

مقارنة قياسات الإشعاع الشمسي بمكة المكرمة خلال ٢٠١٦م

عبدالعزیز بن رشاد سروجي^١، د. ترکی بن محمد حبیب الله^١، عصام عبدالحلیم مرسي^٢
^١ قسم البحوث البيئية والصحية، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة - جامعة أم القرى
^٢ قسم الجيوفيزياء، كلية العلوم - جامعة القاهرة

ملخص البحث:

يهدف هذا البحث إلى تقييم مقدار الإشعاع الشمسي الكلي وفوق البنفسجي وتحت الحمراء الساقط على مدينة مكة المكرمة ومدى تغيرها بتغير شهور وفصول السنة، ومن ثم توثيق وتكوين سجل علمي لتلك البيانات بغرض تحليل قياسات الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء والتنبؤ بمسارها واتجاهها البيئي على المدى البعيد وفي النهاية استخدام هذه القياسات في بعض التطبيقات البيئية مثل ضربات الشمس والتفاعلات الضوئية كيميائية التي تتم مع بعض الغازات والملوثات الهوائية مثل (أول أكسيد النيتروجين، ثاني أكسيد النيتروجين والأوزون) والمواقع المثالية كمصادر للطاقة الشمسية المتجددة بمكة المكرمة.

ومن خلال شبكة الرصد المناخي الأوتوماتيكية التابعة لمعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة بجامعة أم القرى، تمت الاستعانة ببيانات الإشعاع الشمسي الكلي لمحطات الرصد الموزعة بجميع أنحاء مكة المكرمة بجانب بيانات الرصد الخاصة بالإشعاع الشمسي فوق البنفسجية والمرئي وتحت الحمراء الساقطة وكذلك الإشعاع الشمسي الكلي على مكة المكرمة على مدار اليوم باستخدام جهاز قياس مجموع الأشعة فوق البنفسجية (Eppley TUVR ذي المدى الموجي ٢٩٥ - ٣٨٥ nm) وكذلك جهاز (Biospherical GUUV- ٢٥١١) ذي الأطوال الموجية القصيرة، وباستخدام جهاز قياس مجموع الأشعة تحت الحمراء (Eppley PIR ذي المدى الموجي ٣٥٠٠ - ٥٠٠٠ nm) وكذلك جهاز قياس الإشعاع الشمسي الكلي (Kipp & Zonen Pyranometer CM) ذي المدى الموجي (٣٠٥ - ٢٨٠٠ nm) وأوضحت النتائج أن مواقع المشاعر المقدسة (منى والمنطقة المركزية ومزدلفة وعرفات) يتواجد بها أعلى معدل للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بالمقارنة بباقي أحياء مكة المكرمة خلال شهري رمضان وذي الحجة.

وللأسطح البيضاء بالمنطقة المركزية تأثير مباشر على مقدار انعكاسية الإشعاع الشمسي الساقط حيث يتم انعكاسه كلياً مما قد يؤثر على رؤية المصلين بساحات الحرم المكي الشريف. ومن الجدير بالذكر أن هذه القيم خلال شهر يناير الذي يعتبر من شهور فصل الشتاء والذي يكافئ الفترة التي يقل بها تواجد المعتمرين والزوار للحرم المكي الشريف هي أقل قيم للإشعاع الشمسي الكلي بأنواعه المختلفة.

الكلمات الدالة: الأشعاع الشمسي الكلي، فوق البنفسجي، تحت الحمراء، الرصد المناخي.

١. مقدمة:

أضحت قضية البيئة من القضايا المعقدة وكلما زاد تطور الحياة كلما تعقدت الأمور أكثر، الأمر الذي يتطلب نظرة متأنية وفاحصة للمشاكل والقضايا البيئية المعاصرة خاصة في المناطق التي تزداد فيها الكثافة البشرية في أزمنة محددة، ومن ذلك على سبيل المثال ما تشهده المدينتين المقدستين مكة المكرمة والمدينة المنورة وكذلك المشاعر المقدسة على حدٍ سواء بمواسم الحج والعمرة حيث يجتمع فيها

أعداد كبيرة من الحجاج والمعتمرين وزوار بيت الله الحرام والمسجد النبوي الشريف وتداخل فيها الكثير من العوامل التي تجعل هذه المناطق عرضة للمشاكل والتلوث البيئي بأشكاله المختلفة.

الضوء والحرارة وموجات الأشعة الشمسية هي شكل من أشكال الإشعاع التي يتم تلقيها من قبل طبقات الغلاف الجوي العليا للأرض، ولها القدرة على التأثير على مكونات الغلاف الجوي والتفاعل معها (التفاعلات الكيموضوئية). وبالتالي فإن الإشعاع الشمسي يلعب دورا هاما وحرجا للغاية من حيث العمليات الفيزيائية والبيولوجية لجميع الكائنات الحية على الأرض. إن التفاعلات الكيموضوئية التي تحدث بين طاقة الإشعاع الشمسي والملوثات في الغلاف الجوي يمكن أن تؤثر أيضاً على نوعية الهواء، والتي تؤثر بدورها على النظام الإيكولوجي.

