

تأثير سرعة الرياح في إثارة الأتربة العالقة (PM10) بمدينة
مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

**THE EFFECT OF WIND SPEED ON THE EXCITATION OF SUSPENDED
DUST (PM10) IN THE CITY OF MAKKAH AL-MUKARRAMAH,
USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS**

د.مبارك سعد آل سالم

تاريخ استلام البحث: ٤ / ٣ / ٢٠٢٠

تاريخ قبول البحث: ٢٨ / ٧ / ٢٠٢٠

تأثير سرعة الرياح في إثارة الأتربة العالقة (PM10) بمدينة مكة المكرمة بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية

THE EFFECT OF WIND SPEED ON THE EXCITATION OF SUSPENDED DUST (PM10) IN THE CITY OF MAKKAH AL-MUKARRAMAH, USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

د.مبارك سعد آل سالم

مقدمة:

تخضع حركة الرياح في مدينة مكة المكرمة لمراكز الضغوط الجوية حيث تتحرك الرياح من مراكز الضغط الجوي المرتفع نحو مناطق الضغط الجوي المنخفض. وبالتالي فإن نسب تكرار الرياح في محطة مكة المكرمة من عام ١٩٧٠ - ٢٠٠٠ تشير إلى سيادة الرياح الشمالية اذ يبلغ نسبة تكرارها السنوي ٩, ٢٠٪ من جملة اتجاهات الرياح، ثم تأتي الرياح الجنوبية بمعدل سنوي ٢, ١٢٪، ثم الرياح الجنوبية الغربية بمعدل ٧, ١١٪، وينخفض نسب هبوب الشرقيات والغربيات حيث تتراوح نسبة الشرقيات من ٢, ٠ - ٦, ١٪ في حين تتراوح نسب الغربيات من ٦, ٦ - ١٩, ٧٪ من جملة نسب هبوب الرياح، ويظهر من خلال تحليل بيانات محطات عرفات والعزيفية والشرائع والليث أنه يغلب على جنوب المنطقة سيادة الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية بينما يغلب على شمال المنطقة الرياح الجنوبية الغربية والشمالية الغربية والشرقية. (علي، ١٤٣٤، ٢٧ - ٢٨).

ويتضح من خلال تحليل اتجاه الرياح في محطة مكة المكرمة أن مجموع الرياح الشمالية إلى شمال الشمالية الشرقية، وهي في الغالب رياح باردة تهب من الشمال نحو الجنوب في النصف الشمالي للكرة الارضية، كما سادت في محطة مكة الرياح الشمالية قبل سقوط الأمطار وسجلت أعلى سرعات للرياح قبل سقوط المطر بساعة، حيث بلغت سرعة الرياح ١٣ م/ث الساعة ١٠ يوم ٣٠ / ١٢ / ٢٠١٠. (الحارثي، ١٤٣٦، ١٢٣).

منطقة الدراسة:

تعد مكة المكرمة من المدن الرئيسية بالمملكة العربية السعودية وهي تحتل المرتبة الثالثة بعد الرياض وجدة في عدد السكان الذي بلغ في تعداد ١٤٣٨ هـ الأخير ١٩٦٩٨٦١ نسمة (الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠١٨م).

وتتميز 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 وليتأكد أهمية هذه المدينة المقدسة (الغامدي، وقربة ، 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.

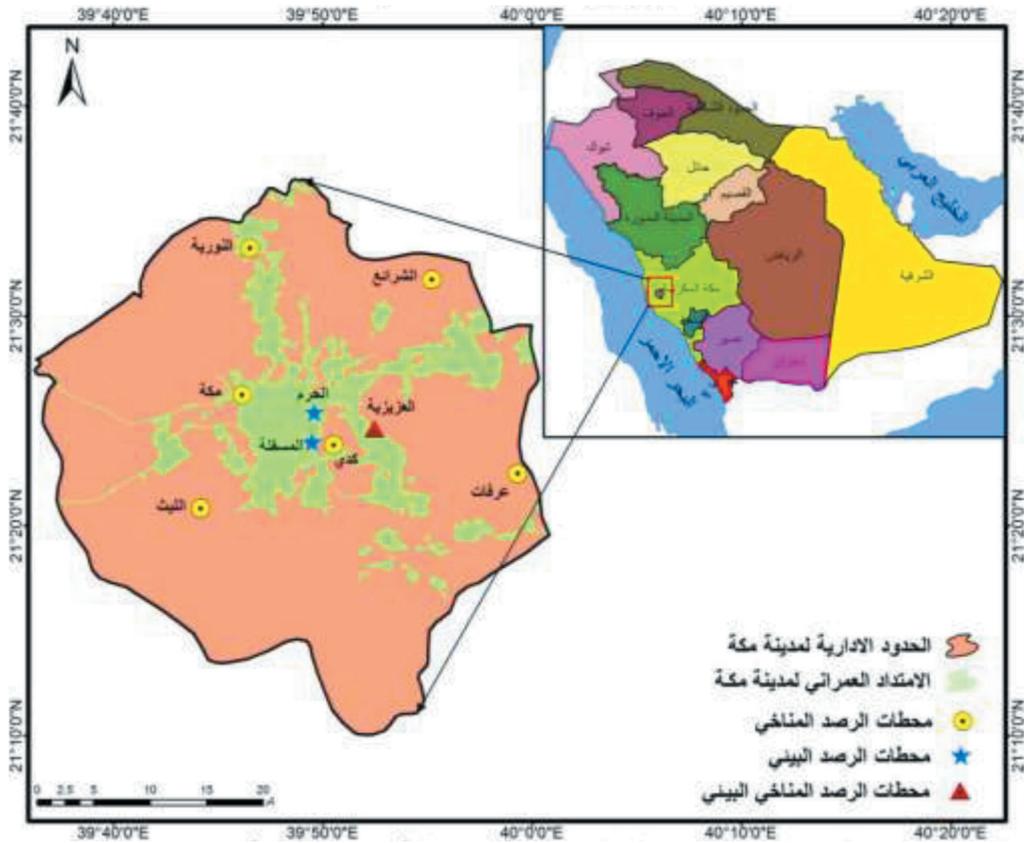
وتبلغ مساحة المدينة ١٣٠٠ كم^٢، وتضم مدينة مكة المكرمة ٦٠ حي سكني تتباين هذه الأحياء في المساحة حيث تقل مساحة هذه الأحياء في المنطقة المركزية المحيطة بالحرم وتتسع المساحة كلما اتجهنا نحو الاطراف.

أهداف الدراسة:

١- الكشف عن الخصائص المكانية والزمانية لتوزيع سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.

٢ - دراسة التوزيع المكاني والزمني للأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

٣ - دراسة علاقة وتأثير سرعة الرياح في الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة.



المصدر: من عمل الباحث بالإعتماد على الخرائط الإدارية لكل من المملكة ومدينة مكة المكرمة
شكل (١) موقع منطقة الدراسة

جدول رقم (١): محطات الرصد المناخية والبيئية

المحطة	دائرة العرض	خط الطول
أم الجود	٢١ ٢٣ ٤٦°	٣٩ ٤٢ ٤٩°
العزيزية	٢١ ٣٤ ٣٠°	٣٩ ٥٢°
عرفات	٢١ ٣٢ ٤٢°	٣٩ ٩٧ ٤٥°
الليث	٢١ ٢٠ ٥٠°	٣٩ ٤٦ ٦°
الشرايع	٢١ ٣٠°	٣٩ ٥٥ ١°
النورية	٢١ ٣٢ ٧°	٣٩ ٤٦ ٤°
زهرة كدي	٢١ ٢٢ ٤١°	٣٩ ٤٨ ٤١°
الحرم	٢١ ٢٥ ٢٨°	٣٩ ٤٩ ٥٢°
المسفلة	٢١ ٤٠°	٣٩ ٨٢°

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

البيانات المناخية والبيئية:

- ١- اعتمدت الدراسة بشكل رئيس على البيانات المناخية والبيئية من عام (٢٠١٢ - ٢٠١٨م) لدراسة التحليل المكاني للخصائص المناخية وللملوثات الجوية 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 الرصد المناخية تحديدا جغرافيا دقيقا بمنطقة الدراسة كما في جدول رقم (١) ليتسنى رفعها على الخرائط المستخدمة في الدراسة، وجاءت كالتالي:

منهجية الدراسة:

مما قد تتسبب في تندی مستوى الرؤية وما تسببه من أضرار أخرى.

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

١- توزيع وتقسيم البيانات الخاصة بسرعة الرياح حسب فصول السنة وحسب الشهور لجميع محطات الرصد.

٢- إدخال البيانات الشهرية التي 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.

٣- استخدام خوارزمية (IDW) ضمن أدوات الاستكمال (interpolation) ببرنامج (Arc map) للتنبؤ بتوزيع المتغيرات المناخية وعناصر التلوث على المستوى الشهري في المدينة.

٤- استخدام حزمة البرامج الاحصائية ومنها معامل ارتباط بيرسون والتقاطعات واتجاه العلاقات لتحديد العلاقات ومعرفة قدر واتجاه تلك العلاقة.

جدول رقم (٢): مؤشرات جودة الهواء في قانون حماية البيئة السعودي

العنصر	صحي	معتدل	غير صحي للمجموعات الحساسة	غير صحي	ضار	خطر
الأترية العالقة PM 10	٥٠ - ٠	١٠٠ - ٥١	١٥٠ - ١٠١	٢٠٠ - ١٥١	٣٠٠ - ٢٠١	٥٠٠ - ٣٠١

الدراسات السابقة:

هناك العديد من الدراسات والأبحاث النظرية والعلمية في مختلف أقطار العالم والتي أهتمت بدراسة مشكلة تلوث الهواء وخاصة تلوث الهواء بالغبار، 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 بالغبار ومنها ما يلي:

قام زغلول (١٩٦٩) بدراسة معدلات تساقط الغبار وتأثيره على البيئة في محافظة أسيوط بمصر وتم تشكيل فريق عمل متكامل كل في تخصصه لدراسة هذه الظاهرة وأسفرت نتائج الدراسة إلى أن معدل التساقط الشهري من الغبار في منطقة الدراسة يصل ذروته في شهر مارس ويزيد أيضاً مع هبوب رياح الخماسين القادمة من الصحراء الغربية في مصر المحملة بالغبار ابتداء من شهر فبراير وحتى شهر ابريل من كل عام.

وتناولت دراسة صفر (١٩٨٢) الغبار وأشكاله في دولة الكويت خلال فصل الصيف والعلاقة بين الرياح وعواصف الغبار بمختلف أشكالها والتي تحدث خلال فصل الصيف

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.

درس سالم (٢٠٠٤) العواصف الرملية والترابية في منطقة جيزان وتأثيرها على المناطق الزراعية، وبين أسباب حدوث هذه العواصف الرملية وأوقات حدوثها والجهات القادمة منها، كما بين سرعاتها التي تحدث فيها غالباً.

وتناولت حمادة (٢٠٠٥) في دراسة بعنوان تلوث الهواء في مصر بالجسيمات العالقة (الدخان والغبار) دراسة جغرافية وعن الاختلافات المكانية على مستوى المحافظات خلال الفترة ما بين ١٩٩٥ - ١٩٩٩م وكان الهدف إبراز الاختلافات والفروقات السنوية والفصلية والشهرية بين مستويات الملوثات على مستوى المحافظات.

كما أجرى مشاري (٢٠٠٦) دراسة بعنوان مستويات تلوث الهواء الناتج عن محطات توليد الطاقة الكهربائية بمدينة الرياض، حيث طبق الباحث أساليب النمذجة لقياس مستوى

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 تحليل البيانات المناخية والبيئية والخاصة بسرعة الرياح والأثرية العالقة PM10 ومن ثم تحليلها وتوزيعها مكانياً في شكل خرائط تبين الاختلاف والتباين الزمني والمكاني للرياح والغبار في منطقة الدراسة.

التوزيع المكاني والزمني لسرعة الرياح :

يرتبط التوزيع الجغرافي لاتجاه وسرعة الرياح السطحية بتوزيع درجات الحرارة ومراكز الضغط الجوي، حيث تتحرك الرياح من المناطق الأقل حرارة (مراكز الضغط المرتفع) نحو المناطق الأشد حرارة (مراكز الضغط الجوي المنخفض).

عموماً فإن اتجاهات هبوب الرياح في محطة أم الجود بمدينة مكة المكرمة هي من الشمال ٢٥٪ والجنوب الغربية ٢٢٪ والشمال الغربي ١٦٪ أما سرعات الرياح فهي منخفضة عموماً فقد كانت أعلى المعدلات نحو ٨,٢ كيلاً في الربيع، ٧,٤ كيلاً أواخر الشتاء وجميع شهور الصيف وأقلها ٥,٦ كيلاً أواخر الخريف وأوائل الشتاء، ولم تقيد الأحداث الحقيقية سرعة أقصى من ٦٦ كيل (٣٦ عقدة) في فترة الرصد المذكورة وقد جاءت من الجهات الجنوبية وتدخل في تصنيف الريح العالي أو الهوجاء المعتدلة. (مرزا، وبدر الدين يوسف، ٢٠٠١، ١٦).

تخضع حركة واتجاه وسرعة حركة الرياح في مدينة مكة المكرمة لمراكز الضغوط الجوية حيث تتحرك الرياح من مراكز الضغط الجوي المرتفع نحو مناطق الضغط الجوي المنخفض. وبالتالي فإن نسب تكرار الرياح في محطة مكة المكرمة من عام ١٩٧٠ - ٢٠٠٠ تشير إلى سيادة الرياح الشمالية إذ يبلغ نسبة تكرارها السنوي ٣٠,٩٪ من جملة اتجاهات الرياح، ثم تأتي الرياح الجنوبية بمعدل سنوي ١٢,٢٪، ثم الرياح الجنوبية الغربية بمعدل ١١,٧٪، وينخفض نسب هبوب الشريقات والغريبات حيث تتراوح نسبة الشريقات من ٠,٢ - ١,٦٪ في حين تتراوح نسب الغريبات

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.

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

وفي دراسة قامت بها بو خضر (٢٠١١) عن الرياح والعواصف الغبارية وتأثيرها على انتشار أمراض الجهاز التنفسي (الربو) في مدينة الهفوف في الفترة بين عامي ١٩٨٥ - ٢٠٠٨م أظهرت أن هناك تبايناً في حالة الجو أثناء هبوب العواصف الغبارية في الفصل الواحد وبين الفصول المختلفة، كما تبين من أن العواصف الغبارية لها تأثير في انتشار حالات الإصابة بالربو وخاصة في الشهور الحارة من السنة مقارنة بالشهور الباردة، وتبين أن عام ٢٠٠٦ من أكثر سنوات الدراسة إصابة بالربو كما تعتبر ٢٠٠٨ أقلها، وتبين من الدراسة التأثير الواضح للعواصف الغبارية على الصحة العامة بمنطقة الدراسة.

وتطرق (Xu, et al, 2014) إلى التحليل المكاني والزمني لتلوث الهواء بالجسيمات والوفيات الناتجة عن أمراض القلب في بكين وتمثلت منهجية البحث بجمع بيانات يومية عن تلوث الهواء والظروف الجوية ومعدل الوفيات الناجمة عن اضطراب نقص المناعة البشرية بين عامي ٢٠٠٨ - ٢٠٠٩ وكان متوسط تركيز PM10 تركيزاً مكانياً في ٢٨٩ نقطة بمنطقة الدراسة وكان تأثير هذه القيم على الوفيات في الصيف أكثر من بقية الفصول.

كما طبق (Shareef, et al, 2016) تقنيات الاستكمال المعتمدة على البيانات التاريخية بنظم المعلومات الجغرافية لتحسين شبكة مراقبة جودة الهواء بمدينة الرياض واستخدم معامل الارتباط للتحقق من دقة البيانات المستكملة بواسطة

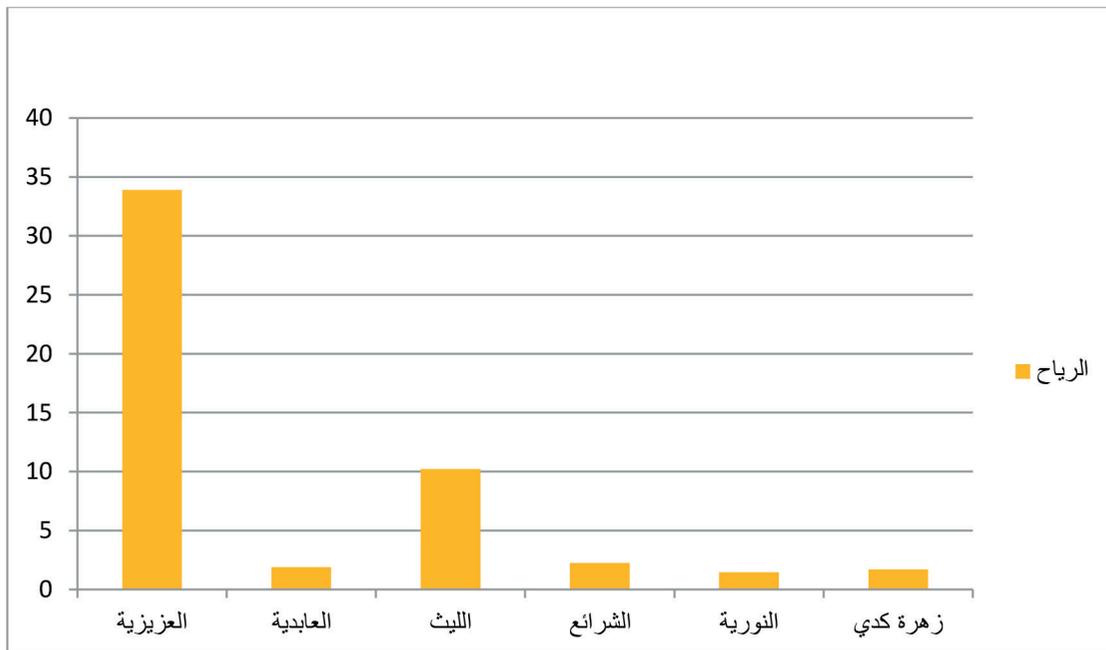
أن مجموع الرياح الشمالية إلى شمال الشمالية الشرقية، وهي في الغالب رياح باردة تهب من الشمال نحو الجنوب في النصف الشمالي للكرة الأرضية، كما سادت في محطة مكة الرياح الشمالية قبل سقوط الأمطار وسجلت أعلى سرعات للرياح قبل سقوط المطر بساعة، حيث بلغت سرعة الرياح ١٣ م/ث الساعة ١٠ يوم ٣٠ / ١٢ / ٢٠١٠. (الحارثي، ١٤٣٦، ١٢٣).

