
156.41	5	-0.57	226.51	655.08	881.5917	960		160.2	1	1.15	269.62	649.42	919.0483	960
158.12	5	-0.59	225.39	661.35	886.7476	965		163.06	2	0.99	239.37	685.38	924.7575	965
159.83	5	-0.62	224.28	667.62	891.9034	970		165.91	2	0.83	209.12	721.34	930.4667	970
161.54	5	-0.64	223.16	673.89	897.0592	975		168.77	2	0.67	178.87	757.3	936.1758	975
163.24	5	-0.66	222.05	680.16	902.215	980		171.62	2	0.51	148.62	793.26	941.885	980
164.95	5	-0.69	220.94	686.43	907.3708	985		174.47	3	0.35	118.37	829.22	947.5942	985
166.66	5	-0.71	219.82	692.7	912.5267	990		177.33	3	0.19	88.12	865.18	953.3033	990
168.37	5	-0.73	218.71	698.97	917.6825	995		180.18	3	0.03	57.87	901.14	959.0125	995
170.08	5	-0.76	217.59	705.24	922.8384	1000		183.04	4	-0.12	27.62	937.1	964.7217	1000
171.79	5	-0.78	216.48	711.51	927.9942	1005		185.89	4	-0.28	-2.63	973.06	970.4308	1005
173.49	5	-0.8	215.37	717.78	933.15	1010		188.74	4	-0.44	-32.88	1009.02	976.14	1010
175.2	5	-0.83	214.25	724.05	938.3068	1015		191.6	5	-0.6	-63.14	1044.98	981.8492	1015
176.91	5	-0.85	213.14	730.32	943.4617	1020		194.45	5	-0.76	-93.39	1080.94	987.5583	1020
178.62	5	-0.88	212.02	736.59	948.6176	1025		197.31	5	-0.92	-123.64	1116.9	993.2675	1025
180.33	5	-0.9	210.91	742.86	953.7734	1030		200.16	5	-1.08	-153.89	1152.86	998.9767	1030
182.04	5	-0.92	209.79	749.13	958.9292	1035		203.02	5	-1.24	-184.14	1188.82	1004.686	1035
183.74	5	-0.95	208.68	755.4	964.085	1040		205.87	5	-1.4	-214.39	1224.78	1010.395	1040
185.45	5	-0.97	207.57	761.67	969.2408	1045		208.72	5	-1.56	-244.64	1260.74	1016.104	1045
187.16	5	-1	206.45	767.94	974.3967	1050		211.58	5	-1.72	-274.89	1296.7	1021.813	1050
188.87	5	-1.02	205.34	774.21	979.5525	1055		214.43	5	-1.88	-305.14	1332.66	1027.523	1055
190.58	5	-1.04	204.22	780.48	984.7084	1060		217.29	5	-2.04	-335.39	1368.62	1033.232	1060
192.29	5	-1.07	203.11	786.75	989.8642	1065		220.14	5	-2.2	-365.64	1404.58	1038.941	1065
194	5	-1.09	201.96	793.06	995.02	1070		223	5	-2.36	-395.89	1440.54	1044.65	1070

تابع الملحق (1)

