

السطوع الشمسي في محطة ربيعة دراسة مناخية تحليلية

خضر جاسم محمد

جامعة الموصل كلية التربية للعلوم الإنسانية قسم الجغرافيا
(قدم للنشر في ٨ / ٨ / ٢٠٢٢ قبل للنشر في ٩ / ٩ / ٢٠٢٢)

ملخص البحث

تعد دراسة عدد ساعات السطوع الفعلية والنظرية من الدراسات المناخية الحديثة في العالم ، إذ لاقت تأييداً وتأكيداً من الجغرافيين باعتبار الاتجاه التطبيقي العملي له تسويغه في المناخ المعاصر ، واعتمدت على تطبيق المعادلات الرياضية والإحصائية لذا تعد مناخياً ضمن مجال المناخ التطبيقي .
للسطوع الشمسي أهمية بالغة في التخطيط السليم لموارد الطاقة الشمسية والاستعمال الأمثل لها في مختلف المجالات من أجل وضع الخطط الملائمة للنشاطات المختلفة بناءً على نتائجها .
إن مسوغات الدراسة في إغناء الدراسات المناخية بمثل هذه الدراسات الكمية التي يرتبط بها الكثير من الدراسات الأخرى سواء أكانت في المجال الطبيعي أم البشري . ولقد جاء اختيار موضوع البحث (السطوع الشمسي في محطة ربيعة/ دراسة مناخية تحليلية) معطياً بعداً مكانياً لانبساط سطحها الأمر الذي ينعكس على تأثير عناصر المناخ ، وهذا ينعكس سلباً أو إيجاباً على عدد ساعات السطوع ، فضلاً عن ندرة الدراسات التي تناولت السطوع الشمسي في الدراسات الجغرافية لا سيما في العراق .
تتشترك عناصر الإشعاع الشمسي ، الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) والإشعاع الشمسي الكلي (RS) بأعلى القيم في شهر حزيران وأدناها في شهر كانون الأول ، والسطوع الفعلي والنظري بأعلى القيم في شهر حزيران وأدناها في شهر كانون الثاني . وقد تم إيجاد علاقات رياضية لحساب الإشعاع الشمسي الكلي (RS) من السطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، نسبة السطوع) . وقد كانت علاقة الارتباط المتعدد للإشعاع الشمسي الكلي (RS) مع السطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، نسبة السطوع) موجبة إذ بلغت (٠,٩٩٨) .
اعتماد قيم الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) عند حساب الإشعاع الشمسي لأي زمن ، لأنها اعتمدت على ثوابت كدائرة العرض وطول اليوم (النظري) . أما بقية عناصر الإشعاع الشمسي فان قيمها تتغير بتغير العناصر المناخية والمتغيرات الأخرى . واعتماد قيم السطوع النظري (N) لأنها ثابتة لكل السنوات لأنها اعتمدت على ثوابت .



Solar luminosity at Rabia district Analytical Climatological Study

Khader Jassim Mohammed

Mosul University/ College of Education for Human Sciences

Department of Geography

Abstract

The a study of the number of hours of real and theoretical sunshine duration is one of modern climate studies in the world, as it is supported and confirmed by geographers considering the practical applied approach has its justification in the contemporary climate, and relied on the application of mathematical and statistical equations so it is climatic within the field Applied climate.

The sunshine is critical in the proper planning and optimal use of solar energy resources in various fields in order to develop appropriate plans for different activities based on their results.

The reasons for the study in the enrichment of climate studies such as these quantitative studies that are associated with many other studies, whether in the natural or human field. The choice of the subject of research (Sunshine duration in the Rabia station/ an analytical climatic study) gave a spatial dimension to the diastolic surface this reflects on the impact of climate elements, and this reflects negatively or positively on the number of sunshine hours, as well as the rare studies that dealt with sunshine duration in geographical studies, especially in Iraq.

The elements of solar radiation, outside the Earth's atmosphere absorbed solar radiation (R_a) and total solar radiation (R_s) share the highest values in June and lowest in December, and real and theoretical sunshine duration at the highest values in June and lowest in January. Mathematical relationships have been found to calculate total solar radiation (R_s) from sunshine (real, theoretical, sunshine ratio). The relationship of multiple association of total solar radiation (R_s) with solar sunshine (real, theoretical, sunshine ratio) was positive as it reached (0.998).

The adoption of the values of solar radiation outside the atmosphere (R_a) when calculating solar radiation for any time, because it relied on constants such as the latitude and length of the day (theoretical). The rest of the elements of solar radiation values change as climate elements and other variables. And the adoption of theoretical sunshine values (N) because they are fixed for all years because they depend on constants.

Introduction

- المقدمة .

تعد الشمس مصدراً لكل أنواع الطاقة في الحياة الكونية على سطح الأرض ، مما زاد من استعمالها وتطبيقاتها في جوانب الحياة المختلفة . إذ تعد قياسات الإشعاع الشمسي ومدة سطوع الشمس من القياسات الأساسية في الدراسات والتصاميم الاقتصادية لمنظومات الطاقة الشمسية . وهذان العنصران المناخيان يرتبطان بنحو واسع بالعناصر المناخية الأخرى المختلفة . والمقصود بسطوع الشمس هي مدة الإضاءة التي تبقى فيها الشمس ساطعة في السماء ، وهنا لا بد من التمييز بين مدة السطوع النظرية (N) التي تمثل المدة المحصورة بين شروق الشمس وغروبها ، ومدة السطوع الفعلية (n) التي تمثل المدة التي يشاهد فيها قرص الشمس واضحاً ، وفي معظم الأحيان تقل مدة السطوع الفعلية عن النظرية لاحتجاب أشعة الشمس بالسحب أو الغبار الجوي ، وعندما يكون الجو صافياً تماماً يحدث التطابق بينهما ، وهذا نادر في الغالب .

- أهمية البحث .

جاءت أهمية البحث لكون ساعات السطوع الشمسي تمتلك أهمية كبرى في معظم مشاريع الطاقة والزراعة والصناعة ومجالات التلوث والبيئة ، إذ إن تصميم معظم هذه المشاريع يتطلب معرفة دقيقة بمفردات عناصر الإشعاع الشمسي التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً في حساب ساعات السطوع الشمسي ، كما تعد بمثابة الحجر الأساس لمشاريع استثمار الطاقة الشمسية التي تشمل التدفئة والتبريد والمجمعات الشمسية وتوليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه و تجفيف المحاصيل الزراعية فضلاً عن استعمالات أخرى .

- مشكلة البحث .

على الرغم من أهمية ساعات السطوع الشمسي إلا إنها لم تأخذ مداها الواسع والشامل من الدراسة والتطبيق من جهة الباحثين والمهتمين بها ، وفي الوقت نفسه فهي تجسيد لما يصطلح عليه بالمناخ التطبيقي . فالمشكلة الرئيسة تكمن في معرفة عدد ساعات السطوع الشمسي .

- هدف البحث .

