

تأثير درجة الحرارة في نسبة غاز الأوزون (O₃) في الهواء بمدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. مبارك سعد ظفر آل سالم

حاصل على درجة الدكتوراه من قسم الجغرافيا

بجامعة أم القرى المملكة العربية السعودية

E-mail: mobarksaad@hotmail.com

تاريخ استلام البحث: ٢٠١٩ / ٩ / ٨

تاريخ قبول البحث: ٢٠١٩ / ١٢ / ٢٧

تأثير درجة الحرارة في نسبة غاز الأوزون (O₃) في الهواء بمدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

د. مبارك سعد ظافر آل سالم

حاصل على درجة الدكتوراه من قسم الجغرافيا

بجامعة أم القرى

المملكة العربية السعودية

E-mail: mobarksaad@hotmail.com

مقدمة:

تعد الحرارة من أهم العناصر المناخية والتي يعتمد عليها في تقسيم العالم إلى أقاليم مناخية، رغم أنه لا يمكن دراسة الحرارة بعيداً عن الإشعاع الشمسي لأنه المصدر الأساسي لحرارة الهواء ولكن لأهمية الحرارة في التأثير على عناصر الجوي المختلفة فمن الأهمية بمكان أن نتطرق لدراستها وتأثيرها الحيوي في الغلاف الجوي وسطح الأرض وتأثيرها في مختلف غازات الغلاف الجوي، وحيث تتميز مدينة مكة المكرمة بارتفاع درجات الحرارة في كل مواسم السنة ذلك أنها تقع ضمن المنطقة المدارية وضمن كتلة اليابس المترامية ووجودها إلى الداخل ووسط الجبال. (مرزا، وبدر الدين يوسف، ٢٠٠١، ١٢).

كما تتسم مدينة مكة المكرمة بارتفاع درجة الحرارة معظم أيام السنة، حيث بلغت نسبة تكرار المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة المتراوحه من ٣٠ - ٤٠°م في مدينة مكة المكرمة أكثر من ٥٠% من إجمالي أيام الدراسة، كما زادت نسبة تكرار المتوسطات اليومية المتراوحه من ٢٥ - ٤٠°م إلى أكثر من ٨٠% من إجمالي عدد أيام الدراسة، وبلغت نسبة تكرار المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة الأقل من ٢٠°م نحو ١,٠٢% من إجمالي عدد ايام الدراسة، كما تميزت محطات الدراسة بارتفاع درجة الحرارة معظم أيام السنة (علي، ١٤٣٤، ٥٣ - ٥٤).

ومن هنا تلعب درجة الحرارة دور مهم في التأثير على العناصر الجوية الأخرى ولأهمية درجة الحرارة قامت الدراسة بالتحقق من دورها في التأثير على عناصر تلوث الهواء المختلفة وتأثيرها في غاز الأوزون تحديداً ومدى تأثيرها في جودة الهواء الخاص بغاز الأوزون بمنطقة الدراسة.

أولاً: منطقة الدراسة:

تتميز مدينة مكة المكرمة بموقع فريد لا مثيل له على الاطلاق من الناحية التاريخية والدينية والطبيعية فهي تقع في موقع اختاره الله عز وجل في قلب العالم أجمع (نجيم، ١٩٩١، ٢) والذي تمت دراسته بواسطة قسم الجغرافيا بجامعة أم القرى ليتبين بأن هذا الموقع يمثل مركز البشرية ولتأكد أهمية هذه المدينة المقدسة (الغامدي، وقرية، ٢٠١٢).

وبالتالي تقع مدينة مكة المكرمة التي تعد قبلة للإسلام والمسلمين مكانياً كما يوضح الشكل رقم (١) ضمن المنطقة الإدارية لمكة المكرمة غرب المملكة العربية السعودية، كما تقع المدينة فلكياً بين دائرتي عرض ١٧، ٢١ - - ٦١، ٢١° شمالاً، وما بين خطي طول ٦٠، ٣٩ - ٤٠° شرق خط غرنتش، وبالتالي تمتد نحو مدينة مكة المكرمة بنحو ٤٤ دقيقة عرضية، ٦٠ دقيقة طولية.

وتبلغ مساحة المدينة ١٣٠٠ كم^٢، وتضم مدينة مكة المكرمة ٦٠ حي سكني تتباين هذه الأحياء في المساحة حيث تقل مساحة هذه الأحياء في المنطقة المركزية المحيطة بالحرم وتتسع المساحة كلما اتجهنا نحو الاطراف.

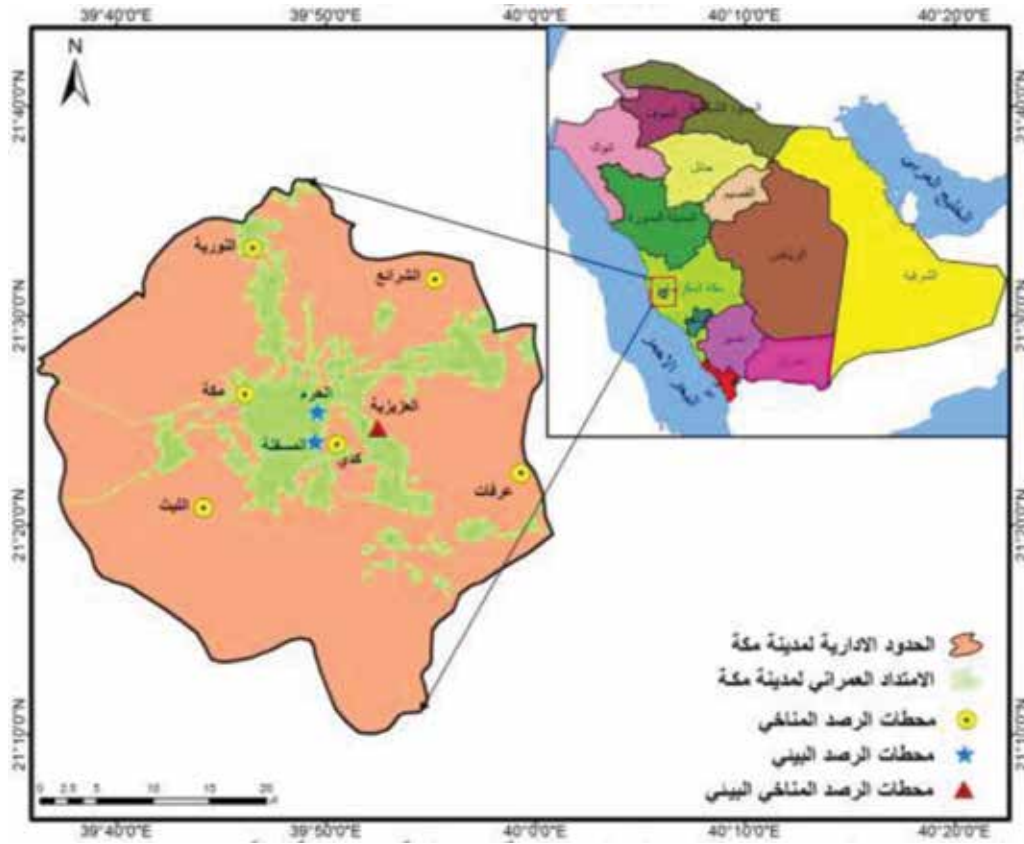
ثانياً: أهداف الدراسة:

- ١ - الكشف عن الخصائص المكانية والزمانية لتوزيع الحرارة في مدينة مكة المكرمة.
- ٢ - التوزيع المكاني والزمني لغاز الأوزون (O₃) في مدينة مكة المكرمة.
- ٣ - تحديد نوع وشكل العلاقات المكانية بين درجة الحرارة وغاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة.

ثالثاً- بيانات الدراسة:

- ١ - اعتمدت الدراسة بشكل رئيس على بيانات الأرصاد الجوية والبيئية من عام (٢٠١٢-٢٠١٨م) لدراسة التحليل المكاني لخصائص الحرارة وغاز الأوزون ودراسة توزيعها بمنطقة الدراسة وقد أخذت هذه البيانات من الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة ومعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة.

- ٢ - تحديد مواقع محطات الأرصاد الجوية والبيئية تحديداً فلكياً دقيقاً بمنطقة الدراسة كما في جدول رقم (١) ليتسنى رفعها على الخرائط المستخدمة في الدراسة، وجاءت كالتالي:



شكل رقم (١) موقع منطقة الدراسة

جدول رقم (١): محطات الارصاد الجوية والبيئية

خط الطول	دائرة العرض	المحطة
٣٩ ٤٢ ٤٩°	٢١ ٢٣ ٤٦°	أم الجود
٣٩ ٥٢°	٢١ ٣٤ ٣٠°	العزيزية
٣٩ ٩٧ ٤٥°	٢١ ٣٣ ٤٢°	عرفات
٣٩ ٤٦ ٦°	٢١ ٢٠ ٥°	الليث
٣٩ ٥٥ ١°	٢١ ٣٠°	الشرائع
٣٩ ٤٦ ٤°	٢١ ٢٢ ٧°	النورية
٣٩ ٤٨ ٤١°	٢١ ٢٢ ٤١°	زهرة كدي
٣٩ ٤٩ ٥٢°	٢١ ٢٥ ٢٨°	الحرم
٣٩ ٨٢°	٢١ ٤٠°	المسفلة

المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة ومعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة.

رابعاً: منهجية الدراسة:

- ١- توزيع وتقسيم البيانات الخاصة بدرجة الحرارة وغاز الأوزون حسب فصول السنة وحسب الشهور لجميع محطات الرصد.
- ٢- تم تحديد وإسقاط محطات الأرصاد الجوية والبيئية بمواقعها على شكل نقاط (Point) بالاعتماد على بيانات خطوط الطول ودوائر العرض بالدرجات والدقائق والثواني.
- ٣- إدخال البيانات الخاصة بدرجة الحرارة وغاز الأوزون حسب الشهور والتي تم الحصول عليها من الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة ومعهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة ببرنامج Arc Map ضمن قاعدة البيانات الوصفية (attribute table) لكل محطة.
- ٤- استخدام خوارزمية (IDW) ضمن أدوات الاستكمال (interpolation) ببرنامج (Arc map) للتنبؤ بتوزيع درجات الحرارة وغاز الأوزون على المستوى الشهري في المدينة.
- ٧- استخدام حزمة البرامج الإحصائية (SPSS) ومنها التقاطعات واتجاه العلاقات ومعامل ارتباط بيرسون لتحديد العلاقة الارتباطية بين درجة الحرارة وغاز الأوزون، ومعرفة مقدار وقوة العلاقة واتجاه تلك العلاقة بينها.

خامساً: الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات والأبحاث النظرية والعلمية في مختلف أقطار العالم والتي أهتمت بدراسة مشكلة التلوث البيئي وخاصة تلوث الهواء، لما لهذه الدراسات من أهمية خاصة تمس حياة الإنسان والكائنات الحية المختلفة بشكل مباشر، ومن هنا يمكن عرض بعض من الدراسات السابقة التي تناولت تلوث الهواء ومنها ما يلي:

وقام مصيلحي (١٩٨٦) بدراسة عن تلوث الهواء في بعض المدن السعودية ومن ضمنها مدينة الجبيل الصناعية، مبيناً أنواع الملوثات ومصادرها وطرق قياسها وانتشارها، وقد أكدت الدراسة أن مستويات التلوث في هذه المدن لم تصل إلى درجة الخطورة لكنها ستزداد مع التطور السريع للصناعة السعودية وزيادة المصانع التي ستقام مستقبلاً.

وعرضت دراسة الدمرداش (١٩٩٨) مشكلة تلوث الهواء في الكويت من جوانب مختلفة وبينت مصادر ذلك التلوث وأهم مكوناته، ثم بينت أهم الأخطار التي يمكن أن تنجم عن ذلك التلوث.

وفي دراسة أجرتها آل سعود (٢٠٠٤) عن المشكلات البيئية لمدينة جدة وسبل مواجهتها حيث أكدت الدراسة أن تلك المخاطر البيئية باتت تهدد المدينة بوقوع كارثة بيئية خطيرة ومنها التلوث بالنفايات الصلبة وما تخلفه من روائح وغيرها نتيجة لتدني وعي بعض سكان الأحياء القديمة ونتيجة لسوء معالجة تلك النفايات بالحرق، لذا لا بد من التخطيط لمواجهة تلك المشكلة.

وتطرق (Elminir, 2005) إلى اعتماد ملوثات الهواء في المناطق الحضرية على الأرصاد الجوية دراسة تطبيقية على مدينة القاهرة هدفت إلى فهم التفاعل بين مراحل التلوث بعد إجراء قياسات مكثفة للمواد العالقة والمواد الغازية وأكدت النتائج أن اتجاه الرياح لها تأثير ليس فقط على تركيز الملوثات ولكن أيضاً على العلاقة بين الملوثات نفسها.

كما أجرى مشاري (٢٠٠٦) دراسة بعنوان مستويات تلوث الهواء الناتج عن محطات توليد الطاقة الكهربائية بمدينة الرياض، حيث طبق الباحث أساليب النمذجة لقياس مستوى تلوث الهواء وذلك بقياس تركيز ثاني أكسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكبريت والجسيمات وأنماط تشتتها. وقد استخدم الباحث في ذلك عوامل وبيانات الأرصاد الجوية مثل درجة الحرارة وسرعة الرياح واتجاهها لمعرفة تأثيرها على انتشار الملوثات السابقة في الهواء.

وتناول (Chan and Yao, 2008) تلوث الهواء في المدن الضخمة في الصين خاصة بكين وشنغهاي وقوانغتشو وشنتشن وهونج كونج واعتمدت الدراسة على المعلومات المتعلقة بتلوث الهواء في الصين الصادرة عن المجلات الدولية والتقارير البيئية التي تصدرها الحكومة باللغة الصينية باستثناء التقارير الصادرة في هونغ كونغ، وتوصلت الدراسة إلى أن ازدياد النمو الاقتصادي والتحضر أدى إلى زيادة استهلاك الطاقة مما نتج عنه زيادة الملوثات بنسب تراوحت بين ١٠-٣٠٪ لتتجاوز معيار الدرجة الثانية في المدن الضخمة والمناطق المجاورة لها وقد أولي ذلك اهتمام كبير بهذا الشأن لخفض انبعاث الملوثات ولاسيما من المركبات على الرغم من زيادة عدد المركبات في هذه المدن بنحو ١٠٪.

وتناولت دراسة للسلطان (٢٠٠٩) بعنوان تلوث الهواء في مدينة الجبيل في المنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية حيث حددت أهم العناصر الملوثة للهواء بمنطقة الدراسة ومنها الأوزون وثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون

المدرسة كمحطات الاحتراق الكبيرة وحركة المرور الكثيفة وفيما يتعلق بتحليل نوعية الهواء جرى النظر في مساهمات جميع المصادر في المنطقة، وتم مقارنة نتائج ملوثات الهواء وتشتت النماذج الرياضية مع القيم المقاسة تم تقييم أداء نموذج (OML).

وقيم (Figueiredo, et al, 2013) مدى مساهمة المصدر في نوعية الهواء في مدينة استاريجا في البرتغال ولاحظ تركيز في عناصر O3، PM10 بمعدلات تجاوزت معايير جودة الهواء في المناطق الحضرية واقتُرحت الدراسة استراتيجيات للحد من تركيز هذه العناصر من خلال وسائل النقل البري والأنشطة الصناعية.

وتناول (Kuklinska, et al, 2015) سياسة جودة الهواء في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي وتم في هذه الورقة تحليل وضع سياسات جودة الهواء في كل من المنطقتين وتم توضيح كيفية تنفيذ هذه التشريعات وكذلك مقارنة سياسات جودة الهواء في هذه الدول وعلى الرغم من أن هذه الدول حققت تحسينات كبيرة في نوعية الهواء إلا أن مجال إدارة نوعية الهواء في كلا المنطقتين لا يزال يتطلب نهجا أكثر تكاملا وطموحاً.

وطبق (Kumar, et al, 2015) نظم المعلومات الجغرافية في دراسة تلوث الهواء في المناطق الحضرية، وقدمت هذه الورقة تقرير أولي عن التقييم والتنبؤ بتشتت تلوث الهواء وعلاقة ذلك بالتركز والنمو الحضري والتنمية الاقتصادية واستهلاك الطاقة وتزايد الطلب على النقل ومستويات المعيشة وجميعها تلعب دوراً أساسياً في تعرض الغلاف الجوي للتلوث.

ودرس (Chen, et al, 2015) الاختلافات المكانية اليومية والأسبوعية والشهرية للملوثات الهوائية ونوعية الهواء في بكين حيث تم جمع بيانات رصد نوعية الهواء كل ساعة من مايو ٢٠١٤ إلى مايو ٢٠١٥ لجميع محطات الرصد (٣٥) لتحليل الاختلافات المكانية والزمانية للملوثات الهوائية ونوعية الهواء، وتبين من خلال النتائج أن السمات الجوية جنوب وشمال بكين مختلفة في النمط المكاني أوضحت العلاقة بين تركيزات التلوث الثقيل وحالات الرياح أن نوعية الهواء في المنطقة المجاورة لها دور هام في نوعية الهواء في بكين التي تجمع بين معدلات التحصيل في نوعية الهواء في جميع محطات الرصد ال ٣٥ وشمال الصين، وبالنسبة للتغيرات الزمنية،

والجسيمات ونتيجة للتطور الصناعي بمنطقة الدراسة وإقامة العديد من المصانع ولكون الجبيل من أكبر مدن المملكة الصناعية فقد أظهرت الدراسة أن هناك تلوثاً كبيراً بالمنطقة نتيجة لتجاوزها للمعايير والمواصفات السعودية وتزايد انبعاث الأدخنة منها.