هناك ثلاثة أنواع أساسية من الأشعة الشمسية المنبعثة تشمل كلا من الأشعة تحت الحمراء (IR Rays) ثم تليها الأشعة الضوئية المرئية (Sunlight Rays) ثم الأشعة فوق البنفسجية (UV Rays) وتعرف أحياناً بالأشعة الجوية، وكل نوع من هذه الأنواع المختلفة من الإشعاع الشمسي يمتلك مجموعة خاصة من الأطوال الموجية، وبالتالي لكل منهم آثاره البيئية الخاصة. بعض هذه الآثار إيجابية والبعض الآخر سلبية. على سبيل المثال، الأشعة الشمسية فوق البنفسجية هي واحدة من الأشعة الشمسية ذات الطول الموجي القصير التي يمكن أن تصل إلى الغلاف الجوي السفلي وتسبب آثاراً ضارة على النظم الإيكولوجية الأرضية والبحرية والكائنات الحية و المواد.

الأشعة الشمسية تحت الحمراء هي المسئولة عن السكتة الدماغية أو ما يعرف بضربات الشمس التي يمكن أن تحدث خلال منتصف النهار عندما تكون أشعة الشمس متعامدة. ومع ذلك، فإن هذه الآثار تعتمد اعتماداً كبيراً على بعض العوامل مثل وقت التعرض للإشعاع الشمسي الكلي وكثافة الأشعة الشمسية، وطبقة الأوزون في الغلاف الجوي العلوي، والانفصال بين الأرض والشمس ، الخصائص البصرية للغلاف الجوي، وزاوية سقوط أشعة الشمس السمتية (SZA)، والغيوم، والهباء وخصائص انعكاس سطح الأرض (الألبينو الأرضي).

إن الأرض تستقبل يومياً ١٧٤ بيتا واط من أشعة الشمس في الطبقات العليا للغلاف الجوي، وعند دخول أشعة الشمس إلى الغلاف الجوي تنعكس منها ٦% ويُمتص ١٦% ، مع ملاحظة أن ظروف الطقس الطبيعية مثل (سحب ، غيوم ، تلوث) تقلل من شدة نفاذية أشعة الشمس أثناء مرورها عبر الغلاف الجوي بمقدار ٢٠% بسبب الانعكاس و ٣% بسبب الامتصاص. هذه الظروف الجوية لا تقلل فقط من كمية الطاقة الواصلة لسطح الأرض وإنما تنشر أيضاً قرابة ٢٠% من أشعة الشمس القادمة، وبعد المرور خلال الغلاف الجوي فإن نصف أشعة الشمس تقريباً تصبح ضمن الطيف المرئي (أي بحدود ٤٧٣، ميكرون) ، أما النصف الآخر فغالباً ما يكون ضمن طيف الأشعة تحت الحمراء في حين أن جزءاً صغيراً جداً يكون ضمن طيف الأشعة فوق البنفسجية.

تشكل الأشعة فوق البنفسجية حوالي ٧% من جملة الإشعاع الشمسي وتتميز أطوالها الموجية (λ) بأنها قصيرة (٤٠٠-٢٠٠) نانومتر وهي أكبر تردداً وأكبر طاقة، ويمكن تقسيمها إلى ثلاث حزم موجية صغيرة كما يلي: منطقة دُنيا UVC (٢٨٠ nm to ٢٠٠) ومنطقة وسطى UVB (٣١٥ nm to ٢٨٠) وأخيراً منطقة عُليا UVA (٣١٥ to ٤٠٠ nm) (UNEP, ١٩٩٨; UNEP, ١٩٩٤; UNEP, ١٩٩٦; IASC). وفي المقابل فإن لهذه الأشعة فوائد في بعض المجالات الصحية فهي مفيدة في تعقيم الهواء من بعض الميكروبات، كما أنها تستخدم في علاج مرض الصفار الذي يصيب الأطفال حديثو الولادة، وكذلك زيادة نسبة فيتامين D المفيد في بناء العظام كما أن هذه الأشعة تحمي من كساح الأطفال أو هشاشة العظام وغيرها من الأمراض التي يسببها نقص فيتامين "د" (Kleinman, et al., ٢٠٠٢). إن نفاذية الأشعة فوق البنفسجية في الغلاف الجوي ووصولها إلى سطح الأرض معتمدة على عدة عوامل منها طول المسار الذي تقطعه الأشعة في الغلاف الجوي وعلى المدى الموجي الذي تقع فيه هذه الأشعة من جهة أخرى فعلى سبيل المثال نجد أن الأشعة فوق البنفسجية ذات المدى الموجي ٤٠٠ nm تكون نفاذيتها عادة أكبر بعشر أضعاف من الأشعة ذات المدى الموجي القريب من ٣٠٠ nm (Webb et al., ١٩٩٦).

تقع تحت الأشعة الحمراء في الطيف المرئي، ويسهم الجزء الأكبر من هذه الأشعة في رفع درجة حرارة سطح الأرض والغلاف الجوي وهي بذلك ذات اثر كبير في الدراسات المناخية وتكون ٥١% من مجموع الإشعاع الشمسي ويتراوح طولها الموجي تقريبا بين ٨٠٠ - ٤٠٠ نانومتر.

٢. طرق الرصد والقياس:

يوضح شكل (١) خريطة توزيع أماكن محطات الرصد البيئي والمناخي بمكة المكرمة.

ومن خلال صورة مجمعة وتفصيلية لكامل أجهزة رصد الإشعاع الشمسي الكلي والأشعة الشمسية فوق البنفسجية وتحت الحمراء بمحطة العزيزية (شكل ٢).

