Journal of Human and Social Sciences (JHSS) • Vol 9, Issue 1 (2025) • P: 89 - 64
https://journals.ajsrp.com/index.php/jhss
ISSN: 2522-3380 (Online) • ISSN: 2522-3380 (Print)

Evaluating the spatial suitability of primary schools for boys in the city of Makkah using multi-criteria geographic information systems

Ms. Abdullah Abdul-Aziz Yamani*, Dr. Morshed Muayoud Al-Salmi

College of Arts and Humanities | King Abdulaziz University | KSA

Received: 25/11/2024

Revised: 11/12/2024

Accepted: 30/12/2024

Published: 30/01/2025

* Corresponding author: abodewm@gmail.com

Citation: Yamani, A. A., & Al-Salmi, M. M. (2025). Evaluating the spatial suitability of primary schools for boys in the city of Makkah using multi-criteria geographic information systems. *Journal of Humanities & Social Sciences, 9*(1), 64 – 89. https://doi.org/10.26389/AJSRP.N271124

2025 © AISRP • Arab Institute of Sciences & Research Publishing (AISRP), Palestine, all rights reserved.

• **Open Access**

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license

Abstract: The research aims to model suitability of Makkah city for primary schools for boys and evaluate suitability of locations of these schools. The research adopted on modeling fifteen spatial variables, six of which within natural environment risks such as slope, water and air pollution. Nine of them within feasibility variable such population density, accessibility such distance from housing and roads, and human environment risks such distance from roads, power lines, fuel and energy stations, factories and gas sales centers. the research methodology Gradient from collecting school data and criteria determine the most suitable areas for schools in the city. This data was processed in preparation for deriving maps showing the suitability of each criterion, and the suitability of schools for each was evaluated, arriving to determining the relative importance of model criteria using Analytical Hierarchy Process (AHP), followed by use of Multiple-criteria decision analysis (MCDA) to merge criteria layers of criteria according their relative importance, using Raster Calculator in geographic information systems, to obtain a map showing suitability city of Makkah Al Mukarramah for schools according to various criteria. Accordingly, results of this research showed that suitability Makkah city for primary schools for boys ranged between 45.6% south, southwest and north of Makkah city, to 97.2% in areas most suitable for schools north, northeast, southeast and central west of Makkah city, with a spatial average suitability rate at city level 76.8%. the results of the evaluation of suitability of primary schools for boys in Makkah city concentration of 104 schools by 65.83% of their total number, in areas with moderate suitability 70 - 80%, and about 43 primary schools by 27.22% of total primary schools for boys, with a rate ranging 80 - 90% in areas with high suitability.

Keywords: Spatial suitability, Schools, Makkah, GIS.

تقييم الملائمة المكانية للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية متعددة المعايير

أ. عبدالله عبد العزيز يماني*، الدكتور / مرشد معيوض السلمي

كلية الآداب والعلوم الإنسانية | جامعة الملك عبد العزيز | المملكة العربية السعودية

المستخلص: يهدف البحث لنمذجة ملاءمة مدينة مكة المكرمة للمدارس الابتدائية بنين وتقييم مدى ملاءمة مواقع هذه المدارس. واعتمد البحث على نمذجة خمسة عشرة متغير مكاني تندرج ستة منها ضمن مخاطر البيئة الطبيعية كالانحدار والمياه وتلوث الهواء. وتسعة منها ضمن متغيرات الجدوى ككثافة السكان، وسهولة الوصول كالبعد من المساكن والطرق، ومخاطر البيئة البشرية كالبعد من الطرق وخطوط الكهرباء ومحطات الوقود والطاقة والمصانع ومراكز بيع الغاز. وتدرجت منهجية البحث من جمع بيانات المدارس والمعايير التي تحدد انسب المناطق الملائمة للمدارس في المدينة، وتمت معالجة هذه البيانات تمهيدا لاشتقاق خرائط تبين ملاءمة كل معيار، وقيمت ملاءمة المدارس لكل منها، وصولا لتحديد الأهمية النسبية لمعايير النموذج باستخدام عملية التحليل الهرمي (AHP))، اعقبها استخدام القرار متعدد المعايير ((MCDA لدمج مختلف طبقات المعايير حسب اهميتها النسبية، وذلك باستخدام الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) في نظم المعلومات الجغرافية، للحصول على خريطة تبين ملاءمة مدينة مكة المكرمة للمدارس طبقا لمختلف المعايير.

وعليه فقد توصلت نتائج هذا البحث لتراوح ملاءمة مدينة مكة المكرمة للمدارس الابتدائية بنين بين 45.6% جنوب وجنوب غرب وشمال مدينة مكة المكرمة، إلى 97.2% في المناطق الأكثر ملاءمة للمدارس شمال وشمال شرق وجنوب شرق ووسط غرب مدينة مكة المكرمة، بمتوسط مكاني لنسبة الملاءمة على مستوى المدينة 76.8%. وأكدت نتائج تقييم ملاءمة مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة تركز 104 مدرسة، بنسبة 65.83% من إجمالي عددها في المناطق ذات الملاءمة المعتدلة بين 70 - 80%، ونحو 43 مدرسة ابتدائية بنسبة 27.22% من إجمالي المدارس الابتدائية للبنين، بنسبة تتراوح بين 80 - 90% بمناطق عالية الملاءمة.

الكلمات المفتاحية: الملاءمة المكانية، المدارس، مكة المكرمة، نظم المعلومات الجغرافية.

المقدمة:

التعليم أحد العوامل الأساسية لتحقيق التنمية الاقتصادية المستدامة، فالتعليم يحسن نوعية حياة الناس، ويؤدي إلى فوائد اجتماعية واسعة للأفراد والمجتمع، ويزيد من إنتاجية الأفراد وإبداعهم، ويعزز من ريادة الأعمال والتقدم التكنولوجي (Odhiambo & Imwati, 2012).

ويعد التعليم بالنسبة للبلدان النامية قضية هامة، ولا يعني توفير مرافق تعليمية، ولكن يتضمن تجهيز فصول دراسية مناسبة، وتوفير عدد كاف من المعلمين، وإتباع استراتيجيات جيدة للتخطيط (Hameed, 2016). فتوفير خدمات تعليمية مناسبة تعتبر تحدياً حقيقاً للمخططين التربويين (صالح، 2018، ص3). ويواجه التعليم الرسمي تحديات تستلزم صياغة سياسات مختلفة لتسهيل امكانية الوصول إليه (Asiyanbola, 2017).

لذا من المهم تحقيق العدالة المكانية في تقديم الخدمات التعليمية في المدن، ووفقاً لذلك وضع الخبراء عدة معايير لاختيار مواقع المدارس (AlQuhtani, 2022). ومن هنا تأتي أهمية التخطيط لكيفية توزيع وانتشار الخدمات العامة بشكل علمي مدروس ومنظم، خاصة الخدمات التعليمية التي تعتبر من الأولويات التي تَأخذ بعين الاعتبار والأهمية في تحقيقها للمجتمعات النامية (يوسف، 2007، ص 2).

مر التعليم قبل تأسيس المملكة العربية السعودية بثلاثة مراحل: التعليم في المساجد، والكتاتيب، والتعليم في المدارس، وظهر أول نظام تعليم في المملكة في عهد الملك عبد العزيز، بتأسيس مديرية المعارف عام 1344هـ (1926م)، وكان بمثابة حجر أساس لنظام التعليم، وغير اسم مديرية المعارف عام 1371هـ إلى وزارة المعارف، وكانت وزارة المعارف المسئولة عن التخطيط والإشراف على تعليم البنين بمراحله الثلاثة (الابتدائي - المتوسط - الثانوي)، وأنشئت في عهد الملك فيصل عام 1380 هـ رئاسة تعليم البنات، وكان التعليم الجامعي تابع لمديرية المعارف، إلى ان ظهرت وزارة التعليم العالي عام 1395 هـ، لتصبح الجهة المسئولة عن تنظيم التعليم الجامعي، وتأسست عام 1369 هـ كلية الشريعة بمكة المكرمة كأول مؤسسة تعليم جامعي، وضُمت رئاسة تعليم البنات لوزارة المعارف عام 1423هـ، وفي نفس العام تغير مسمى وزارة المعارف إلى وزارة التربية والتعليم، ودُمجت وزارتي التربية والتعليم والتعليم العالي تحت اسم وزارة التعليم عام 1436هـ، وحدثت في المملكة عدة إصلاحات تعليمية خلال العقود الأربعة الماضية، خاصة مع اعتماد استراتيجيات التنمية لمدة 5 سنوات، التي بدأت منذ عام 1970، وهذا مثل دافع أساسي لهذه الإصلاحات (Al-Zeer, 2005).

شهدت المملكة في الريف والمدن تغييرات سريعة في استخدام الأرض، والتوسع الحضري، وزيادة عدد السكان مما شكل ضغط على الخدمات التعليمية (Belarem, et al, 2018). وتشهد مدينة مكة نموا كبيراً في مختلف الجوانب الديموغرافية والخدمية، وتتطلب تغيرات كهذه تخطيط وتوزيع مناسب لخدمات التعليم لتحقيق عدالة مكانية في توزيعها، ويتضمن تخطيط المدارس تحليل وتقييم وإنتاج خرائط توزيعها، ومواقعها لضمان كفاءتها، وتكمن أهمية ذلك مع النمو السكان ونظام التعليم في المدينة. فتخطيط المرافق التعليمية أسلوب فريد لتوزيع المدارس والمرافق وحجمها وتباعدها لتحقيق أفضل استخدام لها (Altbach, et al, 2014).

واجتذبت عملية التحليل المكاني متعدد المعايير لتحديد افضل المواقع للمدارس وتقييم ملاءمة مواقعها اهتمام كبير في الفترة الأخيرة. فعدم المساواة المكانية في توزيع المدارس تعني اختلاف المسافات عبر المناطق الجغرافية من المنزل إلى المدرسة (Wu, et al, 2020). وتعني عدم تكافؤ توزيع خدمات التعليم التي تنتشر في منطقة معينة (Barbieri, et al, 2019).

وزادت نتائج التحليل متعدد المعايير أهمية مع توفير نظم المعلومات الجغرافية أدوات متقدمة لتحليل وتقييم ملاءمة المدارس. واتخاذ قرارات تحدد أفضل المواقع للمدارس الجديدة، بما يساعد المخطط في إدارة توزيع المدارس مستقبلاً (Al-Enazi, et al, 2016). ووظف البحث نظم المعلومات الجغرافية في بناء نموذج ملاءمة متعدد المعايير لتحديد افضل مواقع مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة، وتقييم ملاءمة مواقعها، بما يساعد على إعادة توزيعها بما يتناسب مع السكان واتجاهات النمو الحضري، ويسهم في استدامة تنميتها لتغطية احتياجات الطلاب بشكل متوازن بمختلف أحياء المدينة. واتخاذ قرارات افضل عند التخطيط، ومعالجة التحديات الحالية والمستقبلية في توفير المدارس للسكان، والأهم من ذلك تحسين خدمات تعليمية (Murad, et al, 2020).

دراسات سابقة:

تناولت دراسة (Al-Enazi, et al, 2016) تخطيط توزيع المدارس في مدينة جدة، واستخدم البحث نظم المعلومات الجغرافية في تقييم التوزيع المكاني للمدارس في المدينة، وذلك من خلال تصميم قاعدة بيانات جغرافية تتضمن استخدامات الأراضي، والمدارس الموجودة في مدينة جدة.

وتطرق (الهاجري، 2016) للتوزيع المكاني لمدارس المرحلة الثانوية الحكومية بنين في مدينة أبها، وهدف البحث لمعرفة نمط التوزيع الجغرافي للمدارس باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتوصل البحث إلى أن نمط توزيع المدارس غير منتظم على حساب كثافة السكان ومساحة الأحياء في المدينة.

وتناول (القحطاني، 2018) التحليل المكاني للمدارس الابتدائية في مدينة أبها، وكان هدف البحث تحيد نمط التوزيع الجغرافي الحالي للمدارس في أحياء مدينة أبها بالاستعانة بنظم المعلومات الجغرافية، وأظهرت النتائج أن نمط توزيع المدارس من النوع المتجمع، وأن نطاق تأثيرها لا يغطي المدينة، فضلا عن عشوائية توزيعها.

