مجلة جامعة الملك خالد للعلوم الإنسانية

المجلد ٨ العدد ٢

٢٠٢١

King Khalid University Journal of Humanities, Volume 8, Issue 2, 2022
https://hj.kku.edu.sa

# تقييم مشكلة الوحدة المساحية المعدلة باستخدام المنهج متعدد المستويات

**د. مناور بن خلف المطيري**

**قسم العلوم الاجتماعية**

**جامعة طيبه**

**المستخلص:**

تسببت عملية إعادة توزيع البيانات على مساحات مختلفة من الوحدات الجغرافية المستخدمة في عملية جمعها ما يعرف بمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP، وهذا جزء من أحد إشكالات الجغرافيا التي تؤثر في تباين التوزيع المكاني للبيانات، لهذا عمدت الدراسة إلى استخدام المنهج متعدد المستويات Multiscalar Approach لتحديد مجموعة من المتغيرات الجغرافية مثل استخدام الأرض، والانحدار والطرق لإعادة تخصيص بيانات التعداد باستخدام أسلوب الكثافة السكانية Daysmetric. أدت الإجراءات المتبعة إلى تحقيق أفضل نتائج يمكن الحصول عليها مقارنة بنتائج خرائط الكوروبلث للوحدات المكانية المختلفة، وصولاً إلى المناطق الفعلية والمشغولة بالسكان بهدف إنتاج خريطة تتوزع عليها البينات بشكل مكاني منطقي ومناسب باستخدام تقنيات الكثافة السكانية Daysmetric لتقدير خصائص السكان للكثافة في المناطق الصغيرة والتي تتوافق مع مناطق التعداد الرسمية المنشورة، وأبرزت نتائج خرائط الكثافة السكانية Daysmetric إزالة نحو ١٢٨٨.٣٣ كم٢ وبنسبة وصلت ٦٩.٩٥٪ من المساحة الإجمالية لسطح منطقة الدراسة والبالغة ١٧٥٦.٢كم٢، والتي كانت ضمن المناطق التي تتوزع فيها البيانات باستخدام خرائط الكوروبلث دون احتواءها على

مجلة جامعة الملك خالد للعلوم الإنسانية

المجلد ٨ العدد ٢

٢٠٢١

King Khalid University Journal of Humanities, Volume 8, Issue 2, 2022
https://hj.kku.edu.sa

السكان. وأوصت الدراسة باعتماد خريطة الكثافة السكانية dasymetric في انتاج خرائط الكثافات السكانية، كأداة ناجحة وغير مكلفة مادياً في بناء بيانات للمدن مستقبلاً، كما يؤدي توزيع السكان وفق مستوى مكاني أكثر دقة وتفصيلاً باستخدام خريطة الكثافة السكانية dasymetric دوراً مهماً للتخطيط على المستوى المحلي والإقليمي.

**الكلمات المفتاحية:** التحليل المكاني – مشكلة الوحدة المساحية المعدلة– خرائط الكثافة السكانية– خرائط الكوروبلث– تمثيل الخرائط.

مجلة جامعة الملك خالد للعلوم الإنسانية

المجلد ٨ العدد ٢

٢٠٢١

King Khalid University Journal of Humanities, Volume 8, Issue 2, 2022
https://hj.kku.edu.sa

# Assessments of the Modifiable Areal Unit Problem (MAUP) Using A Multiscalar Approach

**Dr. Menawer. K. Almutiri**

Faculty of Arts and Humanities

Taibah University

## Abstract:

The process of redistributing the data on different areas of the geographical units used in the process of collecting them caused what is known as the modifiable areal unit problem (MAUP), and this is part of one of the problems of geography that affects the variation in the spatial distribution of data. Daysmetric population density maps highlighted the removal of about 1288.33 $km^2$ with a rate of 69.95% of the total surface area of the study area amounting to 17566.2 $km^2$, which was among the areas in which the data is distributed using the coropleth maps without containing the population. The study recommended the adoption of a dasymetric map of population density in the production of population density maps, as a successful and inexpensive tool in building data for cities in the future, and the distribution of population according to a more accurate and detailed spatial level using a dasymetric map of population density plays an important role for planning at the local and regional levels.

**Keywords:** Choropleth maps- map representation- modified spatial unit problem- population density maps- spatial analysis.

## المقدمة:

تجمع البيانات في مجموعات على نطاقات مختلفة من الأشكال والأحجام، مما يجعل التحليل عرضة للتباينات غير المتوقعة بين المناطق التي يتم مقارنتها، فالبيانات مثل الدخل والسكان تجمع على وحدات مكانية صغيرة، قد تخرج متوسطات لهذه القيم مختلفة لنفس الموقع، ويعد ذلك جزء من أحد مشاكل الجغرافيا والتحليل المكاني المعروفة باسم مشكلة الوحدة المساحية المعدلة (MAUP) Modifiable Areal Unit Problem بسبب التباين الكامن في الوحدات المساحية. (Ross and others, 2010)

وتمثل بيانات النقاط أكثر البيانات واقعية لتوزيع السكان مما يمكنها من الكشف عن الأنماط المكانية شبه الحقيقية للسكان في الإقليم، ولهذا تستخدم خرائط الكوروبلث Choropleth Maps لعرض أنماط التوزيع المكاني باستخدام بيانات السكان المجمعة على مستوى مكاني مختلف عن الخريطة، ولهذا تتعرض الأنماط المكانية للتشويه خلال هذه المجموعات المكانية لنطاقات مختلفة، وبذلك تعد مشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP مصدراً محتملاً للخطأ الذي يؤثر على الدراسات المكانية باستخدام البيانات المجمعة aggregated data. (Unwin, 1996)

وتختلف أساليب تحديد وتحليل الأنماط المكانية على أساس البيانات الجغرافية المرتبطة بشكل وثيق بافتراض خاطئ لتجانس البيانات المجمعة فعلى سبيل المثال تُستخدم طرق تحديد المجموعات لدراسة الأنماط المكانية حيت تعود طرق القياس إلى أربعينات القرن الماضي. (Wong, 2016)، غالباً ما يكون تحديد النطاقات المكانية بمرجعية إدارية مثل تقسيم مناطق إدارية أو أحياء في الدول، على سبيل المثال تقارن القيم لكل حي أو منطقة مع القيمة المقابلة في كامل الدولة، أو قيمة لوحدات التعداد تقارن مع القيمة

المقابلة للمنطقة بأكملها، أحد إشكاليات القياسات المكانية لهذا النوع اعتماد النتائج على تحديد مستوى الوحدات المساحية التي تجمع منها البيانات، لذلك التجميع الخاص في مستوى مقياس معين قد يؤدي إلى نتائج غير واقعية لمستوى تحديد الحدود، ويمكن تجنب مشكلة الوحدة المساحية المعدلة (MAUP) عن طريق تغيير رسم الحدود لاختبار مجموعات مختلفة الحدود، وبحسب ونج (Wong, 2009) صاغ كلاً من أوبنشو وتايلور مصطلح الوحدة المساحية المعدلة (MAUP) عام ١٩٧٩م، وتتضمن مشكلة الوحدة المساحية المعدلة جزئيين مهمين وهما مشكلة المقياس ومشكلة مستوى تجميع البيانات. (Openshaw, 1984)

ونتيجة لما ذكر سابقاً نستنتج تعلق مشكلة القياس بالاختلافات في نتائج التحليل العائد على اختلاف مقياس وحدات البيانات المجمعة، بينما مشكلة تجميع البيانات تتعلق بالاختلاف في نتائج التحليل بسبب الطريقة التي ترسم بها حدود الوحدات المكانية، فلو افترضنا عدم تغيير النطاق الجغرافي للمنطقة المرجعية لاختبار مدى تأثير اختلاف نتائج المنطقة المرجعية، فالعلاقة بين القيم المقابلة للوحدة المساحية ومساحة أكبر من المنطقة المرجعية يمكن أن تكون غير مناسبة، وهذه جزء من مشكلة الوحدة المساحية المعدلة التي ترتبط بمجال المرجع المساحي ولذلك يجب تسليط الضوء على قياسات الفصل والتكتل ويعود السبب في ذلك لمحاولة تحديد مجال المرجع المكاني للبيانات، وسيساعد المنهج متعدد المستويات في دراستهما لتجنب مشكلة الوحدة المساحية المعدلة إضافة إلى المشكلة المتعلقة بالمجال المرجعي للبيانات.

تعتمد فائدة العديد من أشكال الدراسة المكانية سواء الكمية أو غير كمية، على

الطبيعة والأهمية الجوهرية للبيانات الممثلة، ويمتلك الجغرافيون تقليداً طويلاً في دراسة البيانات الخاصة بوحدات المساحة، فعلى سبيل المثال الظاهرات المكانية مثل الوحدات، أو البلديات أو المناطق كما قال تشابمان Chapman, 1977" الجغرافيا فشلت باستمرار وبشكل مخيف في معالجة مشاكل المدخلات"، يعني ذلك ضرورة التفكير بشكل عميق بحدود منطقة الدراسة وفق البيانات المدخلة.

