



صافي الإشعاع الشمسي في محافظة نينوى

خضر جاسم محمد
جامعة الموصل / كلية التربية للعلوم النسائية / قسم الجغرافيا

Abstract

This study investigates the "Net Solar Radiation in Nineveh Governorate," which is located between latitudes 34° 00' N to 37° 53' N and longitudes 41° 25' E to 44° 25' E, at an elevation of 223 meters above sea level. The study aims to determine the amounts of net solar radiation in Nineveh Governorate, based on climatic data from Nineveh stations spanning forty-two years, from 1980 to 2022, and data from neighboring stations to complete map production. The research revealed clear spatial variations in the estimated amounts of net solar radiation based on the results of mathematical equations, physical laws, astronomical factors, climatic data, and statistical analysis methods. These methods were used to assess the relationships between environmental components and other factors involved in the study, to estimate net solar radiation. After completing the mathematical and statistical analysis, the study identified the best mathematical model for predicting net solar radiation based on spatial constants. Among the research findings, a mathematical equation was derived to calculate net solar radiation (R_n) from all solar radiation components, with a determination coefficient (R^2) of 1.00 and a correlation coefficient (r) of 100%, indicating a perfect positive relationship. Additionally, various predictive equations were established between net solar radiation and radiation and climatic elements

Email:

Khudhur65@uomosul.edu.iq

Published: 1- 3-2025

Keywords: صافي الإشعاع، الإشعاع، الشمسي، محافظة نينوى .

هذه مقالة وصول مفتوح بموجب ترخيص
CC BY 4.0

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

المخلص

تم في هذا البحث دراسة (صافي الإشعاع الشمسي في محافظة نينوى) الواقعة بين دائرتي عرض ($00^{\circ}34' - 53^{\circ}37'$) شمالاً وخطي طول ($25^{\circ}41' - 25^{\circ}44'$) شرقاً وعلى إرتفاع (223) م فوق مستوى سطح البحر. لذا يهدف البحث الى تحديد كميات صافي الإشعاع الشمسي في محافظة نينوى، إعتماًداً على البيانات المناخية لمحطات نينوى لمدة إثنان وأربعون عاماً ممتدة بين عامي (1980-2022)، وبيانات المحطات المجاورة لغرض الإستكمال في إنتاج الخرائط. وأظهر البحث وجود تباينات مكانية واضحة في كميات صافي الإشعاع الشمسي المقدره بناءً على نتائج المعادلات الرياضية والقوانين الفيزيائية وعوامل فلكية والبيانات المناخية ووسائل التحليل الإحصائي في ضبط مدى علاقات التأثير والإستجابة بين عناصر المركب البيئي وأخرى المستخدمة في البحث، للوصول الى تقدير صافي الإشعاع الشمسي، بعد إستكمال عمليات التحليل والمعالجة الرياضية والإحصائية للوصول الى تحديد أفضل نموذج رياضي للتنبؤ بقيمة صافي الإشعاع الشمسي بدلالة الثوابت المكانية. ومن بين نتائج البحث تم إستنباط معادلة رياضية لحساب صافي الإشعاع الشمسي (Rn) من كل عناصر الإشعاع الشمسي وكانت ذات معامل تحديد (R^2) بلغت (1.00) ومعامل إرتباط (r) بلغ (100)% العلاقة موجبة تامة، فضلاً عن العديد من المعادلات التنبؤية بينه وبين عناصر الإشعاع والعناصر المناخية وأخرى .

المقدمة

يعد موضوع الطاقة حديث الساعة لا سيما وإن الإنسان بدأ يبحث عن مصادر الطاقة البديلة الغير قابلة للنضوب والصديقة للبيئة، وبما إن الطاقة الشمسية مصدراً مهماً للطاقة النظيفة، ويعد بمثابة الحجر الأساس لمشاريع استثمار الطاقة الشمسية التي تشمل توليد الطاقة الكهربائية والتدفئة والتبريد والمجمعات الشمسية وتحليه المياه و تجفيف المحاصيل الزراعية فضلاً عن إستعمالات أخرى. لذا توجهت الأنظار الى مدى إمكانية إستعمالها، لتمتع منطقة الدراسة بوارد إشعاعي كبير بخاصة وإنها تقع ضمن الحزام الشمسي. الأمر الذي أدى الى أهمية دراسة موضوع صافي الإشعاع الشمسي في محافظة نينوى، الذي يعد من الموضوعات التي تناولتها علوم مختلفة ومنها علم المناخ التطبيقي. فعلى الرغم من كثرة العوامل المؤثرة في كمية صافي الإشعاع الشمسي، إلا إن المناخ بعناصره يعد أهمها وأكثرها تأثيراً .

هدف البحث .

يهدف البحث الى الكشف عن العلاقة الوثيقة بين صافي الإشعاع الشمسي والعناصر المناخية المؤثرة عليها والتي عن طريقها يمكن التعرف على التأثيرات المتبادلة بين المتغيرات التي لها علاقة بالموضوع لذلك يهدف البحث الى مجموعة من الاهداف نجملها بما يأتي :

- معرفة العناصر المناخية والعوامل الأخرى المؤثرة في صافي الإشعاع الشمسي وكيف يؤثر كل عنصر منها .
 - تحديد المعادلات الرياضية والقوانين الفيزيائية وعوامل فلكية وأخرى في استخراج قيم صافي الإشعاع الشمسي .
 - حساب قيم عناصر الإشعاع الشمسي من خلال استعمال المعادلات الرياضية والتي من دونها لا يمكن معرفة صافي الإشعاع الشمسي إلا بتطبيق كل المعادلات الواردة في البحث.
 - وضع الخطط والبرامج التي تستند الى قيم صافي الإشعاع الشمسي من قبل المخططين عن ادارة الطاقة .
- منهج البحث .**

إعتمد البحث على المنهج الإستقرائي التحليلي لكونه المنهج الأمثل لمثل هذه الدراسات مدعماً بالوسائل الكمية (استنباط يعتمد على قيم رقمية وتحليل نتائجها) أينما تطلب الأمر وذلك للكشف عن طبيعة العلاقة المتباينة وإبراز أثرها في رسم ملامح وعمل صافي الإشعاع الشمسي وإحتساب هذه القيم وفق معادلات خاصة بها، إعتمد في هذا الجانب على توظيف عناصر المناخ وعوامل أخرى لإيجاد قيم عناصر الإشعاع الشمسي، ومن ثم حساب قيم صافي الإشعاع الشمسي كما إشتملت على البيانات المناخية والعلاقات الإحصائية والخرائط ومراجعة الدوائر كالهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية والرصد الزلزالي/ بغداد .

- تحديد منطقة الدراسة .

