

نمذجة الاختلافات المكانية في معدلات وفيات فايروس كورونا (كوفيد-١٩) باستعمال الانحدار الموزون جغرافياً حتى نهاية عام ٢٠٢١: دراسة على المستوى العالمي

ثائر مطلق محمد عياصرة

أخصائي تخطيط / المجموعة الأردنية للمناطق الحرة والتنمية

thaer_ayasreh@yahoo.com

قدم للنشر في ١٤٤٣/٦/٩ هـ؛ وقبل للنشر في ١٤٤٣/٩/٢٧ هـ

ملخص البحث. يتناول هذا البحث نمذجة العلاقات المكانية لحدوث وفيات كوفيد-١٩ في ٢١٣ دولة على مستوى العالم، واشتملت قاعدة البيانات المستخدمة في البحث على متغيرات لكل ١٠٠٠ نسمة، وهي: عدد الحالات التراكمي وأسرة المستشفيات والسكان الذين لم يتلقوا اللقاحات؛ بوصفها متغيرات صحية، ومتغير السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة وعدد السكان والكثافة السكانية؛ بوصفها متغيرات ديموغرافية من أجل التفسير والتنبؤ بالوفيات حول العالم. وبالمحصلة تم الاعتماد على ٧ متغيرات على مستوى دول العالم بناءً على بيانات كوفيد-١٩ الرسمية لمنظمة الصحة العالمية ومؤشرات البنك الدولي. لذلك، هدف هذا البحث إلى دراسة ما إذا كانت العلاقات بين معدلات الوفيات وهذه المتغيرات تختلف مكانياً في جميع أنحاء دول العالم، وقد تم تطبيق النمذجة المكانية باستعمال تحليل الانحدار الموزون جغرافياً (GWR) وطريقة المربعات الصغرى OLS ضمن الأدوات الإحصائية المتاحة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS. أظهرت النتائج أن هنالك علاقات متجانسة مكانياً على صعيد دول العالم بالنسبة لمتغيرات العدد التراكمي للحالات وعدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة وعدد السكان غير المطعمين، وهي ذات دلالة إحصائية وقد فسرت مجتمعة ٩٧٪ من تباين الوفيات بـ كوفيد-١٩. وفي الختام، توفر المعلومات المكانية المستمدة من هذه النمذجة رؤى قيمة فيما يتعلق بالعلاقة المتغيرة مكانياً لوفيات كوفيد-١٩ مع هذه الدوافع المحتملة للمساعدة في وضع تدابير وقائية لتقليل معدل الوفيات حول العالم.

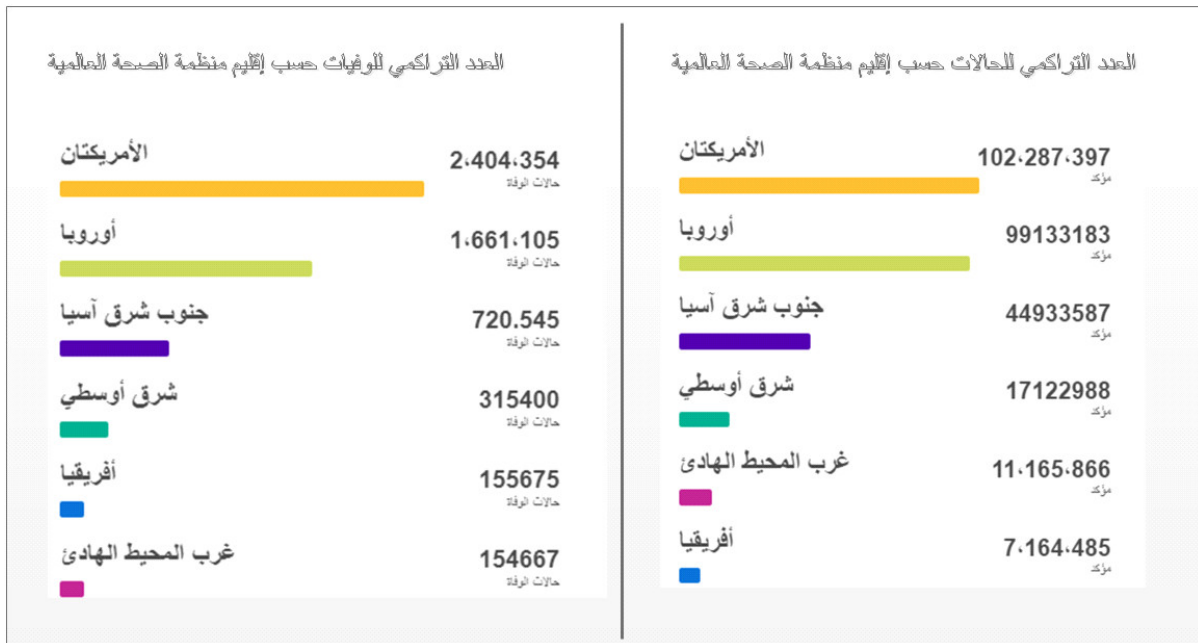
الكلمات المفتاحية: الانحدار الموزون جغرافياً، انحدار المربعات الصغرى، فايروس كورونا (كوفيد-١٩)، نظم معلومات جغرافية.

١. المقدمة

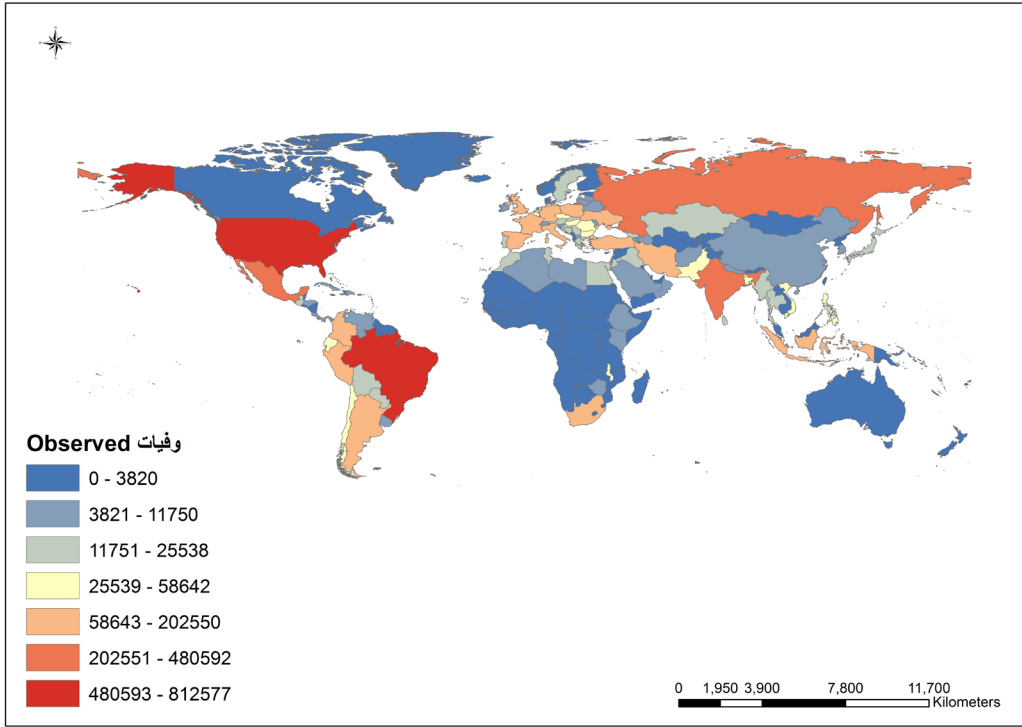
بواقع ١, ٩٩ مليون إصابة وهي تشكل مجتمعة ما نسبته ٧١٪ من إجمالي عدد الإصابات العالمي، بالمقابل لا تشكل نسبة عدد سكانها إلا ١٣٪ من إجمالي عدد السكان العالمي؛ فإن انتشار المرض ليس مرتفعاً جداً في جنوب شرق آسيا وشرق المتوسط وأفريقيا وغرب المحيط الهادئ وهي تشكل مجتمعة ما نسبته فقط ٢٩٪ من إجمالي الإصابات العالمية، إذا ما نظرنا إلى أن نسبة عدد سكانها تبلغ ٨٧٪ من سكان العالم بحسب بيانات منظمة الصحة العالمية (WHO, 2021).