من ٦,٦ - ١٩,٧٪ من جملة نسب هبوب الرياح، ويظهر من خلال تحليل بيانات محطات عرفات والعزيرية والشرايع والليث أنه يغلب على جنوب المنطقة سيادة الرياح الجنوبية والجنوبية الغربية والغربية بينما يغلب على شمال المنطقة الرياح الجنوبية الغربية والشمالية الغربية والشرقية. (علي، ١٤٣٤، ٢٧ - ٢٨).
ويتضح من خلال تحليل اتجاه الرياح في محطة مكة المكرمة

جدول رقم (٣) المعدل الشهري ومتوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الشتاء بمدينة مكة المكرمة

الشهر	العزيرية	العابدية	الليث	الشرايع	النورية	زهرة كدي
ديسمبر	١,١٢	١,٧٥	٩,٩٨	٢,١١	١,٤٥	٢,١
يناير	٥١,٠٢	١,٩	٩,٩٧	٢,١٧	١,٣٨	١,٤٦
فبراير	٥٠,٧٣	٢,٠٥	١٠,٧٢	٢,٤٣	١,٥٨	١,٥٤
المتوسط	٣٣,٩	١,٩	١٠,٢٣	٢,٢٤	١,٤٧	١,٧

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٣)

شكل (٢) متوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الشتاء بمدينة مكة المكرمة

أ- ءوزبع سرعة الرءاب فف فصل الشءاء:

١) ءوزبع سرعة الرءاب فف شهر ءبسمبر:

بظهر الشكل الآءف رقم (٢) ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب فف مءءنة مكة المكرمة ءلال شهر ءبسمبر، ءفء ءزءاء سرعة الرءاب بصورة عامة كلما ءءهنا من المنءقة الشماءفة الشرففة نحو المنءقة الجنوبفة الغربفة ءفف ففها سهل الشمفسف الرملف، الأمر الءف بعزز من ءلوء الهواء بالمواء العالقة بفعل الغبار.

ءبفن نءاءء الجدول (٢) السابق أن مءوسط سرعة الرءاب فف مءءات مءءنة مكة المكرمة ءلال شهر ءبسمبر ٢٣ (م/ء)، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ١، ٢ (م/ء)، مما فعنف ضعف ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب بفن مءءات الرصد.

فف المءابل ءبفن نءاءء استعمال نظم المءلومات الجءرافية لءءصفف ءءاء سرعة كما فف الشكل الآءف رقم (٢) أن قفمة المءوسط الءسابف لءوزبع ءءاء سرعة الرءاب ءلال هذا الشهر فف المءءنة بلء ١، ٢٦٠ كم، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ١٨٦ كم، مما فعنف ءباىن ءوزبع مساءة سرعة الرءاب فف المءءنة.

بناء على ذلك بلءف مساءة المنءقة ءفف ءقل ففها سرعة الرءاب عن ٢ (م/ء) نحو ٤، ٢٨٦ كم، بنسبة ٢٢٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ٢ - ٤ (م/ء) نحو ٢، ٦٠٦ كم، بنسبة ٤٦، ٦٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ٤ - ٦ (م/ء) نحو ٤، ١٨٠ كم، بنسبة ١٢، ٩٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ٦ - ٨ (م/ء) نحو ٢، ١٥٤ كم، بنسبة ١١، ٩٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب ٨ (م/ء) نحو ٢، ٧٣ كم، بنسبة ٥، ٦٪ من إءمالف مساءة المءءنة.

وبوضء الشكل الآءف رقم (٤) ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب مءرءء فف المءءنة ءلال شهر ففابرف، ءفء ءزءاء سرعة الرءاب كلما ءءهنا من أطراف المءءنة نحو المنءقة المءكزفة. وبلء مءوسط ءوزبع سرعة الرءاب فف المءءات المءاءفة لمءءنة مكة المكرمة ءلال شهر ففابرف ٢، ١١ (م/ء)، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ١٨ (م/ء)، مما فعنف ضعف ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب بفن المءءات المءاءفة فف المءءنة.

فف المءابل ءظهر نءاءء استعمال نظم المءلومات الجءرافية لءوزبع ءءاء سرعة الرءاب كما فف الشكل الآءف رقم (٤) أن قفمة المءوسط الءسابف لءوزبع مساءة ءءاء سرعة الرءاب فف المءءنة بلء ٢٦٠ كم، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ١، ٢٧٤ كم، مما فعنف ضعف ءباىن ءوزبع مساءة سرعة الرءاب ءول مءوسطها الءسابف فف المءءنة.

بلءف مساءة المنءقة ءفف ءقل ففها سرعة الرءاب عن ٧ (م/ء) نحو ٢، ٢٢١ كم، بنسبة ١٧، ٨٪ من إءمالف مساءة المءءنة، كما بلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء ففها سرعة الرءاب بفن ٧ - ١٤ (م/ء) نحو ٢، ٧٨٧ كم، بنسبة ٦٠، ٥٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ١٤ - ٢١ (م/ء) نحو ٧، ١٩١ كم، بنسبة ١٤، ٧٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ٢١ - ٢٨ (م/ء) نحو ٢، ٤٥ كم، بنسبة ٣، ٥٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء سرعة الرءاب بفن ٢٨ (م/ء) نحو ٢، ٤٥ كم، بنسبة ٣، ٥٪ من إءمالف مساءة المءءنة.

بظهر الشكل الآءف رقم (٥) ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب فف المءءنة ءلال شهر ففابرف، ءفء ءءءء سرعة الرءاب كلما ءءهنا من أطراف المءءنة نحو المنءقة المءكزفة الأمر الءف بقل من اءءمالف وءوء العوائق ءءرابفة فف الغلاف الجوف ءلال هذا الشهر، بسبب انءءفاض سرعة الرءاب بمءاطق انءشار الكءبان الرملفة.

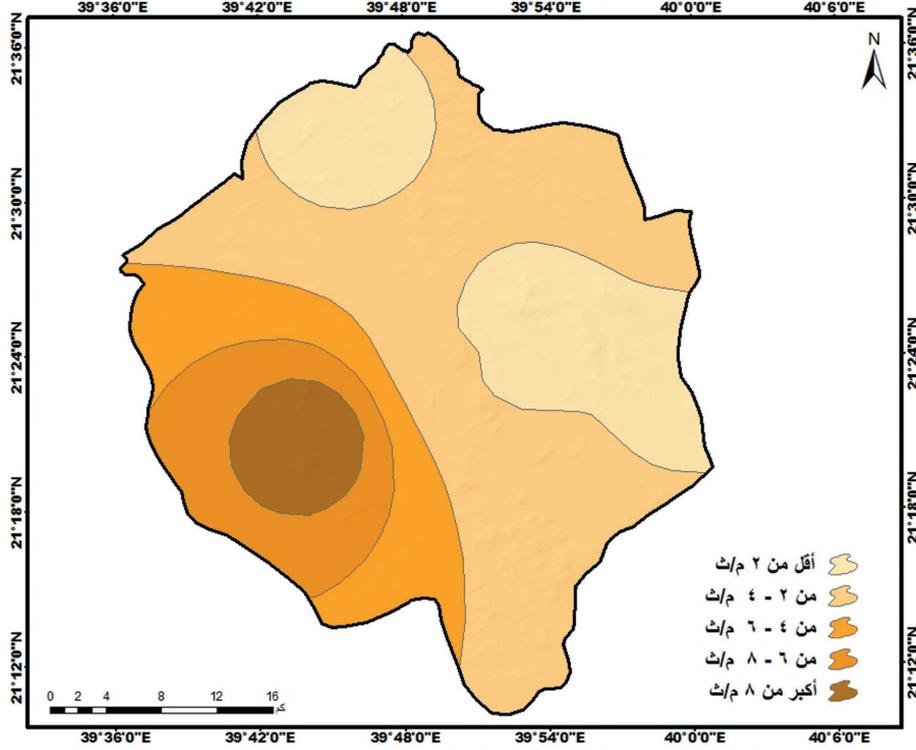
ءبفن نءاءء الجدول (٢) السابق أن مءوسط سرعة الرءاب فف المءءنة ءلال شهر ففابرف ٥، ١١ (م/ء)، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ٨، ١٧ (م/ء)، مما فعنف ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب بفن المءءات المءاءفة فف المءءنة.

وءؤء نءاءء استعمال نظم المءلومات الجءرافية لءءصفف ءءاء سرعة الرءاب فف شهر ففابرف كما بوضء الشكل الآءف رقم (٦٢) أن قفمة المءوسط الءسابف لءوزبع مساءة ءءاء سرعة الرءاب فف المءءنة بلء ٢٦٠ كم، وبلءف قفمة الانءراف المعفارف ٩، ٢٠٨ كم، مما فعنف ءباىن ءوزبع سرعة الرءاب فف المءءنة.

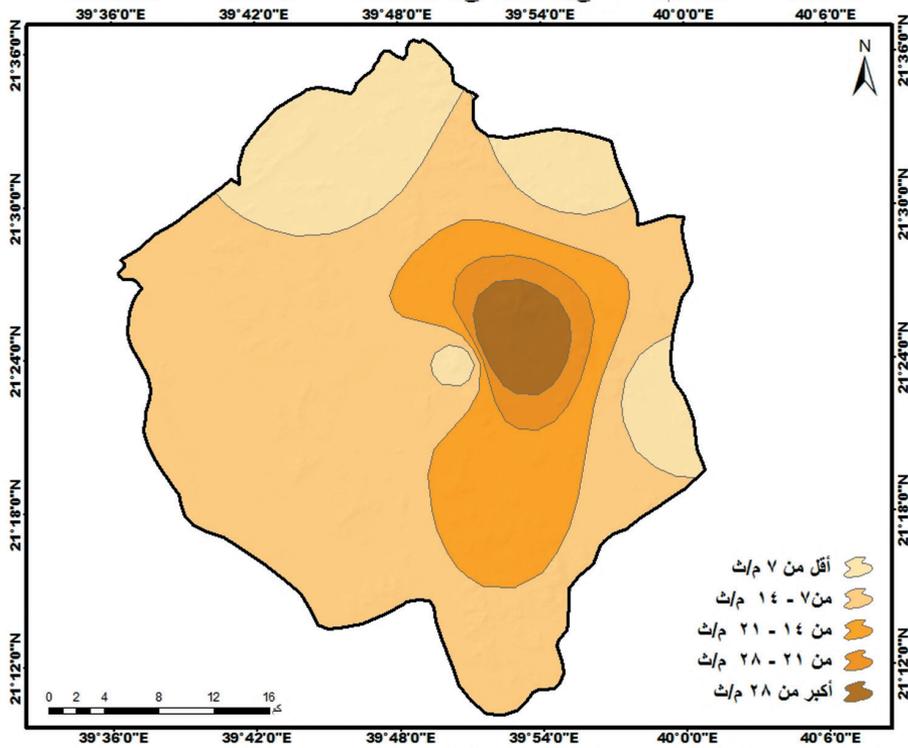
وبذلك بلءف مساءة المنءقة ءفف ءقل ففها سرعة الرءاب عن ٨ (م/ء) نحو ٤، ٢٧١ كم، بنسبة ٢٠، ٩٪ من إءمالف مساءة المءءنة، وبلءف مساءة المنءقة ءفف ءءراوء ففها

المنطقة حيثما تتراوح سرعة الرياح بين ٢٤ - ٢٢ (م/ث) نحو ٣٦,٦ كم ٢، بنسبة ٢,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٣٢ (م/ث) ٢٠ كم ٢، بنسبة ٢,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة.

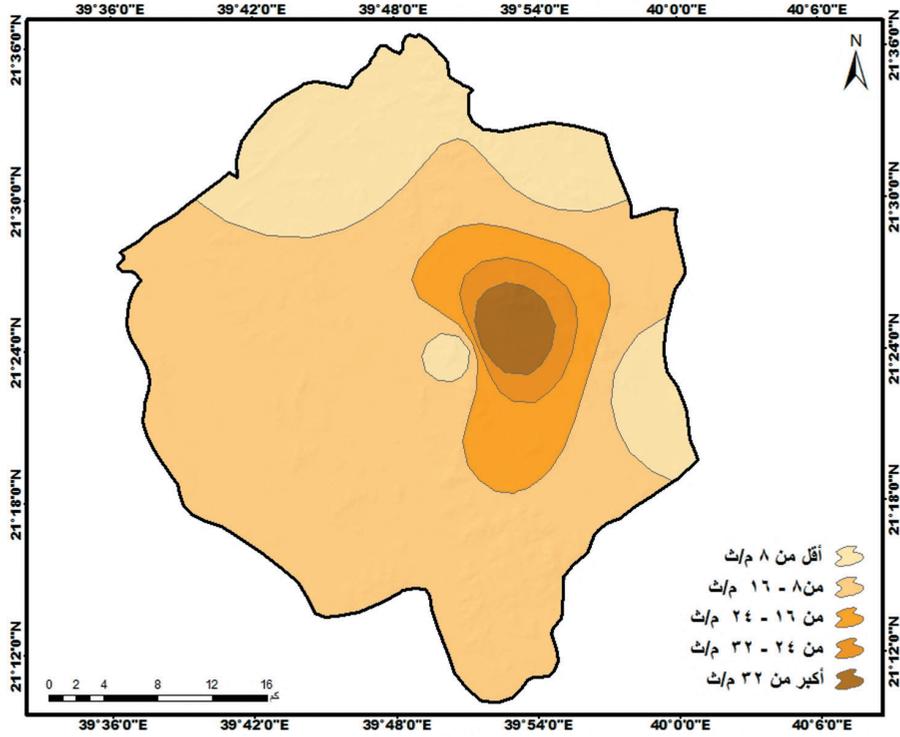
سرعة الرياح بين ٨ - ١٦ (م/ث) نحو ٨٥٣ كم ٢، بنسبة ٦٥,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ١٦ - ٢٤ (م/ث) نحو ١٠٩,٦ كم ٢، بنسبة ٨,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة



شكل رقم (٣) توزيع سرعة الرياح في شهر ديسمبر بمدينة مكة المكرمة



شكل رقم (٤) توزيع سرعة الرياح في شهر يناير بمدينة مكة المكرمة



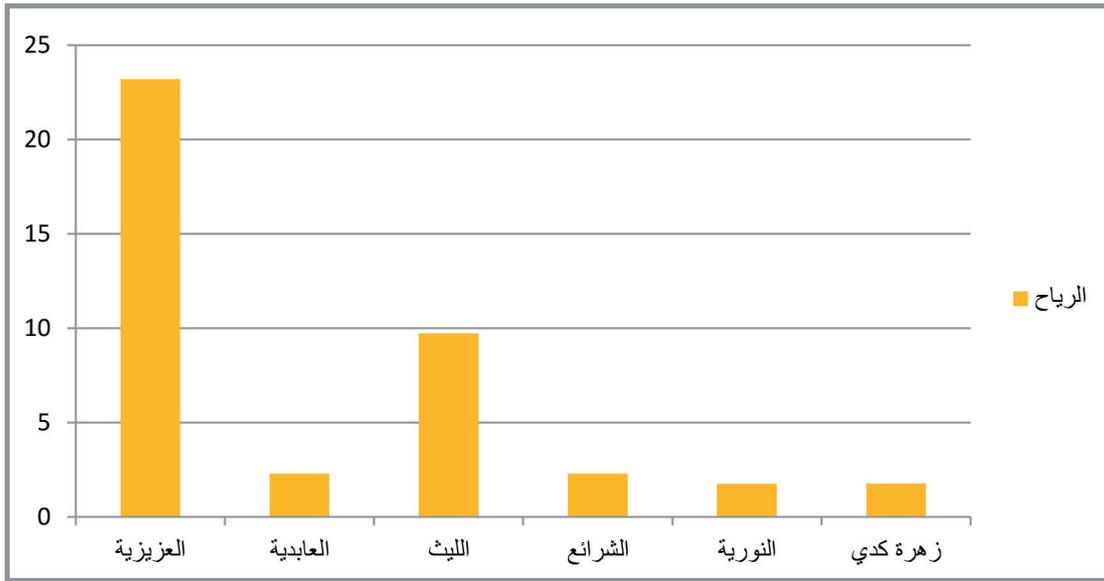
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٢)
شكل رقم (٥) توزيع سرعة الرياح في شهر فبراير بمدينة مكة المكرمة

ب- توزيع سرعة الرياح في فصل الربيع:

جدول رقم (٤) المعدل الشهري ومتوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

الشهر	العزبية	العابدية	الليث	الشرائع	النورية	زهرة كدي
مارس	٥٠,٧٣	٢,٢٨	٨,٩٩	٢,٥٧	١,٥٩	١,٧
إبريل	١٧,٣٩	٢,٢٥	٩,٦٦	٢,٠٨	١,٧٨	١,٦٨
مايو	١,٤٨	٢,٣٢	١٠,٥٣	٢,٢١	١,٨٨	١,٩٢
المتوسط	٢٣,٢	٢,٢٩	٩,٧٣	٢,٢٩	١,٧٥	١,٧٧

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول رقم (٤)

شكل (٦) متوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

بنسبة ١٤,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث سرعة الرياح تتراوح بين ٢٤ - ٣٢ (م/ث) نحو ٤٥,٧ كم^٢، بنسبة ٣,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٣٢ (م/ث) ٤٤,٩ كم^٢، بنسبة ٣,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة. يبين الشكل الآتي رقم (٨) تباين توزيع سرعة الرياح في المدينة خلال شهر إبريل، حيث تشتد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية والشرقية والجنوبية نحو المنطقة الوسطى والجنوبية الغربية التي تتصف بانتشار الإرسابات الرملية. وتبين نتائج حساب متوسط سرعة الرياح من بيانات الجدول (٤) السابق أن متوسط سرعة الرياح في المدينة خلال شهر أبريل ٥,٨ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٥,٩ (م/ث)، مما يعني ضعف تباين توزيع سرعة الرياح بين المحطات المناخية في المدينة.

وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات سرعة الرياح في شهر أبريل كما يوضح الشكل الآتي رقم (٨) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٤٧,٥ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع مساحة سرعة الرياح حول المتوسط في المدينة.

وبالتالي بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٤ (م/ث) نحو ٢٥٠ كم^٢، بنسبة ١٩,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها

(١) توزيع سرعة الرياح في شهر مارس:

يظهر الشكل الآتي رقم (٧) تباين توزيع سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة خلال شهر مارس، حيث تزداد سرعة الرياح بصورة عامة كلما اتجهنا من اطراف المدينة نحو المنطقة الوسطى التي تتصف بسيادة الغطاء العمراني. وتبين نتائج حساب متوسط سرعة الرياح للمحطات المناخية من الجدول (٤) السابق أن متوسط سرعة الرياح في محطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر مارس ١١,٣ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٧,٨ (م/ث)، مما يعني تباين توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في محطات الرصد.

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات سرعة الرياح كما يوضح الشكل الآتي رقم (٧) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح خلال هذا الشهر في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٢٨,٣ كم^٢، مما يعني تباين توزيع سرعة الرياح في المدينة.

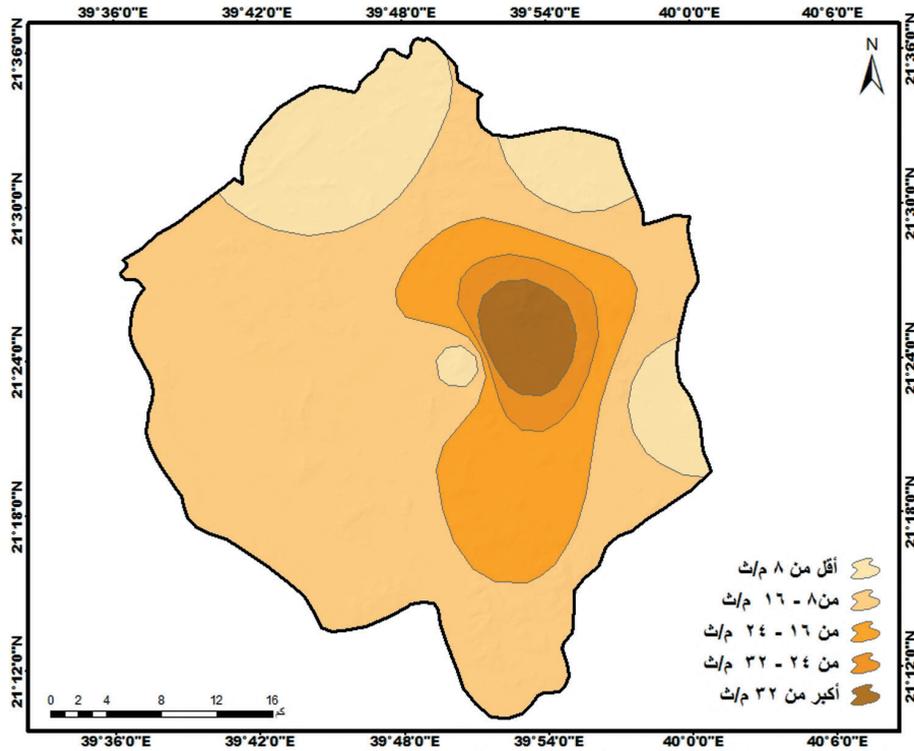
وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٨ (م/ث) نحو ٢٢٢ كم^٢، بنسبة ١٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة رياحها بين ٨ - ١٦ (م/ث) نحو ٨٠١,٩ كم^٢، بنسبة ٦١,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ١٦ - ٢٤ (م/ث) نحو ١٨٦ كم^٢،

في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات سرعة الرياح كما في الشكل الاتي رقم (٩) ان قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢١٧ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في المدينة.

بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٢ (م/ث) نحو ٦٦٥,٥ كم^٢، بنسبة ٥١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها سرعة الرياح بين ٢ - ٥ (م/ث) نحو ٣٠٠,٦ كم^٢، بنسبة ٢٣,١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة الرياح بين ٥ - ٧ (م/ث) نحو ١٥٦,٩ كم^٢، بنسبة ١٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة الرياح بين ٧ - ٩ (م/ث) نحو ١٣٢,٨ كم^٢، بنسبة ١٠,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٩ (م/ث) نحو ٤٧,٧ كم^٢، بنسبة ٣,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة.

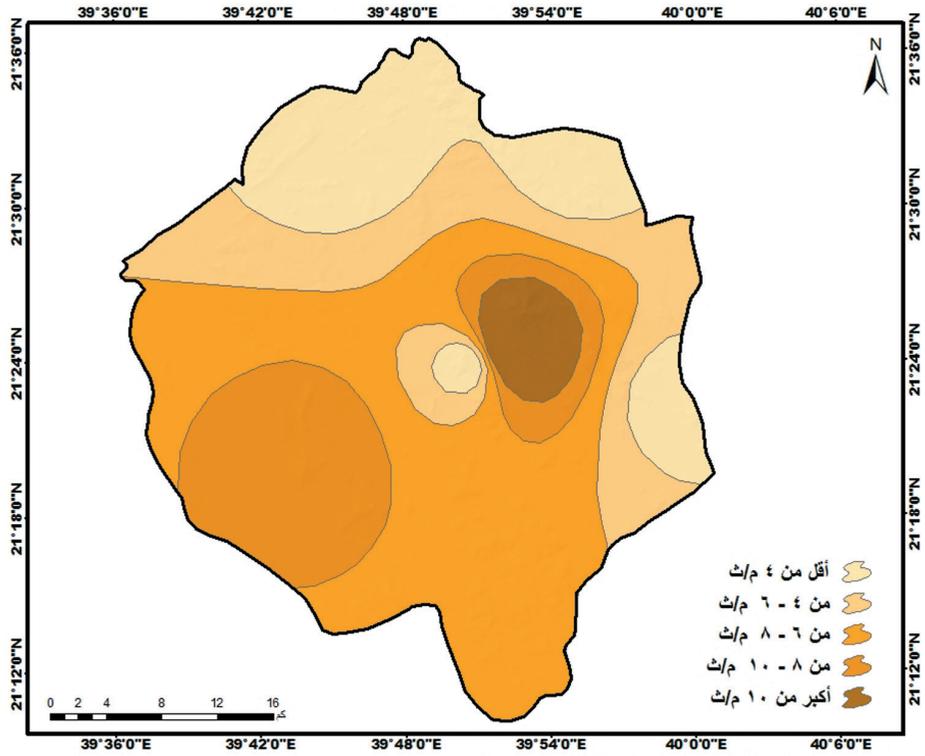
سرعة الرياح بين ٤ - ٦ (م/ث) نحو ٢٥٧,٥ كم^٢، بنسبة ١٩,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة الرياح بين ٦ - ٨ (م/ث) نحو ٥١٢ كم^٢، بنسبة ٣٩,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة الرياح بين ٨ - ١٠ (م/ث) نحو ٢٣١,٥ كم^٢، بنسبة ١٧,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ١٠ (م/ث) نحو ٤٩,٥ كم^٢، بنسبة ٣,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة.

ويظهر الشكل الاتي رقم (٩) تباين توزيع سرعة الرياح (م/ث) في المدينة خلال شهر مايو، حيث تزداد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية للمدينة نحو المنطقة الجنوبية والغربية حيث تنتشر الكثبان الرملية. كما تبين نتائج حساب متوسط توزيع سرعة الرياح للمحطات المناخية في المدينة من الجدول السابق رقم (٤) خلال شهر مايو أن المتوسط ٣,٤ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣,٢ (م)، مما يعني ضعف تركيز توزيع سرعة الرياح حول المتوسط الحسابي في المدينة.



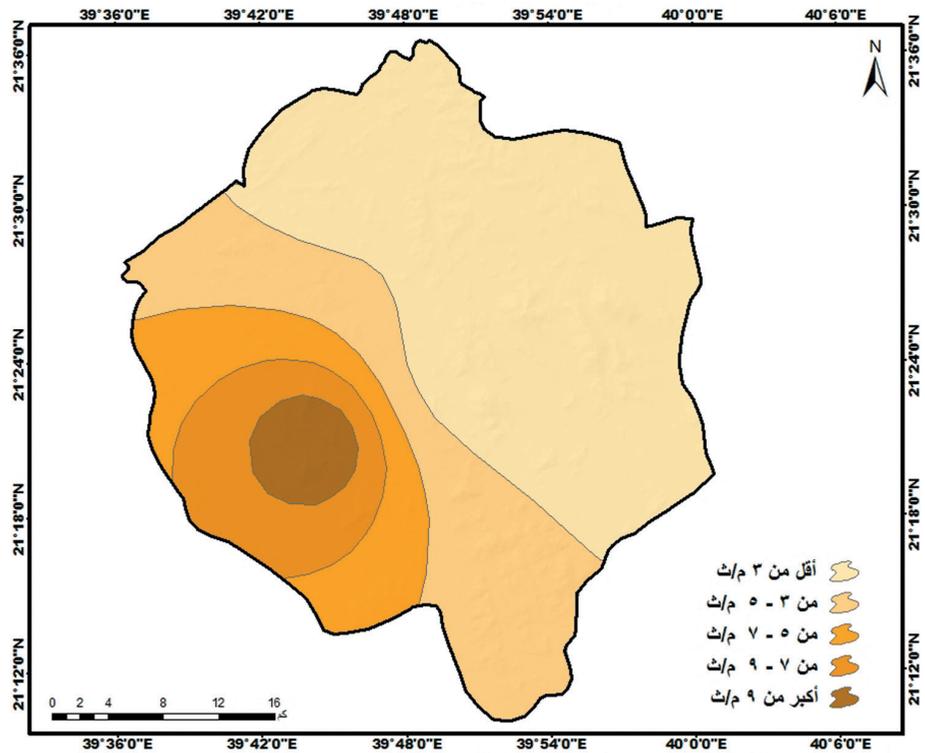
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٤)

شكل رقم (٧) توزيع سرعة الرياح في شهر مارس بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٤)

شكل رقم (٨) توزيع سرعة الرياح في شهر ابريل بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٤)

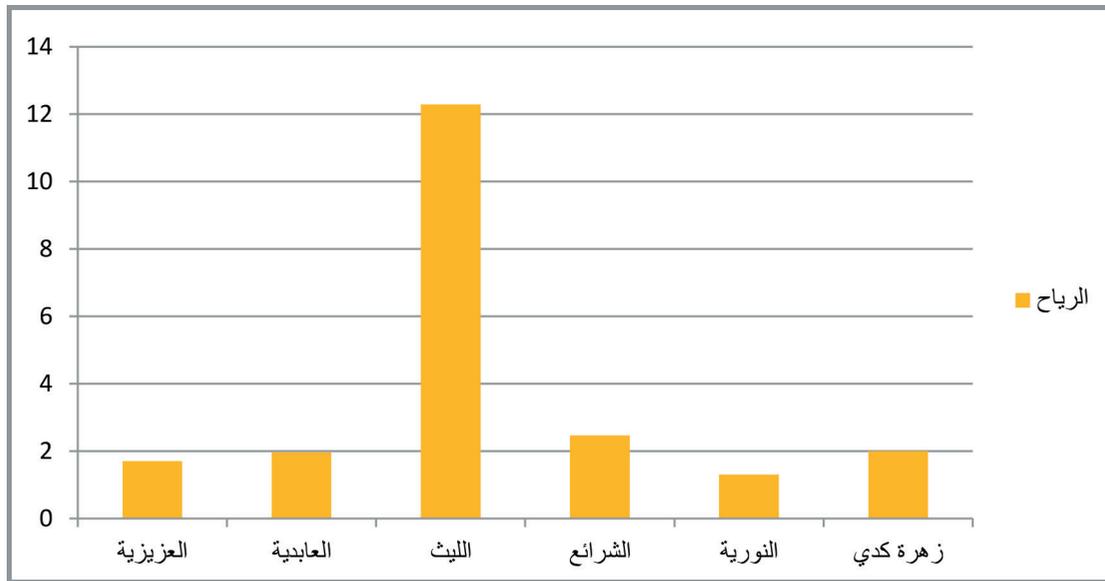
شكل رقم (٩) توزيع سرعة الرياح في شهر مايو بمدينة مكة المكرمة

ج- توزيع سرعة الرياح في فصل الصيف:

جدول رقم (٥) المعدل الشهري ومتوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الصيف بمدينة مكة المكرمة

الشهر	العزيفية	العابدية	الليث	الشرائع	النورية	زهرة كدي
يونيو	١,٧٥	٢,٦٨	١١,٦٥	٢,٥٥	٢,٠٧	٢,٤٦
يوليو	١,٦٣	١,٠٥	١١,١	٢,٣٦	١,١٤	١,٦٩
أغسطس	١,٧	٢,١٣	١٤,١١	٢,٥	٠,٦٨	١,٨٥
المتوسط	١,٧	١,٩٦	١٢,٢٩	٢,٤٧	١,٣	٢

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول رقم (٥)

شكل (١٠) متوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الصيف بمدينة مكة المكرمة

لتصنيف فئات سرعة كما في الشكل الاتي رقم (١١) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح خلال هذا الشهر في المدينة بلغ ١, ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٢٧ كم^٢، مما يعني تباين توزيع سرعة الرياح في المدينة.

وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٣ (م/ث) نحو ٢, ٦٩٥ كم^٢، بنسبة ٥٣,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٣ - ٥ (م/ث) نحو ٢, ٢٦٥ كم^٢، بنسبة ٤٠,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٥ - ٧ (م/ث) نحو ١٤٤ كم^٢، بنسبة ١١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث سرعة الرياح تتراوح بين ٧ - ٩ (م/ث) نحو ١٣٠, ٦ كم^٢، بنسبة ١٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت

١) توزيع سرعة الرياح في شهر يونيو:

يظهر الشكل الآتي رقم (١١) تباين توزيع سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة خلال شهر يونيو، حيث تزداد سرعة الرياح بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية للمدينة نحو المنطقة الجنوبية الغربية التي يقع فيها سهل الشميسي والتي تتصف بانتشار الرواسب والكثبان الرملية، الامر الذي يعزز من تلوث الهواء بالمواد العالقة بفعل الغبار.

وتبين نتائج الجدول (٥) السابق أن متوسط سرعة الرياح في محطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر يونيو ٢, ٨٦ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢, ٥ (م/ث)، مما يعني تباين توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في محطات الرصد.

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية

فئات سرعة الرياح في شهر أغسطس كما يوضح الشكل الاتي رقم (١٣) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٠٥,٣ كم^٢، مما يعني ضعف تركيز توزيع سرعة الرياح في المدينة.

وبالتالي بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٣ (م/ث) نحو ٦٢٨,٢ كم^٢، بنسبة ٤٨,٣% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها سرعة الرياح بين ٣ - ٦ (م/ث) نحو ٣٢٧,٢ كم^٢، بنسبة ٢٥,٢% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٦ - ٩ (م/ث) نحو ١٦٢,٤ كم^٢، بنسبة ١٢,٥% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٩ - ١٢ (م/ث) نحو ١٣٧,٢ كم^٢، بنسبة ١٠,٦% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ١٢ (م/ث) ٤٥,٥ كم^٢، بنسبة ٣,٥% من إجمالي مساحة المدينة.

مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٩ (م/ث) ٦٥,٣ كم^٢، بنسبة ٥% من إجمالي مساحة المدينة.

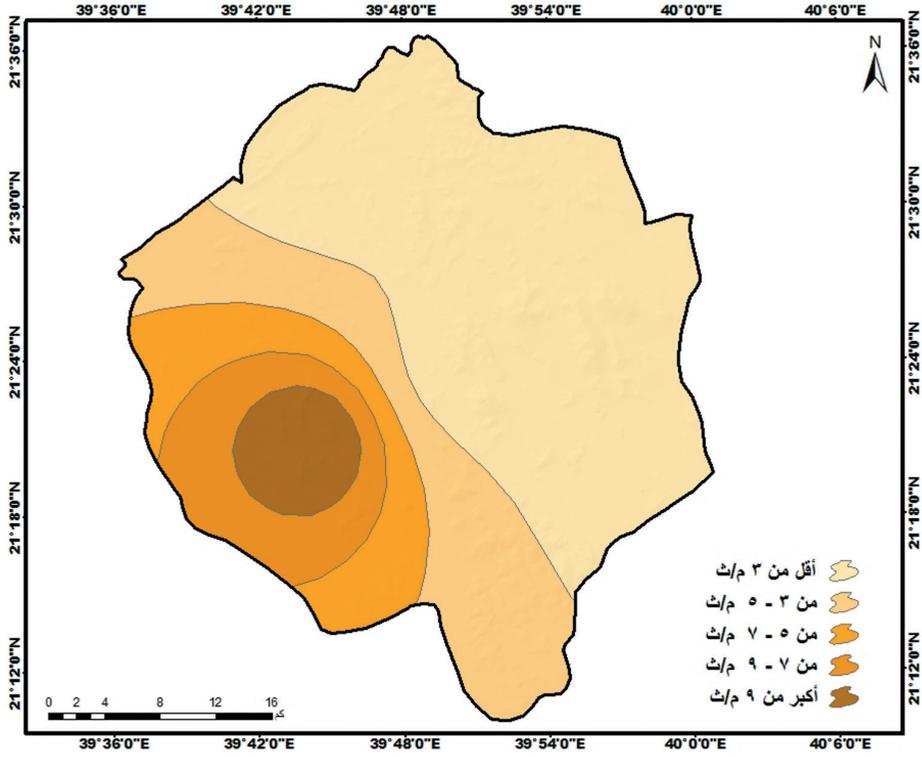
ويظهر الشكل الآتي رقم (١٢) تباين توزيع سرعة الرياح متر/ث في المدينة خلال شهر يوليو، حيث تزداد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية للمدينة نحو المنطقة الجنوبية والغربية حيث تنتشر الكثبان الرملية. كما تبين نتائج الجدول (٥) السابق أن متوسط درجات الحرارة في المدينة خلال شهر يوليو ٣,٢ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣,٥٥ (م)، مما يعني ضعف تباين توزيع سرعة الرياح حول المتوسط الحسابي في المدينة.