رصدة فصل الربيع								رصدة فصل الشتاء						
x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1		x7	x6	x5	x4	x3	x2	x1
112	1	2.34	312.95	316.62	629.57	830		131	4	-0.38	210.05	64.85	274.9	830
113.7	1	2.2	307.34	333.4	640.7438	835		132.02	4	-0.41	209.19	75.91	285.105	835
115.41	1	2.06	301.73	350.18	651.9175	840		133.04	4	-0.43	208.34	86.97	295.31	840
117.12	1	1.92	296.13	366.96	663.0912	845		134.06	4	-0.46	207.48	98.03	305.515	845
118.83	1	1.78	290.52	383.74	674.265	850		135.08	4	-0.49	206.63	109.09	315.72	850
120.54	1	1.64	284.91	400.52	685.4387	855		136.1	5	-0.51	205.77	120.15	325.925	855
122.24	1	1.5	279.31	417.3	696.6125	860		137.12	5	-0.54	204.92	131.21	336.13	860
123.95	1	1.36	273.7	434.08	707.7863	865		138.14	5	-0.56	204.06	142.27	346.335	865
125.66	1	1.22	268.1	450.86	718.96	870		139.16	5	-0.59	203.21	153.33	356.54	870
127.37	1	1.08	262.49	467.64	730.1337	875		140.18	5	-0.61	202.35	164.39	366.745	875
129.08	2	0.94	256.88	484.42	741.3075	880		141.2	5	-0.64	201.5	175.45	376.95	880
130.79	2	0.8	251.28	501.2	752.4813	885		142.22	5	-0.67	200.64	186.51	387.155	885
132.49	2	0.66	245.67	517.98	763.655	890		143.24	5	-0.69	199.79	197.57	397.36	890
134.2	2	0.51	240.06	534.76	774.8287	895		144.27	5	-0.72	198.93	208.63	407.565	895
135.91	3	0.37	234.46	551.54	786.0025	900		145.29	5	-0.74	198.08	219.69	417.77	900
137.62	5	-0.51	196.85	568.32	797.1763	905		146.31	5	-0.77	197.22	230.75	427.975	905
139.33	3	0.09	223.25	585.1	808.35	910		147.33	5	-0.79	196.37	241.81	438.18	910
141.04	4	-0.04	217.64	601.88	819.5237	915		148.35	5	-0.82	195.51	252.87	448.385	915
142.74	4	-0.18	212.03	618.66	830.6975	920		149.37	5	-0.84	194.66	263.93	458.59	920
144.45	4	-0.32	206.43	635.44	841.8712	925		150.39	5	-0.87	193.8	274.99	468.795	925
146.16	4	-0.46	200.82	652.22	853.045	930		151.41	5	-0.9	192.95	286.05	479	930
147.87	5	-0.6	195.21	669	864.2188	935		152.43	5	-0.92	192.09	297.11	489.205	935
149.58	5	-0.74	189.61	685.78	875.3925	940		153.45	5	-0.95	191.24	308.17	499.41	940
151.29	5	-0.9	183	702.56	886.5662	945		154.47	5	-0.97	190.38	319.23	509.615	945
153	5	-1.02	178.27	719.47	897.74	950		155.49	5	-1.09	186.46	330.36	519.82	950
154.7	5	-0.99	179.45	719.48	898.9362	955		156.52	5	-0.86	194.08	335.47	529.5571	955
156.41	5	-0.96	180.64	719.49	900.1325	960		157.54	5	-0.72	198.71	340.58	539.2942	960
158.12	5	-0.93	181.82	719.5	901.3287	965		158.56	5	-0.58	203.34	345.69	549.0313	965
159.83	5	-0.9	183.01	719.51	902.525	970		159.58	4	-0.45	207.96	350.8	558.7683	970
161.54	5	-0.87	184.2	719.52	903.7213	975		160.6	4	-0.31	212.59	355.91	568.5054	975
163.24	5	-0.84	185.38	719.53	904.9175	980		161.62	4	-0.17	217.22	361.02	578.2425	980
164.95	5	-0.81	186.57	719.54	906.1138	985		162.64	3	-0.03	221.84	366.13	587.9796	985
166.66	5	-0.78	187.76	719.55	907.31	990		163.66	3	0.1	226.47	371.24	597.7167	990
168.37	5	-0.75	188.94	719.56	908.5062	995		164.68	3	0.24	231.1	376.35	607.4537	995
170.08	5	-0.72	190.13	719.57	909.7025	1000		165.7	3	0.38	235.73	381.46	617.1909	1000
171.79	5	-0.69	191.31	719.58	910.8987	1005		166.72	2	0.52	240.35	386.57	626.9279	1005
173.49	5	-0.66	192.5	719.59	912.095	1010		167.74	2	0.65	244.98	391.68	636.665	1010
175.2	5	-0.64	193.69	719.6	913.2913	1015		168.77	2	0.79	249.61	396.79	646.4021	1015
176.91	5	-0.61	194.87	719.61	914.4875	1020		169.79	2	0.93	254.23	401.9	656.1392	1020
178.62	5	-0.58	196.06	719.62	915.6838	1025		170.81	1	1.07	258.86	407.01	665.8762	1025
180.33	5	-0.55	197.25	719.63	916.88	1030		171.83	1	1.21	263.49	412.12	675.6133	1030
182.04	5	-0.52	198.43	719.64	918.0762	1035		172.85	1	1.35	268.12	417.23	685.3504	1035
183.74	4	-0.49	199.66	719.65	919.2725	1040		173.87	1	1.49	272.74	422.34	695.0875	1040
185.45	4	-0.46	200.8	719.66	920.4688	1045		174.89	1	1.63	277.37	427.45	704.8246	1045
187.16	4	-0.43	201.99	719.67	921.665	1050		175.91	1	1.76	282	432.56	714.5616	1050
188.87	4	-0.4	203.18	719.68	922.8613	1055		176.93	1	1.9	286.62	437.67	724.2988	1055
190.58	4	-0.37	204.36	719.69	924.0575	1060		177.95	1	2.04	291.25	442.78	734.0358	1060
192.29	4	-0.34	205.55	719.7	925.2538	1065		178.97	1	2.18	295.88	447.89	743.7729	1065
194	4	-0.31	206.72	719.73	926.45	1070		180	1	2.31	300.36	453.15	753.51	1070