يهدف البحث إلى الكشف عن العلاقة الوثيقة بين كميات الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع ، ومعرفة عدد ساعات السطوع الشمسي التي عن طريقها يمكن التعرف على الجدوى الاقتصادية في كيفية استثمارها ومدى إمكانية الاستفادة منها في مجالات التنمية المتنوعة . وكيفية اختيار الأجهزة والمعادلات الرياضية في حساب قيم الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع الشمسي .

- فرضيات البحث .

تقوم فرضية البحث الرئيسة على وجود علاقة قوية بين عدد ساعات السطوع الشمسي وكميات الإشعاع ، إذ إنها لا تقاس إلا بفرضيات ثانوية ، ومع ذلك فلقد جاءت الدراسة لتختبر الفرضيات الآتية :

- وجود تأثير مهم لعناصر المناخ في عدد ساعات السطوع الفعلية .
- إن عدد ساعات السطوع الشمسي تؤثر في كميات الإشعاع الشمسي .
- تباين عدد ساعات السطوع والإشعاع يومياً وشهرياً وفصلياً .

- حدود منطقة الدراسة .

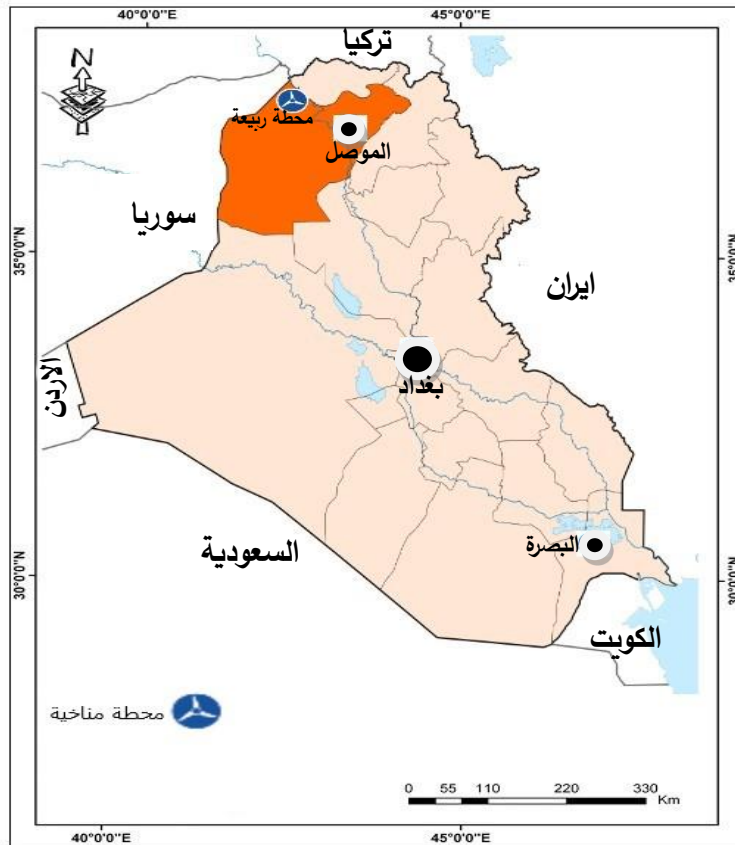
تعد محطة ربيعة الإطار الجغرافي المكاني لمنطقة الدراسة في تعيين استغلال معطياتها المناخية في تحديد مشكلة البحث والوصول إلى هدفه .

فلكياً تقع محطة ربيعة عند تقاطع دائرة عرض (48° - 36°) شمالاً وخط طول (26° - 42°) شرقاً، ومكانياً في الجزء الشمالي الغربي من العراق الخريطة (١) . وزمانياً تمثلت بالبيانات المناخية للمدة (١٩٨٠-٢٠٢٠).

- منهج البحث .

اعتمد البحث على المنهج الاستقرائي التحليلي لكونه المنهج الأمثل لمثل هذه الدراسات مدعماً بالوسائل الكمية (استنباط يعتمد على قيم رقمية وتحليل نتائجها) على وفق معادلات خاصة لإيجاد بعض قيم عناصر الإشعاع الشمسي والسطوع النظري ، وقيم السطوع الفعلي حسب تسجيل الهيئة العامة للأرصاد الجوية العراقية .

الخريطة (١) موقع منطقة الدراسة



المصدر : العراق ، مديرية المساحة العامة ، خارطة العراق ومحافظة نينوى ، ١٩٨٥ .

Sun shine .

- مفهوم السطوع الشمسي .

تحدد ساعات السطوع الشمسي بحركة الشمس

الظاهرة شمالاً نحو مدار السرطان وجنوباً نحو مدار الجدي ، وعليه يجب أن نفرق بين ساعات السطوع النظرية (N) والفعلية (n) ، إذ نقصد بالنظرية المدة التي تستلم فيها الأرض الإشعاع الشمسي ، أي معدل طول ساعات النهار ، ويعتمد اعتماداً كلياً على دوران الأرض حول فلكها ، في حين نقصد بالفعلية ساعات السطوع التي يمكن قياسها بالأجهزة الخاصة ، وتتأثر ساعات السطوع النظرية (N) بحركة الشمس الظاهرية ، بينما ساعات السطوع الفعلية تتأثر بالغيوم والعواصف الترابية (١) .

أما نسبة سطوع الشمس (n/N) فهي نسبة تعبر عن غنمية الغلاف الجوي ، وهي النسبة بين مدة سطوع الشمس الفعلية ألمقاسة (n) ساعة إلى المدة القصوى المحتملة لسطوع الشمس ، أو ساعات النهار القصوى المحتملة النظرية طول اليوم (N) ساعة ، في حالة غياب أية غيوم (صفاء الجو) فإن عدد ساعات السطوع الفعلية للشمس هي مساوية لعدد ساعات السطوع النظرية القصوى (n = N) . والنسبة هي (١) وهذا نادر في الغالب ، في حين إن هذه النسبة من الأيام الغائمة تقل كثيراً وتقترب من الصفر (٢) .

إن طول النهار يلعب دوراً مهماً في تحديد كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض ، فكلما ازدادت مدة السطوع للشمس كلما كانت كمية الأشعة التي يتلقاها مكان ما من سطح الأرض أكبر . ونتيجة لانحراف محور الأرض والحركة الظاهرية للشمس حول الأرض ، فإن المدة التي تبقى فيها الشمس ظاهرة فوق الأفق يختلف طولها من منطقة إلى أخرى بحسب موقع الأرض من الشمس ، ففي زمن الانقلاب الصيفي في النصف الشمالي نجد طول النهار يزداد كلما اقتربنا من القطب الشمالي ، وعلى عكسه في زمن الانقلاب الشتوي يقصر طول النهار كلما اقتربنا من القطب شمالاً . وان المناطق القطبية تتلقى أثناء الانقلاب الصيفي أكبر كمية من الإشعاع ، إذ يكون النهار دائماً ومدته ستة أشهر متواصلة ، وتكون كمية الأشعة المتلقاة في الانقلاب الشتوي في نصف الكرة الجنوبي أكبر منها في نصف الكرة الشمالي أثناء الانقلاب الصيفي ، بسبب المدار الإهليجي للأرض حول الشمس ، فثبات طول النهار في المنطقة الاستوائية يجعل كمية الأشعة التي يتلقاها ثابتة على مدار السنة ، ويزداد الاختلاف بين طول الليل والنهار مع تزايد درجة العرض .