تشكل المناطق في نظام التقسيم المكاني الوحدات الأساسية للمراقبة وقياس الظواهر المكانية فمن المعتاد أن يسبق تعريف أهداف الدراسة أي محاولات لقياس خصائصها، وهذا لا ينطبق على بيانات المنطقة حيث الظاهرات المكانية موجودة بعد البيانات التي تجمع لمجموعة واحدة من الظاهرات التي تتعرض لتجميع مختلف لإنتاج مجموعة من الوحدات المكانية، فدرجة الارتباط المكاني تعتمد على طبيعة الوحدات المساحية المستخدمة القابلة للتعديل في الاختيار، قد يستخدم بعض الباحثين مجموعات مختلفة من الوحدات المكانية، ولهذا ستكون عملية تحديد أو إنشاء وحدات مساحة مقبولة تماماً إذا نفذت باستخدام مجموعة ثابتة من القواعد العلمية، أو أساس جغرافي واضح لها، كما لا توجد قواعد لتجميع المساحات ولا توجد معايير أو اتفاقيات دولية لتوجيه عملية التجميع المكاني، وتخضع وحدات المساحات المستخدمة في العديد من الدراسات الجغرافية قابلة للتعديل لخبرة ورغبة الباحث بسبب عدم وجود مجموعة قياسية محددة من الوحدات المكانية. (Openshaw, 1984)

واشتقت كلمة dasymetric من الكلمة اليونانية dasys التي تعني سميكة أو كثيفة، وكلمة metron القياس، وبالتالي تعني قياس الكثافة، وقد استخدم المصمم الروسي سيمينوف تيان شانسكي Semenov-Tian- Shansky مصطلح dasymetric

لأول مرة في عام ١٩٢٣ لوصف خريطة الكثافة السكانية ليصبح هذا المصطلح مقبول ببطء كتسمية لفئة مميزة من تمثيل الخرائط. (McCleary, 1969)

وتكْمن الحاجة إلى إعداد دراسات علمية تفصيلية تستخدم بشكل أساسي أساليب تقييم مشكلة الوحدة المساحية المعدلة في نظم المعلومات الجغرافية، نظراً لما لها من أهمية في إدارة وإنتاج البيانات ومعالجتها، وتحقيقاً لذلك تهدف الدراسة إلى تحديد أهم الأساليب التي تعالج البيانات في التقدير البيني المكاني لها، وتقدير مدى ملائمة هذه الأساليب في وحدات مساحية مناسبة للبيانات لإجراء عمليات التقييم، وتحديد التباينات والاختلافات التي يمكن حدوثها من خلال تغير الأساليب المختلفة في تحديد الوحدات المكانية، ونظراً لأن أي منطقة دراسة تجمع حولها بيانات مستمرة، فسيتبع ذلك بروز عدد كبير للغاية من الطرق المختلفة التي يمكن تقسيمها إلى وحدات مساحة غير متداخلة بغرض التحليل المكاني نظراً إلى اعتبارها مشكلة مركبة combinatorial problem، وإذا كانت عملية التجميع مقيدة بحيث تتكون المجموعات من كائنات متجاورة داخلياً أي جميع الكائنات المعينة للمجموعة نفسها متجاورة جغرافياً ستظل المشكلة المركبة غير قابلة للإدارة بشكل كامل.

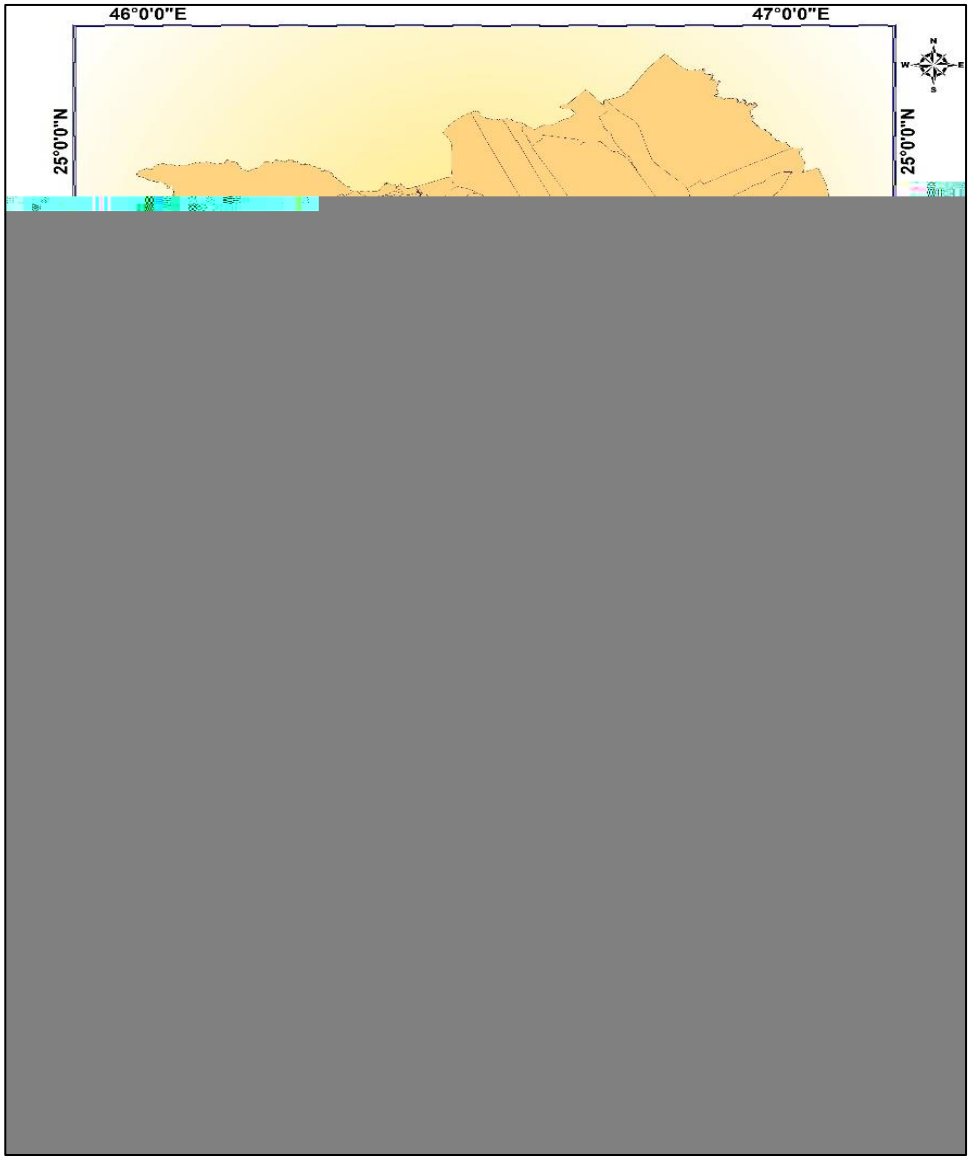
وتهدف دراسة مشكلة الوحدة المساحية المعدلة إلى تحليل وتقييم للبيانات المكانية بوحدات مساحية مختلفة، وذلك عبر استخدام الطريقة الإحصائية لكل وحدة مساحية لإعادة توزيع البيانات مكانياً، بهدف تقسيم مكاني مختلف دون أن يكون ذلك التقسيم عشوائي أو دمج وحدات ببعضها البعض، وفحص النتائج بشكل إحصائي باستخدام أساليب متعددة لفهم التغير في التأثير بنتائج مختلفة لتوضح الدراسة بعد ذلك مدى

ملائمة المساحة المعدلة للبيانات عند إجراء تقييم ومقارنة النتائج لاعتمادها مستقبلاً بناءً على صلاحيتها.

**منطقة الدراسة:**

تقع المملكة العربية السعودية بين دائرتي عرض ١٦° و٣٢° شمال دائرة الاستواء، على امتداد أكثر من ١٥ درجة عرضية، وخطي طول ٣٤° و٥٦° شرق خط جرينتش، وشملت منطقة الدراسة مدينة الرياض عاصمة المملكة العربية السعودية الواقعة في وسط المملكة تقريباً بين خطـي طول ٥٧َ٤٥° و٠٣ً ٠٠َ ٤٧° شرقاً وبين دائرتي عرض ١٥ َ٢٤° و١٢َ٢٥° شمالاً، وتعد مدينة الرياض الواجهة الأولى للمملكة العربية السعودية كونها العاصمة السياسية والإدارية لها باعتبارها واحدة من أهم مدنها، كذلك يقع فيها المركز الرئيس لإحدى أكبر المدن المالية في العالم (مركز الملك عبدالله المالي)، وتضم مدينة الرياض ١٦ بلدية، ويبلغ عدد الأحياء بمنطقة الدراسة ١٥٤حياً سكنيا شكل رقم (١). (الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، ٢٠٢١)

**شكل رقم (١) الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة**




المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية ٢٠٢١.

## الدراسات السابقة:

تعاني الدراسات العربية السابقة والخاصة بمشكلة الوحدة المساحية المعدلة من ضعفها، فيما يوجد مجموعة من الدراسات الأجنبية وهي على النحو التالي: قامت دراسة Butkiewicz and others, 2010، بالتخفيف من مشكلة وحدة المساحات المعدلة MAUP ضمن التحليلات الجغرافية المكانية الاحصائية للنمو الحضري في الولايات المتحدة الأمريكية وتقديم واجهة تسمح للمستخدم تحديد المناطق ذات الاهتمام لدراستها واجراء مقارنة بينهم، حيث يمكن للمستخدم تحديد المناطق ذات الاختلافات غير المرئية التي يمكن أن تؤثر على صحة المقارنات التي تمت بينهما لتخفيف هذه المشكلة، موفراً لأجل ذلك من الأدوات شبه الآلية لمساعدة المستخدم في تصحيح حدود مناطقهم على الرغم من بساطة التقييم الاحصائي المقدم في هذه الدراسة والذي اعتبره بعض الباحثين غير كافٍ بواسطة الانحراف المعياري عند مقارنة المناطق للكشف عن القيم المتطرفة.