المصدر: (1) من عمل الباحث بالاعتماد على مخرجات برنامج
Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017.

نمذجة زوايا قرص الشمس بدلالة (الساعة) وفقا للموقع الفلكي لمدينة الديوانية (31.59 شمالاً) اذ تم احتساب الزوايا خلال ساعات الرصد للأيام التي تمثل فصول السنة21/حزيران يمثل فصل الصيف،21/ايلول يمثل الاعتدال الخريف،21كانون الاول يمثل فصل الشتاء،21/آذار يمثل الاعتدال الربيعي.

(2) تم رصد شدة الاشعاع الشمسي الواصلة للخلايا الشمسية بواسطة جهاز (Solar power meter SPM – 1116 SD) في حالة التزامن توجيه حركة الخلايا الشمسية باتجاه حركة قرص الشمس(الحركة الافقية)، كما تم رصد الطاقة الشمسية الواصلة للخلايا الشمسية في حالة ثبات الخلايا الشمسي باتجاه (صفر) زاوية سمت الراس للمدة(830–1230)، اذ تم الرصد بفاصل زمني خمس دقائق.

(2) تم بيان متغيرات الملحق(1) في ملحق رقم (2)

ملحق (2) المتغيرات المؤثرة في كفاءة انتاج الطاقة من خلال الخلايا الشمسية.

رمز المتغير	المتغيرات
X1	وقت الرصد(830–1230)،اذ تم الرصد بفاصل زمني خمس دقائق.
X2	كمية الطاقة الشمسية (واط /م2/الساعة)الواصلة للخلايا الشمسية في حالة التزامن توجيه حركة الخلايا الشمسية باتجاه حركة قرص الشمس(الحركة الافقية).
X3	كمية الطاقة الشمسية (واط /م2/الساعة)الواصلة للخلايا الشمسية في حالة ثبات الخلايا الشمسي باتجاه (صفر)زاوية سمت الراس .
X4	الفرق في الطاقة الشمسية الواصلة للخلايا الشمسية (في حالة التزامن توجيه حركة الخلايا الشمسية باتجاه حركة قرص الشمس(الحركة الافقية)– في حالة ثبات الخلايا الشمسي باتجاه (صفر)زاوية سمت الراس)
X5	الدرجة المعيارية للفرق الطاقة لمتغير(X4)
X6	تصنيف فرق الطاقة المتحققة وفق الدرجة المعيارية لمتغير(X5)
X7	مقدار زاوية البعد الافقي لكل رصدة للمدة(830–1230)بالاعتماد على مخرجات برنامج وفقا للموقع الفلكي لمدينة الديوانية (31.59 شمالاً) **Energy 3D programme, Learning to build sustainable world,Version:7.7.4,2017.**