

Spatial analysis of confirmed cases of Covid-19 and their relationship to weather conditions in the Kingdom of Saudi Arabia using geographic information systems

التحليل المكاني للحالات المؤكدة لكوفيد ١٩ وعلاقتها بالظروف الجوية في المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

Dr. Amina Al-Rehaili^{1*}, Amany Al-Rehaili²

د/أمينة الرحيلي^١، أ/ أماني الرحيلي^٢

¹Department of Geography College of Social Sciences Umm Al-Qura University, Saudi Arabia.

^١قسم الجغرافيا كلية العلوم الاجتماعية جامعة أم القرى ، السعودية

Received:31/07/23 Revised:27/10/2023 Accepted: 30/10/23

تاريخ التقديم:31/07/23: تاريخ ارسال التعديلات: 27/10/2023 تاريخ القبول:30/10/23

الملخص:

تهدف هذه الدراسة الى التحليل المكاني لتوزيع الحالات المؤكدة لكوفيد ١٩ في المملكة العربية بين عامي ٢٠٢٠ - ٢٠٢٣، وتحديد أثر المتغيرات الجوية من خلال كشف معامل الانحدار البسيط والمتعدد لعلاقة الحالات المؤكدة بالظروف الجوية باستخدام معاملي الانحدار الموزون جغرافياً والمربعات الصغرى، ولتحقيق ذلك اتبعت الدراسة منهجية تدرجت من جمع بيانات حالات كوفيد ١٩ المؤكدة، و بيانات عناصر المناخ وملوثات الهواء لنفس المدة من موقع وكالة ناسا، وتوصلت نتائج الدراسة إلى ان نمط توزيع الحالات هو نمط عشوائي، وأكدت نتائج تطبيق مؤشرات التحليل المكاني تباين توزيع حالات كورونا المؤكدة حيث بلغ متوسط نسبة تركيزها على مستوى المناطق ٢٧,٧٣٪، ومعدل حدوثها ٢٠٤٩,٩ حالة مؤكدة/١٠٠٠٠٠ نسمة، وأظهرت النتائج تركيز ٧١,٥٪ من الحالات المؤكدة بمناطق الرياض ومكة والشرقية، ووجود أكثر من تركيز لحالات كوفيد المؤكدة وسط وشرق وغرب المملكة، وتوصلت الدراسة كذلك إلى أن هناك تأثير طردي قوي جدا لكل من تلوث الهواء بغاز ثاني اكسيد النيتروجين ٨٦,٣، وتأثير طردي ضعيف لكل من غاز ثاني أكسيد الكبريت ٢٩,٦٪، ودرجات الحرارة ٢٥,٤٪، وطردي ضعيف جدا لكل من توزيع الأمطار ١٣,٧٪، وأول اكسيد الكربون ١٢,٣٪، وسرعة الرياح ٨,٨٪، والرطوبة النسبية ١,٣٪، في انتشار حالات كوفيد المؤكدة في المملكة .

الكلمات المفتاحية: التحليل المكاني، حالات كوفيد المؤكدة، الظروف الجوية، المملكة العربية السعودية، نظم المعلومات الجغرافية.

Abstract:

This study aims to analyze the spatial distribution of confirmed COVID-19 cases in the Kingdom of Saudi Arabia between 2020 and 2023 and to determine the impact of weather variables by examining the simple and multiple regression coefficients of the relationship between confirmed cases and weather conditions using geographically weighted regression and least squares methods.

To achieve this, the study followed a structured methodology, beginning with data collection on confirmed COVID-19 cases, climate elements, and air pollutants for the same period from the NASA website. The findings indicated that the distribution pattern of cases was random. The application of spatial analysis indicators confirmed variations in the distribution of confirmed COVID-19 cases, with an average regional concentration of 27.73% and an incidence rate of 2,049.9 confirmed cases per 100,000 people. The results also showed that 71.5% of confirmed cases were concentrated in the Riyadh, Makkah, and Eastern regions, with multiple clusters identified in the central, eastern, and western parts of the Kingdom.

Furthermore, the study concluded that air pollution, particularly nitrogen dioxide (86.3%), had a very strong direct effect on the spread of COVID-19 cases. A weaker direct effect was observed for sulfur dioxide (29.6%) and temperature (25.4%), while rainfall distribution (13.7%), carbon monoxide (12.3%), wind speed (8.8%), and relative humidity (1.3%) exhibited very weak direct effects.

Keywords: Spatial analysis, confirmed COVID-19 cases, weather conditions, Saudi Arabia, GIS

المقدمة

يعتبر الفايروس التاجي الجديد (COVID-19) الناجم عن متلازمة الجهاز التنفسي الحادة (SARS-COV-2) عدوى في الجهاز التنفسي بدأ بمدينة ووهان الصينية، ومنها انتشر الى جميع دول العالم. وأكدت منظمة الصحة العالمية أن كوفيد 19 كان مسؤولاً عن متلازمة الجهاز التنفسي لدى سكان مدينتي ووهان وهوبي في الصين (Shim, et al, 2020, p. 340).

وأصبح الفايروس يمثل تحدياً عالمياً يؤثر على الملايين، واعتبر منذ 2020/3/11 من قبل منظمة الصحة العالمية وباء، وأسرع العدوى انتشاراً وألحق الضرر بأكثر من 20 مليون، مما أدى إلى آلاف الوفيات في جميع أنحاء العالم (Arab-Mazar, et al, 2020, p. 2). وتأتي أهمية موضوع الدراسة بسبب ما تمر به المملكة من تغيرات وتطورات تنموية سريعة في مختلف المجالات، لاسيما في مجال الخدمات الطبية، الأمر الذي شجع على عمل مزيد من الدراسات والبحوث لضمان نجاح خطط التنمية المستقبلية في هذا القطاع على أسس علمية. وبلغ عدد الحالات المتعافية من كوفيد في المملكة 815287 بنسبة 98.5% من إجمالي الحالات المؤكدة، وتتركز 583625 حالة متعافية بنسبة 71.7% من إجمالي عددها في ثلاثة مناطق: الرياض 224086 حالة بنسبة 27.49%، ومكة المكرمة 199424 حالة تعافي بنسبة 24.57%، والشرقية 160115 حالة بنسبة 19.64% من إجمالي عددها بالمملكة، وسجلت ادنى نسبة للتعافي في منطقة الجوف 0.47%. في المقابل بلغت عدد وفيات كورونا 9561 حالة بنسبة 1.16% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة، وتركزت غالبية وفيات كوفيد بنحو 6442 حالة وفاة بنسبة 67.38% من إجمالي عدد الوفيات في المملكة في ثلاثة مناطق هي: مكة المكرمة بنسبة 35%، والرياض بنسبة 17%، والشرقية بنسبة 15.38% من إجمالي عدد وفيات الفايروس بالمملكة، وسجل اقل وفيات 121 حالة بنسبة 1.26% في منطقة تبوك. وبلغ عدد الحالات النشطة 2849 بنسبة 0.34% من إجمالي الحالات المؤكدة، وسجل اعلى عدد للحالات النشطة في منطقة الرياض 909 حالة بنسبة 31.9%، ومكة المكرمة 629 حالة بنسبة 22.08%، وأدنى عدد 10 حالات بنسبة 0.36% من إجمالي عددها بمنطقة الجوف.

وفي ظل تفشي كوفيد أصبحت نظم المعلومات الجغرافية اداة مهمة في تحليل توزيع المصابين، وتتبع تغيرات انتشاره مكانياً وزمانياً، فضلاً عن أهميتها في نمذجة متغيراته. وبرزت تقنيات (GIS) كأداة فريدة ذات قيمة كبيرة في تحليل الجوانب المكانية والزمانية، ويعتبر تحليل المكاني للتوزيع الجغرافي للوباء مهماً باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والإحصاءات المكاني (Haider, et al, 2022, p. 58).

ومنذ اكتشاف كوفيد 19 وانتشاره السريع في جميع أنحاء العالم، لعب التحليل المكاني دوراً مهماً في دراسة ورسم خرائط انتشار المرض (Ahasan, et al, 2020, p. 3). وتم استخدام العديد من أدوات نظم المعلومات الجغرافية،

وتقنيات التحليل المكاني لتتبع كوفيد-19 على مستويات متعددة (Cuadros, et al, 2021, p. 17). وقام الباحثون بدراسة التوزيع المكاني لمعدلات الإصابة والوفيات الناجمة عن فيروس كورونا (COVID-19) فيما يتعلق بجوانب مختلفة مثل العمر والجنس والظروف المعيشية (Al-Kindi, et al, 2020, p. 799).

ويولي علماء الأوبئة اهتماماً كبيراً بتأثير الظروف الجوية في انتشار الأوبئة مثل فيروس كورونا وغيرها من الالتهابات (Zhu, et al, 2020, p.3). حيث تسهل الظروف الجوية من تكاثر وانتشار الفيروسات، مما قد يؤدي إلى ظروف صحية خطيرة. وذكرت الأدبيات السابقة الى وجود علاقة غير متناسقة بين الحرارة والرطوبة والأمطار والرياح وملوثات الهواء وحالات كوفيد-19. وبالتالي تؤثر الظروف الجوية على تكاثر الفايروس والاستجابة لمعالجته (Chan, et al, 2020, p.517). ويعتبر التحقيق في خصائص التوزيع المكاني لمرض كورونا واستكشاف تأثير العوامل المناخية التي تحركه أساس لصياغة تدابير عقلانية وفعالة للوقاية والسيطرة (Han, et al, 2021, p.1).

مشكلة الدراسة

تأثرت المملكة العربية السعودية كغيرها من الدول بانتشار كوفيد، واتخذت كافة الإجراءات الطبية الناجحة، وقامت بتجربة سباق في كل ما من شأنه الحفاظ على صحة الإنسان، بداية بالإجراءات الاحترازية المبكرة، وأعلنت الحكومة تأجلاً مؤقتاً في زيارة الأماكن المقدسة لإجراء احترازي، وتم منع التجول في المدن، وتوقف حركة النقل والدراسة عن بعد، وبما ان رؤية المملكة 2030 تضم برنامج يخطط لتقليل اعتمادها على مبيعات النفط، وتنوع اقتصادها، وتحريك عجلة قطاعات الخدمات كالتعليم والسياحة والبنية التحتية والصحة نحو الاستدامة والتقدم، وسيعمل القطاع العام على تعزيز الوقائية من الأمراض المعدية، والقضاء عليها بحلول عام 2030، أثر انتشار (Covid-19) في الأوضاع الاجتماعية والاقتصادية حيث أثر على الخدمات وأساليب العيش والأنظمة الصحية والتعليمية والنيئة فضلاً عن الأنشطة التجارية والرياضية والدينية والسياسية والثقافية. وعلى المعدل السنوي للنمو الاقتصادي، مما دفع الحكومة الى اتخاذ العديد من القرارات لمواجهة الركود الاقتصادي الناتج عن انتشار (Covid-19)، لذا تسعى هذه الدراسة لتحليل انماط توزيع الحالات المؤكدة بين عامي 2020 - 2023 باستخدام نظم المعلومات الجغرافي التي تعتبر نتائجه مهمة تساعد الجهات المختصة على فهم الخرائط الوبائية، وتتبع وتقييم العلاقات المكانية بين انتشار المرض ومتغيراته، وبما يضمن التقليل من عدد الاصابات والوفيات الناتجة عنه، والحد من الآثار الاقتصادية والاجتماعية للفايروس.

أهداف الدراسة

- تحليل أنماط التوزيع المكاني لحالات كوفيد 19 المؤكدة على مستويي المناطق والمحافظات.
- دراسة الاختلافات الزمانية في توزيع الحالات المؤكدة ونسب تغيرها.
- كشف تأثير المتغيرات الجوية في توزيع حالات كوفيد 19 المؤكدة.

الدراسات السابقة

درس (المطيري، 2020م) التحليل الجيو إحصائي لجائحة كورونا في بعض مناطق المملكة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة إلى تحديد ورصد الانتشار المكاني للجائحة بمناطق الرياض والشرقية ومكة المكرمة، وتوصلت الدراسة لارتفاع الإصابة في مدن: الرياض وجده ومكة المكرمة والإحساء والدمام.

قام (الشمري والشمري، 2020م) بدراسة الأبعاد الجغرافية لتفشي كورونا ورصد اتجاه انتشاره وبؤره الرئيسية، وتتبع مساره الزمني وتوسعه وانحساره في العالم، وتوصلت النتائج إلى أن العاصمة بغداد الأولى على مستوى العراق في الاصابات والوفيات، وأظهرت نتائج البعد الزمني انه لا يوجد اتجاه ثابت في مكان معين لانتشار او انحسار الفايروس، فالحالات المؤكدة متنقل ومتغير، وحالات الاصابة والشفاء وأعداد الوفيات غير ثابتة.

ونموذج (Mollalo, et al, 2020) معدل حدوث الحالات المؤكدة في الولايات المتحدة باستخدام (GIS) بالاعتماد على 35 متغيراً بيئياً واجتماعياً واقتصادياً وطوبوغرافياً وديموغرافياً لتفسير تباين حدوث الحالات المؤكدة، واستخدم الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) ونماذج الانحدار متعددة النطاقات (MGWR)، وتوصلت النتائج إلى أن دمج نتائج الارتباط الذاتي المكاني يحسن نموذج المربعات الصغرى.

وتناول (Aneflous & Hilal, 2020) "المغرب وجائحة كوفيد-19: مقارنة جغرافية للوباء بين العالمي والمحلي". كان هدف البحث إبراز الملامح الوبائية للفايروس بالمغرب والعالم، وتوصلت الدراسة إلى ارتباط الحالات الأولى للفايروس في المغرب بالسفر من الخارج، وتأثرت المناطق الحضرية بشكل أكبر من غيرها.

قام (عياصرة، 2021م) بنموذج الاختلافات المكانية لوفيات فايروس كورونا عام 2021: دراسة على المستوى العالمي. وقد هدفت الدراسة إلى تحليل العلاقة بين الوفيات ومتغيرات الصحة والديمقراطية في جميع أنحاء دولا العالم، وتم تطبيق النمذجة المكانية بواسطة الانحدار الموزون، وأظهرت النتائج أن هنالك علاقات متجانسة مكانياً بين العد التراكمي للحالات وعدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن 65 سنة.

وحلل (Andersen, et al, 2021) المحددات المكانية المحلية لانتقال فايروس Covid-19 في الولايات المتحدة، كان هدف الدراسة فهم

المحددات المكانية للوباء بمقارنة المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية كالعمر والإعاقة واللغة والعرق والمهنة والحالة الحضرية ببيانات الحالة والوفاة، وتم إجراء تحليل عنقودي لفحص المناطق عالية الخطورة، متبوعاً بالانحدار لفحص العوامل السياقية المرتبطة بارتفاع أنماط الخطر.

وتطرق (Han, et al, 2021) لخصائص التوزيع المكاني لوباء COVID-19 في بكين وعلاقته بالعوامل البيئية، وتم التحقق من خصائص التجمع للحالات باستخدام الارتباط الذاتي المكاني، وتقييم علاقتها بالعوامل البيئية، وتطبيق الانحدار الموزون جغرافياً لاستكشاف تأثير العوامل البيئية على توزيع حالات كورونا.