وعلاوة على ذلك، نجد أن الاختلاف في معدل وفيات كوفيد-١٩ أكبر من الاختلاف في انتشار المرض في كل من الأمريكيتين بواقع ٤, ٢ مليون وفاة ودول أوروبا الغربية بواقع ٦٦, ١ مليون وفاة وهي تشكل مجتمعة ما نسبته

يعدّ مرض فيروس كورونا (كوفيد-١٩) مرضاً معدياً سريع الانتشار يسببه فيروس كورونا المستجد (سارس-كوف-٢)، وسرعان ما انتشرت العدوى في جميع أنحاء العالم منذ بدايتها في ووهان بالصين في نهاية عام ٢٠١٩، وبحلول نهاية عام ٢٠٢١، أصيب أكثر من ٢٨١, ٨ مليون شخص في العالم بالمرض وتوفي بسببه أكثر من ٤١, ٥ مليون شخص، وقد أصاب مرض كوفيد-١٩ جميع دول العالم تقريباً وقد ظهر جلياً وجود تباين جغرافي واسع في حالات كوفيد-١٩ ووفياته في أجزاء مختلفة من العالم، وكما هو مبين في الشكل (١) والشكل رقم (٢). ففي حين أن انتشار هذا المرض مرتفع للغاية في الأمريكيتين بواقع ٢, ١٠٢ مليون إصابة ودول أوروبا الغربية



الشكل رقم (١). الوضع العالمي لعدد الوفيات والحالات التراكمي حسب أقاليم منظمة الصحة العالمية حتى نهاية عام ٢٠٢١. المصدر: منظمة الصحة العالمية، ٣١/١٢/٢٠٢١



الشكل رقم (٢). خريطة الوضع العالمي لعدد الوفيات حسب دول العالم حتى نهاية عام ٢٠٢١. المصدر: منظمة الصحة العالمية، ٢٠٢١ / ١٢ / ٣١

المرتبة الرابعة بـ ٣, ١٢ مليون إصابة، ثم روسيا في المرتبة الخامسة بـ ٤, ١٠ مليون إصابة. أما فيما يخص عدد الوفيات، فنجد أن الولايات المتحدة جاءت بالمرتبة الأولى بـ ٦, ٨١٢ ألف حالة وفاة ناجمة عن فيروس كورونا، بينما حلت البرازيل في المرتبة الثانية بـ ٥, ٦١٨ حالة وفاة، تلتها الهند في المرتبة الثالثة بـ ٦, ٤٨٠ ألف حالة وفاة، وروسيا في المرتبة الرابعة بـ ٧, ٣٠٧ ألف حالة وفاة، ثم المكسيك في المرتبة الخامسة بـ ٨, ٢٩٨ ألف حالة وفاة، وعلى الصعيد العالمي يظهر من الشكل رقم ١ أن أقل الوفيات كانت في دول قارة أفريقيا ودول البلقان ودول غرب المحيط الهادئ ودول الشرق الأوسط مقارنة ببقية مناطق العالم (WHO, 2021).

١, ٧٥٪ من إجمالي عدد الوفيات العالمي. بالمقابل فإن انتشار الوفيات ليس مرتفعاً جداً في جنوب شرق آسيا وشرق المتوسط وأفريقيا وغرب المحيط الهادئ وهي تشكل مجتمعة ما نسبته فقط ٩, ٢٤٪ من إجمالي الوفيات العالمية (WHO, 2021).

وعلى صعيد الدول وبحلول نهاية عام ٢٠٢١ ظهر هنالك أيضاً تباين جلي في عدد الوفيات والإصابات، فقد تصدرت الولايات المتحدة المرتبة الأولى بين البلدان الأكثر تضرراً من فيروس كورونا حيث بلغ عدد الإصابات فيها ٥, ٥٢ مليون إصابة، وتبعها الهند في المرتبة الثانية بـ ٨, ٣٤ مليون إصابة، والبرازيل في المرتبة الثالثة بـ ٢, ٢٢ مليون إصابة، والمملكة المتحدة في

الفايروس بعد ذلك بوقت قصير إلى بقية المنطقة والعالم. وفي غضون أسابيع قليلة، أصيب أكثر من 5, 5 مليون شخص حول العالم بالعدوى (WHO, 2021). لقد أصبح تفشي المرض المحلي وباءً واسع النطاق، وأغلقت بلدان بأكملها، وأصبح العالم بأكمله يواجه احتمال حدوث أسوأ انكماش اقتصادي منذ الكساد الكبير، وهو أسوأ بكثير مما ترتب على الأزمة المالية العالمية في 2008-2009 (International Monetary Fund, 2020). وعلى الرغم من انتشار الفيروس على نطاق واسع في مختلف دول العالم، لا يزال عدد الوفيات المبلغ عنه يتركز بشكل كبير في البلدان ذات الدخل المرتفع. وبالمقابل حتى 31 ديسمبر 2021 - نقطة التوقف لهذا البحث - فإن البلدان النامية التي تضم 85٪ من سكان العالم، تمثل 24٪ فقط من إجمالي عدد وفيات الوباء، وهذا التوزيع غير المتكافئ لتأثير الوباء لصالح العالم النامي هو أمر غير عادي للغاية ويعطي انطباعاً بأن العالم يتعرض لجائحتين مختلفتين من حيث تأثيرهما.

من الواضح أنه بذلت جهود عديدة مختلفة حتى الآن لتتبع عبء الوفيات الناجم عن وباء (كوفيد-19)، ونظراً لأن وفيات كوفيد-19 ترتبط بعدد الحالات بشكل إيجابي، فقد فحصت العديد من الدراسات طبيعة العلاقة بينهما، مثل (CDC COVID-19 Response Team, 2020) و (Natale and et al, 2020) و (Poorolajal, 2020).

أظهر العديد من الدراسات تدرجاً عمرياً

في ظل هذه الخلفية، يحاول البحث تسليط الضوء على سؤالين مترابطين: أولاً، ما أثر المتغيرات المستقلة قيد البحث (العدد التراكمي للحالات المؤكدة، عدد السكان الذين لم يتلقوا الجرعات اللازمة من اللقاح، عدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن 65 سنة، أسرة المستشفيات، الكثافة السكانية، عدد السكان، والمتغيرات لكل 1000 نسمة) على المتغير التابع العدد التراكمي لوفيات كورونا لكل 1000 نسمة في مختلف دول العالم؟ ثانياً، ما الاختلافات المكانية في معدل وفيات فايروس كورونا (كوفيد-19) في دول العالم تبعاً للمتغيرات قيد البحث؟

ويتمثل الهدف الرئيس من هذا البحث في تطبيق تحليل الانحدار الموزون جغرافياً، وانحدار المربعات الصغرى وهي أحد الأساليب المتاحة في نمذجة العلاقات المكانية ضمن أدوات المحلل المكاني المدرجة في الأدوات الإحصائية المكانية المتاحة ضمن برمجيات نظم المعلومات الجغرافية. وبشكل أكثر تحديداً، فإن البحث يهدف إلى إنتاج خرائط تشير إلى الاختلافات المكانية في معدل وفيات فايروس كورونا (كوفيد-19) في مختلف دول العالم تبعاً للمتغيرات قيد البحث.

2. الخلفية العلمية والدراسات السابقة

تطورت الآراء حول شدة جائحة الفيروس التاجي (كوفيد-19) بشكل كبير منذ تفشي المرض في ووهان، الصين، بينما كان يعتقد في البداية أنه لا يزال محصوراً في الصين، انتشر

اللقاح وأن ما يقارب من ١٧٧٠٠ شخص توفوا بعد تلقيهم اللقاح (Office for National Statistics, 2021).

وفحصت دراسة (Lorentz and et al, 2021) أثر توافر خدمات الرعاية الصحية على معدل وفيات كوفيد-١٩، وأظهرت أن عدد أسرة رعاية الإنعاش لكل ١٠٠,٠٠٠ شخص لم يرتبط بمعدل الوفيات في المستشفيات في الموجات ١ و ٢ على التوالي، كما لم ترتبط كثافة الأطباء بمعدل وفيات كوفيد-١٩ في المستشفيات في الموجة ١، ولكنها ارتبطت به بشكل كبير في الموجة ٢. ومع ذلك، ارتبط عدد أسرة رعاية الإنعاش لكل ١٠٠,٠٠٠ شخص وكثافة الأطباء بمعدل وفيات كوفيد-١٩ في الموجة ١. أما في الموجة ٢، فقد ارتبطت كثافة الأطباء فقط بمعدل وفيات كوفيد-١٩.