ورسم (Koas, 2010) خرائط التحليل الإحصائي للتلوث والوفيات في تسمانيا استراليا بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية وتبين أن هناك علاقة بين زيادة نسب التلوث ونسب الوفيات على المدى الزمني والتأثير على الصحة العامة لدى السكان. ودرس (Breitner, et al, 2011) تلوث الهواء بالجسيمات الصلبة (أقل من ١٠ ميكروميتر) والوفيات القلبية الوعائية الناتجة عنها في بكين (الصين) كان هدف الدراسة اكتشاف العلاقة بين وفيات القلب والأوعية الدموية وبين الجسيمات الصلبة، وتوصلت الدراسة الى أن العلاقة بين الجسيمات والوفيات القلبية الوعائية علاقة ذات دلالة، إلا أنه لم يتم التحقق بشكل كامل وفهم أي خصائص هذه الجزئيات الجوية الأكثر تأثيراً وضرراً على الصحة العامة في المناطق الحضرية الضخمة، كما حدد تأثير الأرصاء الجوية المحلية على نوعية الهواء في ملبورن أستراليا وأظهرت نتائج هذه الدراسة إلى أن التأثير الكلي لمتغيرات الأرصاء الجوية في النماذج واضح بنسبة ٢٦,٢٪ من التباين في O3، ٢١,١٪ في PM10، و ٢٦,٧٪ في NO2، وهذا يدل على أن الأرصاء الجوية - على المستوى المحلي، هي محرك قوي نسبياً لنوعية الهواء في ملبورن، ووجد من خلال تحليل مخلفات البقايا الجزئية أن التغيرات في درجة الحرارة، وخصوصاً عند درجة حرارة أعلى من ٣٥ درجة مئوية، أسفرت عن أقوى استجابة إيجابية ل (O3 150٪) و (PM10 150٪) و (NO2 120٪).

وقيم (Pradhan, et al, 2012) جودة الهواء في كاتماندو والنيبالية وذلك من خلال مراقبة نوعية الهواء المحيط، والتقييم السريع لجودة الهواء في المناطق الحضرية بوادي كاتماندو.

كما قيم (Grigoras and Mocioaca, 2012) جودة الهواء في منطقة كرايوفا الحضرية وقدمت هذه الدراسة دراسة نوعية الهواء من خلال جمع نتائج الرصد مع نماذج التشتت التي تنظر في التكتل الحضري الموجود جنوب غرب رومانيا، وتم تضمين أنواع مختلفة من مصادر الملوثات في المنطقة

شكل خرائط تبين التوزيع المكاني لدرجة الحرارة وغاز الأوزون، وتظهر الاختلافات والتباينات المكانية والزمانية بينها، ومن ثم إيجاد العلاقة بينها.

التوزيع المكاني لدرجات الحرارة بمدينة مكة المكرمة

أولاً- توزيع درجات الحرارة في فصل الشتاء:

يظهر الشكل السابق رقم (٢) تباين توزيع درجات الحرارة في مدينة مكة المكرمة خلال فصل الشتاء، حيث ترتفع درجات الحرارة بصورة عامة كلما اتجهنا نحو مركز المدينة وتتناقص كلما اتجهنا نحو أطراف المدينة، ولكن عند النظر للتوزيع الشهري كما في الجدول السابق رقم (٢) نجد أنه وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة لفصل الشتاء تبين أن شهر ديسمبر شكل رقم (٣) تركزت درجات الحرارة في وسط المدينة متمثلة في محطة العزيفية ومحطة مكة المكرمة (أم الجود) وقد بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٤,٢ درجة مئوية ٥٤,٢ كم^٢ بنسبة ٤,٢%، وبلغت مساحة المنطقة التي

فإن الوقت المتأخر من الليل والصباح الباكر هو الوقت الأكثر تلوثاً في حين أن فترة ما بعد الظهر هي أقل وقت تلوث لجميع الملوثات باستثناء O₃ مع معظم الوقت الملوث بعد الظهر.

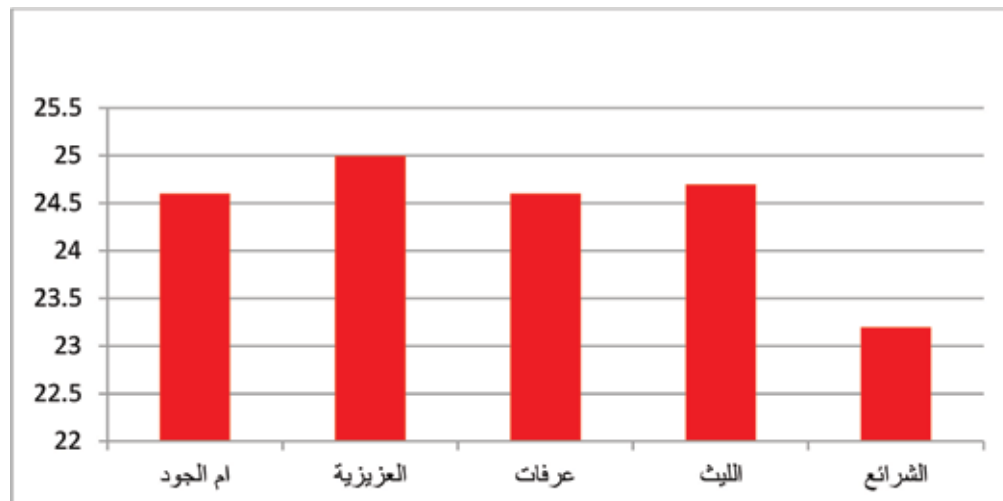
كما طبق (Shareef, et al, 2016) تقنيات الاستكمال المعتمدة على البيانات التاريخية ونظم المعلومات الجغرافية لتحسين شبكة مراقبة جودة الهواء بمدينة الرياض واستخدم معامل الارتباط للتحقق من دقة البيانات المستكملة بواسطة خوارزميات نظم المعلومات الجغرافية وتمت محاكاة العملية لعدة مجموعات من القياسات التي أجريت في مواقع مختلفة من المدينة، وأثبتت هذه المنهجية أنها مفيدة لصانعي القرار للعثور على العدد الأمثل من المحطات المطلوبة.

ومن هنا خرجت فكرة هذه الدراسة والتي تناولت الموضوع بشكل مختلف عن الدراسات السابقة والتي استعانت بنظم المعلومات الجغرافية في دراسة الاختلافات المكانية والزمانية والتي هي من صميم الدراسات الجغرافية. ووظفت البيانات التي تم الحصول عليها من المحطات المختلفة وتم ربطها مكانياً لإظهار الاختلافات المكانية والزمانية وتمثيلها على

جدول رقم (٢) المعدل الشهري لتوزيع درجات الحرارة الشهرية في مدينة مكة المكرمة

الشهر	أم الجود	العزيفية	عرفات	الليث	الشرائع
ديسمبر	٢٥,٥	٢٥,٩	٢٤,٩	٢٥,٢	٢٣,٦
يناير	٢٣,٩	٢٣,٦	٢٤,١	٢٣,٩	٢٢,٣
فبراير	٢٤,٤	٢٥,٧	٢٤,٩	٢٥,١	٢٣,٧
المتوسط	٢٤,٦	٢٥	٢٤,٦	٢٤,٧	٢٣,٢

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد

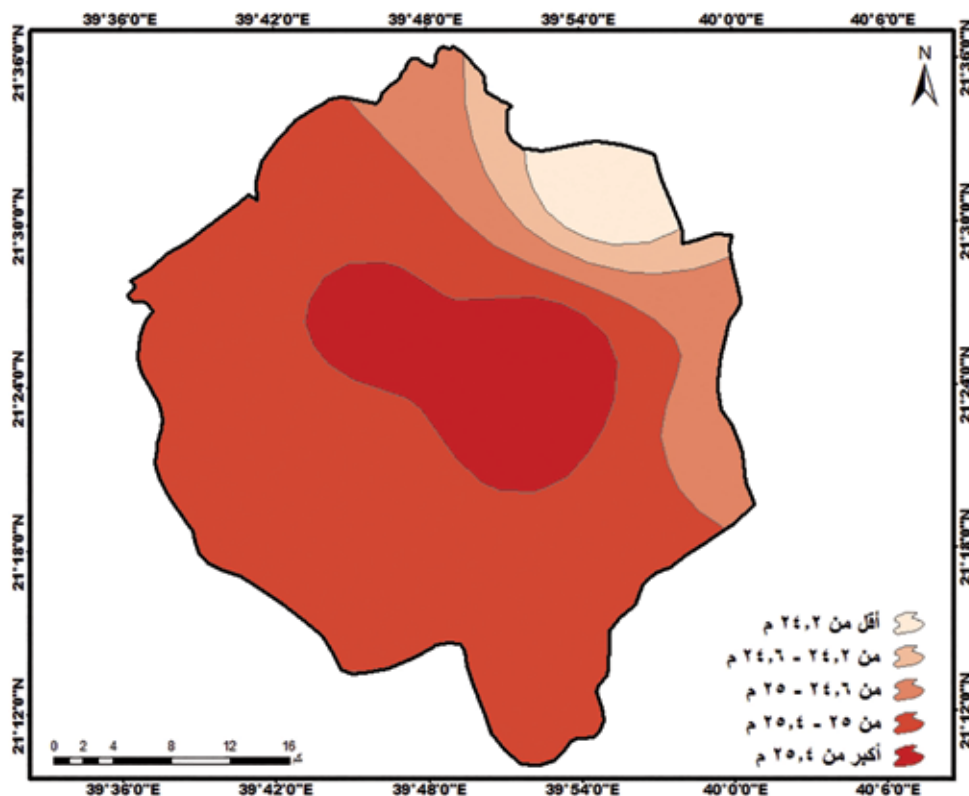


المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٢)

شكل (٢) متوسط درجات الحرارة في فصل الشتاء بمدينة مكة المكرمة

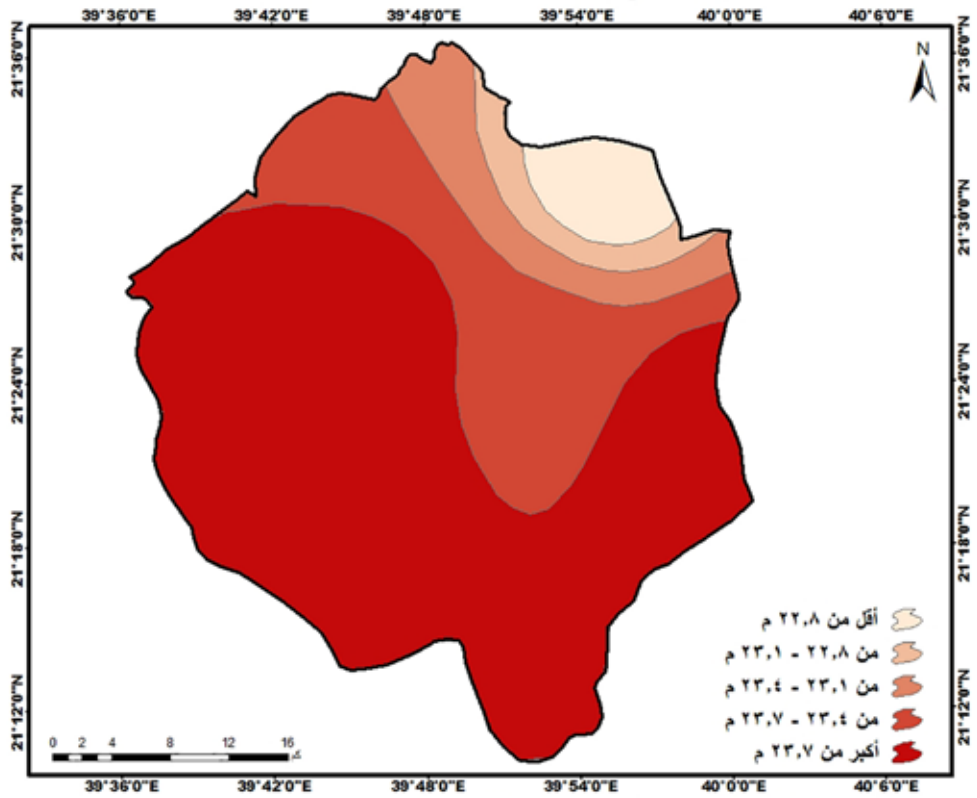
وشهر فبراير شكل رقم (٥) بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٤,١ درجة مئوية ٤٨,٨ كم^٢، بنسبة ٣,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٤,١ - ٢٤,٤ درجة مئوية ٥١,٩ كم^٢، بنسبة ٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٤,٤ - ٢٤,٨ درجة مئوية ٤٠٢,٥ كم^٢، بنسبة ٢١٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٢٤,٨ - ٢٥,٢ درجة مئوية ٧٠٢,٩ كم^٢، بنسبة ٥٤٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٥,٢ درجة مئوية ٩٤,٤ كم^٢، بنسبة ٧,٣٪ م.

تتراوح درجات الحرارة فيها بين ٢٤,٢ - ٢٤,٦ درجة مئوية ٥١,٣ كم^٢ بنسبة ٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٤,٦ - ٢٥ درجة مئوية ١٥٥,٥ كم^٢، بنسبة ١٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٢٥ - ٢٥,٤ درجة مئوية ٨٣٦,٥ كم^٢، بنسبة ٦٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٥,٤ درجة مئوية ٢٠٢ كم^٢، بنسبة ١٥,٦٪. في حين أنه في شهر يناير شكل رقم (٤) حيث بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٢,٨ درجة مئوية ٥٦,٩ كم^٢، بنسبة ٤,٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٢,٨ - ٢٣,١ درجة مئوية بمساحة بلغت ٤٦,٢ كم^٢، بنسبة ٣,٦٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٣,١ - ٢٣,٤ درجة مئوية ٩٣,٥ كم^٢، بنسبة ٧,٢٪، كما بلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٣,٤ - ٢٣,٧ درجة مئوية ٢٦٣,٤ كم^٢، بنسبة ٢٠,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٣,٤ درجة مئوية ٨٤٠,٤ كم^٢، بنسبة ٦٤,٢٪.



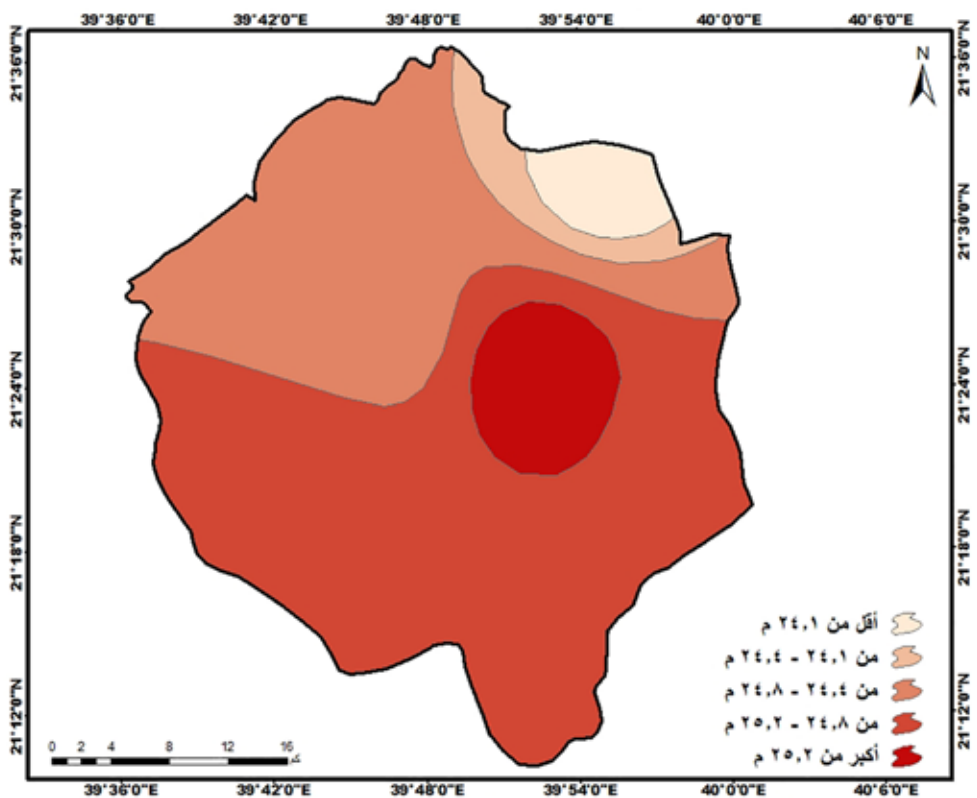
المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٢)

شكل (٣) توزيع درجات الحرارة في شهر ديسمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٢)

شكل (٤) توزيع درجات الحرارة في شهر يناير بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٢)