تناول (محمود، السيد، 2022م) التحليل المكاني لجائحة كورونا بدول الخليج العربي، كان هدف الدراسة مقارنة أوضاع الجائحة بين الخليج العربي والعالم، واعتمدت منهجية تحليل التباين والتشابه المكاني، والمنهج السبي التأثيري والمقارن، والتطوري، وأظهرت النتائج تباين حالات الإصابة والوفيات في دول الخليج.

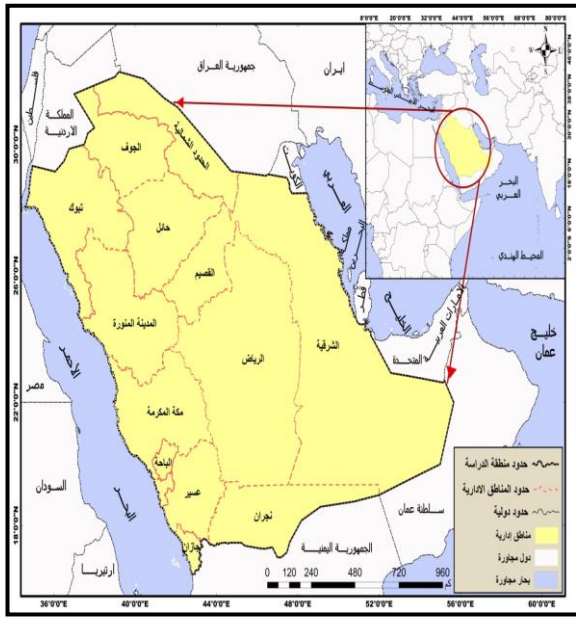
درس (المنتشري، والمطلق، 2022م) اختيار أنسب مواقع العزل لمواجهة فايروس كورونا المستجد في مدينة جدة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وذلك لاختيار أنسب المناطق لتكون منطقة عزل صحي في مدينة جدة للحد من انتشار الحالات المؤكدة في باقي المناطق، وتشير النتائج إلى ان حيي العوجاء والرمال الأكثر ملائمة، على مستوى محافظة جدة لتطبيق العزل الصحي.

وتطرق (Gharakhanlou & Perez, 2022) لمحاكاة ديناميكيات انتشار COVID-19 وتقييم فعالية اثنين من تدابير السياسة في مونتريال، كندا، وتم محاكاة تفشي الفايروس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتوصلت النتائج إلى ان 90.34٪ من الاصابات تحدث بسبب الحركة بأماكن عامة، وأشارت النتائج إلى أن الحد من تنقل السكان أدى إلى انخفاض عدد المصابين بحوالي 63 مصاباً كل أسبوع.

وتناول (Taran, et al, 2022) التحليل الزمني والمكاني لوباء كورونا في الأردن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، كان هدف الدراسة تحليل أنماط انتشار وتفشي فايروس كورونا خلال ست فترات، تم تطبيق معامل موران واختبار G وحاصل الموقع (LQ)، وأظهرت النتائج أن النمط العام لتوزيع الحالات المصابة بالفايروس كان عشوائياً، وتم الكشف عن أربع بؤر ساخنة هي عمان، وإربد، والزرقاء، والبلقاء.

وتطرق دراسة (Ogunjo, et al, 2023) لدور متغيرات الأرصاد الجوية والهباء الجوي في انتقال كوفيد-19 في نيجيريا بموسم انتشار الغبار بشكل كثيف وتحليل اثر الحرارة والرطوبة في حالات كوفيد-19، وتوصلت النتائج إلى ارتباط حالات الإصابة بكوفيد-19 ترتبط ارتباطاً إيجابياً كبيراً بالمعلمت الجوية الحرارة (0.19) والرطوبة (0.3) وجسيمات الغبار (0.22) في ثلاثة مواقع.

توزيع جغرافي جيد للسكان والمرافق وتقليل امكانية تعرض الدولة لهجمات عسكرية خارجية (مشخص، 2016، 16). وتضم المملكة ثلاثة عشرة منطقة ادارية اصغرها من حيث المساحة منطقة الباحة 12712.57 كم²، وأكبرها المنطقة الشرقية 625322.7 كم²، ويبلغ عدد سكان المملكة 35013414 نسمة عام 2020، ويتباين توزيع عدد وكثافة السكان من منطقة الى أخرى، حيث جاءت منطقة الحدود الشمالية في المرتبة الاخيرة من حيث عدد السكان 390656، والمرتبة الأخيرة من حيث كثافة السكان 2.9582 نسمة/كم²، بينما تأتي منطقة مكة المكرمة في المرتبة الاولى من حيث عدد السكان 9261257 نسمة، وجاءت منطقة جازان في المرتبة الاولى من حيث كثافة عدد السكان 123.82 نسمة/كم².



شكل 1: موقع منطقة الدراسة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على طبقات رقمية للمناطق الادارية المحافظات، وزارة الصحة السعودية.

منهجية الدراسة ولتحقيق أهداف الدراسة فقد تدرجت منهجيتها من خلال المرور بالخطوات الآتية:

أولاً) جمع البيانات تم جمع بيانات البيانات اليومية للحالات المؤكدة بصيغتي (Shapfile, dbf)، على مستوى المناطق الادارية والمحافظات من خلال مستخدم وزارة الصحة، ومساندة اداة (Gis Server) ضمن برنامج (Arc Catalog)، للمدة بين عامي 2020 - 2023.

وتم جمع بيانات الظروف الجوية والملوثات لنفس مدة انتشار المرض بين عامي 2020 - 2023 من مرثيات قضائية تم الحصول عليها على شكل طبقات (Raster) من موقع وكالة ناسا لعدد من الاقمار الصناعية، ومن هذه البيانات درجات الحرارة للقمر الصناعي (FLDAS)، والرياح للقمر (GLDAS)، والرطوبة النسبية للقمر (AIRS)، والأمطار للقمر

وتناولت دراسة (Gupta & Duan, 2023) دور معلمات الأرصاد الجوية في موجات جائحة كوفيد-19 في دهي، الهند، وتم قياس مستوى تأثير عوامل الأرصاد الجوية كالحرارة والرطوبة النسبية ونقطة الندى وسرعة الرياح والأمطار والضغط الجوي في موجات وباء كوفيد-19، وتوصلت النتائج الى أن عددًا من العوامل، مثل الحرارة ونقطة الندى والرطوبة وضغط الهواء اثرت في جائحة كوفيد-19، ولم يظهر تأثير للأمطار.

بناء على ذلك تختلف هذه الدراسة عن الدراسات التي تناولت الوباء في المملكة كدراسة المطيري بأنها تناولت الحالات المؤكدة بجميع المناطق ولمدة ثلاثة سنوات، وتطرق لتأثير الظروف الجوية في انتشار الحالات المؤكدة، وتباين توزيعها، وتنفق معها في استخدام بعض الاساليب الجيوإحصائية، وتختلف عن دراسة (الشمري) في تحليل الوباء والتركيز على المناخ في تأثيره على الحالات المؤكدة، واتفقت مع دراسة (Mollalo, et al) في استخدام الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) في نمذجة العلاقات، وتختلف عن دراسة (Aneflous & Hilal) كون هذه الدراسة اتبعت المنهج المقارن بينما هذه الدراسة تستخدم المنهج الوصفي التحليلي، وتختلف عن دراسة (عياصرة) في الموضوع فهذه الدراسة تناولت الحالات المؤكدة والأخرى تناولت الوفيات، وتختلف عن دراسة (Andersen) في نوعية المحددات المكانية لانتشار الوباء، واتفقت معها في بعض الاساليب الجيوإحصائية، واتفقت مع دراسة (Han, et al) في بعض اساليب تحليل خصائص توزيع الوباء وتختلف في المتغيرات المؤثرة فيه، واتفقت مع دراسة (السيد) في منهجية تحليل التباين، وتختلف هذه الدراسة عن دراسة (المنتشري، والمطلق) في المنهج والموضوع، وكذلك مع دراسة (Gharakhanlou & Perez)، واتفقت هذه الدراسة مع دراسة (Taran, et al) في بعض اساليب تحليل خصائص الوباء مكمانيا وزمانيا، كما تتفق هذه الدراسة مع دراستي (Ogunjo, et al, 2023) و (Gupta & Duan, 2023) في جزء كبير من الموضوع المتعلق بكشف دور الظروف الجوية في انتقال كوفيد-19.

منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة كما يبين شكل (1) جنوب غرب قارة اسيا يحدها من الشمال الشرقي الكويت، ومن الشمال جمهورية العراق والمملكة الأردنية الهاشمية، ومن الغرب البحر الأحمر، ومن الجنوب الجمهورية اليمنية وسلطنة عمان، ومن الشرق الخليج العربي ودول الإمارات العربية المتحدة وقطر ومملكة البحرين، وبذلك تطل المملكة على مسطحين مائتين مهمين بالنسبة للتجارة الدولية، وتقع المملكة فلكياً 15°: 5' : 16 - 30°: 10' : 32 شمالاً، وبين خطي طول 10°: 31' : 34 - 05°: 48' : 55 شرقاً، وتبلغ مساحة المملكة 2331143.38 كم²، حسب مسقط (Mercator_Auxiliary_Sphere). وتتصف المملكة بكبر مساحتها والمزايا الاستراتيجية للدولة الكبيرة مساحة، وتمثل هذه المزايا في امكانية احداث

حيث x هي قيمة الملاحظة عند النقطة j ؛ w_{ij} هي عناصر ثنائية i و j لمصفوفة W ($w_{ij}=1$) إذا كان الموقع ضمن مسافة d أو 0 في مكان آخر؛ n عدد الملاحظات التي تم إجراؤها.

واستخدام مؤشر (Local Getis-Ord G_i) لتحديد التكتل المكاني للوباء، ويحسب على النحو التالي:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij} w_{ij} x_j - x \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}{n-1}}}$$

(Gallor, et, 2021, p. 4).

حيث x_j هي قيمة الظاهرة j ؛ w_{ij} هي الأوزان المكانية بين i و j ؛ و n إجمالي عدد مغردات الظاهرة.

واستخدمت الدراسة معامل الارتباط الذاتي المكاني (Global Moran's I) ويحسب بالصيغة:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

(Gallor, et al, 2021, p. 3).

حيث n عدد المناطق؛ x_i هي قيمة البيانات في المنطقة i ؛ \bar{x} متوسط قيمة بيانات منطقة الدراسة؛ w_{ij} أوزان مكانية للمصفوفة W ، وتتراوح قيمة مؤشر موران I من -1 إلى 1 ، وتشير القيمة الموجبة إلى التركز والسالبة للتشتت، وتشير القيم القريبة من الصفر إلى العشوائية.

كما تم تحليل الحالات المؤكدة باستخدام (Local Moran's I) ويحدد مجموعة البيانات ذات المميزات العالية أو المنخفضة، والقيم المتطرفة وقد تم استخدامه من قبل (Anselin, 1995) لاكتشاف النقاط الساخنة والباردة ذات الدلالة الإحصائية والقيم المتطرفة، ويتم تمثيله رياضياً على النحو التالي:

$$I_i = x_i \sum_j w_{ij} x_j. (Gallor, et al. 2021, p.4).$$

حيث x_i هي سمة الخاصية I ، w_{ij} هي الأوزان المكانية بين السمة i و j . (HH) مرتفع مرتفع، (LL) منخفض منخفض، نوعان مختلفان من قيم Z المتطرفة عالية منخفضة (HL)، ومنخفضة عالية (LH).

وتم حساب نسبة تغير الحالات المؤكدة =

$$100 * \frac{\text{عدد الحالات المؤكدة 2022} - \text{عدد الحالات المؤكدة 2021}}{\text{عدد الحالات المؤكدة 2021}}$$

واستخدمت خوارزمية (Spline) لعمل استيفاء مكاني (Interpolation) لعناصر المناخ والملوثات بالمعادلة:

$$S(x,y) = T(x,y) + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j). (Franke, 1982, p. 276)$$

حيث $j = 1, 2, \dots, N$. و N عدد النقاط، (λ_j) معاملات تم إيجادها بواسطة المعادلات الخطية، و (r_j) هي المسافة من النقطة (x, y) إلى النقطة j ، و ($R(r), T(x,y)$) تعتمد على خيارين منتظم وغير منتظم. وبعد الانتهاء من الاستيفاء تم إيجاد متوسطات هذه العناصر على مستوى

(GPM)، وبيانات القمر (OMI) لغاز ثاني أكسيد النيتروجين، وثاني أكسيد الكبريت، وبيانات القمر (MERRA) لغاز أول أكسيد الكربون.

ثانياً معالجة البيانات: ومن أهم خطوات المعالجة القيام بفرز عدد الحالات المؤكدة على المستويات الفضلية خلال مدة الدراسة، في حين تضمنت معالجة بيانات الظروف الجوفية بإعادة ارجاع الطبقات من نظام الإحداثي الجغرافي إلى النظام المترى، وتحويل الطبقات من (Raster) إلى صيغة (Points).

ثالثاً اشتقاق الطبقات: وتم اشتقاق طبقات توزيع الحالات المؤكدة لكوفيد-19، لتحليل أنماط توزيعاتها المكانية، وهذه مهمة مهم ضمن استراتيجيات المراقبة للإبلاغ المبكر عن الحالات، وتحديد أولويات الرعاية الصحية، واتبعت الدراسة عدة أساليب جيواحصائية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لتحليل أنماط توزيع بيانات كوفيد 19، منها مؤشر التركز الجغرافي (G) الذي تم حسابه بالصيغة الرياضية:

$$G = 100 * (Bian, et al, 2022, p. 4)$$

$$\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{T}\right)^2}$$

حيث G مؤشر التركز الجغرافي لحالات كورونا، Y_i عددها في المنطقة i ، T إجمالي الحالات بمنطقة الدراسة، و n عدد الوحدات الادارية.

ومن اساليب تحليل التوزيع المعتمدة مؤشر تباعد حالات الذي تم حسابه بالصيغة:

$$S = \sqrt{\frac{N}{A}} * 1.0746. (أورقنجي، الشريعي 100)$$

حيث N عدد حالات الكورونا، و A مساحة المنطقة كم².

ومن ضمن اساليب تحليل توزيع وباء كورونا معدل انتشار الحالات ويحسب بالصيغة:

$$V_i = \frac{S_i}{M - N_i}. (Xie et al, 2020, p. 3).$$

حيث يمثل V_i معدل انتشار الحالات المؤكدة في المنطقة i ؛ و S_i العدد التراكمي لحالات COVID-19 في المنطقة i ؛ M تاريخ (2021/03/22)؛ ويمثل N_i تاريخ أول حالة مؤكدة i (2020/03/02).

ويعتبر معدل حدوث الحالات المؤكدة من الاساليب المتبعة في الدراسة ويحسب بالصيغة الرياضية الآتية.

$$R = \frac{TC}{TP} * 100000. (Anselin, 1995).$$

حيث (R) معدل حدوث الحالات، (TC) إجمالي الحالات المؤكدة بالمنطقة، (TP) إجمالي سكان المنطقة.