- جهاز قياس الأشعة فوق البنفسجية متعدد الأطوال الموجية

A moderate bandwidth filter radiometer (GUV-2511)

With six channels (305, 313, 320, 340, 380 and 395 nm)

- جهاز قياس الإشعاع فوق البنفسجية الكلية والإشعاع الإريثيمي الفعال

Total UV Radiometer (TUVR) - (٢٩٥ nm - ٣٨٥ nm)

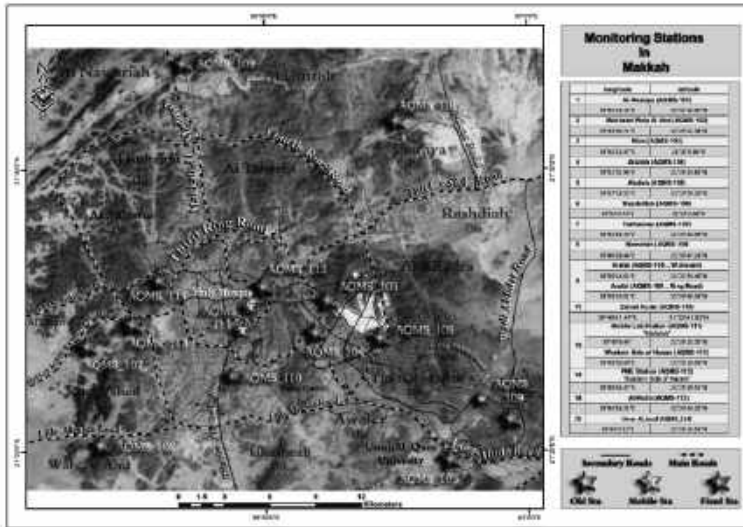
UV-S-E-T Radiometer - (٤٠٠ nm - ٢٨٠ nm)

- جهاز قياس الإشعاع الشمسي الكلي

PYRANOMETER CM٣ - (٣٠٥ nm - ٢٨٠٠ nm)

- جهاز قياس الأشعة تحت الحمراء

Precision IR Radiometer (PIR) - (٣٥٠٠ nm - ٥٠٠٠٠ nm)



شكل (١): خريطة توضح أماكن محطات الرصد البيئي والمناخي بمكة المكرمة



شكل (٢): صورة مجمعة وتفصيلية لأجهزة رصد الإشعاع الشمسي الكلي وتحت الحمراء وفوق البنفسجي بمحطة العزيزية.

٣. النتائج والمناقشة:

٣-١. الإشعاع الشمسي الكلي:

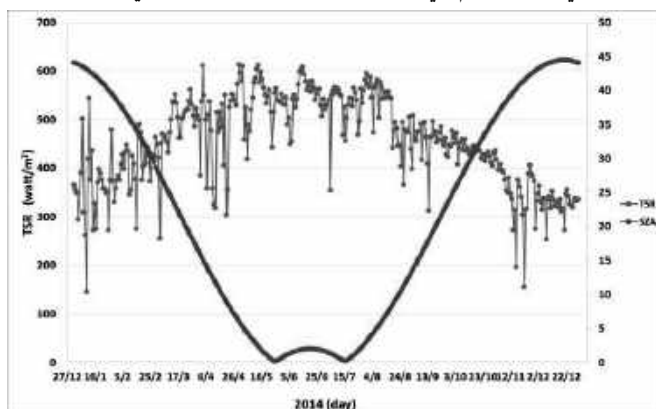
متوسط الإشعاع الشمسي الكلي يتم تجميعه كل ساعة بواسطة أجهزة الرصد الأتوماتيكية الوراثة سابقاً في كامل المحطات التي تعمل بصورة لحظية وذلك في مناطق المحطات المشار إليها (شكل ١)، وبشكل عام يصل أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال عام ٢٠١٦م إلى ٦١٧ واط/م^٢ بمحطة زهرة كدي في يوم ٢١ يونيو ٢٠١٦م (فصل الصيف) في حين يصل أقل متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال عام ٢٠١٦م إلى ١٥٨ واط/م^٢ بمحطة النوارية في يوم ١٩ مارس ٢٠١٦م (فصل الشتاء). ويمكن إيجاز بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي لجميع محطات الرصد على النحو التالي (جدول ١):

جدول (١): بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي لجميع محطات الرصد المناخي بمكة المكرمة على مدار العام.

م	محطة الرصد	أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي (واط/م ^٢)	أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي (واط/م ^٢)
١	الشرائع	٩٨٩	٦١٣
٢	مخطط ولي العهد	٩٩٣	٥٧٦
٣	العزيزية	١٠٠٧	٦٥٣
٤	العابدية	٩٥٧	٥٧٥
٥	التخصصي	١٠٥٨	٦٠٤
٦	النوارية	٩١٩	٥٤٨
٧	عرفات	٩٤٤	٥٩٢
٨	زهرة كدي	١٠٣٣	٦١٧

٣-٢. تغير الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على مكة مع زاوية السميت الرأسية (SZA):

يوضح شكل (٣) العلاقة بين الإشعاع الشمسي الكلي وتغيره مع زاوية السمات الرأسية (SZA) أثناء سقوطه على مكة المكرمة (بمحطة العزيزية)، حيث يتضح لنا زيادة مستوى الإشعاع الشمسي الكلي الساقط مع انخفاض زاوية السمات الرأسية حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع الشمسي الكلي الساقط على مكة حوالي ٦١٣ واط/م^٢ في ٣٠ أبريل ١٤٣٦هـ عندما كانت زاوية السمات الرأسية قرابة ٦ درجات في حين انخفضت هذه القيمة إلى حوالي ١٤٦ واط/م^٢ في ١٠ يناير ١٤٣٦هـ عندما ارتفعت زاوية السمات الرأسية قرابة ٤٣ درجة.