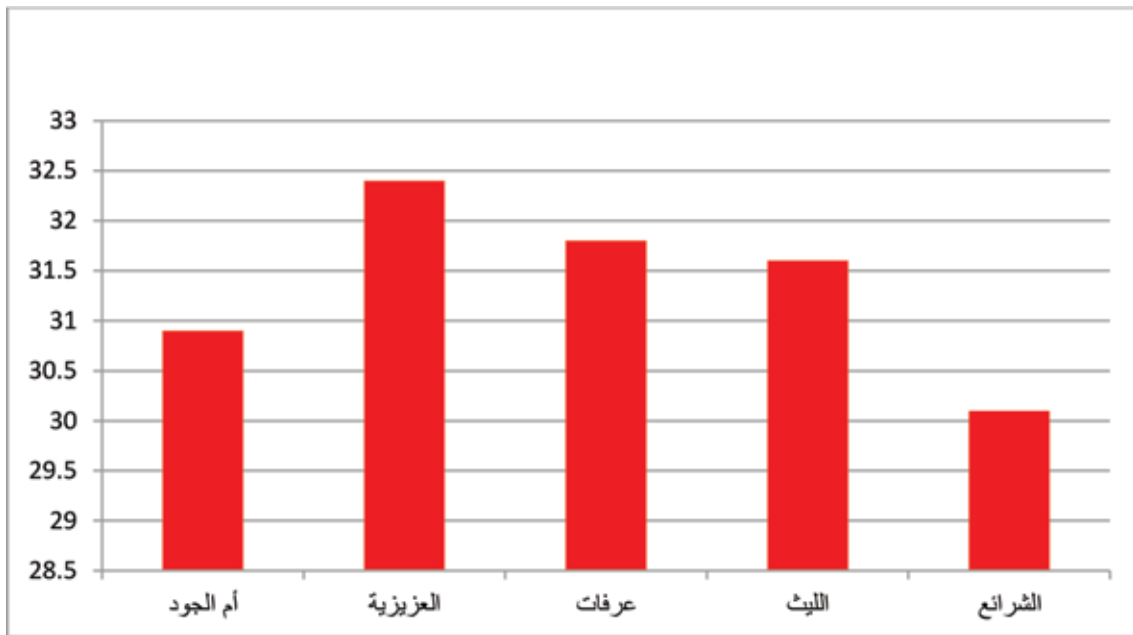
شكل (٥) توزيع درجات الحرارة في شهر فبراير بمدينة مكة المكرمة

ب- توزيع درجات الحرارة في فصل الربيع:

جدول رقم (٣) المعدل الشهري لتوزيع درجات الحرارة في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

الشهر	أم الجود	العزيفية	عرفات	الليث	الشرايع
مارس	٢٧,٣	٢٨,٣	٢٧,٧	٢٧,١	٢٥,٩
ابريل	٣١,١	٣١,٨	٣١,١	٣٠,٨	٢٩,٧
مايو	٣٤,٣	٣٧,٢	٣٦,٥	٣٦,٩	٣٤,٨
المتوسط	٣٠,٩	٣٢,٤	٣١,٨	٣١,٦	٣٠,١

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٣)

شكل (٦) متوسط درجات الحرارة في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

فيها درجات الحرارة عن ٣٠ درجة مئوية ٣٥,٧ كم ٢, بنسبة ٢,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح درجات الحرارة فيها بين ٣٠ - ٣٠,٥ درجة مئوية بمساحة بلغت ٥٥,٢ كم ٢، بنسبة ٤,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٠,٥ - ٣١ درجة مئوية ٥٥٠,٩ كم ٢، بنسبة ٤٢,٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣١ - ٣١,٥ درجة مئوية ٦٠٧,٦ كم ٢، بنسبة ٤٦,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٣١,٥ درجة مئوية ٥١ كم ٢، بنسبة ٢,٩٪.

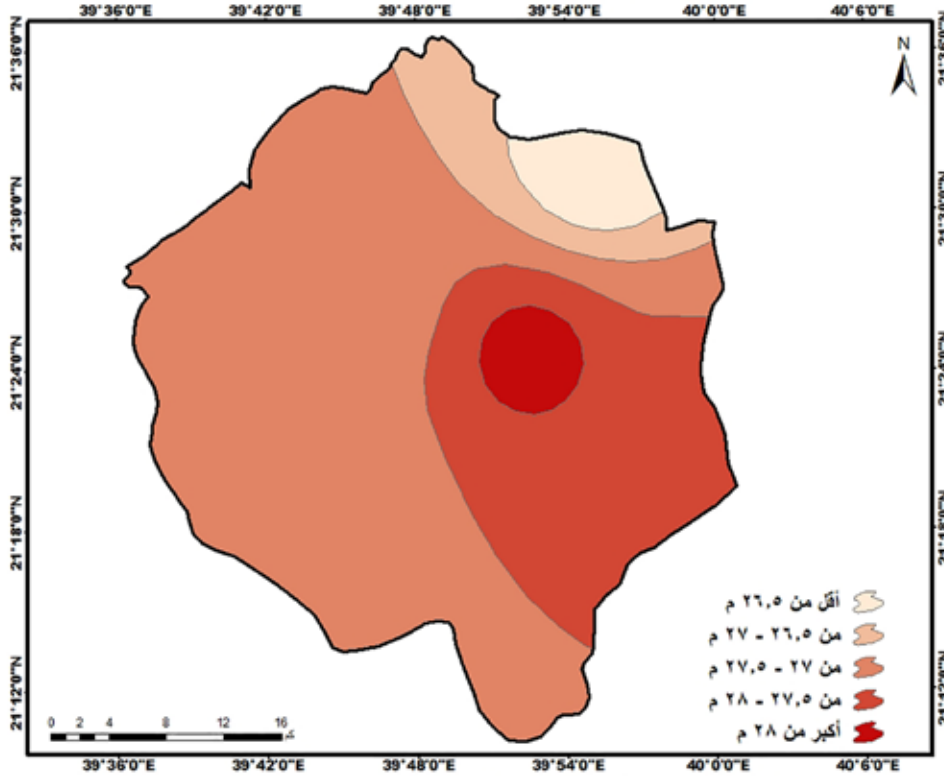
وشهر مايو شكل (٩) بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٣٥ درجة مئوية ٩٧ كم ٢، بنسبة ٧,٥٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٥ - ٣٥,٥ درجة مئوية ٢٩٢ كم ٢، بنسبة ٢٢,٢٪، وبلغت

وبالنظر للتوزيع الشهري لفصل الربيع نجد أنه وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة لشهر مارس شكل (٧) بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٦,٥ درجة مئوية ٥٤,٣ كم ٢، بنسبة ٤,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح درجات الحرارة فيها بين ٢٦,٥ - ٢٧ درجة مئوية ٨٧,٥ كم ٢، بنسبة ٦,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٧ - ٢٧,٥ درجة مئوية ٧٩٣,٧ كم ٢، بنسبة ٦١٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٧,٥ - ٢٨ درجة مئوية ٣٢٢,٩ كم ٢، بنسبة ٢٤,٨٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتجاوز درجات الحرارة ٢٨ درجة مئوية ٤٢,٢ كم ٢، بنسبة ٣,٢٪.

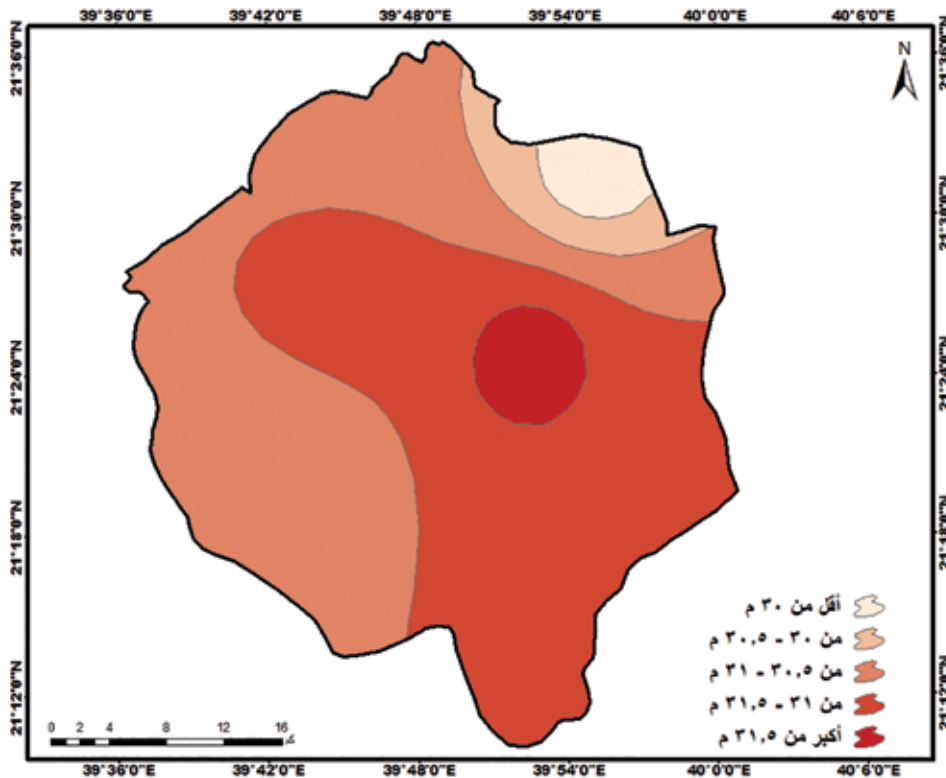
وفي شهر أبريل شكل (٨) بلغت مساحة المنطقة التي تقل

مئوية ٥٤٢ كم^٢، بنسبة ٤١,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٣٦,٥ درجة مئوية ٢١٢,٦ كم^٢، بنسبة ١٦,٣٪.

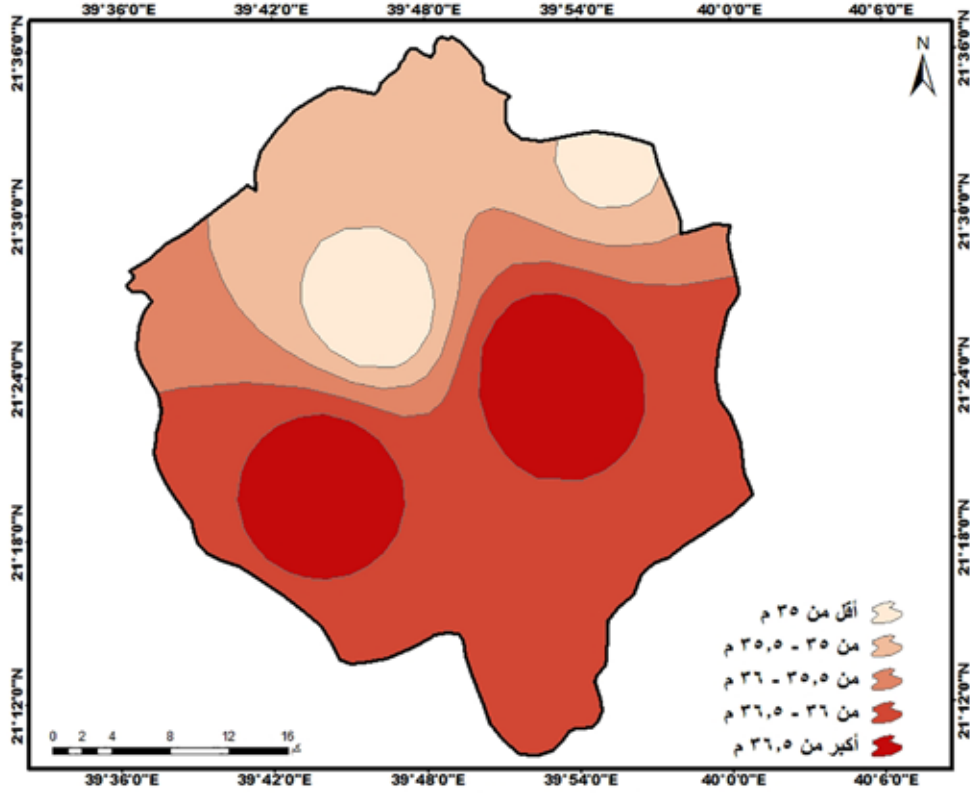
مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٥,٥ - ٣٦ درجة مئوية ١٥٦,٨ كم^٢، بنسبة ١٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٦ - ٣٦,٥ درجة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٣)
شكل (٧) توزيع درجات الحرارة في شهر مارس بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٣)
شكل (٨) توزيع درجات الحرارة في شهر إبريل بمدينة مكة المكرمة



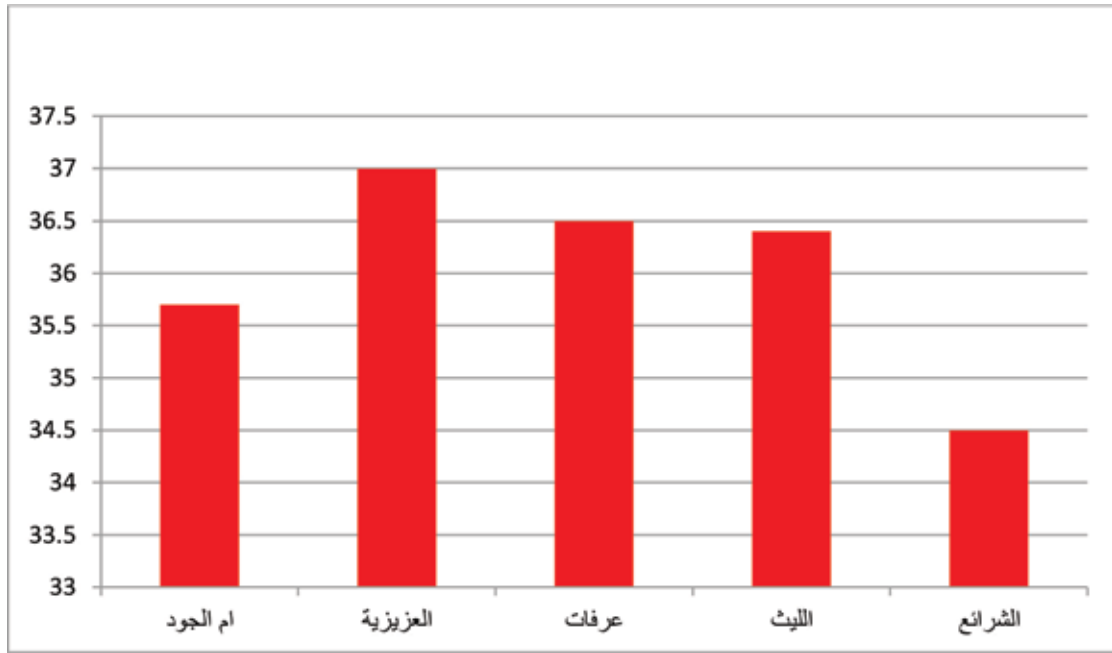
المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٢)
شكل (٩) توزيع درجات الحرارة في شهر مايو بمدينة مكة المكرمة

ج- توزيع درجات الحرارة في فصل الصيف:

جدول رقم (٤) المعدل الشهري لتوزيع درجات الحرارة في فصل الصيف بمدينة مكة المكرمة

الشهر	أم الجود	العزيفية	عرفات	الليث	الشرائع
يونيو	٣٥,٧	٣٧,٢	٣٦,٥	٣٦,٩	٣٤,٨
يوليو	٣٥,٨	٣٧,١	٣٦,٣	٣٥,٩	٣٤,٤
أغسطس	٣٥,٦	٣٦,٦	٣٦,٧	٣٦,٥	٣٤,٣
المتوسط	٣٥,٧	٣٧	٣٦,٥	٣٦,٤	٣٤,٥

المصدر: عمل الباحث بالإعتماد على بيانات محطات الأرصاد



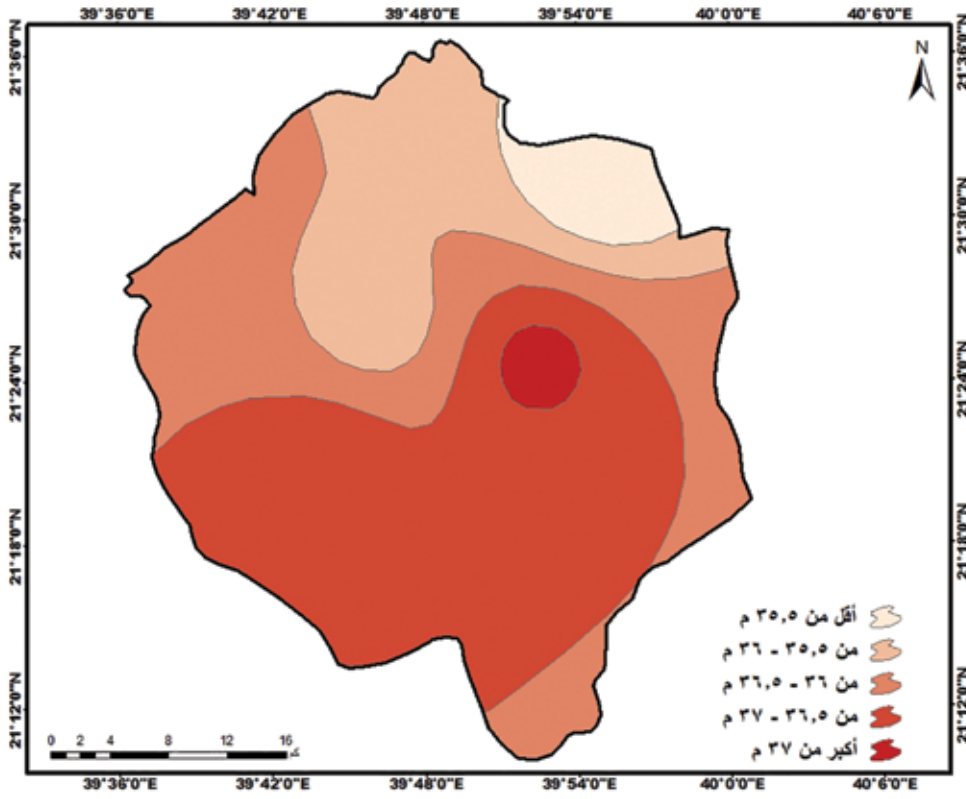
المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٤)