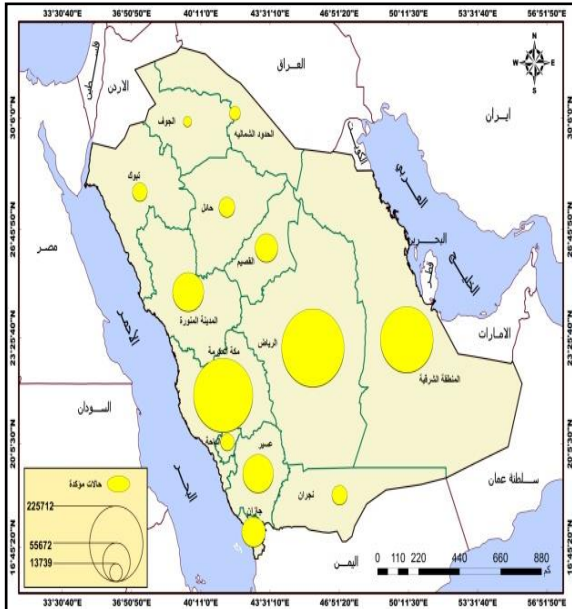
ومن الاساليب التي اتبعت في تحليل تكتل الحالات المؤكدة (Getis-Ord General G) وهي أداة قائمة على المسافة تحسب نسبة متغير داخل نصف قطر معين من نقطة إلى نسبة المنطقة ويحسب كما يأتي:

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^n x_j}. (Gallor, et al, 2021, p. 3)$$

أن معدل التوزيع المكاني لـ (COVID-19) في المملكة شكل (2) يظهر من خلال تركز غالبية الحالات المؤكدة بحوالي 591764 حالة مؤكدة بنسبة 71.5% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة في المملكة في ثلاثة مناطق الرياض بنسبة 27.37% من إجمالي عدد الحالات، ومكة المكرمة بنسبة 24.58%، والشرقية بنسبة 19.55%، ومن ثم جاءتا منطقتي المدينة المنورة 6.78%، وعسير 6.57%، وتمثل هذه المناطق الخمسة 84.85% من إجمالي الحالات المؤكدة على مستوى المملكة، وسجل اقل عدد للحالات المؤكدة 3922 حالة بمنطقة الجوف بنسبة 0.47%.

ويظهر شكل (3) وجود أكثر من تركز للحالات المؤكدة وسط وشرق وغرب وجنوب غرب المملكة، وبالتالي يتباين توزيع الحالات المؤكدة على مستويي المناطق والمحافظات، ويبين الشكل نفسه تركز غالبية الحالات في المراكز الادارية لكل منطقة حيث تتركز في مدينة الدمام والقطيف بالشرقية، ومدينة الرياض بمنطقة الرياض، وبريدة بمنطقة القصيم، والمدينة المنورة وينبع بمنطقة المدينة، وجدة ومكة والطائف بمنطقة مكة المكرمة، وبلجرشي في الباحة، وأبها وخميس مشيط بمنطقة عسير، ومدينة نجران بمنطقة نجران.

وبتحليل موقع الظاهرة المركزية (Central Feature) لتوزيع الحالات المؤكدة يوضح شكل (3) ان محافظة القويعة غرب منطقة الرياض تمثل الظاهرة المركزية لتوزيعها على مستوى المحافظات. وتبين نتائج تحليل المركز المتوسط (Mean Center) وقوعه في محافظة القويعة عند تقاطع دائرة عرض 23.40.2 وخط طول 44.11.7. ويقع المركز الوسيط (Median Center) بالمحافظة نفسها شمال شرق المركز المتوسط عند نقطة التقاء دائرة عرض مع خط الطول 23.8.52 - 45.0.48.



شكل 2: توزيع حالات كوفيد-19 المؤكدة في المملكة

المناطق الادارية، وإدخال بياناتها ضمن طبقة (Shapfile) الحالات المؤكدة لكشف تأثيراتها كل منها في الحالات المؤكدة.

رابعاً) علاقة الحالات المؤكدة بالظروف الجوية: استخدمت الدراسة نموذج الانحدار العالمي المربعات الصغرى (OLS) الذي يفترض ثبات مكاني في علاقة المتغير المستقل والتابع، والمربعات الصغرى نموذج احدار يقيم العلاقة بين المتغيرات، ولا يأخذ في الاعتبار التبعية المكانية بين المفردات. وللتخفيف من هذا الافتراض والسماح للمعلمات بالعمل مكانياً تم استخدام معامل الانحدار الموزون جغرافياً (GWR). الذي يسمح باشتقاق المعلمات لكل موقع على حدة، ودمج السياق الجغرافي (Oshan et al, 2020, p. 269).

ويحسب نموذج المربعات الصغرى (OLS) العلاقة بين المتغيرات التابعة (الحالات المؤكدة) والمتغيرات المستقلة بالصيغة الاتية.

$$y_i = \beta_0 + x_i \beta + \epsilon_i. \text{ (Dutta, et al, 2021, p.3).}$$

حيث y_i المتغير التابع في منطقة i ، β_0 هو التقاطع، ϵ_i متجه المتغيرات الخارجية المختارة وناقل معاملات الانحدار، i هو الخطأ العشوائي. في المقابل يحسب معامل الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) لكشف علاقة الحالات المؤكدة بالظروف الجوية بالصيغة الرياضية الاتية:

$$Y_i = \beta^0 i + \sum_{j=1}^m \beta^{ij} * i_j + \epsilon_i, i = 1, 2, \dots, n. \text{ (Mollalo, et al, 2020, p. 3)}$$

حيث i الحي، y_i مساحة الكتلة المبنية في الحي، β^0 التقاطع، β^{ij} معلمة انحدار (j th)، X_{ij} قيمة المعلمة التفسيرية (j)، و ϵ_i مصطلح الخطأ العشوائي، ويتم إعطاء تقدير للمعلمات لكل متغير تفسيري في كل منطقة على شكل مصفوفة، وتحسب β_i بالصيغة الرياضية:

$$\hat{\beta}(i) = X^{-1} W(i) X^{-1} X^{-1} W(i) y. \text{ (Mollalo, et al, 2020, p.4).}$$

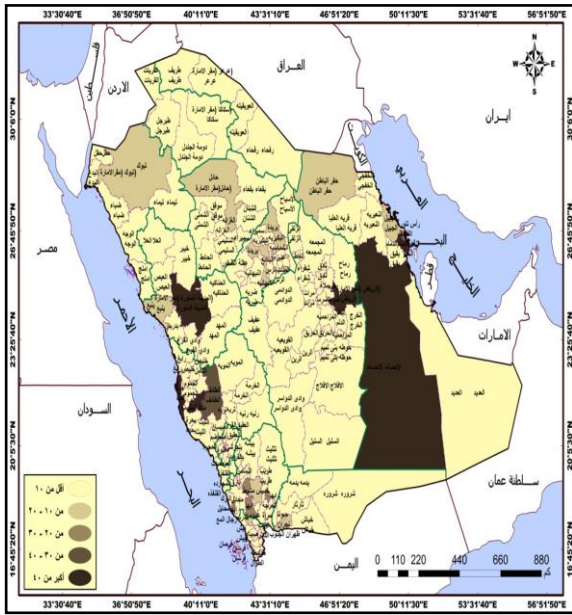
حيث $\hat{\beta}$ تقدير معلمات ($1 \times m$)، X مصفوفة متغيرات ($m \times n$)، $W(i)$ مصفوفة أوزان مكانية ($n \times n$)، y المتغير التابع ($1 \times m$) مصفوفة $W(i)$. (Fotheringham & Oshan, 2016, p. 1252) قطرية يتم إنشاؤها من أوزان كل ملاحظة بناءً على بعدها من الموقع i ويتم معايرتها بناءً على انحدار مرجح محلياً، ولحسابها يجب تحديد دالة (kernel) و عرض النطاق الترددي الذي يحدد بناءً على المسافة (الإقليدية).

مناقشة نتائج البحث

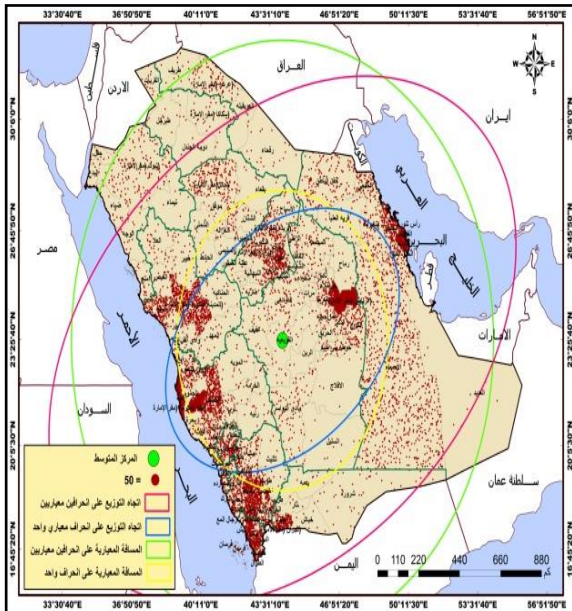
اولاً) التحليل المكاني لتوزيع الحالات المؤكدة:

أ) مؤشر تركز الحالات المؤكدة:

بمحافظة الاحساء والدمام والقطيف والخبر وحفر الباطن وينبع وجدة
وابها، ونجران وحائل وتبوك.

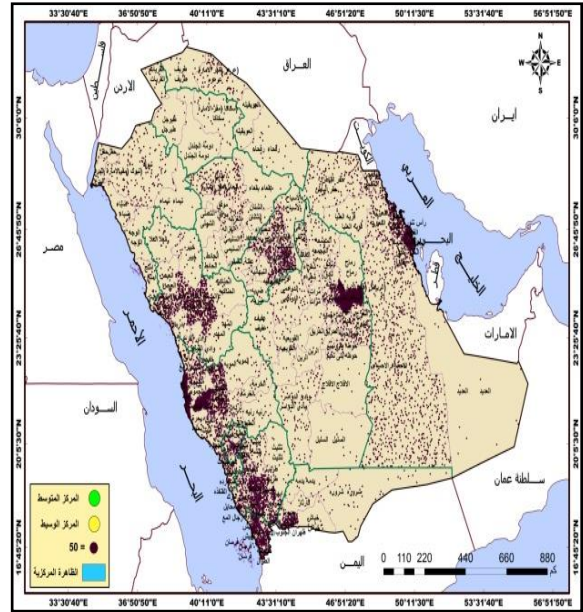


شكل 4: مؤشر تركز الحالات المؤكدة في المملكة



شكل 5: المسافة المعيارية واتجاه توزيع الحالات المؤكدة في المملكة

ويبين شكل (5) اتجاه توزيع (Directional Distribution) الحالات المؤكدة حيث تظهر محاور الشكل البيضاوي لاتجاه التوزيع بحساب الانحراف المعياري لإحداثيات (X, Y) عن المركز المتوسط. (الدويكات، 2010، ص 615). وقد اخذ اتجاه توزيعها جنوبي غربي شمالي شرقي، وبلغ انحراف زاوية توزيعها عن اتجاه الشمال 61.46 درجة. وتشير محاور توزيع الحالات المؤكدة وقوع المحافظات التي تتصف بتركزها ضمن محورين الاولى على انحراف من المتوسط كمحافظات الرياض وبريدة والمدينة المنورة ومكة المكرمة والطائف وجدة، في حين تقع محافظات خميس مشيط وغالبية الاحساء ومحافظات



شكل 3: المتوسط والظاهرة المركزية لحالات كوفيد-19 في المملكة

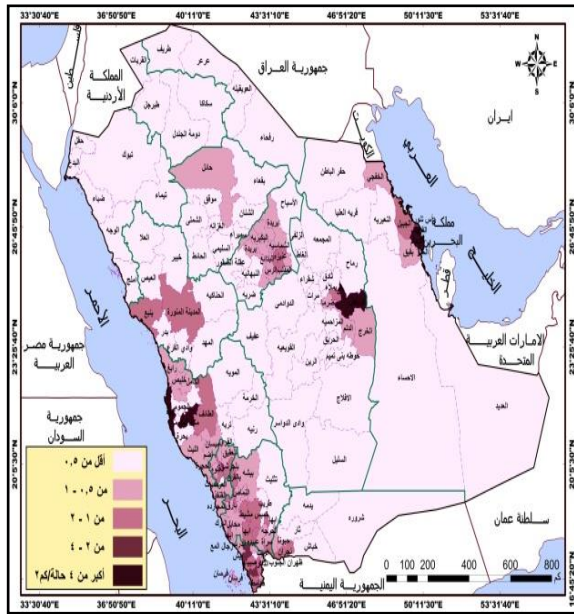
وتظهر نتائج تطبيق مؤشر التركز الجغرافي الذي يشير إلى تكتل توزيع الظاهرة الجغرافية. وتتراوح قيمته بين 0 - 100، وكلما زادت القيمة عن 100 دل على شدة تركز التوزيع (Ju. et al, 2022, p.225). تتراوح مؤشر التركز الجغرافي لحالات كورونا المؤكدة بين 281.74% بمحافظة الرياض مما يدل على شدة تركزها، إلى صفر في محافظات غامد الزناد بالباحة ومحافظه الشمالية في القصيم ومحافظه هروب بمنطقة جازان.

وللتأكيد على ما تم التوصل اليه توضح نتائج شكل (3) تباين مؤشر التركز الجغرافي لحالات كورونا المؤكدة حيث تجاوزت نسبة مؤشر التركز 40% في الرياض بنسبة 281.74% وجدة بنسبة 139.07% ومكة المكرمة 92.07% والدمام 74.17% والاحساء 72.79% والمدينة المنورة 54.34%. وتراوح بين 40 - 30% في الطائف 34.23%. وتتراوح بين 30 - 20% في ابها 26.6% والقطيف 22.62% والخبر 20.02%. وتراجع قيمة المؤشر بين 20 - 10% في خميس مشيط 18.83%. وبريدة 16.99% وينبع 16.57% وحائل 16.35% والجبيل 14.95% وجازان 14.8% ونجران 12.74% وتبوك 12.19% وحفر الباطن 11.74%، وتقل عن ذلك في بقية محافظات المملكة.

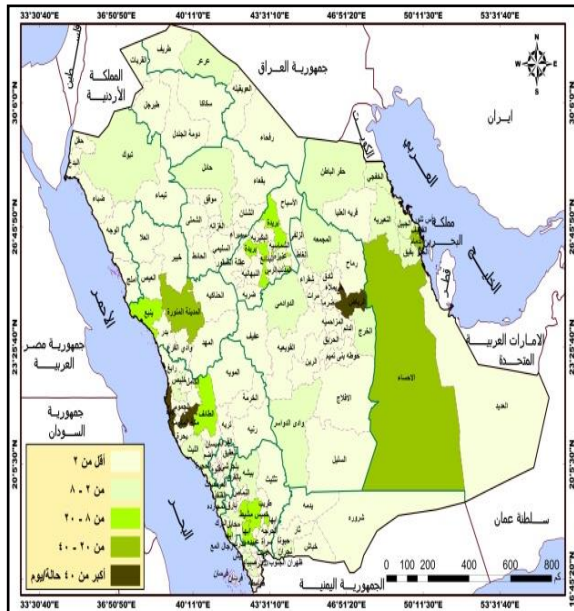
ب) مؤشر تبعثر الحالات المؤكدة

تظهر نتائج استخدام المسافة المعيارية (Standard Distance) لقياس تبعثر الحالات المؤكدة تركزها حول المتوسط المكاني على انحراف معياري واحد في محافظات الرياض وبريدة والمدينة المنورة ومكة المكرمة والطائف وخميس مشيط، وتركزت حول المتوسط على انحرافين معيارين

ويبين شكل (7) تجاوز معدل انتشار الحالات المؤكدة 40 حالة/يوم في الرياض 138 وجدة 68 ومكة 45 حالة/يوم، وبلغ معدل الانتشار بين 40 - 20 حالة/يوم في الدمام 36 والإحساء 35 والمدينة المنورة 26 حالة/يوم، وتراوح المعدل بين 20 - 8 حالات/يوم في الطائف 16 وأبها 13 والقطيف 11 والخبر 10 وخميس مشيط 9 وبريدة وبنبع وحائل 8 حالة/يوم، وتراوح معدل الانتشار بين 8 - 2 حالات/يوم في الجبيل وجازان 7 لكل منها وتبوك وحفر الباطن 6 وعنيزة والخرج ووادي الدواسر 4 وأبو عريش وعرعر والنعيرية وبيش والدوادمي والليث والقنفذة 3 والجمعة والخفجي وبيشة ومحال وصبيا وبقيق وخليص وبلجرشي والباحة 2 حالة/يوم لكل منها، ويقل معدل الانتشار عن 2 إصابة/يوم في بقية محافظات المملكة.