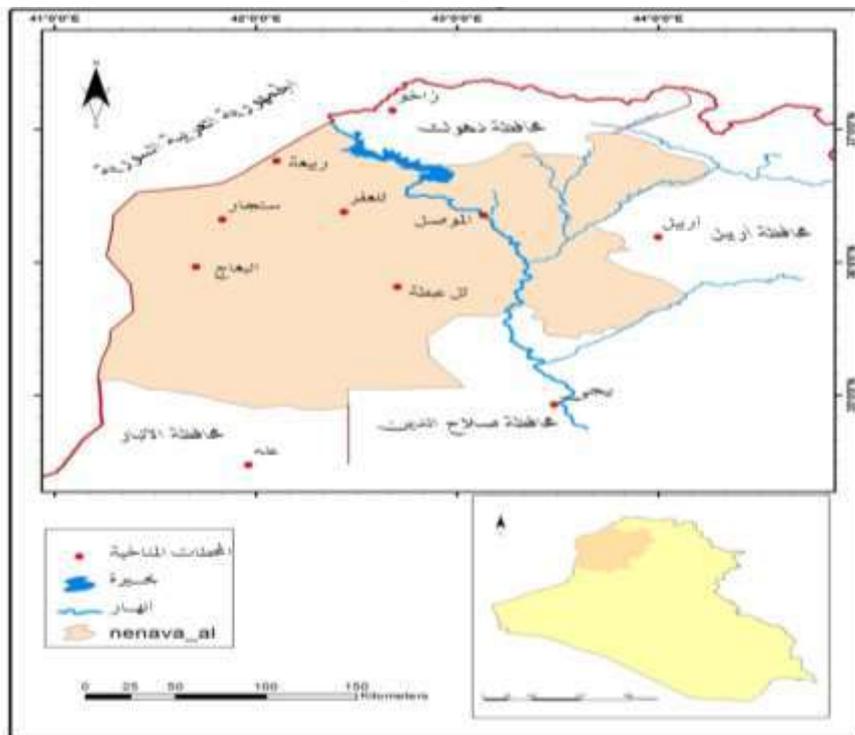
تعد محافظة نينوى الإطار الجغرافي المكاني لمنطقة الدراسة، وتشغل مساحة واسعة تبلغ (37323) كم² من مجموع مساحة العراق البالغة (435052) كم² وهي تشكل ما نسبته (8.6%) من مساحة العراق⁽¹⁾، وهذا الإتساع أدى بدوره الى تباين الظروف الطبيعية وبخاصة المناخ، وتعين في إستغلال معطياتها المناخية في تحديد مشكلة البحث والوصول الى هدفه، فضلاً عن المحطات المناخية المجاورة زاخو، أربيل، بيجي، عنه لغرض الإستكمال في إنتاج الخرائط. ومن الخريطة (1) يتبين الآتي :

فلكياً تقع محافظة نينوى بين دائرتي عرض (00° - 34° - 53° - 37°) شمالاً وخطي طول (25° - 41° - 25° - 44°) شرقاً⁽²⁾، الخارطة (1)، وهي بموقعها هذا تتوسط المنطقة المعتدلة الشمالية، وعلى الرغم من الموقع بالنسبة لخطوط الطول فإنه لا يترك دلالة جغرافية على الموقع إلا في أهميته في تحديد الوقت المحلي⁽³⁾، غير إن الموقع بالنسبة لدوائر العرض يحدد شدة الإشعاع الشمسي ومقدار كميته اللذين يعتمدان على عاملين أساسيين هما زاوية سقوط الأشعة وساعات السطوع الشمسي⁽⁴⁾، وبما إن الشمس تعد الضابط الأساسي لعناصر المناخ فهي المنبع الرئيس لحرارة الجو على سطح الارض⁽⁵⁾،

وبما إن صفاء الجو وزاوية سقوط الأشعة⁽⁶⁾، والإختلاف في مقدار بعد الأرض عن الشمس وإختلاف سرعة دوران الأرض حول الشمس وحركتها الظاهرية بين المدارين وميلان محور الأرض وطول النهار وعوامل أخرى كلها تساهم في إختلاف شدة الإشعاع وكميته⁽⁸⁷⁾، وعلى هذا الأساس تعد دوائر العرض من الضوابط التي تتحكم في توزيع الخصائص المناخية على وجه الأرض⁽⁹⁾.

وبما إن العراق يقع في القسم الجنوبي من المنطقة المعتدلة الشمالية في منطقة إنتقال ما بين المناخ الصحراوي الجاف ومناخ البحر المتوسط، فقد أكسبها هذا الموقع صفات وخصائص إشعاعية شبيهة بالمناخ المداري، إذ ترتفع قيم معدلات الإشعاع الشمسي الكلي⁽¹⁰⁾.

الخريطة (1) الموقع والمحطات المناخية



المصدر: مديرية المساحة العامة، بغداد، خريطة محافظة نينوى 1985 .

جغرافياً تقع محافظة نينوى في الجزء الشمالي الغربي من العراق يحدها من الشمال محافظة دهوك ومن الجنوب محافظة الأنبار ومن الجنوب والجنوب الشرقي محافظة صلاح الدين ومن الشرق محافظتا أربيل والتأميم ومن الغرب الجمهورية العربية السورية .

زمانيةاً تمثلت بالبيانات المناخية لعناصر المناخ المسجلة لمحطات الرصد في منطقة الدراسة

للمدة من (1980 – 2022) .

– المحطات المناخية .

توجد في محافظة نينوى (6) محطات مناخية هي ربيعة، تلعفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل عبطة، إلا إن توزيع هذه المحطات غير متكافئ فهي لا تغطي مساحة منطقة الدراسة بشكل مثالي، لكن تتركز هذه المحطات جميعها في الجانب الشمالي الغربي للمحافظة إضافة إلى تقاربها، وإفتقار الجانب الشرقي من أي محطة مناخية، إضافة إلى القسم الجنوبي الذي يمتد حتى حدود محافظة الأنبار وهذا يستدعي إلى إنشاء محطة مناخية تمثل المنطقة الصحراوية، إضافة إلى محطات في الجانب الشرقي للمحافظة وتوزع توزيعاً منتظماً بحيث يغطي كل مساحة منطقة الدراسة، مما توجب إستعمال بيانات المحطات المناخية المحيطة بمنطقة الدراسة زاخو، أربيل، بيجي، عنه لغرض الإستكمال في إنتاج الخرائط. والجدول (1) يبين مواقع هذه المحطات بالنسبة لدوائر العرض وخطوط الطول والإرتفاع عن مستوى سطح البحر .