شكل (١٠) متوسط درجات الحرارة في فصل الصيف

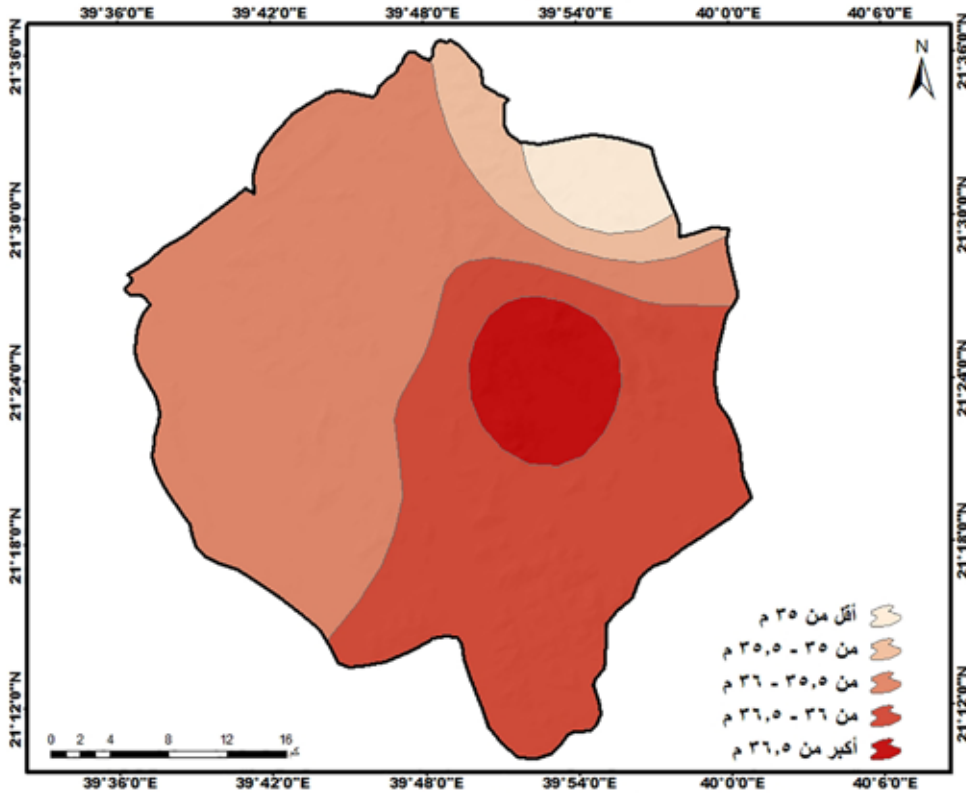
درجات الحرارة فيها بين ٣٦ - ٣٦,٥ درجة مئوية ٤٧٨ كم^٢، بنسبة ٣٦,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٣٦,٥ درجة مئوية ٩٢,١ كم^٢، بنسبة ٧,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة. وشهر أغسطس فقد بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٣٥ درجة مئوية ٣٥,٦ كم^٢، بنسبة ٢,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها درجات الحرارة بين ٣٥ - ٣٥,٥ درجة مئوية ٦٠,٧ كم^٢، بنسبة ٤,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٥,٥ - ٣٦ درجة مئوية ٢٨٢,٢ كم^٢، بنسبة ٢٩,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٦ - ٣٦,٥ درجة مئوية ٧٣٥,٤ كم^٢، بنسبة ٥٦,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٣٦,٥ درجة مئوية ٦٨,٥ كم^٢، بنسبة ٦,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة.

بالنظر للتوزيع الشهري لفصل الصيف أنه وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة نجد التوزيع المكاني لشهر يونيو شكل (١٠) حيث بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٣٥,٥ درجة مئوية ٨٥,٨ كم^٢، بنسبة ٥,٥٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٥,٥ - ٣٦ درجة مئوية ٢٥٣,٢ كم^٢، بنسبة ١٩,٥٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٦ - ٣٦,٥ درجة مئوية ٣٧٩,٧ كم^٢، بنسبة ٢٩,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٦,٥ - ٣٧ درجة مئوية ٥٧٦,٩ كم^٢، بنسبة ٤٤,٤٪، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٤,٨ درجة مئوية ٢٤,٨ كم^٢، بنسبة ١,٩٪.

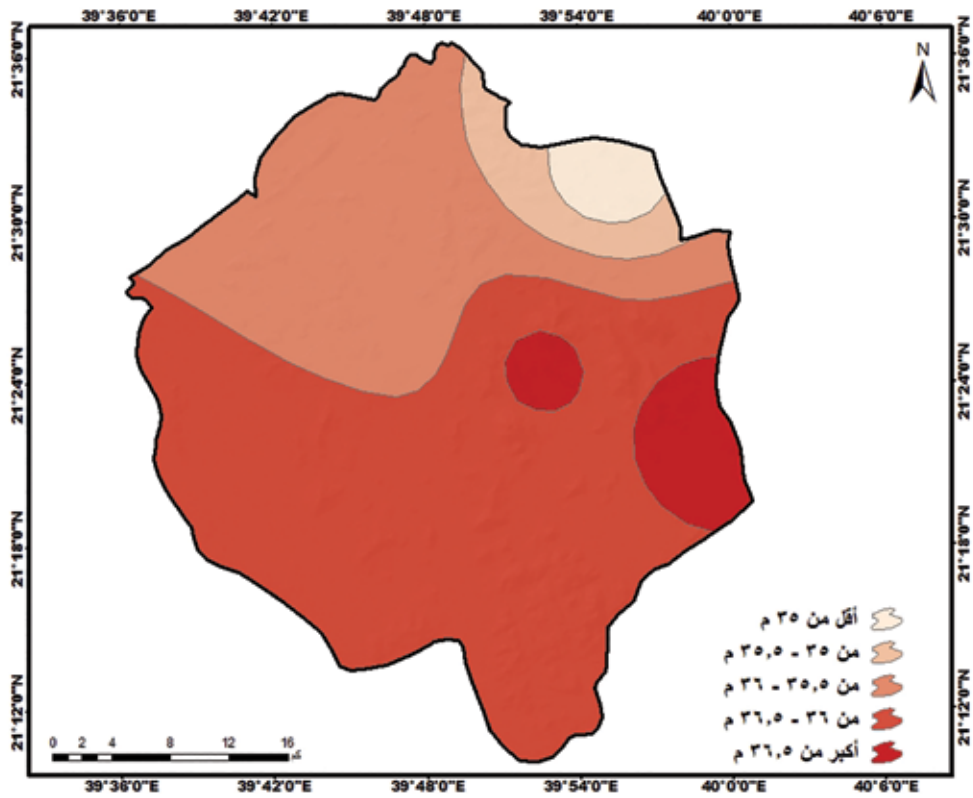
وشهر يوليو شكل (١١) فقد بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٣٥ درجة مئوية ٥٠,٤ كم^٢، بنسبة ٣,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٣٥ - ٣٥,٥ درجة مئوية بمساحة بلغت ٦٧,٢ كم^٢، بنسبة ٥,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣٥,٥ - ٣٦ درجة مئوية ٦١١,٧ كم^٢، بنسبة ٤٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٤)
شكل (١١) توزيع درجات الحرارة في شهر يونيو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٤)
شكل (١٢) توزيع درجات الحرارة في شهر يوليو بمدينة مكة المكرمة



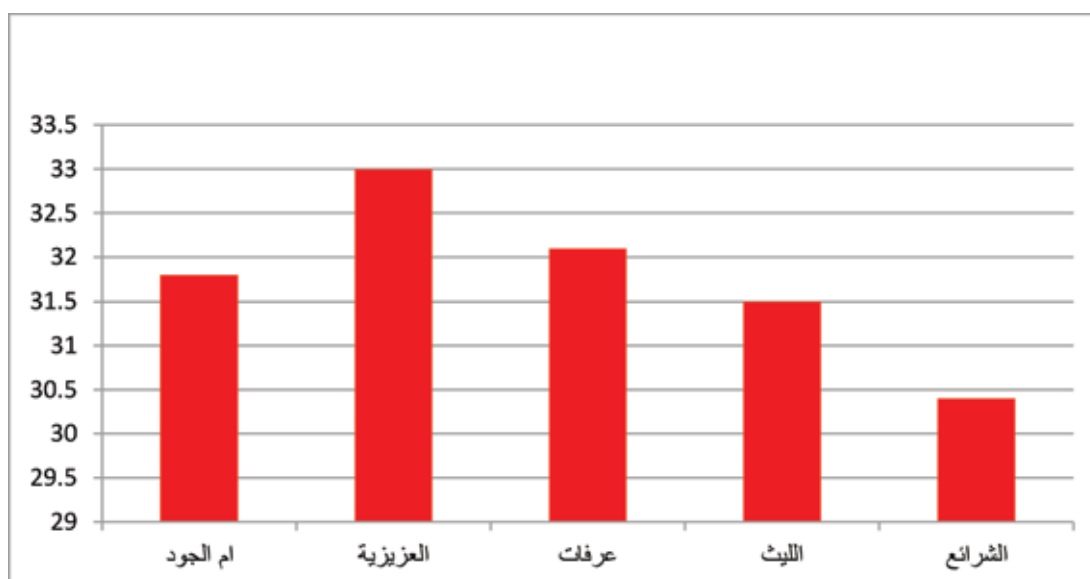
المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٤)
شكل (١٢) توزيع درجات الحرارة في شهر أغسطس بمدينة مكة المكرمة

د- توزيع درجات الحرارة في فصل الخريف

جدول رقم (٥) المعدل الشهري ومتوسط درجات الحرارة في فصل الخريف بمدينة مكة المكرمة

الشهر	أم الجود	العزيفية	عرفات	الليث	الشرائع
سبتمبر	٣٥,١	٣٦,٨	٣٦,٧	٣٤,٤	٣٣,٧
أكتوبر	٣٢,١	٣٣	٣١,٦	٣١,٩	٣٠,٨
نوفمبر	٢٨,٣	٢٩,١	٢٨,١	٢٨,٣	٢٦,٨
المتوسط	٣١,٨	٣٣	٣٢,١	٣١,٥	٣٠,٤

المصدر: عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٥)

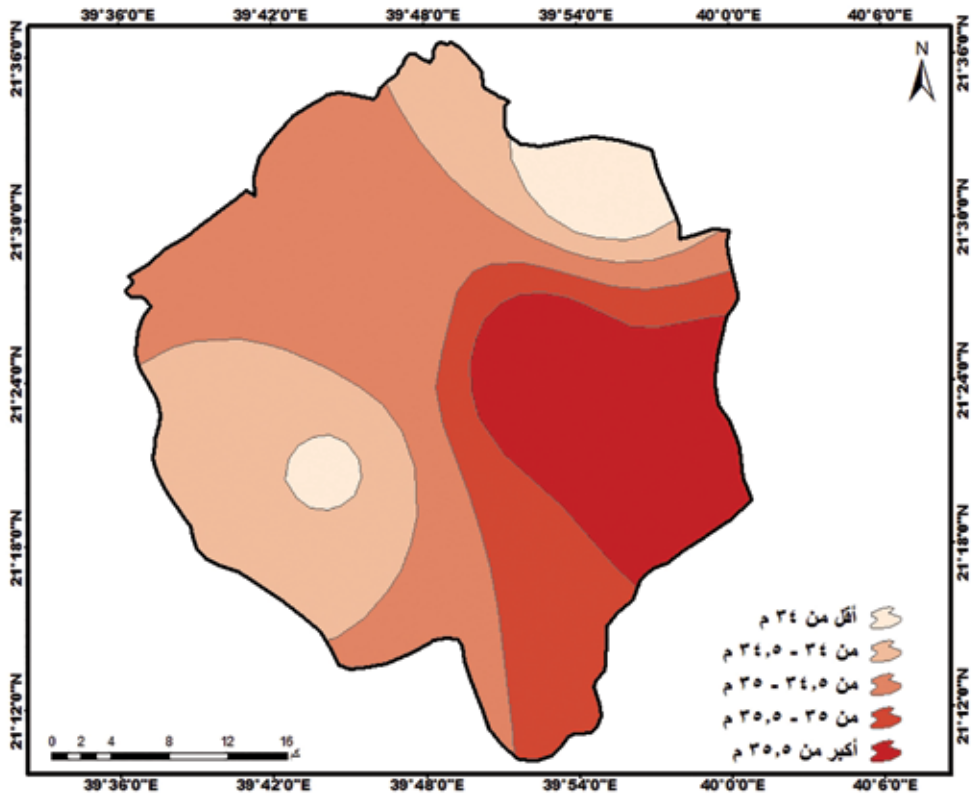
شكل (١٤) متوسط درجات الحرارة في فصل الخريف

إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح درجات الحرارة فيها بين ٢٢ - ٢٢,٥ درجة مئوية ٦٣٣,٤ كم^٢، بنسبة ٤٨,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٢,٥ درجة مئوية ٧٢ كم^٢، بنسبة ٥,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة.

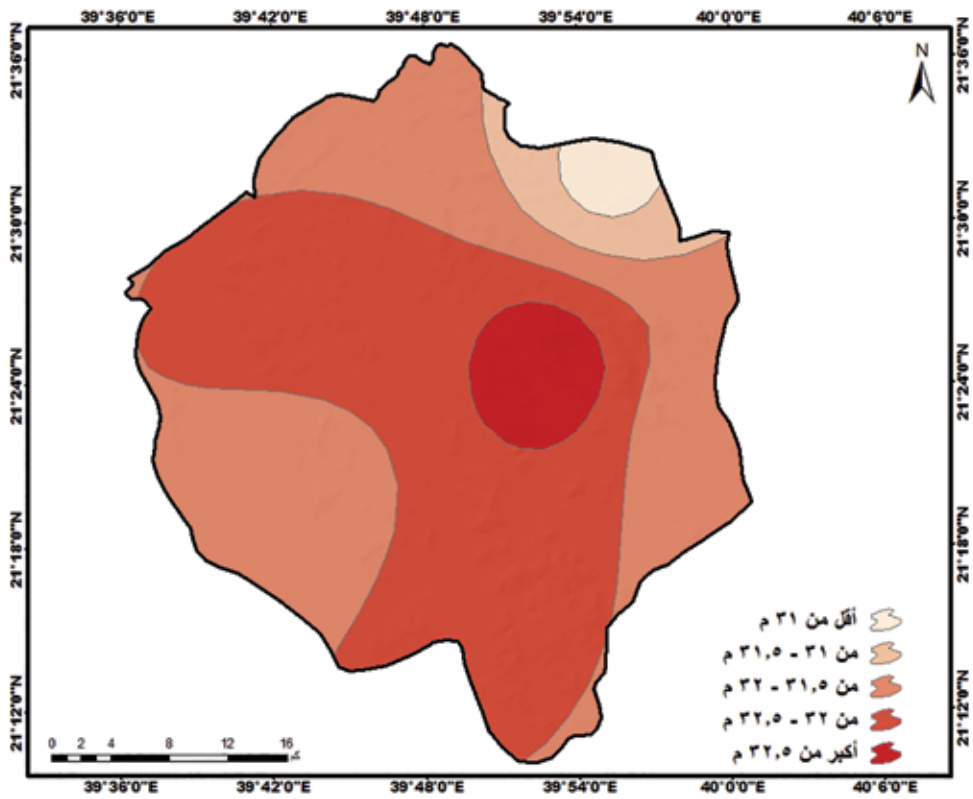
أما شهر نوفمبر فبلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٧ درجة مئوية ٢٥,٩ كم^٢، بنسبة ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها درجات الحرارة بين ٢٧ - ٢٧,٥ درجة مئوية ٤٠,١ كم^٢، بنسبة ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح درجات الحرارة فيها بين ٢٧,٥ - ٢٨ درجة مئوية ١١٥,٨ كم^٢، بنسبة ٨,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٢٨ - ٢٨,٥ درجة مئوية ٩٨٣,٨ كم^٢، بنسبة ٧٥,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٨,٥ درجة مئوية ١٣٤,٩ كم^٢، بنسبة ١٠,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

في فصل الخريف سجلت أعلى متوسط لدرجات الحرارة كما في الشكل السابق (١٤) في محطة العزيزية، وبالنظر على المستوى الشهري فقد كان في شهر سبتمبر وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٢٤ درجة مئوية ٧٧ كم^٢، بنسبة ٥,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها درجات الحرارة بين ٢٤ - ٢٤,٥ درجة مئوية ٢٢١ كم^٢، بنسبة ٢٤,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح درجات الحرارة بين ٢٤,٥ - ٢٥ درجة مئوية ٤٥٢ كم^٢، بنسبة ٢٤,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٢٥ - ٢٥,٥ درجة مئوية ٢٠٢,٤ كم^٢، بنسبة ١٥,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها درجات الحرارة ٢٥,٥ درجة مئوية ٢٤٧ كم^٢، بنسبة ١٩٪ من إجمالي مساحة المدينة.