وقيم (Al-Awadhi & Mansour, 2018) عدم المساواة المكانية وإمكانية الوصول إلى المدارس في المناطق الحضرية: دراسة حالة لعسيب، سلطنة عمان، كان هدف البحث التحقق من نمط توزيع المدارس، وعلاقة توزيع المدارس بكثافة السكان، وأظهرت النتائج أن معامل الجار الاقرب (0.6)، مما يشير إلى تركز توزيعها، وأكد معامل موران وجود ارتباط كبير بين مواقع المدارس، ومضلعات ثيسن عن علاقة توزيع المدارس بتركز السكان.

وتناول (Sumari, et al, 2019) التوزيع الجغرافي المكاني وإمكانية الوصول إلى المدارس الابتدائية والثانوية في مدينة أبوت آباد، باكستان، وأظهرت نتائج البحث تباين توزيع المدارس، وصعوبة إمكانيات الوصول بسبب طول مدة الرحلة التي تتجاوز 5 كم، وتكاليفها العالية.

واستخدم (Murad, et al, 2020) نظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط توزيع المدارس الحكومية في مدينة جدة، وكان هدف البحث ابراز أهمية نظم المعلومات الجغرافية في التخطيط التربوي، بما يساعد على فهم وإعادة تخطيط ومعالجة تحديات توزيع المدارس، وإنشاء قاعدة بيانات تتضمن بيانات التعليم والسكان، لفهم نمط توزيع المدارس وكثافة الطلاب، وإمكانية الوصول اليها، وتوصلت إلى وجود مسافات قصيرة في الجزء الأكثر كثافة بالسكان بالمنطقة المركزية، وبعض المناطق ما تزال بحاجة إلى مزيد من المدارس.

(AlQuhtani, 2022) توزيع مدارس الابتدائية بمدينة نجران باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتم تقييم المواقع الحالية للمدارس، واقتراح مواقع مناسبة في المستقبل، وتوصلت النتائج إلى عدم تساوي عدد السكان والمدارس في المدينة، حيث تعاني مناطق من تركز المدارس كالأحياء القديمة، والمكتظة بالسكان، وتعاني المناطق الشرقية الجديدة من نقص وصعوبة الوصول للمدارس، ونصف أحياء المدينة لا يوجد بها مدارس ابتدائية، وتقع عدد من المدارس بالقرب من مصادر الخطر أو من مصادر مزعجة.

(Sakti, et al, 2022) تحليل مواقع المدارس من خلال دمج إمكانية الوصول والمخاطر الطبيعية والبيولوجية لدعم الوصول المتكافئ في جاوة الغربية إندونيسيا، وتوصلت إلى ان 13459 مدرسة تقع بمناطق ذات مستويات راحة منخفضة جدا ومنخفضة، 2377 مدرسة في مواقع ذات مستويات راحة عالية إلى عالية جدا.

(Ramadan, et al, 2022) العدالة المكانية للمدارس الابتدائية والمتوسطة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في مدينة الطائف، وركز البحث على التحقق من توزيع المدارس، وتوصلت لعدم تجانس توزيع المدارس مع السكان، حيث تتركز المدارس في بعض الأحياء القديمة المكتظة بالسكان والمتطورة، بينما تعاني معظم الأحياء الشمالية والشرقية من ندرة المدارس، وتفتقر نصف أحياء المدينة إلى المدارس الابتدائية والمتوسطة.

أهمية البحث:

تخدم مدارس البنين شريحة واسعة من سكان مدينة مكة المكرمة، وتأتي أهمية البحث من القاء الضوء على العديد من القضايا المتعلقة بملاءمة مدارس البنين الابتدائية، مع احتياجات السكان، وإنشاء قاعدة بيانات جغرافية تبين مستويات الملاءمة، وتحدد المواقع الاكثر ملاءمة لمدارس البنين في المستقبل على ضوء عدة معايير تخطيطية، بما يساعد المخطط وصانع القرار من اتخاذ القرارات مناسبة تضمن التنمية المستدامة لها، واستمرارية كفاءتها في تغطية احتياجات الطلاب حالياً ومستقبلاً، ومثل هذا الامر يتطلب دراسات متخصصة قائمة على نظم المعلومات الجغرافية متعدد المعايير، لهذا يتوقع أن يساهم البحث في مساعدة المخطط من وضع خطط اعادة توزيع مدارس البنين، وتحقق العدالة المكانية في جميع أنحاء المدينة، واختيار المواقع المناسبة التي توفر بيئة آمنة وداعمة للتعليم.

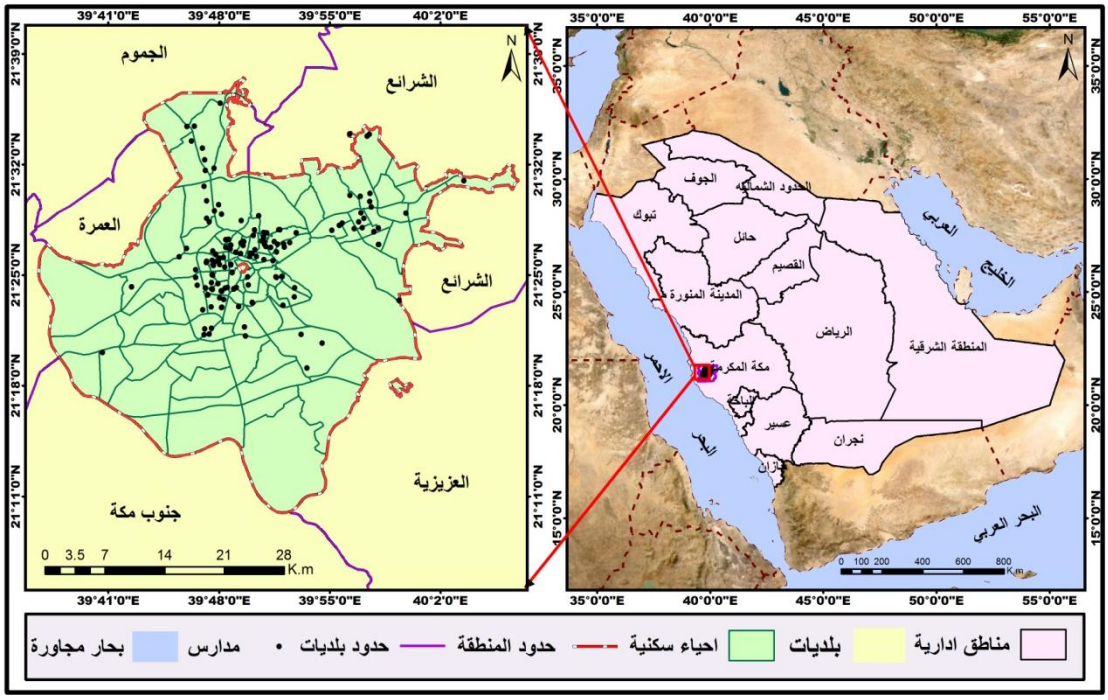
مشكلة البحث:

شهدت مدينة مكة المكرمة زيادة في عدد السكان، حيث زاد سكانها من 1675000 تعداد عام 2010، إلى 2385509 نسمة حسب نتائج تعداد 2022 (الهيئة العامة للإحصاء، تعدادي، 2010 و 2022م). وهذا ادى إلى نمو عمراني، وتغير استخدام الأرض، مما شكل ضغط على خدمات التعليم رغم مواكبة الدولة لهذه الزيادة بزيادة الخدمات التعليمية خاصة المدارس الابتدائية للبنين، وتكمن الإشكالية في ضعف توازن توزيع مدارس الابتدائية مع السكان، حيث تتركز في بعض الأحياء المركزية، بينما تفتقر اليها أحياء أخرى، وتباين معيار الوصول اليها في جميع الأحياء، وتجاوز البعد بين المسكن والمدرسة المسافة المجددة من وزارة الشؤون البلدية والقروية

والمديرية العامة للمساحة العسكرية، ووقوع بعض المدارس بمناطق ذات ملائمة ضعيفة غير آمنة بالقرب من الطرق السريعة ومجاري الأودية ومحطات الوقود والمناطق المنحدرة ومناطق الإزعاج والاستخدام الخطر وغيرها من المناطق التي يحتمل أن تكون خطرة على الطلاب.

منطقة البحث:

تقع مدينة مكة المكرمة مكانياً شكل (1) ضمن المنطقة الإدارية لمكة المكرمة غرب المملكة العربية السعودية، وتقع المدينة فلكياً بين دائرتي عرض $21:10^{-}$ ° - $21:38^{-}$ ° شمالاً، وبين خطي طول $39:35^{-}$ ° - $40:10^{-}$ ° شرقاً. وتتباين طبوغرافية المدينة بين المناطق الجبلية والتلال والأراضي المستوية في أطراف المدينة، وتبلغ مساحة مدينة مكة المكرمة 1205.25 كم^2، وتضم المدينة 102 حياً سكنياً تتباين في المساحة وعدد السكان، حيث تقل مساحة الأحياء السكنية، ويزاد سكانها في المنطقة المركزية المحيطة بالحرم، وتتسع المساحة ويقل السكان كلما اتجهنا نحو اطراف المدينة، وتضم المدينة 14 بلدية كل بلدية تضم عدة أحياء، ويوجد في المدينة 158 مدرسة ابتدائية للبنين.



الشكل (1): الموقع الجغرافي لمدينة مكة المكرمة وأحيائها السكنية عام 2022م

المصدر: الباحث بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، الخرائط الإدارية الرقمية، 2022م.

أهداف البحث:

- بناء نموذج ملاءمة مكانية متعدد المعايير لمدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة.
- تقييم مدى ملاءمة مواقع المدارس الابتدائية للبنين بحسب نتائج نموذج الملاءمة متعدد المعايير.
- تحديد افضل المواقع للمدارس الابتدائية للبنين في المستقبل.

الأدوات والمنهجية والطرق:

يعتمد البحث على منهجين: التحليلي الوصفي القائم على وضع معايير التقييم او المتغيرات المستقلة، لتحليل ملاءمة مواقع مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة لكل معيار، وأسلوب التحليل المكاني القائم على القرار متعدد المعايير في نمذجة ملاءمة هذه المدارس، وتقييم مدى ملاءمة كل منها، وتحديد انسب مواقعها، بما يساعد على إعادة توزيع المدارس التي تتصف بملاءمة ضعيفة، ويرفع من مستوى كفاءتها وكفايتها في تغطية طلاب المدينة، وتسهيل وصولهم اليها، واستخدم البحث نظم المعلومات الجغرافية في بناء نموذج الملاءمة للمدارس الابتدائية، بالاعتماد على معايير وزارة الشؤون البلدية والقروية والمديرية العامة للمساحة العسكرية ووزارة التعليم بولاية كاليفورنيا الامريكية ووكالة حماية البيئة الأمريكية، وبموجب نتائج تطبيق معايير هذه النماذج سيتم إجراء تقييم علمي

وواقعي لملاءمة مواقع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة، وستحدد المواقع المناسبة لها، وبذلك فقد تدرجت منهجية البحث من خلال المرور بعدد من الخطوات كما يأتي:

1- مراجعة الأدبيات: وتم من خلالها مراجعة الدراسات السابقة المتعلقة بنمذجة انسب المواقع الملائمة للمدارس، للاستفادة من المناهج والأساليب، وتحديد معايير نمذجة مواقع المدارس. حيث حددت الوكالات المسئولة عن التعليم معايير اختيار موقع المدارس، منها معايير اليونسكو عام (1985) المتمثلة بالبعد من السكك الحديدية والطرق الرئيسة والمصانع وطبيعية سطح الارض وتصريفها للمياه وتوافر المياه والخدمات الأخرى وسهولة الوصول إلى الملاعب (AlQuhtani, 2022). ووضعت وزارة التعليم بولاية كاليفورنيا الامريكية عدة معايير، كالأرصفة والممرات الآمنة للدراجات والبعد من المدارس ومخاطر الفيضانات والضوضاء والبعد من المطارات وخطوط الكهرباء والمصانع وسكك الحديد وخطوط أنابيب الغاز المضغوط والبنزين والصرف الصحي وأنابيب المياه. وأصدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية عدة معايير مثل البعد من المدارس والمكتبات والمتنزهات والمتاحف ومواقع مدافن النفايات الصلبة والخطرة والطرق السريعة ولسكك الحديدية والمرافق الصناعية الكبيرة ومحطات الوقود ومرافق توزيع الوقود السيارات والأثاث والخشب والتصنيع والمطارات وخطوط الكهرباء وأنابيب المواد الخطرة وخزانات المياه والوقود والمخاطر الجيولوجية كالانهيارات والبراكين والفيضانات. (EPA, 2011).