شكل (٣): تغير مستوى الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على مكة مع زاوية السمات الرأسية (SZA) بمحطة العزيزية خلال عام ٢٠١٦م.

٣-٣. الإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ:

يصل أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ١٠٥٨ واط/م^٢ بمحطة التخصصي في يوم ٥ رمضان ١٤٣٦هـ في حين يصل أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ٦١٧ واط/م^٢ بمحطة زهرة كدى في يوم ٦ رمضان ١٤٣٦هـ. ويمكن ايجاز بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان لعام ١٤٣٦هـ/٢٠١٦م بمحطات الرصد على النحو التالي (جدول ٢):

جدول (٢): بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي لجميع محطات الرصد المناخي بمكة المكرمة خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ.

م	محطة الرصد	أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي	أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي
١	الشرايع	٩٥١ واط/م ^٢ ٥ رمضان ١٤٣٦هـ	٦١٣ واط/م ^٢ ٦ رمضان ١٤٣٦هـ
٢	مخطط ولي العهد	٩٩٣ واط/م ^٢ ٥ رمضان ١٤٣٦هـ	٥٧٦ واط/م ^٢ ٦ رمضان ١٤٣٦هـ
٣	العزيزية	٩٣٦,٠٠ واط/م ^٢ ٢١ رمضان ١٤٣٦هـ	٦٥٣ واط/م ^٢ ١٦ رمضان ١٤٣٦هـ
٤	العابدية	٨٩٧ واط/م ^٢ ٢٩ رمضان ١٤٣٦هـ	٥٧٥ واط/م ^٢ ١٢ رمضان ١٤٣٦هـ
٥	التخصصي	١٠٥٨ واط/م ^٢ ٥ رمضان ١٤٣٦هـ	٦٠٤ واط/م ^٢ ٦ رمضان ١٤٣٦هـ
٦	النوارية	٨٠٦ واط/م ^٢ ٥ رمضان ١٤٣٦هـ	٥٤٨ واط/م ^٢ ٦ رمضان ١٤٣٦هـ

م	محطة الرصد	أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي	أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي
٧	عرفات	٩٤٤ واط/م ^٢	٥٩٢ واط/م ^٢
		٩ رمضان ١٤٣٦ هـ	١٠ رمضان ١٤٣٦ هـ
٨	زهرة كدي	٩٨١ واط/م ^٢	٦١٧ واط/م ^٢
		٥ رمضان ١٤٣٦ هـ	٦ رمضان ١٤٣٦ هـ

٤-٣. الإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذي الحجة ١٤٣٦ هـ:

يصل أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذوالحجة ١٤٣٦ هـ إلى ٩٢١ واط/م^٢ بمحطة التخصصي في يوم ٢٠ ذوالحجة ١٤٣٦ هـ، في حين أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذوالحجة ١٤٣٦ هـ إلى ٤٩٨ واط/م^٢ بمحطة العابدية في يوم ٥ ذوالحجة ١٤٣٦ هـ ويمكن ايجاز بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذي الحجة لعام ١٤٣٦ هـ/٢٠١٦ م بمحطات الرصد على النحو التالي (جدول ٣):

جدول (٣): بيانات أعلى متوسط ساعي ويومي للإشعاع الشمسي الكلي لجميع محطات الرصد المناخي بمكة المكرمة خلال شهر ذي الحجة ١٤٣٦ هـ

م	محطة الرصد	أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي	أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي
١	الشرايع	٩٢٦ واط/م ^٢	٥٠١ واط/م ^٢
		١٩ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	١٩ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٢	مخطط ولي العهد	٨٧٩ واط/م ^٢	٤٦٥ واط/م ^٢
		٢٠ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٢٠ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٣	العزيفية	٨٩٦ واط/م ^٢	٤٦٧ واط/م ^٢
		١٩ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٤	العابدية	٨٨٢ واط/م ^٢	٤٩٨ واط/م ^٢
		١٩ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٥	التخصصي	٩٢١ واط/م ^٢	٤٧٩ واط/م ^٢
		٢٠ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٢٠ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٦	النوارية	٨٩٢ واط/م ^٢	٤٧١ واط/م ^٢
		١٩ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	١٩ ذوالحجة ١٤٣٦ هـ
٧	عرفات	٨٦٨ واط/م ^٢	٤٨١ واط/م ^٢
		٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ
٨	زهرة كدي	٩١٣ واط/م ^٢	٤٩٤ واط/م ^٢
		٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ	٥ ذي الحجة ١٤٣٦ هـ

٥-٣. التوزيع الكنتوري لبيانات للإشعاع الشمسي الكلي:

تبين من خلال المعلومات المتاحة أن القيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمحطات رصد نوعية الهواء والمناخ بمكة المكرمة تتراوح بين ٧.٤ - ١٠.٥٨ واط/م^٢. وتم توضيح توزيع تلك البيانات من خلال انشاء خريطة كنتورية لتوزيع تلك البيانات ومعرفة الإتجاه العام للإشعاع الشمسي الكلي.

● شهر يناير ٢٠١٦ م

ويوضح (شكل ٤) الخريطة الكنتورية ثنائية الأبعاد للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر يناير ٢٠١٦ م بمحطات الرصد البيئي والمناخي بمحطات مكة المكرمة. حيث أوضحت النتائج أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الشمالي الشرقي (حي الشرائع) والأوسط (العزيزية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الجنوبي الشرقي (العابدية وعرفات) والجزء الجنوبي الغربي (الليث).