وضمن هذا السياق، طبق العديد من الدراسات عموماً نموذج الانحدار الموزون جغرافياً في مجال علم الأوبئة، بخاصة بحوث الأمراض المعدية وتقييمات السياسات أو البرامج الصحية، وبشكل أكثر تحديداً، طبق عدد من الدراسات نموذج الانحدار الموزون جغرافياً لقياس التغيرات المكانية لعدد من المتغيرات على حالات كوفيد-١٩، مثل دراسة (Al Kindi, 2021) ودراسة (Middya and Roy, 2021) ودراسة (Wu and Zhang, 2021) ودراسة (Iyanda and et al, 2020).

قوياً لخطر الوفاة، حيث يرتفع خطر الوفاة بسرعة مع تقدم العمر، وقد تم إثبات التدرج العمري القوي لـ كوفيد-١٩ جيداً (Demombynes, 2021; Bauer and et al, 2021; Baud and et al, 2020; Bonanad and et al, 2020).

كما اختبر العديد من الدراسات العلاقة بين تقديرات الوفيات والكثافة السكانية وكذلك عدد السكان، فقد أشارت النتائج التي تم الحصول عليها من دراسة (Ciupa and Suligowski, 2021) إلى أن الزيادة في عدد السكان والكثافة السكانية تسببت في زيادة حالات الإصابة والوفيات بفيروس كورونا، كما قدمت دراسة (Martins-Filho, 2021) معلومات مهمة حول العلاقة بين الكثافة السكانية وتقديرات كوفيد-١٩ في تحليلها على مستوى مقاطعة ولاية سيرغيبي، شمال شرق البرازيل، وتعزز النتائج أن الاستراتيجيات والتخطيط لـ كوفيد-١٩ ينبغي أن يستندا إلى الاختلافات في البارامترات السكانية بين البلدان في المنطقة نفسها.

تم إجراء عدد قليل من الدراسات لتقييم الوفيات المرتبطة بـ كوفيد-١٩ بين المجموعات الملقحة وغير الملقحة، وقد أظهرت دراسة قام بها (Xu and et al, 2021) وكذلك تقرير (Washington State Department of Health, 2021) أنه كان لدى متلقي لقاح كوفيد-١٩ معدلات وفيات أقل مقارنة بالأشخاص غير المحصنين. وبالمقابل أظهر تقرير مكتب الإحصاءات الوطني في إنجلترا حصول وفيات بعد تلقي السكان

٣. المنهجية

٣, ١ منهج البحث

اعتمد البحث للإجابة عن الأسئلة المطروحة على المنهج التحليلي الاستنتاجي من أجل تحديد أثر المتغيرات قيد الدراسة على وفيات كورونا في العالم، وكذلك في تحديد نمذجة الاختلافات المكانية فيما بين مختلف دول العالم تبعاً لذلك، وقد حاول الباحث الاستفادة من إمكانيات برمجيات نظم المعلومات الجغرافية التي تعدّ من البرامج المهمة في نمذجة العلاقات المكانية، حيث تشتمل على العديد من الأدوات المتعددة لأغراض التحليل المكاني، أهمها: انحدار المربعات الصغرى، والانحدار الموزون جغرافياً.

٣, ٢ البيانات

يغطي البحث البيانات المتاحة على الموقع الإلكتروني لمنظمة الصحة العالمية بخصوص العدد التراكمي لكلّ من الوفيات والحالات

وجرعات تلقي المطعم لمختلف دول العالم والمحدثة بتاريخ ٢٠٢١/١٢/٣١، وكذلك البيانات المتاحة على الموقع الإلكتروني لمجموعة البنك الدولي بخصوص بيانات عدد السكان والكثافة السكانية وعدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة لكل ١٠٠٠ نسمة، وأسرة المستشفيات لكل ١٠٠٠ شخص، وقد شمل البحث ٢١٣ دولة.

٣, ٣ مصادر البيانات

اعتمد البحث من أجل تحقيق أهدافه على البيانات الصادرة من منظمة الصحة العالمية ومجموعة البنك الدولي بوصفها مصدراً رئيساً، وقد جمعت البيانات التي استخدمت في هذا البحث عن مختلف دول العالم حتى تاريخ ٢٠٢١/١٢/٣١ وبلغ عددها ٢١٣ دولة. ويلخص الجدول التالي (١) المتغيرات المستخدمة في البحث ومصدر البيانات.

جدول رقم (١). مصادر البيانات لمتغيرات البحث

مصدر البيانات	متغيرات البحث
(World Health Organization, 2021)	العدد التراكمي لوفيات فيروس كورونا لكل 1000 نسمة
	العدد التراكمي للحالات المؤكدة بفايروس كورونا لكل 1000 نسمة
	عدد السكان الذين لم يتلقوا الجرعات اللازمة من المطعم لكل 1000 نسمة
(World Bank Group, 2021)	عدد السكان لكل 1000 نسمة
	الكثافة السكانية
	عدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن 65 سنة لكل 1000 نسمة
	أسرة المستشفيات (لكل 1000 نسمة)

٤, ٣ القيم المفقودة

بالإحصاءات العامة بتلك الدول والحصول على البيانات المتاحة عنها. وفي حال عدم توافر بيانات بالنسبة لبعض الدول عن تلك المتغيرات تم تحديد تصنيف الدولة حسب تقسيمات البنك الدولي للدول تبعاً للدخل والمناطق (شريحة الدول منخفضة الدخل، شريحة الدول متوسطة الدخل، منطقة أفريقيا جنوب الصحراء، منطقة ولايات البحر الكاريبي... إلخ)، واعتماد المتوسط العام مرجعاً للدولة التي لم يتوفر عنها البيانات.

- الدول التي لم يتوفر عنها أي بيانات بالنسبة لوفيات كورونا وعدد الحالات؛ تم حذفها ابتداءً.

٤. متغيرات البحث

استناداً إلى الدراسات السابقة تتمثل متغيرات البحث المستخدمة في قياس الأثر على وفيات فيروس كورونا لكل ١٠٠٠ نسمة حول العالم بما يلي:

CNCC = العدد التراكمي للحالات المؤكدة المصابة بفايروس كورونا لكل ١٠٠٠ نسمة.
 AGE65+ = شريحة السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة لكل ١٠٠٠ نسمة.
 Pop Den = الكثافة السكانية.

Pop nonVac = إجمالي عدد السكان الذين لم

بلغ عدد دول العالم التي توفر عنها بيانات كاملة بشأن العدد التراكمي لوفيات كورونا والعدد التراكمي للحالات المؤكدة وعدد السكان؛ ٢١٣ دولة، وبلغ عدد الدول التي توفر عنها بيانات بالنسبة للكثافة السكانية وعدد السكان الذين لم يتلقوا اللقاحات؛ حوالي ٢٠٠ و ٢٠٢ دولة على التوالي، في حين بلغ عدد الدول التي توفر عنها بيانات بالنسبة لمتغير عدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة؛ ١٨٧ دولة، و ١٧٠ دولة لأسرة المستشفيات.

اعتمد البحث في معالجة البيانات المفقودة لجميع البلدان وفق ما يلي:

- بالنسبة لمتغير عدد السكان الذين لم يتلقوا الجرعات اللازمة من اللقاح؛ تم البحث في المواقع الإلكترونية الرسمية للجهات الصحية بتلك الدول والحصول على جميع بياناتها.
- بالنسبة لمتغير الكثافة السكانية؛ تم الحصول على جميع البيانات المفقودة بالبحث في المواقع الإلكترونية الرسمية ذات العلاقة بالإحصاءات العامة لتلك الدول.
- بالنسبة لمتغيرات الأعمار التي تزيد عن ٦٥ وأسرة المستشفيات؛ تم البحث بالمواقع الإلكترونية الرسمية ذات العلاقة

يتلقوا القاحات لكل ١٠٠٠ نسمة.

Hos Bed = أسرة المستشفيات لكل ١٠٠٠

نسمة.