وأخذت الحكومة بالمملكة العربية السعودية أهمية تحسين جودة التعليم في الاعتبار، واعتبرت أن تنفيذ معايير التخطيط لاختيار مواقع المدارس أداة مهمة لتحقيق أهداف استراتيجيات التنمية. لذلك كلفت الحكومة عدة جهات ذات الصلة بوضع معايير مواقع المدارس كوزارة الشؤون البلدية والقروية، والمديرية العامة للمساحة العسكرية وأمانة الرياض (Zabedi, 2010). وتشمل معايير وزارة الشؤون البلدية والقروية ان تخدم كل مدرسة حي من 3600 ساكن والبعد من المدارس والأرصفة الآمنة والمتنزهات ومصادر الضوضاء والتلوث والغبار والمخاطر الطبيعية (وزارة الشؤون البلدية والقروية 2006). ووضعت المديرية العامة للمساحة العسكرية في المملكة عدة معايير لاختيار مواقع المدارس الابتدائية كالبعد من المدارس والطرق السريعة والرئيسة وتقاطع الطرق ومحطات الوقود والمطارات وخطوط نقل الكهرباء ومحطاتها والمصانع والمستودعات ومراكز بيع أسطوانات غاز الطهي ومستودعات ومرافق المواد الخطرة والبعد من مجاري الأودية ومناطق تجميع المياه والانحدار (المديرية العامة للمساحة العسكرية، 2002). وتضمنت معايير أمانة منطقة الرياض (2001) السكان والبعد من المدارس والأرصفة الآمنة والبعد من الشوارع المزدحمة والصاخبة.

2- جمع بيانات البحث: وتم من خلالها جمع البيانات الخاصة بمدارس البنين الابتدائية على شكل طبقة معلوماتية رقمية نقطية بصيغة (Shapfile Point) من امانة منطقة مكة المكرمة. وحصلت البحث على طبقة معيار العمران من مرئية القمر الاوربي سينتنال (2020)، والتي تم الحصول عليها من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية، ويبين جدول (1) تفاصيل من بيانات هذه المرئية.

الجدول (1): بيانات مرئية سينتنال (Sentinel 2B)

تاريخ المرئية	الزاوية الافقية للشمس	ارتفاع الشمس	غطاء السحب	نوع القمر	الدقة المكانية	Entity ID
2020/01/27	149.28	45.54	0.00	SENTINEL-2B	10 M	L1C_T37QED_A024013_20200127T075525

المصدر: (https://earthexplorer.usgs.gov/).

وتم اشتقاق طبقات معايير البعد من الأودية والانحدار ومناطق تجمع المياه بالاعتماد على نموذج ارتفاع رقمي للقمر (SRTM) بدقة 30 م، وتم الحصول عليه من موقع المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) (https://earthexplorer.usgs.gov). وتم الحصول على بيانات متغيرات الغبار وملوثات الغلاف الجوي عام (2022) للقمرين (OMI, MERRA2) من موقع وكالة ناسا، بيانات مناخ الارض. ويظهر جدول (2) بيانات هذه المعايير التي استند اليها البحث في اشتقاق الطبقات المعلوماتية لهذه المعايير.

الجدول (2): بيانات ملوثات الهواء

القمر الصناعي	العنصر	الدقة المكانية	وحدة القياس	الوحدة الزمنية	بداية المدة	نهاية المدة
OMI	Aerosol Depth	0.25º	(nm)	يومية	2021/1/1	2023/1/1
OMI	NO2	0.25º	(Molec/M2)	يومية	2021/1/1	2023/1/1
MERRA2	SO2	0.25º	(Molec/M2)	يومية	2021/1/1	2023/1/1

المصدر: وكالة ناسا (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovnni/?fbclid).

وتم الحصول على بيانات بقية معايير نمذجة ملاءمة المدارس في مدينة مكة المكرمة فقد تم الحصول على طبقاتها بصيغ رقمية (خطية ونقطية) من امانة وبلدية مكة المكرمة، وأخرى تم الحصول عليها من مصادر بيانات مفتوحة كموقع ازري (https://www.arcgis.com/home/item.html؟). وخريطة الشوارع المفتوحة (https://www.openstreetmap.org/export#map)، وتطبيق جوجل ارث برو.

3- تهيئة بيانات معايير نموذج الملاءمة: تمت معالجة طبقات نموذج الارتفاع الرقمي من خلال تعبئة الفراغات باستخدام اداة (Fill) ببرنامج (Arc GIS)، تمهيداً لاشتقاق طبقات انحدار التضاريس وشبكة الجريان السطحي ومناطق تجمع المياه. واستخدم برنامج (Erdas Imaging) لمعالجة مرئية (Sentinel)، كتحسين الدقة المكانية والتصحيح الراديومتري والاقتطاع على حدود المدينة، وذلك قبل اشتقاق طبقة العمران، وتضمنت معالجة البيانات تحويل ارجاع الطبقات الرقمية (Shapfile Point, Line) من نظام الارجاع الجغرافي إلى النظام المتري.

4- اشتقاق طبقات معايير النموذج: وقد استخدم البحث التصنيف غير الموجه في برنامج (Erdas Imaging) للحصول على طبقة العمران عام 2020، وأدوات الانحدار (Slope)، و (Hydrology) و (Spline) ببرنامج ببرنامج (Arc GIS) لاستخلاص طبقات معايير الانحدار وشبكة الأودية ومناطق تجمع المياه ومعايير ملوثات الهواء في مدينة مكة المكرمة، والمسافة الأقليدية (Euclidean distance) ببرنامج ببرنامج (Arc GIS) لتحديد البعد من الظاهرات الخطية والنقطية كالبعد من المدارس من الطرق الرئيسة والسريعة ومجاري الأودية ومحطات الوقود ومحلات بيع الغاز والمصانع وغيرها من المعايير المعتمدة محليا ودوليا.

5- تقييس طبقات معايير النموذج: فبعد اشتقاق طبقات المعايير في الخطوة السابقة تمت في هذه الخطوة اعادة تصنيف طبقات المعايير باستخدام اداة اعادة التصنيف (Reclassify)، ورافق ذلك إعطاء اوزان لفئات كل معيار حسب ملاءمتها للمدارس، وبالتالي تم تقيس طبقات المعايير من خلال تحويل طبقة كل معيار داخل في بناء نماذج الملاءمة المكانية لتوزيع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة من سطح رتبي الي مستمر باستخدام خوارزمية (Large) في برنامج (Arc Gis).

6- وزن معايير النموذج: أعطيت متوسطات أوزان لمعايير النموذج حسب ما وجده البحث من قبل الجهات التخطيطية كوزارة الشؤون البلدية والقروية، والمديرية العامة للمساحة العسكرية، ووزارة التعليم بولاية كاليفورنيا، ووكالة حماية البيئة الأمريكية، والأدبيات السابقة.

7- دمج طبقات المعايير حسب أوزانها: بعد تحديد متوسط اوزان معايير نموذج الملاءمة حددت الأهمية النسبية لكل معيار بواسطة حاسبة التحليل الهرمي (AHP) كإحدى اساليب اتخاذ القرار متعددة المعايير (MCDA)، وبالتالي دمجت جميع طبقات نموذج الملاءمة المكانية للمدارس في المدينة باستخدام الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) ضمن نظم المعلومات الجغرافية حسب أوزانها لإنتاج خريطة ملاءمة مدينة مكة المكرمة لمدارس البنين الابتدائية، ومن ثم تقييم مدى انطباق المعايير على توزيع مدارس البنين الابتدائية، وُصنفت الطبقة الناتجة إلى خمسة فئات حسب درجات ملاءمتها للمدارس تبدأ بالمناطق ذات الملاءمة الضعيفة جدا وتنتهي بالمناطق ذات الملاءمة العالية جدا لتشييد المدارس الابتدائية في المدينة.

مناقشة النتائج:

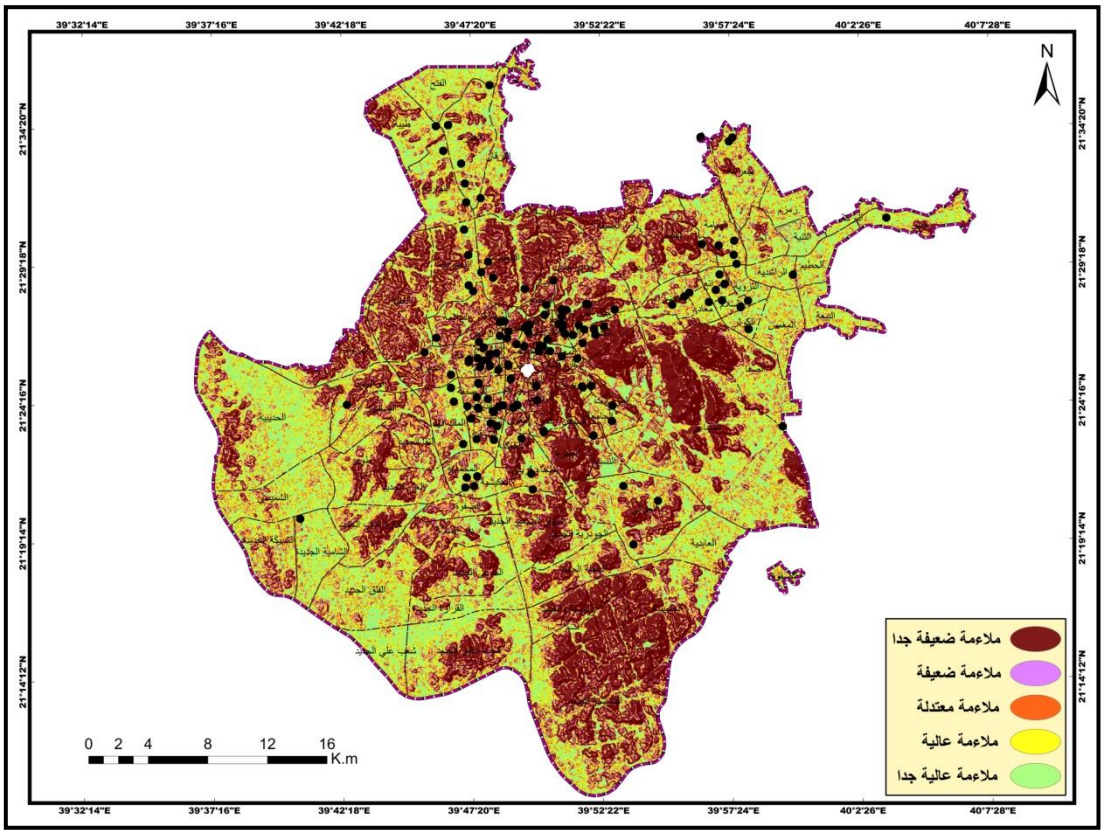
اعتمد البحث على مجموعة متنوعة من المعايير المكانية التي استخدمت من قبل عدد من الجهات التخطيطية كوزارة الشؤون البلدية والقروية، والمديرية العامة للمساحة العسكرية، والتعليم بولاية كاليفورنيا، ووكالة حماية البيئة الأمريكية كما يأتي:

أولاً) المعايير الطبيعية لتقييم ملاءمة المدارس:

أ- **تقييم ملاءمة التضاريس:** ويتضمن هذا المعيار انحدار تضاريس سطح الأرض في مدينة مكة المكرمة، وترى المديرية العامة للمساحة العسكرية ان نسبة الانحدار الملائمة للمدارس ينبغي ان لا تتجاوز 18٪، وعليها تتصف علاقة ملاءمة أي منطقة للمدارس مكانياً بانحدار سطح الأرض بالعكسية، فكلما زادت نسبة الانحدار قلت الملاءمة المكانية للمدارس، بسبب قلة استقرار المنحدرات، وبالتالي زيادة المخاطر المرتبطة بالانهيارات الارضية والعكس. وبذلك تبين نتائج تحليل نسب انحدار التضاريس في مدينة مكة المكرمة من بيانات نموذج الارتفاع الرقمي، تراوح نسبة انحدار تضاريس المدينة بين 0 في المناطق المستوية إلى 179.14% في المناطق شديدة الانحدار، بمتوسط على المستوى المكاني لمدينة مكة بلغ 15.15%.