● شهر فبراير ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر فبراير ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الشمالي الشرقي (حي الشرائع) والأوسط (العزيزية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الجنوبي الشرقي (العابدية وعرفات) والشمال الغربي (النوارية) (شكل ٥).

● شهر مارس ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر مارس ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الأوسط (العزيزية) والجزء الغربي (مدخل مدينة مكة المكرمة من طريق جدة - التخصصي) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الجنوبي الشرقي (العابدية وعرفات) والشمال الغربي (النوارية) (شكل ٦).

● شهر أبريل ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر أبريل ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الأوسط (العزيزية) والجزء الغربي (مدخل مدينة مكة المكرمة من طريق جدة - التخصصي) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الجنوب الشرقي (العابدية وعرفات) (شكل ٧).

● شهر مايو ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر مايو ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الأوسط (العزيزية) والجزء الغربي (مدخل مدينة مكة المكرمة من طريق جدة - التخصصي) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الغربي (النوارية) والجزء الجنوب الشرقي (العابدية وعرفات) (شكل ٨).

● شهر يونيو ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر يونيو ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الجنوبي الغربي (الليث) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الغربي (النوارية) (شكل ٩).

● شهر يوليو ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر يوليو ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الأوسط (حي العزيزية) والجنوب الغربي (حي الليث) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الغربي (النوارية) (شكل ١٠).

● شهر أغسطس ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر أغسطس ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الشمالي الشرقي (حي الشرائع) والأوسط (العزيزية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الغربي (النوارية) (شكل ١١).

● شهر سبتمبر ٢٠١٦ م

أوضحت النتائج خلال شهر سبتمبر ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الجنوبي الغربي (الليث) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي والشمالي الشرقي (الشرائع) (شكل ١٢).

● شهر أكتوبر ٢٠١٦ م

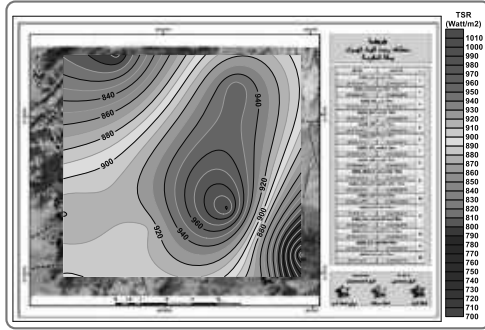
أوضحت النتائج خلال شهر أكتوبر ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الشمالي الشرقي (الشرائع) والغربي (النوارية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الجنوبي الشرقي (عرفات والعبادية) (شكل ١٣).

● شهر نوفمبر ٢٠١٦ م

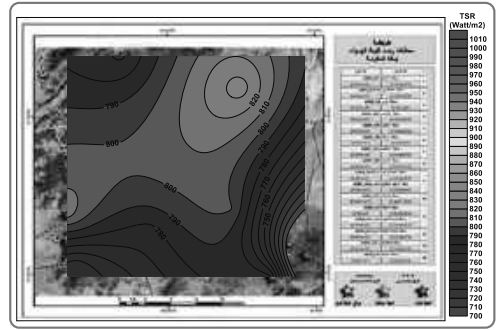
أوضحت النتائج خلال شهر نوفمبر ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الجنوبي الغربي (حي ولي العهد بمخطط الليث) والجزء الشمالي الشرقي (الشرائع) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالمنطقة المركزية والجزء الشمالي الغربي (النوارية) (شكل ١٤).

● شهر ديسمبر ٢٠١٦ م

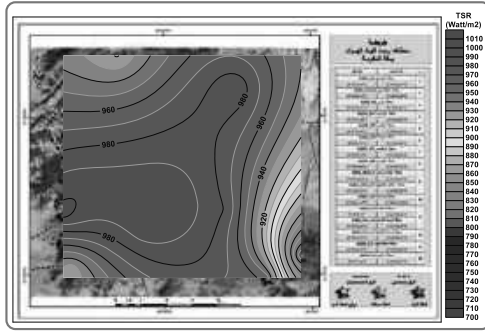
أوضحت النتائج خلال شهر ديسمبر ٢٠١٦ م أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الجنوبي الغربي (حي ولي العهد بمخطط الليث). وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالمنطقة المركزية وحي النوارية (شكل ١٥).



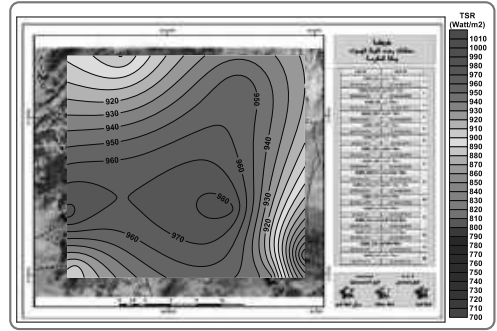
شكل (٥): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر فبراير ٢٠١٦ م.



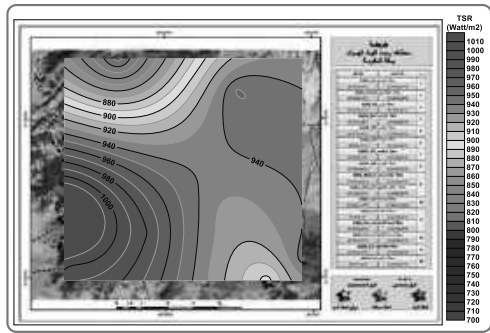
شكل (٤): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر يناير ٢٠١٦ م.