شكل 6: تباعد حالات كوفيد-19 المؤكدة في المملكة



شكل 7: انتشار حالات كوفيد-19 المؤكدة في المملكة

الدمام والقطيف والخبر وحفر الباطن وبنبع وأبها ونجران وحائل داخل المحور الثاني للتوزيع على انحرافين من المتوسط المكاني.

وتظهر نتائج تطبيق مؤشر التركيز الجغرافي الذي يشير إلى تكتل توزيع الظاهرة الجغرافية. وتتراوح قيمته بين 0 - 100، وكلما زادت القيمة عن 100 دل على شدة تركز التوزيع (Ju. et al, 2022, p.225). تراوح مؤشر التركيز الجغرافي لحالات كورونا المؤكدة بين 281.74% بمحافظة الرياض مما يدل على شدة تركيزها، إلى صفر في محافظات غامد الزناد بالباحة ومحافظة الشامية في القصيم ومحافظة هروب بمنطقة جازان.

وللتأكيد على ما تم التوصل إليه توضح نتائج شكل (4) تباين مؤشر التركيز الجغرافي لحالات كورونا المؤكدة حيث تجاوزت نسبة مؤشر التركيز 40% في الرياض بنسبة 281.74% وجدة بنسبة 139.07% ومكة المكرمة 92.07% والدمام 74.17% والإحساء 72.79% والمدينة المنورة 54.34%. وتراوح بين 40 - 30% في الطائف 34.23%. وتتراوح بين 30 - 20% في أبها 26.6% والقطيف 22.62% والخبر 20.02%. وتتراوح قيمة المؤشر بين 20 - 10% في خميس مشيط 18.83% وبريدة 16.99% وبنبع 16.57% وحائل 16.35% والجبيل 14.95% وجازان 14.8% ونجران 12.74% وتبوك 12.19% وحفر الباطن 11.74%، وتقل عن ذلك في بقية محافظات المملكة.

ج) مؤشري تباعد وانتشار الحالات المؤكدة

يعد التباعد من أهم الإجراءات الاحترازية التي تتبعها الدول للحد من انتشار كوفيد، وتظهر نتائج تطبيق معدل تباعد الحالات المؤكدة تباين تباعدها، حيث تراوح تباعدها بين 8.03 حالة/كم² في محافظة الخبر، إلى صفر حالة/كم² في فرعة غامد الزناد بالباحة والشامية في منطقة القصيم وهروب في منطقة جازان، ويوضح شكل (6)، تجاوز مؤشر التباعد 4 حالات/كم² في الخبر 8.02 حالة/كم² وجدة 5.32 حالة/كم² والدمام 5.04 حالة/كم² والرياض 4.73 حالة/كم² والقطيف 4.7 حالة/كم² ومكة 4.01 مصاب/كم². وتراوح مؤشر التباعد بين 4 - 2 حالة/كم² في الباحة 3.43 حالة/كم² وجازان 3.17 حالة/كم² وفيفا 2.96 حالة/كم² وراس تنورة 2.8 حالة/كم² وأبو عريش 2.25 حالة/كم² وبيش 2.006 حالة/كم². وتراوح المؤشر بين 2 - 1 حالة/كم² في صامطة 1.84 حالة/كم² والطول 1.73 حالة/كم² ونجران 1.69 حالة/كم² واحد رفيدة 1.67 حالة/كم² وأبها 1.66 حالة/كم² وعنيزة 1.64 حالة/كم² والمنندق 1.6 حالة/كم² وخميس مشيط 1.56 حالة/كم² وبلجرشي 1.48 حالة/كم² وصبيا 1.47 حالة/كم² والعيديبي 1.45 حالة/كم² والعارضه 1.33 حالة/كم² والطائف 1.26 حالة/كم² وظهران الجنوب 1.24 حالة/كم² والمدينة المنورة 1.23 حالة/كم² والجبيل 1.2 حالة/كم²، والدريعية 1.19 حالة/كم² وضمند 1.18 حالة/كم² واحد المسارحة 1.13 حالة/كم² وبنى حسن 1.07 حالة/كم² و المجاردة 1.06 حالة/كم² وبالقرن 1.05 حالة/كم² و المخواه 1.05 حالة/كم² والبدائع 1.03 حالة/كم² وبنبع 1.01 حالة/كم²، وتقل قيمة مؤشر التباعد عن حالة مؤكدة واحدة/كم² في بقية المحافظات.



شكل 8: معدل حدوث حالات كوفيد-19 المؤكدة في المملكة

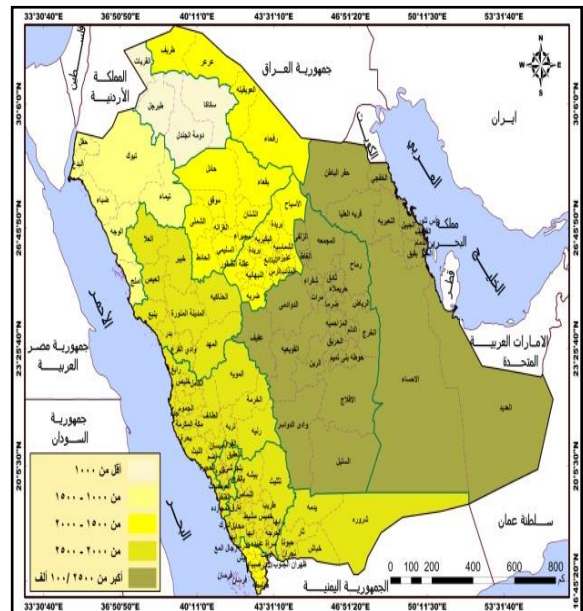
هـ) مؤشرات تكتل الحالات المؤكدة: ، وتنص الفرضية الصفرية لهذه الطريقة على أن نمط التوزيع عشوائي. وتشير درجة (Z) العالية إلى تكتل عالي، والصغيرة لتكتل منخفض، والقريبة من 0 لعدم وجود تكتل (Li) et al.2020, p.1. وبذلك تظهر نتائج هذا التحليل ان قيمة (G) المحسوبة والمتوقعة لتوزيع وباء كورونا 0.000001، بمعدل تباين صفر، بينما بلغت الدرجة المعيارية (-0.592425) ، وبلغت قيمة p (0.553566)، وهذه ليس لها دلالة احصائية عند أي مستوى، وبالنظر إليها والى قيمة (Z) فان توزيع وباء كورونا شكل (10) لا يختلف عن نمط التوزيع العشوائي.

في المقابل أكد نوبل على وجود ارتباط مكاني بين الظواهر الجغرافية تزداد قوته كلما كانت متجاورة، واستخدمت الدراسة مؤشر الارتباط المكاني (Morans I) لمعرفة ما إذا كان نمط توزيع الحالات المؤكدة (متجمع أو مبثر عشوائي)، ويعتمد على الفرضية الصفرية التي تنص على ان نمط التوزيع عشوائي، وتستخدم قيمتي الدرجة المعيارية (Z) والاحتمالية (P) لقبول أو رفض الفرضية الصفرية، وتعكسان ما إذا كان التباين مهماً من الناحية الإحصائية أم لا، فعندما تكون قيمة p ذات دلالة يتم رفض الفرضية الصفرية والعكس.

بناء على ذلك تظهر نتيجة تحليل الارتباط المكاني لتوزيع الحالات المؤكدة في المملكة، ان قيمة مؤشر موران 0.0179، والقيمة المتوقعة 0.0068 ، بتباين مكاني 0.0038، وبدرجة حرية 1.27، وبالنظر إلى درجة الحرية شكل (11) فان توزيع الحالات المؤكدة لا يختلف عن نمط التوزيع العشوائي، ويدعم ذلك قيمة (p) 0.20 التي ليس لها دلالة احصائية عند مستوي (0.01) - (0.05)، وبالتالي تقبل الفرضية الصفرية التي تقول ان نمط توزيع حالات كوفيد المؤكدة عشوائي، وترفض البديلة التي ترى ان توزيعها غير عشوائي.

د) معدل حدوث وكثافة الحالات المؤكدة: تراوح معدل حدوث الحالات المؤكدة بين 722.27 حالة مؤكدة/100000 نسمة في منطقة الجوف، الى 3070.9 حالة/100000 نسمة بالشرقية. ويوضح شكل (8) تجاوز معدل حدوث الحالات المؤكدة 2500 حالة/100000 نسمة في الشرقية 3070.9، والرياض 2554.1 حالة/100000 نسمة. وتراوح المعدل بين 2500 - 2000 حالة/100000 في المدينة المنورة 2448.4، وعسير 2309.4، ونجران 2220.8، ومكة المكرمة 2196.2، والباحة 2143.17. وبلغ معدل حدوثها بين 2000 - 1500 حالة/100000 في حائل 1968.1، والقصيم 1966.3، وجازان 1955.4 والحدود الشمالية 1785.2. وتراوح المعدل بين 1500 - 1000 حالة/100000 نسمة في تبوك 1308.4. ويقل المعدل عن 1000 حالة/100000 نسمة في منطقة الجوف 722.3.

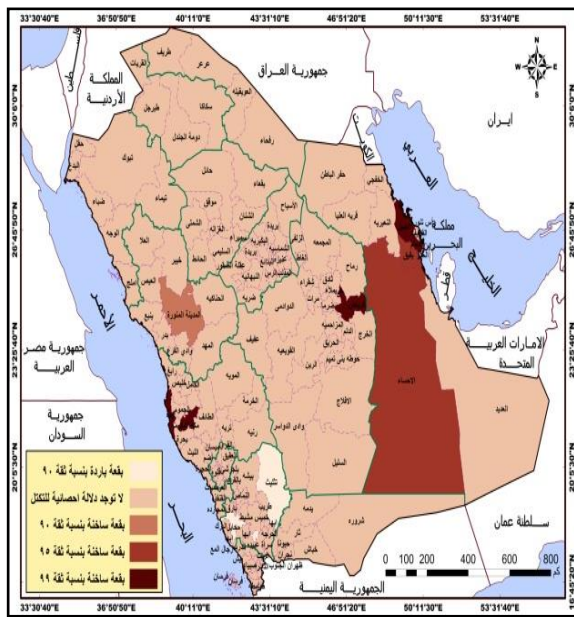
وتظهر نتائج تحليل كثافة الحالات المؤكدة/كم² شكل (9) وقوع 118 محافظة بنسبة 79.2% ضمن نطاق انخفاض الكثافة عن حالة/كم²، وينتمي للنطاق الثاني حيث الكثافة بين 1 - 5 حالات/كم² 21 محافظة بنسبة 14.09% من الإجمالي، وهي ابو عريش 4.4 حالة/كم²، وبيش 3.5 حالة/كم²، وصامطة 2.9 حالة/كم² والطوال 2.6 حالة/كم²، ونجران واحد ريفية وأبها 2.4 حالة/كم² وعنبرة 2.3 حالة/كم² والمندق 2.2 حالة/كم² وخميس مشيط 2.1 حالة/كم² وبلجرشي وصبية 1.9 حالة/كم² والعيديان 1.8 حالة/كم² والعارضه 1.5 حالة/كم² والطائف 1.4 حالة/كم² وظهران الجنوب والمدينة 1.3 حالة/كم² والجبيل والدرعية وضمد 1.2 حالة/كم² وأحد للمسارحة 1.1 حالة/كم². ويبرز نطاق تراوح الكثافة بين 5 - 10 حالات/كم² في محافظات جازان 8.7 حالة/كم²، وفيما 7.5 حالة/كم²، ورأس تنورة 6.8 حالة/كم². وتضم المنطقة حيث كثافة الحالات المؤكدة بين 10 - 15 حالة/كم² محافظتي مكة المكرمة 14 حالة/كم²، والباحة 10.2 حالة/كم². وتتجاوز كثافة الحالات 15 حالة/كم² في محافظات الخبر 55.8 حالة/كم² وجدة 24.5 حالة/كم² والدمام 21.9 حالة/كم² والرياض 19.4 حالة/كم² والقatif 19.1 حالة/كم²



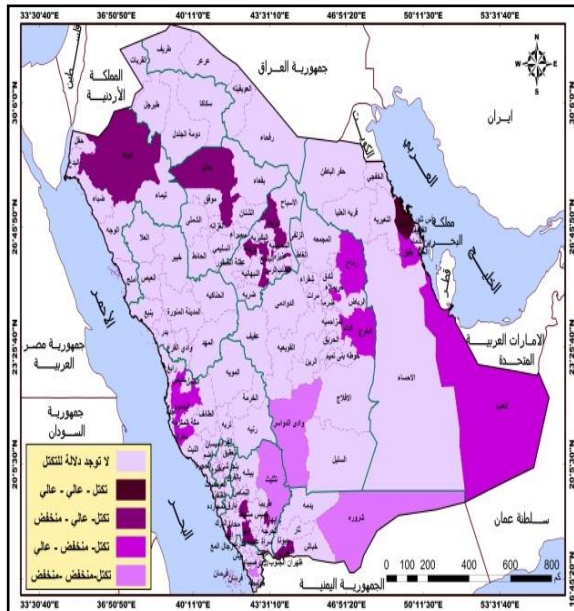
شكل 9: كثافة حالات كوفيد-19 المؤكدة بالمملكة

وأحد ريفية ضمن البقع الباردة بنسبة ثقة 90%، وبذلك يمكن استخدام الاستفادة من هذه النتائج في توجيه جهود الوقاية والتدخل السريع في المناطق الساخنة للحد من انتشار الحالات المؤكدة.