طورت دراسة Prouse, 2014، طرق تحليل الأحياء الكندية في هاليفاكس بشكل أساسي من دراسات للمدن الكبيرة مثل مونتريال وتورونتو وفانكوفر، والتحليلات الإحصائية على مستوى تغير الحي في كندا، علاوة على ذلك اعتمدت الدراسة على مساحات التعداد السكاني Census Tracts (CTS) كوحدات جغرافية رئيسية للتحليل، باستخدام مساحات التعداد (CTs) كبديل للأحياء في المدن الأصغر قد تؤدي إلى استنتاجات مضللة لأن هذه الوحدات تغطي أيضاً مساحة كبيرة ويحتمل أن تخفي عدم تجانس السكان الذين يعيشون داخلها فيما يعرف باسم مشكلة وحدة المساحة المعدلة MAUP، وتحققت الدراسة من البيانات لتحديد الظروف المادية والاجتماعية والهيكلية

ليتم استكشاف الأحياء في هاليفاكس، بمقاطعة نوفا سكوتيا Nova Scotia من التعداد الكندي لعام ٢٠٠٦ لفحص درجة مشكلة وحدة المساحات المعدلة MAUP في هذه المدينة وتقييم فائدة مناطق التعميم كوحدة تحليل بديلة للمدن الصغيرة، وتحديد تأثير تحليل الانحدار الخطي والاختلاف في التقديرات لتقديم اقتراحات بشأن كيفية اجراء التخطيط ليمكن ضبط التحليل مع أخذ ذلك في الاعتبار.

اختبرت دراسة Nielsen, 2014، بروز مشكلة وحدة المساحات المعدلة MAUP عند فحص مجموعات فئات مكان العمل على ثلاثة مستويات إدارية مختلفة في ستوكهولم بالسويد، وكانت القياسات المستخدمة هي النسبة الموحدة standardised ratio، الارتباط التلقائي العالمي global autocorrelation، والارتباط التلقائي المحلي local autocorrelation، واكتشفت الدراسة اعتماد ظهور التجمعات على مقياس الوحدة الإدارية وكذلك موقع التجمعات استناداً إلى المؤشر المحلي للارتباط المكاني واختلاف المستويات للوحدات الإدارية، وبالتالي استنتجت الدراسة أهمية مجموعات فئات مكان العمل التي يجب تحديدها دائماً إذا لم تؤخذ مشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP في الاعتبار أو على الأقل تختبر لأجل ذلك.

استخدمت دراسة Cheng, 2014، التقنيات التحليلية لفهم وتحليل الأحداث الجغرافية، فالتعديلات غالباً ما تنفذ على مجموعة البيانات (التجميع، تقسيم المناطق، التجزئة ....) على مستوى الأبعاد المكانية والزمانية التي تنفذ لأسباب مختلفة، فمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP ناتجة من التعديلات في البعد المكاني، وقد بحثت بشكل عام على نطاق واسع مع تجاهل نظيرها الزمني وخاصة في الزمكان، واستخدم في قياس الوحدة المساحية المعدلة MAUP إحصاءات المسح الاحصائي الزمكاني Space-Time

Scan Statistics (STSS)، وأبرزت النتائج تأثير كبير على مجموعات الزمكان المحددة مع اختلاف سمات المجموعات أي المدة الزمنية والمدى المكاني (الحجم) ومؤشر الدلالة قيمة p، وتختلف بتغير تجميع وتجزئة وحدود مجموعات البيانات المتغيرة، فالتجميع يمكن أن يستخدم لإيجاد مجموعات كبيرة أسرع من المجموعات على نطاقات أقل، وتساعد التجزئة في فهم الأنماط الدورية لأنواع البيانات، مما يفيد اتساق المجموعات التي تظهر على نطاقات زمنية مختلفة في تحديد قوي أو حقيقي لعناقيد المجموعات Clusters of groups.

كشفت دراسة Gerell, 2016 كيفية تأثير مشاكل تحديد النطاق والتقسيم الخاصة بمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP على نسبة التباين المرتبطة بالمناطق المحيطة بمدينة مالمو Malmo في الطرف الجنوبي من السويد فيما يتعلق بمستويات المكان، وترتبط مشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP بكيفية إنشاء مناطق جغرافية وتقسيم المناطق وكيفية رسم الحدود والحجم المتعلق بحجم هذه المناطق، واستخدمت الدراسة أساليب تحليل بيانات نقاط الحرائق المتعمدة من ٢٠٠٧ إلى ٢٠١١ عن طريق النمذجة الخطية التسلسلية من أجل حساب الارتباطات البينية، ومقارنة الوحدات الجغرافية الحقيقية والإدارية ذات الأحجام التي يبلغ متوسط حجمها ١,٢ و ٠,٤ كيلومتر مربع على التوالي بالوحدات الجغرافية الصناعية شبه العشوائية والعشوائية بالكامل من نفس الحجم والأنواع الأصغر من الوحدات التي تبلغ مساحتها ٠,١٧ كيلومتر مربع، ووضح التحليل فرقاً بسيطاً بين الحجم الكبير والمتوسط للوحدات الجغرافية، ولكن هناك زيادة كبيرة في الارتباط داخل الطبقة على أصغر نطاق جغرافي لفهم جغرافية الظاهرة مما يشير إلى أن أصغر أنواع الوحدات هي الأكثر أهمية، فيما يتعلق بمشكلة تقسيم المناطق

أظهرت النتائج أن المزيد من العشوائية لوضع الحدود قد يرتبط بانخفاض معدلات الارتباط داخل الطبقة، وتحدد الآثار الرئيسية لهذه النتائج أن الجهود الوقائية المجتمعية قد تكون موجهة بشكل أفضل للمجتمعات الصغيرة جداً مثل الوحدات السكنية بدلاً من الأحياء الكبيرة.

اعتمدت دراسة Semecurbe, 2016، على حجم الوحدات المكانية المستخدمة في التحليل، والتعبير عن ذلك بمشكلة وحدة المساحة المعدلة (MAUP) واستخدمت الدراسة التحليل متعدد العوامل multifractal analysis أداة مناسبة للجغرافيين فهو لا يدمج فقط سلسلة من القرارات المكانية المتداخلة كما يقدم التحليل النمطي الهندسي المتكرر fractal analysis، ولكن يدمج كذلك سلسلة من كمية المعلومات الموجودة في كل وحدة مكانية، وقامت الدراسة بالكشف عن الأسس الرياضية للتحليل متعدد العوامل ووصف كيفية تطبيقه على التحليلات الجغرافية مع الاهتمام بالمفهوم الرياضي للبعد، والذي يسمح بوصف كيف يمكن استخدام الظاهرات لتحديد مشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP لوصف التوزيع المكاني للكثافة السكانية في فرنسا، والنتيجة الرئيسية خريطة تصنيف للكثافة السكانية استخدمت مشكلة وحدة المساحات المعدلة MAUP كأداة وصفية، مما سمح بالتعرف على العديد من ظاهرات المدن الرئيسية وأنماط المستوطنات الريفية ، وأنواع عديدة من أنماط المستوطنات المحيطة بالمدن.

حللت دراسة Jonathan, 2017 العلاقات الشاملة للعام ٢٠١٠ لمتوسط الدخل لولاية بنسلفانيا بين ٢٠٠٥-٢٠٠٩ ومعدلات تشخيص السرطان لولاية نيويورك بين مقاطعة وقطع سكنية، وقطع على مستوى المقاطعة للولايات المتحدة ووحدات التعداد

المعينة، ساعدت هذه الطريقة لفهم العلاقة بين مشكلة وحدة المساحات المعدلة MAUP والمقياس المكاني الذي يوفر التوجيه للباحثين في اختيار المقاييس المناسبة لتجميع وتحليل وتمثيل البيانات للتحليلات الخاصة بالمشكلة، وقد أجري تحليل لمؤشرات ثنائية المتغير لتحليل الارتباط المكاني analyses to quantify and explore the spatial (LISA) لاستكشاف الارتباط المكاني عبر ثلاث نطاقات مكانية باستخدام برنامج GeoDA وهو حزمة تحليل برمجيات مفتوحة المصدر، وقد تراجعت الفجوة المكانية أو المتوسط المرجح للقيم المجاورة لمقاييس المناطق المجمعة، وخلصت الدراسة لإمكانية قياس مشكلة الوحدة المساحية المعدلة تمهيداً لإجراء التقييم والتحقق من صحة النتائج التحليلية للبيانات المجمعة وضرورة إعادة تصنيف المنطقة الى نفس المقياس قبل إجراء التحليل.

هذا وتنفرد الدراسة بحسب ما توصل إليه الباحث بإنتاج مجموعات مختلفة من الوحدات المساحية عبر استخدام نظم المعلومات الجغرافية والأساليب الإحصائية المتعددة، ليأتي بعد ذلك تقيم الدقة وتفسير نتائج تقييم مشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP المستخرجة بعد فحصها مما يساعد على استخدام النموذج الملائم مستقبلاً كبديل لإنتاج وحدات مساحية أكثر ملائمه للبيانات المجمعة.

**منهجية الدراسة:**

ارْتكزت الدراسة على منهج الاستدلال الذي يعتمد على التحليل الكارتوجرافي cartographic analysis والإحصائي المكاني GeoStatistical analysis لمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP للبيانات لتقسيمها مكانياً بشكل منطقي، عبر رصد أبرز عوامل التأثير في مشكلة الوحدة المساحية المعدلة، وذلك لتحديد التباين بين المساحات المعدلة لبيان مدلولها في عملية ملائمتها للبيانات بعد إجراء عملية الربط بينهم بعلاقات شاملة

تساعد في شرح تكون وانتظام توزيع البيانات تمهيداً لتقيمها لتقديم نموذج ملائم لعملية توزع البيانات عبر المساحات المكانية.