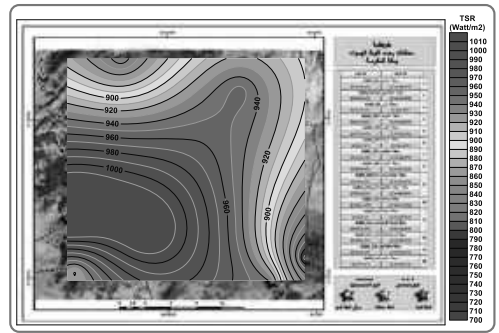
شكل (٧): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر أبريل ٢٠١٦ م.



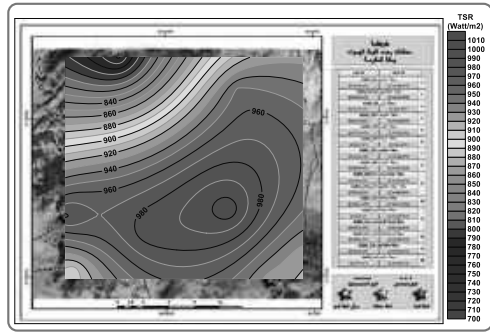
شكل (٦): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر مارس ٢٠١٦ م.



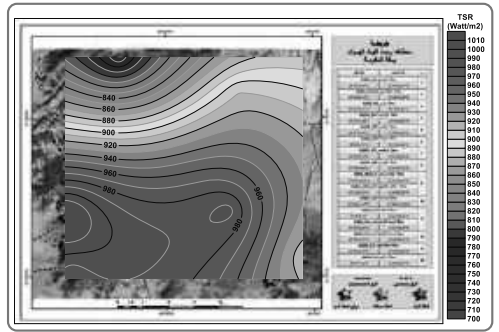
شكل (٩): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر يونيو ٢٠١٦ م.



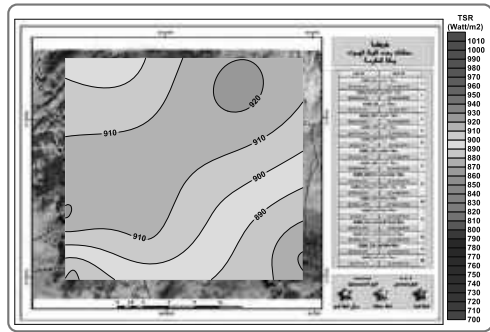
شكل (٨): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر مايو ٢٠١٦ م.



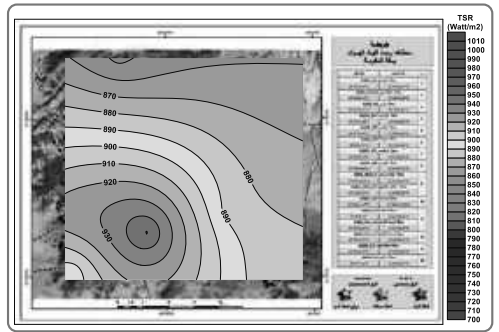
شكل (١١): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر أغسطس ٢٠١٦ م.



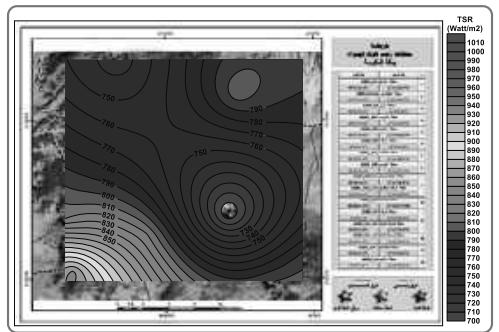
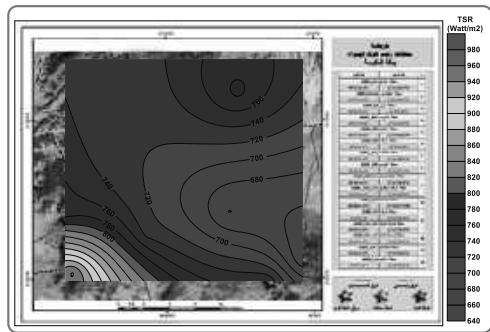
شكل (١٠): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر يوليو ٢٠١٦ م.



شكل (١٣): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر أكتوبر ٢٠١٦ م.



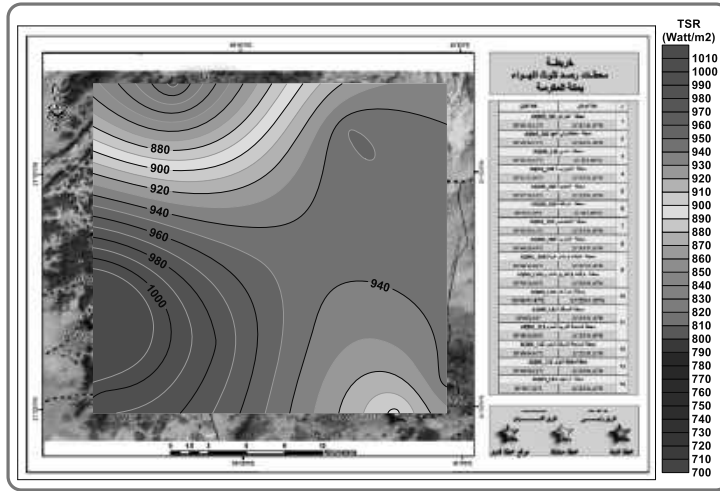
شكل (١٢): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر سبتمبر ٢٠١٦ م.