PN: عدد السكان لكل ١٠٠٠ نسمة

٥. فرضيات البحث (Hypothesis):

لا يوجد هناك أثر للمتغيرات المستقلة (العدد التراكمي للحالات المؤكدة، عدد السكان الذين لم يتلقوا الجرعات اللازمة من اللقاح، عدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة، أسرة المستشفيات، الكثافة السكانية، عدد السكان) على المتغير التابع (العدد التراكمي لوفيات فيروس كورونا على الصعيد العالمي).

لا يوجد هناك تباين مكاني في معدل وفيات فيروس كورونا في العالم تبعاً للمتغيرات قيد البحث (العدد التراكمي للحالات المؤكدة، عدد السكان الذين لم يتلقوا الجرعات اللازمة من اللقاح، عدد السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة، أسرة المستشفيات، الكثافة السكانية، عدد السكان).

٦. المسلمات البحثية (Assumptions)

من المفترض أن البيانات المتعلقة بالعدد التراكمي للوفيات والعدد التراكمي للحالات المسجلة هي بيانات مؤكدة حسب ما وردت في قاعدة بيانات منظمة الصحة العالمية.

٧. أساليب التحليل

سيطبق البحث نمذجة انحدار المربعات الصغرى والانحدار الموزون جغرافياً المستعملة في نمذجة العلاقات المكانية ضمن الأدوات الإحصائية المكانية المتاحة في تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

انحدار المربعات الصغرى Ordinary Least Squares (OLS) Regression: يستخدم الانحدار الخطي العام للمربعات الصغرى (OLS) لإنشاء تنبؤات أو لنمذجة متغير تابع من حيث علاقته بمجموعة من المتغيرات التفسيرية.

الانحدار الموزون جغرافياً Geographically Weighted Regression (GWR) شكل من الانحدار الخطي، يستخدم لنمذجة العلاقات المتغيرة مكانياً.

إن GWR هو نتيجة لانحدار المربعات الصغرى العادية (OLS)؛ إلا أنه يضيف مستوى من التطور في النمذجة من خلال السماح للعلاقات بين المتغيرات المستقلة والتابعة بالتنوع حسب المنطقة، فهو أسلوب تحليل مكاني يسمح بتصوير العلاقات وكيف تختلف في المكان، كما أنه يفسر الارتباط الذاتي المكاني للمتغيرات. وبشكل مختصر، ينشئ GWR معادلة OLS منفصلة لكل موقع في مجموعة البيانات، والتي تتضمن المتغيرات التابعة والتفسيرية للمواقع التي تقع

مبين في الجدول (٢) إلى وجود علاقة إيجابية معنوية إحصائياً ($P < 0.05$) بين متغيرات العدد التراكمي للحالات المؤكدة وشريحة السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة وعدد السكان غير المطعمين، مع زيادة خطر الوفيات الناجمة عن كوفيد-١٩. في حين أظهر متغير أسرة المستشفيات ارتباطاً سلبياً (وإن كان غير ذي دلالة إحصائية) بزيادة خطر الوفيات، كما أظهرت نتائج تقديرات عدد السكان والكثافة السكانية ارتباطاً إيجابياً (وإن كانت غير ذات دلالة إحصائية) بزيادة خطر الوفيات الناجمة عن كوفيد-١٩، وللكشف عن مشكلة التعدد الخطي Multicollinearity بين المتغيرات المستقلة أظهر مقياس عامل تضخم التباين (VIF)، أن جميع قيم VIFs أقل من ١٠ وهو ما يشير إلى عدم وجود مشكلة تعدد خطي بين المتغيرات المستقلة.

وبلغت قيمة معامل التحديد R^2 لانحدار المربعات الصغرى ٠,٩٥، وهو ما يشير إلى أن

ضمن النطاق الترددي Bandwidth لكل موقع مستهدف، ويمكن إدخال النطاق الترددي يدوياً من قبل المستخدم (استناداً إلى الأدبيات السابقة وما إلى ذلك) أو يمكن تحديده من خلال البرنامج الإحصائي في R، وتشمل المحددات المفروضة على GWR المشاكل المرتبطة بالتعدد الخطي وإحصائيات ملاءمة النموذج (Columbia University Mailman School of Public Health, 2019).

٨. النتائج والمناقشة

لتوفير فهم بديهي لـ GWR، فإن البداية المفيدة هي استكشاف البيانات باستخدام نموذج الانحدار الخطي للمربعات الصغرى (OLS)، وتكمن المشكلة الأساسية هنا في فهم ما إذا كان ارتفاع معدل الوفيات الناجمة عن كوفيد-١٩ مرتبطاً بالمتغيرات قيد البحث.

تشير نتائج تحليل الانحدار OLS كما هو

جدول رقم (٢). ملخص نتائج OLS - متغيرات النموذج

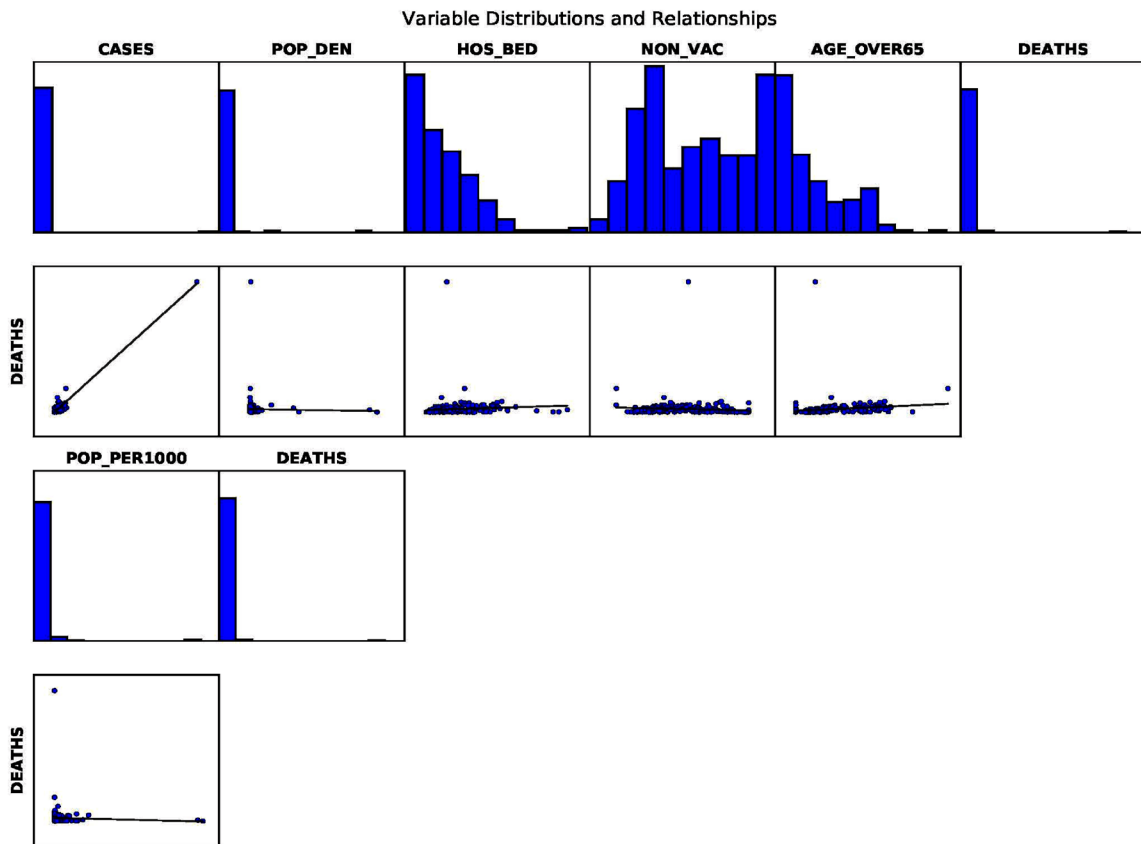
متغير	المعاملات	الخطأ المعياري	إحصائية-ت	الاحتمالية	مؤشر VIF
نقطة القطع	-0.854408	0.210627	-4.05649	0.000077*	-----
العدد التراكمي للحالات لكل 1000 نسمة	0.015343	0.000247	62.138516	0.000000*	1.026232
عدد السكان الذين أعمارهم +65 لكل 1000 نسمة	0.000018	0.00003	0.596652	0.551398	1.12706
الكثافة السكانية	-0.034929	0.030197	-1.156711	0.248728	1.409662
السكان غير المطعمين لكل 1000 نسمة	0.001022	0.000248	4.122036	0.000060*	1.309136
أسرة المستشفيات لكل 1000 نسمة	0.004505	0.001003	4.493309	0.000014*	1.496137
عدد السكان لكل 1000 نسمة	0	0	0.498804	0.618459	1.009012
Joint F-Statistic [e]	660.108676		Prob (>F) (5,212) degrees of freedom:		0.000000*
Multiple R-Squared	0.950560		Adjusted R-Squared [d]		0.949120
Akaike's Information Criterion (AICc)	549.4				

حيث تظهر العلاقات القوية على شكل أقطار، ويشير اتجاه الميل إلى ما إذا كانت العلاقة طردية أم عكسية.