الجدول (1) موقع المحطات لدوائر العرض وخطوط الطول والإرتفاع عن مستوى سطح البحر

المحطة	الارتفاع (م)	دائرة العرض درجة / دقيقة شمالاً	دائرة العرض درجة شمالاً	خط الطول درجة / دقيقة شرقاً	خط الطول درجة شرقاً
ربيعة	382	°36 -48	°36.80	°42 -06	°42.10
تلعفر	273	°36 -22	°36.37	°42 -28	°42.48
سنجار	465	°36 -19	°36.32	°41 -50	°41.83
الموصل	223	°36 -19	°36.32	°43 -09	°43.15
البعاج	321	°36 -02	°36.03	°41 -48	°41.80
تل عبطة	200	°35 -55	°35.92	°42 -24	°42.40

المصدر: جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .

صافي الإشعاع .

إن الفرق بين كمية الأشعاع الشمسي الواردة إلى جسم ما أو إلى جزء من سطح الأرض وكمية الأشعاع الصادرة عنه يطلق عليه صافي الإشعاع (Rn) Net radiation (11). فإنه من المفروض إن تتساوى كمية الإشعاع الذي يدخل الغلاف الجوي والأشعة التي تخرج منه إلى الفضاء الخارجي (12) .

الأشعة الشمسية الصادرة من قرص الشمس تتعرض أثناء مسارها في الغلاف الجوي لعوامل متعددة تحدد كمية الواصل منها إلى سطح الأرض، ويصل الأرض مباشرة جزء من هذه الأشعة الشمسية، في حين ينعكس جزء آخر ويرتد إلى الفضاء الخارجي، وجزء آخر يمتص من قبل مكونات الجو، ويتعرض الجزء المتبقي إلى الإنتشار في الإتجاهات المختلفة ليصل جزء منه إلى سطح الأرض.

ويصل الى الغلاف الجوي الأشعة الصادرة من الأرض وهي أشعة حرارية طويلة الموجة وغير مرئية، وهذه الأشعة مع تلك التي إمتصها الغلاف الجوي من الأشعة الواردة اليه تسهم في رفع درجة حرارة الجو، حيث تسلك الغيوم مسلك الأجسام السوداء في إمتصاص الإشعاع وإنبعاثه، فتقوم قاعدة الغيوم بإمتصاص جزء كبير من الإشعاع الأرضي طويل الموجة وتعيد اشعاعه بإتجاه سطح الأرض. ومن ثم يقل صافي ما يفقده سطح الأرض من إشعاع نتيجة لوجود الغيوم. في حين إن الجو لا يمتص الإشعاعات الأرضية كافة، حيث هناك حزم إشعاعية تنفذ الى الفضاء الخارجي عن طريق (النافذة الجوية) ويمكن أن نقول إن الجو و سطح الأرض في حالة توازن اشعاعي، فالإشعاع الوارد الى الجو يعادل الإشعاع الخارج منه والأشعة التي يمتصها سطح الأرض تعادل الأشعة التي يفقدها. وبذلك يتحقق التوازن الإشعاعي عند دائرة عرض (40°) شمالاً وجنوباً، بحيث يكون الإشعاع المكتسب يساوي الإشعاع المفقود .

- المعادلات التي إستعملت في حساب قيم صافي الإشعاع الشمسي (Rn) .

وهنا يجب الإشارة عند حساب قيم صافي الإشعاع الشمسي (Rn) لا بد من المرور بكل هذه

المعادلات الموضحة في المخطط الإنسيابي الآتي :

مخطط إنسيابي للمعادلات المستعملة في البحث لحساب صافي الإشعاع (Rn)

1- الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي⁽¹³⁾ . 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 :

$$Ra = \frac{24 (60)}{\pi} Gsc dr [\omega_s . Sin(\varphi) . Sin(\delta) + Cos(\varphi) . Cos(\delta) . Sin(\omega_s)] \dots \dots (1)$$

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

$$^{(*)} decimal\ degrees = Sum [degrees + (minutes / 60)]$$

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

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

$$dr = 1 + 0.033 Cos \left[\frac{2\pi}{365} J \right]$$

- الميل الشمسي (δ) على وفق العلاقة الآتية :

$\delta = 0.409 \sin \left[\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right]$
<p>إذ إن (J) هو تسلسل اليوم في السنة ، يكون بين 1 (1 كانون الثاني) و 365 أو 366 في (31 كانون الأول) .</p> <p>القيم الشهرية لـ (J) تم حسابها لمنتصف الشهر ، على وفق العلاقة الآتية :</p> $J = \text{INTEGER} (30.4 M - 15)$
<p>- زاوية ساعة الغروب (Ws) . Sunset hour angle</p> <p>تحتسب زاوية غروب الشمس الساعية من دالة دائرة العرض (φ) وزاوية الميل الشمسي (δ) على وفق العلاقة الآتية :</p> $Ws = \text{arc Cos} [-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$
<p>- ساعات السطوع النظرية (N) . Daylight hours</p> <p>وتحتسب قيمة أقصى مدة ممكنة لسطوع الشمس (N) أي طول النهار النظري على وفق العلاقة الآتية:</p> $N = \frac{24}{\pi} Ws$ <p>Ws: زاوية ساعة الغروب (rad.) .</p>
<p>2- الإشعاع الشمسي الكلي (R_s) ⁽¹⁴⁾ . Solar radiation</p> <p>إذا لم يكن الإشعاع الشمسي (R_s) مقاساً ، فبالإمكان حسابه من معادلة إنكستروم (Angstrom) التي تربط الإشعاع الشمسي الكلي (R_s) بالإشعاع خارج الغلاف الجوي الأرضي (R_a) والسطوع الشمسي النسبي (n / N) وفق العلاقة الآتية :</p> $R_s = (0.25 + 0.50 n/N) R_a \dots\dots(2)$
<p>3- الإشعاع الشمسي للسماء الصافية ⁽¹⁵⁾ . Clear – sky solar radiation (R_{s_0})</p> <p>يتم حساب إشعاع السماء الصافية (R_{s_0}) حينما تكون ($n = N$) ولمستوى سطح البحر القريب، على وفق العلاقة الآتية :</p> $R_{s_0} = (0.75 + 2 \times 10^{-5} Z) R_a \dots\dots\dots(3)$
<p>4- صافي إشعاع الموجة القصيرة ⁽¹⁶⁾ . Net short wave radiation (R_{ns})</p>