شكل (١٤): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة خلال شهر نوفمبر ٢٠١٦ م.

● شهر رمضان ١٤٣٦ هـ

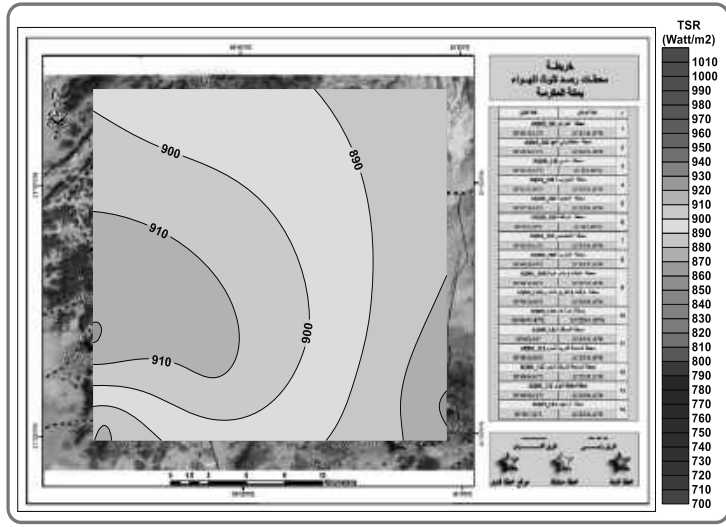
ويوضح شكل (١٦) الخريطة الكنتورية ثنائية الأبعاد للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦ هـ بمحطات الرصد البيئي والمناخي بمحطات مكة المكرمة. حيث أوضحت النتائج أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الغربي (مدخل مدينة مكة المكرمة من طريق جدة - التخصصي) والجنوب الغربي (الليث) والأوسط (العزيزية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الغربي (النوارية).



شكل (١٦): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة - رمضان ١٤٣٦ هـ.

● شهر ذو الحجة ١٤٣٦ هـ

ويوضح (شكل ١٧) الخريطة الكنتورية ثنائية الأبعاد للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر يوليو ٢٠١٦ م بمحطات الرصد البيئي والمناخي بمحطات مكة المكرمة. حيث أوضحت النتائج أن أعلى القيم سُجلت بالجزء الغربي (مدخل مدينة مكة المكرمة من طريق جدة - التخصصي) والأوسط (العزيزية) بمكة المكرمة. وتتمركز أقل قيمة للإشعاع الشمسي الكلي بالجزء الشمالي الشرقي (الشرائع) والشرقي والجنوبي الشرقي (العابدية وعرفات).



شكل (١٧): الخريطة الكنتورية للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بمكة المكرمة - ذو الحجة ١٤٣٦ هـ

٤. الخلاصة:

من خلال استعراض النتائج التي تم الحصول عليها بالخرائط الكنتورية خلال عام ٢٠١٦ م، يمكن إيجاز بيانات الإشعاع الشمسي الكلي وفوق البنفسجي وتحت الحمراء كالتالي:-

● الإشعاع الشمسي الكلي

يصل أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٦١٧ واط/م^٢ بمحطة زهرة كدى في يوم ٢٢ يونيو ٢٠١٦ م في حين يصل أقل متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٥٧ واط/م^٢ بمحطة عرفات في يوم ١ ديسمبر ٢٠١٦ م.

● الأشعة الشمسية فوق البنفسجية

يصل أعلى متوسط يومي للأشعة فوق البنفسجية خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٣٠,٤٧ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٢٢ يونيو ٢٠١٦ م في حين يصل أقل متوسط يومي للأشعة فوق البنفسجية خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٦,٨٨ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ١٥ ديسمبر ٢٠١٦ م.

● الأشعة الشمسية تحت الحمراء

يصل أعلى متوسط يومي للأشعة تحت الحمراء خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٤٤٨,٣٧ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ١٩ مايو ٢٠١٦ م في حين يصل أقل متوسط يومي للأشعة تحت الحمراء خلال عام ٢٠١٦ م إلى ٢٩٥,٠٤ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ١٥ ديسمبر ٢٠١٦ م.

ومن خلال استعراض النتائج التي تم الحصول عليها بالخرائط الكنتورية خلال رمضان ١٤٣٦ هـ، يمكن إيجاز بيانات الإشعاع الشمسي الكلي وفوق البنفسجي وتحت الحمراء كالتالي:-

● الإشعاع الشمسي الكلي

يصل أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦ هـ إلى ١٠٥٨,٠٠ واط/م^٢ بمحطة التخصصي في يوم ٥ رمضان ١٤٣٦ هـ في حين يصل أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر رمضان ١٤٣٦ هـ إلى ٦١٧ واط/م^٢ بمحطة زهرة كدى في يوم ٦ رمضان ١٤٣٦ هـ.