واستخدام أسلوبي التقسيم المكاني segregation والتجميع aggregated كمقاييس للتعديل المكاني للمجموعات السكانية المختلفة بشكل عام، ويركز البحث في منهجية تحليل الأنماط المكانية، استدعى ذلك تحديد التصورات المختلفة للأنماط وأساليب قياسها، وقد استخدمت الدراسة لبلوغ ذلك بيانات سكانية للمملكة العربية السعودية موزعة على مستوى مناطق المملكة وعلى مستوى أحياء مدينة الرياض. (المصدر: الهيئة العامة للإحصاء، ٢٠٢١)

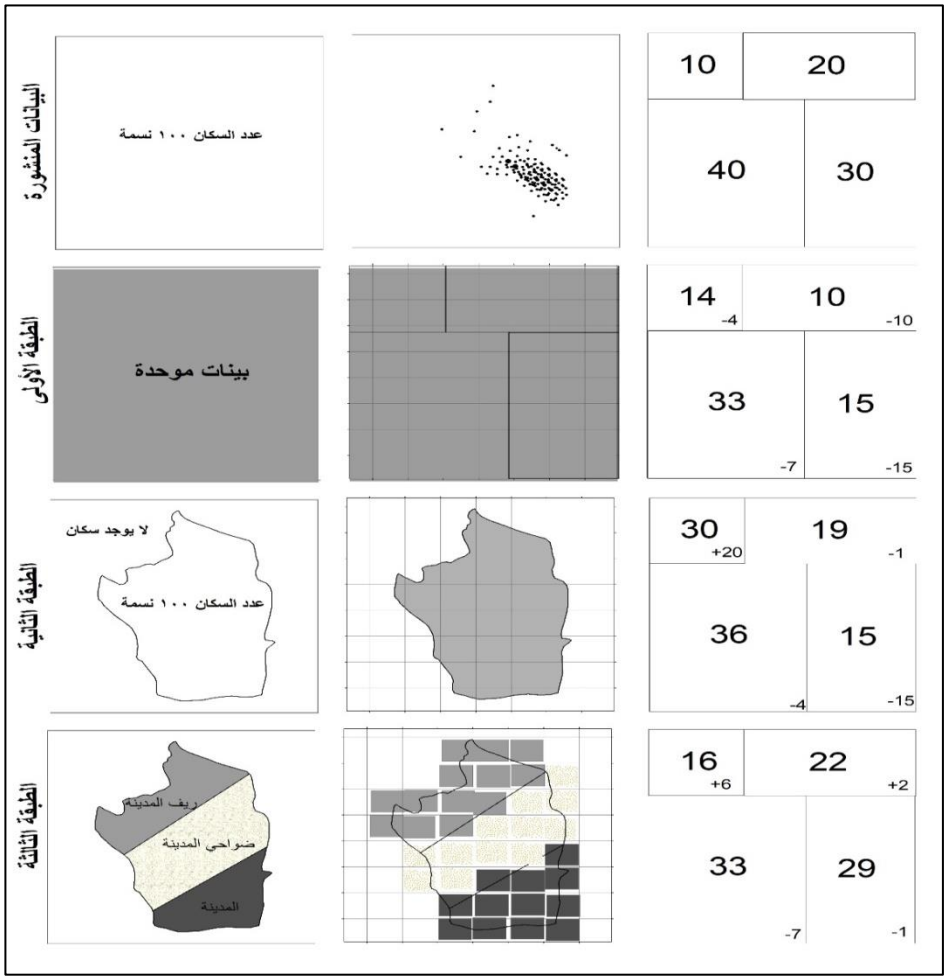
وتحاول الدراسة تخفيف مشكلة الوحدة المساحية المعدلة عبر إعادة بناء التوزيع المكاني الأكثر دقة للبيانات المجمعة المتوفرة على نطاق واسع والتي تستخدم غالباً بشكل غير صحيح مما يؤدي إلى معلومات قد تكون مضللة، وذلك بمساعدة بعض البيانات مثل مرئيات الأقمار الصناعية والتضاريس واستخدام الأراضي والبنية التحتية العامة مثل شبكات المرور والشائعة باستخدام خرائط الكوروبلث choropleth mapping، والتي تعتبر نظرياً مناسبة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS عبر تصميم نماذج إعادة البيانات المجمعة في وحدات مكانية أصغر باستخدام الاستيفاء المساحي Areal interpolation عند تصنيف السكان باعتباره عملية تقدير للسكان في مجموعة مستهدفة استناداً إلى المجموعات السكانية المعروفة والموجودة في مجموعة من المصدر، ولهذا تنشأ الحاجة إلى الاستيفاء المساحي عند جمع البيانات من مصادر مختلفة في وحدات المساحات المختلفة. (Flowerdew and Green,1992)

واستخدمت الدراسة منهجية قياس الكثافة dasymetric وهي تشبه إلى حد ما طريقة الترجيح المساحي areal weighting ولكنها تضيف خطوة إضافية لتصفية البيانات باستخدام مجموعة بيانات مساعدة (Holt and other, 2004)، وتعرّف منهجية قياس الكثافة dasymetric سواء منطقة مأهولة أو غير مأهولة بالسكان بمساعدة المعلومات ذات الصلة مثل مرئيات الاستشعار عن بُعد أو وحدات سكنية معزولة بالطرق، ويستخدم عامل الترجيح قيمة واحد للمناطق المأهولة بالسكان و قيمة صفر للمناطق غير المأهولة بالسكان، ليتم توزيع السكان الكلي بشكل موحد في المناطق المأهولة، وبما أن المناطق غير المأهولة مستبعدة من إعادة توزيع السكان، فإن النتائج تظهر نمط توزيع مكاني أكثر دقة للسكان (Keping et al., 2004).

يتضح من خلال شكل رقم (٢) التوزيع السكاني الحقيقي والممثل بشكل أفضل من خلال نقاط فردية إلا أن واقع البيانات بشكل عام وعدم توفر تواجدها كبيانات عادةً بشكل إجمالي للمنطقة، أو كمجموع من وحدات تقسيم المناطق المختلفة، ويتضح من خلال الشكل تحسين إعادة بناء توزيع سكان المنطقة المجمعين بواسطة نموذج قياس الكثافة dasymetric، واستخدام إجمالي المنطقة والبالغ قيمة مئة في الشكل كنقطة انطلاق لهذا المثال مما يوضح المجموعات الحقيقية في كل وحدة مكانية، فاستخدام الخوارزميات يساعد في إعادة تخصيص إجمالي السكان إلى وحدات مكانية فرعية مختلفة، حيث وزعت في كل خلية للكشف عن التوزيع السكاني المكاني وافتراض التجانس بشكل موحد للكثافة السكانية المطبقة على المنطقة بكاملها تساوي مجموع السكان في جميع الخلايا، مع تحديد الانحرافات لأعداد السكان من القيم الحقيقية، فتمكن هذه الطريقة تقسيم المناطق المأهولة بالسكان إلى مناطق مختلفة الكثافة السكانية

تصنف بناءً على عوامل ترجيح مثل بيانات الغطاء الأرضي، أو استخدام الأرض، أو التضاريس، أو قيمة الأرض، أو البنية التحتية مثل شبكة الطرق.

**شكل رقم (٢) نموذج قياس الكثافة** dasymetric




المصدر: إعداد الباحث.

وفي جدول رقم (١) قامت الدراسة باقتراح إطار قياس الكثافة متعدد التصنيف لطبقات متعددة A multi-layer multi-class dasymetric لتحسين تصنيف البيانات السكانية المجمعة وتفسير أنماط التوزيع السكاني الحقيقية وفقاً للعديد من الظاهرات المرتبطة بالكثافة السكانية، حيث تتكون كل طبقة في هذا النموذج من عدة فئات من الكثافات السكانية المختلفة، وتعيين عوامل ترجيح لكل فئة بناءً على الكثافة السكانية النسبية، فتفترض الطبقة الأولى أن السكان موزعين بشكل موحد على المنطقة، وتصنف الطبقة الثانية المناطق إلى فئات فرعية من السكان غير المأهولة بالسكان، مع وجود عوامل ترجيح ١ و ٠ على التوالي، وتصنف الطبقة المأهولة بالسكان في الطبقة الثالثة إلى ثلاث فئات فرعية من المناطق الحضرية والضواحي والريفية، وفي الطبقة الرابعة يمكن التمييز بين الكثافة السكانية داخل منطقة الضواحي عن طريق استخدام بيانات تقسيم الأراضي، ويمكن أيضاً تصنيف المنطقة الحضرية على أنها مناطق سكنية تجارية أو عالية الكثافة، وتقسيم كل فئة في الطبقة الرابعة إلى طبقة أعلى وفقاً لمعلومات أكثر تفصيلاً مثل كثافة شبكة النقل وإمكانية الوصول إلى العمل وفق علاقة هرمية تحتاج إلى المزيد من البيانات لإنشاء طبقات إضافية لهذا النموذج لكشف أنماط التوزيع المكاني بشكل تفصيلي.