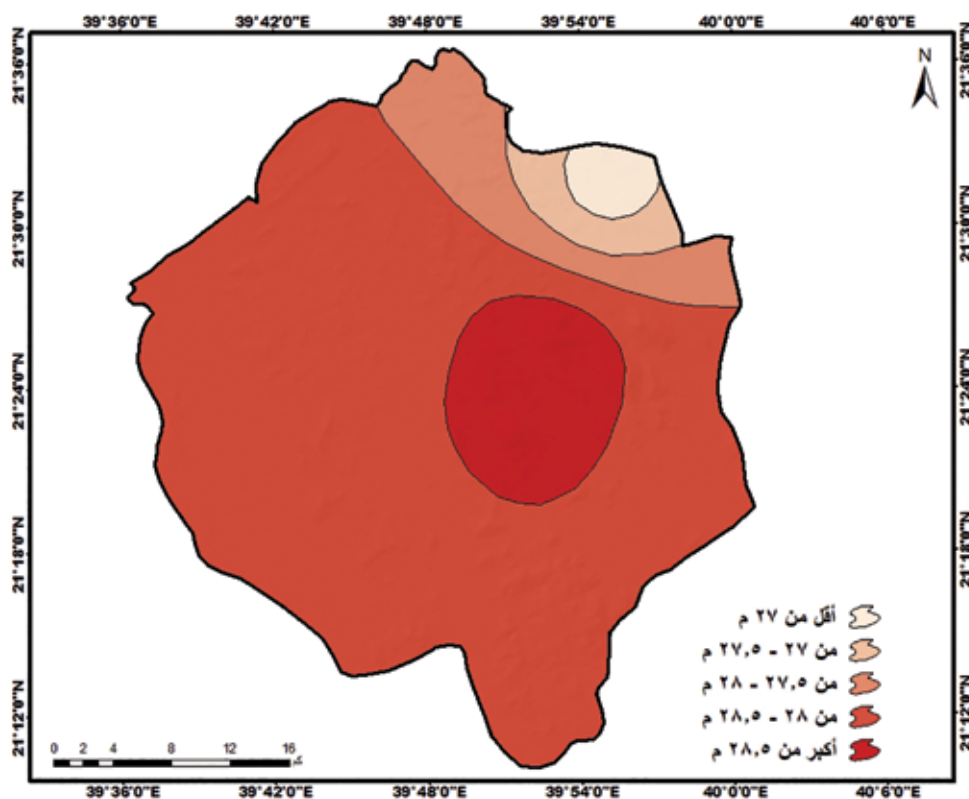
وشهر أكتوبر فقد بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها درجات الحرارة عن ٣١ درجة مئوية ٢٨,٥ كم^٢، بنسبة ٢,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها درجات الحرارة بين ٣١ - ٣١,٥ درجة مئوية بمساحة بلغت ٥٣,٧ كم^٢، بنسبة ٤,١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث درجات الحرارة تتراوح بين ٣١,٥ - ٣٢ درجة مئوية ٥١٢,٨ كم^٢، بنسبة ٢٩,٤٪ من



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٥)
شكل (١٥) توزيع درجات الحرارة في شهر سبتمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٥)
شكل (١٦) توزيع درجات الحرارة في شهر أكتوبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الجدول السابق رقم (٥)
شكل (١٧) توزيع درجات الحرارة في شهر نوفمبر بمدينة مكة المكرمة

التوزيع المكاني لغاز الأوزون :

وبالتالي فإن المتوسط الساعي لغاز الأوزون في جميع المحطات كانت ضمن الحدود المسموح بها وبمؤشر صحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا وتراكيز جميع الملوثات لم يتجاوز ٢٩٥ مليجرام/م^٣ ودون المعايير المسموح بها.

المتوسط اليومي: سجلت أعلى قراءة للمتوسط اليومي لغاز الأوزون في محطة الحرم خلال عام ٢٠١٢ بلغ ٤٨ مليجرام/م^٣ في يوم ١ ابريل، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ٣٦ مليجرام/م^٣ في يوم ٨ ابريل، وفي عام ٢٠١٤ سجل ٤٢ مليجرام/م^٣ في يوم ٤ يونيو.

وسجل أعلى قراءة في محطة المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ١١٣ مليجرام/م^٣ في يوم ١٢ أغسطس، وفي عام ٢٠١٣ بلغ ١٠٣ مليجرام/م^٣ في يوم ٢٨ يوليو وكذلك يوم ١٧ مارس من العام نفسه.

وسجل أعلى قراءة للمتوسط اليومي لغاز الأوزون في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٢٨ مليجرام/م^٣ في يوم ٢١ يناير.

وبهذا فإن جميع القراءات اليومية المسجلة بالمحطات الثلاث كانت ضمن حدود المؤشر الصحي، حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا.

من خلال البيانات التي تم رصدها وخلال الخمس السنوات الماضية لغاز الأوزون في محطات الرصد البيئي من عام ٢٠١٢ - ٢٠١٨ م، ولتوضيح ما إذا كانت هذه القراءات في الحدود المسموح بها حسب مؤشر جودة الهواء الخاص بغاز الأوزون جدول رقم (٦)، ويمكن توضيحها كما يلي:

المتوسط الساعي: ففي محطة الحرم سجل أعلى قراءة للمتوسط الساعي لغاز الأوزون خلال عام ٢٠١٢ وبلغ ٨٥ مليجرام/م^٣ الساعة ٢:٠٠ يوم ١٢ يناير، وفي عام ٢٠١٣ سجل ٦٦ مليجرام/م^٣ الساعة ٨:٠٠ يوم ١ يناير، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٥٦ مليجرام/م^٣ الساعة ٧:٠٠ يوم ٢٣ أبريل.

وسجلت أعلى قراءة في محطة المسفلة خلال عام ٢٠١٢ بمقدار ١١٣ مليجرام/م^٣ الساعة ٢:٠٠ يوم ٢٣ فبراير، وفي عام ٢٠١٣ سجل ٩٣ مليجرام/م^٣ الساعة ٤:٠٠ يوم ١٥ يوليو، وفي عام ٢٠١٤ بلغ ٩٥ مليجرام/م^٣ الساعة ٧:٠٠ يوم ١٧ مارس.

وسجلت أعلى قراءة للمتوسط الساعي لغاز الأوزون في العزيزية خلال عام ٢٠١٤ بمقدار ٦٦ مليجرام/م^٣ الساعة ٧:٠٠ يوم ١٣ فبراير.

جدول رقم (٦): مؤشر جودة الهواء الخاص بغاز الأوزون في قانون حماية البيئة السعودي

العنصر	صحي	معتدل	غير صحي للمجموعات الحساسة	غير صحي	ضار	خطر
الأوزون O ₃	٥٠ - ٠	١٠٠ - ٥١	١٥٠ - ١٠١	٢٠٠ - ١٥١	٣٠٠ - ٢٠١	٥٠٠ - ٣٠١

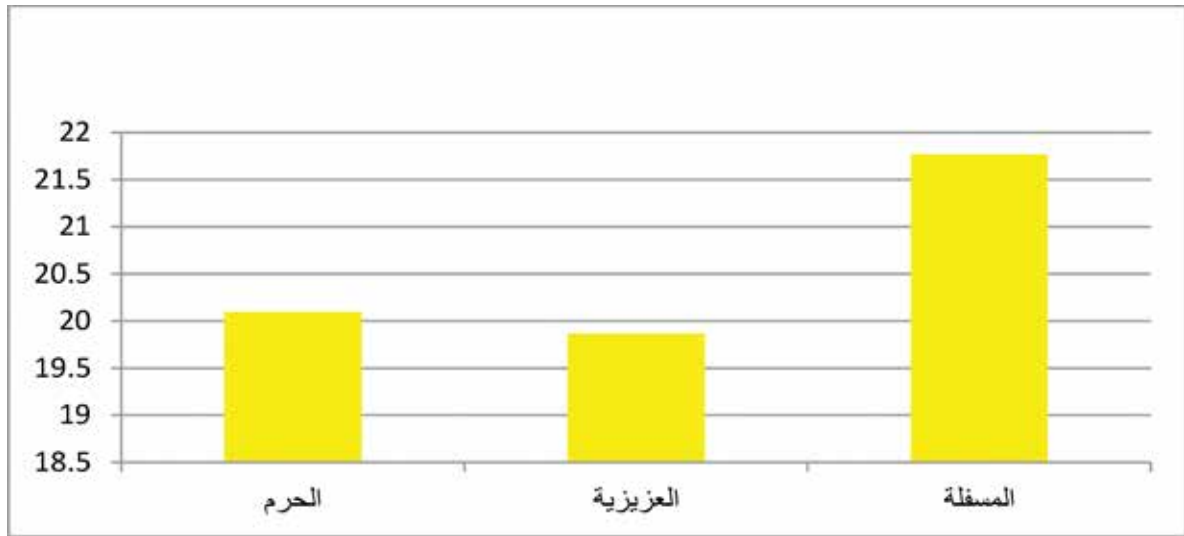
المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة.

أ- توزيع غاز الأوزون في فصل الشتاء:

جدول رقم (٧) المعدل الشهري ومتوسط غاز الأوزون (O₃) ميكروجرام/م^٣ في فصل الشتاء بمدينة مكة المكرمة

الشهر	الحرم	العزيفية	المسفلة
ديسمبر	٢٠,٥	٢٠,٢	٢٢,٤
يناير	١٩,٢	١٩,١	٢١,٢
فبراير	٢٠,٦	١٩,٧	٢١,٧
المتوسط	٢٠,١	١٩,٦٧	٢١,٧٧

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٧)

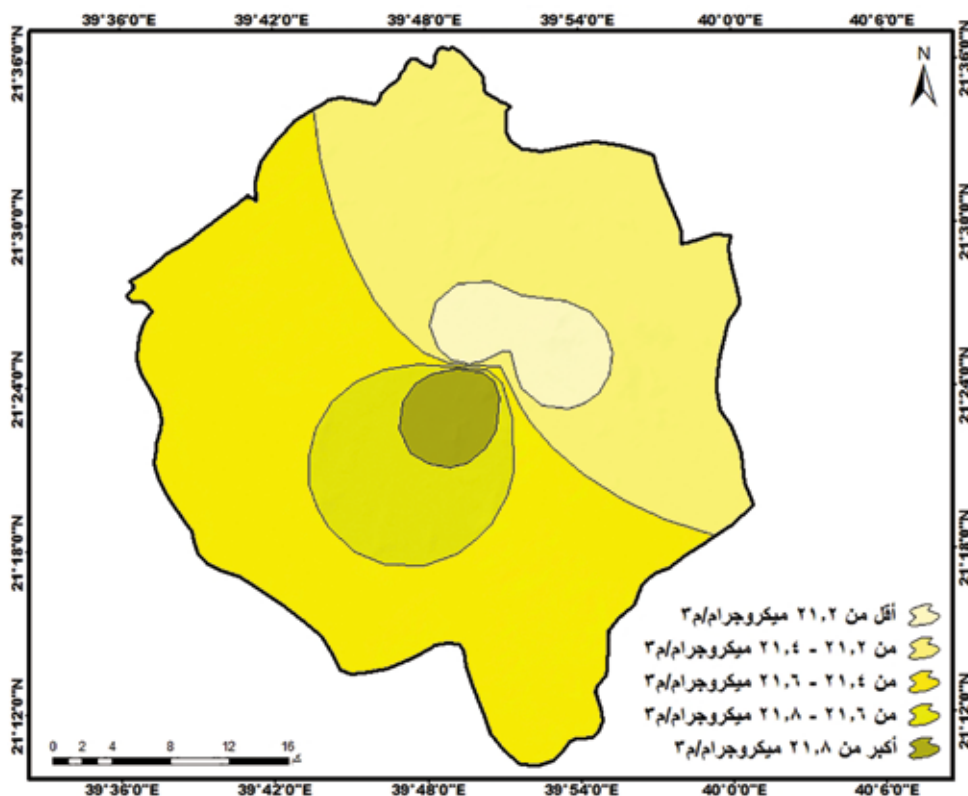
شكل (١٨) متوسط درجات الحرارة في فصل الشتاء

بناء على ذلك وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة في ديسمبر بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢١,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٧,٣ كم^٢، بنسبة ٥,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢١,٢ - ٢١,٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٦٣,٢ كم^٢، بنسبة ٣٥,٦٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢١,٤ - ٢١,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦١٥,٦ كم^٢، بنسبة ٤٧,٣٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢١,٦ - ٢١,٨ ميكروجرام/م^٣

تم تسجيل أعلى القراءات في محطة المسفلة باختلاف المحطات الأخرى ويمكن توضيح التوزيع الزمني والمكاني لهذا الغاز خلال فصل الشتاء والذي يبدأ بشهر ديسمبر ويظهر الشكل الآتي رقم (١٨) تباين توزيع غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة خلال هذا الشهر، حيث يرتفع بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية نحو المنطقة الجنوبية الغربية من المدينة، وجميع القيم التي رصدت في محطات الرصد كانت بمؤشر صحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا.

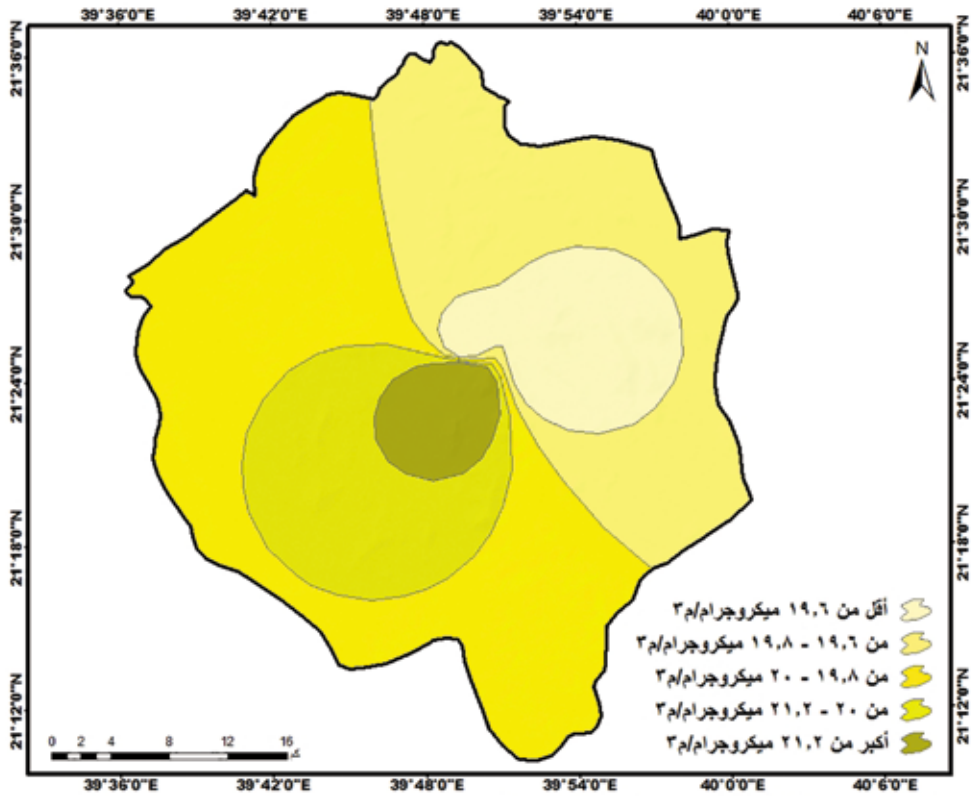
وكذلك شهر فبراير فجميع القيم التي سجلت في محطات الرصد الثلاث كانت ضمن المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا، وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٥،٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٣،٦ كم^٢، بنسبة ٤،١٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٥،٢٥ - ٢٥،٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٠٨،٩ كم^٢، بنسبة ١٦٪، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٥،٥ - ٢٥،٧٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٤٨،١ كم^٢، بنسبة ٣٤،٥٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٥،٧٥ - ٢١ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٣٥ كم^٢، بنسبة ٤١،٣٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢١ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٤،٨ كم^٢، بنسبة ٤،٢٪.

٢م نحو ١١٩ كم^٢، بنسبة ٩،١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢١،٨ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٥،٤ كم^٢، بنسبة ٢،٧٪. وفي شهر يناير ظهرت جميع القيم التي سجلت في محطات الرصد الثلاث وكانت ضمن المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا. وبلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ١٩،٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٤١،٢ كم^٢، بنسبة ١٠،٩٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ١٩،٦ - ١٩،٨ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٦٩،٤ كم^٢، بنسبة ٢٨،٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ١٩،٨ - ٢٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٣٤،٩ كم^٢، بنسبة ٤١٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٠ - ٢٠،٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٠١ كم^٢، بنسبة ١٥،٥٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٠،٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٤،٥ كم^٢، بنسبة ٤،٢٪.