صافي إشعاع الموجة القصيرة الناتج من الموازنة بين الإشعاع الشمسي الداخلى والمعكوس، على وفق العلاقة الآتية :

$$Rns = Rs - aRs = (1 - a) Rs = 0.77 Rs \dots\dots (4)$$

5- صافي إشعاع الموجة الطويلة ⁽¹⁷⁾ . (RnL) Net Long Wave Radiation

معدل طاقة الموجة الطويلة المنبعثة تتناسب طردياً مع درجة الحرارة المطلقة للسطح المرفوعة إلى القوة الرابعة معبر عنها كميأ بواسطة قانون ستيفان- بولتزمان (Stefan - Boltzman) . وإن صافي إشعاع الموجة الطويلة (RnL) يحسب على وفق العلاقة الآتية :

$$Rnl = \sigma \left[\frac{T_{max,K^4} + T_{min,K^4}}{2} \right] (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left[1.35 \frac{R_s}{R_{s_0}} - 0.35 \right] \dots(5)$$

6- صافي الإشعاع ⁽¹⁸⁾ (Rn) Net radiation

صافي الإشعاع الشمسي هو الفرق بين صافي إشعاع الموجة القصيرة (Rns) وصافي إشعاع الموجة الطويلة الخارجة (RnL) ، ويحسب على وفق العلاقة الآتية :

$$Rn = Rns - RnL \dots\dots\dots(6)$$

إذ إن:

- Ra : الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (ميكا جول/ م². يوم) .
- Gsc : الثابت الشمسي ويساوي (0.0820) ميكا جول/ م². دقيقة .
- dr : المسافة العكسية النسبية بين الأرض والشمس .
- ω_s : زاوية غروب الشمس (rad) .
- ϕ : دائرة العرض (rad) .
- δ : الميل الشمسي (rad) .
- Rs : الإشعاع الشمسي الكلي قصير الموجة (ميكا جول/ م². يوم) .
- n : المدة الفعلية لسطوع الشمس (ساعة) .
- N : المدة الممكنة القصوى لسطوع الشمس (ساعات السطوع النظرية) ساعة .

n/N : السطوع الشمسي النسبي [-]

RS_o : الإشعاع الشمسي للسماء الصافية (ميكا جول/ م². يوم) .

Z : إرتفاع المحطة فوق مستوى سطح البحر (م) .

Rns : صافي إشعاع الموجة القصيرة (ميكا جول/ م². يوم) .

a : معامل الإنعكاس التي هي (0.23) { بدون أبعاد } .

Rnl : صافي اشعاع الموجة الطولية الخارج (ميكا جول/ م². يوم) .

σ : ثابت ستيفان- بولتزمان [$4.903 \times 10^{-9} MJK^{-4}m^{-2} day^{-1}$]

$T_{max,k}$: درجة الحرارة المطلقة العليا .

$T_{min,k}$: درجة الحرارة المطلقة الدنيا .

e_a : ضغط البخار الفعلي (كيلو باسكال) .

R_s / RS_o : الإشعاع القصير الموجة النسبي ومحدد ($\text{Limited to } \leq 1.0$) .

Rn : صافي الإشعاع الشمسي (ميكا جول/ م². يوم) .

- نتائج صافي الإشعاع الشمسي الشهري والسنوي اليومي (Rn) ميكا جول/ م². يوم.

الجدول (2) والخرائط (2) توضح قيم (Rn) فعند حدوث الانقلاب الشتوي في (21) كانون الأول وتعادم الشمس على مدار الجدي، يسيطر على أدنى القيم تزامناً مع أقل مدة لسطوع الشمس لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجان، الموصل، البعاج، تل عبطة)، وكانت قيم (Rn) (2.55، 2.55، 2.53، 2.60، 2.64، 2.76) ميكا جول/ م². يوم على التعاقب ثم تبدأ بالارتفاع التدريجي . في حالة الاعتدال الربيعي في (21) آذار حيث تكون الشمس عمودية على خط الإستواء وتساوي الليل والنهار لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجان، الموصل، البعاج، تل عبطة)، تكون قيم (Rn) (7.83، 7.92، 7.83، 8.02، 8.06، 88.34)، ميكا جول/ م². يوم على التعاقب ، ثم تستمر بالارتفاع التدريجي .

وعند حدوث الانقلاب الصيفي في (21) حزيران وتعادم الشمس على مدار السرطان فإنه يسيطر على أعلى القيم تزامناً مع أطول مدة لسطوع الشمس لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجان، الموصل ، البعاج، تل عبطة)، تكون قيم (Rn) (14.87، 14.98، 15.20، 14.70، 14.69، 15.63) ميكا جول/ م². يوم على التعاقب. يوم ثم تبدأ بالإنخفاض التدريجي .

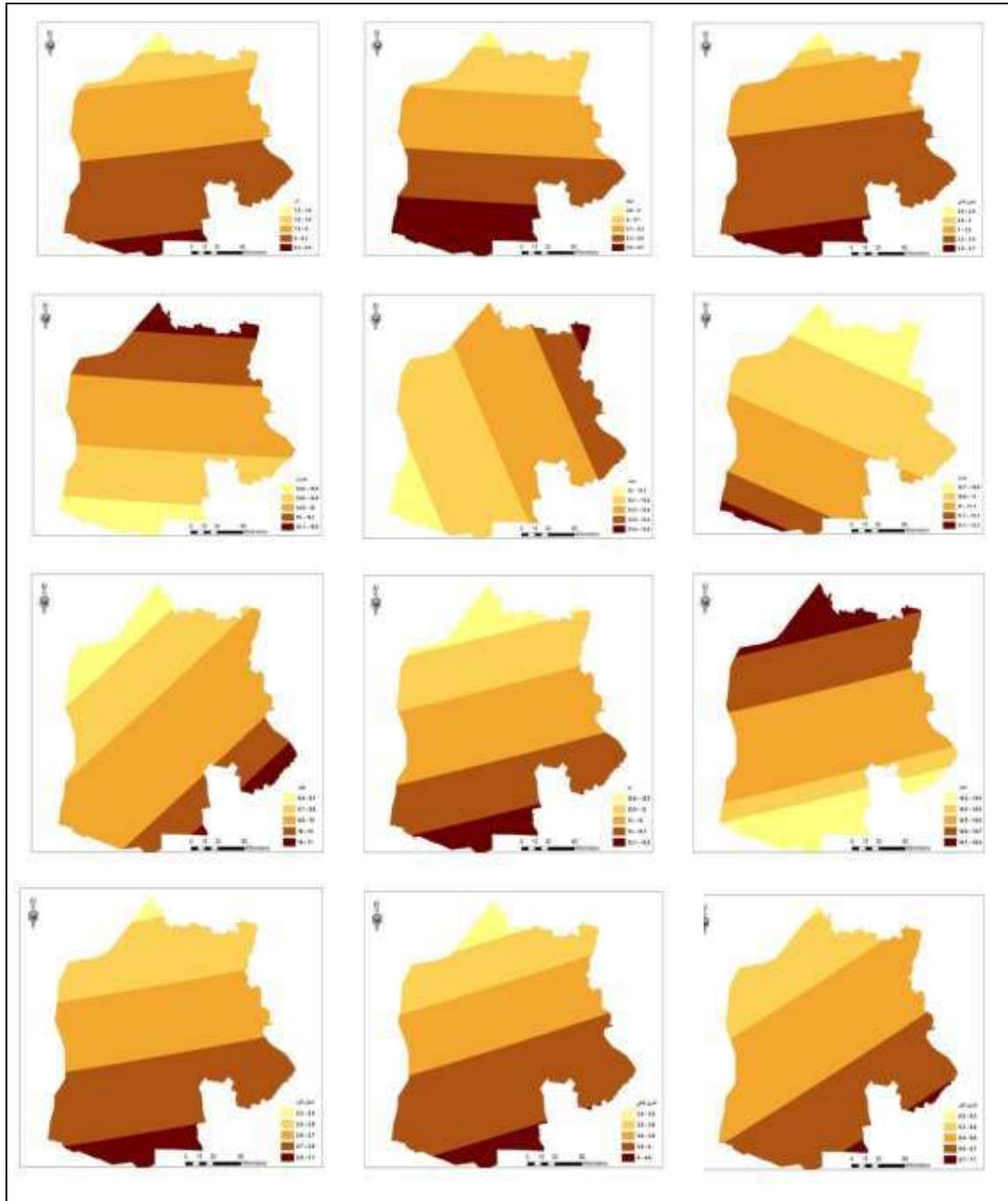
أما في حالة الاعتدال الخريفي في (23) أيلول وتعادم الشمس على خط الاستواء وتساوي الليل والنهار لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجان، الموصل، البعاج، تل عبطة)، تكون قيم (Rn) (9.94،