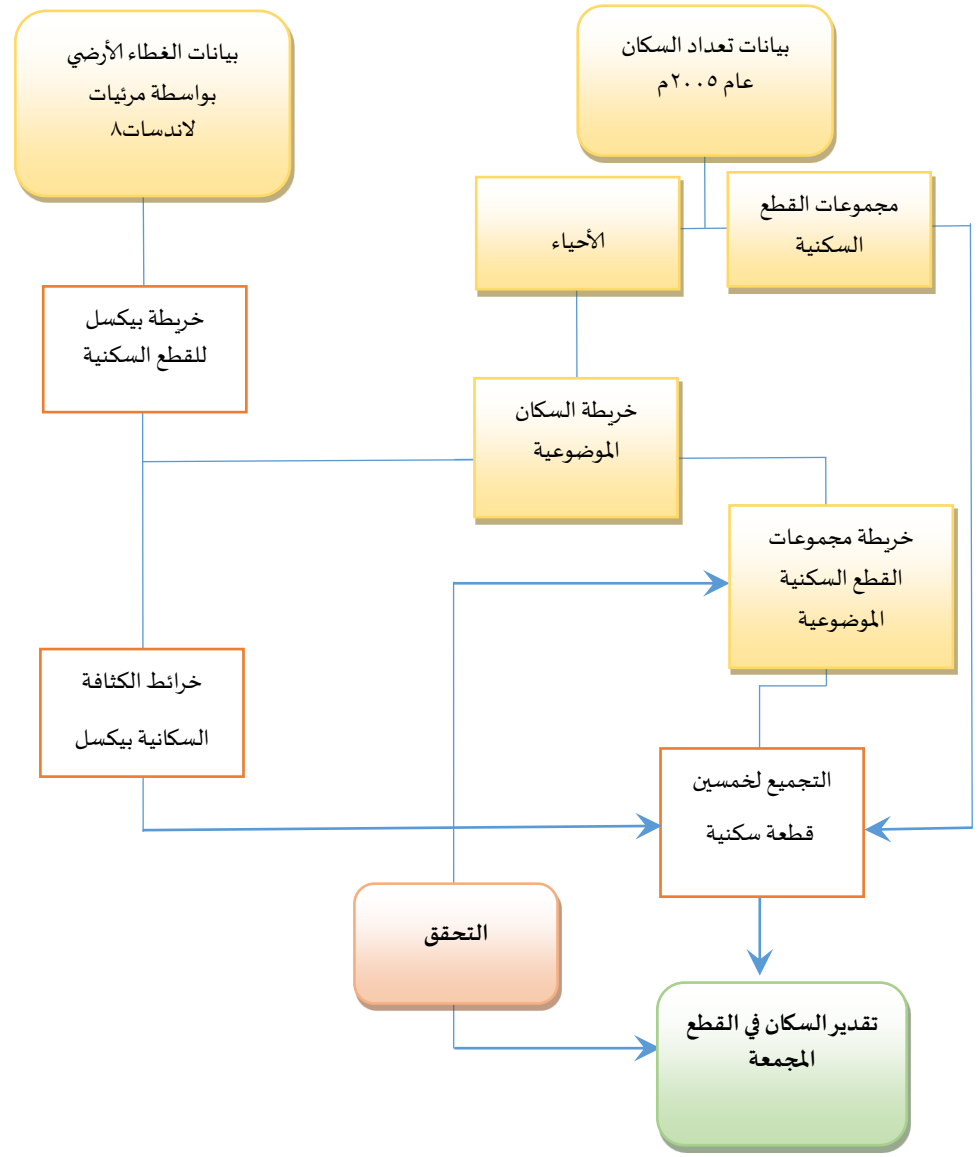
**جدول رقم (١) إطار قياس الكثافة dasymetric متعدد التصنيف لطبقات متعددة**

<table>
<tr><td rowspan="5">الطبقات المتعددة</td><td colspan="4">طبقات التصنيف</td></tr>
<tr><td>الطبقة الأولى</td><td colspan="3">منطقة موحدة</td></tr>
<tr><td>الطبقة الثانية</td><td>منطقة غير مأهولة بالسكان</td><td colspan="2">منطقة مأهولة بالسكان</td></tr>
<tr><td>الطبقة الثالثة</td><td>منطقة غير مأهولة بالسكان</td><td>ريف</td><td>ضواحي</td><td>مدينة</td></tr>
<tr><td>الطبقة الرابعة</td><td>منطقة غير مأهولة بالسكان</td><td>ريف</td><td colspan="2">كثافة عوامل الترجيح</td></tr>
</table>

المصدر: إعداد الباحث.

وبعد ذلك أجرت الدراسة شكل رقم (٣)، أولاً عملية لإعادة بناء البعد الجغرافي للتعداد واسترجاع بيانات السكان، وتنسيق التغطية المرتبط ببيانات جدول التعداد، ثانياً معالجة المرئيات الفضائية كبيانات مساعدة في رسم خرائط قياس الكثافة، وبيانات الغطاء الأرضي المصنفة بستة فئات تحول بواسطة عملية إعادة التصنيف reclassification، ثالثاً وهو الجزء الأكثر أهمية في هذه الدراسة لإنتاج خريطة الكثافة السكانية باستخدام طريقة قياس الكثافة، حيث تستخدم الخرائط الثلاث المنتجة آنفاً كبيانات أساسية لإنتاج خريطة قياس الكثافة لإجراء التقييم ومقارنة نتائجها.

**شكل رقم (٣) مخطط الدراسة**




المصدر: إعداد الباحث.

ولهذا طبقت عملية حساب لكثافة السكان بحسب البيكسل عند معالجة المرئيات وفق المعادلة التالية: (Flowerdew and Green, 1994)

$$\hat{y}_t = y_s \left( \frac{A_t \hat{D}_c}{\sum_{t \in s} \left( A_t \hat{D}_c \right)} \right)$$

حيث:

$\hat{y}_t$ = الكثافة السكانية لكل بيكسل

$y_s$ = العدد الكلي للسكان

$A_t$ = مناطق السكان

$\hat{D}_c$ = تقدير كثافة السكان في الطبقة c المقسمة للمناطق

وبعد استعراض هذه الأساليب الخاصة لمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP، في محاولة للحصول على أفضل أسلوب يمكن من خلاله تمثيل عدد السكان الحقيقي، لتجري بعد ذلك الدراسة تقييماً دقيقاً بهدف تحديد أكثر الطرق ملائمة لتحليل بيانات السكان مكانياً وربطها بمشكلة الوحدة المساحية المعدلة MAUP.

**التحليل والمناقشة:**

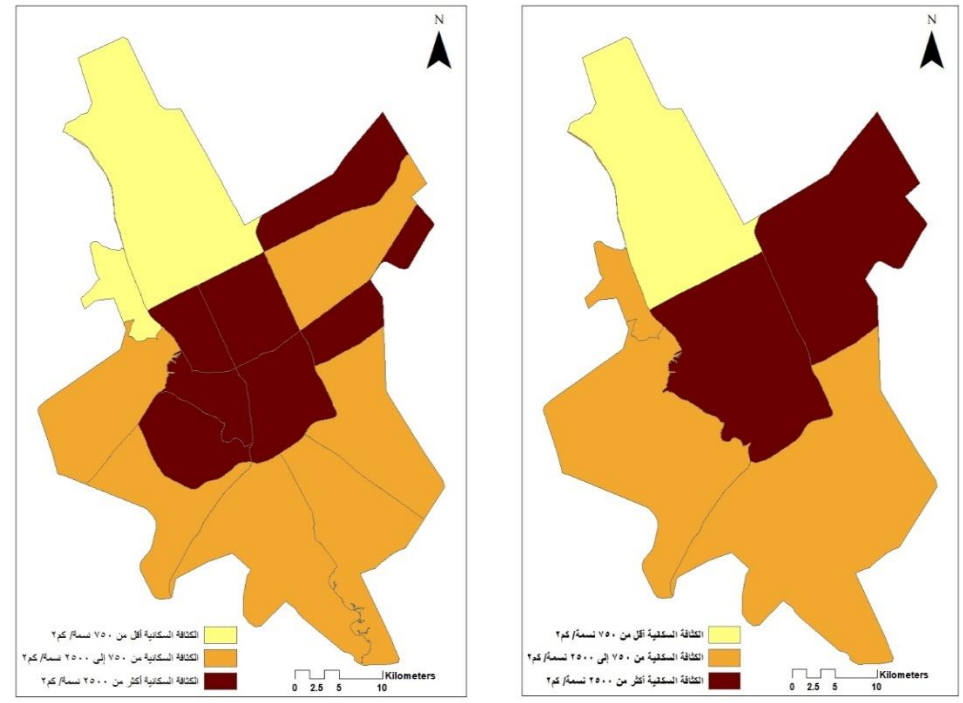
لعبت نظم المعلومات الجغرافية دوراً في توزيع البيانات السكانية المختلفة بمساحات جغرافية ذات أبعاد مختلفة، وتقوم منهجية قياس الكثافة بتمييز الفجوة الثنائية Binary gap بين المناطقة السكانية وغير السكانية وعلى مستويات مكانية مختلفة على النحو التالي:

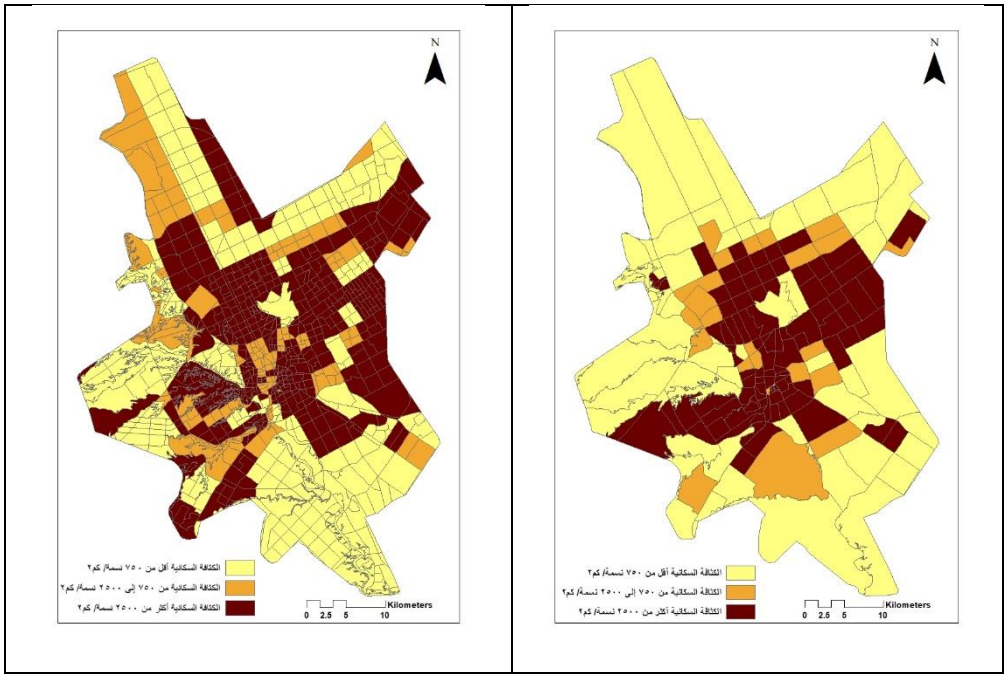
### ١. توزيع بيانات السكان بمدينة الرياض:

يتمثل هذا الجزء بتوزيع الكثافة السكانية على مستوى مختلف لمدينة الرياض، والتي تتمتع بمساحات كبيرة بالنسبة لمستوى جمع البيانات الأصلية للسكان، فيتضح عبر شكل رقم (٤) توزع نتائج كثافة السكان بمدينة الرياض حيث تمثل قطاع وسط الرياض وغربها بوجود كثافة سكانية مرتفعة بلغت أكثر من ١٠٠٠ نسمة/ كم٢ في حين تمتع قطاع الدرعية الواقع في شمال غرب مدينة الرياض بوجود انخفاض كبير في كثافة السكان لأقل من ١٠٠ نسمة/ كم٢، وبلغت نتائج توزع كثافة السكان بمدينة الرياض على مستوى أحياء المدينة ارتفاع وسط وشمال وغرب المدينة الكثافة السكانية وبلوغ أكثر من ٥٠٠٠ نسمة/ كم٢، وقد انخفضت في شمال وشمال شرق وجنوب مدينة الرياض الكثافة السكانية لأقل من ١٥٠ نسمة/ كم٢، في حين ارتفعت نتائج كثافة السكان بمدينة الرياض على مستوى الأحياء الفرعية في وسط الرياض وشرق وغرب مدينة الرياض لتصل كثافة السكان لأكثر من ١٥٠٠ نسمة/ كم٢، وتميزت المدينة في شمالها وشمالها الشرقي والغربي وبعض الأجزاء في جنوبها بوجود انخفاض كبير في كثافة السكان لأقل من ٢٠٠ نسمة/ كم٢، وبلغت نتائج توزع كثافة السكان بمدينة الرياض على مستوى أحياء المدينة بارتفاعها في وسط وشمال وشرق وغرب المدينة لأكثر من ١٥٠ نسمة/ كم٢ مع انخفاض أطراف شمال وشمال شرق وجنوب مدينة الرياض الكثافة السكانية لأقل من ٢٠ نسمة/ كم٢، ولعل من الملاحظ تغير الكثافات للسكان نتيجة عملية التوزيع باعتبار البيانات توزعت بشكل متساوي في كامل المنطقة، وهذا عمل بشكل بارز على تغير التوزيع في المستويات المختلفة لمدينة الرياض ما بين قطاعات المدينة وصولاً الى القطع السكنية عند تمثيل الخرائط لهذه البيانات المختلفة في

مستوى عرضها، فإعادة التوزيع المكاني لمجموعة البيانات من وحدات جمعت على أساسها إلى وحدات مكانية مختلفة موضوع في غاية الحساسية، ولهذا لابد من مراعاة ذلك لمعرفة مدى ملائمة هذا التوزيع عبر استخدام أساليب التقدير البيني المكاني للبيانات والتي تستخدم خوارزميات خاصة لهذا الغرض كقاعدة عامة والتي تعتبر الأنسب لذلك. (Pavía and Cantarino, p17, 2017)

**شكل رقم (٤) نتائج كثافة السكان في قطاعات مدينة الرياض**






المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية والهيئة العامة للإحصاء.

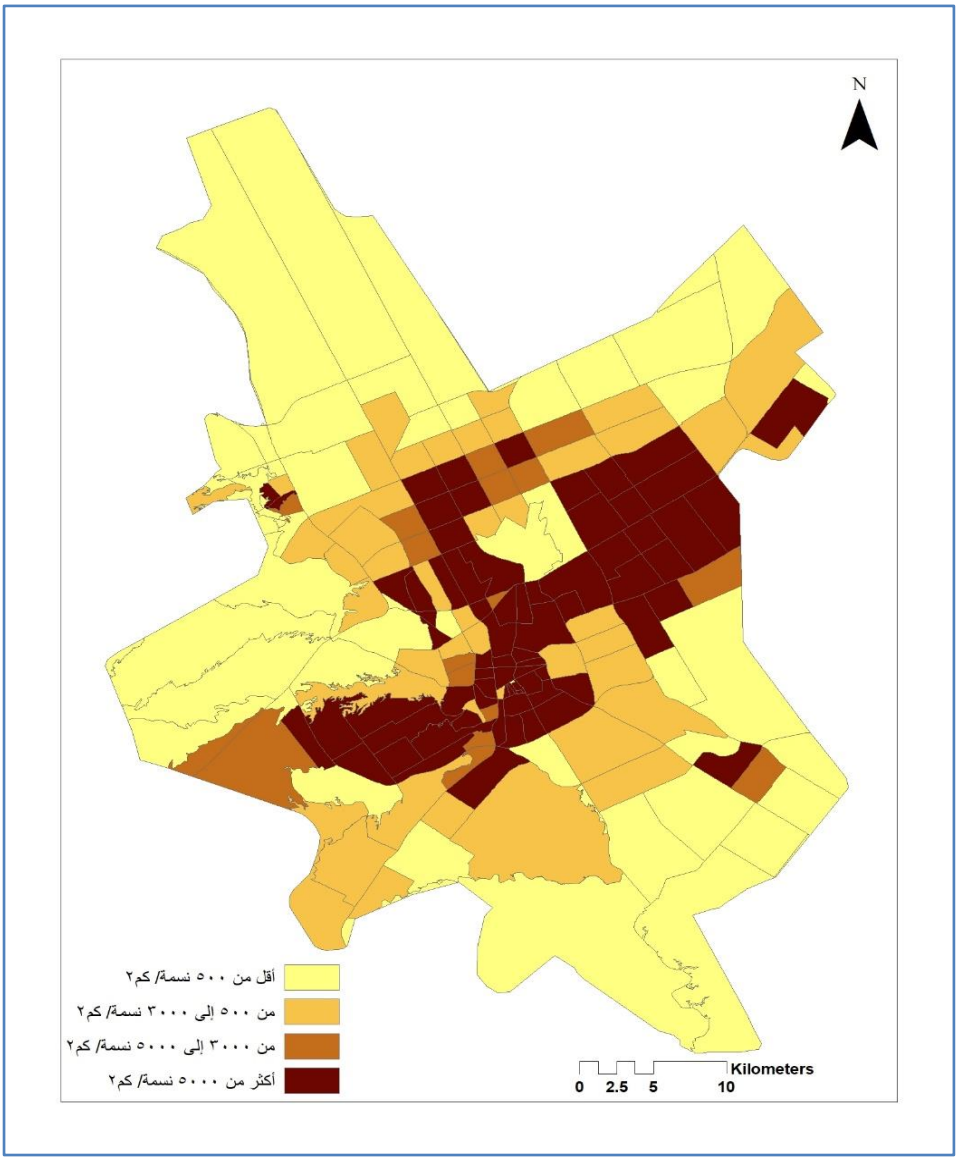
## ٢. تصميم خريطة كثافة السكان dasymetric بمدينة الرياض:

يتضمن إنشاء خريطة كثافة السكان dasymetric خمس خطوات: التحقق من البيانات الأصلية، وتحليل الظاهرة، وإعداد قاعدة البيانات، وتحديد نمط كثافة السكان وانتاج خريطة كثافة السكان عبر الخطوات التالية:

١. تخصيص المشكلة: يعتبر تخصيص المشكلة خطوة أساسية لرسم خرائط كثافة السكان dasymetric، والهدف من هذه الخطوة تحليل الظاهرة المراد رسمها لتحديد نوع خرائط كثافة السكان المناسبة لتمثيل البيانات الأصلية بشكل أفضل، وتحديد أنواع المعلومات الإضافية المطلوبة لإنجاز رسمها مما يعني ضرورة التحقق من

البيانات الأصلية حيث تبلغ الكثافة السكانية في منطقة الدراسة ١١٥٤٩ نسمه/ كم٢ وبانحراف معياري بلغ ٧٥٣١٤ نسمه/ كم٢ ، وتحليل الظاهرة كما في حالة الدراسة عبر توزيع السكان بخريطة كوربلث choropleth حيث صنفت إلى أربعة فئات كما في شكل رقم٥ ، والتي تقدم تمثيلاً أدنى للتوزيع الفعلي للسكان مما يعني عدم وجود تمثيل دقيق للتوزيع ، فبعض الأحياء ليست ممثلة بشكل مرضي مثل الأحياء التي توجد في غرب وجنوب منطقة الدراسة فهي منطقة تتميز بوجود أودية ومرتفعات مما يرجح وجود سكان أقل من التوزيع على خريطة الكوروبلث ، ولهذا تقوم خريطة كثافة السكان dasymetric بتعديل هذه المناطق لتناسب التوزيع الفعلي للسكان حيث سنقوم بتحويل خريطة الكوروبلث للسكان الى خريطة الكثافة السكانية dasymetric باستخدام خريطة الكوروبلث للكثافة السكانية choropleth dasymetric.

**شكل رقم (٥) توزيع الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة**




المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية والهيئة العامة للإحصاء.

ويتأثر تحليل توزيع الكثافة السكانية بالغطاء الأرضي وتوزيعات استخدام الأراضي، كما هو الحال في استخدام الأراضي الزراعية، واستخدامات الأراضي العامة مثل الحدائق والمدارس، وكذلك استخدامات الأراضي التجارية والخدمية والنقل فالكثافة السكانية في تلك الاستخدامات ستكون صفر، وبالتالي يمكن استخدام أنواع استخدام الأراضي كمتغيرات لرسم خريطة الكثافة السكانية dasymetric، كما سيضاف للدراسة متغير الميل Slope بمنطقة الدراسة باعتباره اختيار جيد وجود مباني في المناطق التي تتميز بانحدارات أكثر من ٣٥٪ وذلك عبر تحليل التراكب لتساعد على تحديد العلاقة بين توزيعات المنحدرات وتحديد المناطق المأهولة بالسكان جدول رقم (٢).