● الأشعة الشمسية فوق البنفسجية

يصل أعلى متوسط ساعي للأشعة فوق البنفسجية خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ٥٤,٠٨ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٤ رمضان ١٤٣٦هـ في حين يصل أعلى متوسط يومي للأشعة فوق البنفسجية خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ٣٠,٤٧ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٥ رمضان ١٤٣٦هـ

• الأشعة الشمسية تحت الحمراء

يصل أعلى متوسط ساعي للأشعة تحت الحمراء خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ٦٠,٣,٨ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٣ رمضان ١٤٣٦هـ في حين يصل أعلى متوسط يومي للأشعة تحت الحمراء خلال شهر رمضان ١٤٣٦هـ إلى ٤٣,٢,٨ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٣ رمضان ١٤٣٦هـ

ومن خلال استعراض النتائج التي تم الحصول عليها بالخرائط الكنتورية خلال ذوالحجة ١٤٣٦هـ، يمكن إيجاز بيانات الإشعاع الشمسي الكلي وفوق البنفسجي وتحت الحمراء كالتالي:-

• الإشعاع الشمسي الكلي

يصل أعلى متوسط ساعي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذي الحجة ١٤٣٦هـ إلى ٩٢٦ واط/م^٢ بمحطة الشرائع في يوم ١٩ ذوالحجة ١٤٣٦هـ، في حين أعلى متوسط يومي للإشعاع الشمسي الكلي خلال شهر ذوالحجة ١٤٣٦هـ إلى ٥٠١ واط/م^٢ بمحطة الشرائع في يوم ١٩ ذوالحجة ١٤٣٦هـ

• الأشعة الشمسية فوق البنفسجية

يصل أعلى متوسط ساعي للأشعة فوق البنفسجية خلال شهر ذي الحجة ١٤٣٦هـ إلى ٤٩,٦٠ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٩ ذوالحجة ١٤٣٦هـ، في حين يصل أعلى متوسط يومي للأشعة فوق البنفسجية خلال شهر ذوالحجة ١٤٣٦هـ إلى ٤١,٠ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٢٧ ذوالحجة ١٤٣٦هـ

• الأشعة الشمسية تحت الحمراء

يصل أعلى متوسط ساعي للأشعة تحت الحمراء خلال شهر ذي الحجة ١٤٣٦هـ إلى ٦٦٧,٢ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٢٨ ذوالحجة ١٤٣٦هـ، في حين يصل أعلى متوسط يومي للأشعة تحت الحمراء خلال شهر ذوالحجة ١٤٣٦هـ إلى ٤٦٤,٧٧ واط/م^٢ بمحطة العزيزية في يوم ٤ ذوالحجة ١٤٣٦هـ وإجمالاً: يتضح أن:-

- مواقع المشاعر المقدسة والمتمثلة بمنى والمنطقة المركزية ومزدلفة وعرفات يتواجد بها أعلى معدل للقيم العظمى للإشعاع الشمسي الكلي بالمقارنة بباقي أحياء مكة المكرمة.
- وللأسطح البيضاء بالمنطقة المركزية تأثير مباشر على مقدار انعكاسية الإشعاع الشمسي الساقط حيث يتم انعكاسه كلياً مما قد يؤثر على رؤية المصلين بساحات الحرم المكي الشريف.
- ومن الجدير بالذكر أن هذه القيم خلال شهر يناير الذي يعتبر من شهور فصل الشتاء والذي يكافئ الفترة التي يقل بها تواجد المعتمرين والزوار للحرم المكي الشريف هي أقل قيم للإشعاع الشمسي الكلي بأنواعه المختلفة.
- يعد الجزء الغربي بمدينة مكة المكرمة من أعلى وأهم المواقع الواعدة لإنشاء مراكز للطاقة الشمسية المتجددة.

٥. التوصيات

من خلال ما تم عرضه من بيانات وتحليل للنتائج واحصائيات يمكن الاستفادة من هذه التقارير وقاعدة البيانات بعد تدقيقها وفحصها وإجراء معايير الجودة الشاملة لها في البنود التالية:-

- يمكن توظيف واستخدام هذه البيانات في العديد من المشروعات البيئية الكبيرة.
- إمكانية التنبؤ بمستويات الأشعة الكلية وفوق البنفسجية وتحت الحمراء في مواسم الحج والعمرة القادمة في فصول السنة المختلفة وبالتالي أخذ التدابير والحيطة لتوفير أفضل البيئات المناسبة للحجاج والمعتمرين لأداء مناسكهم بيسر وأمن وطمأنينة.
- تقديم الدعم الفني في مجال إعداد دراسات تقييم أثر المشروعات الصناعية على البيئة المحيطة.
- تحديث قواعد البيانات الخاصة برصد نوعية الهواء والعوامل المناخية.
- وضع الإستراتيجيات والسياسات البيئية طويلة المدى.
- ضرورة تطوير وتحديث شبكة الرصد البيئي.
- زيادة عدد محطات الرصد البيئي لتغطية جميع الحدود الإدارية لمدينة مكة المكرمة.
- زيادة رقعة المساحات الخضراء.
- إجراء دراسات تتعلق بالأجهاد الحراري.

٦. المراجع:

- ١- IASC, International Arctic Science Committee, (1996): "Effect of increased ultraviolet radiation in the Arctic" N2. An interdisciplinary report on the state of knowledge and research need, Oslo.
- ٢- Kleinman, L. I., P. H. Daum, D. Imre, Y. N. Lee, L. J. Nunnermacker, S. R. Springston, J. Weinstein-Lloyd, and J. Rudolph (2002), Ozone production rate and hydrocarbon reactivity in 5 urban areas: A cause of high ozone concentration in Houston, Geophysical Research Letters, ٢٩.
- ٣- UNEP (1994): "Environmental effects of stratospheric ozone depletion-1994 Assessment" United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- ٤- UNEP (1998): "Environmental effects of ozone depletion: 1998 Assessment" United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.
- ٥- Webb, A., Gardiner, B., Driscoll, C., Austin, J., Arlett, C., Raven, J., Lowe, D., Paul, N., McCleod, A., Diffy, B., Young, A., Hillerton, J., Gardiner, D., Bentham, G., and Bramwell, P. (1996): "The potential effects of ozone depletion in the United Kingdom". The Stationery Office, London.