9.47، 9.44، 10.08، 9.89، 9.91) ميكا جول/م². يوم على التعاقب، وتستمر بالإنخفاض إلى شهر تشرين الثاني، وبهذا تكون الأرض قد أكملت دورتها الحولية حول الشمس .
 أما المعدل السنوي لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل عبطة)، تكون قيم (Rn) (8.99، 8.62، 8.59، 8.94، 8.91، 8.89) ميكا جول/م². يوم على التعاقب، وبذلك يظهر إن السلوك العام لقيم (Rn) يميل إلى التجانس وإن الاختلافات البينية قليلة لا تعطي تبايناً حاداً .
 الجدول (2) المعدلات الشهرية والفصلية اليومية لصادفي الإشعاع الشمسي (Rn) ميكا جول/م².
 يوم لمحطات منطقة الدراسة للمدة (1980-2022)

الأشهر	ربيعة	تلغفر	سنجار	الموصل	البعاج	تل عبطة
كانون الثاني	3.13	3.13	2.94	3.16	3.23	3.22
شباط	5.11	5.18	5.13	5.19	5.40	5.46
الشتاء	3.60	3.62	3.53	3.65	3.76	3.81
آذار	7.83	7.92	7.83	8.02	8.06	8.34
نيسان	11.03	10.74	10.66	11.15	11.34	11.24
مايس	13.55	13.02	13.17	13.59	13.22	13.20
الربيع	10.80	10.56	10.55	10.92	10.87	10.93
حزيران	15.63	14.69	14.70	15.20	14.98	14.87
تموز	15.36	14.38	14.20	14.71	14.64	14.46
آب	13.51	12.56	12.56	13.10	13.13	12.84
الصيف	14.83	13.88	13.82	14.34	14.25	14.06
ايلول	9.94	9.47	9.44	10.08	9.89	9.91
تشرين الأول	6.55	6.19	6.38	6.71	6.55	6.59
تشرين الثاني	3.69	3.61	3.49	3.82	3.79	3.82
الخريف	6.73	6.42	6.44	6.87	6.74	6.77
كانون الأول	2.55	2.55	2.53	2.60	2.64	2.76
المعدل الشهري	8.99	8.62	8.59	8.94	8.91	8.89

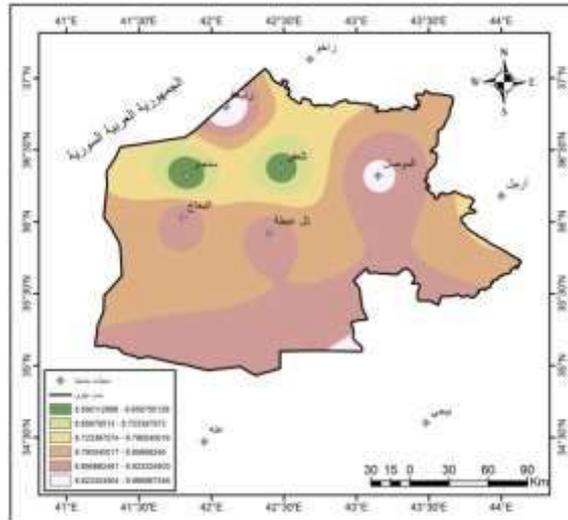
المصدر: المعادلة (6) .

الخرائط (2) الشهرية اليومية لصافي الإشعاع الشمسي (Rn) ميكا جول/م². يوم لمحطات منطقة الدراسة للمدة (1980-2022)



المصدر : الجدول (2) .

الخريطة (4) المعدل السنوي لصافي الإشعاع الشمسي (Rn) ميكا جول/ م². يوم لمحطات منطقة الدراسة للمدة (1980-2022)