في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات سرعة الرياح كما في الشكل الاتي رقم (١٢) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٩٠,٩ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في المدينة.

بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٢,٥ (م/ث) نحو ٦١٢,٨ كم^٢، بنسبة ٤٧,١% من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها سرعة الرياح بين ٢,٥ - ٤,٥ (م/ث) نحو ٣٠٨,٢ كم^٢، بنسبة ٢٣,٧% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٤,٥ - ٦,٥ (م/ث) نحو ١٤٩,٤ كم^٢، بنسبة ١١,٥% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة أينما تتراوح سرعة الرياح بين ٦,٥ - ٨,٥ (م/ث) نحو ١٤٠,٢ كم^٢، بنسبة ١٠,٨% من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٨,٥ (م/ث) ٩٠,٢ كم^٢، بنسبة ٦,٩% من إجمالي مساحة المدينة.

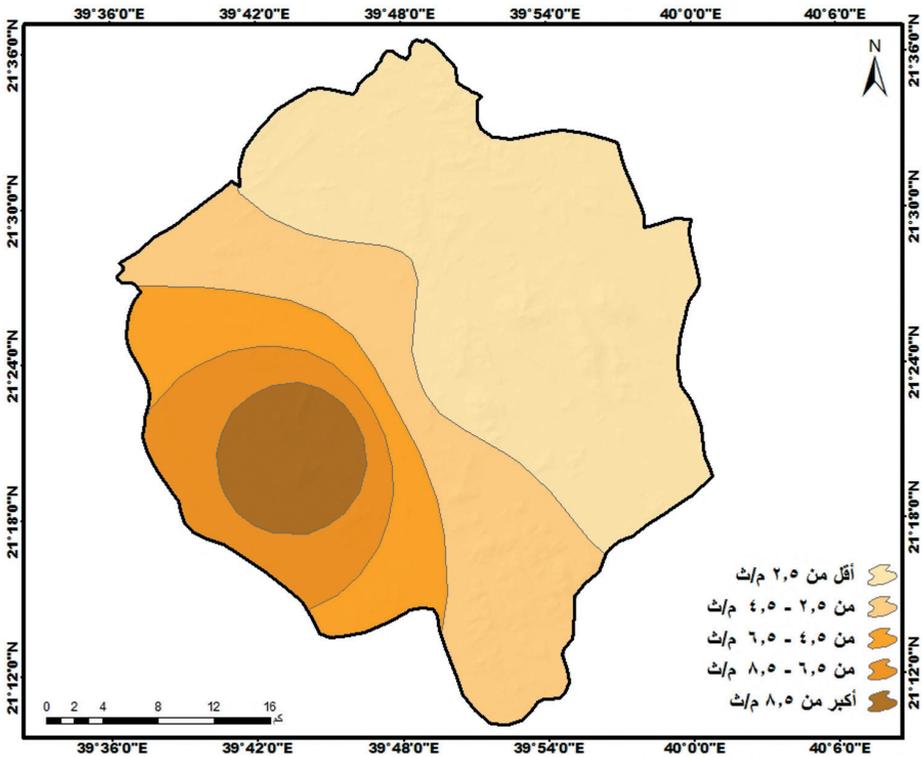
ويبين الشكل الآتي رقم (١٣) تباين توزيع سرعة الرياح في المدينة خلال شهر أغسطس، حيث تشتت سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية نحو المنطقة الجنوبية الغربية.

وتبين نتائج الجدول (٥) السابق أن متوسط سرعة الرياح في المدينة خلال شهر أغسطس ٣,٨ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٤,٦ (م/ث)، مما يعني ضعف تباين توزيع سرعة الرياح بين المحطات المناخية في المدينة. وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف



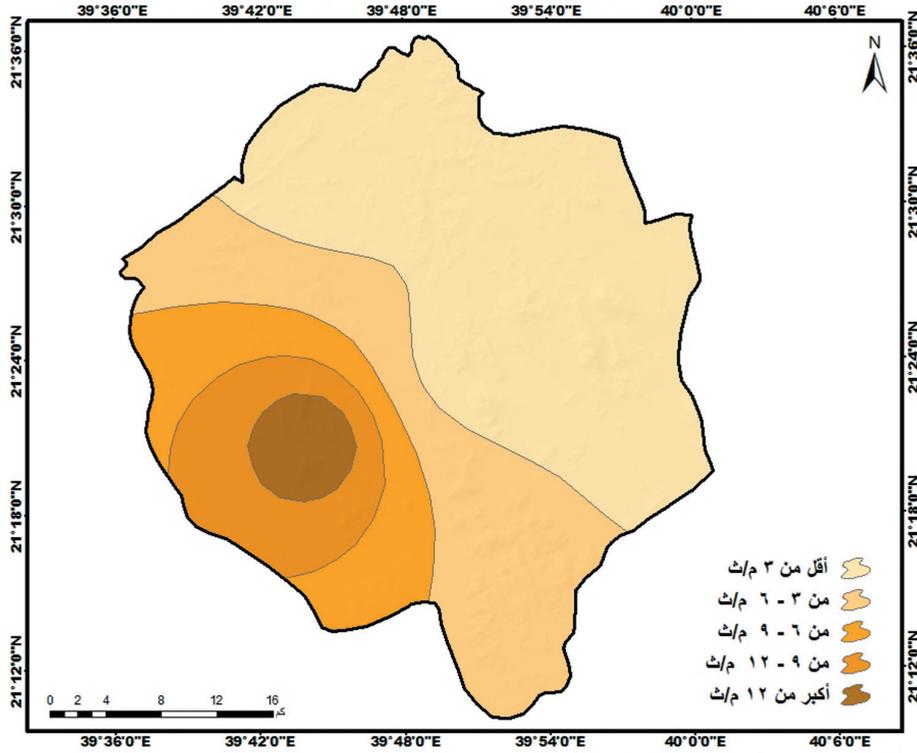
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٥)

شكل رقم (١١) توزيع سرعة الرياح في شهر يونيو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٥)

شكل رقم (١٢) توزيع سرعة الرياح في شهر يوليو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٥)

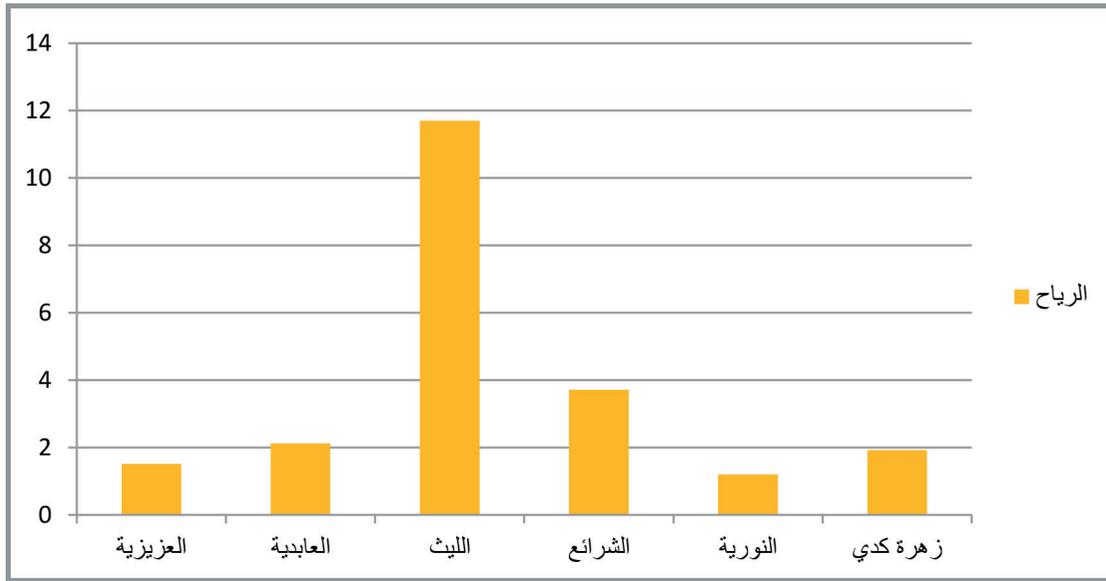
شكل رقم (١٣) توزيع سرعة الرياح في شهر اغسطس بمدينة مكة المكرمة

ج- توزيع سرعة الرياح في فصل الخريف:

جدول رقم (٦) المعدل الشهري ومتوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الخريف بمدينة مكة المكرمة

الشهر	العزيفية	العابدية	الليث	الشرائع	النورية	زهرة كدي
سبتمبر	١,٦٣	٢,٥٧	١٠,٨	٧,١٦	٠,٤٣	٢,١
أكتوبر	١,١٨	١,٩٤	١٢,٦٦	٢,٠٤	١,٧٣	١,٨٣
نوفمبر	١,٤٢	١,٨٤	١١,٥٧	١,٩٢	١,٤٣	١,٨٤
المتوسط	١,٥١	٢,١٢	١١,٧	٣,٧١	١,٢	١,٩٢

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الأرصاد



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول رقم (٥)

شكل (١٤) متوسط سرعة الرياح (م/ث) في فصل الربيع بمدينة مكة المكرمة

حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٤ - ٦ (م/ث) نحو ٢٠٨ كم^٢، بنسبة ٢٣,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث سرعة الرياح تتراوح بين ٦ - ٨ (م/ث) نحو ١٩٤,٦ كم^٢، بنسبة ١٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٨ (م/ث) ١٢١,٨ كم^٢، بنسبة ٩,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

ويظهر الشكل الآتي رقم (١٦) تباين توزيع سرعة الرياح متر/ث في المدينة خلال شهر أكتوبر، حيث تزداد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية للمدينة نحو المنطقة الجنوبية الغربية حيث تنتشر الإرسابات الرملية. كما تبين نتائج الجدول (٥) السابق أن متوسط درجات الحرارة في المدينة خلال شهر أكتوبر ٣,٥٦ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٤ (م)، مما يعني ضعف تباين توزيع سرعة الرياح حول المتوسط الحسابي في المدينة.

في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات سرعة الرياح كما في الشكل الآتي رقم (١٦) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٠١,٩ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في المدينة.

بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٢ (م/ث) نحو ٦٤٨,٨ كم^٢، بنسبة ٤٩,٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، كما بلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها

(١) توزيع سرعة الرياح في شهر سبتمبر:

يظهر الشكل الآتي رقم (١٥) تباين توزيع سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة خلال شهر سبتمبر، حيث تزداد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الوسطى للمدينة نحو الجنوب الغربي والشمال الشرقي وتتصف هذه المناطق بانتشار الرواسب والكتبان الرملية، مما يعزز من تلوث الهواء بالمواد العالقة بفعل الغبار.

وتبين نتائج الجدول (٥) السابق أن متوسط سرعة الرياح في محطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر يونيو ٤,١ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣,٦٦ (م/ث)، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح حول متوسطها الحسابي في محطات الرصد.

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات سرعة الرياح كما في الشكل الآتي رقم (١٥) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح خلال هذا الشهر في المدينة بلغ ٢٦٠,١ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٦٤,٨ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح في المدينة.

وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٢ (م/ث) نحو ١١٦,٨ كم^٢، بنسبة ٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها سرعة الرياح بين ٢ - ٤ (م/ث) نحو ٥٥٩,٣ كم^٢، بنسبة ٤٣٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة

رقم (١٧) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات سرعة الرياح في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢١٦ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع سرعة الرياح في المدينة.

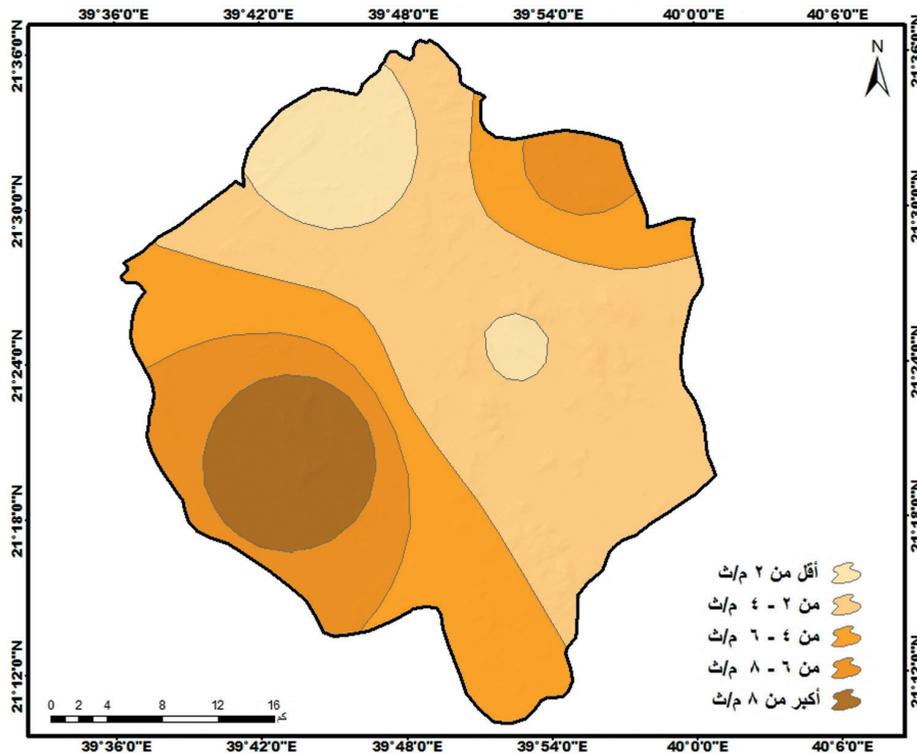
وبالتالي بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها سرعة الرياح عن ٢ (م/ث) نحو ٦٧٣ كم^٢، بنسبة ٨,٥١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها سرعة الرياح بين ٢ - ٥ (م/ث) نحو ٢٧٢ كم^٢، بنسبة ٩,٢٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٥ - ٧ (م/ث) نحو ١٣٩ كم^٢، بنسبة ١٠,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح سرعة الرياح بين ٧ - ٩ (م/ث) نحو ١٣٢ كم^٢، بنسبة ١٠,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٩ (م/ث) ١٢٦,٥ كم^٢، بنسبة ٩,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة.

سرعة الرياح بين ٢ - ٥ (م/ث) نحو ٢٦٨,٩ كم^٢، بنسبة ٧,٢٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح سرعة رياحها بين ٥ - ٧ (م/ث) نحو ١٣٢,٩ كم^٢، بنسبة ١٠,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة اينما تتراوح سرعة الرياح بين ٧ - ٩ (م/ث) نحو ١٣٢,٥ كم^٢، بنسبة ٩,٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها سرعة الرياح ٩ (م/ث) ١٢٦,٥ كم^٢، بنسبة ٩,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة.

ويوضح الشكل الآتي رقم (١٧) تباين توزيع سرعة الرياح في المدينة خلال شهر نوفمبر، حيث تشدد سرعة الرياح كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الشرقية نحو المنطقة الجنوبية الغربية.

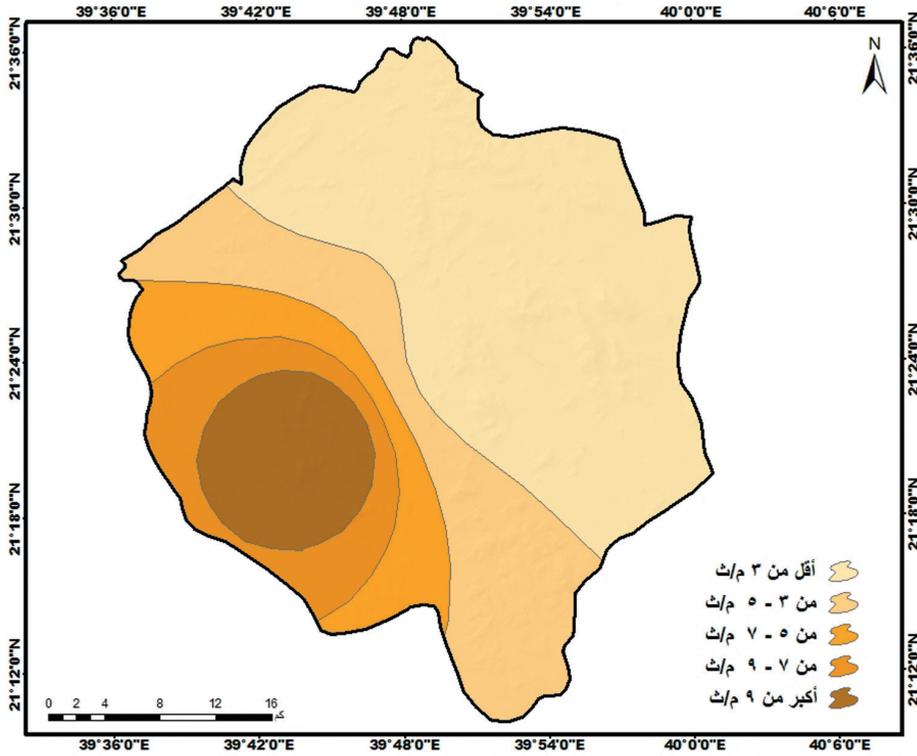
وتبين نتائج الجدول (٦) السابق أن متوسط سرعة الرياح في المدينة خلال شهر أغسطس ٣,٣ (م/ث)، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣,٧ (م/ث)، مما يعني ضعف تباين توزيع سرعة الرياح بين المحطات المناخية في المدينة.

وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات سرعة الرياح في شهر نوفمبر كما يوضح الشكل الآتي



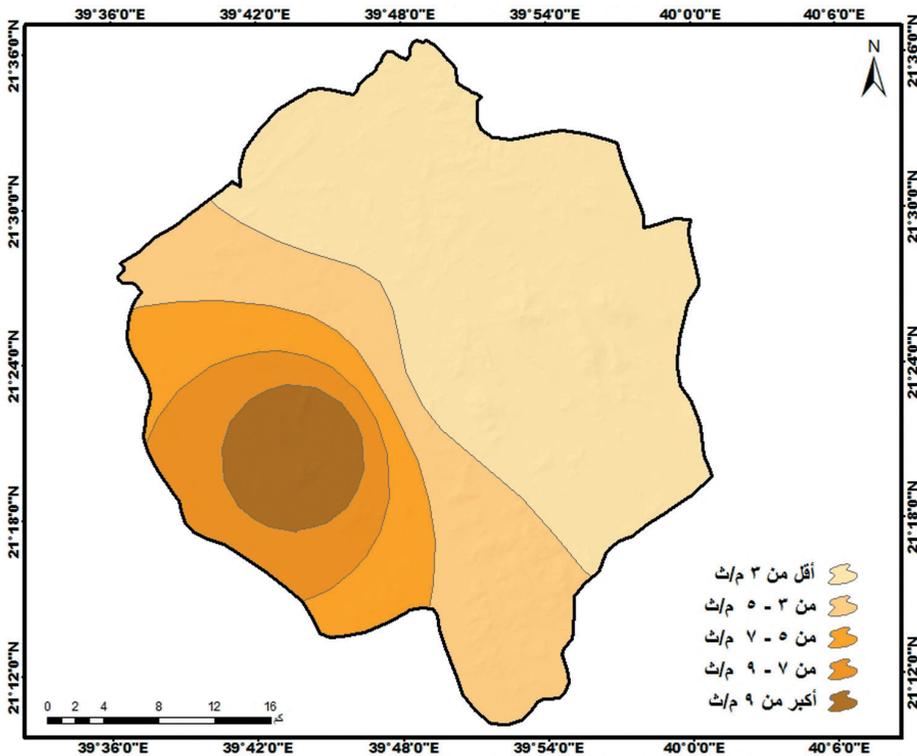
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٦)

شكل رقم (١٥) توزيع سرعة الرياح في شهر سبتمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٦)

شكل رقم (١٦) توزيع سرعة الرياح في شهر اكتوبر بمدينه مكه المكرمه



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٦)

شكل رقم (١٧) توزيع سرعة الرياح في شهر نوفمبر بمدينه مكه المكرمه

خامساً: التوزيع المكاني للأتربة العالقة (PM10):

تسمى الجسيمات الصلبة العالقة في الجو الأتربة العالقة وتم التركيز بصورة كبيرة على الجسيمات الصلبة أقل من 10 ميكرومتر لما تسببه من مخاطر صحية كبيرة على صحة الانسان والكائنات الحية الأخرى، وتعتبر الأمراض الصدرية المسماة (الربو) التي يتعرض لها الانسان من أهم الأمراض التي تسببها الجسيمات الصلبة، فعند انتشار مثل هذه الأتربة الغبارية تبدأ الجهات المعنية (وزارة الصحة) استعدادها لاستقبال مثل هذه الحالات المرضية، كما أن جهات أخرى تبدأ بإيقاف العمل لتلافي وتقليل التعرض لمثل هذه الأجواء إذا ازدادت سوء، وهذا يبدو ملاحظاً في كثير من مدن المملكة العربية السعودية ومنها منطقة الدراسة تكرار مثل هذه الحالات كل عام.

والأتربة العالقة هي عبارة عن ذرات غبارية تنتشر في الهواء وقد تتكون من حبيبات رملية أو ترابية قد يكون مصدرها طبيعياً أو قد يكون مصدرها بشرياً، وهذه الذرات الغبارية معرضة إلى تيارات هوائية حيث تتطاير حال توفر الظروف المناخية الملائمة (العمر، 2000، 54).

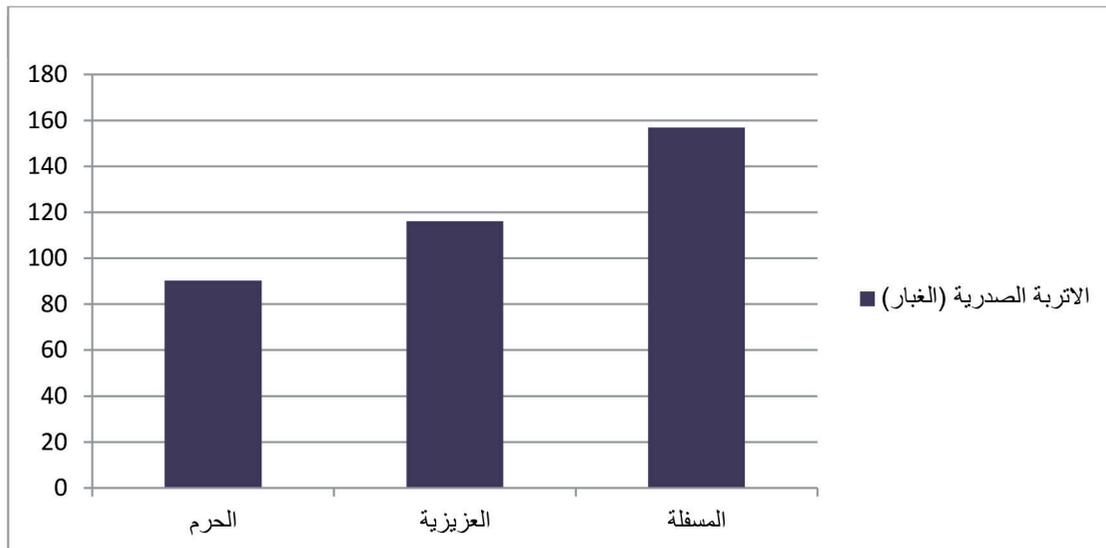
المتوسط الشهري: يمكن تقسيمه على فصول السنة ودراسته تفصيلاً، وتوزيعه توزيعاً مكانياً ليتماشى مع التوزيع المكاني للخصائص المكانية لسرعة الرياح ليتسنى دراسة العلاقات المكانية بينها، وتأتي كالتالي:

أ- توزيع الأتربة العالقة في فصل الشتاء:

جدول (٧) المعدل الشهري ومتوسط الأتربة العالقة ميكروجرام/م³ في فصل الشتاء بمدينة مكة المكرمة

الشهر	الحرم	العزيرية	المسقلة
ديسمبر	٦٧,٤	١٣١,٦	١٣١,٦
يناير	١٢٤,٤	١١٠,٥	١٩٢
فبراير	٧٨,٨٩	١٠٦,١	١٤٧
المتوسط	٩٠,٢٣	١١٦,٠٧	١٥٦,٨٧

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٧)

شكل (١٨) متوسط الأتربة العالقة (ميكروجرام/م³) في مدينة مكة المكرمة في فصل الربيع

الناس بذلك. وبذلك بلغ متوسط الأتربة العالقة في محطات قياس التلوث بمدينة مكة المكرمة خلال شهر يناير ٢٠١٤، ٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٥، ٦ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي في المدينة.

في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات الأتربة العالقة كما في الشكل الآتي رقم (٢٠) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٠٥، ٢ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة.

بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة (الغبار) عن ١٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١، ٨ كم^٢، بنسبة ٢، ٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٢٥ - ١٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٩٨ كم^٢، بنسبة ١٥، ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٥ - ١٤٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٩٩ كم^٢، بنسبة ٢٨، ٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٤٥ - ١٥٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٠٥، ٩ كم^٢، بنسبة ٣٨، ٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٥٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦٥، ٧ كم^٢، بنسبة ٥٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يظهر الشكل الآتي رقم (٢١) تباين توزيع الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة خلال شهر فبراير، حيث تزداد الأتربة الصخرية كلما اتجهنا من جنوب المدينة نحو الشمال، وجاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك. وتبين نتائج الجدول (٧) السابق أن متوسط الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر فبراير ١١٠، ٧ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٨ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تباين توزيع الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة.

وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة في شهر فبراير كما يوضح الشكل الآتي رقم (٢١) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات

ويظهر الشكل الآتي رقم (١٩) تباين توزيع الغبار في مدينة مكة المكرمة خلال شهر ديسمبر، حيث يرتفع الغبار بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الجنوبية الشرقية نحو المنطقة الشمالية الغربية من المدينة. وجاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن الأغلب لا يتأثر بذلك. كما تبين نتائج حساب المتوسط من الجدول (٧) السابق أن متوسط الغبار العالق في الجو بمحطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر ديسمبر ١١٠، ٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٠، ٢ ميكروجرام/م^٣، مما يعني أن هناك تركيز في توزيع الغبار حول المتوسط الحسابي.

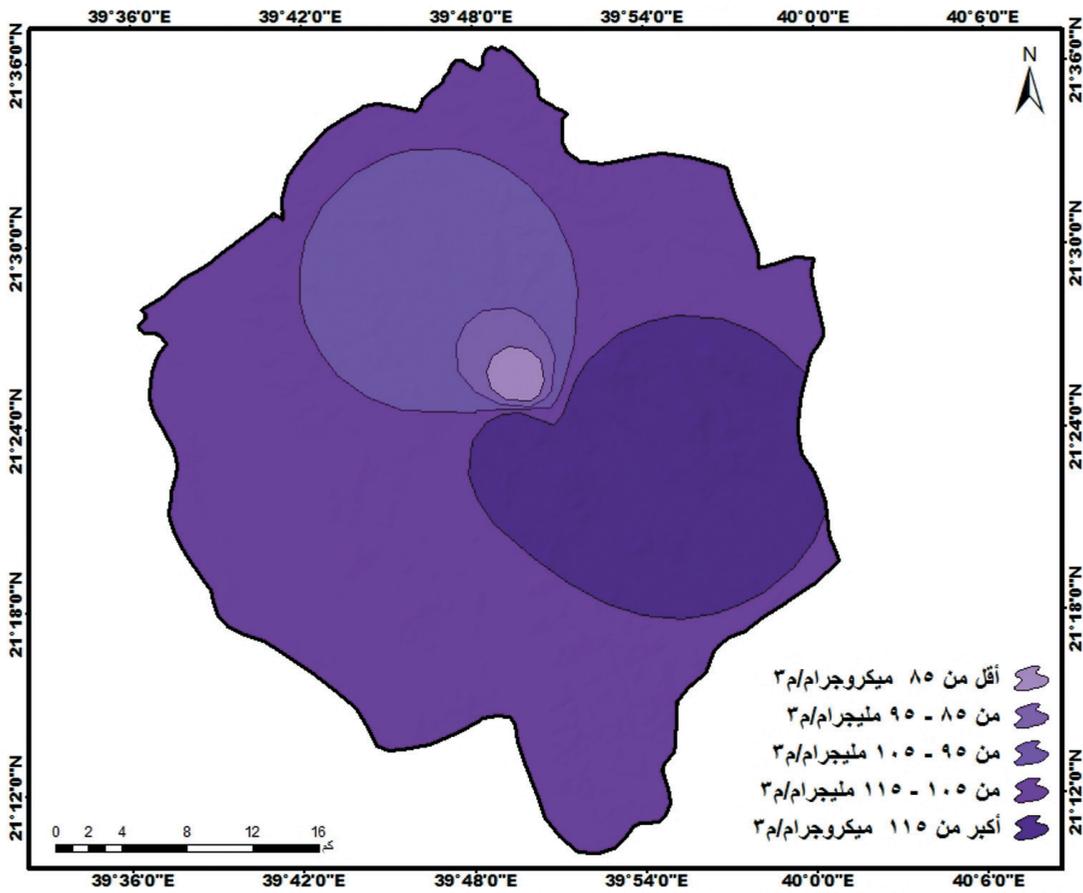
في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة كما يوضح الشكل الآتي رقم (١٩) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الغبار خلال شهر ديسمبر بلغ ٢٦٠، ١ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٨٩، ٢ كم^٢، مما يعني تبعثر توزيع مساحة فئات الغبار حول المتوسط الحسابي في المدينة.

بناء على ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ٨٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٩، ١ كم^٢، بنسبة ٠، ٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ٨٥ - ٩٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٩، ٢ كم^٢، بنسبة ١، ٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ٩٥ - ١٠٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٩٢، ٦ كم^٢، بنسبة ١٤، ٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٠٥ - ١١٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٨٠٠، ٦ كم^٢، بنسبة ٦١، ٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١١٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢٧٨، ٩ كم^٢، بنسبة ٢١، ٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يوضح الشكل الآتي رقم (٢٠) تباين توزيع الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر يناير، حيث يقل كلما اتجهنا من جنوب غرب المدينة نحو شمالها الشرقي. وجاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم

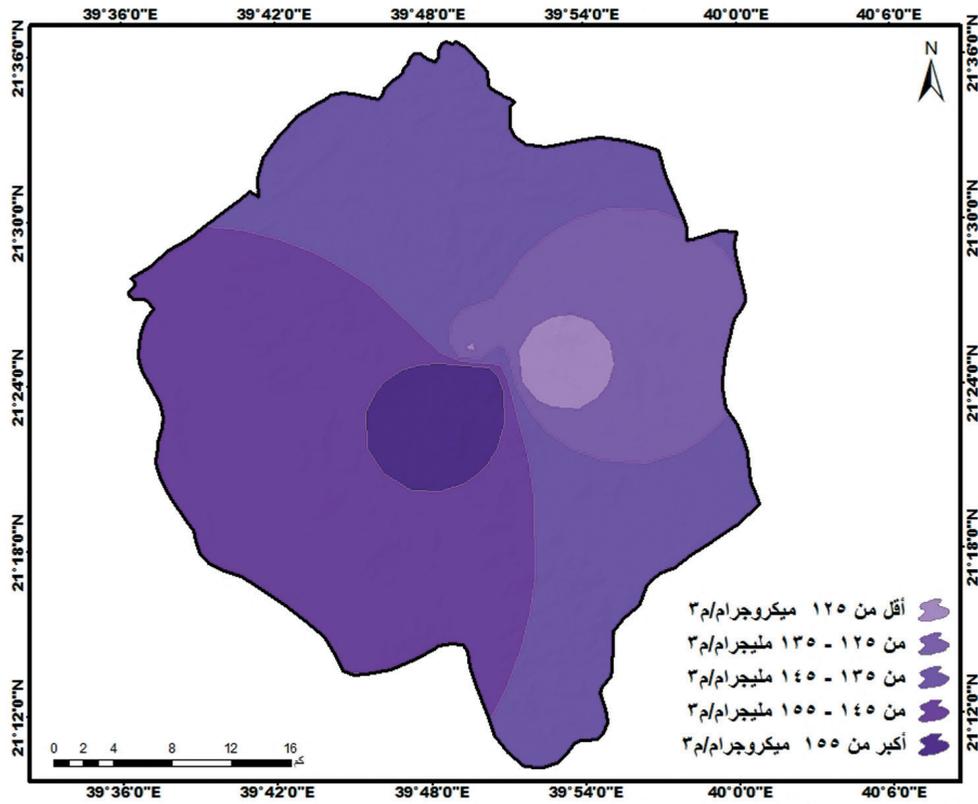
المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١١٠ - ١١٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢,٥٦٩ كم^٢، بنسبة ٤٣,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١١٥ - ١٢٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٣٣ كم^٢، بنسبة ١٠,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٢٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧,٤٤ كم^٢، بنسبة ٣,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢,٢١٧ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة. وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة (الغبار) عن ١٠٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٨٠ كم^٢، بنسبة ٦,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٠٥ - ١١٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤,٤٧٣ كم^٢، بنسبة ٣,٤٪ من إجمالي مساحة

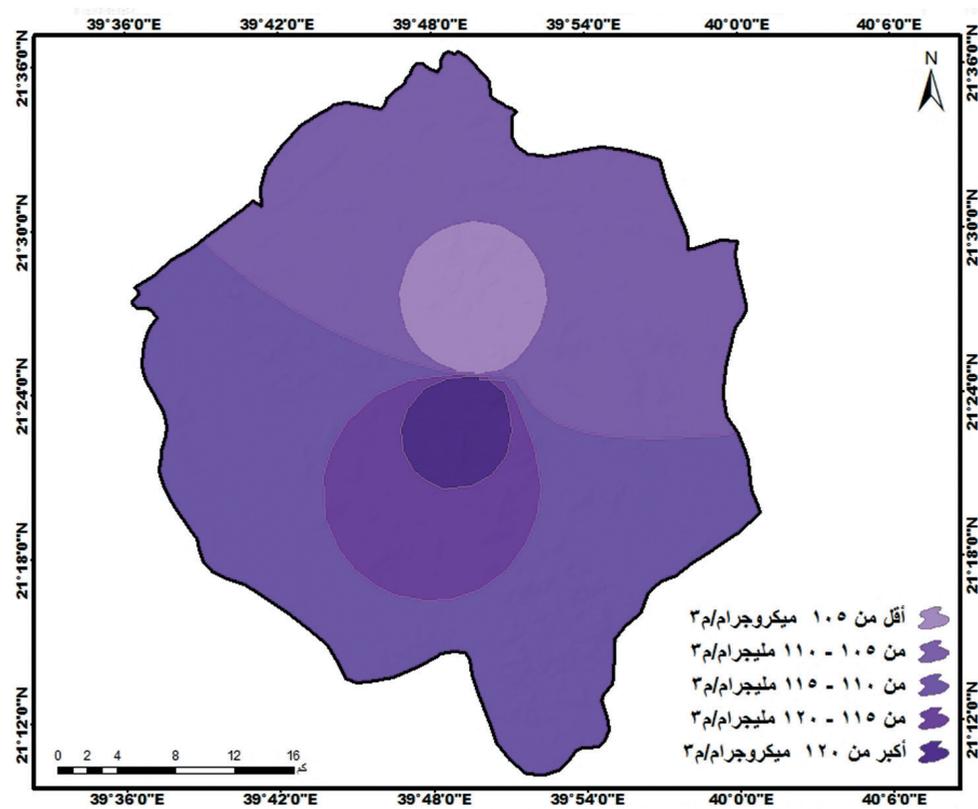


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٧)