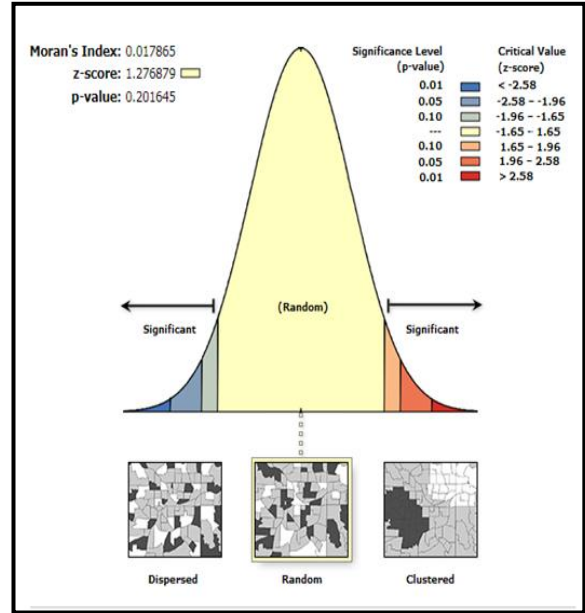
ويمكن للارتباط التلقائي المحلي (Local Moran's I) تقييم علاقة توزيع كورونا بالمناطق المتجاورة، ويوضح الشكل السابق (13) ان غالبية محافظات المملكة تتصف بعدم وجود دلالة احصائية لتكتل الحالات، وتقع محافظة الجبيل بمناطق تتصف بتكتل عالي عالي للحالات المؤكدة مقارنة بالمحافظات المجاورة لها بدلالة احصائية (0.05). وتقع حائل بدلالة (0.01) وبريدة وأبها وتبوك ونجران بدلالة (0.05) ضمن مناطق تتصف بتكتل عالي منخفض لوباء كورونا مقارنة بالمحافظات المجاورة لكل منها.



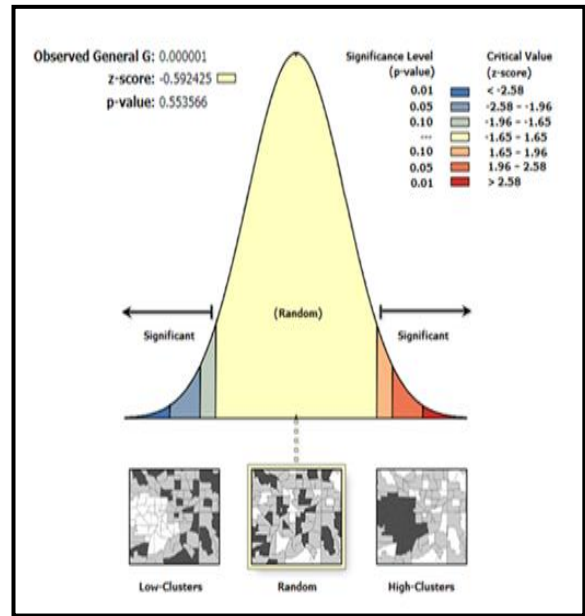
شكل 12: تحليل البقع الساخنة والباردة لحالات كوفيد المؤكدة



شكل 13: الارتباط المكاني لتكتل حالات كوفيد المؤكدة



شكل 10: الارتباط المكاني لحالات كوفيد المؤكدة بالمملكة



شكل 11: نمط توزيع حالات كوفيد-19 المؤكدة في المملكة

من جانب آخر تم استخدام مؤشر (Hot Spot Analysis Getis-Ord) G_i^* لتحديد مدى التكتل المكاني لتوزيع الحالات المؤكدة إما بقيم عالية (بقع ساخنة) أو منخفضة (بقع باردة) بكل محافظة مقارنة بالمحافظات المجاورة بها، وكلما زادت درجة الحرية، زاد تكتل القيم العالية، وتشير درجة الموجبة إلى البقع الساخنة، بينما يشير انخفاض درجة الحرية، والسالبة منها إلى البقع الباردة. وبذلك تبين نتائج تحليل البقع الساخنة لتوزيع حالات كورونا المؤكدة شكل (12) وقوع غالبية المحافظات ضمن الفئة التي لا دلالة احصائية لتكتلها، وتقع الجبيل والدمام والرياض ومكة المكرمة وجدة ضمن البقع الباردة بنسبة ثقة 99%، بينما تقع محافظتي الاحساء وبقين ضمن البقع الساخنة بنسبة ثقة 95%. وتقع المدينة المنورة ضمن البقع الساخنة بنسبة ثقة 90%. بينما تقع محافظات تبليث ومحائل

ثانياً التغيرات الفصلية لحالات كورونا المؤكدة: بلغ إجمالي عدد الحالات المؤكدة في المملكة من بداية انتشار الفيروس حتى تاريخ 4/ 5/ 2023 أي خلال ما يقارب (1156) يوماً نحو (827892) حالة مؤكدة، منها (3890) حالة نشطة، بنسبة 0.37% من إجمالي عدد الحالات، وتعرض نحو (9646) حالة بنسبة 1.16% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة للوفيات خلال هذه المدة.

وتتبع محافظات العديد وبقين ورماح والخرج والدريعية والدلم وخليص والجموم وبحرة بدلالة (0.05) مناطق تكتل منخفض عالي للوباء مقارنة بالمحافظات المجاورة. وتنتمي محافظات وادي الدواسر بدلالة (0.01) وتثليث وشرورة بدلالة (0.05) للمحافظات التي تتصف بتكتل منخفض منخفض مقارنة بالمحافظات المجاورة لكل منها.

جدول 1: توزيع الحالات المؤكدة فصلياً للأعوام (2020، 2021، 2022، 2023)

الفصل	بداية المدة	نهاية المدة	عدد ايام التسجيل	الحالات المؤكدة	نسبة تغير المؤكدة %
أواخر الشتاء	2020/03/02	2020/03/20	17	8	-
الربيع	2020 /3 /21	2020 /6 /20	92	101122	-
الصيف	2020 /6 /21	2020 /9 /20	92	210369	-
الخريف	2020 /9 /21	2020 /12/20	91	40590	-
الشتاء	2020/12 /21	2021/3 /20	90	22323	-
الربيع	2021 /3 /21	2021 /6 /20	92	82716	- 18.2
الصيف	2021 /6 /21	2021 /9 /20	92	78522	- 62.68
الخريف	2021 /9 /21	2021 /12/20	91	4634	- 88.59
الشتاء	2021/12 /21	2022/3 /20	90	192000	760.1
الربيع	2022 /3 /21	2022 /6 /20	92	35803	- 56.71
الصيف	2022 /6 /21	2022 /9 /20	92	34648	- 55.87
الخريف	2022 /9 /21	2022 /12/20	91	11465	147.41
الشتاء	2022/12 /21	2023/3 /20	89	3822	- 98
الربيع	2023 /3 /21	2023 /5 /4	45	9870	-

المصدر: الباحثان بالاعتماد على بيانات يومية للحالات المؤكدة بين عامي 2020، 2023، موقع وزارة الصحة السعودية.

المسجلة في الخريف في المرتبة الثالثة بنحو (40590) حالة مؤكدة، بنسبة 11.52% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2020، ويرجع السبب في انخفاض عددها في الخريف إلى زيادة نسبة التحصين عن المرض، وزيادة الوعي المجتمعي أيضاً بضرورة التباعد، وأخيراً جاء الشتاء في المرتبة الأخيرة من حيث عدد الحالات المؤكدة عام 2020 بنحو (8) حالات مؤكدة، بنسبة 0.002% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2020، ويرجع انخفاض نسبة الحالات المؤكدة في فصل الشتاء خلال العام الأول من انتشار الفيروس إلى البدء في تسجيل الحالات في شهر مارس أي نهاية فصل الشتاء بتاريخ 2/ 3/ 2020. ومن جانب آخر تظهر نتائج تحليل توزيع الحالات المؤكدة في العام الثاني عام 2021، وهنا سوف يبرز نمط التوزيع الفصلي للحالات المؤكدة بين الفصول بشكل أوضح بسبب تساوي عدد ايام تسجيل الحالات بمختلف الفصول، وعليه فقد بلغ عدد الحالات المؤكدة عام 2021 نحو (188195) حالة مؤكدة بنسبة 22.73%، لتتراجع عن نسبة عدد الحالات المسجلة عام 2020 بنحو 19.79% من إجمالي عددها بين عامي 2020 - 2023 وذلك بسبب استمرار استخدام كافة التدابير الوقائية لمكافحة المرض من قبل وزارة الصحة، وفرض عقوبات صارمة لمن يخالفها، وكذلك زيادة الوعي المجتمعي لدى السكان .

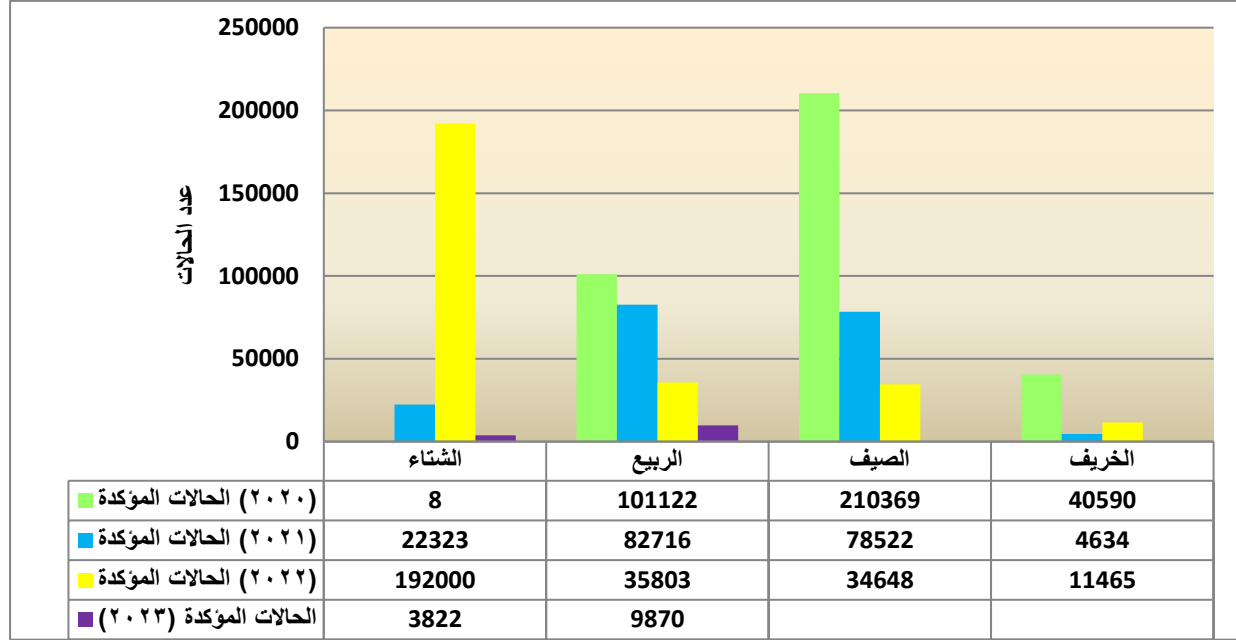
ويظهر شكل رقم (14) تقدم فصل الربيع بعدد الحالات المؤكدة (82716)، بنسبة 43.96% من الإجمالي عام 2021 إلى المرتبة الأولى باعتبار ان فصل الربيع هو فصل انتقالي، تبدأ فيه تغيرات طقسية كارتفاع

وعند تحليل توزيع الحالات المؤكدة خلال العام الأول من انتشار الفيروس بين تاريخي (2/ 3/ 2020 - 20/ 12/ 2020) يظهر ان تأثير التغيرات الفصلية في تغير حالات كوفيد المؤكدة ليس واضحاً في العام الأول، ويعود السبب إلى أن بداية انتشار الفيروس كانت في فصل الربيع، وبعدها بدأت مباشرة التدابير الوقائية من حكومة المملكة والمثلة في الجهة التنفيذية وهي وزارة الصحة، فتم فرض التباعد الاجتماعي (الحظر)، ومنع التجمع والتحوّل وتحوّل التعليم من حضوري إلى عن بعد، وذلك للحد من انتشار الفيروس لفترة استمرت إلى نهاية فصل الصيف، مما ساهم في التقليل من تأثير تقلبات الطقس في نسبة تغير الحالات المؤكدة ، فقد بلغ عدد الحالات المؤكدة خلال هذا العام جدول (1) نحو (352089) حالة مؤكدة بنسبة 42.52% من الإجمالي بين عامي 2020 - 2023.

وبلاحظ من خلال الشكل رقم (14) تركز أكبر عدد من الحالات المؤكدة على مستوى المملكة خلال هذه المدة في فصل الصيف بنحو (210369) حالة مؤكدة، بنسبة 59.75% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2020، ويرجع السبب إلى سرعة تفشي المرض الذي سجل أولى حالات الإصابة به في فصل الربيع، واستمرت الحالات في الزيادة طوال هذا الفصل، ومع استمرار تفشي المرض بلغت الحالات ذروتها في فصل الصيف، وقد بلغت عدد الحالات المؤكدة المسجلة في الربيع (101122) حالة مؤكدة، بنسبة 28.72% من إجمالي الحالات المؤكدة عام 2020 أي في المرتبة الثانية بعد الصيف، وذلك بسبب إلزام الدولة للسكان بالحظر ومنع التجمع والتجول لفترة امتدت إلى نهاية فصل الصيف، ومن ثم جاءت الحالات المؤكدة

وقد يؤثر هذا على قدرته على الاستمرار على الأسطح وفي الهواء عند التغيرات الفصلية، ويظهر تراجع عدد الحالات المؤكدة المسجلة في الصيف بنحو (78522) حالة مؤكدة بنسبة تصل إلى 41.72% من الإجمالي عام 2021، وتقدم فصل الشتاء الى المرتبة الثالثة من حيث عدد الحالات المؤكدة بنحو (22323) حالة، بنسبة 11.86% من الإجمالي عام 2021، وأخيرا جاء فصل الخريف في عدد الحالات المؤكدة بنحو (4634) حالة، بنسبة 2.46% من الإجمالي عام 2021.

درجة الحرارة واختلاف ساعات النهار عما كانت عليه في الشتاء، وتؤثر مثل هذه التغيرات على انتشار بعض الأمراض الموسمية، خاصة فيروسات الجهاز التنفسي الحساسة بيئياً، والتي يكون انتقالها انتقالاً موسمياً يتزامن مع تغير درجة الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي. لذلك وباعتبار أن COVID-19 من الفيروسات التي تصيب الجهاز التنفسي من المحتمل أن يكون حساساً لتغير درجة الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي؛



شكل 14: التوزيع الفصلي لحالات كورونا المؤكدة للأعوام (2020، 2021، 2022، 2023) المصدر: الباحثان بالاعتماد على بيانات لحالات المؤكدة جدول رقم (1).

عام 2021، واستمر فصل الخريف في المرتبة الأخيرة من حيث عدد الحالات المؤكدة (11465) حالة، بنسبة 4.18% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2022.

بناء على ذلك ولإجراء مقارنة فصلية أوسع بضم المدة كاملة لتسجيل عدد الحالات المؤكدة للإصابة بفيروس كورونا من بداية عام 2020 حتى شهر مايو 2023، وتعد هذه المقارنة ادق لأنها تربط بين عدد الحالات ونسبتها مع عدد ايام تسجيل الحالات ونسبتها في كل فصل كما تبين بيانات جدول رقم (2).

وعلى الرغم من مجيء فصل الصيف في المرتبة الثالثة من حيث عدد ايام تسجيل الفيروس بنحو (276) يوماً فقط بنسبة 23.87% من إجمالي عدد ايام تسجيل حالات كورونا، إلا ان فصل الصيف كما بين شكل رقم (17) جاء في المرتبة الاولى بعدد الحالات المؤكدة للفيروس على مستوى المملكة بنحو (323539)، بنسبة 39.08% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة بين عامي 2020 - 2023.