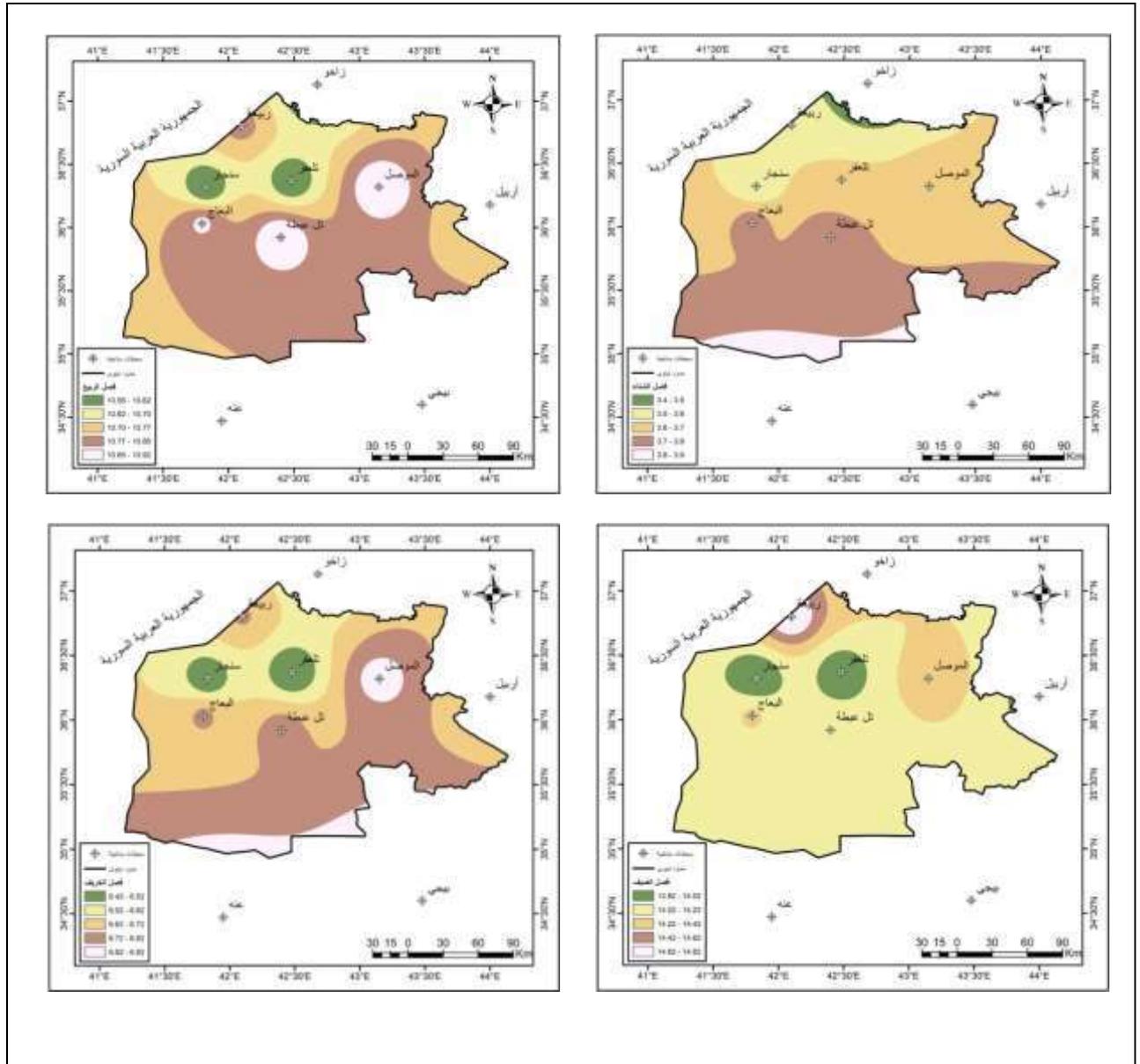


المصدر: الجدول (2) .

- نتائج صافي الإشعاع الشمسي الفصلية اليومية (Rn) ميكا جول/ م². يوم.

الجدول (2) والخرائط (3) توضح قيم صافي الإشعاع (Rn) الفصلية اليومية وكانت كالاتي:
 في فصل الشتاء إذ بلغت القيم لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل عبطة)،
 وكانت (3.60، 3.62، 3.53، 3.65، 3.81، 3.76) على التعاقب . وكانت أدناها في محطة سنجار
 بلغت (3.53) وأعلىها في محطة تل عبطة بلغت (3.81) .
 أما فصل الربيع إذ بلغت القيم لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل عبطة)،
 وكانت (10.80، 10.56، 10.55، 10.92، 10.87، 10.93) على التعاقب، وكانت أدناها في
 محطة سنجار بلغت (10.55) وأعلىها في محطة تل عبطة بلغت (10.93).
 في فصل الصيف إذ بلغت القيم لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل
 عبطة)، (14.83، 13.88، 13.82، 14.34، 14.25، 14.06) على التعاقب، وكانت أدناها في
 محطة سنجار بلغت (13.82) وأعلىها في محطة ربيعة بلغت (14.83) .
 وفي فصل الخريف إذ بلغت القيم لمحطات (ربيعة، تلغفر، سنجار، الموصل، البعاج، تل
 عبطة)، (6.73، 6.42، 6.44، 6.87، 6.74، 6.77) على التعاقب، وكانت أدناها في محطة
 تلغفر بلغت (6.42) وأعلىها في محطة الموصل بلغت (6.87) . وهذه الاختلافات ما بين الفصول
 يرجع الى حركة الشمس الظاهرية بين المدارين .

الخرائط (3) الفصلية اليومية لصافي الإشعاع الشمسي (Rn) ميكا جول/م². يوم لمحطات
منطقة الدراسة للمدة (2022-1980)



المصدر: الجدول (2) .

- 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 الاحصائي هو تحديد مدى قوة العلاقة بين متغيرين أو أكثر والتنبؤ بقيمة (y) باستخدام قيمة (x) .

فالإحصاء يختص باستحداث وتطبيق أكثر الطرائق فعالية في جمع الحقائق والبيانات الخاصة بالظواهر العلمية والاجتماعية وغيرها وترتيبها وتحليلها وتفسيرها وصياغتها في صورة عددية للتعرف عليها أو لمقارنتها بظواهر أخرى، ومحاولة إستنباط علاقات خاصة تربط بينهما وإستنتاج الحقائق منها (19). وليبيان مدى تأثير العلاقة الإحصائية بين صافي الإشعاع الشمسي والعناصر المناخية وعوامل أخرى، فضلاً عن العلاقة بين نتائج صافي الإشعاع الشمسي مع نتائج عناصر الإشعاع الشمسي. وإختبار كفاءة كل متغير عن طريق معامل التحديد (R^2) الأعلى ومعامل الارتباط (r) الأعلى .
اولاً : العلاقة الإحصائية بين صافي الإشعاع الشمسي والعناصر المناخية وعوامل أخرى.

تشير العلاقة الإحصائية من الجدول (3) إن العلاقة ما بين نتائج عناصر الإشعاع الشمسي كمتغير تابع (معتمد)، ونتائج المتغيرات المناخية و عوامل أخرى المؤثرة على عناصر الإشعاع الشمسي كمتغيرات مستقلة ما يأتي :

- درجة الحرارة العليا (T max) .

بما إن ($P \leq 0.05$)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (T max) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (T max) ، حيث إن زيادة (T max) بوحدة واحدة (م°) ، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.351) ميكا جول / م². يوم ، وإن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.750) ، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (75.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.866) .

- درجة الحرارة الدنيا (T min) .

بما إن ($P \leq 0.05$)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (T min) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (T min) ، حيث إن زيادة (T min) بوحدة واحدة (م°) ، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.448) ميكا جول / م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.717)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (RnL) هي (71.7%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.847) .