شكل (١٩) توزيع للأتربة العالقة في شهر ديسمبر بمدينة مكة المكرمة



شكل (٢٠) توزيع للأتربة العالقة في شهر يناير بمدينة مكة المكرمة



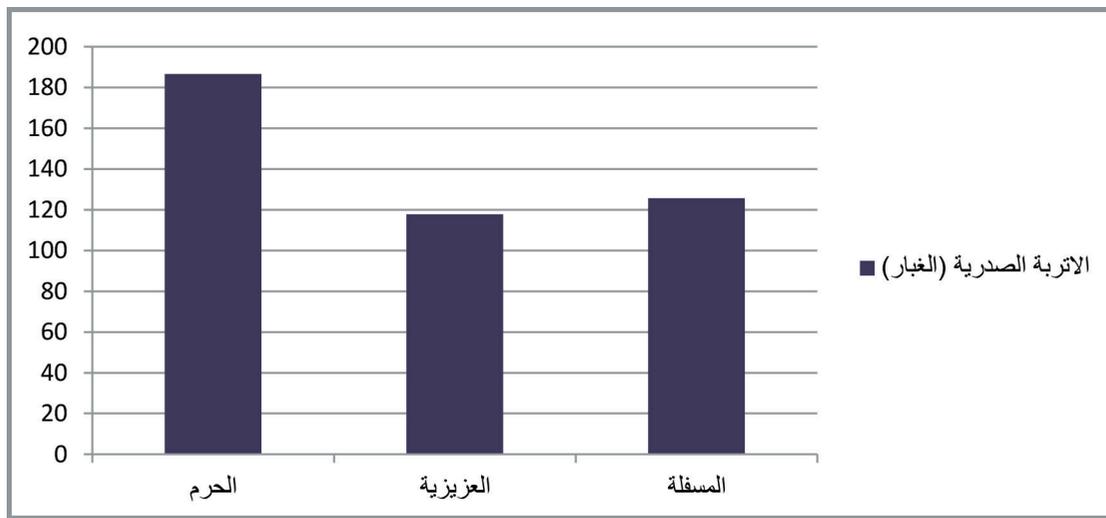
شكل (٢١) توزيع للأتربة العالقة في شهر فبراير بمدينة مكة المكرمة

ب- توزيع الأتربة العالقة في فصل الربيع:

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

المسافة	العزيفية	الحرم	الشهر
١٤٨,٥	١٦٥,٤	٢٥٢	مارس
١١٠,٥	١٨٨,٢	١٨٩,٨	إبريل
١١٨	١٧٩,٨	١١٧	مايو
١٢٥,٧	١١٧,٨	١٨٦,٦	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٨)

شكل (٢٢) متوسط الأتربة العالقة (ميكروجرام/م^٣) في مدينة مكة المكرمة في فصل الربيع

لتصنيف فئات الأتربة العالقة (الغبار) كما يوضح الشكل الآتي رقم (٢٢) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الغبار خلال شهر مارس بلغ ١, ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٤, ٧٣ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع مساحة فئات الغبار حول المتوسط الحسابي في المدينة.

بناء على ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١٨٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤, ١٤٠ كم^٢، بنسبة ١٠,٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٨٥ - ١٩٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٩, ٢٥٩ كم^٢، بنسبة ٢٧,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٩٠ - ١٩٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧, ٢٦٤ كم^٢، بنسبة ٢٠,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٩٥ - ٢٠٠ ميكروجرام/م^٣

ويظهر الشكل الآتي رقم (٢٣) تباين توزيع الغبار في مدينة مكة المكرمة خلال شهر مارس، حيث يرتفع الغبار بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الشمالية الغربية نحو المنطقة الجنوبية الغربية من المدينة. وجاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر غير الصحي فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك. كما تبين نتائج حساب المتوسط من الجدول (٨) السابق أن متوسط الغبار العالق في الغلاف الجوي بمحطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر مارس ١٨٩ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٨, ٤٥ ميكروجرام/م^٣، مما يعني أن هناك تركيز في توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي.

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية

الجدول (٨) السابق أن متوسط الاتربة الصدرية في المدينة خلال شهر مايو ٢، ١٢٨ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٤، ٢٩ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة. وبالتالي جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر غير الصحي فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة في شهر مايو كما يوضح الشكل الآتي رقم (٢٥) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ م^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٦، ١١٧ م^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الاتربة العالقة في المدينة.

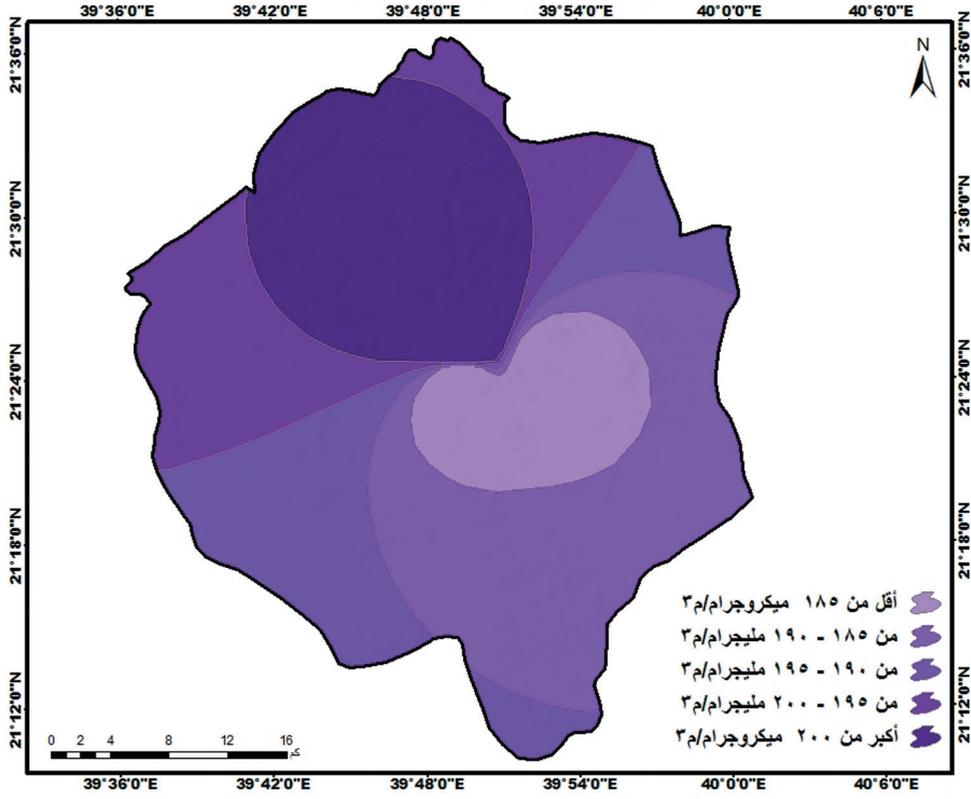
وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٩، ١٧٢ م^٢، بنسبة ٢، ١٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٣٠ - ١٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤، ٤٧٤ م^٢، بنسبة ٥، ٣٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٣٥ - ١٤٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥، ٢٤٥ م^٢، بنسبة ٩، ١٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٤٠ - ١٤٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥، ١٣٦ م^٢، بنسبة ٥، ١٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٤٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ١، ٢٧١ م^٢، بنسبة ٨، ٢٠٪ من إجمالي مساحة المدينة.

نحو ٢، ٢٢٢ م^٢، بنسبة ٩، ١٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ٢٠٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣، ٢٠٢ م^٢، بنسبة ٣، ٢٢٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يوضح الشكل الآتي رقم (٢٤) تباين توزيع الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر إبريل، حيث يقل كلما اتجهنا من جنوب غرب المدينة نحو شمالها الشرقي. وبذلك بلغ متوسط الأتربة العالقة في محطات قياس التلوث بمدينة مكة المكرمة خلال شهر إبريل ٩، ١٦٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣٧ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي في المدينة. وبالتالي جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر غير الصحي فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

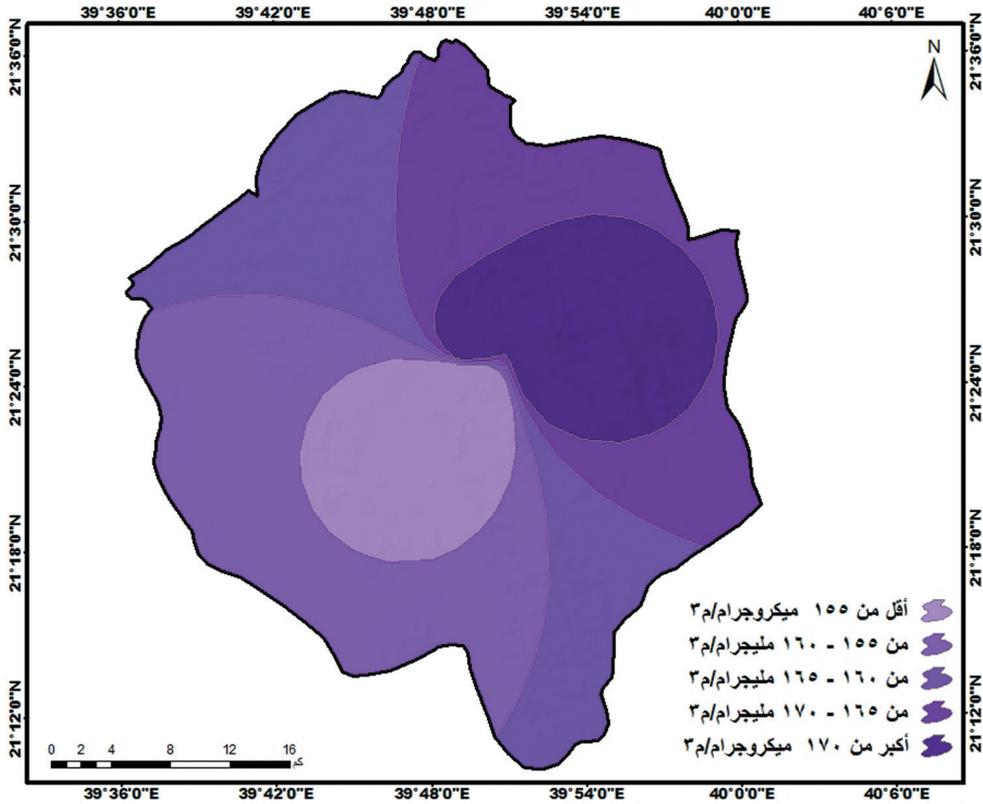
في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات الأتربة العالقة كما في الشكل الآتي رقم (٢٤) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ م^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٥، ٧٢ م^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة خلال شهر إبريل. بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١٥٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦، ١٥٨ م^٢، بنسبة ٢، ١٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٥٥ - ١٦٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥، ٢٦٥ م^٢، بنسبة ٢٨، ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٦٠ - ١٦٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧، ٢٩٩ م^٢، بنسبة ٢٣، ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٦٥ - ١٧٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٩، ٢٧٢ م^٢، بنسبة ٢١، ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٧٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤، ٢٠٢ م^٢، بنسبة ٦، ١٦٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يظهر الشكل الآتي رقم (٢٥) تباين توزيع الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة خلال شهر مايو، حيث تزداد الأتربة العالقة كلما اتجهنا من غرب المدينة نحو شرقها، وتبين نتائج



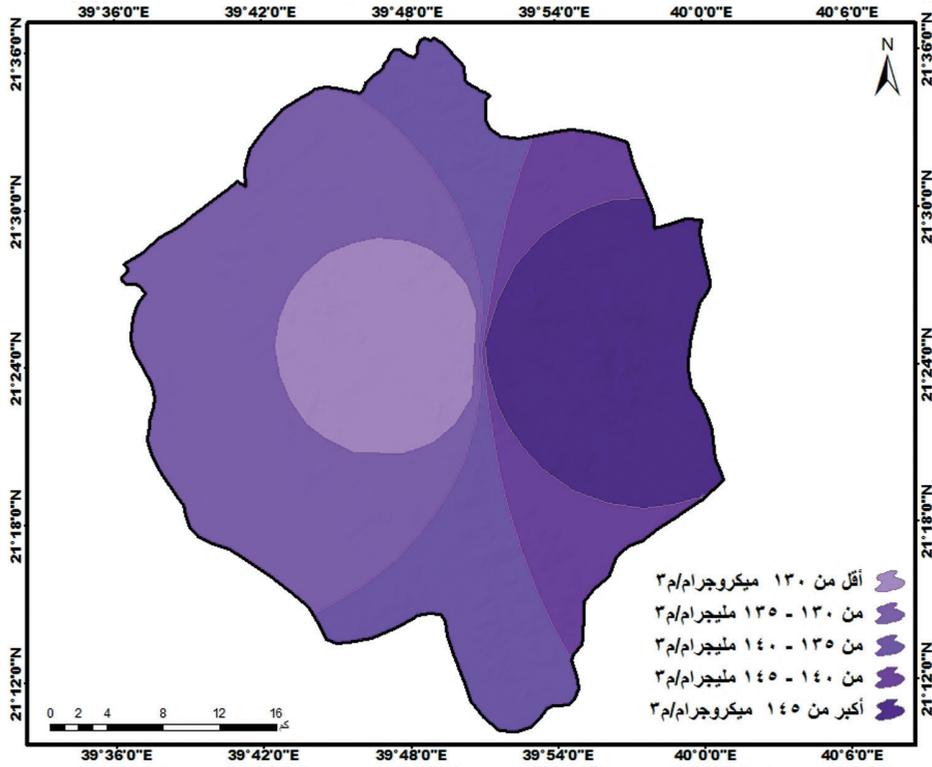
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٨)

شكل (٢٢) توزيع للأتربة العالقة في شهر مارس بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٧)

شكل (٢٤) توزيع للأتربة العالقة في شهر ابريل بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٧)

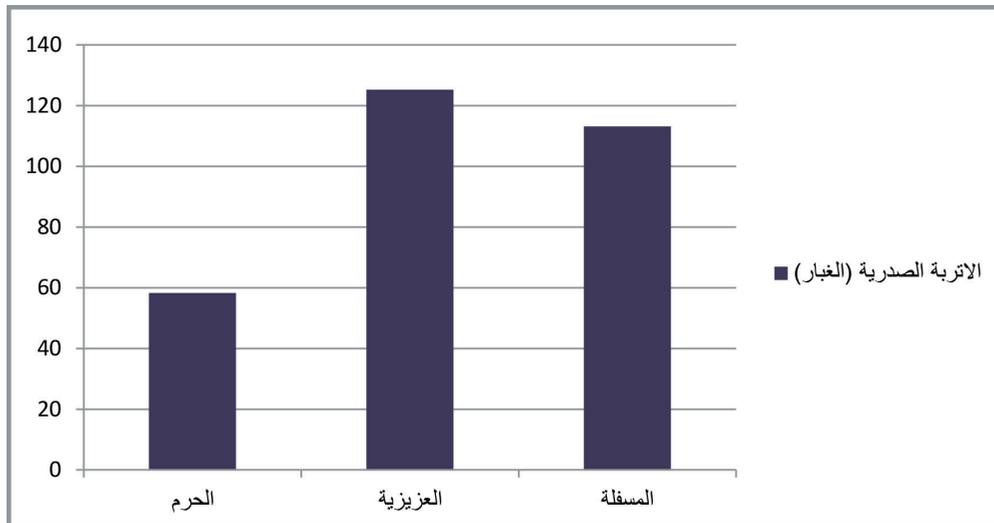
شكل (٢٥) توزيع للأتربة العالقة في شهر مايو بمدينة مكة المكرمة

ج- توزيع الأتربة العالقة في فصل الصيف:

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

المسافة	العزيزة	الحرم	الشهر
١٠٧	١٧٧,٢	١٩,٣٣	يونيو
٩٦	٦٢,١	٢٩,٣	يوليو
١٣٦,٥	١٣٦,٥	١٢٦	أغسطس
١١٣,١٧	١٢٥,٢٧	٥٨,٢١	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (٩)

شكل (٢٦) متوسط الأتربة العالقة (ميكروجرام/م^٣) بمدينة مكة المكرمة في فصل الصيف

ويظهر الشكل الآتي رقم (٢٧) تباين توزيع الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة خلال شهر يونيو، حيث يزداد الغبار بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الشرقية نحو المنطقة الغربية من المدينة. وتبين نتائج حساب المتوسط من الجدول (٩) السابق أن متوسط الأتربة العالقة في الغلاف الجوي بمحطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر يونيو ٢، ١٠١ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٦، ٦٤ ميكروجرام/م^٣، مما يعني ان هناك تركيز في توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي. وبالتالي وجاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة كما يوضح الشكل الآتي رقم (٢٧) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الغبار خلال شهر يونيو بلغ ١، ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٧، ٩٨ كم^٢، مما يعني تركيز توزيع مساحة فئات الغبار حول المتوسط الحسابي في المدينة.

بناء على ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١٨٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١، ٨٣ كم^٢، بنسبة ٤، ٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٨٠ - ١٩٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣، ٢٦٩ كم^٢، بنسبة ٧، ٢٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ١٩٠ - ١٠٠ ميكروجرام/م^٣ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ١٠٠ - ١١٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦، ٢٤٦ كم^٢، بنسبة ٩، ١٨٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١١٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧، ٢٣٤ كم^٢، بنسبة ٧، ٢٥٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يوضح الشكل الآتي رقم (٢٨) تباين توزيع الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر يوليو، حيث يقل كلما اتجهنا من جنوب المدينة نحو شمالها. وبذلك بلغ متوسط الأتربة العالقة في الجدول (٩) السابق في محطات قياس التلوث بمدينة مكة المكرمة خلال شهر يوليو ٥، ٦٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة

الانحراف المعياري ٢، ٢٧ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي في المدينة. وبالتالي جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات الأتربة العالقة كما في الشكل الآتي رقم (٢٨) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٩٩ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة خلال شهر يوليو.

بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ٥٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢، ٥١ كم^٢، بنسبة ٩، ٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ٥٥ - ٦٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧، ٢٨٤ كم^٢، بنسبة ٩، ٢١٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ٦٠ - ٦٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢، ٥٨٨ كم^٢، بنسبة ٢، ٤٥٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ٦٥ - ٧٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢، ٣٢٢ كم^٢، بنسبة ٨، ٢٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ٧٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١، ٥٤ كم^٢، بنسبة ٢، ٤٪ من إجمالي مساحة المدينة.

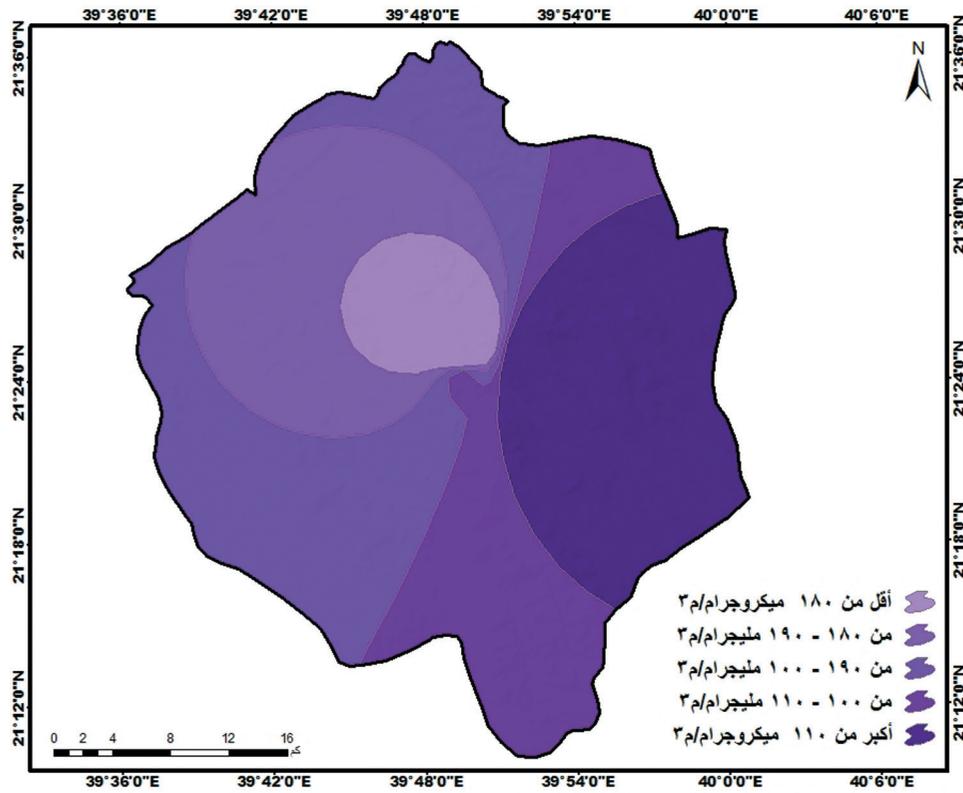
يظهر الشكل الآتي رقم (٢٩) تباين توزيع الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة خلال شهر أغسطس، حيث تزداد الأتربة العالقة كلما اتجهنا من شمال غرب المدينة نحو جنوبها الشرقي، وتبين نتائج الجدول (٩) السابق أن متوسط الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر أغسطس ١٣٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٩، ٤ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة. وقد جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف

وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٢ - ١٢٣ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٥٩,١ كم^٢، بنسبة ٣٥,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٣ - ١٣٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥٠٣ كم^٢، بنسبة ٣٨,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٣٤ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٧٦,٧ كم^٢، بنسبة ١٣,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة.

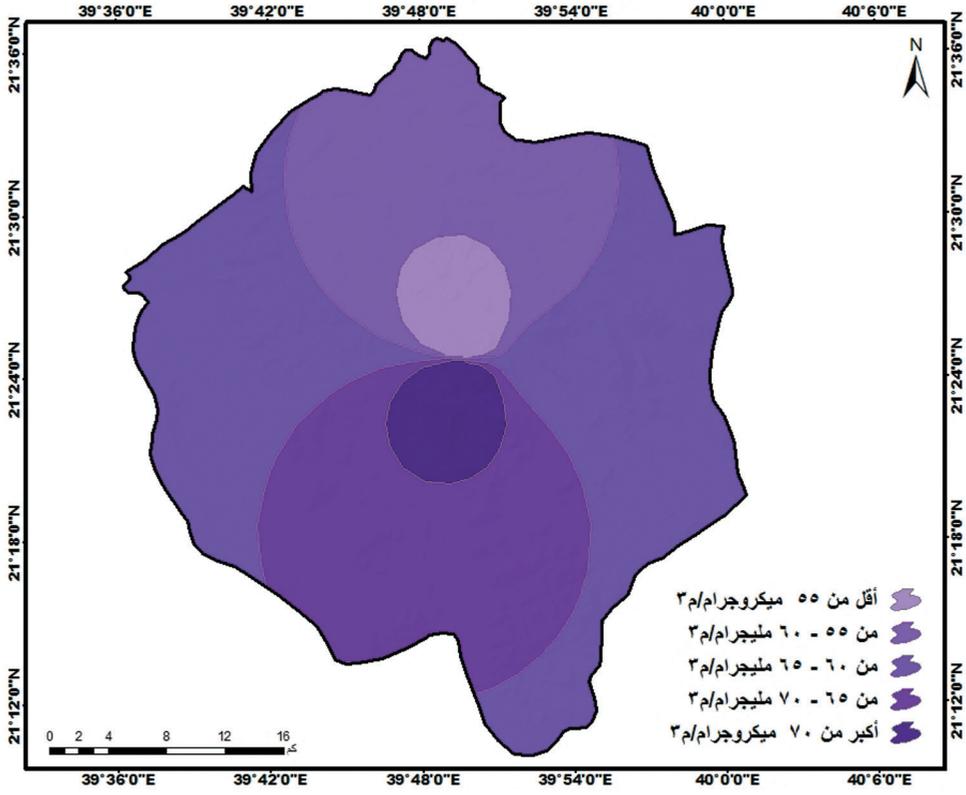
فئات الأتربة العالقة في شهر أغسطس كما يوضح الشكل الآتي رقم (٢٩) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٨٥,٨ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة.

وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١٢١ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٣,٤ كم^٢، بنسبة ٣,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١٢١ - ١٢٢ ميكروجرام/م^٣ نحو ١١٨,٢ كم^٢، بنسبة ٩٪ من إجمالي مساحة المدينة،



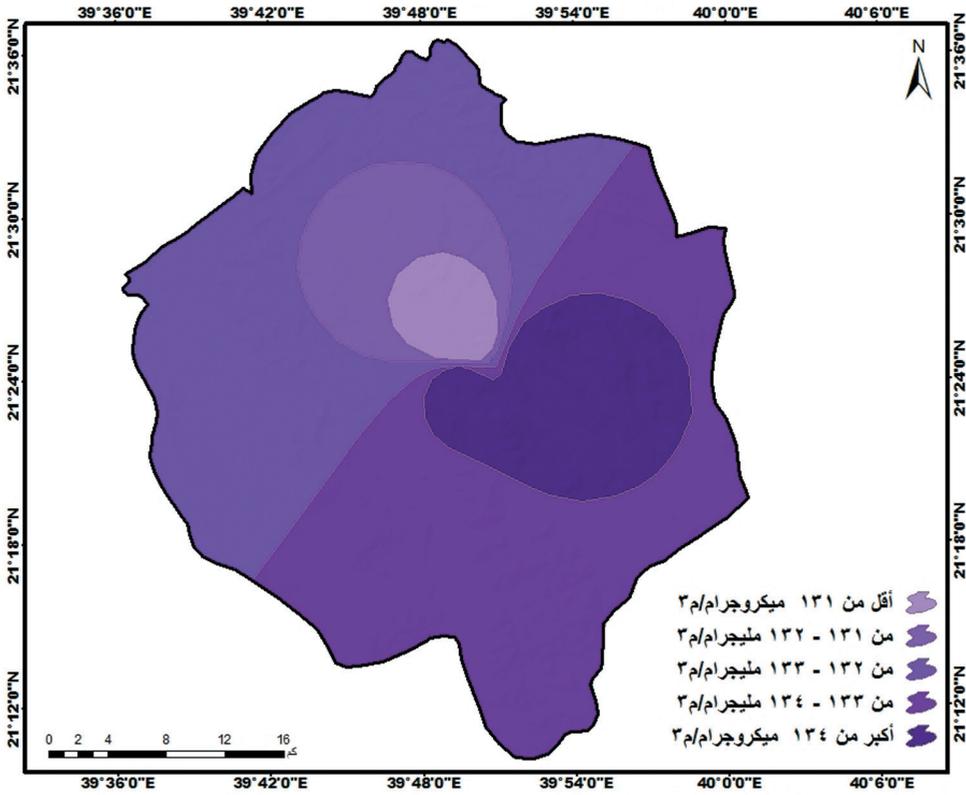
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٩)

شكل (٢٧) توزيع للأتربة العالقة في شهر يونيو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٩)

شكل (٢٨) توزيع للأتربة العالقة في شهر يوليو بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (٩)

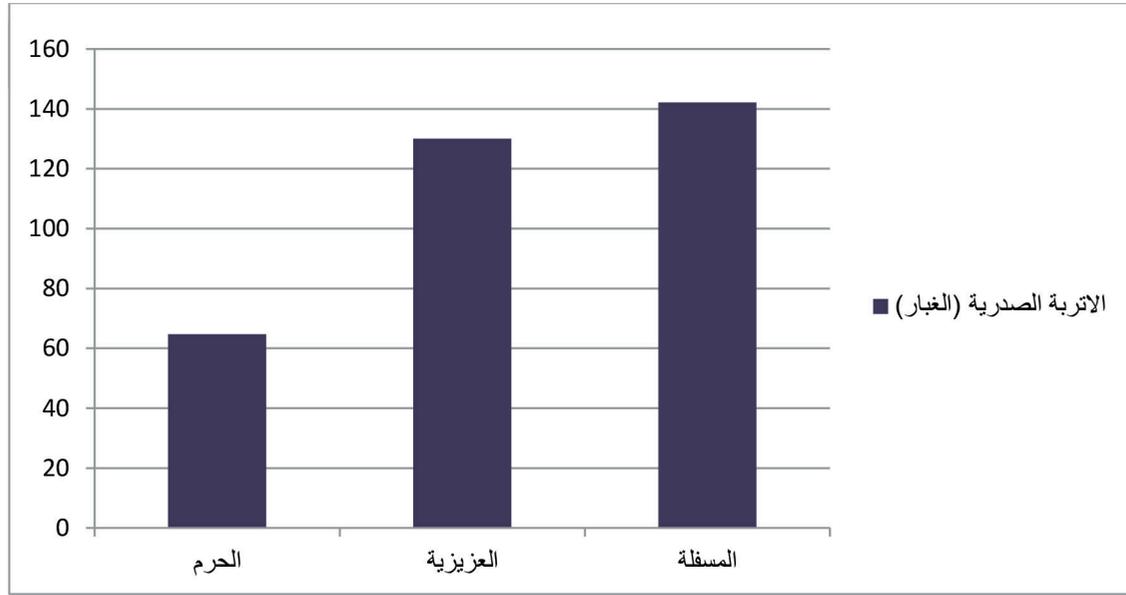
شكل (٢٩) توزيع للأتربة العالقة في شهر اغسطس بمدينة مكة المكرمة

د- توزيع الأتربة العالقة في فصل الخريف:

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

المسافة	العزيفية	الحرم	الشهر
١٤٣,٣	١٤٣,٣	٨٩,٣	سبتمبر
١٦٤,٨	١٢٨,٦	٧٥,٥٤	أكتوبر
١١٨,٣	١١٨,٣	٢٩,٣	نوفمبر
١٤٢,١٤	١٣٠,٠٧	٦٤,٧٢	المتوسط

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات محطات الرصد البيئي



المصدر: الباحث بالاعتماد على الجدول السابق رقم (١٠)

شكل (٢٠) متوسط الأتربة العالقة (ميكروجرام/م^٣) بمدينة مكة المكرمة في فصل الخريف

(٢١) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الغبار خلال شهر سبتمبر بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٧٨,٤ كم^٢، مما يعني أن هناك تركيز في توزيع مساحة فئات الغبار حول المتوسط الحسابي في المدينة.

بناء على ذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١١٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٢,٤ كم^٢، بنسبة ٣,٣٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١١٥ - ١٢٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٠٩,٢ كم^٢، بنسبة ٨,٤٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٠ - ١٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٤٥,٣ كم^٢، بنسبة ٣٤,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٥ - ١٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٤٨٩,٨ كم^٢، بنسبة ٣٧,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز

ويظهر الشكل الآتي رقم (٢١) تباين توزيع الغبار في مدينة مكة المكرمة خلال شهر سبتمبر، حيث يزداد الغبار بصورة عامة كلما اتجهنا من المنطقة الجنوبية الشرقية نحو المنطقة الشمالية الغربية من المدينة. وتبين نتائج حساب المتوسط من الجدول (١٠) السابق أن متوسط الأتربة العالقة في الغلاف الجوي بمحطات مدينة مكة المكرمة خلال شهر سبتمبر ١٢٥,٣ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢٥,٥ ميكروجرام/م^٣، مما يعني أن هناك تركيز في توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي. وقد جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

في المقابل تبين نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة كما يوضح الشكل الآتي رقم

فيها الأتربة العالقة ١٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢١٢,٧ كم^٢، بنسبة ٤,١٦٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يوضح الشكل الآتي رقم (٣٢) تباين توزيع الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر أكتوبر، حيث يقل الغبار كلما اتجهنا من جنوب المدينة نحو شمالها. وبذلك بلغ متوسط الأتربة العالقة في محطات قياس التلوث بمدينة مكة المكرمة خلال شهر أكتوبر ١٢٢ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٣٦,٧ ميكروجرام/م^٣، مما يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول المتوسط الحسابي في المدينة. وقد جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك في المقابل تظهر نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتوزيع فئات الأتربة العالقة كما في الشكل الآتي رقم (٣٢) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ١٥٩ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة خلال شهر أكتوبر.

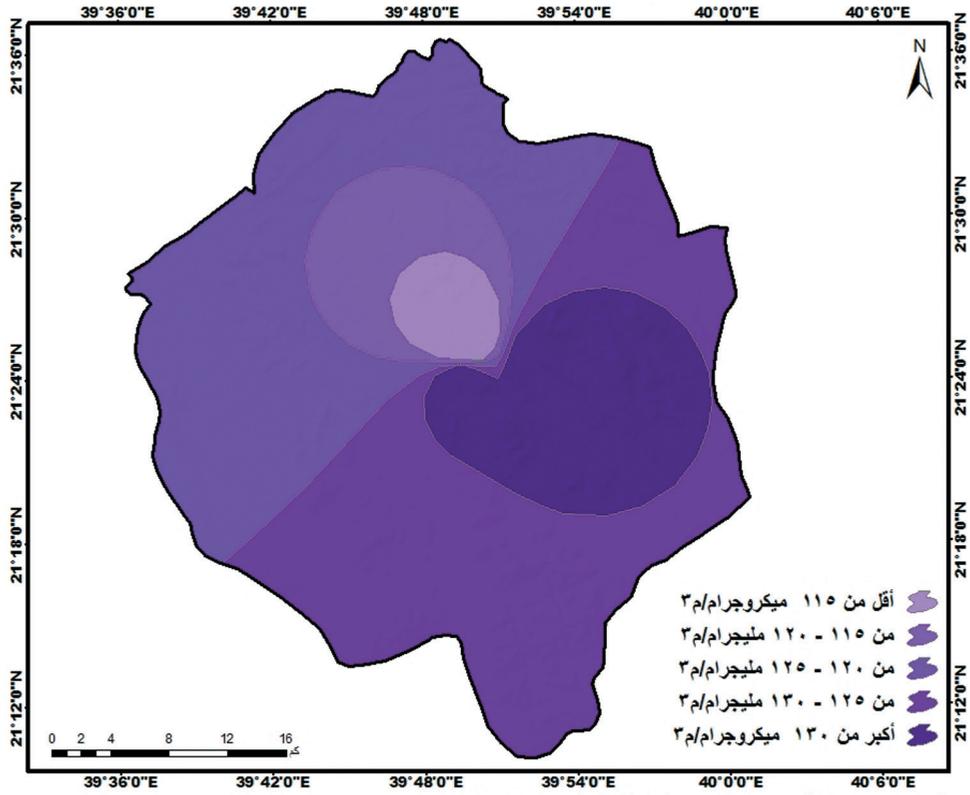
بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ١١٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٢,٣ كم^٢، بنسبة ٩,٦٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ١١٥ - ١٢٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٧,٧١ كم^٢، بنسبة ٩,٢٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٠ - ١٢٥ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦,٣٢٧ كم^٢، بنسبة ٢٦,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ١٢٥ - ١٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦,٥١٠ كم^٢، بنسبة ٣,٢٩٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٣٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣,٩١ كم^٢، بنسبة ٧,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة.

يظهر الشكل الآتي رقم (٣٣) تباين توزيع الأتربة العالقة في مدينة مكة المكرمة خلال شهر نوفمبر، حيث تزداد الأتربة العالقة كلما اتجهنا من شمال غرب المدينة نحو جنوبها الشرقي، وتبين نتائج الجدول (١٠) السابق أن متوسط الأتربة العالقة في المدينة خلال شهر نوفمبر ٨٨,٦ ميكروجرام/م^٣، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٤٢ ميكروجرام/م^٣، مما

يعني تركيز توزيع الأتربة العالقة حول متوسطها الحسابي في المدينة. وقد جاءت جميع قراءات الأتربة العالقة في محطات الرصد الثلاث ضمن حدود المؤشر المعتدل فقد يعاني بعض الأفراد من مصابي أمراض الحساسية من تأثيرات صحية ولكن في الأغلب لا يتأثر عموم الناس بذلك.