وعلى نحو عام فإن التباين الفصلي الكبير في طول النهار والليل يتوافق معه تباين ميل الأشعة الواردة ، غير أن طول النهار الكبير في فصل الصيف يعمل على التعويض النسبي لميل

الأشعة عن الوضع العمودي ، ولذلك فعند دراسة الأشعة المستقبلية في يوم ما في مكان معين ، ينبغي الأخذ بنظر الاعتبار العاملين ميل أشعة الشمس على الأفق وطول مدة الإضاءة^(٣) .

أولاً - تأثيرات الغلاف الجوي والأرض في السطوع الشمسي .

Effects of the Atmosphere and the Earth on Sunshine .

1-حركة الأرض حول الشمس .

إن الأرض تدور حول الشمس مرة واحدة كل عام ، وبمدار على شكل قطع ناقص يدعى فلك البروج (Ecliptic) أو إهليجي ، كما تدور حول محورها مرة واحدة كل يوم ، ويميل هذا المحور عن فلك البروج بزاوية تبلغ (٦٦.٥) ويتجه نحو نقطة ثابتة في السماء تعرف بالنجم القطبي (Polar star)^(٤) .

إن مدار الأرض حول الشمس يتغير على نحو منتظم (regular) ويمكن التنبؤ به بحركة الأرض حول الشمس وحول محورها ، لذا فإن المستوى المار بخط الاستواء (Equatorial plane) يعمل انتقالات يومية مستمرة ومتوازية بالنسبة إلى أشعة الشمس ، إذ تكون هذه الأشعة عمودية على المستوى المار بخط الاستواء في كل من الاعتدالين الخريفي والربيعي (Autumnal and vernal) في حين إنها تكون عمودية على مدار السرطان (Tropic of cancer) عند الانقلاب الصيفي (Summer solstice) ، وعلى مدار الجدي (Tropic of Capricorn) عند الانقلاب الشتوي (winter solstice) . يعني هذا إن المسافة التي يصنعها الإشعاع الشمسي مع المستوى المار بخط الاستواء ، الذي يطلق عليه زاوية ميل الشمس (Declination of the sun) تبلغ نهايتها العظمى (+ ٢٣.٥) درجة عند الانقلاب الصيفي ونهايتها الصغرى (- ٢٣.٥) درجة عند الانقلاب الشتوي ، في حالة الانقلاب الشتوي في (٢١) كانون الأول فإن أشعة الشمس تكون عمودية على مدار الجدي وتكون زاوية ميل الشمس سالبة وتساوي (- ٢٣.٥) درجة ، ولحركة الأرض حول الشمس فإن هذه الزاوية تتزايد بعد ذلك تدريجياً بمعدل أقل من درجة واحدة كل يومين ، إلا أنها تبلغ صفراً عند الاعتدال الربيعي (٢١) آذار إذ تكون الشمس عمودية على خط الاستواء ، بعد الاعتدال الربيعي تتزايد تدريجياً بالمعدل السابق نفسه إلى أن تبلغ (+ ٢٣.٥) درجة عند الانقلاب الصيفي في (٢١) حزيران وتكون الشمس عمودية على مدار السرطان ، بعد الانقلاب الصيفي ،

تبدأ زاوية ميل الشمس بالتناقص التدريجي فتبلغ صفرًا عند الاعتدال الخريفي في (٢٣) أيلول وتكون الشمس في هذه الحالة عمودية على خط الاستواء ، بعد الاعتدال الخريفي تواصل زاوية ميل الشمس تناقصها التدريجي إلى أن تصل إلى (- ٢٣.٥) عند الانقلاب الشتوي ، وبذلك تكون الأرض قد استغرقت عاماً كاملاً في حركتها حول الشمس ، وهكذا تتكرر دورة الأرض على فلك البروج حول الشمس .

Clouds

2- الغيوم .

الغيوم بأنواعها تقوم بحجب كمية الإشعاع الشمسي النافذ عن طريقها وتخفيفه ، بسبب ما يتعرض له من عمليات استقطار وانعكاس وامتصاص من قبل محتويات الغيمة ، وان نسب التخفيف تعتمد على ارتفاع الغيمة وكثافتها وسمكها اذ تزداد بانخفاض الغيمة وزيادة سمكها وكثافتها^(٥). لذلك تعمل الغيوم على امتصاص واستقطار نسبة قليلة من الإشعاع الشمسي لكنها تقوم بعكس كميات كبيرة منه بواسطة البلورات الثلجية داخل الغيمة ولا سيما الغيوم العالية التي يبلغ ارتفاع قممها (١٢ - ١٨) كم ، أما الغيوم الواطئة فتحجب الإشعاع الشمسي كله (معظمه) حينما يبلغ سمكها (٦٠٠) م أو أكثر ، في حين تسمح الغيوم المتوسطة بمرور نسبة قليلة منه . فمن الضروري معرفة كمية الإشعاع الشمسي في الظروف الجوية الغائمة كلياً أو جزئياً . فعندما يزداد سمك الغيمة تزداد نسبة الإشعاع المنعكس والممتص لكن نسبة الإشعاع المنعكس تكون كبيرة جداً مقارنة بالإشعاع الممتص، وتتناقص نسبة الإشعاع النافذ التي تقترب من الصفر حينما يصبح سمك الغيمة (٤٠٠٠)م^(٦) . وأن تأثير الغيوم في الإشعاع الشمسي بالنسبة إلى الامتصاص قليل جداً لأن الغيوم لا تتبخر، لكن تأثيرها مهم في الإشعاع الشمسي العمودي المباشر فهو يوهن أو يقلل من هذه الحزم أو انبعائه بواسطة الغيوم ، أما الإشعاع الشمسي المنتشر فربما يكون أكبر أو أقل في ظروف السماء الصافية ، وأن الطبقات الرقيقة من الغيوم تزيد في مركبة الإشعاع المنتشر وتقل في الطبقات السميكة من الغيوم^(٧) .

Atmospheres Turbidity.

3- العكرة الجوية .

تعرف عكرة الجو بأنها تقليل (Attenuation) شدة الإشعاع الشمسي بسبب الدقائق العالقة في الجو، التي تتراوح أنصاف أقطارها بين (٠.١ - ١.٠) مايكروناً^(٨). أو إنها تقليل شفافية الجو جراء الاستقطار والامتصاص للإشعاع الشمسي بسبب الدقائق الصلبة والسائلة العالقة في الغلاف الجوي .