ولأن نموذج الانحدار OLS يفترض أن العلاقات في النموذج ثابتة عبر المكان؛ أي أنه يفترض عملية ثابتة، ومن ثم فإن نموذج الانحدار OLS يفيد لالتقاط العلاقات المعممة. ومع ذلك، فإن العلاقات قد تختلف عبر المكان. ولنفترض، على سبيل المثال، أن هناك اختلافات سلوكية جوهرية في جميع أنحاء العالم وأن الناس قد التزموا بشكل صارم بتدابير العزل الذاتي والتباعد الاجتماعي في بعض الدول أكثر من

نموذجنا يفسر 95٪ من التباين في معدل وفيات فيروس كوفيد-19، وهذا يترك 5٪ فقط من التباين غير مفسّر، وتظهر قيمة احتمالية إحصائية F الدلالة الإحصائية المعنوية لمعامل التحديد $(P < 0.05)$.

ويبين الشكل أدناه (3) المدرج التكراري ورسم الانتشار لكل المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، حيث توضح المدرجات التكرارية كيفية توزيع كل متغير، مع الإشارة إلى أن طريقة OLS لا تتطلب أن يكون توزيع المتغيرات بشكل طبيعي. ومن جهة أخرى، يصور رسم الانتشار طبيعة العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع،



الشكل رقم (3). توزيعات المتغيرات والعلاقات

أماكن أبعد، وتكرر هذه العملية لجميع نقاط العينات في مجموعة البيانات (Rowe and Arribas-Bel, 2021)، وبالنسبة لمجموعة البيانات المكونة من ٢١٣ دولة، فإن GWR سيلائم ٢١٣ نموذجاً مرجحاً للانحدار، ويمكن بعد ذلك تعيين التقديرات المحلية (لكل دولة) الناتجة في مواقع نقاط الانحدار لعرض التغيرات المحتملة في العلاقات بين المتغيرات.

نظراً لتعدد النماذج التي يعرضها نموذج GWR لاختلاف طريقة عرض النطاق الترددي Bandwidth method حيث تتمثل القضية الرئيسة في الاختيار بين خيارين من النُويّات المكانية spatial kernels: نواة ثابتة fixed kernel أو نواة تكيفية adaptive kernel. وبديهاً، تتضمن النواة الثابتة استخدام عرض نطاق ترددي ثابت لتحديد منطقة حول جميع نقاط الانحدار، ويتم تحديد مدى النواة من خلال المسافة إلى نقطة انحدار معينة، مع كون النواة متطابقة في أي نقطة في الحيز، أما النواة التكيفية فتتضمن استخدام عرض نطاق ترددي متغير لتحديد منطقة حول نقاط الانحدار، ويتم تحديد مدى النواة من خلال عدد وحدات الجيرة الأقرب من نقطة انحدار معينة، وتتضمن النويات نطاقات ترددية أكبر كلما كانت البيانات متفرقة، وهناك عدة طرق لتحديد النطاق الترددي منها: corrected Akaike Information Criterion (AICc)، وطريقة cross validation (CV) أو BANDWIDTH_

PARAMETER

غيرها، ففي حالة وجود مثل هذه الاختلافات في الارتباطات عبر المكان، فسيكون نموذج OLS المقدر لدينا خطأ في تحديد الواقع لأنه يفترض أن هذه العلاقات ثابتة، وهناك طريقة لفحص ما إذا كانت العلاقات التي يتم تصميمها في نموذج OLS المعمم من المحتمل أن تكون ثابتة عبر المكان، وهي تقدير نموذج OLS منفصل لكل دولة في العالم (Rowe and Arribas-Bel, 2021).

إن نموذج الانحدار الموزون جغرافياً GWR يتغلب على قيود نموذج الانحدار OLS لتوليد مجموعة معممة من التقديرات، وتقوم الفكرة الأساسية وراء GWR في فحص الطريقة التي قد تختلف بها العلاقات بين المتغير التابع ومجموعة من المتغيرات المستقلة عبر المكان، ويعمل GWR عن طريق تحريك دالة إطار Window Function والمعروفة أيضاً باسم دالة الاستدقاق (وهي دالة رياضية لها قيمة صفرية خارج الفاصل الزمني المختار، وعادة ما تكون متماثلة حول الفترة وتكون قيمتها القصوى في المنتصف وتتناقص مع الابتعاد عن الحد الأقصى في الوسط) من نقطة انحدار إلى أخرى، والعمل بالتتابع عبر جميع نقاط الانحدار الموجودة في مجموعة البيانات، ثم يتم تحديد مجموعة من المناطق حول كل نقطة انحدار وداخل دالة إطار، ثم يتم تركيب نموذج الانحدار على جميع البيانات الموجودة في كل منطقة من المناطق المحددة حول نقطة الانحدار مع نقاط البيانات الأقرب إلى نقطة العينة التي يتم ترجيحها بشكل أكبر من تلك الموجودة في

أن نستنتج أن adaptive kernel باستخدام النطاق الترددي AICc حققت أفضل المعايير من باقية الطرق.

لاستكشاف التباين المكاني المحلي على مستوى دول العالم في العلاقات مع وفيات كوفيد-19، تم تطبيق GWR بطريقة Adaptive Kernel وتم تحديد النطاق الترددي باستخدام طريقة AICc، وقد أشارت تشخيصات GWR إلى تحسن نسبي في R^2 ، حيث زاد نموذج R^2 إلى 0.97، وهو ما يشير إلى ملاءمة أفضل من نموذج OLS. ويبين الشكل رقم (4) معاملات المتغيرات المستقلة على مستوى دول العالم، حيث يظهر من الشكل المعاملات الخاصة بالعدد التراكمي للحالات تجانساً مكانياً بين دول العالم فيما يتعلق باتجاه العلاقة مع الوفيات بكوفيد-19، حيث يظهر أن اتجاه العلاقة إيجابي في جميع دول العالم (الشكل على اليمين)، وهو ما يعني أن عدد الوفيات يرتفع مع زيادة عدد الحالات على مستوى دول العالم، وترتبط أكبر قيم معاملات الحالات بأستراليا ونيوزلندا والأمريكتين والدول الواقعة غرب القارة الأفريقية.

ونظراً لأن معايير النطاق الترددي هي مقياس لتقييم السيناريوهات المختلفة سيعتمد البحث على عدة أمور لاختيار النموذج الأفضل، وهي:

- قيمة معيار النطاق الترددي: النطاق ذو القيمة الأقل يستخدم عدداً أصغر من الملاحظات وهو ما يؤدي إلى زيادة التباين ولكن التحيز أقل على عكس النطاق الترددي ذي القيمة الأكبر.

- النموذج الذي يحقق أعلى قيمة لمعامل التحديد R^2 .