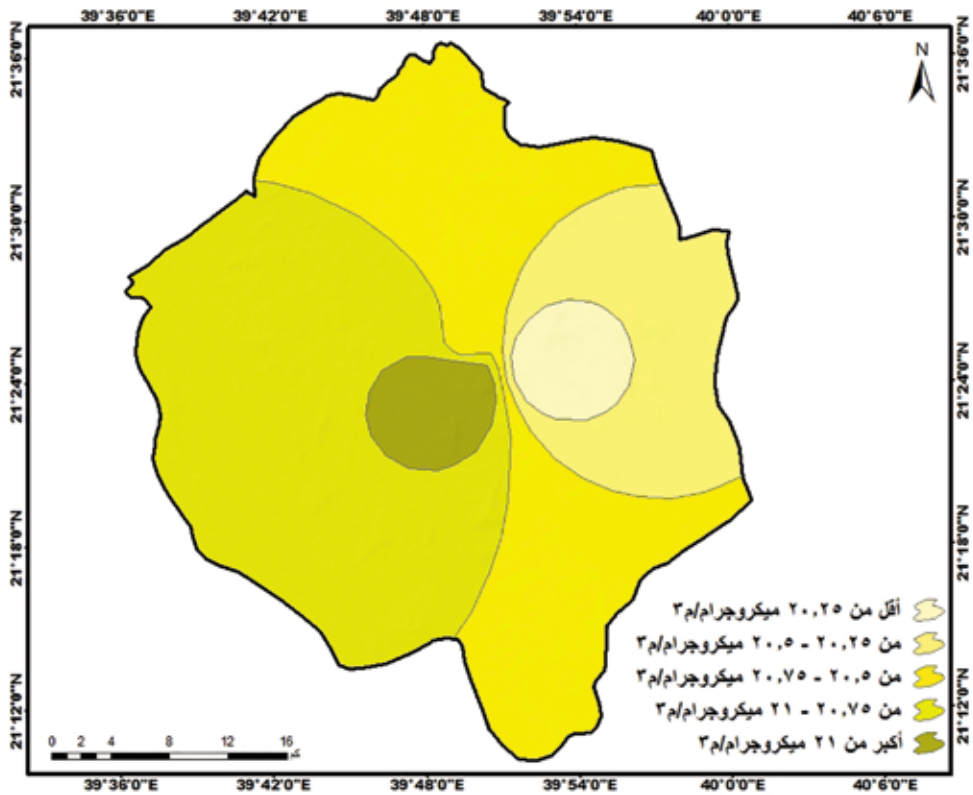
المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٧)

شكل (١٩) توزيع غاز الأوزون في شهر ديسمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٧)

شكل (٢٠) توزيع غاز الأوزون في شهر يناير بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٧)

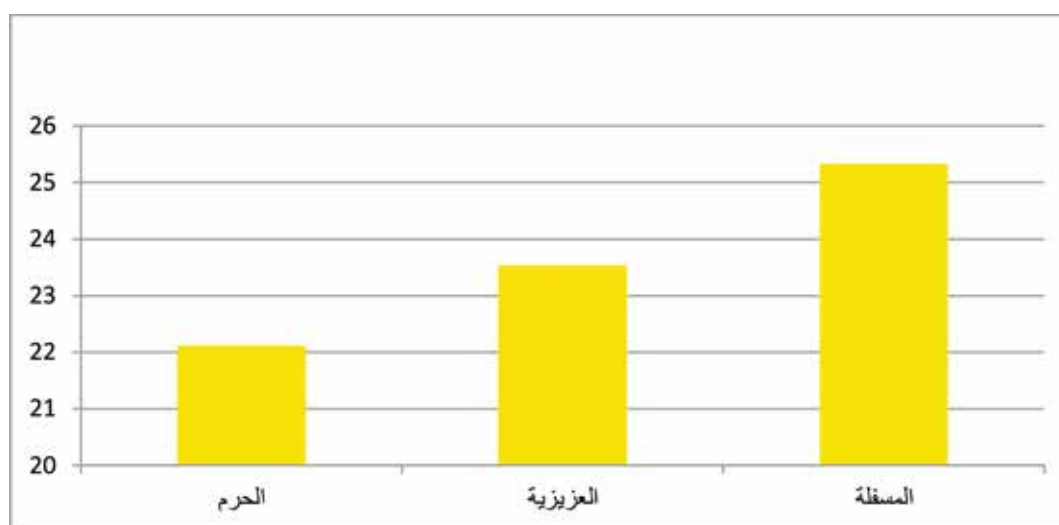
شكل (٢١) توزيع غاز الأوزون في شهر فبراير بمدينة مكة المكرمة

ب- توزيع غاز الأوزون في فصل الربيع:

جدول رقم (٨) المعدل الشهري ومتوسط غاز الأوزون ميكروجرام/م^٣
في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

المسافة	العزيفية	الحرم	الشهر
٢٣,٥	٢١,١	٢١,٧	مارس
٢٥,١	٢٣,١	٢٢,٢	إبريل
٢٧,٤	٢٦,٤	٢٢,٥	مايو
٢٥,٢٤	٢٣,٥٤	٢٢,١٤	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٨)

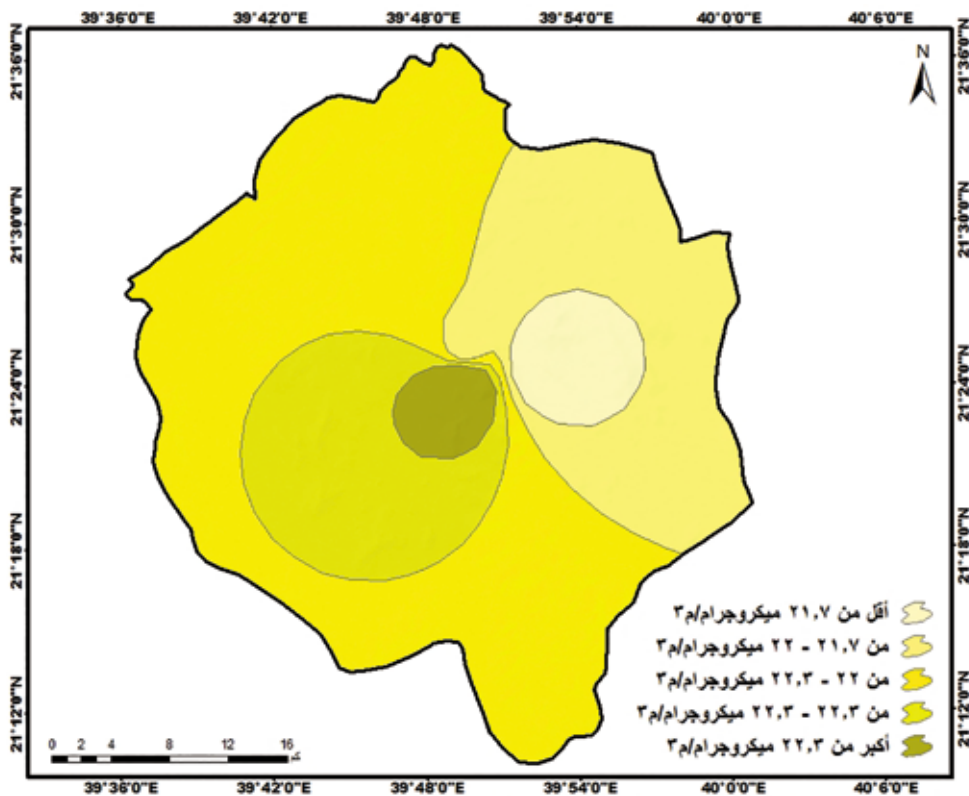
شكل (٢٢) متوسط توزيع غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة في فصل الربيع

ويظهر في شهر أبريل أن جميع القيم التي رصدت في محطات الرصد الثلاث كانت جميعها بمؤشر صحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً. وبملاحظة الشكل رقم (٢٢) فقد بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٩,٣ كم^٢، بنسبة ١,٥٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٢ - ٢٣,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٠٨,٨ كم^٢، بنسبة ١٦٪، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٣,٢ - ٢٣,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧١٩,٢ كم^٢، بنسبة ٥٥٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٣,٦ - ٢٣,٩ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٠٨,٧ كم^٢، بنسبة ٢٣,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٣,٩ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٤,٥ كم^٢، بنسبة ٣,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يتبين من شهر مارس أن جميع القيم التي رصدت في المحطات الثلاث كانت ضمن المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً. وبناء على الشكل رقم (٢٢) وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة فإن مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢١,٧ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٦ كم^٢، بنسبة ٥٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢١,٧ - ٢٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١٢,٧ كم^٢، بنسبة ٢٤٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث يتراوح غاز الأوزون بين ٢٢ - ٢٢,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٨٠ كم^٢، بنسبة ٥٢,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة حيث يتراوح غاز الأوزون بين ٢٢,٢ - ٢٢,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٠٦,٧ كم^٢، بنسبة ١٥,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة. وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٢,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٥ كم^٢، بنسبة ٢,٧٪.

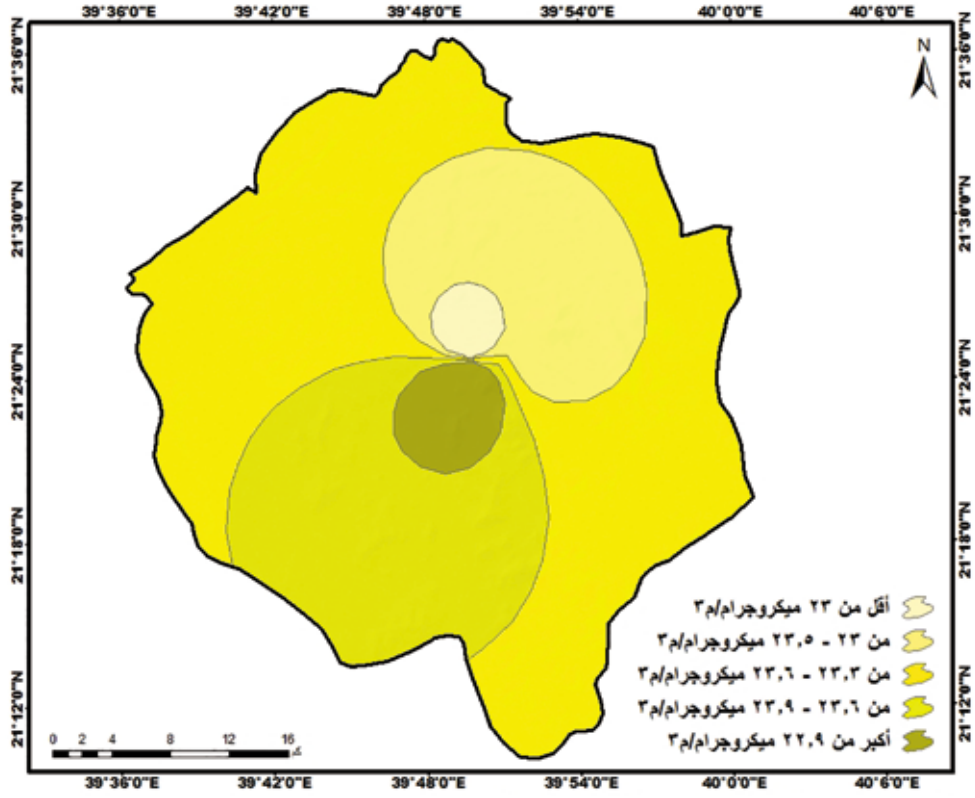
حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٥ - ٢٥,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥١٠,٤ كم^٢، بنسبة ٢,٣٩٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٥,٥ - ٢٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٠٠,٢ كم^٢، بنسبة ٤٦,٢٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٢,١ كم^٢، بنسبة ٤,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة.

وفي شهر مايو فإن جميع القيم التي رصدت في المحطات الثلاث كانت ضمن المؤشر صحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا. وفي الشكل رقم (٢٤) نلاحظ أن مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٤,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١,٨ كم^٢، بنسبة ٢,٤٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٤,٥ - ٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٩٥,٩ كم^٢، بنسبة ٧,٧٪، وبلغت مساحة المنطقة

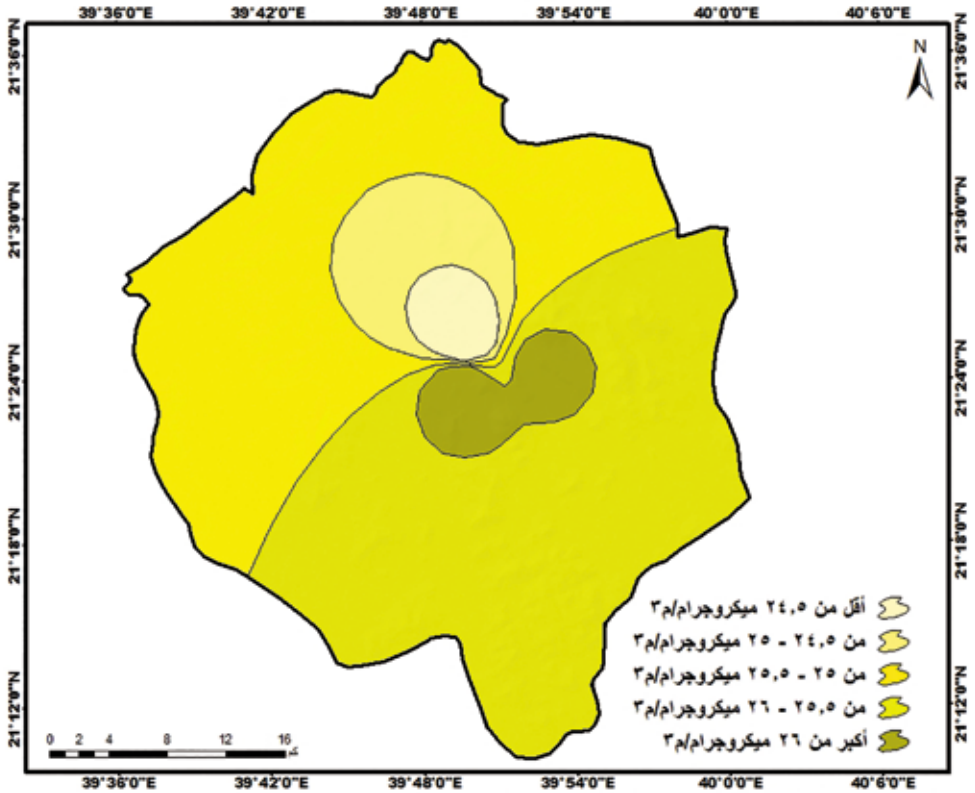


المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٨)

شكل (٢٣) توزيع غاز الأوزون في شهر مارس بمدينة مكة المكرمة



شكل (٢٤) توزيع غاز الأوزون في شهر إبريل بمدينة مكة المكرمة



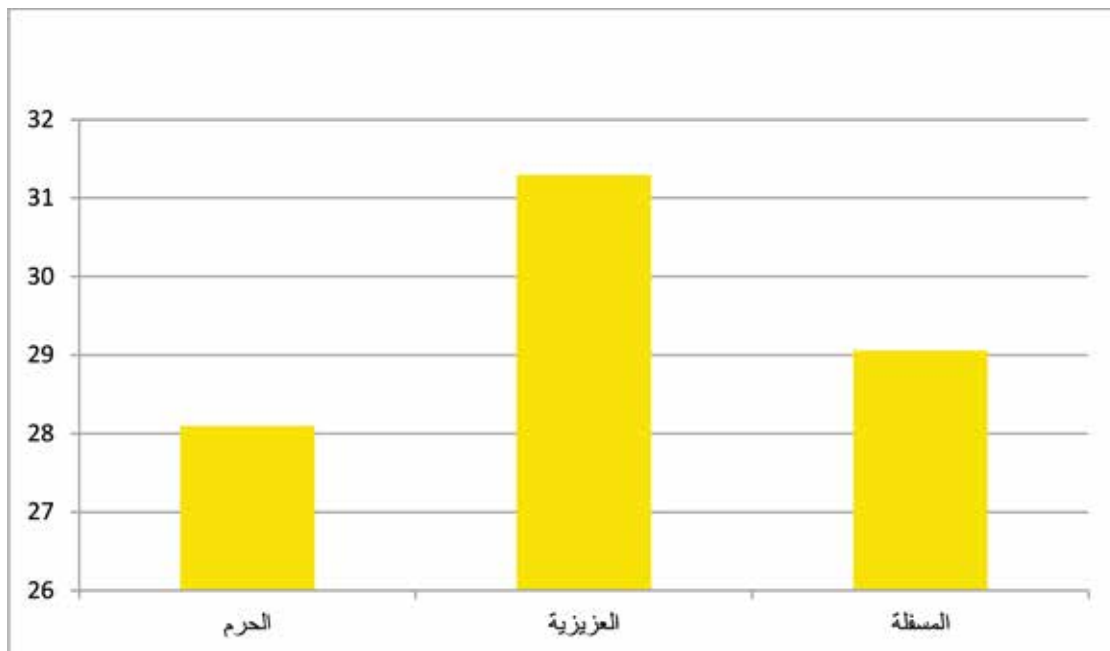
شكل (٢٥) توزيع غاز الأوزون في شهر مايو بمدينة مكة المكرمة

ج- توزيع غاز الأوزون في فصل الصيف:

جدول رقم (٩) المعدل الشهري ومتوسط غاز الأوزون ميكروجرام/م^٣ في فصل الصيف بمدينة مكة المكرمة

المسفة	العريزية	الحرم	الشهر
٢٩,٧	٢٨,٣	٢٨,٣	يونيو
٢٨,٤	٣٢,٥	٢٨,٥	يوليو
٢٩,١	٣٣,١	٢٧,٥	أغسطس
٢٩,٠٦	٣١,٣	٢٨,١	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٩)

شكل (٢٦) متوسط توزيع غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة في فصل الربيع

٣م نحو ٥٥٧,٤ كم^٢، بنسبة ٤٢,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث يتراوح غاز الأوزون بين ٢٩ - ٢٩,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٣,٤ كم^٢، بنسبة ٣,٣٪، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٩,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٧ كم^٢، بنسبة ١,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة.