وتعد دراسة العكرة الجوية ذات أهمية كبرى لتأثيرها في الموازنة الإشعاعية بين الأرض وغلافها الجوي ، فزيادة عكرة الجو تؤدي إلى نقصان مركبة الإشعاع الشمسي المباشر وزيادة مركبة الإشعاع المنتشر ونقصان في كمية الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض^(٩) ، ففي حسابات انعكاسية سطح الأرض والغلاف الجوي (planetary Albedo) فقد اثبت انكستروم (Angstrom) ، إن زيادة عكرة الجو بمقدار (١.٥٪) تؤدي إلى تقليل (٠.٨٪) من طاقة الإشعاع الشمسي اللازمة لتسخين الأرض ، فإذا تغيرت الانعكاسية بمقدار (١٪) ينتج عن ذلك تقليل درجة حرارة سطح الأرض بمقدار درجة مئوية واحدة .

ففي حزمة الطيف المرئي حيث نجد الامتصاص الغازي اقل ما يمكن وتحت أحوال السماء الصافية والخالية من الغيوم ، يكون الهباء (Aerosols) من أهم المسببات الرئيسية في نضوب حزمة الإشعاع الشمسي بواسطة دقائق الهباء (تراب ، سديم ، دخان) ثم يؤدي إلى ما يسمى بالعكرة الجوية^(١٠) .

لذلك تعتمد عكرة الجو على عوامل كثيرة ، منها طول المسار البصري للإشعاع الشمسي وزاوية ارتفاع الشمس وفصول السنة ودوائر العرض فضلاً عن الظروف الجوية المحلية لموقع القياس ، وهناك عوامل طبيعية لتغيرات عامل العكرة صيفاً وشتاءً منها التغير الفصلي في مناطق نشوء الكتل السائدة إذ إن الكتل الهوائية المدارية في المناطق البحرية تكون على نحو عام أكثر عكرة من الكتل الهوائية القطبية في المناطق القارية ، وكذلك النمو الكبير لدقائق الهباء بسبب زيادة الرطوبة النسبية ، إذ إن زيادة الرطوبة من (١٠ - ٩٥٪) يضاعف من نصف قطر دقائق الهباء مما يزيد من عكرة الجو^(١١) .

4- الزوايا الشمسية . Solar angles .

وان معرفة اتجاه الشمس حين رصدها عند أي نقطة من سطح الأرض التي تسمى بالموقع الشمسي (Solar Position) ضرورية لأجل تحديد موقع الشمس بالنسبة إلى الأرض فلا بد من التعرف على الزوايا الشمسية (Solar angles) .

1- زاوية ارتفاع الشمس . Solar Altitude angle .

وهي الزاوية المحصورة بين اتجاه الشعاع الشمسي والسطح الأفقي ، وتحسب زاوية ارتفاع الشمس (a) بالدرجات ويحدد بدائرة عرض الموقع (ϕ) والزاوية الساعية (η)^(١٢) .

2- زاوية سمت الرأس . Solar Zenith Angle .

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي مع العمود المقام على السطح الأفقي، وتقدر قيمتها بين (٠-٩٠) درجة .

3- زاوية سمت الشمس . Solar Azimuth Angle .

هي الزاوية المحصورة بين الدائرة السميتية المارة خلال الشمس ودائرة خط الزوال وتقاس من الجنوب باتجاه الغرب وتقدر قيمتها بين (٠ ± ١٨٠) ، وتكون هذه الزاوية موجبة عند قياسها من الجنوب باتجاه الغرب وسالبة عند قياسها من الجنوب باتجاه الشرق (١٣) .

4- الزاوية الساعية . Hour Angle .

تصف الزاوية الساعية حركة الشمس اليومية حول الأرض لأربع وعشرين ساعة ، وهي القياس الزاوي للوقت التي تساوي (١٥) درجة لكل خط طول لكل ساعة (360 / 24 H) وتحسب الزاوية الساعية (η) بالدرجات وتقاس بالنسبة إلى موقع الشمس من وقت الظهر بمقدار (١٥) درجة لكل ساعة من ساعات النهار (١٤) .

5- زاوية ميل الشمس . Solar Declination .

وهي الزاوية المحصورة بين الشمس وخط الاستواء السماوي ، تتغير زاوية ميلان الشمس من قيمة عظمى (23.5+) درجة إلى الشمال من خط الاستواء السماوي في (٢١) حزيران ، إلى قيمة صغرى (23.5-) درجة إلى الجنوب من خط الاستواء السماوي في (٢١) كانون الأول ، أما عند الاعتدالين الربيعي (٢١) آذار والخريفي في (٢٣) أيلول تكون قيمتها صفراً ، إذ إنها تشير إلى حركة ميل الشمس السنوي بين المدارين (السرطان- الجدي) (١٥) .

6- زاوية ساعة الغروب (Ws) (١٦) . Sunset hour angle .

وهي عبارة عن الزاوية عند القطب السماوي المحصورة بين خط الزوال والدائرة الزمنية المارة بموضع الشمس وتقاس من خط الزوال باتجاه المسار اليومي لحركة الشمس الظاهرية .

ثانياً : طرائق قياس وحساب ساعات السطوع الشمسي .

هناك عدة طرائق لقياس ساعات سطوع الشمس منها الطرائق المباشرة المتمثلة بأجهزة القياس والطرائق غير المباشرة باستعمال الطرائق الرياضية أهمها على النحو الآتي :

١ - أجهزة قياس ساعات السطوع الشمسي (١٧) .

أ- جهاز كامبل ستوكس . Cambell-Stokes .

استعمل جهاز كامبل ستوكس لقياس ساعات سطوع الشمس الفعلية في محطات الأنواء الجوية منذ عام (١٨٨٠) م ولازال مستعملاً لحد الآن ، فإن ساعات سطوع الشمس خلال مدة معينة تمثل مجموع الفترات الثانوية التي يزيد فيها الإشعاع الشمسي المباشر عن (120 W/m^2) بمعنى آخر ان أوراق التسجيل الخاصة بساعات السطوع لا تتحسس للإشعاع دون (120 W/m^2) ولا يحدث حرق في هذه الأوراق دون هذا الرقم .

الشكل (١) جهاز كامبل سوكس



Source: Dynamax Inc 10808 Falls . Admin@dynamax.com.

يتكون هذا الجهاز أساساً من عدسة لامة لأشعة الشمسية على شكل كرة زجاجية نصف قطرها (١٠ cm) مركبة في إطار معدني متحد المركز مع الكرة الزجاجية ، وفي الانحناء الداخلي للإطار توجد ثلاثة أخاديد تثبت داخلها الخرائط الخاصة بالجهاز حسب فصول السنة المختلفة . هنالك بعض الأمور التي ينبغي مراعاتها عند نصب الجهاز إذ يوضع موجهاً لأشعة الشمس بحيث يكون الرأس العلوي للجهاز باتجاه الشمال الجغرافي ، كما يجب مراعاة الاستواء للجهاز بالاستعانة بالفقاعة الموجودة على قاعدة الجهاز وكما يجب تثبيت خط العرض للمنطقة على التدرج الموجود على قاعدة الجهاز ، ويثبت الجهاز على قاعدة صلبة مستقرة بعيداً عن العوارض والأبنية التي تحجب الشمس في أي وقت من النهار ، وبذلك يمكن الحصول على تسجيل كامل لساعات سطوع الشمس بنتيجة معرفة حرق الخريطة الناتجة من تجميع أشعة الشمس بواسطة الكرة الزجاجية في البؤرة على شكل مسار متصل إذا كانت الشمس مشرقة طول النهار ، ومسار متقطع في حالة وجود الغيوم أو العوارض التي تمنع وصول الأشعة ، الشكل (١) .