وتظهر نتائج تقييم مواقع مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة حسب فئات نسب انحدار تضاريس سطح الارض شكل (2) أن هناك عشرة مدارس ابتدائية بنسبة 6.32% من إجمالي مدارس الابتدائية بمنطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا، وذلك حيث تتجاوز نسبة الانحدار 20%، بمساحة بلغت 339.05 كم^2، بنسبة 28.13% من إجمالي مساحة المدينة.

ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث تتراوح نسب الانحدار بين 20 - 15% نحو 18 مدرسة بنسبة 11.39% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في المدينة، وبلغت مساحتها 101.51 كم^2، بنسبة 8.42% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث تتراوح نسب الانحدار بين 15 - 10% حوالي 21 مدرسة بنسبة 13.29% من إجمالي مدارس الابتدائية بمدينة مكة المكرمة، وتغطي مساحة بلغت 158.37 كم^2، بنسبة 13.14% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (2): فئات ملاءمة نسب انحدار التضاريس للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

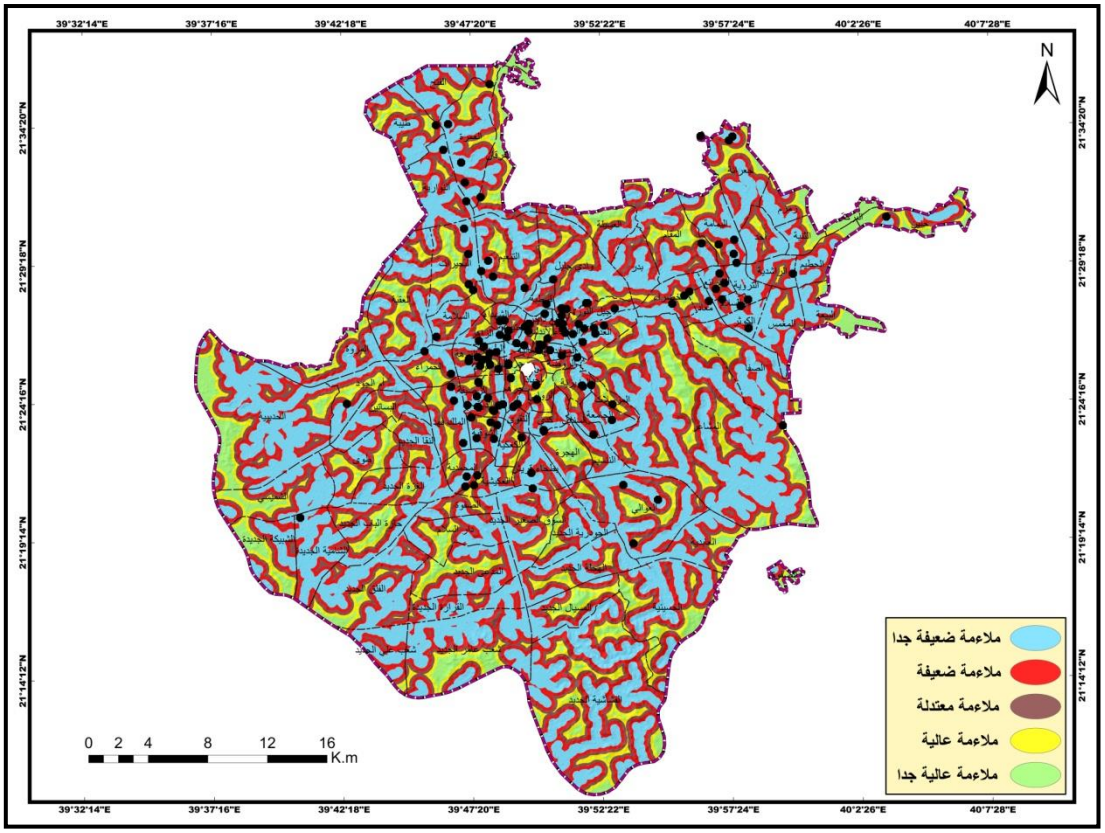
المصدر: الباحثان بالاعتماد على: المساحة الجيولوجية الأمريكية، نموذج ارتفاع رقمي للقمر (SRTM)، دقة مكانية، 30 م.

اما المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث تتراوح نسب الانحدار بين 10 - 5% فتضم 43 مدرسة بنسبة 27.21% من إجمالي عدد المدارس الابتدائية للبنين، وبلغت مساحتها 264.29 كم^2، بنسبة 21.93% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا للمدارس حيث تقل نسب الانحدار عن 5% نحو 53 مدرسة ابتدائية بنسبة 33.55% من إجمالي عدد المدارس، بمساحة بلغت 342.03 كم^2، بنسبة 28.37% من إجمالي مساحة المدينة.

ب- **تقييم الملاءمة الهيدرولوجية:** ويضم معيار الملاءمة الهيدرولوجية للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة متغيري البعد من مجاري الأودية ومناطق تجمع مياه السيول.

1- **البعد من مجاري الأودية:** تؤكد المديرية العامة للمساحة العسكرية السعودية ضمن معايير مشروع المدارس في الرياض بان المناطق الملائمة للمدارس ينبغي ان لا يقل بعدها من مجاري الأودية عن 300 م، وبالتالي تتسم علاقة الملاءمة المكانية للمدارس بالبعد من مجاري الأودية بالطردية؛ فكلما زاد البعد من مجاري الأودية، قلت مخاطر السيول، وزادت ملاءمتها المكانية للمدارس والعكس. وعليه فقد اظهرت نتائج تحليل البعد من مجاري الأودية التي تم اشتقاقها من نموذج ارتفاع رقمي (30م) لمدينة مكة المكرمة تراوحها بين 0 - 3.94 كم، بمتوسط مكاني للبعد من مجاري الأودية على مستوى المدينة بلغ 421.83 م. وتوضح نتائج تقييم مواقع مدارس الابتدائية للبنين بالنسبة للبعد من مجاري الأودية في مدينة مكة المكرمة شكل (3) أن هناك 80 مدرسة ابتدائية بنسبة 50.64% من إجمالي عددها في المدينة بمنطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حيث يقل البعد من مجاري الأودية عن 300 م، بمساحة 519.25 كم^2، بنسبة 43.08% من إجمالي مساحة المدينة، ويرجع ذلك لان طبوغرافية مركز المدينة ومحيطها تتسم بتضاريس أما جبلية أو تلال منحدرة وجميعها تعتبر ذات ملاءمة ضعيفة، كما لا توجد مساحات سهلية واسعة بعيدة من مجاري الأودية يمكن تشييد المدارس فيها.

ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من مجاري الأودية بين 300 - 500 نحو 32 مدرسة بنسبة 20.25% من إجمالي مدارس البنين في المدينة، بمساحة بلغت 265.98 كم^2، بنسبة 22.07% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح البعد من مجاري الأودية بين 500 - 700 نحو 25 مدرسة بنسبة 15.83% من إجمالي عدد المدارس الابتدائية بمدينة مكة، بمساحة 199.7 كم^2، بنسبة 16.57% من إجمالي مساحة المدينة.



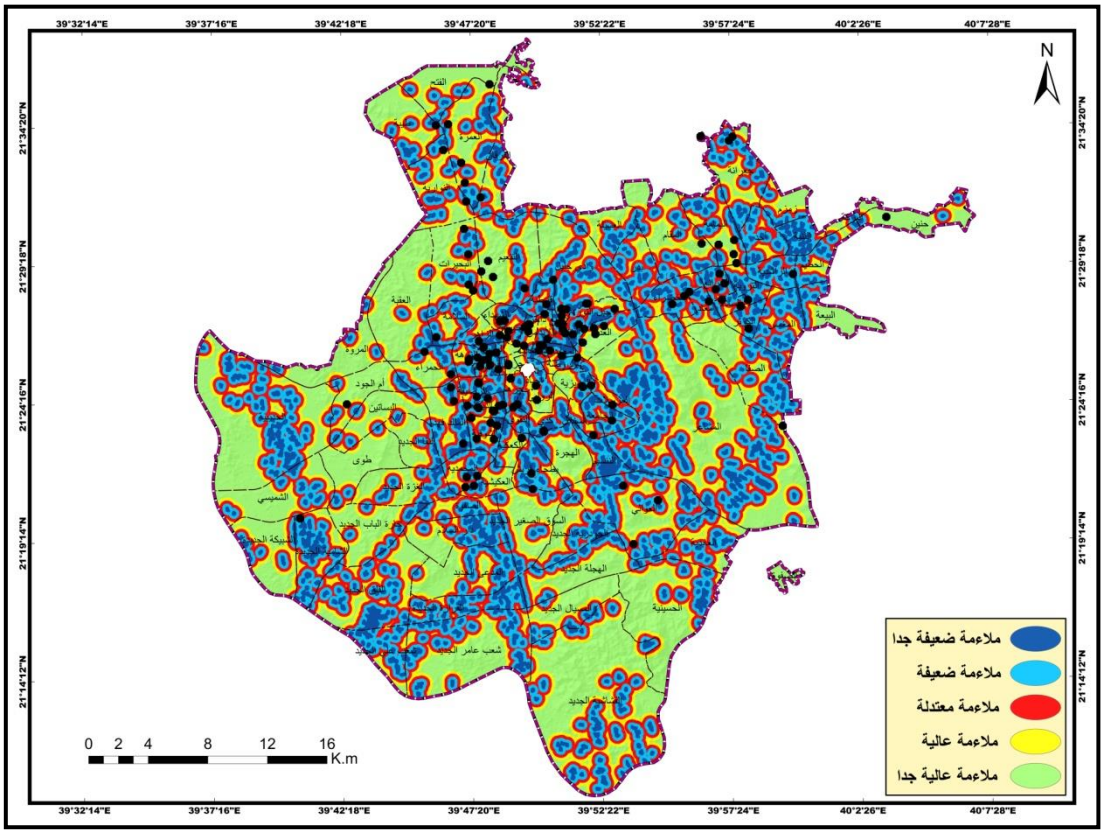
الشكل (3): فئات ملاءمة البعد من مجاري الأودية للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: المساحة الجيولوجية الأمريكية، نموذج ارتفاع رقمي (SRTM)، دقة مكانية، 30 م.

ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من مجاري الأودية بين 700 - 900 م حوالي مدارس 17 مدرسة ابتدائية، بنسبة 10.75% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة، بمساحة بلغت 126.89 كم^2، بنسبة 10.52% من إجمالي مساحة المدينة. وتوجد 4 مدارس ابتدائية بنسبة 2.53% من إجمالي عددها في المدينة، بمنطقة تتصف بملاءمة عالية جدا للمدارس حيث يتجاوز البعد من مجاري الأودية 900 م، بمساحة بلغت 93.44 كم^2، بنسبة 7.75% من إجمالي مساحة المدينة.

2- **البعد من مناطق تجمع المياه:** أكدت المديرية العامة للمساحة العسكرية السعودية ان البعد من المناطق الملائمة للمدارس ينبغي ألا يقل عن 100 م، وعليه تتصف علاقة الملاءمة المكانية للمدارس بالبعد من مناطق تجميع المياه بالطردية، فكلما زاد البعد من مناطق تجميع المياه تقل مخاطرها وتزداد ملاءمتها للمدارس والعكس. وعليه توضح نتائج التحليل المكاني للبعد من مناطق تجمع المياه في مدينة مكة المكرمة، تراوح البعد من مناطق تجمع المياه بين 0 - 4.83 كم، بمتوسط مكاني لمدينة مكة المكرمة بلغ 562 م.