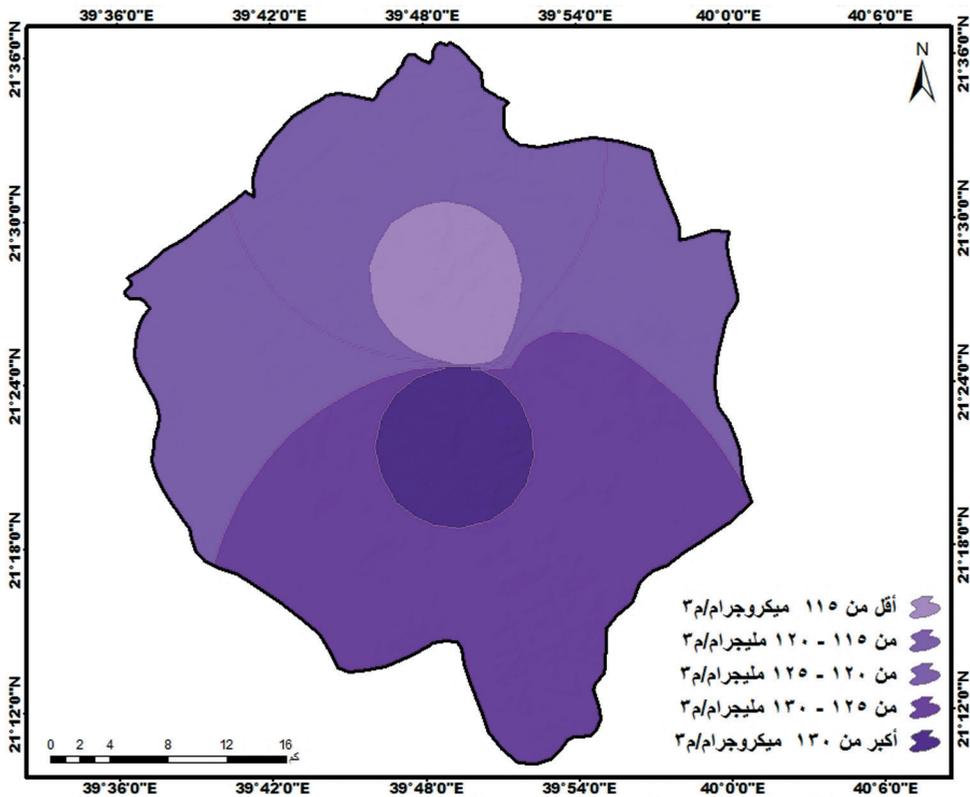
وتؤكد نتائج استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف فئات الأتربة العالقة في شهر نوفمبر كما يوضح الشكل الآتي رقم (٣٣) أن قيمة المتوسط الحسابي لتوزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة بلغ ٢٦٠ كم^٢، وبلغت قيمة الانحراف المعياري ٢,٢١٨ كم^٢، مما يعني تباين توزيع مساحة فئات الأتربة العالقة في المدينة.

وبذلك بلغت مساحة المنطقة التي تقل فيها الأتربة العالقة عن ٧٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١,٣٦ كم^٢، بنسبة ٨,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتراوح فيها الأتربة العالقة بين ٧٠ - ٨٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ١٢٠ كم^٢، بنسبة ٩,٢٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ٨٠ - ٩٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٣,٥٢٧ كم^٢، بنسبة ٥,٤٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة حيث تتراوح الأتربة العالقة بين ٩٠ - ١٠٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٥,٥٢٣ كم^٢، بنسبة ٣,٤٠٪ من إجمالي مساحة المدينة، وبلغت مساحة المنطقة التي تتجاوز فيها الأتربة العالقة ١٠٠ ميكروجرام/م^٣ نحو ٦,٩٣ كم^٢، بنسبة ٢,٧٪ من إجمالي مساحة المدينة.



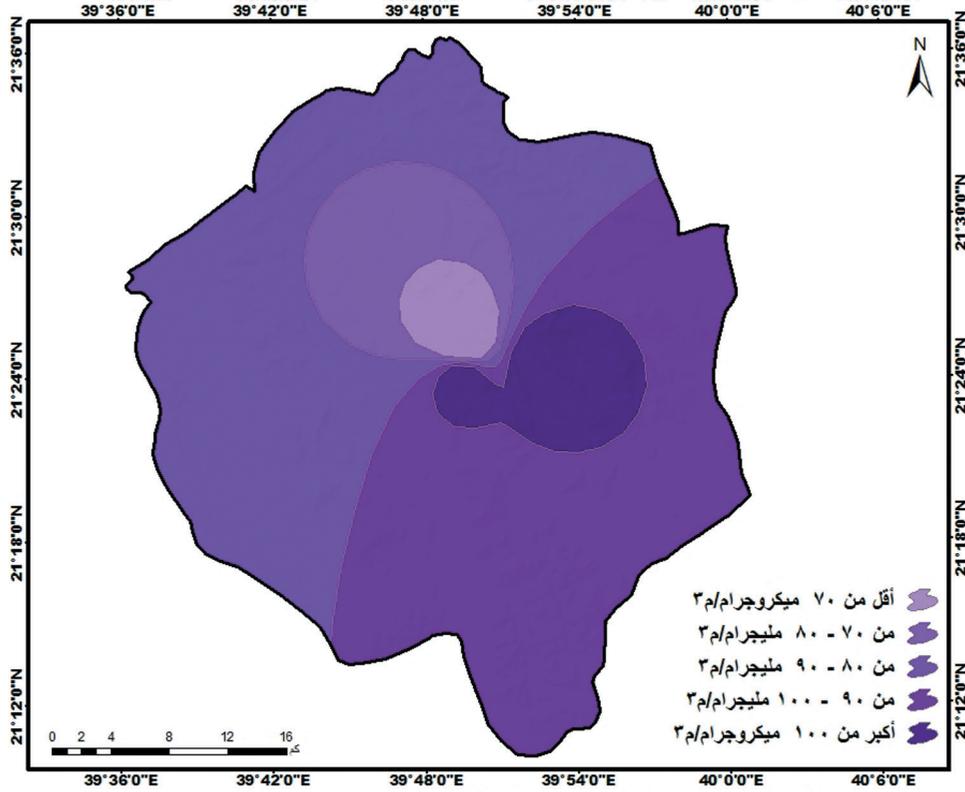
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (١٠)

شكل (٣١) توزيع للأتربة العالقة في شهر سبتمبر بمدينة مكة المكرمة



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (١٠)

شكل (٣٢) توزيع للأتربة العالقة في شهر اكتوبر بمدينة مكة المكرمة



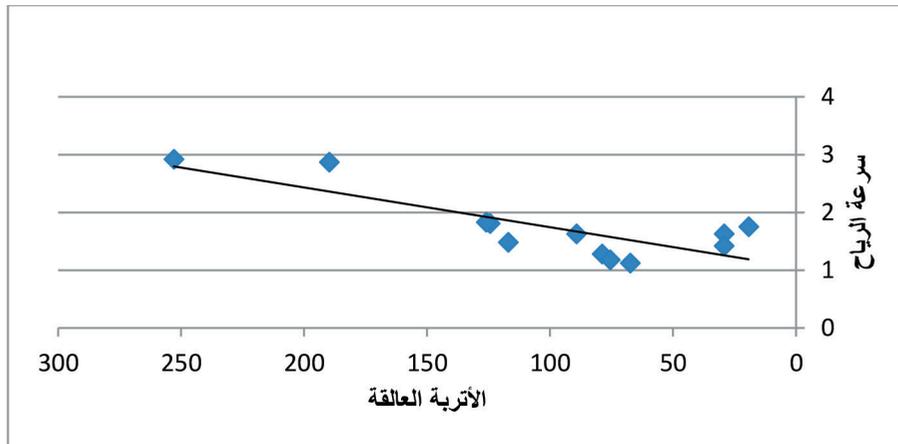
المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الجدول رقم (١٠)

شكل (٢٣) توزيع للأتربة العالقة في شهر نوفمبر بمدينة مكة المكرمة

في الجو، بمعنى كلما ازدادت سرعة الرياح كلما زادت نسبة الأتربة العالقة في الجو وذكرت الدراسة السبب وراء ذلك بأن الرياح تثير الغبار في الشوارع والمناطق الرملية المحيطة بمنطقة الدراسة مما يؤدي إلى زيادة نسبة الأتربة في الجو وهو ذات السبب في هذه الدراسة. ويتأكد ذلك من الشكل (٢٤) الذي يبين شكل العلاقة الخطية فكانت العلاقة طردية واضحة.

هـ) تحليل العلاقة المكانية بين سرعة الرياح والأتربة العالقة (PM10):

ظهرت العلاقة الارتباطية بين تأثير سرعة الرياح والأتربة العالقة بعلاقات ارتباطية طردية بمعنى أن سرعة الرياح ذات علاقة بتزايد نسبة الغبار في الجو، وهذه نتيجة طبيعية حيث تعمل الرياح على إثارة الأتربة كلما ازدادت سرعتها. وقد أوردت دراسة (حبيب الله، ٢٠١٣) نتيجة تظهر العلاقة الارتباطية ما بين سرعة الرياح ونسبة الأتربة العالقة



شكل (٢٤) اتجاه العلاقة بين سرعة الرياح والأتربة العالقة

ويتبين من الجدول التالي (١١) تقاطع سرعة الرياح مع نسبة الأترية العالقة وبعد وضعها في فئات وجد تكرار لفئات سرعات الرياح العالية مع مؤشر جودة الهواء في مؤشرات الضار والغير الصحي أي كلما كانت سرعات الرياح أعلى كلما كانت مؤشرات جودة الهواء غير صحية، وكلما كانت سرعات الرياح أقل ينحصر مؤشر جودة الهواء في المؤشر الصحي والمعتدل.

جدول (١١) : علاقة سرعة الرياح بالأترية العالقة

		تردد أو تكرار الأترية العالقة حسب مؤشر جودة الهواء					
		صحي	معتدل	غير صحي للبعض	غير صحي	ضار	خطر
تردد أو تكرار سرعة الرياح حسب السرعة	أقل أو تساوي ٢	١٨	١٤	٠	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٤	٢١	١٩	٠	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٦	٢٦	٣٢	٢٧	٠	٠	٠
	أقل أو تساوي ٨	٢٩	٤١	٧	٢١	٠	٠
	أكثر من ٨	٣	٧	١٣	١٧	٥	٠

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على مؤشرات جودة الهواء

الخاصة:

الرصد البيئي بحي المسفلة، وبرزت أدنى معدلات الأترية العالقة في محطة الحرم، كما برز أعلى معدل للأترية العالقة في فصل الربيع في محطة الرصد البيئي بالحرم، وبرز أدنى معدل في محطة الرصد بحي العزيزية، وبرز أعلى معدل للأترية العالقة في فصل الصيف في محطة الرصد البيئي بحي العزيزية، وسجل أدنى معدل في محطة الرصد بالحرم.

٣- ظهرت العلاقة الارتباطية بين تأثير سرعة الرياح والأتربة العالقة بعلاقات ارتباطية طردية بمعنى أن سرعة الرياح ذات علاقة بتزايد نسبة الغبار في الجو، وهذه نتيجة طبيعية حيث تعمل الرياح على اثاره الأترية كلما ازدادت سرعتها، السبب وراء ذلك بأن الرياح تثير الغبار في الشوارع والمناطق الرملية المحيطة بمنطقة الدراسة مما يؤدي إلى زيادة نسبة الأترية في الجو.

التوزيع المكاني والزمني لسرعة الرياح اختلف باختلاف الشهور وكذلك التوزيع المكاني والزمني للأترية العالقة فقد اختلف ايضا باختلاف الشهور، وتبين أن هناك علاقة طردية بين سرعة الرياح ونسبة وجود العوالق الترابية، ويمكن اختصار ذلك في النتائج التالية:

١- التباين المكاني والزمني لتوزيع سرعة الرياح في مدينة مكة المكرمة، حيث برزت أعلى معدلات سرعة الرياح خلال فصلي الشتاء والربيع في محطة العزيزية وسط مدينة مكة المكرمة، وبرزت أدنى معدلات سرعة الرياح في محطة النورية شمال غرب المدينة، وبرزت أعلى معدلات سرعة الرياح خلال فصلي الصيف والخريف في محطة الليث جنوب غرب مدينة مكة المكرمة، وبرزت أدنى معدلات سرعة الرياح في محطة النورية شمال غرب المدينة.

٢- تباين توزيع الأترية العالقة (الغبار) من مكان إلى آخر ومن مدة إلى أخرى في مدينة مكة المكرمة، حيث برز أعلى معدل للأترية العالقة في فصلي الشتاء والخريف في محطة

المراجع العربية :

- والجزيرة العربية، السنة الثامنة، العدد ٣٠.
- (١١) الطاهر، عبدالله أحمد، ١٩٩٦م، العواصف الرملية والغبارية وأثرها في تربة الحقول الزراعية في واحة الأحساء بالمملكة العربية السعودية، الرياض، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية.
- (١٢) العودات، محمد وباصهي، عبدالله، ٢٠٠٤م، التلوث وحماية البيئة، النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود، الرياض
- (١٣) العمر، مثنى عبد الرزاق، ٢٠٠٠م، التلوث البيئي، دار وائل للنشر، عمان-الأردن.
- (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) وهبي، صالح، ٢٠٠١م، الإنسان والبيئة والتلوث البيئي، مكتبة الأسد، دمشق.

المراجع الاجنبية:

- 1) Amoatey.A, Sulaiman.H: (2017), Options for Greenhouse Gas Mitigation Strategies for Road Transportation in Oman, American Journal of Climate Change, Vol.6 No.2.
- 2) Breitner S, Liu L.Q, Cyrus J, Bruske I, Franck U, Schlink U, Leitte A.M, Herbarth .O, Wieden-sohler. 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.
- 3) Chan. C.K, Yao. X: (2008), Air pollution in mega cities in China. Atmospheric Environment, Volume 42, Issue 1.
- 4) Chan.W, Tang.H, Zhao.H: (2015), Diurnal, weekly and monthly spatial variations of air pollutants and air quality of Beijing, Atmospheric

- (١) أبو سعدة، محمد نجيب إبراهيم، ٢٠٠٣م، التلوث البيئي ودور الكائنات الدقيقة إيجاباً وسلباً، دار الفكر العربي: القاهرة. جمهورية مصر العربية.
- (٢) بو خضر، مريم أحمد، ٢٠١١م، الرياح والعواصف الغبارية وتأثيرها على انتشار أمراض الجهاز التنفسي (الربو) في مدينة الهفوف في المملكة العربية السعودية في الفترة بين عام ١٩٨٥ - ٢٠٠٨م، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
- (٣) الحارثي، حمدان علي منادي، ٢٠١٦م، استخدام تطبيقات الاستشعار عن بعد في دراسة العواصف المطيرة بمنطقة مكة المكرمة الادارية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة ام القرى، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا.
- (٤) حمادة، إيميلي محمد حلمي، ٢٠٠٥م، تلوث الهواء في مصر بالجسيمات العالقة (الدخان والغبار) دراسة جغرافية، جامعة المنوفية، كلية الآداب، مركز البحوث الجغرافية، سلسلة الجغرافيا والتنمية، الطبعة الأولى، العدد ٢٢.
- (٥) الدمرداش، صبري، ١٩٩٨م، تلوث الهواء المشكلة والحل مع التطبيق على البيئة الكويتية، الطبعة الأولى، الكويت، الامانة العامة لاقاف الصندوق الوقفي للمحافظة على البيئة.
- (٦) زغلول، زكي محمد، ١٩٦٩م، تلوث البيئة ومعدل تساقط الغبار، محاضرات الموسم الثقافي العلمي، تنظيم اللجنة الثقافية بكلية العلوم، جامعة الملك سعود، الرياض.
- (٧) سالم، طارق زكريا، ٢٠٠٤م، العواصف الرملية والترابية وأثرها على الزراعة في منطقة جيزان بالمملكة العربية السعودية، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٤٤.
- (٨) السعود، راتب، ٢٠٠١م، الإنسان والبيئة دراسة في التربية البيئية، دار الحامد للنشر والتوزيع: عمان. الأردن.
- (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) صفر، محمود عزو، ١٩٨٢م، الغبار في الكويت خلال فصل الصيف، جامعة الكويت، مجلة دراسات الخليج

of the requirements for the award of the degree master of applied science research.

14) 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.

15) Liu.T, Zhang.L, Li.P, Lin.H: (2012), Remotely sensed image retrieval based on region-level semantic mining, EURASIP Journal on Image and Video Processing, Vol, 4.

16) Pearce.J.L, Beringer.J, Nicholls.N, Hyndman.R.J, Tapper. N.J: (2011), Quantifying the influence of local meteorology on air quality using generalized additive models, Atmospheric Environment, Volume 45, Issue 6.

17) 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.

18) 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.

19) Thiem. A, Schlink.U, Pan.X.C, Peters.A, Wiedensohler.A, Breitner.S, Cyrus.J, Wehner.B, Rosch.C, Franck. U, Using non-negative matrix factorization for the identification of daily patterns of particulate air pollution in Beijing during 2004–2008, Atmos. Chem. Phys. Discuss., Vol, 12.

20) XU.M, Guo.Y, Zhang.Y, Westerdahl.D, Mo.Y, Liang.F:(2014), Spatiotemporal analysis of particulate air pollution and ischemic heart disease mortality in Beijing, China, Environmental Health, Vol, 13.

Environment, Volume 119.

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

6) 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.

7) Gorham.R: (2022), air pollution from ground transportation an assessment of causes, strategies and tactics, and proposed actions for the international community, The Global Initiative on Transport Emissions A Partnership of the United Nations and the World Bank Division for Sustainable Development Department of Economic and Social Affairs United Nations.

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

9) Gulia.S, Nagendra.S.M.S, Khara.M, Khanna.I: (2015), Urban air quality management-A review, Atmospheric Pollution Research, Volume 6, Issue 2.

10) Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide Report on a WHO Working Group, Bonn, Germany, 13–15 January 2003.

11) Hitchcock.G, Conlan.B, Key.D, Brannigan.C, Newman.D, (2014): Air Quality and Road Transport Impacts and solutions, London.

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

13) 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