BF3 Sunshine Senor

ب - جهاز ماسح السطوع الشمسي BF3 .

وهو من الأجهزة الحديثة والحساسة لقياس سطوع الشمس إضافة إلى متغيرات الإشعاع ، وقد بدأ يأخذ مداه الواسع في الاستعمال في محطات الأنواء الجوية ، ولم يجر استعمال هذا النوع من الأجهزة في العراق حالياً ، وإنما جرت الإشارة إلى ذكره من باب التنويه للأجهزة الحديثة ، الشكل (٢) .

الشكل (٢) جهاز ماسح السطوع الشمسي



Source: Dynamax Inc 10808 Falls . Admin@dynamax.com.

أهم خصائص هذا الجهاز :

- يقيس عدد ساعات السطوع الفعلية .
- يقيس أيضا الإشعاع الشمسي الكلي والمباشر .
- لا يحتاج هذا الجهاز إلى عمليات معايرة .
- يعمل عند أي خط عرض .
- لا يحتوي هذا الجهاز على أي أجزاء متحركة .
- يمكن تحويل وحدات القياس (W/m^2) الى وحدات طاقة أو لوكس (LUX) .

٢ - العلاقات الرياضية.

تم حساب قيم الإشعاع الشمسي لمحطة ربيعة عن طريق استعمال العلاقات الرياضية الآتية:

- الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي^(١٨) . Extraterrestrial radiation (Ra) .

الإشعاع الشمسي عند قمة الغلاف الجوي (Ra) لكل يوم من السنة ولدوائر العرض المختلفة يتم تقديره من الثابت الشمسي (Gsc) والميل الشمسي (δ) وتسلسل اليوم في السنة على وفق العلاقة الآتية:

$$Ra = \frac{24 (60)}{\pi} Gsc dr [\omega_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)] \quad (1)$$

إذ إن:

- Ra** : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (ميكا جول / م^٢ . يوم) .
- Gsc** : الثابت الشمسي ويساوي (0.0820) ميكا جول / م^٢ . دقيقة .
- dr** : المسافة العكسية النسبية بين الأرض والشمس .
- ω_s** : زاوية غروب الشمس (rad) .
- φ** : دائرة العرض (rad) .
- δ** : الميل الشمسي (rad) .

- للتحويل من درجة (decimal degrees) إلى (rad) على وفق العلاقة الآتية^(*):

$$decimal\ degrees = Sum [degrees + (minutes / 60)] \quad (2)$$

$$Radians = \frac{\pi}{180} (decimal\ degrees) \quad (3)$$

- معكوس البعد النسبي للأرض- الشمس (dr) على وفق العلاقة الآتية:

$$dr = 1 + 0.033 \cos \left[\frac{2\pi}{365} J \right] \quad (4)$$

- الميل الشمسي (δ) على وفق العلاقة الآتية:

$$\delta = 0.409 \sin \left[\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right] \quad (5)$$

إذ إن (J) هو تسلسل اليوم في السنة ، ويكون بين ١ (١ كانون الثاني) و ٣٦٥ أو ٣٦٦ في (٣١ كانون الأول) .

- القيم الشهرية لـ (J) تم حسابها لمنتصف الشهر، على وفق العلاقة الآتية:

$$J = INTEGER (30.4 M - 15) \quad (6)$$

- زاوية ساعة الغروب (Ws) . Sunset hour angle .

تحسب زاوية غروب الشمس الساعية من دالة دائرة العرض (φ) وزاوية الميل الشمسي (δ) على وفق العلاقة الآتية:

$$Ws = \text{arc Cos} [-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (7)$$

- ساعات السطوع النظرية (N) . Daylight hours .

وتحسب قيمة أقصى مدة ممكنة لسطوع الشمس (N) أي طول النهار النظري على وفق العلاقة الآتية:

$$N = \frac{24}{\pi} Ws \quad (8)$$

إذ إن:

Ws: زاوية ساعة الغروب (rad.) .

- الإشعاع الشمسي الكلي (R_s) ^(١٩) . Solar radiation .

إذا لم يكن الإشعاع الشمسي (R_s) مقاساً ، فبالإمكان حسابه من معادلة انكستروم (Angstrom) التي تربط الإشعاع الشمسي الكلي (R_s) بالإشعاع خارج الغلاف الجوي الأرضي (R_a) والسطوع الشمسي النسبي (n/N) على وفق العلاقة الآتية:

$$(9) \quad R_s = (0.25 + 0.50 n/N) R_a$$

إذ إن:

R_s	: الإشعاع الشمسي الكلي قصير الموجة (ميكا جول/ م ^٢ . يوم) .
n	: المدة الفعلية لسطوع الشمس (ساعة) .
N	: المدة الممكنة القصوى لسطوع الشمس (ساعات السطوع النظرية) ساعة .
n/N	: السطوع الشمسي النسبي [-] .
R_a	: الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (ميكا جول/ م ^٢ . يوم) .

ثالثاً - مناقشة النتائج والتحليل الإحصائي .

-الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (R_a). Extraterrestrial radition (R_a).

الإشعاع الشمسي المستلم عند قمة الغلاف الجوي على السطح الأفقي هو المسمى بالإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) وهو (٠.٠٨٢٠) ميكا جول/ م^٢ . دقيقة ، إلا أنه بتغير الفصول فإن موقع الشمس وطول اليوم وقيم الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) تتغير^(٢٠)

ظهر بأن قيم شدة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) تتباين تبعاً لانتقالات حركة الشمس الظاهرية بين المدارين (السرطان والجدي) ودوائر العرض وزوايا الميل الشمسي وحدثت الفصول وتسلسل اليوم في السنة وزاوية ساعة الغروب والثابت الشمسي ، هنا يبرز دور انتقالات الشمس الظاهرية بين المدارين .

الجدول (1) يوضح القيم الشهرية اليومية للإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) بوحدات (ميكا جول / م^٢ . يوم) إذ تم استعمال العلاقة (1) في حساب هذه القيم .

الجدول (١) القيم الشهرية اليومية للإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) ميكا جول / م^٢ .

يوم

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل
Ra	١٧.٠	22.2	28.8	35.2	39.9	٤١.٧	٤٠.٨	37.2	٣١.١	٢٤.٢	١٨.٢	١٥.٦	٢٩.٣

المصدر : المعادلة (١) .

فعند حدوث الانقلاب الشتوي في (٢١) كانون الأول وتعامد الشمس على مدار الجدي ، يسيطر على أدنى القيم تزامناً مع أقل مدة لسطوع الشمس ، وقد كانت قيم (Ra) (١٥.٦) في ربيعة ثم تبدأ بالارتفاع التدريجي .