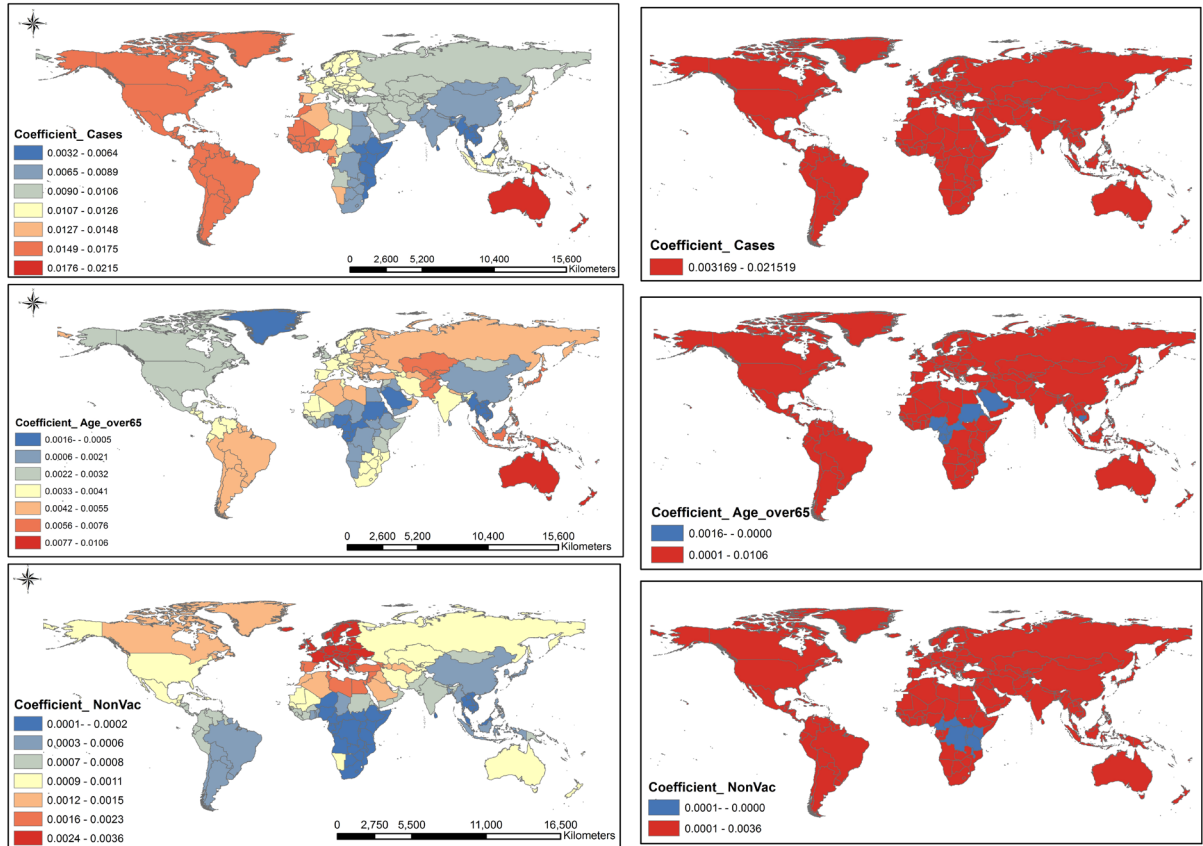
- النموذج الذي يحقق أقل مربعات بواقى. كلما كان هذا القياس أصغر كان نموذج GWR أقرب للملاءمة مع البيانات المرصودة.

- قيمة AICc الأقل والتي تعطي أفضل ملاءمة بالنسبة للبيانات المرصودة.

ويعرض الجدول (3) قيم مقارنة نتائج النمذج باستخدام قيم معايير عرض النطاق الترددي الخاصة بها، وبالنظر إلى النتائج يمكننا

جدول رقم (3). نتائج سيناريوهات GWR باستخدام النويات الثابتة والتكيفية

Fixed Kernel		Adaptive Kernel		معايير النطاق الترددي
CV	AICc	CV	AICc	
3472	54.1	213	64	قيم النطاق الترددي bandwidth
0.95	0.968	0.954	0.976	قيمة R^2
152.1	96.68	140.5	73.1	مربعات البواقى Residual Squares
549	493	536.4	489	AICc



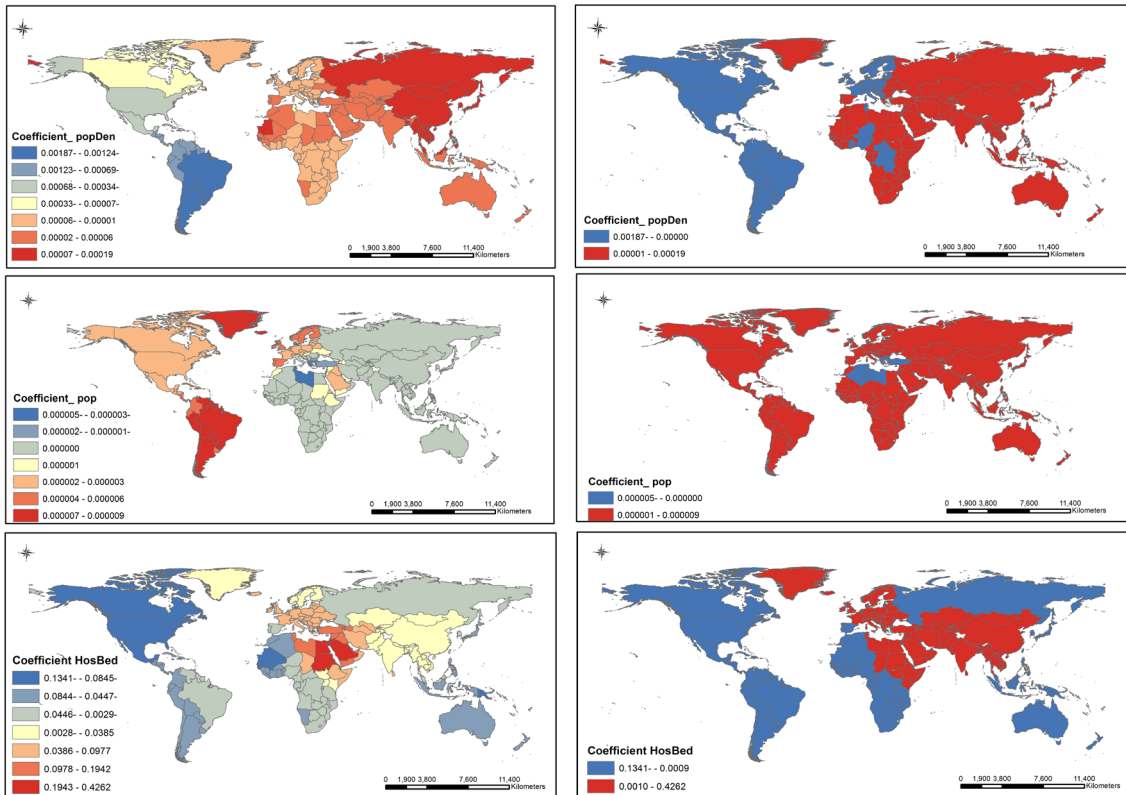
الشكل رقم (٤). الخرائط على اليمين تصنيف معاملات متغيرات (عدد الحالات، والسكان أعمارهم ٦٥+، والسكان غير المطعمين) في طبقتين. وعلى الشمال في ٧ طبقات

كما كشف الشكل المتعلق بالسكان غير الملقحين تجانساً مكانياً بين الدول فيما يتعلق باتجاه العلاقة، حيث أظهرت أن ما نسبته ٥٪ فقط من دول العالم ارتبطت بعلاقة سلبية بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-١٩ أبرزها تنزانيا وكينيا وجمهورية أفريقيا الوسطى وأوغندا وجمهورية الكونغو الديمقراطية والكاميرون وجزيرة موريشيوس، وأن ٩٥٪ من دول العالم ارتبطت بعلاقة إيجابية (الخريطة على اليمين)، وهو ما يعني أن عدد الوفيات يرتفع مع زيادة عدد السكان الذين لم يتلقوا لقاحات في دول العالم.

وأظهر الشكل المتعلق بشريحة السكان الذين تزيد أعمارهم عن ٦٥ سنة تجانساً مكانياً بين الدول فيما يتعلق باتجاه العلاقة، حيث أظهرت أن ما نسبته ٦, ٥٪ فقط من دول العالم ارتبطت بعلاقة سلبية بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-١٩ أبرزها السعودية والسودان وجمهورية أفريقيا الوسطى والكونغو والكاميرون، وأن ٩٤, ٦٪ من دول العالم ارتبطت بعلاقة إيجابية (الخريطة على اليمين)، وهو ما يعني أن عدد الوفيات يرتفع مع زيادة عدد السكان في الشريحة ٦٥ سنة فأكثر في دول العالم.

بالوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-19. وبالمثل، أظهر الشكل المتعلق بأسرة المستشفيات تبايناً مكانياً ملحوظاً على مستوى دول العالم فيما يتعلق باتجاه العلاقة بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-19، حيث أظهرت أن ما نسبته ٥٣,٥٪ من دول العالم ارتبط بعلاقة سلبية بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-19، أبرزها الأمريكيتان والدول الواقعة في جنوب وغرب القارة الأفريقية ودول غرب المحيط الهادئ وروسيا، وأن ٤٦,٥٪ من دول العالم ارتبطت بعلاقة إيجابية، وهو ما يعني أن أسرة المستشفيات ليس لها اتجاه واضح على

وكشفت النتائج كما يلاحظ من الشكل (٥) أن متغير الكثافة السكانية أظهر تبايناً مكانياً ملحوظاً على مستوى دول العالم فيما يتعلق باتجاه العلاقة بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-19، حيث أظهرت أن ما نسبته ٤,٥٥٪ من دول العالم ارتبط بعلاقة سلبية بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-19، أبرزها الأمريكيتان والدول الأوروبية ومعظم الدول الأفريقية، وأن ٤٤,٦٪ من دول العالم ارتبطت بعلاقة إيجابية، أبرزها دول جنوب شرق آسيا ودول غرب المحيط الهادئ وروسيا ودول شرق المتوسط، وهو ما يعني أن الكثافة السكانية ليس لها اتجاه واضح على صعيد الدول فيما يتعلق



الشكل رقم (٥). الخرائط على اليمين تصنيف معاملات متغيرات (عدد الحالات، والسكان أعمارهم ٦٥+، والسكان غير المطعمين) في طبقتين. وعلى الشمال في ٧ طبقات

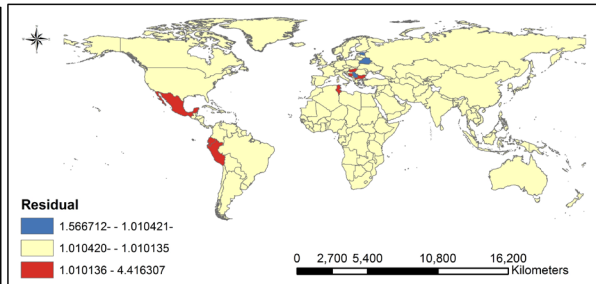
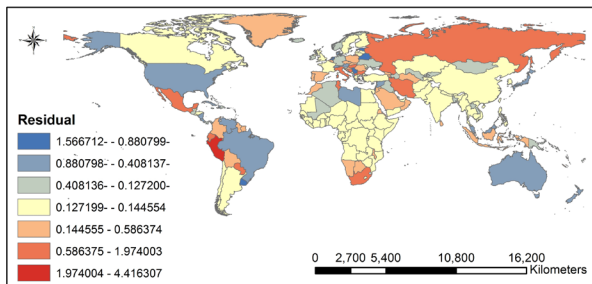
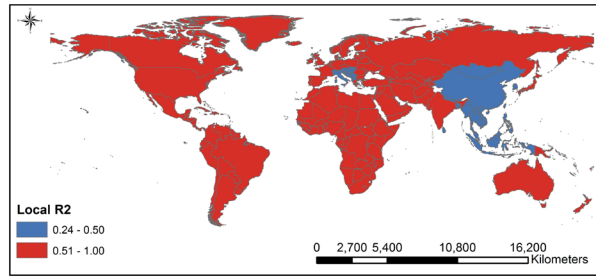
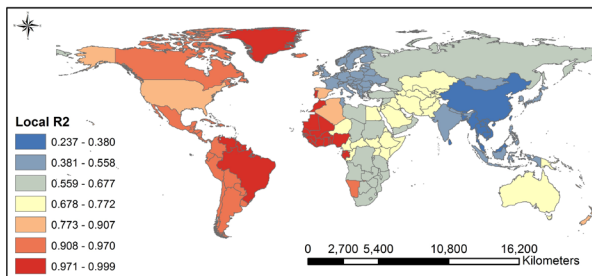
صعيد الدول فيما يتعلق بالوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-١٩. كما كشف الشكل المتعلق بعدد السكان تجانساً مكانياً بين الدول فيما يتعلق باتجاه العلاقة، حيث أظهرت أن ما نسبته ٥٪ فقط من دول العالم ارتبط بعلاقة سلبية بمعدلات الوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-١٩ أبرزها تركيا واليونان وبلغاريا ومقدونيا ومونتينيغرو وقبرص وتونس وليبيا، وأن ٩٥٪ من دول العالم ارتبطت بعلاقة إيجابية، وهو ما يعني أن عدد الوفيات يرتفع مع زيادة عدد السكان.

٩. الخاتمة والتوصيات

على الصعيد العالمي، تعد النمذجة المكانية لتفشي الأمراض أمراً مهماً ليس فقط لتقييم دولة بحد ذاتها، ولكن أيضاً لتوفير تصورات واضحة للتباين المكاني في حدوث المرض وانتقاله، ولماذا توجد النقاط الساخنة في مناطق

صعيد الدول فيما يتعلق بالوفيات الناجمة عن مرض كوفيد-١٩.

ويكشف الشكل (٦) عن التجانس المكاني من حيث قيمة R^2 ، ويشير نموذج R^2 على مستوى الدول إلى أن النموذج يتنبأ بدقة ويفسر العلاقات المحلية بشكل أفضل، حيث بلغت نسبة الدول التي تزيد فيها قيمة معامل التحديد عن



الشكل رقم (٦). الخرائط على اليمين تصنيف قيم معامل التحديد والبواقي في طبقتين أو ثلاث، وعلى الشمال ضمن ٧ طبقات

أن المتغيرات الصحية، مثل: أسرة المستشفيات والسكان غير المطعمين، والمتغيرات الديمغرافية المحددة، مثل: الكثافة السكانية وشريحة السكان الذين أعمارهم فوق 65 سنة؛ لم تكن معلمات مؤثرة بشكل كبير على كوفيد-19، إلا أنه يجب أن تتضمن الأبحاث الإضافية متغيرات توضيحية إضافية لنمذجة معدلات الإصابة بالمرض مكانياً.

أخيراً، يمكن تطبيق نماذج مماثلة باستخدام GWR بمتغيرات مختلفة، ولا سيما المتغيرات البيئية والاقتصادية والاجتماعية، حيث يمكن أن تساعد نتائج النماذج المحلية بشكل كبير في رسم خريطة وتحديد الفئات السكانية والمجموعات الاجتماعية المعرضة لمخاطر عالية للإصابة بالأمراض مثل: كبار السن والأشخاص المصابون بمرض طويل الأمد والمرضى في المستشفيات. إلى جانب ذلك، يمكن أيضاً اتخاذ العديد من الإجراءات المكانية من قبل صانعي القرار في الدول للحد من انتقال المرض من خلال التدخل والتدابير الوقائية والتخفيفية التي تقلل من إدخال أو إعادة انتقال الفيروس من الأماكن عالية الإصابة إلى الدول منخفضة الإصابة أو غير المصابة، لا يزال كوفيد-19 منتشرًا على مستوى العالم ولم تتم السيطرة عليه بالكامل بعد. لذلك، هناك حاجة لمزيد من البحث حول النمذجة المكانية لانتقال المرض وديناميكياته على مستوى الدول لتحديد الدوافع المحتملة التي قد تؤثر على معدلات الوفيات، والتحقق في الروابط المعقدة بين هذه المتغيرات.

دون غيرها. لذلك، كان الهدف العام من هذا البحث هو توفير رؤى واضحة للعلاقات بين بعض المتغيرات الصحية والديمغرافية ومعدلات الوفيات الناجمة عن كوفيد-19 على مستوى دول العالم.

من الناحية المنهجية، يوفر العديد من التقنيات الجيومكانية المتقدمة فرصة لزيادة دقة التقديرات المكانية لمعدلات الوفيات بفايروس كوفيد-19 على مستوى دول العالم، وفي هذا البحث، قدم نموذج GWR تمثيلاً كمياً للمتغيرات الصحية والديموغرافية التي قد تؤثر على معدلات وفيات كوفيد-19.