في المقابل جاء فصل الربيع في المرتبة الاولى من حيث عدد ايام تسجيل الفيروس بنحو (321) يوماً بنسبة 27.77% من إجمالي

وتبين نتائج تحليل توزيع عدد الحالات المؤكدة في العام الثالث من انتشار الفيروس عام 2022، وتعد نتائج تحليل هذا العام مهمة في مقارنتها مع الحالات المؤكدة لعام 2021، بسبب تساوي عدد الايام الداخلة في تحليل توزيع الحالات المؤكدة في كل منهما، وعليه فقد بلغت عدد الحالات المؤكدة عام 2022 نحو (273916) حالة مؤكدة بنسبة 33.09% من الإجمالي بين عامي 2020 - 2023، لتزداد نسبة الحالات المؤكدة عن عام 2021 بنحو 10.36% من إجمالي عددها منذ بداية ظهور الفيروس.

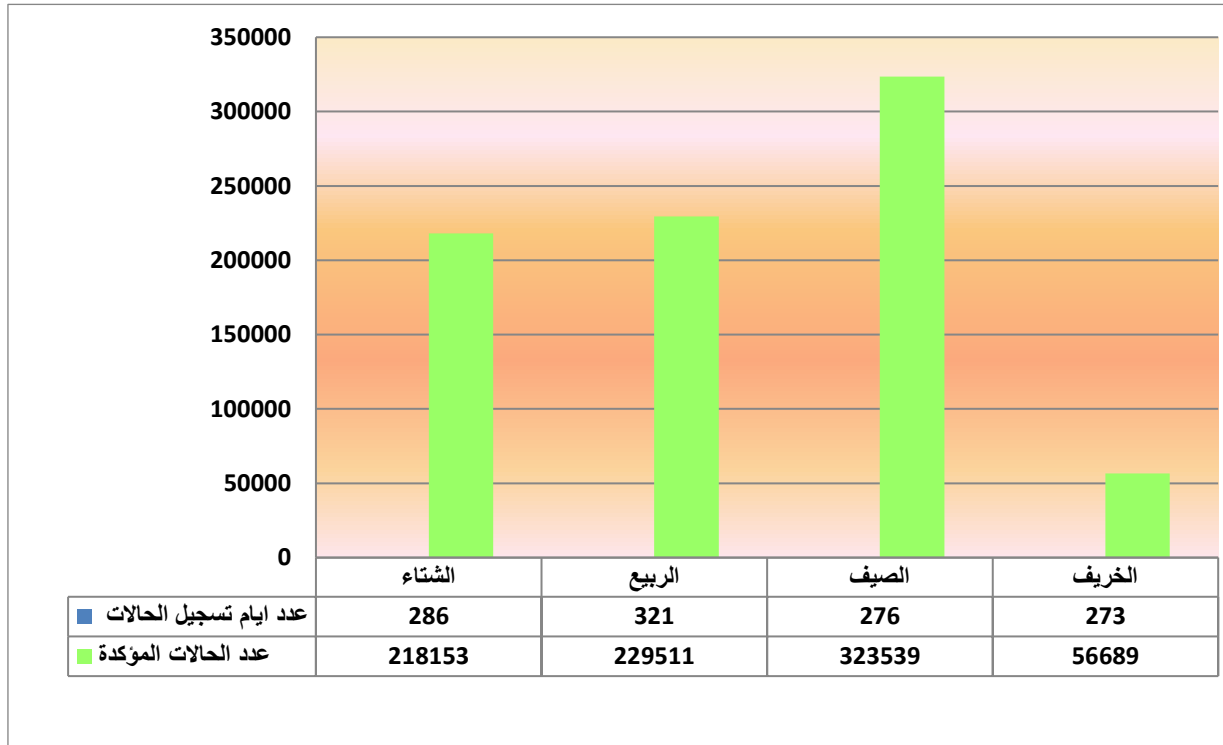
وبوضح الشكل السابق (14) تقدم فصل الشتاء الى المرتبة الاولى في عدد الحالات المؤكدة على مستوى المملكة بنحو (192000)، بنسبة 70.1% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2022 ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض درجات الحرارة في معظم مناطق المملكة، والتي قد تؤثر في زيادة حالات الإصابة بالمرض، وتراجع فصل الربيع الى المرتبة الثانية بحوالي (35803) حالة مؤكدة، بنسبة 13.07% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2022، وذلك بعد ان جاء في المرتبة الاولى عام 2021، وتأخرت عدد الحالات المؤكدة في فصل الصيف الى المرتبة الثالثة بعدد (34648) حالة مؤكدة، بنسبة 12.65% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة عام 2022، وذلك بعد ان جاء الصيف في المرتبة الاولى عام 2020 والثانية

بنسبة 26.35% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة بين عامي 2020 - 2023. ويظهر شكل (15) ان فصل الخريف يأتي في المرتبة الرابعة بعدد ايام تسجيل فايروس كورونا بنحو (273) يوماً بنسبة 23.61% من إجمالي عدد ايام تسجيل كورونا، وهي الرتبة نفسها التي جاء فيها من حيث عدد حالات كورونا المؤكدة (56689)، بنسبة 6.84% من إجمالي عدد حالات كورونا المؤكدة بين عامي 2020 - 2023.

عدد ايام تسجيل حالات كورونا، إلا انه جاء في المرتبة الثانية من حيث عدد الحالات المؤكدة للفايروس بنحو (229511)، بنسبة 27.73% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة بين عامي 2020 - 2023. وجاء فصل الشتاء في المرتبة الثالثة بعدد ايام تسجيل فايروس كورونا بنحو (286) يوماً بنسبة 24.74% من إجمالي عدد ايام تسجيل كورونا، وهي نفس المرتبة التي جاء فيها فصل الشتاء من حيث عدد الحالات المؤكدة للفايروس التي بلغت (218153)،

جدول 2: عدد الايام وحالات كورونا المؤكدة بين تاريخي (2020 /3 /2 - 2023 /5 /4)

الفصل	عدد ايام تسجيل الحالات	النسبة %	عدد الحالات المؤكدة	النسبة %
الشتاء	286	24.74	218153	26.35
الربيع	321	27.77	229511	27.73
الصيف	276	23.87	323539	39.08
الخريف	273	23.61	56689	6.84
الإجمالي	1156	%100	827892	%100

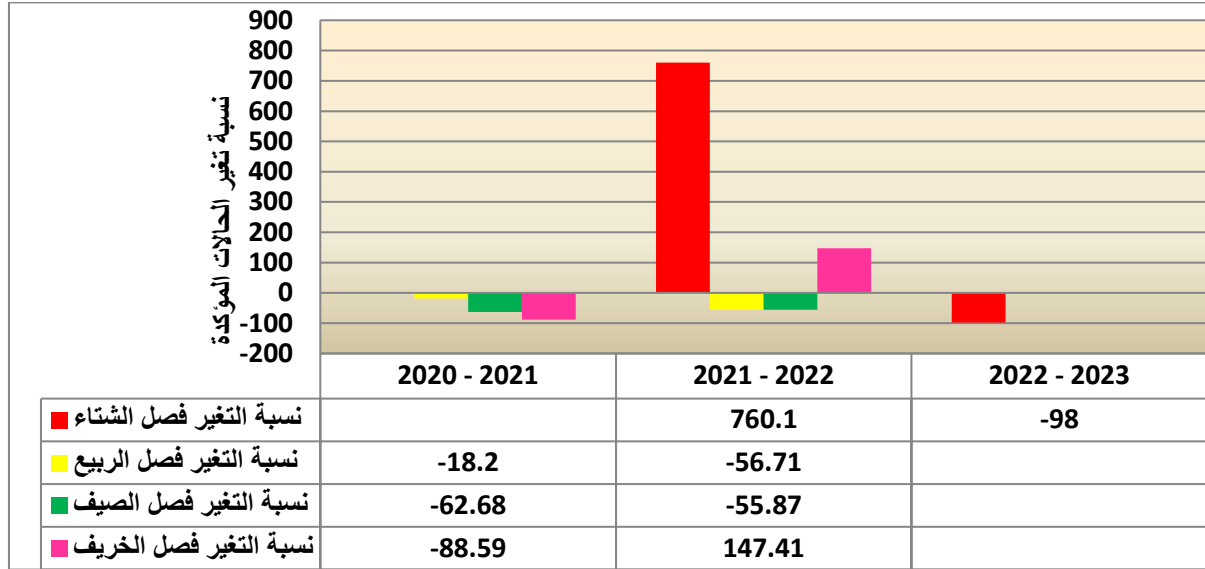


شكل 15: توزيع حالات كورونا المؤكدة فصلياً بين عامي 2020 - 2023

المصدر: الباحثان بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (2).

نسب تغير (88.59%) لكل منها بين العاميين. وتؤكد نتائج نسب تغير الحالات المؤكدة الفصلية بين عامي (2021 - 2022) زيادة الحالات المؤكدة في الشتاء حيث بلغت نسبة تغيرها 760.1%، وفي الخريف حيث بلغت نسبة تغيرها 147.41%، وشهدت تغيرات سلبية في فصلي الربيع والصيف.

في المقابل تبين نتائج كشف نسبة التغيرات الفصلية التي طرأت على الحالات المؤكدة شكل (16) تراجع الحالات المؤكدة وتغيرها بشكل سلمي في مختلف الفصول بين عامي (2020 - 2021)، وقد تم استبعاد تغيرات فصل الشتاء بسبب عدم تساوي عدد ايام التسجيل في العاميين، وشهدت الحالات المؤكدة بالخريف اعلى



المصدر: الباحثان بالاعتماد على بيانات الجدول رقم (1).

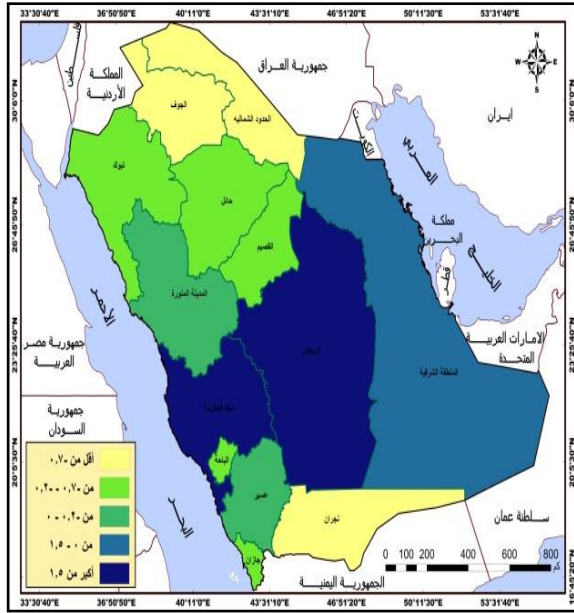
أثر عناصر المناخ: تعتبر عناصر المناخ من العوامل البيئية المهمة في انتشار بعض الأمراض الموسمية وخاصة فيروسات الجهاز التنفسي والتي يكون انتقالها انتقالاً موسميًا بحيث تتزامن مع التغيرات في درجة الحرارة والرطوبة والإشعاع الشمسي، فتؤدي الظروف المناخية دورًا رئيسيًا في انتقال التهابات الجهاز التنفسي والفيروسات المرضية لها، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، وأظهرت بعض الدراسات أن العوامل المناخية مثل الرطوبة وسقوط الأمطار ودرجة الحرارة والإشعاع الشمسي وسرعة الرياح وملوثات الهواء هي المستقلة عن بقاء واستمرارية وانتقال الفيروسات المعدية، فقد أظهرت دراسات حديثة أن عوامل الطقس والرطوبة والحرارة تؤدي إلى زيادة وتيرة الإصابة بكوفيد-19 (Ficetola & Rubolini, 2020, p. 6). وأكدت دراسات حديثة أن ضوء الشمس يساعد على التعافي من فيروس كورونا (Asyary & Veruswati, 2020, p. 4).

ويؤثر الطقس الدافئ في حالات كوفيد مقارنة بالبلدان ذات الحرارة المنخفضة جدًا (Gupta & Duan, 2023, p. 33). وهناك علاقة مباشرة بين الحرارة اليومية وعدد حالات كوفيد-19 المؤكدة (Shi, et al., 2020, p. 803). وذكرت دراسات صينية أن ارتفاع الحرارة اليومية فوق 10، تؤدي إلى انخفاض الحالات المؤكدة. الأمر الذي تم تأكيده في البرازيل من أن ارتفاع الحرارة بمقدار 1، تخفض حالات الإصابة اليومية بكوفيد-19 (Prata, et al, 2020, p.7761). ورغم ذلك تتفق نتائج الدراسة مع دراسة (Abdel-Aal, et al, 2022, p. 20458) من أن هناك تأثير طردي لدرجات الحرارة في عدد لحالات كوفيد بخمس مدن سعودية. حيث تظهر نتائج الانحدار البسيط لكشف أثر الحرارة في الحالات المؤكدة علاقة طردية ضعيفة 0.254، وبالتالي تسهم زيادة الحرارة في زيادة عدد المصابين بنسبة 25.4%، وبرزت أقوى علاقة 0.258 في الحدود الشمالية، وأدناها 0.256 بمنطقة جازان. وتراوحت بواقي العلاقة بنموذج (GWR) بين -1.8 بمنطقة جازان إلى 2.11 في منطقة الرياض، وتراوحت حسب نموذج

شكل6: نسبة تغير توزيع حالات كورونا المؤكدة فصليا بين عامي 2020 – 2023

ثالثا) أثر الظروف الجوية في الحالات المؤكدة: أثبتت عدة دراسات أن عناصر المناخ كالحركة والأمطار والرطوبة وسرعة الرياح والضغط والتبخير وأشعة الشمس تؤثر على بداية وانتقال الأمراض مثل الأنفلونزا. وبالتالي يمكن استخدام أنماط الطقس للتنبؤ بانتشار فيروس كورونا، ويمكن للتنبؤات المناخية مثل الرطوبة وأشعة الشمس ودرجة الحرارة وسرعة الرياح أن تؤثر على استقرار الرذاذ في البيئة، أو تؤثر على قدرة تحمل العدوى مثل درجة الحرارة، وبالتالي تؤثر على انتقال كوفيد-19 (Chen, et al, 2020, p. 19). وبطريقة ماثلة نظرت الصين في كيفية انتشار كوفيد-19 عند أخذ درجة الحرارة وجودة الهواء في الاعتبار، ووجدوا أنه عند ارتفاع الحرارة، لا تسوء جودة الهواء، مما يجعل انتشار الأمراض تستغرق وقتًا أطول (Javed, et al, 2020, p. 995). وتم إجراء عدة دراسات حول تأثير المناخ على انتقال كوفيد-19 في الصين، والولايات المتحدة، وأوروبا (Pramanik, et al, 2020, p. 2).

وأصبح فيروس كورونا عام 2019م مشكلة صحية عالمية كبيرة ناتجة عن متلازمة الجهاز التنفسي الحادة و أصبح انتشاره السريع تحدي غير مسبوق لصحة الإنسان والاقتصاد والمجتمعات، وكما هو معروف يتأثر انتقال COVID-19 بالعديد من العوامل بما في ذلك العوامل المناخية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية والديموغرافية، وقد يتأثر انتشار الفيروس بالتغيرات البيئية التي تحدث مع المواسم وخاصة التغيرات في الطقس التي تعزز انتشار المرض، فقد يكون أكثر عدوى وأكثر فتكًا في المناخات الباردة، أو قد يأخذ منحى آخر حسب طبيعة ومناخ المنطقة، لذلك سيهتم هذا الجزء من الدراسة بمراجعة تأثير المحددات المناخية وعلاقتها بانتشار COVID-19، ودراسة اختلاف توزيع انتشار الحالات المؤكدة فصلياً، ونسب تغيرها في هذه الفصول، وتم التطرق لأكثر المتغيرات المناخية شيوعاً في انتشار الأمراض، مع التركيز على متغيري درجة حرارة الهواء، وكمية الأمطار وكما يأتي.