في حالة الاعتدال الربيعي في (٢١) آذار حيث تكون الشمس عمودية على خط الاستواء وتساوي الليل والنهار تكون قيم (Ra) (٢٨.٨) في ربيعة ، ثم تستمر بالارتفاع التدريجي .

وعند حدوث الانقلاب الصيفي في (٢١) حزيران وتعامد الشمس على مدار السرطان فإنه يسيطر على أعلى القيم تزامناً مع أطول مدة لسطوع الشمس ، تكون قيم (Ra) (٤١.٧) في ربيعة ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي .

أما في حالة الاعتدال الخريفي في (٢٣) أيلول وتعامد الشمس على خط الاستواء وتساوي الليل والنهار ، تكون قيم (Ra) (٣١.١) في ربيعة ، وتستمر بالانخفاض إلى شهر تشرين الثاني ، وبهذا تكون الأرض قد أكملت دورتها الحولية حول الشمس.
أما المعدل السنوي لقيم (Ra) فبلغت (٢٩.٣) في ربيعة ، وبذلك يظهر أن السلوك العام لقيم (Ra) يميل إلى التجانس وأن الاختلافات البينية قليلة لا تعطي تبايناً حاداً .

الإشعاع الشمسي الكلي قصير الموجة (Rs) . Short wave radiation (Rs) .

عندما يخترق الإشعاع الشمسي الغلاف الجوي ، فإن بعضاً من هذا الإشعاع الشمسي يتشتت (Scattered) وينعكس (reflected) أو يمتص (absorbed) بواسطة غازات الغلاف الجوي والغيوم والغبار ، ويكون مقدار الإشعاع الشمسي الواصل إلى السطح الأفقي هو المعروف بالإشعاع الشمسي الكلي قصير الموجة (Rs) ، وبسبب كون الشمس تبعث الطاقة بموجات كهرومغناطيسية (Electromagnetic Waves) وبأطوال موجة قصيرة ، فإن الإشعاع الشمسي يشار إليه كإشعاع قصير الموجة (٢١) .

أما في الأيام الخالية من الغيوم فإن الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) على وجه التقريب يقدر بـ(٧٥٪) من الإشعاع خارج الغلاف الجوي ، وفي الأيام الغائمة يكون الإشعاع الشمسي مشتتاً في الغلاف الجوي لكن حتى مع وجود الغيوم الكثيفة للحد الأقصى ، فإن الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) يصل ما يقرب من (٢٥٪) من الإشعاع الخارجي للغلاف الجوي ، إذ يصل سطح الأرض بشكل أساس كإشعاع منتشر (diffuse sky radiation) . فالإشعاع الشمسي الكلي (Rs) (global radiation) يمثل مجموع إشعاع الموجة القصيرة المباشرة (direct short wave radiation) والإشعاع المنتشر من السماء (diffuse sky radiation) إذ إنه يأتي من الزوايا جميعها (٢٢) .
والجدول (2) يوضح القيم الشهرية اليومية للإشعاع الشمسي الكلي قصير الموجة (Rs) بوحدات (ميكا جول / م^٢ . يوم) إذ تم استعمال العلاقة (٩) في حساب هذه القيم .

الجدول (٢) القيم الشهرية اليومية للإشعاع الشمسي الكلي (Rs) (ميكا جول / م^٢ . يوم)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل
Rs	٨.٤	١١.٩	١٥.٤	١٩.٠	٢٣.٦	٢٧.١	٢٦.٦	٢٥.٠	٢١.١	١٤.٨	١٠.٤	٧.٧	١٧.٦

المصدر : المعادلة (٩) .

وتبين بأن قيم (Rs) تتباين حسب حركة الشمس الظاهرية بين المدارين وما يتعرض له الشعاع الشمسي من تشتت وانعكاس وامتصاص من مكونات الغلاف الجوي المختلفة ، وهنا يبرز دور انتقالات الشمس الظاهرية بين المدارين .

فعند حدوث الانقلاب الشتوي في (٢١) كانون الأول وتعادم الشمس على مدار الجدي ، تكون قيم (Rs) (٧.٧) في ربيعة ، ويسيطر على أدنى القيم وتدرجها على حسب البعد والقرب من مدار الجدي ، فتبدأ بالارتفاع التدريجي .

ففي حالة الاعتدال الربيعي في (٢١) آذار وتعادم الشمس على خط الاستواء وتساوي الليل والنهار، تكون قيم (Rs) (١٥.٤) في ربيعة، ثم تبدأ بالصعود التدريجي .

وفي حالة الانقلاب الصيفي في (٢١) حزيران وتعادم الشمس على مدار السرطان ، فإن شهر حزيران يسيطر على أعلى القيم تزامناً مع أطول يوم في السنة ، وتكون قيم (Rs) (٢٧.١) في ربيعة، ثم تبدأ بالانخفاض التدريجي .

أما في حالة الاعتدال الخريفي في (٢٣) أيلول وتعادم الشمس على خط الاستواء وتساوي الليل والنهار، تكون قيم (Rs) (٢١.١) في ربيعة . وتستمر بالانخفاض إلى شهر تشرين الثاني وبهذا تكون الأرض قد أكملت دورتها الحولية حول الشمس .

أما المعدل السنوي فكان (١٧.٦) في ربيعة ، وأن كل القيم متقاربة ويظهر أن السلوك العام لها يميل إلى التجانس ، وأن هذا التباين المحدود هو نتيجة زوايا الميل ، وحدوث الفصول والوقت ، فضلاً عما يتعرض له الشعاع الشمسي من عوامل جوية تؤدي إلى نضوبه والتقليل من شدته .

ساعات السطوع الفعلية (n) . **Actual duration of sunshine (hour) .**

الجدول (3) يوضح القيم الشهرية لساعات السطوع الفعلية (ساعة) وأن القيم الشهرية لـ (n) أظهرت تبايناً واضحاً بين أشهر وفصول السنة المختلفة .

الجدول (٣) القيم الشهرية لساعات السطوع الفعلية (n) ساعة

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل
n	٤.٦	٦.٠	٦.٦	٧.٤	٩.٥	١١.٥	١١.٥	١١.٣	١٠.٣	٧.٩	٦.٣	٤.٥	٨.١

المصدر : جمهورية العراق ، وزارة النقل والمواصلات ، الهيئة العامة للأقواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي ، بيانات غير منشورة .

ففي أشهر الشتاء تسيطر على أدنى القيم وتكون متقاربة ، ففي شهر كانون الأول كانت (٤.٥) وكانون الثاني كانت (٤.٦) ساعة ، أما في شباط فكانت (٦.٠) ساعة ، أما في أشهر الربيع آذار فكانت (٦.٦) ساعة نيسان كانت (٧.٤) ساعة وأيار (٩.٥) ساعة .