هذا التحليل هو محاولة لتوفير فهم أكبر للمتغيرات الصحية والديموغرافية لـ كوفيد-19، والتعمق أكثر في الدول التي من المحتمل أن تؤثر فيها هذه العوامل على حدوث وفيات أكبر من غيرها. بعد ذلك، هذا البحث له آثار سياسية مختلفة. أولاً، يمكن أن تكون نتيجة هذا التحليل بمنزلة دليل مكاني لصناع القرار لصياغة استراتيجيات التخفيف من كوفيد-19 في جميع أنحاء دول العالم. ثانياً، لا يمكن للقياس الكمي فيما يتعلق بالمتغيرات الصحية والديموغرافية لمعدلات الوفيات بكوفيد-19 على مستوى دول العالم أن يوفر معلومات صريحة مكانياً حول دوافع الوفيات بالمرض فحسب، بل يمكن أن يساعد أيضاً في توسيع نطاق مسارات التدخل لتحديد المناطق المعرضة لخطر الوفيات أكثر من غيرها. ثالثاً، على الرغم من أن ناتج تحليلنا أظهر

١٠. المراجع

- Journal of Environmental Research and Public Health, 18(12), (2021):6636. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126636>.
- Columbia University Mailman School of Public Health.** (2019) Geographically Weighted Regression, Retrieved on 31- Dec 2021 from: <https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/geographically-weighted-regression>.
- Demombynes, G., de Walque, D., Gubbins, P., Urdinola, B., Veillard, J.** COVID-19 Age-Mortality Curves for 2020 Are Flatter in Developing Countries Using Both Official Death Counts and Excess Deaths, Policy Research Working Paper, 9807, (2021).
- International Monetary Fund.** (2020) World Economic Outlook: The Great Lockdown. Retrieved on 03- Jan 2022 from: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2020/04/14/weo-april-2020>.
- Iyanda. AE., Adeleke. R., Lu Y., et al.** «A retrospective cross-national examination of COVID-19 outbreak in 175 countries: a multiscale geographically weighted regression analysis (January 11-June 28, 2020)». J Infect Public Health. 13(10), (2020):1438-1445. doi:10.1016/j.jiph.2020.07.006.
- Lorentz. N., Leduc. K., de Lanchy, G.** COVID-19 mortality with regard to healthcare services availability, health risks, and socio-spatial factors at department level in France: A spatial cross-sectional analysis». PLoS One, 16(9), (2021), doi: 10.1371/journal.pone.0256857.
- Martins-Filho, P.R.** “Relationship between population density and COVID-19 incidence and mortality estimates: A county-level analysis”. Journal of infection and public health, 14(8), (2021): 1087-1088. doi:10.1016/j.jiph.2021.06.018.
- English References**
- Al Kindi, Khalifa M., Al-Mawali, Adhra., Amira, Akharusi., Duhai, Alshukaili., Noura, Alnasiri., Talal, Al-Awadhi., Yassine, Charabi., and Ahmed M. El Kenawy.** «Demographic and Socioeconomic Determinants of COVID-19 across Oman - A Geospatial Modelling Approach». Geospatial Health ,16 (1), (2021) <https://doi.org/10.4081/gh.2021.985>.
- Baud, D., Qi, X., Nielsen-Saines, K., Musso, D., Pomar, L., Favre, G.** “Real Estimates of Mortality Following COVID-19 Infection” Lancet Infect Dis , 20(7), (2020) :773. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30195-X.
- Bauer, P., Brugger, J., König, F. et al.** «An international comparison of age and sex dependency of COVID-19 deaths in 2020: a descriptive analysis», Sci Rep, 11 (19143), (2021) <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97711-8>.
- Bonanad. C., Garcia-Blas. S., Tarazona-Santabalbina. F., Sanchis J., Bertomeu-Gonzalez. V., Facila. L., Ariza. A., Cordero. A.** « The Effect of Age on Mortality in Patients with COVID-19: A Meta-Analysis with 611,583 Subjects». Journal of the American Medical Directors Association, 21 (7), (2020), pp. 915-918.
- CDC COVID-19 Response Team.** «Geographic Differences in COVID-19 Cases, Deaths, and Incidence - United States». MMWR. Morbidity and mortality weekly report, 69(15), (2020), 465–471. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6915e4>.
- Ciupa. T, Suligowski. R.,** «Green-Blue Spaces, and Population Density versus COVID-19 Cases and Deaths in Poland». International

- World Bank Group.** (2021) Indicators. Retrieved on 31- Dec 2021 from: <https://data.albankaldawli.org/indicator?tab=all> HYPERLINK “<https://data.albankaldawli.org/indicator?tab=all>” HYPERLINK “<https://data.albankaldawli.org/indicator?tab=all>” HYPERLINK “<https://data.albankaldawli.org/indicator?tab=all>”=all.
- WHO.** (2021) WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard . Retrieved on 03- Jan 2022 from: <https://covid19.who.int/info?openIndex=2>.
- Wu, X., Zhang, J.** “Exploration of spatial-temporal varying impacts on COVID-19 cumulative case in Texas using geographically weighted regression (GWR)”. *Environ Sci Pollut Res*, 28, 43732–43746, (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13653-8>.
- Xu. S., Huang. R., Sy. L. S., Glenn. S. C. and et al.** COVID-19 Vaccination and Non-COVID-19 Mortality Risk — Seven Integrated Health Care Organizations, United States, December 14, 2020–July 31, 2021. *Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)*, 70(43), (2021); 1520–1524.
- Middya, A. I., and Roy, S.** “Geographically varying relationships of COVID-19 mortality with different factors in India.” *Scientific Reports*, 11(1), (2021): 1-12.
- Natale. F., Ghio. D., Tarchi. D., Goujon. A., Conte. A.** «COVID-19 cases and case mortality rate by age». *European Commission*, 52(2), (2020): 154-164.
- Office for National Statistics.** (2021) Deaths involving COVID-19 by vaccination status, England Deaths involving COVID-19 by vaccination status, England: deaths occurring between 1 January and 31 October 2021, Retrieved on 31- Dec 2021 from: <https://www.ons.gov.uk/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/bulletins/>
- Poorolajal, J.** “Geographical distribution of COVID-19 cases and deaths worldwide.” *Journal of Research in Health Sciences*, 20(3), (2020): e00483.
- Poorolajal, J.** Geographical Distribution of COVID-19 Cases and Deaths Worldwide” *J Res Health Sci*, 20 (4), (2020): e00483|doi: 10.34172/jrhs.2020.24.
- Rowe. F and Arribas-Bel. D.** (2021) Spatial Modelling for Data Scientists, Retrieved on 31- Dec 2021 from: <https://gdsl-ul.github.io/san/index.html>.
- Washington State Department of Health.** (2021) COVID-19 Cases, Hospitalizations, and Deaths by Vaccination Status, Retrieved on 31- Dec 2021 from: <https://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/1600/coronavirus/data-tables/421-010-CasesInNotFullyVaccinated.pdf>.

Modeling Spatial Differences in Mortality Rate of Coronavirus (Covid-19) Using Geographically Weighted Regression Until the End of 2021: A Global Study

Thaer Mutlaq Ayasrah

Planning Specialist / Jordan Free and Development Zones Group (JFDZ)

thaer_ayasreh@yahoo.com

Received 12/1/2022; accepted for publication 28/4/2022

Abstract. This research examines the Modeling spatial relationships of the mortality of COVID-19 that were tested in 213 countries worldwide. The database used in the research included variables per 1000 population, as follows: the cumulative number of cases, hospital beds, and the unvaccinated population as health variables, the age population over 65 years, population number and population density as demographic variables for interpretation and prediction of mortality around the world. In total, it relied on 7 variables at the level of countries in the world based on the official COVID-19 data of the World Health Organization and World Bank indicators. Therefore, the aim of this research is to study whether the relationships between mortality rates and these variables differ spatially across different countries by means of applying modeling spatial relationships by Geographically Weighted Regression (GWR) and Ordinary Least Squares Regression (OLS) available in statistical tools in a GIS environment. The results showed that there are spatially homogeneous relationships at the level of the countries to the variables of the cumulative number of cases, the number of the population over the age of 65 years, and the number of the unvaccinated population, which are statistically significant and collectively explained 97% of the variation in mortality of COVID-19. In conclusion, spatial information derived from this modeling provides valuable insights regarding the spatially varying relationship of COVID-19 mortality with these potential drivers to help establish preventive measures to reduce mortality around the world.

Key words: Geographically Weighted Regression, Least Squares Regression, Coronavirus (Covid-19), Geographic Information Systems.