- الرطوبة النسبية (RH) .

بما إن ($P \leq 0.05$)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (RH) غير معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة عكسية ما بين (Rn) و (RH)، حيث إن زيادة (RH) بوحدة واحدة (%)، يؤدي الى نقصان (Rn) ب (0.191) ميكا جول / م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R^2) هو

(0.760)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (76.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (-0.872) .

الجدول (3) العلاقة الإحصائية بين صافي الإشعاع والعناصر المناخية وأخرى للمدة (1980-2022)

لكافة محطات نينوى			
معادلة الإنحدار التنبؤية*	R^2	r	المتغيرات
$y = 0.351x - 0.715$	0.750	0.866	$T_{max} *$
$y = 0.448x + 2.76$	0.717	0.847	$T_{min} *$
$y = -0.191x + 18.1$	0.760	-0.872	$RH *$
$y = 1.56x - 4.09$	0.873	0.934	$n *$
$y = 2.54x - 21.7$	0.990	0.995	N
$y = 25.5x - 830$	0.634	0.796	n/N
$y = 38.9x - 21.4$	0.643	0.802	Rs/Rso

المصدر : (*) جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأمناء الجوية العراقية والرصد الزلزالي، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .

- المعادلة (N1، 2، 3) .

- السطوع الفعلي (n) .

بما إن ($P \leq 0.05$)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (n) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (n)، حيث إن زيادة (n) بوحدة واحدة (ساعة)، يؤدي إلى زيادة (Rn) بـ (1.56) ميكا جول/م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.873)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (87.3%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.934) .

- السطوع النظري (N) .

بما إن ($P \leq 0.05$)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (N) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (N)، حيث إن زيادة (N) بوحدة واحدة (ساعة)، يؤدي إلى زيادة (Rn) بـ (2.54) ميكا جول/م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R^2) هو (0.990)، أي إن

مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (99.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.995) .

- نسبة السطوع الشمسي (n/N) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (n/N) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rs) و (n/N)، حيث إن زيادة (n/N) بوحدة واحدة، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (25.4) ميكا جول/ م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.634)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (63.4%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.796) .

- الإشعاع النسبي للموجات القصيرة (Rs/Rso) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Rs/Rso) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Rs/Rso)، حيث إن زيادة (Rs/Rso) بوحدة واحدة، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (38.9) ميكا جول/ م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.643)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (64.3%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.802) .

أما علاقة الإنحدار والارتباط المتعدد :

$$Rn = 0.0898 T max + 0.0024 T min + 0.0453RH - 0.077 n + 2.44 N + 5.26 \frac{n}{N} - 3.40 \frac{RS}{Rso} - 25.4$$

إن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.997)، أي إن مقدار مايفسره نموذج الإنحدار أعلاه من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (99.7%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.986) .

ثانياً : العلاقة الإحصائية ما بين صافي الإشعاع الشمسي (Rn) وعناصر الإشعاع الشمسي.

تشير العلاقة الإحصائية من الجدول (4) إن العلاقة ما بين نتائج صافي الإشعاع الشمسي

الشمسي كمتغير تابع (معتمد)، وعناصر الإشعاع الشمسي كمتغيرات مستقلة ما يأتي:

- الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Ra) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Ra)، حيث إن زيادة (Ra) بوحدة واحدة (ميكا جول/ م². يوم)، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.474) ميكا جول/ م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو

(0.990)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (99.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.995) .

- الإشعاع الشمسي الكلي (Rs) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Rs) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Rs)، حيث إن زيادة (Rs) بوحدة واحدة (ميكا جول/م². يوم)، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.625) ميكا جول/م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.985)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (98.5%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.992) .

الجدول (4) العلاقة الاحصائية ما بين صافي الإشعاع (Rn) وعناصر الإشعاع الشمسي للمدة (1980-2022)

لكافة محطات نينوى			
معادلة الإنحدار التنبؤية	R ²	r	المتغيرات
$y = 0.474 x - 5.17$	0.990	0.995	Ra
$y = 0.625 x - 2.34$	0.985	0.992	Rs
$y = 0.627 x - 5.18$	0.990	0.995	Rso
$y = 0.812 x - 2.34$	0.985	0.985	Rns
$y = 3.14 x - 6.64$	0.670	0.818	RnL

- الإشعاع الشمسي للسماء الصافية (Rso) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Rso) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Rso)، حيث إن زيادة (Rso) بوحدة واحدة (ميكا جول/م². يوم)، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.627) ميكا جول/م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.990)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (99.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.995) .

- الإشعاع الشمسي قصير الموجة (Rns) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Rns) معنوية، يفسرها نموذج الإنحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Rns)، حيث إن زيادة (Rns) بوحدة واحدة (ميكا

جول/ م². يوم)، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (0.812) ميكا جول/ م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.985)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (98.5%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.992) .

- الإشعاع الشمسي طويل الموجة (Rnl) .

بما إن (P ≤ 0.05)، فإن العلاقة الخطية ما بين (Rn) و (Rnl) معنوية، يفسرها نموذج الانحدار، وتكون العلاقة موجبة ما بين (Rn) و (Rnl)، حيث إن زيادة (Rnl) بوحدة واحدة (ميكا جول/ م². يوم)، يؤدي الى زيادة (Rn) ب (3.14) ميكا جول/ م². يوم، وإن قيمة معامل التحديد (R²) هو (0.670)، أي إن مقدار مايفسره النموذج من التغيرات الحاصلة في (Rn) هي (67.0%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (0.818) .

أما علاقة الانحدار والارتباط المتعدد :

$$Rn = 0.0262 - 0.0461 Ra - 0.048 Rs + 0.0594 Rso + 1.07 Rn - 1.01Rnl$$

إن قيمة معامل التحديد (R²) هو (1.00)، أي إن مقدار مايفسره نموذج الانحدار أعلاه من التغيرات الحاصلة في (RnL) هي (100%)، وإن معامل الارتباط (r) هو (1.00) .

الإستنتاجات .