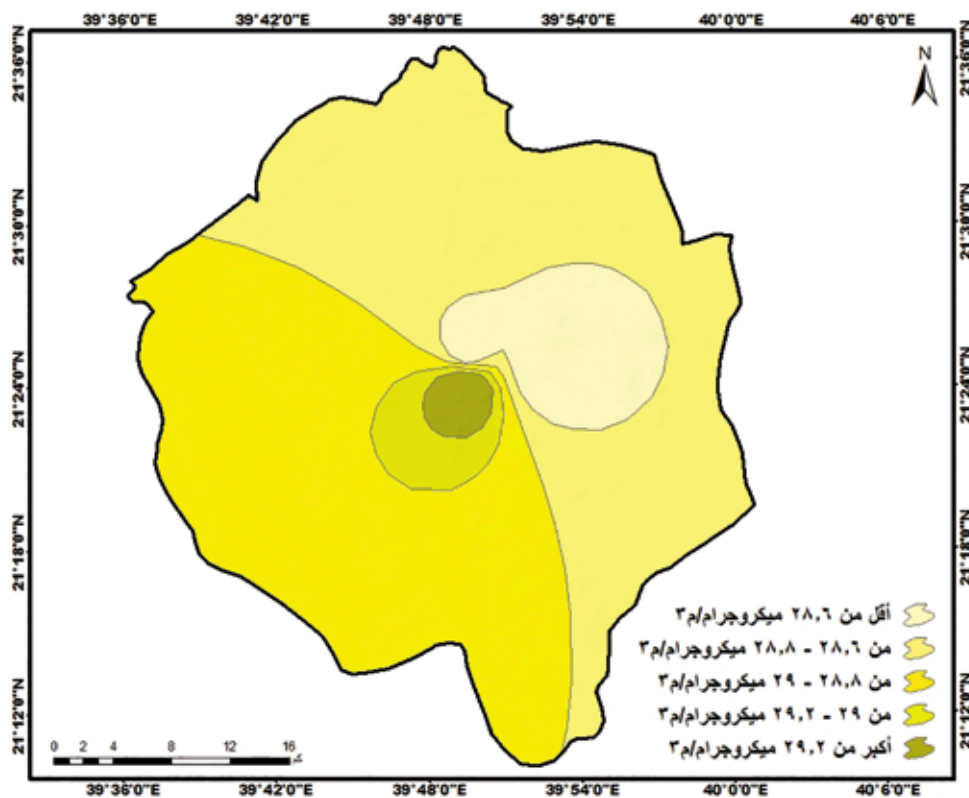
ويوضح الشكل الآتي رقم (٢٧) تباين توزيع غاز الأوزون في المدينة خلال شهر يوليو، حيث يقل غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة كلما اتجهنا من شرق المدينة نحو الغرب، وجميع القيم التي رصدت في جميع المحطات كانت ضمن المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً. وقد بلغت مساحة

ففي شهر يونيو ظهرت جميع القيم التي رصدت في المحطات الثلاث كانت ضمن المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً.

وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات درجات الحرارة شكل (٢٦) فقد بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٨,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ١١٨,٥ كم^٢، بنسبة ٩,١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٨,٦ - ٢٨,٨ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٦٤,٣ كم^٢، بنسبة ٤٣,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث يتراوح غاز الأوزون بين ٢٨,٨ - ٢٩ ميكروجرام/م^٣

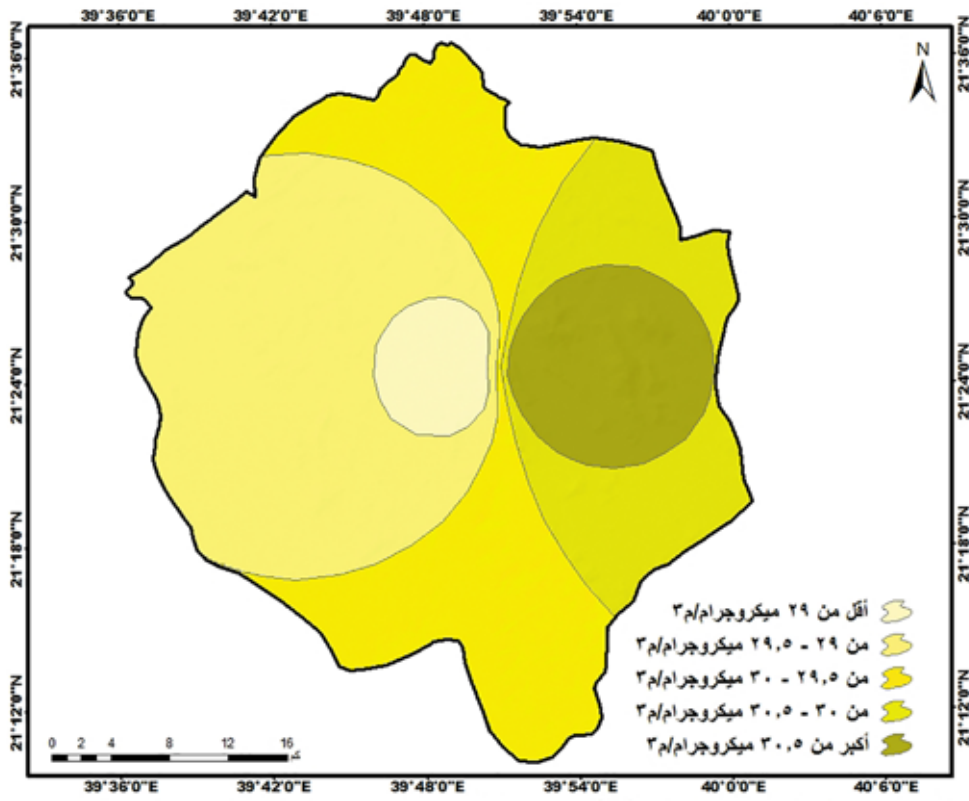
يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٩,٥ - ٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٦٩ كم^٢، بنسبة ٢٨,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٣٠ - ٣٠,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١٢,٢ كم^٢، بنسبة ١٦,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٣٠,٥ - ٣١ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٥٥,٢ كم^٢، بنسبة ١٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٣١ ميكروجرام/م^٣ نحو ٨٤,٩ كم^٢، بنسبة ٦,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة.

المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٩ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٠,٢ كم^٢، بنسبة ٤,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٩ - ٢٩,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٩٥,٥ كم^٢، بنسبة ٣٨,١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٩,٥ - ٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٧٨,٧ كم^٢، بنسبة ٢٩,١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٣٠ - ٣٠,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١٥,٤ كم^٢، بنسبة ١٦,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٣٠,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٥٠,٦ كم^٢، بنسبة ١١,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة. وشهر أغسطس فالقيم التي رصدت في المحطات الثلاث كانت ضمن حدود المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا. وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٩,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٧٨,٢ كم^٢، بنسبة ٣٦,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي



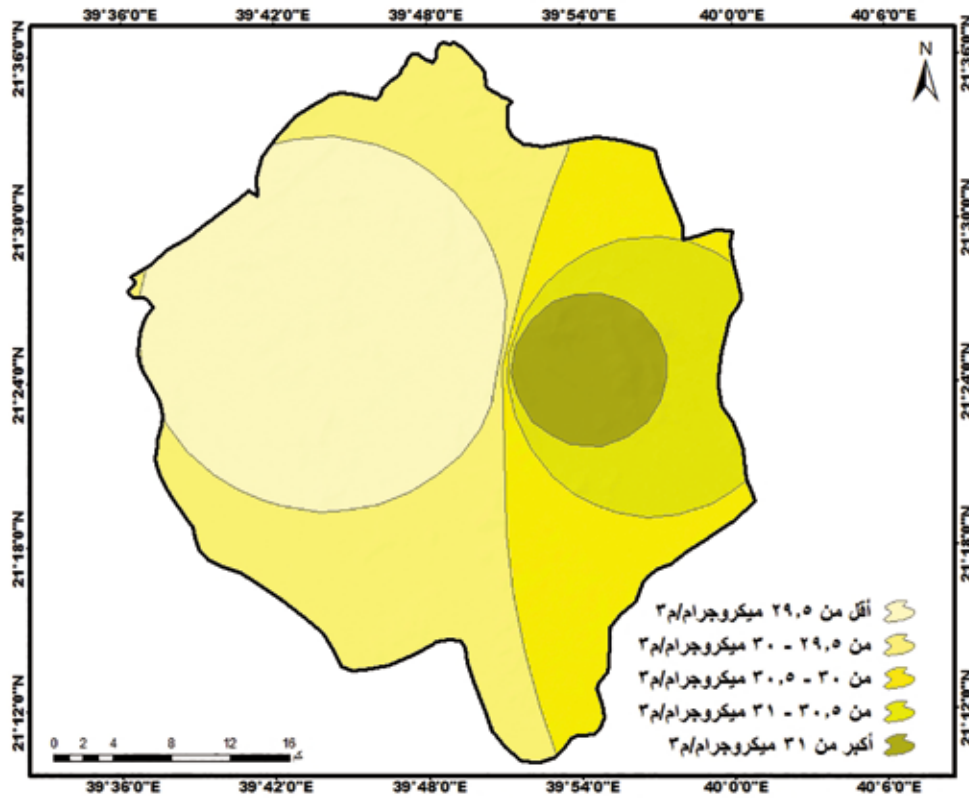
المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٩)

شكل (٢٧) توزيع غاز الأوزون في شهر يونيو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٩)

شكل (٢٨) توزيع غاز الأوزون في شهر يوليو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٩)

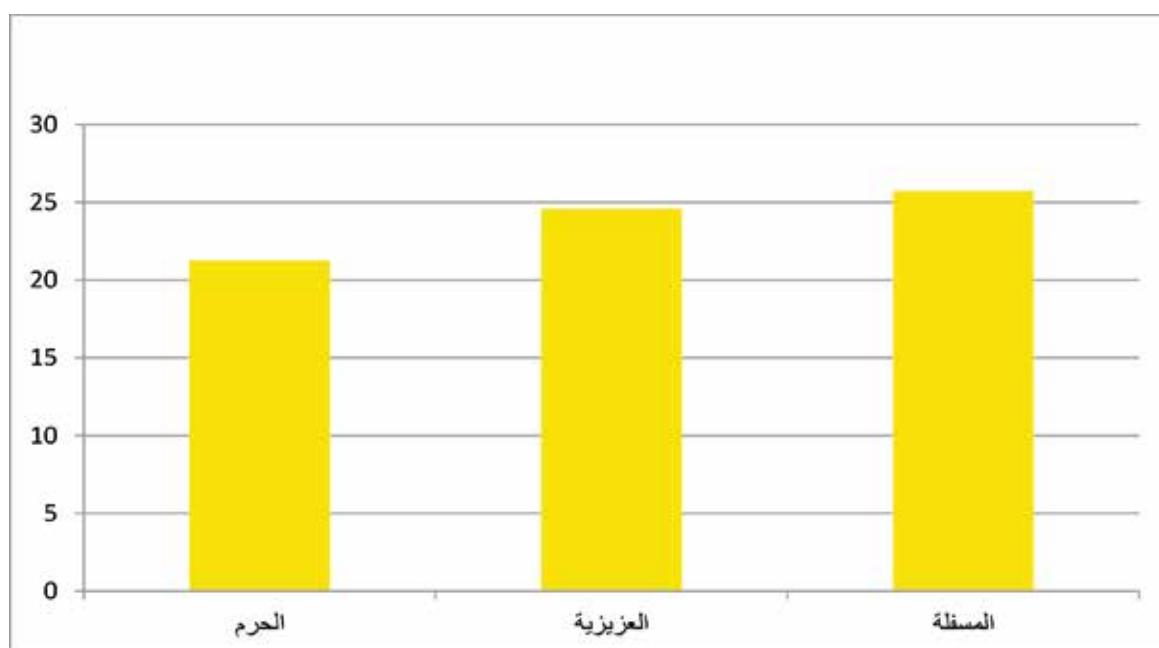
شكل (٢٩) توزيع غاز الأوزون في شهر أغسطس بمدينة مكة المكرمة

د- توزيع غاز الأوزون في فصل الخريف:

جدول رقم (١٠) المعدل الشهري ومتوسط غاز الأوزون ميكروجرام/م^٣ في فصل الخريف بمدينة مكة المكرمة

الشهر	الحرم	العزيرية	المسفة
سبتمبر	٢١,٥	٢٥,٣	٢٧,٨
أكتوبر	٢١,١	٢٤,٦	٢٥,٣
نوفمبر	٢١,٢	٢٣,٩	٢٤,١
المتوسط	٢١,٢٧	٢٤,٦	٢٥,٧٤

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (١٠)

شكل (٣٠) متوسط توزيع غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة في فصل الخريف

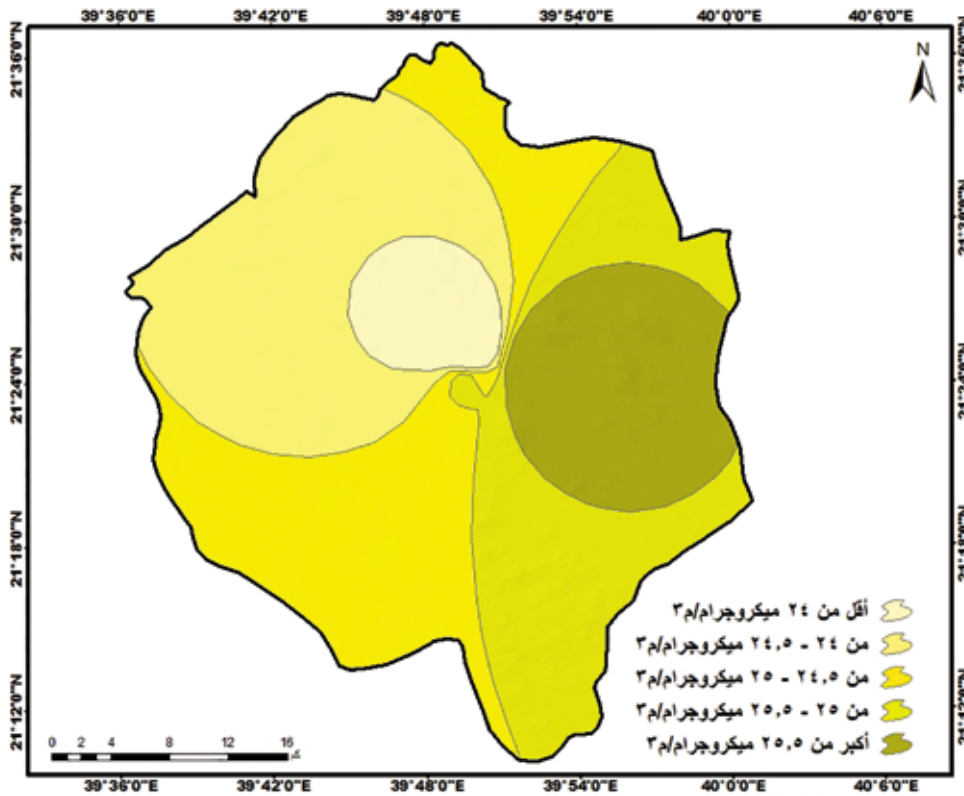
٢٥,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٨١,٦ كم^٢، بنسبة ٢١,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٥,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٠٨,١ كم^٢، بنسبة ١٦٪ من إجمالي مساحة المدينة.

وشهر أكتوبر فإن جميع القيم التي رصدت في المحطات الثلاث كانت ضمن حدود المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً. وفي شكل (٣١) بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٢,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٥,٩ كم^٢، بنسبة ١,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٢,٥ - ٢٣ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١,١ كم^٢، بنسبة ٢,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة

وجميع القيم التي رصدت لشهر سبتمبر في جميع المحطات كانت ضمن حدود المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً. وباستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف قنات درجات الحرارة شكل (٣٠) فقد بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧٧,٦ كم^٢، بنسبة ٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٤ - ٢٤,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٦٧,٢ كم^٢، بنسبة ٢٨,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح غاز الأوزون بين ٢٤,٥ - ٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣٦٦,٢ كم^٢، بنسبة ٢٨,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح غاز الأوزون بين ٢٥ -

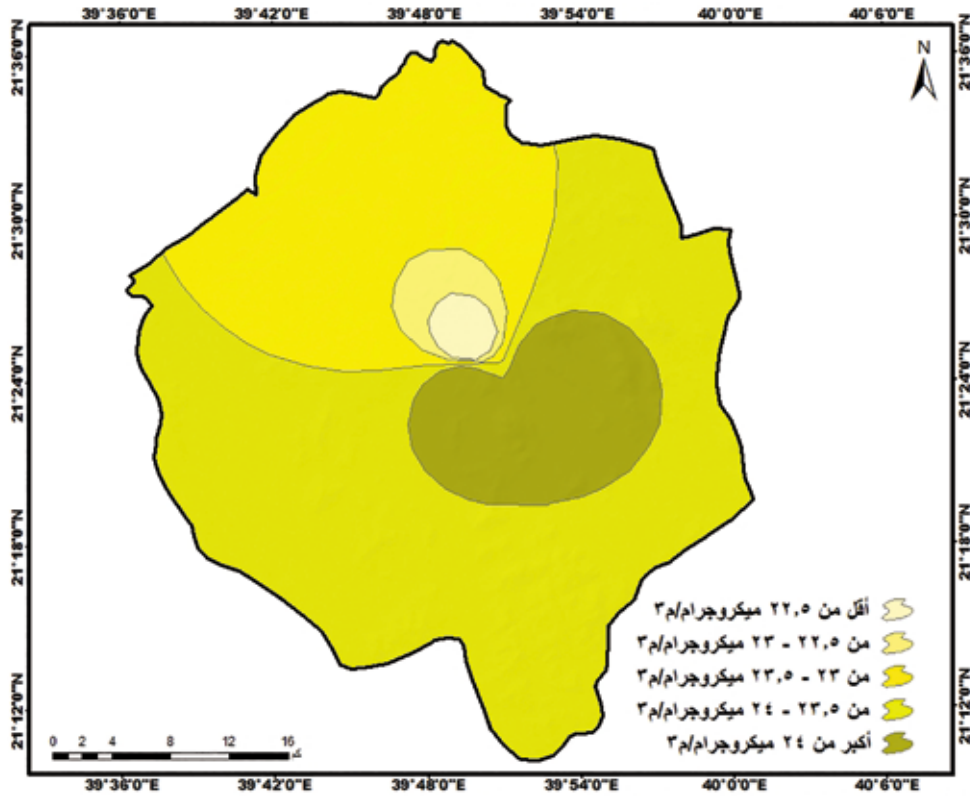
٢م نحو ٢٠,٤٣ كم^٢، بنسبة ١,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٢,٢ - ٢٢,٦ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٣ كم^٢، بنسبة ٢,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٢,٦ - ٢٢,٩ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٨٥,٢ كم^٢، بنسبة ٢١,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٢,٩ - ٢٣,٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٣٢,٢ كم^٢، بنسبة ٣٣,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة.