شكل 18: أثر الأمطار في حالات كوفيد المؤكدة في المملكة

بناء على ذلك تظهر نتائج تأثير تحليل معامل الانحدار المتعدد لكشف تأثير جميع عناصر المناخ السابقة في انتشار الحالات المؤكدة حسب نموذج (OLS) شكل (19) وقوع منطقة المدينة ضمن النطاق الذي تقل فيه البواقي المعيارية عن 1^- ، وتقع مناطق الجوف وحائل والقصيم والباحة ونجران وجازان حيث البواقي المعيارية بين 1^- - 1^- وسط، ومنطقتي الحدود الشمالية وتبوك حيث تتراوح البواقي بين $0-0.5$ ، وتبرز منطقة عسير حيث بواقي تأثير المناخ بين $0.5-1^-$ ، وأخيراً تقع مناطق مكة والرياض والشرقية حيث تتركز غالبية حالات كورونا ضمن نطاق تجاوزت البواقي المعيارية 1.

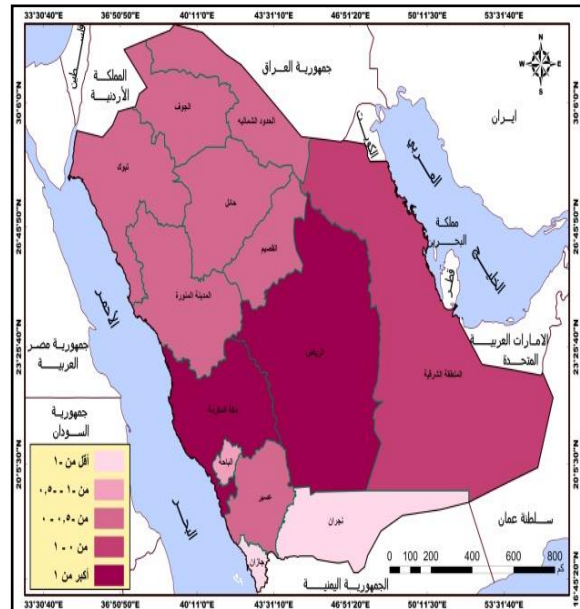
ويمكن أن نخلص إلى أن تحديد العلاقة بين متغيرات الطقس وانتشار فيروس كورونا مهمة صعبة لأسباب متعددة أولاً: يمكن أن يؤدي دراسة التطور الزمني لانتقال (COVID-19) من مجموعات البيانات المتاحة التي تنتجها العديد من وكالات الصحة العامة إلى مسارات زمنية مختلفة تماماً لتفشي المرض، ثانياً: تقدير معدل الانتقال الفوري باستخدام تواريخ التقرير بدلاً من استخدام تواريخ ظهور الأعراض قد يؤدي إلى نتائج مختلفة، ثالثاً: قد يؤدي اختيار طرق مختلفة لحساب الارتباط لمتغيرات مناخية معينة وفترات مختلفة إلى تحولات زمنية تعقد إنشاء العلاقات السببية بين الطقس وانتقال العدوى.

(ب) أثر جودة الهواء: ثبت أن تلوث الهواء يقلل من مقاومة الجهاز التنفسي ضد الالتهابات البكتيرية والفيروسية (Cienciewicki & Jaspers, 2007, p. 1135). وتشير العديد من الدراسات من جميع أنحاء العالم إلى احتمال أن يلعب تلوث الهواء والظروف الجوية دوراً في كيفية تأثير الأمراض على أماكن مختلفة (Cuadros, et al, 2020, p.3). وكانت إيطاليا ما أوائل الدول التي حاولت أن معرفة أثر تلوث الهواء والأرصاد الجوية على انتقال الفيروس (Gupta & Duan, 2023, p. 32). وفي إيطاليا تم ربط انتقال كوفيد-19

(OLS) بين 1.42^- في جازان إلى 2 في منطقة مكة، وتتطابق نتائج النموذجين في كشف تأثير الحرارة في انتشار وباء كورونا في المنطقة.

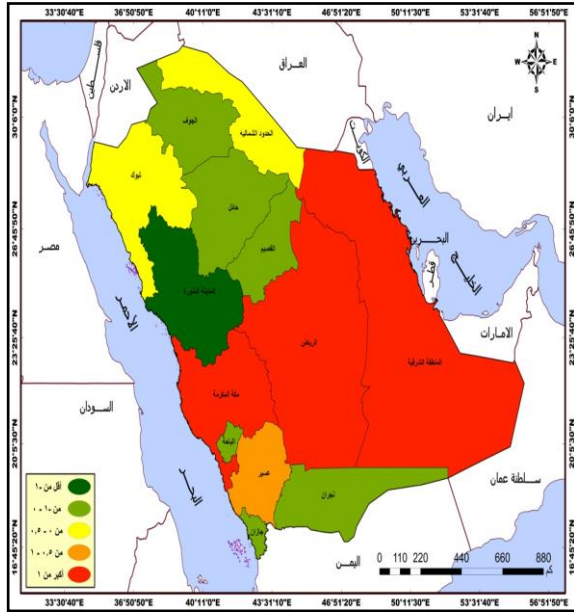
واتفقت نتائج الدراسة مع نتائج دراسة (Sobral et al. 2020, p.1) من أن هناك تأثير إيجابي للأمطار فيما يتعلق بانتشار كورونا بالذات حيث الكثافة السكانية مرتفعة. حيث تظهر نتائج كشف أثرها في الحالات المؤكدة شكل (18) عن علاقة طردية ضعيفة جدا 0.137 ، وبالتالي فإن زيادة الأمطار تزد من عدد المصابين بنسبة 13.7% . وبرزت أقوى علاقة 0.138 في نجران، وأدى علاقة 0.135 في الجوف، وتراوحت بواقي نموذج (GWR) بين 0.79^- في نجران إلى 2.05 في الرياض، وتراوحت بواقي نموذج (OLS) بين 0.76^- في نجران إلى 1.96 في الرياض، وتتطابق نتائج النموذجين في تأثير الأمطار في الحالات المؤكدة للوباء.

وتوافقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة (Feng et al. 2020, p.2). في ان سرعة الرياح تتسبب في انتقال قطرات محملة بالفايروس لمسافات طويلة في الهواء مما تساهم في انتشار الفايروس. حيث أكدت نتائج كشف تأثير سرعة الرياح في الحالات المؤكدة وجود علاقة طردية ضعيفة جدا 0.088 ، مما يعني ان زيادة سرعة الرياح تسهم في زيادة عدد المصابين بنسبة 8.8% ، وبرزت البواقي المعيارية الموجبة للعلاقات في الرياض ومكة والشرقية، وبالسالب في بقية المناطق. واتسقت نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة (Sarmadi, et al, 2021, p.67093) عن وجود ارتباط إيجابي بين حدوث كوفيد 19 والرطوبة. حيث أسفرت نتائج كشف تأثير الرطوبة في انتشار الحالات المؤكدة عن وجود علاقة طردية ضعيفة جدا 0.013 ، وبالتالي فإن زيادة الرطوبة تسهم في زيادة عدد الاصابات بنسبة 1.3% ، وبرزت بواقي العلاقات الموجبة في مناطق الرياض ومكة المكرمة والشرقية، والبواقي السالبة في بقية المناطق.

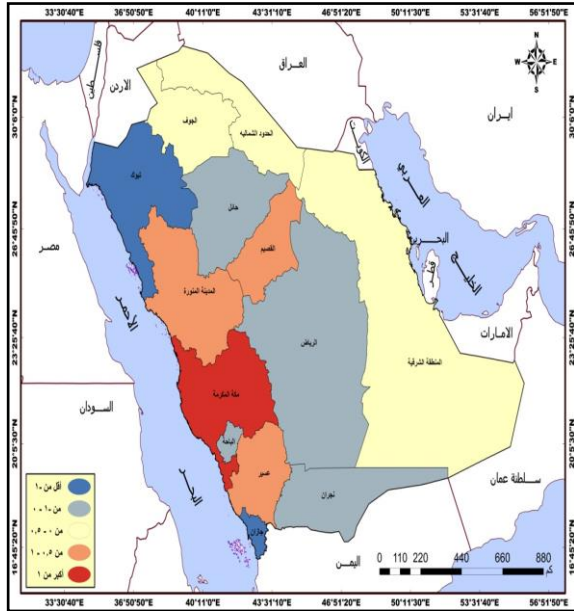


شكل 17: أثر الحرارة بحالات كوفيد المؤكدة في المملكة

الشرقية والحدود الشمالية والجوف، وتقع المناطق حيث تتراوح البواقي بين 0.5-1 بمناطق القصيم والمدينة المنورة وعسير، وتقع منطقة مكة المكرمة ضمن النطاق الذي تجاوزت فيه البواقي المعيارية عن 1.



شكل 19: أثر عناصر المناخ في حالات كوفيد المؤكدة



شكل 20: أثر جودة الهواء في حالات كوفيد المؤكدة

الخاتمة

وصلت نتائج الدراسة الى تركز 71.5% من الحالات المؤكدة بمناطق الرياض ومكة والشرقية، وأكدت نتائج التحليل الجيوإحصائي ان توزيع الحالات المؤكدة عشوائي. ووقوع المركز المتوسط والوسيط والظاهرة المركزية بمحافظة القويعة غرب الرياض، وتعتبر محافظتي الرياض وجدة أكثر تركزاً حسب مؤشر التركز الجغرافي، وتبعد الرياض وبريدة والمدينة ومكة والطائف وحميس مشيط عن المركز بانحراف معياري واحد، وتبعد الإحساء والدمام والقطيف والخبر

بالتلوث بالجسيمات والحرارة والرطوبة (Coker, et al, 2020, p.613). وخلص باحثون من الصين أيضًا إلى أن ملوثات الهواء ومؤشرات الأرصاء الجوية هي المسؤولة عن انتشار كوفيد-19 (Ma, et al, 2020, p.2). وتوصلت نتائج دراسة (Pansini & Fornacca, 2021, p. 3) على ثلاث دول هي الصين والولايات المتحدة وإيطاليا ارتباط وفيات كوفيد-19 بالغبار وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد النيتروجين (Ali, et al, 2021, p. 383). وهناك أدلة على أن السكان الذين يعيشون في مناطق ذات نوعية هواء سيئة يكونون أكثر عرضة للإصابة بفيروس كوفيد-19، بغض البلدان التي تأثرت بشكل كبير هي تلك التي لديها مؤشر جودة الهواء السيئ كالولايات المتحدة (Pavilonis, et al, 2021).

وبذلك تتفق نتائج هذه الدراسة مع توصلت إليها جميع الدراسات السابقة حول العلاقة الطردية بين الملوثات والحالات المؤكدة، ومما يؤكد ذلك توصلت نتائج تحليل الانحدار البسيط الى أن هناك علاقة طردية ضعيفة جدا 0.123 بين الحالات المؤكدة وأول أكسيد الكربون، مما يعني ان زيادة الكربون يسهم في زيادة عدد المصابين بنسبة 12.3%، وظهرت اقوى علاقة بينهما 0.09 في الشرقية، وأدناها 0.03 بمنطقة تبوك، وبرزت البواقي المعيارية الموجبة في بقية الرياض ومكة والشرقية وعسير والمدينة، في حين ظهرت بالسالب في بقية المناطق. وأكدت نتائج كشف أثر غاز ثاني أكسيد الكبريت في حالات كورونا المؤكدة وجود علاقة طردية ضعيفة 0.296، لتسهم زيادة الكبريت في زيادة عدد المصابين بنسبة 29.6%، وظهرت اقوى علاقة 0.297 في منطقة حائل، وأدناها 0.294 في جازان، وبرزت البواقي المعيارية الموجبة لتأثير الكبريت في كورونا في الرياض ومكة والشرقية والمدينة، وظهرت البواقي بالسالب في بقية المناطق.

ويؤثر غاز ثاني أكسيد النيتروجين بشكل اكبر في انتشار كورونا مقارنة بالكربون والكبريت، حيث بلغت قوة العلاقة 0.863، وتؤدي زيادة النيتروجين لزيادة المصابين بنسبة 86.3%، ووقعت اقوى علاقة 0.863 في الشرقية، وأدناها 0.862 في تبوك، وتراوحت بواقي تأثير النيتروجين بنموذج (GWR) بين 1.87^- بمنطقة الرياض الى 2.74 في مكة، وبنموذج (OLS) بين 1.33^- بمنطقة تبوك الى 2.35 في مكة المكرمة، وتختلف نتائج النموذجين في تحديد أثر النيتروجين في حالات كورونا المؤكدة، وبرزت البواقي المعيارية الموجبة بخمسة مناطق مكة المكرمة وعسير والشرقية والقصيم والمدينة، وظهرت البواقي بالسالب في بقية المناطق.

بناء على ذلك تظهر نتائج معامل الانحدار المتعدد لكشف تأثير مختلف ملوثات الهواء (الكربون والكبريت والنيتروجين) في انتشار كورونا حسب نموذج (OLS) شكل (20) عن وقوع المنطقة التي تقل فيها البواقي المعيارية لتأثير جودة الهواء عن 1^- في منطقة تبوك، وتظهر المنطقة حيث البواقي بين 1^- وسط وجنوب المملكة بمناطق حائل والرياض ونجران، وتبرز المناطق حيث البواقي المعيارية بين $0-0.5$ شرق وشمال شرق وشمال المملكة بمناطق

يقع ساخنة بنسبة ثقة 99% الأولية، تليها مناطق البقع الساخنة بنسبة ثقة 95% ومن ثم مناطق البقع الساخنة بنسبة ثقة 90%.

- إعطاء الأولوية للمناطق والمحافظات التي تتصف بتكثف عالي، وتقبها المناطق التي تتصف بتكثف عالي منخفض، وتليها المناطق التي تتصف بتكثف منخفض عالي للحالات المؤكدة والوفيات والحالات النشطة.

الإفصاح والتصريحات

تضارب المصالح: ليس لدى المؤلفين أي مصالح مالية أو غير مالية ذات صلة للكشف عنها. المؤلفون يعلنون عن عدم وجود أي تضارب في المصالح.