من دراسة وتحليل نتائج صافي الإشعاع الشمسي تم التوصل الى عدة حقائق وكما يأتي:

- تشترك جميع عناصر الإشعاع، في أعلى القيم في شهر حزيران وهذا يتوافق مع أطول مدة للسطوع الشمسي وأدناها في شهر كانون الأول، بإستثناء صافي اشعاع الموجة الطويلة في شهر تموز وهذا يتوافق مع إرتفاع درجات الحرارة وأدناها في شهر كانون الثاني .
- تظهر فروقات في نتائج عناصر الإشعاع الشمسي لقراءات النماذج الرياضية بتأثير إختلاف معايير كل نموذج ولكن على العموم كان السلوك العام للنتائج يسير بوتيرة موحدة على مستوى التوزيع السنوي .
- تم إيجاد عدة نماذج رياضية بين صافي الإشعاع الشمسي (Rn) وكل من عناصر الإشعاع الشمسي، الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) والإشعاع الشمسي الكلي (Rs) والإشعاع الشمسي لسماء صافية (RS₀) وصافي اشعاع الموجة القصيرة (Rns) وصافي اشعاع الموجة الطويلة (RnL) وكأنت ذات معاملات إرتباط (r) عالٍ تفاوتت بين (-0.8180.995) .
- تم إيجاد معادلة رياضية لحساب صافي الإشعاع الشمسي (Rn) من كل عناصر الإشعاع الشمسي وكانت ذات معامل تحديد (R² = 100%)، ومعامل إرتباط (r = 1.00) العلاقة موجبة تامة .

- تم إيجاد عدة نماذج رياضية بين صافي الإشعاع والعناصر المناخية وأخرى وكانت ذات معاملات إرتباط (r) عالٍ تفاوتت بين (0.662-0.980) .
- تم إيجاد معادلة رياضية لحساب صافي الإشعاع الشمسي (Rn) من كل العناصر المناخية وأخرى وكانت ذات معامل تحديد ($R^2 = 0.995$)، ومعامل إرتباط عالٍ ($r = 0.986$) العلاقة موجبة تامة .
- إن دراسة العلاقة بين صافي الإشعاع الشمسي وعناصر الإشعاع الشمسي والعناصر المناخية تبين إنها ذات معاملات إرتباط عالٍ (r) وقد تفاوتت بين (0.662 - 0.995) وكانت العلاقة موجبة .
- أما العلاقة بين صافي الإشعاع الشمسي والرطوبة النسبية إنها ذات معامل إرتباط (r) بلغ (716-0)، وكانت العلاقة عكسية .

المقترحات .

- بناءً على النتائج التي توصلت اليها الدراسة يقترح الباحث بما يأتي :
- إنشاء محطات مناخية متطورة ذاتية العمل تقيس كل العناصر المناخية وبدقة عالية، مع الأخذ بنظر الإعتبار المناطق الجبلية بحيث تكون المحطات على السفوح المقابلة والمعاكسة .
- تحديث اجهزة قياس العناصر المناخية في محطات الأنواء الجوية بأجهزة ذات تقنيات عالية ومتطورة . وإن يكون العاملين فيها من أصحاب الإختصاص والخبرة .
- ضرورة إنشاء قاعدة بيانات لمختلف العناصر المناخية وتحدث دورياً لكي يسهل للباحث الحصول عليها .
- دراسة صافي الإشعاع الشمسي لعموم القطر كدراسة شاملة .
- إعتداد قيم الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) عند حساب صافي الإشعاع الشمسي لأي زمن لأنها إعتمدت على ثوابت كدائرة العرض وطول اليوم (النظري) .
- أما بقية عناصر الإشعاع الشمسي فإن قيمها تتغير بتغير العناصر المناخية والمتغيرات الأخرى .
- إعتداد قيم الإشعاع الشمسي لسماء صافية (RS_0) عند حساب صافي الإشعاع الشمسي لأي زمن لأنها اعتمدت على ثوابت الألبيدو (0.23) وإرتفاع الموقع وقيم الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (Ra) .
- إعتداد قيم السطوع النظري (N) لأنها ثابتة لكل السنوات لأنها إعتمدت على ثوابت .

- اعتماد نموذج علاقة الإنحدار المتعدد لحساب صافي الإشعاع الشمسي، وكانت ذات معامل ارتباط عالٍ بلغ (0.995) .

المراجع

- (¹) الجهاز المركزي للأحصاء، هيئة التخطيط، المجموعة الاحصائية السنوية، 1997، ص8-9 .
- (²) جمهورية العراق، وزارة النقل والمواصلات، الهيئة العامة للأنواء الجوية العراقية، بيانات غير منشورة .
- (³) جمال حمدان، جغرافية المدن، القاهرة، الطبعة الثانية، 1977، ص 280 .
- (⁴) علي حسين الشلش، جغرافية الأقاليم المناخية، مطبعة بغداد، 1978، ص 23 .
- (⁵) Austin, M., 1972. Climatology, Methuenco LTD, London, New York, p. 8
- (⁶) Ali, H.A., 1966. climate of Iraq , Aman , Jordan , p.10 .
- (⁷)
- (⁸) ابراهيم شريف، جغرافية الطقس، الكتاب الأول، دار الحكمة للطباعة والنشر، بغداد، 1991، ص 61 .
- (⁹) احمد علي اسماعيل، الجغرافيا العامة، موضوعات مختارة، دار الثقافة للنشر والتوزيع، الفحالة، 1996، ص 28 .
- (¹⁰) فاضل باقر الحسني، الخواص الإشعاعية لمناخ العراق، مجلة الأستاذ، العدد(1)، 1978، ص 412 .
- (¹¹) ادهم سفاف، المناخ والأرصاد الجوية، مديرية دار الكتب للمطبوعات الحكومية، حلب، سوريا، ط1، 1973، ص 20 .
- (¹²) نعمان شحادة، علم المناخ، دار المستقبل للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 1996، ص 94 .
- (¹³) See:
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for computing Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, FAO, Rome, Italy, P. 46-48, P. 217.
- Duffie, J. A., and Beckman, W. A., 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wily and Sons, New York, p.1-109.
- 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.
- (¹⁴) Allen et al, 1998, Op cit, P. 50.
- (*) تم عمل تحويل الدرجات على صيغة معادلة من قبل الباحث .
- (¹⁵) Ibid, P. 22.P.51
- (¹⁶) See:
- Ibid, P. 51.
- ASCE-EWRI, 2005, Op cit, P. 18.
- (¹⁷) See:
- Brutsaert, W., 1982. Evaporation in to Atmosphere. D. Reild Publishing Company, Boston, P. 309.
- Wright , J . L . , 1982. New evapotranspiration Crop Coefficien J. Irrig and Drain. Div, ASCE, 108, P. 57-74.

-
- Allen , R . G., 1996 . Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration on estimation. Journal of Irrigation and Drainge Engineering 117 (5) P. 759-773.
 - Allen, et al, 1998, Op cit, P. 51-52.
 - ASCE-EWRI, 2005, Op cit, P. 19-20.
 - (¹⁸) See:
 - Ibid, P. 17.
 - Allen et al., 1998,Op Cit, P. 53.
 - (¹⁹) فريد كامل أبو زينة، الاحصاء في التربية والعلوم الإنسانية، جهونة للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، عمان، الأردن، 2002، ص 7 .