أما أعلى القيم كانت للأشهر حزيران وتموز وآب وأيلول كانت (١١.٥ ، ١١.٥ ، ١١.٣ ، ١٠.٣) ساعة على التعاقب ، أما في شهر تشرين الأول فكانت (٧.٩) ساعة ، وفي شهر تشرين الثاني (٦.٣) ساعة ، وأن هذا التباين يرجع إلى العوامل المناخية كالغيوم والعواصف الترابية فضلاً عن عوامل أخرى ، أما المعدل السنوي فكان (٨.١) ساعة إذ إنها لا تظهر تبايناً كبيراً .

- ساعات السطوع النظرية (N) طول اليوم .

الجدول (٤) يوضح القيم اليومية الشهرية لساعات السطوع النظرية ، وقد استعملت العلاقة

(٨) في حساب هذه القيم .

الجدول (٤) القيم الشهرية لساعات السطوع النظرية (N) ساعة

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل
N	٩.٧٦	١٠.٦٦	١١.٧٣	١٢.٩٦	١٣.٩٧	١٤.٥١	١٤.٢٩	١٣.٤٠	١٢.٢٢	١١.٠٢	٩.٩٨	٩.٥٠	١٢.٠٠

المصدر : معادلة (٨) .

ساعات السطوع النظرية ثابتة لكل السنوات ، وتتباين تبعاً لحركة الشمس الظاهرية بين المدارين ودوائر العرض . إذ إن القيم الشهرية (N) أظهرت بأن أقصر يوم هو في شهر كانون الأول ، ثم تبدأ بالصعود التدريجي حتى تصل إلى أطول يوم في شهر حزيران ، ثم تعود هابطة تدريجياً حتى شهر كانون الأول ومعدل سنوي يبلغ (١٢) ساعة .

وهنا يبرز دور انتقالات الشمس الظاهرية بين المدارين وعند حدوث الانقلاب الشتوي في (٢١) كانون الأول عندما تكون الشمس عمودية على مدار الجدي ، لذلك يظهر تدرج لطول اليوم فيكون لشهر كانون الأول (٩.٥٠) ساعة ، وكانون الثاني (٩.٧٦) ساعة ، وشباط (١٠.٦٦) ساعة ثم يبدأ طول النهار بالارتفاع تدريجياً على حسب قربها من مدار الجدي .

أما في حالة الاعتدال الربيعي في (٢١) آذار فتكون الشمس عمودية على خط الاستواء وفي هذه الحالة يتساوى طول الليل والنهار فتبلغ (١١.٧٣) ساعة ، وهذا الاختلاف البسيط يرجع إلى أن

طول اليوم معدل شهري فيظهر هذا الاختلاف الجزئي . أما في شهر نيسان فيبلغ طول اليوم (١٢.٩٦) ساعة ، وفي شهر أيار (١٣.٩٧) ساعة ، وفي هذه الحالة يكون التدرج من أطول يوم في الشمال إلى أقصر يوم في الجنوب .

أما في حالة الانقلاب الصيفي في (٢١) حزيران وتعامد الشمس على مدار السرطان ، فيحصل في هذا الشهر أطول يوم في السنة فيكون طول اليوم (١٤.٥١) ساعة وينطبق هذا على شهري تموز وآب حتى يبلغ طول اليوم (١٤.٢٩) و(١٣.٤٠) ساعة على التعاقب .

وفي حالة الاعتدال الخريفي في (٢٣) أيلول وتعامد الشمس على خط الاستواء هنا يتساوى الليل والنهار فيبلغ (١٢.٢٢) ساعة في محطة ربيعة ، أما شهري تشرين الأول والثاني فيبلغ طول اليوم (١١.٠٢) و(٩.٩٨) ساعة بالتعاقب ، وبهذا تكون الأرض قد أكملت دورتها الحولية حول الشمس .

نسبة السطوع الشمسي (n/N) .

الجدول (٥) يوضح القيم الشهرية لنسبة سطوع الشمس ، إذ أظهرت هذه النسب في الأشهر المختلفة بأنها تنحصر ضمن المدى بين (٠.٠-١.٠) ، وهي نسبة تعبر عن غيومية الغلاف الجوي ، وتفاوتت بين (٠.٤٧ - ٠.٨٥) ، إذ إن هذه القيم تقل في أشهر الشتاء وتزداد في أشهر الصيف فكلما كانت السماء أكثر غيوماً قلت هذه النسبة والعكس صحيح .

الجدول (٥) القيم الشهرية لنسبة السطوع الشمسي (n/N)

الأشهر	كانون الثاني	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين الأول	تشرين الثاني	كانون الأول	المعدل
n/N	٠.٤٧	٠.٥٦	٠.٥٦	٠.٥٧	٠.٦٨	٠.٨٠	٠.٨١	٠.٨٥	٠.٨٤	٠.٧١	٠.٦٣	٠.٤٧	٠.٦٦

المصدر : الجدولين (٣ ، ٤) .

فإن نسبة سطوع الشمس تكون متقاربة للأشهر المختلفة ، وتنخفض هذه النسب في أشهر الشتاء بسبب غيومية الغلاف الجوي ، إذ كانت في شهري كانون الأول والثاني (٠.٤٧) ، وفي شهر شباط كانت (٠.٥٦) ، ثم تبدأ بالصعود التدريجي لأشهر الربيع ، وفي شهر آذار كانت (٠.٥٦) ، وفي شهر نيسان كانت (٠.٥٧) ، وفي شهر أيار كانت (٠.٦٨) ، وفصلية الذروة في أربعة أشهر متعاقبة هي حزيران ، تموز ، آب ، أيلول ، وكانت (٠.٨٠ ، ٠.٨١ ، ٠.٨٥ ، ٠.٨٤) على التعاقب ، وهذا يتوافق مع خلو السماء من الغيوم ، أما في شهر تشرين الأول كانت (٠.٧١) ، وفي

شهر تشرين الثاني كانت (0.63) في ربيعة ، وهو تباين قليل بين الأشهر المختلفة ، وأن المعدل السنوي كان (0.66) في ربيعة .

التحليل الإحصائي

يعد التحليل الإحصائي من الطرائق النظرية التي يمكن أن تفسر وجود العلاقة الإحصائية بين متغيرين أو أكثر ، وقد تكون العلاقة مقارنة للواقع أو بعيدة عنه وتعتمد صحة النتائج على دقة البيانات المعتمدة ، والهدف من التحليل الإحصائي هو تحديد مدى قوة العلاقة بين متغيرين أو أكثر والتنبؤ بقيمة (y) باستعمال قيمة (x) (23) .

تم إدخال (معالجة) الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) باستعمال نموذج الانحدار والارتباط البسيط والمتعدد ، وبيان مدى تأثير العلاقة بين نتائج الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والسطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، نسبة السطوع) . وقد تم اختبار كفاءة كل متغير عن طريق معامل التحديد (R^2) الأعلى ومعامل الارتباط (r) الأعلى .

- العلاقة الإحصائية بين الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والسطوع الشمسي يتبين من الجدول (٦) ما يأتي .

- السطوع الفعلي (n) .