**جدول رقم (٢) العلاقة بين الانحدار والوحدات السكنية**

| التسلسل | نسبة الانحدار ٪ | نسبة اجمالي السكان |
|---|---|---|
| ١ | ١٠ | ٨٠ |
| ٢ | ١٠ – ٢٥ | ١٥ |
| ٣ | ٢٥–٣٥ | ٥ |
| ٤ | أكثر من ٣٥ | ٠ |

المصدر: الباحث بالاعتماد على Tang, 1996.

٣. الحصول على البيانات:

٤. تهدف هذه المرحلة إلى جمع البيانات المناسبة لتصميم وبناء قاعدة البيانات لتحديد الطبقات الجغرافية إضافة إلى بيانات التعداد، وتشمل الغطاء الأرضي، واستخدام الأراضي والانحدار، وتحديد البيانات وجمعها، وتحديد بنية البيانات، وتحويل البيانات وبناء طبقات قاعدة البيانات.

٥. التحليل المكاني للبيانات المكانية :

٦. أجري التحليل المكاني للطبقات الخاصة بمنطقة الدراسة وهي بصيغة المضلعات Polygon لفصل المناطق المأهولة والغير مأهولة بالسكان وبذلك جهزت الخريطة الأساس.

٧. تحليل البيانات الوصفية :

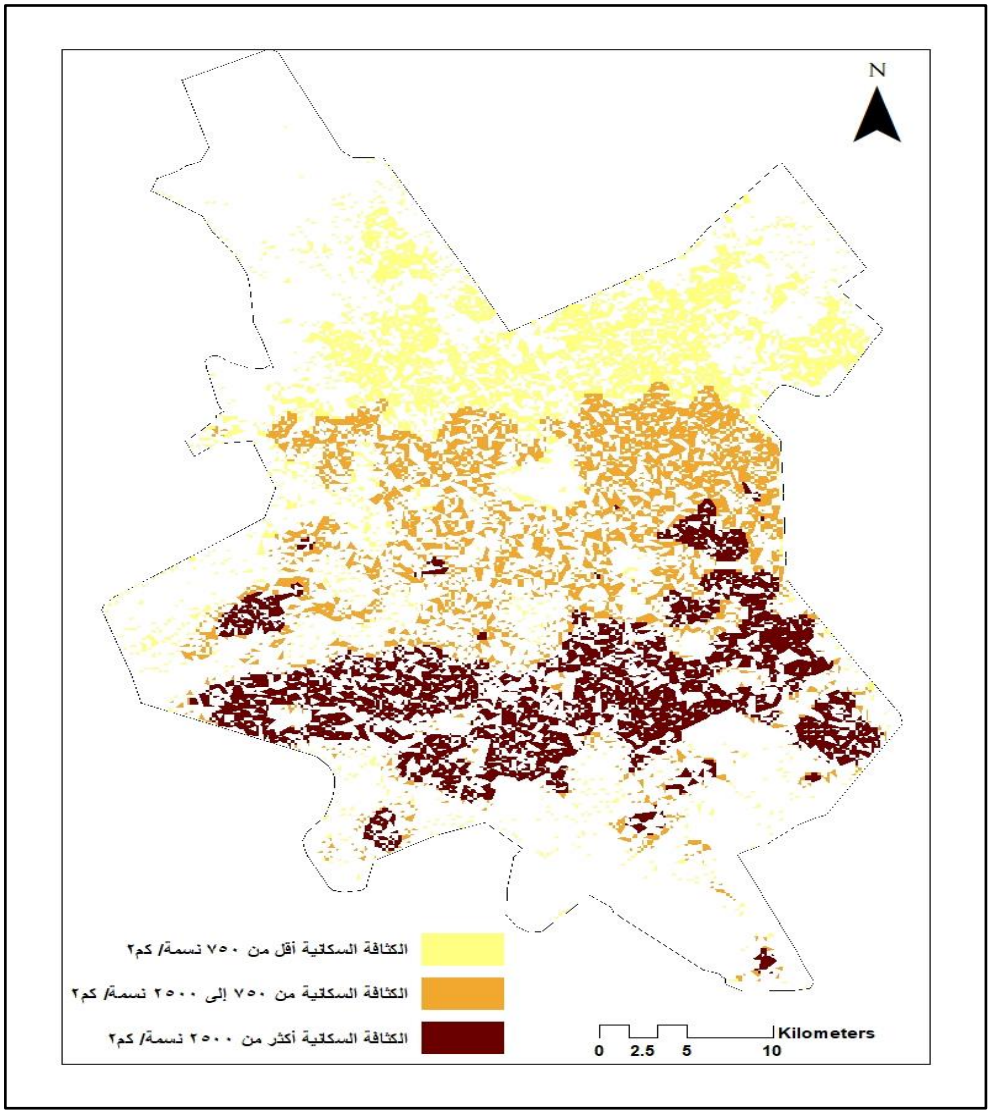
٨. إعادة تعيين عدد السكان بما يتناسب مع مساحة كل منهما وحدة مأهولة للكتل تنقسم إلى عدة مناطق مأهولة أو مناطق غير مأهولة، ودمج البقايا المأهولة بالسكان من كتلة متجاورة، وبمجرد إعادة تعيين البيانات الوصفية للسكان إلى الخريطة الأساسية المعدلة، حسبت الكثافة السكانية عبر تقسيم عدد السكان على مساحة الأرض لجميع الوحدات المأهولة.

٩. انتاج خريطة الكثافة السكانية Dasymetric :

١٠. يتضح من شكل رقم (٦) توزيع الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة باستخدام منهجية الكثافة السكانية Dasymetric على المناطق التي تتميز بوجود مناطق مأهولة مع استبعاد المتغيرات المؤثرة في عملية توزيع الكثافة الفعلي مثل الطرق والاستخدامات التي لا تحتوي على سكان، والانحدارات الشديدة كمناطق تغير مفاجئ في توزيع الكثافة السكانية، حيث يتبين الفرق بين الخريطة الموضوعية السابقة وخريطة الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة نتيجة وجود اختلاف كامل في تمثيل التوزيع المكاني للكثافة في نفس الوحدة أو القطع السكنية وهذا ما سيتم استعراضه لاحقاً في الدراسة.

**شكل رقم (٦) توزيع الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة**

**باستخدام منهجية الكثافة السكانية Dasymetric بمنطقة الدراسة**




المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية والهيئة العامة للإحصاء.

١١. تقييم خرائط توزيع السكان بحسب الوحدة المساحية المعدلة:

نقدم في هذا الجزء تقييم خرائط توزيع السكان بحسب الوحدة المساحية المعدلة، فعند مقارنة خرائط الكثافة السكانية dasymetric مع الخرائط التي تعرض كثافة السكان على مستويات مختلفة للبيانات السكانية في مدينة الرياض، ففي خريطة الكثافة السكانية dasymetric يتضح أن التوزيع المكاني للكثافة يمثل الكثافة الفعلية، على الرغم من احتفاظ الخرائط بنمط التوزيع في منطقة جنوب وجنوب غرب منطقة الدراسة، ولهذا من الممكن أن تكون حدود الطرق مناطق ذات تغير مفاجئ لتوزيع الكثافة السكانية، وعلى الأرجح هذا الجزء من خريطة الكثافة السكانية dasymetric تشابه إلى حد ما الخرائط الأخرى لتوزيع الكثافة السكانية في مستويات المساحة المختلفة، أما بالنسبة لبيئات ضواحي منطقة الدراسة، فإن خريطة الكثافة السكانية dasymetric تقدم تمثيل أفضل ومختلف تماماً عن الخرائط الأخرى.

تعتمد دقة الخريطة بشكل كبير على دقة قواعد البيانات بالإضافة إلى البيانات الخام، وقد يحتوي كلا النوعين من البيانات على أخطاء عند جمعها وتحويلها، علماً بعدم سهولة اكتشاف وتصحيح أخطاء هذه البيانات والتي يشار لها باسم خطأ بشري غير مباشر indirect human error، كما تؤثر الأخطاء الآلية نتيجة لاستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية التي تؤثر على الظاهرات المكانية أو غير المكانية وتتضمن الأخطاء التلقائية بشكل أساسي أخطاء تراكب المضلعات polygon overlay errors، وأخطاء تقسيم المساحة وتجميعها split and aggregation errors، وأخطاء دمج السمات attribute merging errors، فعدم الكشف عن هذه الأخطاء ومعالجتها بشكل صحيح قد تؤثر على الدقة في النتيجة النهائية للخريطة، ومعظم حزم برمجيات نظم المعلومات الجغرافية لديها وظائف تشغيلية لاكتشاف الأخطاء وإزالتها والتي تميل إلى

الحد من هذه الأخطاء إلى حد كبير لصالح رسم الخرائط الآلية للكثافة السكانية dasymetric، فباستخدام نظم المعلومات الجغرافية أدى ذلك إلى تقليل الأخطاء البشرية مما ساعد على زيادة الدقة في الخرائط المنتجة جدول رقم٣.

**جدول رقم (٣) العلاقة بين مستويات المساحة وفئات الكثافة السكانية بنماذج الخرائط المنتجة**

| التسلسل | النموذج | فئة الكثافة | الكثافة السكانية نسمة/ كم٢ | المساحة كم٢ |
|---|---|---|---|---|
| ١ | الكثافة السكانية **Dasymetric** | كثافة منخفضة | ٧٥٠ | ١٦٩,٥٢ |
| | | كثافة متوسطة | ٢٥٠٠ | ١٧٥ |
| | | كثافة مرتفعة | أكثر من ٢٥٠٠ | ١٨٣,١٢ |
| | القطاعات | كثافة منخفضة | ٧٥٠ | ٣١٣,٨٤ |
| | | كثافة متوسطة | ٢٥٠٠ | ٨٧٤,٣٨ |
| | | كثافة مرتفعة | أكثر من ٢٥٠٠ | ٥٦٧,٩٨ |
| | البلديات | كثافة منخفضة | ٧٥٠ | ٣٥٦,٢٢ |
| | | كثافة متوسطة | ٢٥٠٠ | ٨٨٦,٧٩ |
| | | كثافة مرتفعة | أكثر من ٢٥٠٠ | ٥١٣,١٩ |
| | الأحياء | كثافة منخفضة | ٧٥٠ | ١٠٩٠,٨١ |
| | | كثافة متوسطة | ٢٥٠٠ | ٢٠٧,٤٨ |
| | | كثافة مرتفعة | أكثر من ٢٥٠٠ | ٤٥٧,٩١ |
| | الأحياء الفرعية | كثافة منخفضة | ٧٥٠ | ١٠٩٠,٦١ |
| | | كثافة متوسطة | ٢٥٠٠ | ٢٠٧,٦٨ |
| | | كثافة مرتفعة | أكثر من ٢٥٠٠ | ٤٥٧,٩١ |

المصدر: الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية والهيئة العامة للإحصاء.