الوصول المفتوح: هذه المقالة مرخصة بموجب ترخيص إسناد الإبداع التشاركي غير تجاري 4.0 الدولي (CC BY- NC 4.0)، الذي يسمح بالاستخدام والمشاركة والتعديل والتوزيع وإعادة الإنتاج بأي وسيلة أو تنسيق، طالما أنك تمنح الاعتماد المناسب للمؤلف (المؤلفين) الأصليين. والمصدر، قم بتوفير رابط لترخيص المشاع الإبداعي، ووضح ما إذا تم إجراء تغييرات. يتم تضمين الصور أو المواد الأخرى التابعة لجهات خارجية في هذه المقالة في ترخيص المشاع الإبداعي الخاص بالمقالة، إلا إذا تمت الإشارة إلى خلاف ذلك في جزء المواد. إذا لم يتم تضمين المادة في ترخيص المشاع الإبداعي الخاص بالمقال وكان الاستخدام المقصود غير مسموح به بموجب اللوائح القانونية أو يتجاوز الاستخدام المسموح به، فسوف تحتاج إلى الحصول على إذن مباشر من صاحب حقوق الطبع والنشر. لعرض نسخة من هذا الترخيص، قم بزيارة:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>

المراجع

أورقنجي، فوزي، الشريعي، أحمد. (2017). التوزيع المكاني لمطاعم الوجبات السريعة في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. المجلة المصرية للتغير البيئي، 9، 89 - 129. https://swideg-geography.blogspot.com/2019/12/blog-post_72.html

إياد، الشمري، علي، الشمري. (2020). الأبعاد الجغرافية لتفشي فيروس كورونا (كوفيد - 19). مجلة كلية التربية، جامعة واسط، 1 (41)، 267-286.

<https://search.emarefa.net/ar/detail/BIM-1061576>

ثائر، عياصرة. (2021). نمذجة الاختلافات المكانية في معدلات وفيات فيروس كورونا (كوفيد19) باستخدام الانحدار الموزون جغرافياً حتى نهاية عام 2021م: دراسة على المستوى العالمي. مجلة العمارة والتخطيط، 4(34)، 357-375

https://jap.ksu.edu.sa/sites/jap.ksu.edu.sa/files/attach/jap_ksu_dec_2022_ar1.pdf

الدويكات، قاسم، الفيصل، خالد. (2010). تحليل نمط توزيع جرائم السرقة في مدينة حائل السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة اتحاد الجامعات العربية للاداب، (3)، 591 - 627.

<https://search.mandumah.com/Record/216018>

وحفر الباطن وينبع وجدة وأبها ونجران وحائل وتبوك من المركز بانحرافين. ويتجه توزيع الحالات المؤكدة جنوب غرب شمال شرق، وتدخل الرياض وبريدة والمدينة ومكة المكرمة والطائف وجدة ضمن انحراف معياري واحد، في حين تقع محافظات خميس مشيط والإحساء والدمام والقطفيف والخبر وحفر الباطن وينبع وأبها ونجران وحائل على انحرافين من المتوسط المكاني.

ويتباين تباعد الحالات المؤكدة حيث سجل اقل تباعد 8.03 حالة/كم² في محافظة الخبر، وتجاوز مؤشر التباعد 4 حالات/كم² في الخبر وجدة والدمام والرياض والقطفيف ومكة. فضلاً عن تباين معدل انتشار وحدوث الحالات المؤكدة حيث برز اعلى معدل انتشار في الرياض 137، وتجاوز 40 حالة/يوم في الرياض وجدة ومكة المكرمة، وسجل اعلى معدل حدوث للحالات المؤكدة 3070.9 حالة/10000 نسمة بالمنطقة الشرقية. وسجل فصل الصيف المرتبة الاولى بعدد الحالات المؤكدة للفايروس على مستوى المملكة بنسبة 39.08% من إجمالي عدد الحالات المؤكدة بين عامي 2020 - 2023.

وتبين نتائج الدراسة وقوع الجليل والدمام والرياض ومكة المكرمة وجدة ضمن البقع الساخنة بنسبة ثقة 99%، بينما تقع محافظتي الاحساء وبيق ضمن البقع الساخنة بنسبة ثقة 95%. وتقع المدينة المنورة ضمن البقع الساخنة بنسبة ثقة 90%. بينما تقع محافظات تليث ومحائل وأحد رفيدة ضمن البقع الباردة بنسبة ثقة 90%، وبذلك يمكن استخدام الاستفادة من هذه النتائج في توجيه جهود الوقاية والتدخل السريع في المناطق الساخنة للحد من انتشار الحالات المؤكدة.

وفيما يتعلق بتأثر الظروف الجوية في انتشار الحالات المؤكدة توصلت نتائج الدراسة الى أن هناك تأثير طردي قوي جدا لتلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد النيتروجين 86.3، وتأثير طردي ضعيف لكل من ثاني أكسيد الكبريت 29.6%، ودرجات الحرارة 25.4%، وطردي ضعيف جدا لكل من الأمطار 13.7%، وأول أكسيد الكربون 12.3%، وسرعة الرياح 8.8%، والرطوبة النسبية 1.3%.

التوصيات

- تتبع التغيرات المكانية زمنياً لجائحة كورونا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في كشف تغير اتجاه وأمات توزيع الحالات المؤكدة وتباعد الحالات المؤكدة ومعدلات انتشارها وحدودها.

- إعطاء اهتمام أكبر فيما يتعلق بالخدمات الصحية للمناطق والمحافظات التي تزيد فيها نسبة الحالات المؤكدة، وإعطاء اولوية للمناطق والمحافظات التي تتسم بتقارب الحالات المؤكدة.

- الاهتمام بالمناطق والمحافظات التي تتصف بوجود بقع ساخنة للحالات المؤكدة بالاعتماد على نسبة الثقة حيث تعطي المناطق التي برزت فيها

- Al-Muṭayrī, mhāwr ibn Khalaf. (2020). al-Tahlīl aljywh'sā'y l-jā'hh kwrwnā kwfyd-19 bi-istikhdām nazm al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah : namādhij li-ba'd manātiq al-Mamlakah al-'Arabīyah al-Sa'ūdīyah. al-Majallah al-'Arabīyah li-nuzum al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah, 14, (1), 107-127. <https://search.mandumah.com/Record/1136416>
- Andersen, L. M., Harden, S. R., Sugg, M. M., Runkle, J. D., Lundquist, T. L. (2021). Analyzing the spatial determinants of local Covid-19 transmission in the United States. *Science of the Total Environment*, 754, 1-11.
- Anselin L. (1999). "Local Indicators of Spatial Association-LISA". *Geogr Anal*, (27), 93-115.
- Awraqny, Fawzī, al-Sharī, Aḥmad. (2017). al-Tawzī' al-makānī lmtā'm alwjbāt al-Sarī'ah fi Madīnat Makkah al-Mukarramah bi-istikhdām nazm al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah. al-Majallah al-Misriyah lil-taghayyur al-bī'ī, 9, 89-129. https://swideg-geography.blogspot.com/2019/12/blog-post_72.html
- Bailey, T. C., Gatrell, A.C. (1999). *Gatrell. Interactive Spatial Data Analysis*. Longman Scientific & Technical.
- Bian, J., Chen, W., Zeng, J. (2022). Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Traditional Villages in Chin. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 19 (4627), 1-18.
- Charandabi, N. K., Niaraki, A. S., Choi, S. M., Abuhmed, T. (2022). An approach for measuring spatial similarity among COVID-19 epicenters. *Geo-Spatial Information Science*, 1-18. <https://www.tandfonline.com/loi/tgsi20>.
- Dixon, P. M. (2001). Ripley's K function Theoretical K(t) function. *Statistics (Ber)*, 3, 1-16.
- Dutta, I., Basu, T., Das, A. (2021). Spatial analysis of COVID-19 incidence and its determinants using spatial modeling: A study on India. *Environmental Challenges*, 4, 1-10.
- Fotheringham, A.S., Yang, W., Kang, W. (2017). Multiscale geographically weighted regression (MGWR). *Annals of the American Association of Geographers*, 107 (6), 1247-1265.
- Gallor, C. T., Remetar, J. T., Bolanio. K. B. (22-24 November 2021). *Moran's I Spatial Autocorrelation of COVID-19 Infection Rates: Is There Such In Butuan City*. The 42nd Asian Conference on Remote Sensing, Can Tho University, Vietnam.
- Maḥmūd, al-Sayyid. (2022). al-Tahlīl al-makānī l-jā'hh fāyrrws kwrwnā almstjd bi-Duwal al-Khalīj al-'Arabī : dirāsah jughrāfiyah. Majallat Kulliyat al-Ādāb, Jāmi'at al-Fayyūm, 41 (2), 822-889. https://journals.ekb.eg/article_233210_ccf3a0b686cc3aafb0e58089011ca26d.pdf
- Mollalo, A, Vahedi, B., Rivera. K. M. (2020). GIS-based spatial modeling of COVID-19 incidence rate in the continental United States. *Science of the Total Environment*, 728, 1-8.
- Mushakhkhiṣ, Muḥammad. (2016). al-jughrāfiyā al-bashariyah al-mu'āshirah lil-Mamlakah al-'Arabīyah al-Sa'ūdīyah. al-Ṭab'ah al-khāmisah, Dār Kunūz al-Ma'rīfah. NASA, Visit Date, 25, May, 2023, Website Link, (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/?fbclid>).
- Oshan, T.M., Li, Z., Kang, W., Wolf, L.J., Fotheringham, A.S. (2020). Mgw: a Python implementation of multiscale geographically weighted regression for investigating process spatial heterogeneity and scale. *ISPRS Int. J. Geo Inf*, 8 (269), 1-31.
- Ostfeld, R. S., Glass, G. E., Keesing. F. (2000). Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. *RENDS in Ecology and Evolution*, 20 (6), 328-336.
- Saudi Ministry of Health Website. (2023). *COVID-19 Data User* (4/5/2023). (https://services6.arcgis.com/bKYAIQgwHsIVRaK/arcgis/rest/services/CasesByRegion_ViewLayer/FeatureServer/0).
- عبد المجيد، هلال، محمد، أنفلوس. (2021). المغرب وجائحة كوفيد-19: مقارنة جغرافية للوباء بين العالمي والمحلي. دار نشر جامعة قطر، 4 (2-1)، 180-207. <https://journals.qu.edu.qa/index.php/ANSQ/article/download/1918/1412/2186>
- حمود، السيد. (2022). التحليل المكاني لجائحة فيروس كورونا المستجد بدول الخليج العربي: دراسة جغرافية. مجلة كلية الآداب، جامعة الفيوم، 41 (2)، 822. https://journals.ekb.eg/article_233210_ccf3a0b686cc3aafb0e58089011ca26d.pdf
- مشخص، محمد. (2016). الجغرافيا البشرية المعاصرة للمملكة العربية السعودية. الطبعة الخامسة، دار كنوز المعرفة.
- المطيري، مهور بن خلف. (2020). التحليل الجيوإحصائي لجائحة كورونا كوفيد-19 باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: نماذج لبعض مناطق المملكة العربية السعودية. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، 14 (1)، 107-127. <https://search.mandumah.com/Record/1136416>
- يوسف، المنتشري، فهد، المطلق. (2022). استخدام نظم المعلومات الجغرافية "GIS" لاختيار أنسب المواقع للعزل الصحي لمواجهة فيروس كورونا المستجد "كوفيد-19" في مدينة جدة. المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، 4 (1)، 35-1. <https://search.emarefa.net/ar/detail/BIM-1283452>

Reference

- Abd al-Majīd, Hilāl, Muḥammad, anflws. (2021). al-Maghrib wjā'hh kwfyd-19 : muqārabah jughrāfiyah llwbā' bayna al-'Ālamī wa-al-mahāllī. Dār Nashr Jāmi'at Qaṭar, 4 (1-2), 180-207. <https://journals.qu.edu.qa/index.php/ANSQ/article/download/1918/1412/2186>
- Al-Duwaykāt, Qāsim, al-Fayṣal, Khālid. (2010). tahlīl namaṭ Tawzī' Jarā'im al-sariqah fi Madīnat Hā'il al-Sa'ūdīyah bi-istikhdām nazm al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah. Majallat Ittihād al-jāmi'āt al-'Arabīyah lil-Ādāb, (3), 591-627. <https://search.mandumah.com/Record/216018>
- Gharakhanlou, N. M., Perez, L. (2022). Geocomputational Approach to Simulate and Understand the Spatial Dynamics of COVID-19 Spread in the City of Montreal, QC, Canada, *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 11 (596), 1-23.
- Haider, M. S., Salih, S. K., Hassan, S., Taniwall, N. G., Moazzam, M. F., Lee, B. J. (2022). Spatial distribution and mapping of COVID-19 pandemic in Afghanistan using GIS technique, *Soc Sci*, 2:59, 58-74.
- Han, Y., Yang, L., Jia, K., Li, J., Feng, S., Chen, W., Zhao, W., Pereira, P. (2021). Spatial distribution characteristics of the COVID-19 pandemic in Beijing and its relationship with environmental factors. *Science of the Total Environment*, 761, 1-11.
- Iyād, al-Shammarī, 'Alī, al-Shammarī. (2020). al-ab'ād al-jughrāfiyah ltfshy fāyrrws kwrwnā (kwfyd - 19). Majallat Kulliyat al-Tarbiyah, Jāmi'at Wāsit, 1 (41), 267 - 286. <https://search.emarefa.net/ar/detail/BIM-1061576>
- Ju, X., Yang, C., Zhao, M., Xu, Y., Zhou, D., Zhang, Y. (2022). Spatial Distribution Characteristics and Influencing Factors of Traditional Villages in Zhejiang, Anhui, Shaanxi, Yunnan Provinces. *Econ. Geogr*, 42, 222-230.
- Li, H., Li, H., Ding, Z., Hu, Z., Chen, F., Wang, K., Peng, Z., and Shen, H. (2020). Spatial statistical analysis of corona virus disease 2019 (Covid19) in China. *Geospat. Health*, 15 (1), 11-18.

- (<https://www.who.int/europe/emergencies/situations/covid-19>).
- Xie, Z., Qin, Y., Li, Y., Shen, W./ Zheng, Z., Liu, S. (2020). Spatial and temporal differentiation of COVID-19 epidemic spread in mainland China and its influencing factors. *Science of the Total Environment*, 744, 1- 9.
- Yūsuf, almntshry, Fahd, al-Muṭṭlaq. (2022). astkhdhām nazm al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah "GIS" lākhtyār ansb al-mawāqī' ll'z al-ṣiḥḥī li-muwājahat fāyrws kwrwnā almstjd "kwfyd-19" fi Madīnat Jiddah. al-Majallah al-'Arabiyah li-nuzum al-ma'lūmāt al-jughrāfiyah, 4 (1), 1-35. <https://search.emarefa.net/ar/detail/BIM-1283452>
- Saudi Ministry of Health Website. (2023). *Digital Layers (Shapefile) for Regions and Governorates in Kingdom of Saudi Arabia*. (https://services6.arcgis.com/bKYAIIQgwHslVRaK/arcgis/rest/services/CasesByRegion_ViewLayer/FeatureServer/0).
- Taran, A., Alfanatseh, A., Rawashdeh, S., Almayouf, F. (2022). The Temporal and Spatial Analysis of Corona Pandemic in Jordan using the Geographic Information System: An Applied Geographical Study. *Indonesian Journal of Geography*, 55 (1), 155-166.
- Thā'ir, 'Ayāṣirah. (2021). nmdhjh al-ikhtilāfāt al-makānīyah fī mu'addalāt wafayāt fāyrws kwrwnā (kwfyd19) bi-isti'māl alānhdār al-mawzūn jghrāfiyah ḥattā nihāyat 'ām 2021m : dirāsah 'alā al-mustawā al-'Ālamī. Majallat al-'Imārah wa-al-takhtīt. 4 (34), 357-375 https://jap.ksu.edu.sa/sites/jap.ksu.edu.sa/files/attach/jap_ksu_dec_2022_ar1.Pdf
- World Health Organization Website. (2023). *Overview for Covid-19 (Prevention, Symptoms)*.