بما ان ($P \leq 0.05$) ، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rs) و (n) معنوية ، يفسرها نموذج الانحدار ، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rs) و (n) ، إذ إن زيادة (n) بوحدة واحدة ، يؤدي إلى زيادة (Rs) بـ (٢.٦١) ميكا جول/ م². يوم ، وأن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.933) ، أي إن مقدار ما يفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rs) هي (93.3%) ، وأن معامل الارتباط (r) هو (0.926) .

- السطوع النظري (N) .

بما إن ($P \leq 0.05$) ، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rs) و (N) معنوية ، يفسرها نموذج الانحدار ، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rs) و (N) ، إذ إن زيادة (N) بوحدة واحدة ، يؤدي إلى زيادة (Rs) بـ (3.91) ميكا جول/ م². يوم ، وأن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.961) ، أي إن مقدار ما يفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rs) هي (96.1%) ، وأن معامل الارتباط (r) هو (0.957) .

الجدول (٦) العلاقة الإحصائية بين الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والسطوع الشمسي

محطة ربيعة			
معادلة الانحدار التنبؤية	R^2	r	المتغيرات
$y = 2.61 x - 3.64$	0.933	0.926	n
$y = 3.91 x - 29.3$	0.961	0.957	N
$y = 42.8 x - 10.8$	0.708	0.679	n/N

المصدر : الجداول (١ ، ٣ ، ٤ ، ٥) .

- نسبة السطوع الشمسي (n/N) .

بما إن ($P \leq 0.05$) ، فإن العلاقة الخطية ما بين (R_s) و (n/N) معنوية ، يفسرها نموذج الانحدار ، وتكون العلاقة موجبة ما بين (R_s) و (n/N) ، إذ إن زيادة (n/N) بوحدة واحدة ، تؤدي إلى زيادة (R_s) ب (42.8) ميكا جول/م². يوم ، وأن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.708) ، أي إن مقدار ما يفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (R_s) هي (70.8%) ، وأن معامل الارتباط (r) هو (0.679) .

أما علاقة الانحدار والارتباط المتعدد :

$$R_s = 1.45 n + 2.17 N - 3.12 n/N - 18.1$$

إن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.999) ، أي إن مقدار ما يفسره نموذج الانحدار أعلاه من التغيرات الحاصلة في (R_s) هي (99.9%) ، وأن معامل الارتباط (r) هو (0.998) .

الاستنتاجات

من دراسة نتائج الإشعاع والسطوع الشمسي والتحليل الإحصائي تم التوصل إلى حقائق عدة يمكن عدها نتائج البحث على النحو الآتي:

- تشترك عناصر الإشعاع الشمسي (R_a) و (R_s) بأعلى القيم في شهر حزيران وأدناها في شهر كانون الأول ، بينما السطوع الفعلي والنظري بأعلى القيم في شهر حزيران وأدناها في شهر كانون الثاني .
- تم إيجاد معادلة رياضية لحساب الإشعاع الشمسي الكلي (R_s) من السطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، ونسبة السطوع) وكان ذا معامل تحديد ($R^2 = 0.999$) ، ومعامل ارتباط ($r = 0.998$) العلاقة موجبة تامة .

- تم إيجاد نماذج رياضية عدة ، بين الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والسطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، ونسبة السطوع) ، وقد تبين بأنها ذات معاملات ارتباط عالٍ (r) تتفاوت بين (0.679 - 0.957) .
- من دراسة العلاقة بين الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والسطوع الشمسي (الفعلي ، النظري ، ونسبة السطوع) فتبين إنها ذات معاملات ارتباط (r) أعلاها النظري (0.957) وتلاها الفعلي (0.926) وأدناها نسبة السطوع (0.679) وكانت العلاقة موجبة .

المصادر

- (1) خضر جاسم محمد ، الإمكانات المناخية لإنتاج محصول الحنطة في مشروع ري الجزيرة الشمالي ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، 1999 ، ص 28 .
- (2) Allen, R.G., Pereira, L.S., Rase, D. and Smith, M.1998. Crop Evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, FAO, Rome, Italy ,p. 42.
- (3) علي حسن موسى ، جغرافية المناخ ، جامعة دمشق ، سوريا ، 2005 ، ص 130 - 136 .
- (4) قيس جميل لطيف ، قياسات الإشعاع الشمسي المنتشر على السطح الأفقي ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة المستنصرية ، 1980 ، ص 4 .
- (5) لمياء محمد فائق ، دراسات عن الإشعاع الشمسي في محطة الموصل ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، 2005 ، ص 22 .
- (6) Stephens, G . L .,1996 . How much solar radiation do clouds absorption,Science, 271,p.1131-1133.
- (7) Exell,R.H.B.,2001.Radiation in the atmosphere,University of Technology Thonburi ., p. 3-7.
- (8) Roger, G. B., Richard, J. C., 2003. Atmosphere, Weather and Climate, London,p.13 .
- (9)Ramanatham, V., Crutzen, P. J., Kiehl, J. T., and Rosenfeld, D., 2001. Aerosols climate and hydrologic cycle. Science 294 (5549), p. 2119-2124.
- (10) Kondratyev, K. Y., and Moskalenk, N. I., 1984. The role of carbon dioxide and other minor gaseous components and aerosols in the radiation budget. Cambridge University Cambridge Press, pp. 225-233.
- (11) Thompso, R. D., 1995. The impact of atmospheric aerosols on global climate prog. Phys. Geog. 19, p. 336-350.
- (12) Gates,L.M.,1980.Solar geometry and incoming solar radiation,London,p.71 .
- (13) Iqbal, M., 1983. An Introduction to Solar radiation. Academic Press London , p.15 .
- (14) Gates, 1980,Op cit,p.70 .
- (15) Danielson, W., Levin,J., Abrams, E., 2003. Meteorology, 2nd Edition, Mc Graw-Hill,p.66-67 .
- (16) Allen et al,1998,Op cit,p.46 .

(17) Dynamax Inc 10808 Falls . Admin@dynamax.com.

(18) See:

- ASCE – EWRI , 2005. The ASCE Standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee report to the Environmental and Water Resource Institute of American Society of Civil Engineers. ASCE, Reston ; Virginia, P. 23-25.
- Allen , R . G . , 2000 . REF – ET , Reference Evapotranspiration Calculation Software. Version 2. Report. Univ. Idaho. P. 76.

- خضر جاسم محمد ، الموازنة الإشعاعية والموازنة المائية المناخية لمحطات مختارة في محافظة نينوى والمناطق المجاورة لها ، اطروحة دكتوراه غير منشورة ، جامعة الموصل ، كلية التربية ، قسم الجغرافيا ، ٢٠١٠ ، ص ٧١-٧٢ .

(19) Allen et al, 1998, Op cit, P. 50.

(* المعادلة (٢) تم عمل تحويل الدرجات على صيغة معادلة من قبل الباحث .

(20) Allen,et al,1998,Op cit,p.41.

(21)Ibid.

(22) ASCE,EWRI,2005,p.20.

(٢٣) فريد كامل أبو زينة ، الإحصاء في التربية والعلوم الإنسانية ، جهوة للنشر والتوزيع ، الطبعة الأولى ، عمان ، الأردن ، ٢٠٠٢ ، ص ٧ .