**الخاتمة:**

استطاعت الدراسة بناءاً على المعلومات المنتجة من البيانات الرقمية للسكان بنظم المعلومات الجغرافية تحديد أفضل الخرائط التي تعرض البيانات السكانية للكثافة بمنطقة الدراسة، وكان هذا نتيجة لمنهجية الكثافة السكانية dasymetric بسبب الحاجة الماسة إلى نماذج إعادة توزيع بيانات السكان على مساحات مكانية مختلفة المستويات، ساعدت هذه الطريقة التي قدمتها الدراسة على إعادة توزيع السكان في وحدات مساحية أصغر كشفت عن النمط الفعلي للتوزيع بشكل أفضل.

اختلفت خريطة الكثافة السكانية dasymetric في التوزيع المكاني للبيانات السكانية عن خرائط الكوروبلث، نتيجة للاختلاف الكبير في إجراءات التحليل المكاني للبيانات المكانية وغير المكانية مما أضاف جودة في تمثيل البيانات وإمكانية تعميمها بعكس الطرق التقليدية، فمسالة إعادة توزيع الكثافة السكانية من مجموعة مكانية إلى مجموعة مكانية أخرى من الوحدات الجغرافية تعد من القضايا الجغرافية المهمة، فالموقع المكاني الصحيح للسكان أمر مهم لهذا تأتي عملية إعادة تخصيص المتغيرات الجغرافية المؤثرة في رسم الكثافة السكانية مما يزيد فعالية هذه الأساليب الكارتوغرافية.

كما قدمت الدراسة توزيع متجانس للسكان مع وحدات مكانية صغيرة تعكس الكثافة الفعلية في منطقة الدراسة، فعملياً أمكن اثبات وجود تغير بعد إجراء خرائط الكثافة السكانية dasymetric، فهذه المنهجية في حقيقة الأمر تناسب العديد من التطبيقات التي تتوزع مكانياً في محاولة للوصول للوحدة المساحية المناسبة لتوزيع البيانات مثل خرائط الظاهرات الطبيعية والبشرية ومراقبتها وما إلى ذلك من التطبيقات المكانية.

وقد لاحظت الدراسة تباين في الفئات الممثلة للكثافة بمنطقة الدراسة حيث بلغ

إجمالي مساحة منطقة الدراسة ١٧٥٦.٢ كم٢ في خرائط الكوروبلث دون استثناء، في حين بلغت المساحة للكثافات في خرائط الكثافة السكانية dasymetric ٥٢٧.٦٤ كم٢، يعني ذلك إزالة ما يبلغ نحو ١٢٨٨.٣٣ كم٢ وبنسبة بلغت حوالي ٦٩.٩٥٪ من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، هذا كان نتيجة لعملية التصنيف الموجهة للمرئيات الفضائية للقمر الاصطناعي لاندسات-٨ التي ساعدت في تحديد المناطق المأهولة بالسكان، مما ساعد على أداء أفضل في عملية توزيع الكثافة السكانية على منطقة الدراسة، وبالتالي استخدامها كأحد أبرز المتغيرات المؤثرة في انشاء خريطة الكثافة السكانية dasymetric، إضافة إلى الغطاء الأرضي، والانحدار، واستخدامات الأرض والطرق وصولاً إلى الوحدات الفعلية المشغولة بالسكان.

كما توصي الدراسة بمجموعة من النقاط أهمها:

١. اعتماد خريطة الكثافة السكانية dasymetric في انتاج خرائط الكثافات السكانية، كأداة ناجحة وغير مكلفة مادياً في بناء بيانات للمدن مستقبلاً مع ضرورة الأخذ في الاعتبار للمتغيرات الجغرافية المؤثرة عند إجراء التحليل.
٢. يعد تقدير توزيع السكان مهماً للتخطيط على المستوى المحلي والإقليمي فلابد من توزيع السكان وفق مستوى مكاني أكثر دقة وتفصيلاً باستخدام خريطة الكثافة السكانية dasymetric.
٣. لتوفير مزيد من المرونة عند التعامل مع قاعدة البيانات لإنتاج خريطة الكثافة السكانية dasymetric لابد من استخدام بنية علائقية متزامنة مع بنية البيانات لتحتفظ بالمعلومات بشكل منفصل عن البيانات المكانية وغير المكانية.

٤. تعتبر وظائف التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية المختلفة للبيانات المكانية وغير المكانية عاملاً مهماً في رسم خرائط الكثافة السكانية dasymetric.

٥. تقل الأخطاء المحتملة نتيجة للدقة في البيانات المستخدمة باستخدام أسلوب الكثافة السكانية dasymetric، وهذا ينعكس عند إجراء التحليل على بنية البيانات من حيث الكفاءة والدقة عند إجراء التمثيل النهائي للكثافة السكانية.

## المصادر والمراجع:

### المراجع العربية:

الهيئة العامة للإحصاء، (٢٠٢١). تعداد السكان والمساكن، المملكة العربية السعودية.

الهيئة العامة للمساحة والمعلومات الجيومكانية، (٢٠٢١). بيانات جيومكانية، المملكة العربية السعودية.

### المراجع الأجنبية:

Butkiewicz, T., Meentemeyer, R., Shomaker, D., Chang, R., Wartell, Z., Ribarsky W. (2010). Alleviating the Modifiable Areal Unit Problem within Probe-Based Geospatial Analyses, Computer Graphics Forum, vol. 29, num. 3.

Chapman, P. (1977). Human and environmental systems: a geographer's appraisal, Academic Press.

Cheng, T., Adepeju, M. (2014). Modifiable temporal unit problem (MTUP) and its effect on space-time cluster detection. PLoS One.9(6):e100465.

Flowerdew. R., Green. M. (1989). Statistical methods for inference between incompatible zonal systems. In: Goodchild M, Gopal S, editors. Accuracy of spatial databases. London, Taylor and Francis;. p. 239–548.

Flowerdew, R., Green, M., (1994). Areal interpolation and types of data. In Spatial Analysis and GIS, Taylor and Francis, pp.121-145.

Gerell, M. (2016). Smallest is Better? The Spatial Distribution of Arson and the Modifiable Areal Unit Problem. Journal of Quantitative Criminology, 1–26.

Holt, B., Lo, C., Hodler, T. (2004). Dasymetric estimation of population density and areal interpolation of census data. Cartogr Geogr Inf Sci;31:103–21.

Jaffard, S., Lashermes, B., Abry, P. (2007). Wavelet Leaders in Multifractal Analysis. In Wavelet Analysis and Applications, Applied and Numerical Harmonic Analysis, 201–46, Birkh€auser.

Keping, C., John, M., Russell, B., Roy, L., Laraine, H., Christina, M. (2004). Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a dasymetric mapping approach. Appl Geogr: 97-117.

McCleary, G. (1969). The Dasymetric Method in Thematic Cartography. Ph.D. diss., University of Wisconsin, Usa.

Nielsen, M., Hennerdal, P. (2014) MAUPing Workplace Clusters, Growth and Change, 45(2), 211-221.

Nelson, K., Brewer, A. (2017). Evaluating data stability in aggregation structures across spatial scales: revisiting the modifiable areal unit problem. Cartography and Geographic Information Science, 44(1), 35-50.

Openshaw, S. (1984). The modifiable areal unit problem: Concepts and techniques in modern geography. Norwich, Geo Abstracts.

Pavía, M., Cantarino, I. (2017). Can dasymetric mapping significantly improve population data reallocation in a dense urban area?, Geographical Analysis, 49 (2), 155-174.

Prouse, V., Ramos, H., Grant, L., Radice, M. (2014). How and when Scale Matters: The Modifiable Areal Unit Problem and Income Inequality in Halifax. Canadian Journal of Urban Research, 23(1), 61-82.

Reardon, F., O'Sullivan, D. (2004). Measures of spatial segregation. Sociological Methodology 34 (1): 121–62.

Sémécurbe, F., Tannier, C., Roux, S. (2016). Spatial distribution of human population in France: Exploring the modifiable areal unit problem using multifractal analysis. Geographical Analysis, 48(3):292- 313.

Tang, Y., (1996). Study on automated dasymetric mapping, The University of Montana, usa.

Unwin, J. (1996). GIS, spatial analysis and spatial statistics. Prog Hum Geogr, 20:540–51.

Villaverde, A., Jimenez, F., de Rav, E. (2013). Multifractal Analysis of Axial Maps Applied to the Study of Urban Morphology. Computers, Environment and Urban Systems 38, 1–10.

Wong, S. (2009). The modifiable areal unit problem (MAUP). In The Sage handbook of spatial analysis, ed. A. S. Fotheringham and P. A. Rogerson, 105– 24. Sage.

Wong, S, (2016). From aspatial to spatial, from global to local and individual: Are we on the right track to spatialize segregation measures? In Recapturing space: New middlerange theory in spatial demography, ed. M. Howell, R. Porter, and A. Matthews, 77–98. Springer- Verlag.