حيثما يتراوح غاز الأوزون بين ٢٣ - ٢٣,٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٤٦,٢ كم^٢، بنسبة ٢٦,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتراوح فيها غاز الأوزون بين ٢٣,٥ - ٢٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧٤٤,٢ كم^٢، بنسبة ٥٧,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي يتجاوز فيها غاز الأوزون ٢٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٦٢,٩ كم^٢، بنسبة ١٢,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة. وكذلك شهر نوفمبر فإن جميع القيم التي رصدت في جميع المحطات كانت ضمن حدود المؤشر الصحي حيث تعتبر حالة جودة الهواء جيدة جدا. وفي شكل (٣٢) بلغت مساحة المنطقة التي يقل فيها غاز الأوزون عن ٢٢,٣ ميكروجرام/م^٣



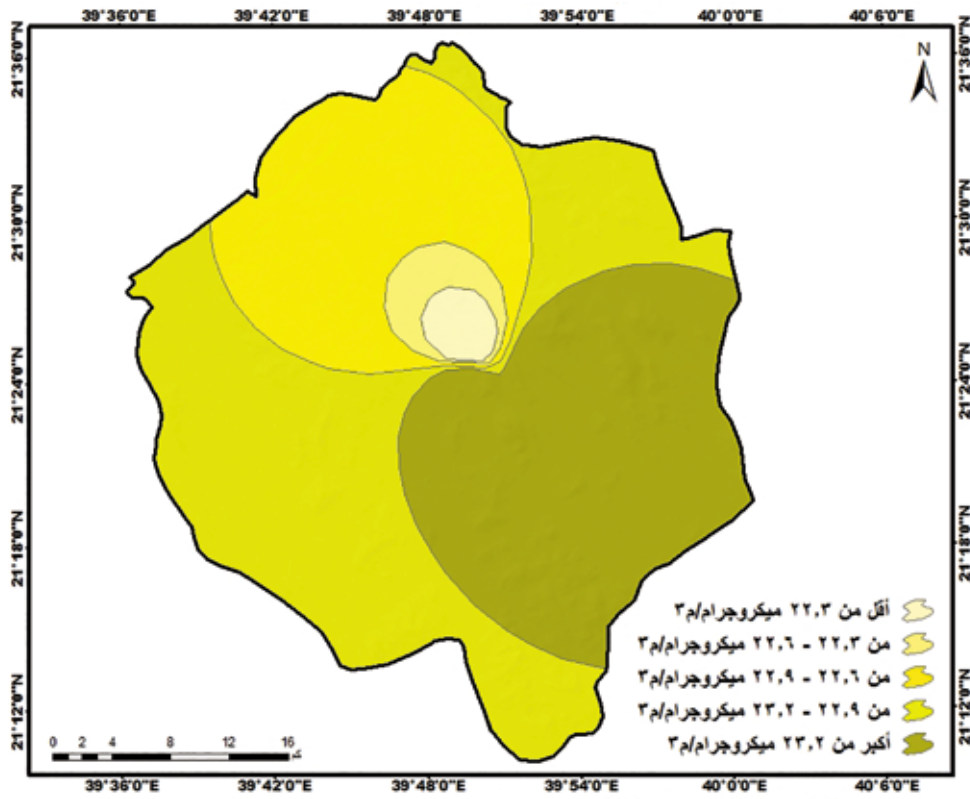
المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (١٠)

شكل (٣١) توزيع غاز الأوزون في شهر سبتمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (١٠)

شكل (٢٢) توزيع غاز الأوزون في شهر أكتوبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (١٠)

شكل (٢٣) توزيع غاز الأوزون في شهر نوفمبر بمدينة مكة المكرمة

العلاقة المكانية بين درجة الحرارة وغاز الأوزون:

لا يتأثر تركيز ملوثات الهواء في الجو بمصدر التلوث فقط، وإنما تتأثر كثيرا بعناصر الجو المختلفة والتي تلعب دورا هاما في تركيز أو تشتيت وانتقال المركبات والتفاعلات الكيميائية للملوثات الهواء في الغلاف الجوي (حبيب الله، ٢٠١٣)، فهي بالتالي علاقات معقدة متعددة الأطراف يؤثر بعضها في بعض فقد تكون هذه العلاقات والتفاعلات عاملا ايجابيا أو عاملا سلبيا لتركيز أو تشتيت هذه الملوثات والتي تنعكس بصورة مباشرة ومؤثرة على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى في منطقة الدراسة.

ولمعرفة هذه العلاقات ستلجأ الدراسة إلى معاملات احصائية لتحديد قوة العلاقة بين درجة الحرارة وغاز الأوزون، ومعرفة ما إذا كانت العلاقة طردية أم عكسية بمعنى هل درجة الحرارة تزيد أو تتسبب في زيادة غاز الأوزون وتركيزه ام تعمل على تشتيت وبعثرة هذا الغاز.

ونبدأ بتصنيف البيانات بحسب ترددات وتكرارات معينة لكل عنصر منها، مع تصنيف غاز الأوزون حسب مؤشرات جودة الهواء (حسب تصنيف الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة السعودي)، وسنطبق معاملات احصائية لتبيين العلاقات والتقاطعات بين تلك الترددات والمؤشرات، ومن ثم نطبق معامل الارتباط ومربع كاي لمعرفة قوة العلاقات المكانية بين تلك العناصر، وهل العلاقة موجبة أم سالبة ومدى قوة تلك العلاقة.

تحليل العلاقة بين درجة الحرارة وغاز الأوزون:

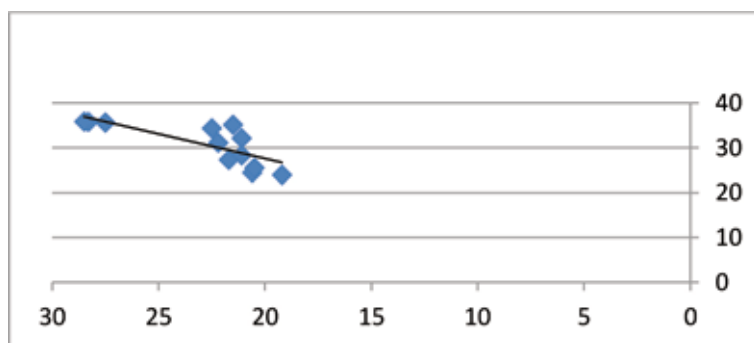
بتصنيف البيانات إلى فئات كما في الجدول (١١) تظهر العلاقات بين فئات درجات الحرارة وفئات غاز الأوزون.

ومن الجدول السابق (١١) تبين أن العلاقة بين متوسط درجة الحرارة وغاز الأوزون انحصرت في حدود المؤشر الصحي وسجلت متوسط درجة الحرارة (أقل أو تساوي ٣٥ درجة مئوية) الأكثر ترددا، وتزايد تردد غاز الأوزون مع ارتفاع درجات الحرارة. في المقابل تبين نتائج تحليل الارتباط أن العلاقة بلغ ٠,٧٦، وبمستوى معنوية ٠,٠٠٤، وبالتالي نرفض فرض العدم ونقبل الفرض البديل بأن هناك علاقة قوية بين درجة الحرارة وغاز الأوزون أي أنه كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت نسبة غاز الأوزون في الهواء. وجاءت هذه العلاقة لتأكد ما ذكرته دراسة (حبيب الله، ٢٠١٣) خلال الفترة ما بين (٧/٢٠ إلى ١٨/٨/٢٠١٢) بأن درجة الحرارة تعمل على تزايد تركيز الأوزون في الجو، وأن هناك علاقة وثيقة عند تغير درجة الحرارة مع الأوزون حين وصلت درجة قيمة الارتباط ٠,٧٤ (حبيب الله، ٢٠١٣)، ويتأكد ذلك أيضا من شكل العلاقة في الشكل التالي حيث العلاقة الخطية علاقة طردية واضحة.

جدول (١١) : علاقة درجة الحرارة مع غاز الأوزون

تردد غاز الأوزون		صحي	معتدل	غير صحي للبعث	غير صحي	ضار	خطر
تردد درجة الحرارة	أقل أو تساوي ٢٥	٩	٠	٠	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٣٠	٤٧	١	٠	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٣٥	١٠٨	١	٠	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٤٠	١٤	٠	٠	٠	٠	٠
	أكثر من ٤٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على البيانات المناخية والبيئية



شكل (٣٤) اتجاه العلاقة بين درجة الحرارة والأوزون

الخلاصة:

- ٢) الخريطة الجيولوجية لمربع مكة، هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، ١٩٨٦م.
- ٣) أطلس إدارة استثمار الأراضي، إدارة الموارد الأرضية، وزارة الزراعة والمياه، الرياض، ١٤١٥هـ.
- ٤) حبيب الله، تركي محمد، ٢٠١٣م، التحقق من تأثير الأرصاد الجوية على تلوث الهواء في مكة المكرمة، معهد خادم الحرمين الشريفين لأبحاث الحج والعمرة، جامعة أم القرى، مكة المكرمة.
- ٥) حمو، محمود محمد، مكة المكرمة تاريخ ومعالم، ٢٠١٠م، الطبعة الخامسة، مكتبة الملك فهد الوطنية.
- ٦) الدمرداش، صبري، ١٩٩٨م، تلوث الهواء المشكلة والحل مع التطبيق على البيئة الكويتية، الطبعة الأولى، الكويت، الامانة العامة لأوقاف الصندوق الوقفي للمحافظة على البيئة.
- ٧) الرحيلي، امينة بنت عطا الله عبد ربه، ٢٠٠٥م، خصائص المناخ في منطقة مكة المكرمة الادارية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ام القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا.
- ٨) آل سعود، مشاعل بنت محمد، ٢٠٠٤م، دراسة المشكلات البيئية في مدينة جدة في المملكة العربية السعودية وسبل مواجهتها، الجمعية الجغرافية السعودية، العدد ١٠: الرياض. المملكة العربية السعودية.
- ٩) السلطان، تهاني عبد العزيز إبراهيم، ٢٠٠٩م، تلوث الهواء في مدينة الجبيل في المنطقة الشرقية في المملكة العربية السعودية للفترة بين ١٩٩٨ - ٢٠٠٦م، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
- ١٠) علي، سامي بن صالح ثابت، ٢٠١٤م، خصائص درجة الحرارة في مدينة مكة المكرمة والمشاعر المقدسة "دراسة في المناخ الحضري"، رسالة ماجستير غير منشورة،

تركيز الملوثات في الهواء لا تتأثر بمصدر التلوث فقط وانما هناك عوامل خارجية قد تزيد أو تنقص من تركيز تلك الملوثات أو انتقالها وتفاعلاتها الكيميائية في الغلاف الجوي، وعلى سبيل المثال ما ورد في هذه الدراسة والتي درست تأثير درجة الحرارة في غاز الأوزون في الهواء ومن خلال التحليل والمناقشة ظهرت النتائج التالية:

١ - التباين المكاني والزمني لتوزيع درجات الحرارة في مدينة مكة المكرمة، حيث برزت أعلى معدلات درجات الحرارة خلال فصول السنة في محطة العزيزية وسط المدينة، وبرزت أدنى معدلات الحرارة في محطة الشرائع شمال شرق مدينة مكة المكرمة.

٢ - التباين المكاني والزمني لتوزيع غاز الأوزون في مدينة مكة المكرمة، حيث برزت أعلى معدل لغاز الأوزون خلال فصول الشتاء والربيع والخريف في المسفلة، وبرزت أدنى معدلات الأوزون في محطة الحرم، وبمديات مختلفة من فصل إلى آخر، وبرزت أعلى معدلات الأوزون خلال فصل الصيف في العزيزية، كما برزت أدنى معدلات الأوزون في محطة الحرم، مع أن جميع تراكيز غاز الأوزون دون المعايير المسموح بها وتعتبر حالة جودة الهواء جيدة جداً، وذات مؤشر صحي.

٣ - وجود علاقة ارتباطية طردية قوية بين درجة الحرارة وغاز الأوزون بلغت ٠,٧٦، عند مستوى دلالة ٠,٠٠٤، بمعنى أن درجة الحرارة تعمل على ارتفاع غاز الأوزون في الهواء عن ارتفاعها.

المراجع العربية:

- ١) بابكر، أحمد عبد الله، ١٩٩٠م، أسس الجغرافيا المناخية، مؤسسة دار العلوم للطباعة، الدوحة.

mega cities in China. Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 1.

3) Chan.W, Tang.H, Zhao.H: (2015), Diurnal, weekly and monthly spatial variations of air pollutants and air quality of Beijing, Atmospheric Environment, Volume 119.

4) Elminir.H.K:(2005), Dependence of urban air pollutants on meteorology, Science of The Total Environment, Volume 350, Issues 1-3.

5) Figueiredo M.L., Monteiro A., Lopes M., Ferreira J., Borrego C: (2013), Air quality assessment of Estarreja, an urban industrialized area, in a coastal region of Portugal, Volume 185, Issue 7.

6) Grigoras.G, Mocioaca. G: (2012), air quality assessment in Craiova urban area, Romanian Reports in Physics, Vol. 64, No. 3.

7) Kuklinska.k, Wolska.L, Namiesnik.J: (2015), Air quality policy in the U.S. and the EU – a review, Volume 6, Issue 1.

8) Koas.K: (2010), gis-based mapping and statistical analysis pollution and mortality in baishana, Australia, A thesis submitted to the queensland university of technology in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree master of applied science research.

9) Kumar .A, Mishra .R.K, Singh .S.K: (2015), GIS Application in Urban Traffic Air Pollution Exposure Study: A Research Review, Suan Sunandha Science and Technology Journal Vol. 2 No. 1.

جامعة ام القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا. (١١) العمر، مثنى عبد الرزاق، ٢٠٠٠م، التلوث البيئي، دار وائل للنشر، عمان-الأردن.

(١٢) الغامدي، خالد عبدالرحمن وقربة، جهاد محمد، ٢٠١٤م، مركزية مكة المكرمة في العالم الإسلامي: تحليل مكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد السادس، العدد الثاني.

(١٣) مرزا، معراج، احمد، بدر الدين يوسف محمد، ٢٠٠١م، أحوال الطقس والمناخ في الشتاء في مكة المكرمة، الجمعية الجغرافية الكويتية، العدد، ٢٥٣.

(١٤) مشاري، علي عمير، ٢٠٠٦م، مستويات تلوث الهواء الناتج عن محطات توليد الطاقة الكهربائية بمدينة الرياض، رسالة دكتوراه غير منشورة - جامعة الملك سعود، الرياض. (١٥) مصيلحي، فتحي محمد، ١٩٨٦م، تلوث الهواء بالمدينة السعودية، مجلة دراسات الخليج والجزيرة العربية، جامعة الكويت، العدد السادس والأربعون.

(١٦) نجيم، رقية حسين نجم، ١٩٩١م، البيئة الطبيعية لمكة المكرمة دراسة في الجغرافيا الطبيعية لمنطقة الحرم الشريف، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ام القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا.

(١٧) نجيم، رقية حسين نجم، ٢٠٠٠م، البيئة الطبيعية لمكة المكرمة دراسة في الجغرافيا الطبيعية لمنطقة الحرم الشريف، مؤسسة الفرقان للتراث الاسلامي، الرياض.

(١٨) وهبي، صالح، ٢٠٠١م، الإنسان والبيئة والتلوث البيئي، مكتبة الأسد، دمشق.

المراجع الاجنبية

1) Breitner S, Liu L.Q, Cyrys J, Bruske I, Franck U, Schlink U, Leitte A.M, Herbarth .O, Wiedensohler. A, Wehner .B, Hu .M, Pan .X.C, Wichmann H.E, Peters .A.(2011), Sub-micrometer particulate air pollution and cardiovascular mortality in Beijing, China, Volume 409, Issue 24, 15 November 2011.

2) Chan. C.K, Yao. X: (2008), Air pollution in

10) Pradhan. B.B, Dangol. P.M, Bhaunju, R.M, Pradhan.S: (2012), Rapid Urban Assessment of Air Quality for Kathmandu, Nepal, International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Nepal.

11) Shareef .M.M, Husain. T, Alharbi.B: (2016), Optimization of Air Quality Monitoring Network Using GIS Based Interpolation Techniques, Journal of Environmental Protection, 2016, 7, 895-911.