وتبين نتائج تقييم مواقع مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة بالنسبة للبعد من مناطق تجمع المياه شكل (4) وقوع 39 مدرسة ابتدائية بنسبة 24.68% من إجمالي عدد المدارس الابتدائية للبنين بمنطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حيث يقل البعد من مناطق تجمع المياه عن 100 م، تغطي مساحة بلغت 151.9 كم^2، بنسبة 12.6% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (4): فئات ملاءمة البعد من تجمعات المياه للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: المساحة الجيولوجية الأمريكية، نموذج ارتفاع رقمي (SRTM)، دقة مكانية، 30 م.

ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة لمدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة حيث يتراوح البعد من مناطق تجمع المياه بين 100 - 300 نحو 54 مدرسة بنسبة 34.18% من إجمالي المدارس، بمساحة 282.43 كم^2، بنسبة 23.44% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس حيث يتراوح البعد من مناطق تجمع المياه بين 300 - 500 نحو 34 مدرسة بنسبة 21.51% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية، بمساحة بلغت 241.97 كم^2، بنسبة 20.08% من إجمالي مساحة المدينة.

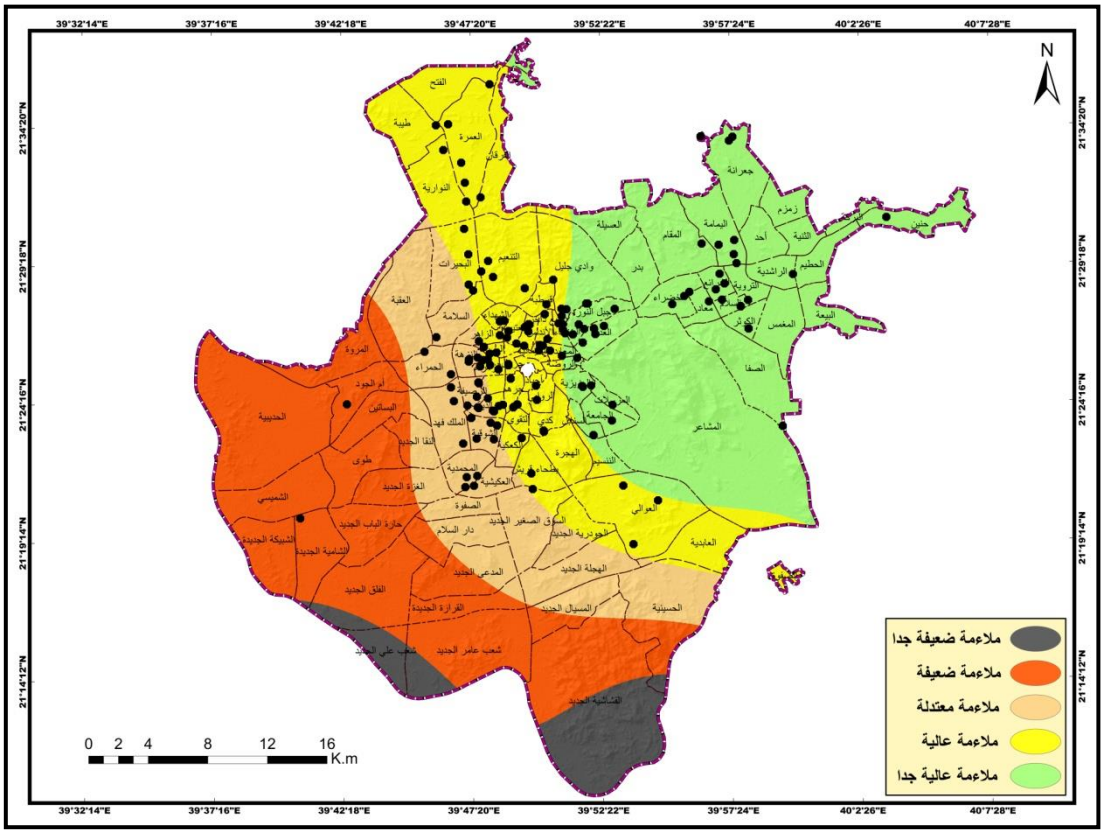
وتتضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من مناطق تجمع المياه بين 500 - 700 م حوالي 19 مدرسة بنسبة 12.02% من إجمالي عددها في المدينة، وبلغت مساحتها 173.77 كم^2، بنسبة 14.41% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا للمدارس حيث يتجاوز البعد من مناطق تجمع المياه 700 م حوالي 12 مدرسة ابتدائية بنسبة 7.59% من إجمالي عددها، بمساحة 355.17 كم^2، بنسبة 29.47% من إجمالي مساحة المدينة.

ج- **تقييم ملاءمة المناخ:** اعتمد البحث في تقيم ملاءمة مواقع مدارس مدينة مكة المكرمة ونمذجة أفضل مواقعها في المستقبل على ثلاثة متغيرات مناخية هي:

1- **الهباء الجوي:** يتضمن مفهوم الهباء الجوي كل من الضباب الحضري والدخان والجسيمات والغبار، ويعتبر تلوث الهواء بالغبار واحد من اهم معايير وزارة الشؤون البلدية والقروية لتحديد المواقع الملائمة للمدارس، وتتصف الملاءمة المكانية للمدارس والهباء الجوي بالعكسية، فكما زادت جسيمات الهباء في الغلاف الجوي، زادت مخاطرها على طلاب المدارس، وقلت ملاءمتها المكانية للمدارس الابتدائية للبنين والعكس. وعليه فقد توصلت نتائج تحليل الهباء في مدينة مكة المكرمة عام 2022 م، تراوح الهباء في الغلاف الجوي بين 0.76 نانومتر شمال شرق المدينة إلى 1.06 نانومتر جنوب وجنوب غرب مدينة مكة المكرمة، بمتوسط مكاني على مستوى المدينة بلغ 0.9 نانومتر. وتظهر نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة بالنسبة لمعدل الهباء في الغلاف الجوي شكل (5) عدم وقوع أي مدرسة ابتدائية للبنين جنوب وجنوب غرب المدينة حيث المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حيث يتجاوز الهباء الجوي 1 نانومتر، والتي بلغت مساحتها 65.85 كم^2، بنسبة 5.46% من إجمالي مساحة المدينة.

ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح الهباء الجوي بين 1 - 0.95 نانومتر نحو مدرستين بنسبة 1.26% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية، وبلغت مساحتها نحو 335.3 كم^2، بنسبة 27.82% من إجمالي مساحة

المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح الهباء في الغلاف الجوي بين 0.95 - 0.9 نانومتر نحو 38 مدرسة بنسبة 24.05% من إجمالي عدد مدارس البنين الابتدائية في المدينة، بمساحة بلغت 196.83 كم^2، بنسبة 16.33% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (5): فئات ملاءمة الهباء الجوي للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: وكالة ناسا، بيانات مناخ الأرض، بيانات القمر الصناعي (OMI).

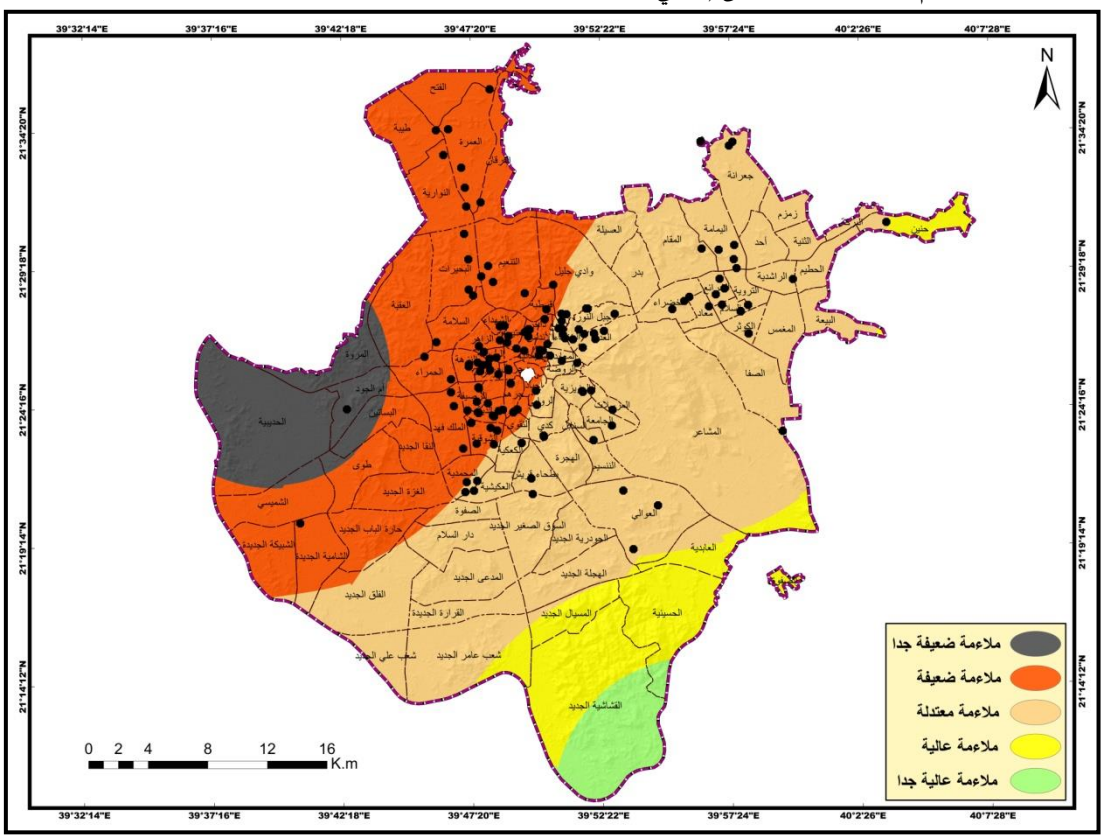
بينما تضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح الهباء في الغلاف الجوي بين 0.9 - 0.85 نانومتر حوالي 72 مدرسة بنين بنسبة 45.57% من إجمالي عددها، بمساحة بلغت 249.85 كم^2، بنسبة 20.73% من إجمالي مساحة المدينة. بينما تقع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية شمال شرق مدينة مكة المكرمة حيث يقل الهباء الجوي عن 0.85 نانومتر 46، وتضم مدرسة ابتدائية واحدة بنسبة 29.11% من اجمالي المدارس الابتدائية، وتغطي 357.4 كم^2، بنسبة 29.65% من إجمالي مساحة مدينة مكة المكرمة. وبذلك يمكن تفسير تركز غالبية المدارس بمناطق ذات ملاءمة عالية إلى جدا حسب الهباء الجوي التي يتألف من خليط من حبيبات الغبار والغازات لاخذ الجهات المختصة مخاطر الهباء الجوي على طلاب المدارس، فضلا عن تغطية تركز هذه النطاقات بمناطق قريبة من مركز المدينة ومحيطها حيث تتركز مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة.

2- **ثاني أكسيد النيتروجين:** يندرج متغير تلوث الهواء بغاز ثاني اكسيد النيتروجين (NO2) ضمن معايير وزارة الشؤون البلدية والقروية لتحديد مواقع المدارس، وتتصف علاقة الملاءمة المكانية للمدارس بتلوث الهواء بالنيتروجين بالعكسية، فكما زاد تركز ثاني اكسيد النيتروجين في الهواء بمنطقة ما زادت مخاطره، وقلت ملاءمتها المكانية للمدارس الابتدائية والعكس. وبذلك تظهر نتائج تحليل ثاني اكسيد النيتروجين في مدينة مكة المكرمة عام 2022 م تراوح تركز غاز ثاني اكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي بين 3.98 جزء/م^2 جنوب شرق المدينة إلى 5.26 جزء/م^2 شمال وشمال غرب المدينة، بمتوسط مكاني على مستوى مدينة مكة المكرمة بلغ 4.74 جزء/م^2.

وتوضح نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة حسب فئات توزيع غاز ثاني اكسيد النيتروجين شكل (6) وقوع مدرسة واحدة بنسبة 0.63% من إجمالي عددها، ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حيث يتجاوز تركز ثاني اكسيد النيتروجين في الهواء 5.1 جزء/م^2، بمساحة لهذه المنطقة بلغت 96.31 كم^2، بنسبة 7.99% من إجمالي مساحة المدينة.

ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح تركز غاز ثاني اكسيد النيتروجين بين 5.1 - 4.8 جزء/م^2 نحو 90 مدرسة، بنسبة 56.97% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في المدينة، وبلغت مساحة هذه المنطقة 354.57

كم^2، بنسبة 29.41% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية في المدينة حيث يتراوح تركز غاز ثاني اكسيد النيتروجين بين 4.8 - 4.5 جزء/م^2 نحو 67 مدرسة، بنسبة 42.41% من إجمالي عدد مدارس البنين في المدينة، بمساحة بلغت 590.42 كم^2، بنسبة 48.99% من إجمالي مساحة المدينة.



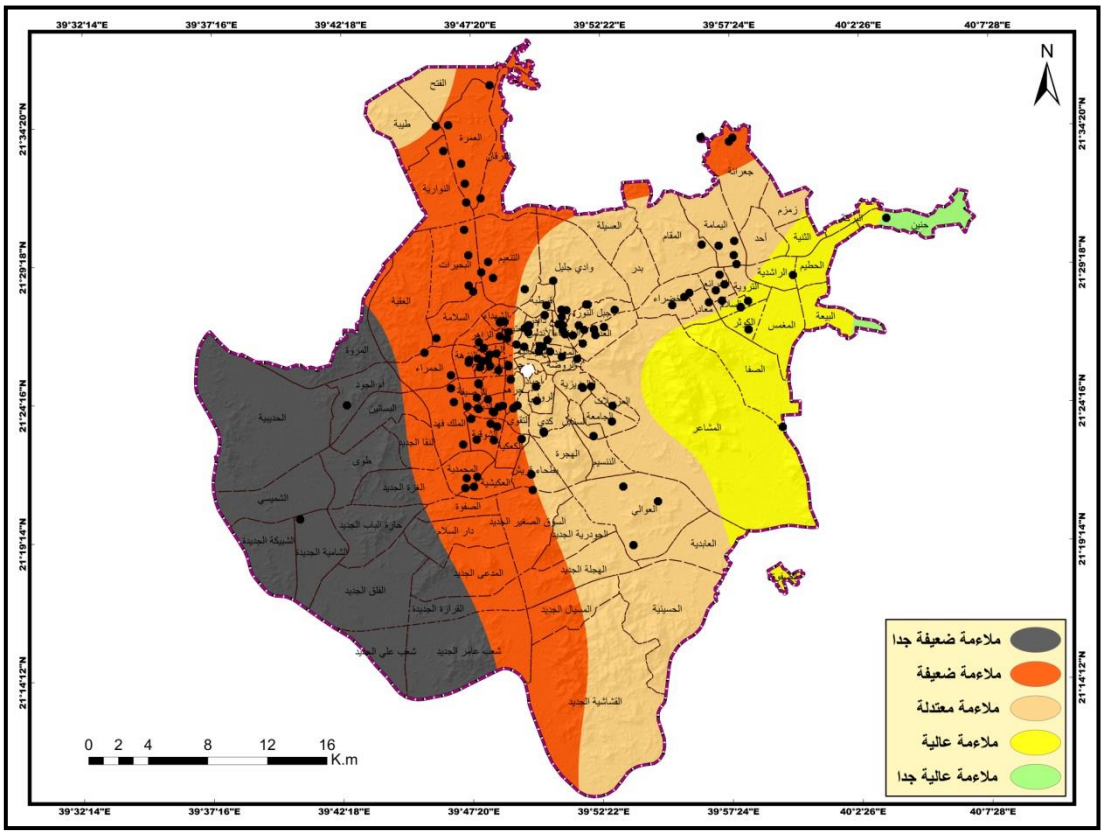
الشكل (6): فئات ملاءمة تلوث الهواء بالنيتروجين للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة
المصدر: الباحثان بالاعتماد على: وكالة ناسا، بيانات مناخ الأرض، للقمر الصناعي (OMI).

ولا يوجد في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح تركز غاز ثاني اكسيد النيتروجين في الهواء بين 4.5 - 4.2 جزء/م^2 اي مدرسة بنين ابتدائية، وبلغت مساحة هذه المنطقة 120.51 كم^2، بنسبة 9.99% من إجمالي مساحة المدينة. كما لا تضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة حيث يقل غاز ثاني اكسيد النيتروجين عن 4.2 جزء/م^2، وتغطي هذه المنطقة مساحة بلغت 43.44 كم^2، بنسبة 3.6% من إجمالي مساحة المدينة. وبذلك يرجع عدم وجود مدارس في المناطق التي تتصف بملاءمة عالية إلى عالية جدا لوقوع هذان النطاقان في الطرف الجنوبي والشرقي من مدينة مكة المكرمة بعيدا عن مناطق انتشار العمران وتركز السكان والمدارس في مدينة مكة المكرمة.

3- **ثاني أكسيد الكبريت:** تتسم علاقة الملاءمة المكانية للمدارس بتلوث الهواء بغاز ثاني اكسيد الكبريت (SO2) بالعكسية؛ فكما زاد تركز ثاني اكسيد الكبريت، قلت ملاءمة المكان للمدارس الابتدائية بسبب مخاطر تلوث الهواء بالكبريت والعكس. وعليه تظهر نتائج التحليل المكاني لتوزيع غاز ثاني اكسيد الكبريت في مدينة مكة المكرمة عام 2022 م تراوح غاز الكبريت بين 4.78 جزء/م^2 شرق مدينة مكة المكرمة إلى 7.88 جزء/م^2 جنوب غرب المدينة، بمتوسط مكاني لمدينة مكة المكرمة بلغ 6.55 جزء/م^2.

وتوضح نتائج تقييم مواقع مدارس الابتدائية بنين في مدينة مكة المكرمة حسب توزيع فئات غاز ثاني اكسيد الكبريت شكل (7) وقوع مدرستين فقط بنسبة 1.26% من إجمالي عددها بالمدينة، في المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا للمدارس، وذلك حيث يتجاوز تركز ثاني اكسيد الكبريت 7.5 جزء/م^2، بمساحة بلغت 281.46 كم^2، بنسبة 23.35% من إجمالي مساحة المدينة.

اما المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة لمدارس البنين الابتدائية حيث يتراوح تركز غاز ثاني اكسيد الكبريت بين 7.5 - 7 جزء/م^2 فتضم حوالي 82 مدرسة، بنسبة 51.9% من إجمالي عددها في المدينة، وتبلغ مساحتها نحو 335.99 كم^2، بنسبة 27.87% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح تركز غاز ثاني اكسيد الكبريت بين 7 - 6.5 جزء/م^2 نحو 66 مدرسة بنسبة 41.77% من إجمالي عدد مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة، وتغطي 419.43 كم^2، بنسبة 34.8% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (7): فئات ملاءمة تلوث الهواء بالكبريت للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: وكالة ناسا، بيانات مناخ الأرض، للقمر الصناعي (MERRA2).

ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح تركز غاز الكبريت بين 6.5 - 6 جزء/م^2 نحو 7 مدارس ابتدائية للبنين، بنسبة 4.45% من إجمالي عددها في المدينة، وبلغت مساحة هذه المنطقة 157.81 كم^2، بنسبة 13.09% من إجمالي مساحة المدينة. وتوجد مدرسة واحدة فقط هي مدرسة الشرائع العليا في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة حيث يقل تركز غاز ثاني اكسيد الكبريت عن 6 اجزاء/م^2، وتبلغ مساحة هذه المنطقة 10.55 كم^2، بنسبة 0.87% من إجمالي مساحة المدينة. وبالتالي يمكن تفسير قلة عدد المدارس الابتدائية للبنين في المناطق ذات الملاءمة العالية إلى العالية جدا حسب معيار تلوث الهواء بالكبريت لتركز المناطق التي تعاني من تلوث الهواء بالكبريت في مركز المدينة ومحيطها حيث تتركز مدارس البنين، في حين تقع المناطق التي يقل فيها تلوث الهواء بالكبريت ولها ملاءمة عالية لبناء المدارس في الاطراف الشرقية من المدينة حيث يقل العمران وعدد السكان ومدارس البنين فضلا عن وجود حي المشاعر المقدسة بهذه المنطقة.

ثانياً) المعايير البشرية لتقييم ملاءمة المدارس:

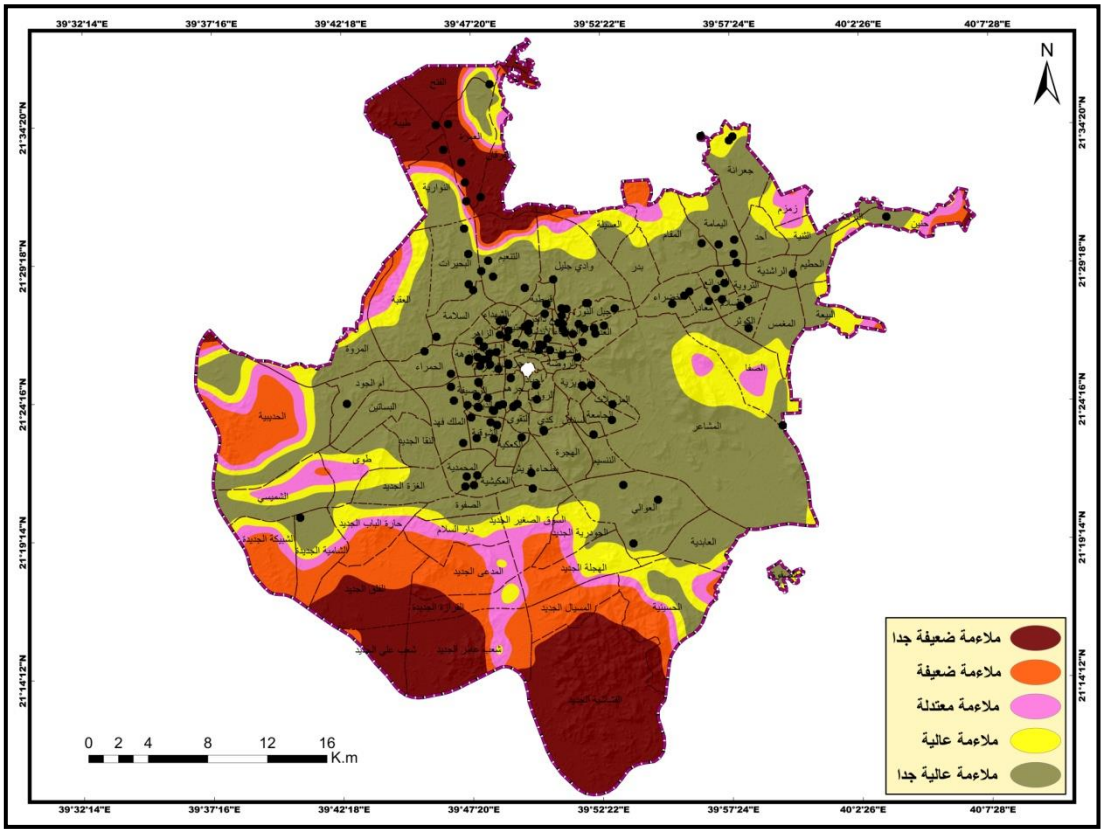
أ- **تقييم ملاءمة المعايير الاجتماعية:** تتمثل المعايير الاجتماعية المحددة لملاءمة مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة بالمعايير الآتية:

1- **كثافة السكان:** تظهر نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة طبقاً لمعيار كثافة السكان، حيث تتصف العلاقة بينهما بالطردية، فكلما زادت الكثافة زادت الملاءمة المكانية للمدارس، وكلما قلت كثافة السكان قلت الملاءمة المكانية للمدارس، تراوح كثافة سكان مدينة مكة بين 0 إلى 1351 نسمة/كم^2، بمتوسط على المستوى المكاني للمدينة بلغ 796 نسمة/كم^2.

وتبين نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بنين مع الكثافة العامة للسكان في مدينة مكة المكرمة شكل (8) وقوع 147 مدرسة ابتدائية بنسبة 93.03% ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا، وذلك حيث تتجاوز الكثافة السكانية 1000 نسمة/كم^2، وتغطي هذه المنطقة 618.68 كم^2، بنسبة 51.34% من إجمالي مساحة المدينة. وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية لتشييد المدارس الابتدائية ضمن تراوح كثافة بين 1000 - 750 نسمة/كم^2، 4 مدارس ابتدائية بنسبة 2.53%، وتبلغ مساحة هذه المنطقة 154.59 كم^2، بنسبة 12.82% من إجمالي مساحة المدينة. وتبرز المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية بنين

حيث تتراوح كثافة السكان بين 750 - 500 نسمة/كم^2، ولا تضم هذه المنطقة أي مدرسة ابتدائية حالياً، بسبب امتدادها على شكل اشرطة ونطاقات ضيقة بعيدا عن مركز المدينة ومحيطها حيث تتركز المدارس، مساحة بلغت 93.46 كم^2، بنسبة 7.75% من إجمالي مساحة المدينة.

وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس شمال وجنوب وشمال غرب مدينة مدينة مكة المكرمة حيث تتراوح كثافة السكان بين 500 - 250 نسمة/كم^2 جنوب وغرب وشمال المدينة، بمساحة 139.02 كم^2، بنسبة 11.53% من إجمالي مساحة المدينة، ويقع ضمنها مدرسة واحدة بنسبة 0.63%. وتظهر المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا للمدارس الابتدائية حيث تقل كثافة السكان عن 250 نسمة/كم^2 أقصى شمال وجنوب المدينة، بمساحة بلغت 199.5 كم^2، بنسبة 16.55% من إجمالي مساحة المدينة، ويقع ضمنها ستة مدارس بنسبة 3.8%.



الشكل (8): فئات ملاءمة كثافة السكان للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

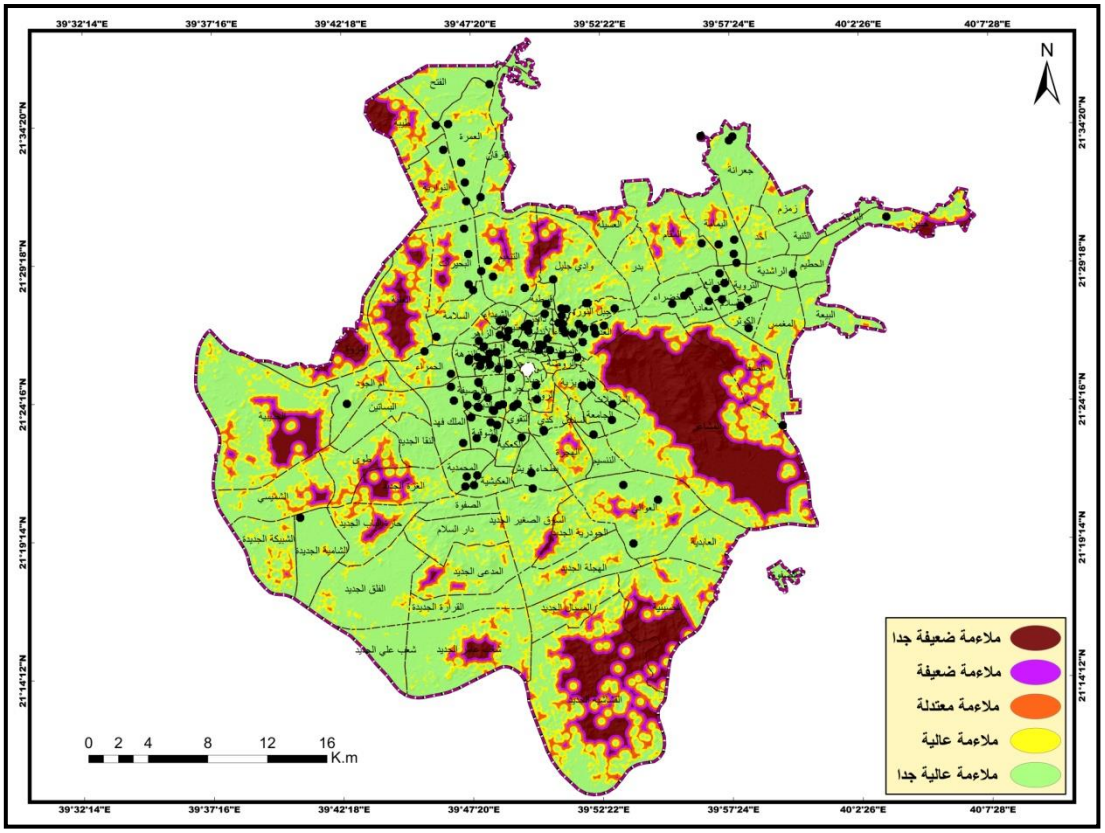
المصدر: الباحثان بالاعتماد على: الهيئة العامة للإحصاء، نتائج تعدد السكان والمساكن 2022 م.

وعليه يمكن تفسير تركز غالبية المدارس في المنطقة التي تتسم بملاءمة عالية جدا حسب السكان لاعتماد الجهات التخطيطية في وزارة التعليم عند توزيع المدارس على معياري السكان والبعد من المساكن كأهم معايير الملاءمة المكانية لتوطين مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة.

ب- **البعد من المساكن:** تتصف الملاءمة المكانية للمدارس الابتدائية بحسب بعد المسكن من المدارس بالعكسية، فكلما قلت المسافة بين المسكن والمدرسة زادت الملاءمة المكانية للمدارس والعكس، كلما زادت المسافة قلت ملاءمة المدارس بسبب صعوبة الوصول اليها، وحددت كل من وزارة الشؤون البلدية والقروية والمديرية العامة للمساحة العسكرية بان لا يتجاوز البعد بين المدرسة والمسكن عن 500 م، في حين ان امانة الرياض حددتها ب 550 م، وبذلك تظهر نتائج البعد بين المساكن والمدرسة تراوح البعد من المناطق المبنية بين 0 إلى 2.99 كم، بمتوسط على المستوى المكاني لمدينة مكة المكرمة بلغ 195.89 م.

وتظهر نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بنين بحسب ملاءمة البعد من المناطق السكنية في المدينة شكل (9) وقوع جميع المدارس الابتدائية 158 مدرسة ابتدائية بنسبة 100% ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا حسب معيار البعد من المساكن، وذلك حيث تقل المسافة بين المسكن والمدرسة عن 150 م، وبلغت مساحة هذه المنطقة 727.04 كم^2، بنسبة 60.32% من إجمالي مساحة مدينة مكة المكرمة، وتؤكد هذه النتيجة أخذ الجهات التخطيطية للمدارس البعد من المساكن ضمن معايير تنفيذ توزيع مدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة.

وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية لتشييد مدارس ابتدائية للبنين ضمن مسافة تتراوح بين المسكن والمدرسة 150 - 300 م، ولا يقع ضمنها أي مدرسة حالياً، ويمكن استغلالها في تشييد مدارس ابتدائية مستقبلا، وتبلغ مساحة هذه المنطقة 225.93 كم^2، بنسبة 18.75% من إجمالي مساحة المدينة. وتبرز المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للبعد بين المساكن والمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من المساكن بين 300 - 450 م، ولا تضم أي مدرسة، وتبلغ مساحتها 88.22 كم^2، بنسبة 7.32% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (9): فئات ملاءمة البعد من العمران للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: المساحة الجيولوجية الأمريكية، مرئية فضائية للقمر (Sentinel 2 B)، 2020 م، دقة مكانية، 10 م.

وتقع منطقة الملاءمة الضعيفة للمدارس في مدينة مكة المكرمة حيث يتراوح البعد من المساكن بين 450 - 600 م، بمساحة بلغت 139.02 كم^2، بنسبة 11.53% من إجمالي مساحة المدينة، ولا يقع ضمنها أي مدرسة، ويمكن استغلالها بشكل محود لتشييد أي مدارس ابتدائية في المستقبل. بينما تظهر المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا لإقامة مدارس ابتدائية للبنين حيث يتجاوز البعد من المساكن 600 م، جنوب شرق وجنوب وشمال غرب المدينة، بمساحة لهذه المنطقة بلغت 116.23 كم^2، بنسبة 9.65% من إجمالي مساحة المدينة.

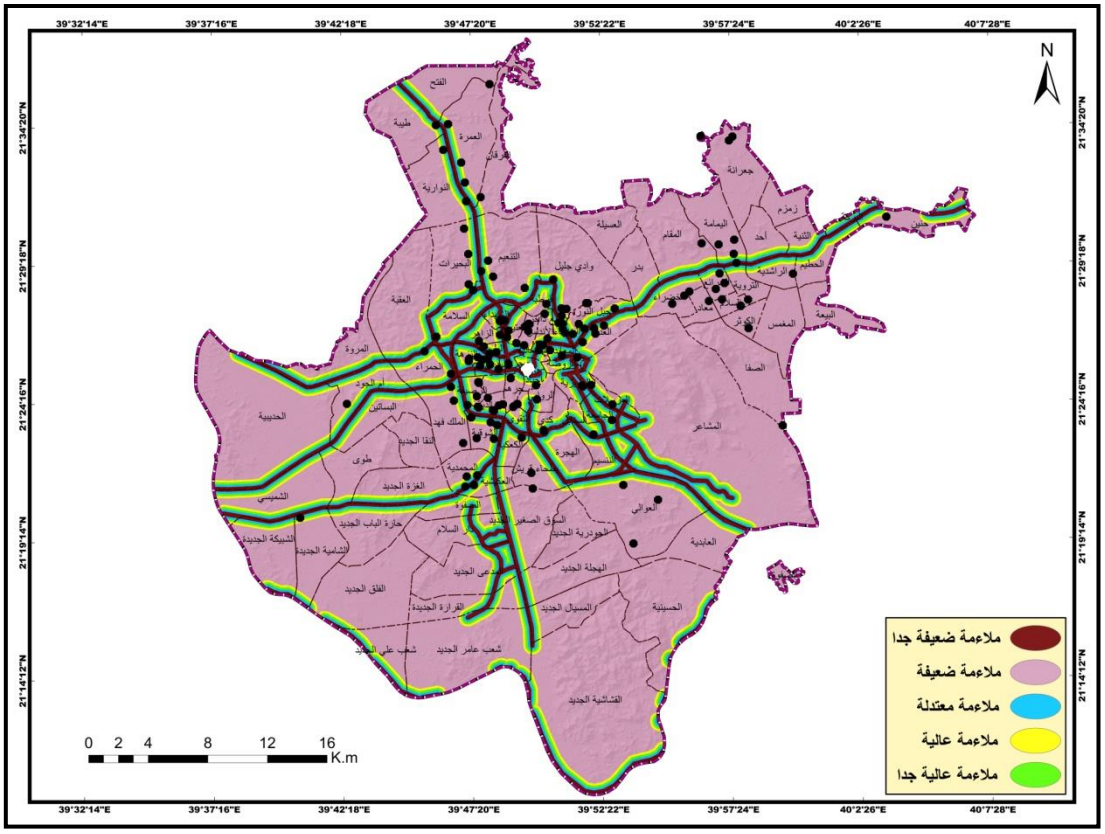
ج- **تقييم ملاءمة المعايير الإقتصادية:** اعتمد البحث في تقييم ملاءمة مدينة مكة المكرمة للمدارس على عدة متغيرات اقتصادية وكما يأتي:

1- **البعد من الطرق الرئيسية:** توضح نتائج تحليل البعد من الطرق السريعة في مدينة مكة المكرمة، تراوح البعد من الطرق السريعة داخل حدود مدينة مكة المكرمة بين 0 إلى 9.6 كم، بمتوسط مكاني على مستوى المدينة بلغ 1.96 كم، وتعتبر المسافة بين الطريق والمدرسة اقل من 150 غير ملائمة حسب معايير المساحة العسكرية، وكلما زادت المسافة بصورة كبيرة تقل الملاءمة للمدارس، وتعتبر المناطق ذات المسافة المتوسطة ملائمة لأنها تقلل من مخاطر الطرق على الطلاب، وتسهل من وصولهم إلى المدارس.

من جانب آخر توصلت نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بنين حسب البعد من الطرق الرئيسية في مدينة مكة المكرمة شكل (10) وقوع 18 مدرسة ابتدائية بنسبة 11.39% ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا بسبب شدة مخاطر الطرق على طلاب هذه المدارس، وذلك حيث تقل المسافة عن الطرق الرئيسية بأقل من 150 م، بمساحة يلغت 80.07 كم^2، بنسبة 6.64% من إجمالي مساحة المدينة.

وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة بسبب صعوبة وصول الطالب إلى المدارس، وذلك حيث يتجاوز البعد من الطرق الرئيسية عن 600 م، نحو 63 مدرسة بنسبة 39.88% من اجمالي عددها، وتغطي غالبية مساحة المدينة 921.99 كم^2، بنسبة 76.5% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس حيث يتراوح البعد من الطرق الرئيسية بين 150 - 300 م، نحو 33 مدرسة بنسبة 20.88% من اجمالي عددها، بمساحة بلغت 72.31 كم^2، بنسبة 6% من إجمالي المدينة.

وبلغ عدد مدارس البنين الابتدائية ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من الطرق الرئيسية بين 450 - 600 م، نحو 21 مدرسة بنسبة 13.4% من اجمالي عددها، بمساحة بلغت 63 كم^2، بنسبة 5.22% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لإقامة مدارس ابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة حيث يتراوح البعد من الطرق الرئيسية بين 300 - 450 م، حوالي 23 مدرسة ابتدائية بنسبة 14.55% من اجمالي عددها، وتبلغ مساحتها نحو 67.87 كم^2، بنسبة 5.63% من إجمالي مساحة المدينة.

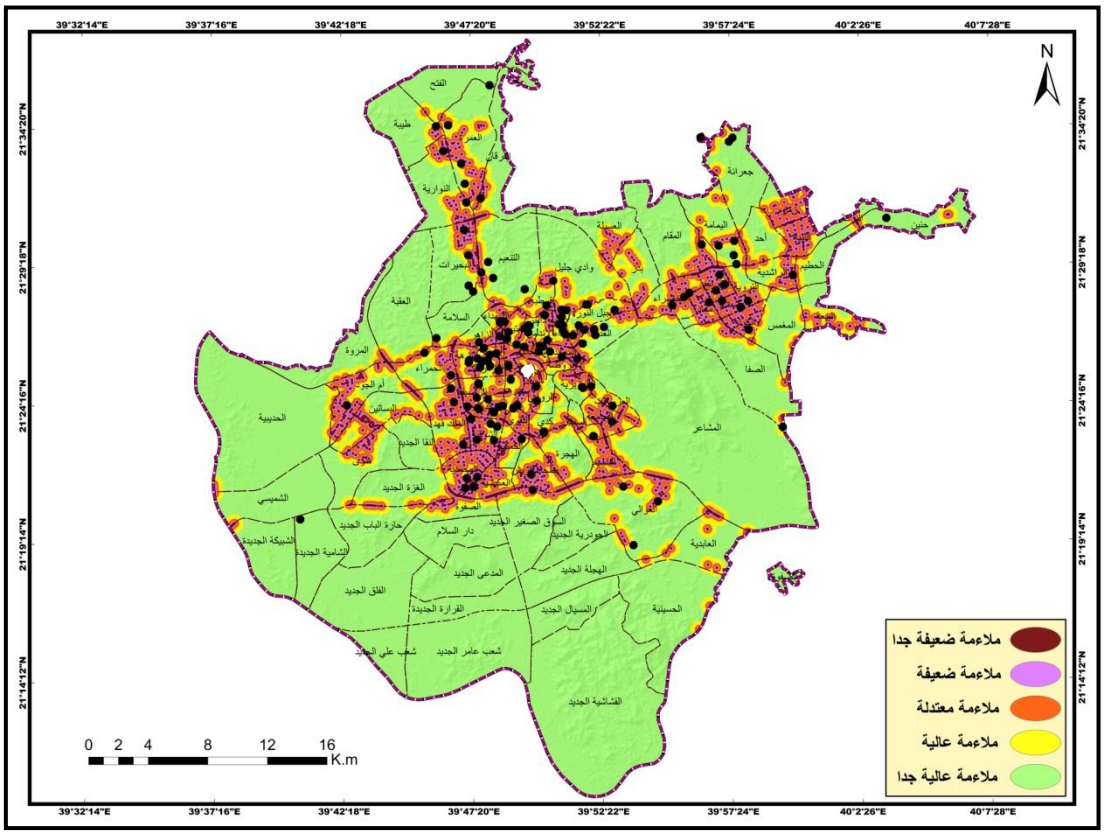


الشكل (10): فئات ملاءمة البعد من الطرق السريعة للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: خريطة الشوارع المفتوحة (OpenStreetMap)، طبقة رقمية بصيغة (Shapfile).

2- **البعد من تقاطع الطرق:** تبين نتائج تحليل البعد من تقاطع الطرق الرئيسية في مدينة مكة المكرمة تراوح البعد من مواقع تقاطع الطرق بين 0 إلى 13.57 كم، بمتوسط على المستوى المكاني لمدينة مكة المكرمة بلغ 2.62 كم، وأكدت المديرية العامة للمساحة العسكرية بأنه ينبغي ان لا تقل المسافة بين مواقع المدرس والتقاطعات عن 75 م، وعليه تتصف علاقة ملاءمة مواقع المدارس الابتدائية بالبعد من تقاطع الطرق بالطردية حيث تعتبر المسافة البعيدة من التقاطعات اكثر ملاءمة من مناطق القريبة، لأنها تقليل من مخاطر وسائل النقل على طلاب المرحلة الابتدائية.

بناء على ذلك توصلت نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بنين من البعد من تقاطع الطرق الرئيسية في مدينة مكة المكرمة شكل (11) وقوع 23 مدرسة ابتدائية بنسبة 14.56% ضمن منطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا، وذلك حيث تشتد مخاطر تقاطع الطرق اثناء مرور طلاب الابتدائية بهذه التقاطعات، اينما يقل البعد من تقاطع الطرق الرئيسية عن 75 م، بمساحة بلغت 36.14 كم^2، بنسبة 3% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة لمواقع المدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من التقاطعات بين 75 - 150 م، حوالي 28 مدرسة بنسبة 17.72% من اجمالي عددها، بمساحة بلغت 57.64 كم^2، بنسبة 4.78% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (11): فئات ملاءمة البعد من تقاطع الطرق للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، خريطة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

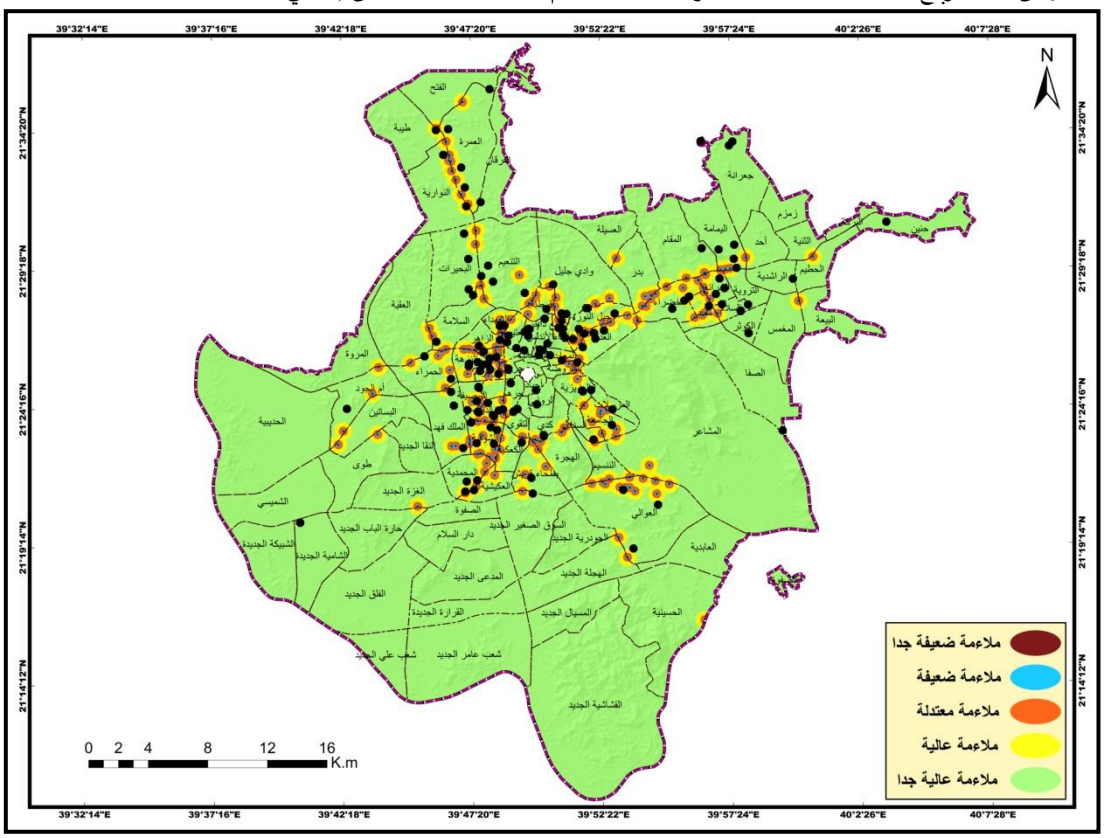
وتضم المنطقة التي تسم بملاءمة معتدلة لمدارس البنين الابتدائية، وذلك حيث يتراوح البعد من تقاطع الطرق بين 150 - 300 م، نحو 60 مدرسة ابتدائية بنسبة 37.98% من اجمالي عددها، بمساحة بلغت 105.59 كم^2، بنسبة 8.76% من إجمالي مساحة المدينة. ووصل عدد مدارس البنين الابتدائية ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس، حيث يتراوح البعد من تقاطع الطرق بين 300 - 600 م، نحو 31 مدرسة بنسبة 19.62% من اجمالي عدد المدارس الابتدائية، بمساحة بلغت 141.49 كم^2، بنسبة 11.74% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لإقامة مدارس ابتدائية للبنين حيث يتجاوز البعد من تقاطع الطرق 600 م، حوالي 16 مدرسة ابتدائية بنسبة 10.12% من اجمالي عددها، وتغطي اكثر من ثلثي مساحة المدينة 864.39 كم^2، بنسبة 71.72% من إجمالي مساحة المدينة.

3- **البعد من محطات الوقود:** توضح نتائج تحليل البعد من محطات الوقود تراوح المسافة من محطات البترول في مدينة مكة المكرمة بين 0 إلى 14.5 كم، بمتوسط مكاني على مستوى المدينة بلغ 3.79 كم، وقد حددت المديرية العامة للمساحة العسكرية بأنه ينبغي ان لا تقل المسافة بين موقع المدرسة ومحطة الوقود عن 75 م (AlQuhtani, 2021) لما لذلك من مخاطر على الطلاب، وعليه تتصف علاقة الملاءمة المكانية لمدارس البنين الابتدائية بالبعد من محطات الوقود بالطردية، حيث تزداد الملاءمة المكانية للمدارس مع الابتعاد من محطات الوفود، وتقل الملاءمة مع اقتراب مدارس البنين الابتدائية من مواقع محطات الوفود .

توصلت نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية للبنين حسب البعد من محطات الوقود في مدينة مكة المكرمة شكل (12) وقوع مدرسة ابتدائية واحدة فقط بنسبة 0.63% ضمن المنطقة التي تتصف بشدة مخاطر محطات الوقود على طلابها، والتي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا للمدارس، حيث تقل المسافة من محطات البترول عن 75 م، بمساحة بلغت 2.91 كم^2، بنسبة 0.24% من إجمالي مساحة المدينة.

يقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من محطات الوقود بين 75 - 150 م، نحو 9 مدارس بنسبة 5.69% من اجمالي عددها، وتبلغ مساحتها 8.47 كم^2، بنسبة 0.7% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تسم بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح البعد من محطات الوقود بين 150 - 300 م، نحو 9 مدارس ابتدائية بنسبة 5.69% من اجمالي عددها، بمساحة بلغت 29.52 كم^2، بنسبة 2.44% من إجمالي مساحة المدينة.

بلغ عدد مدارس البنين الابتدائية ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من محطات الوقود بين 300 - 600 م، حوالي 48 مدرسة بنسبة 30.38% من اجمالي عدد مدارس الابتدائية في المدينة، بمساحة لهذه المنطقة بلغت 83.44 كم^2، بنسبة 6.94% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لإقامة مدارس ابتدائية للبنين بمدينة مكة المكرمة حيث يتجاوز البعد من محطات الوقود 600 م، نحو 80 مدرسة ابتدائية بنسبة 50.64% من اجمالي عددها، وتغطي هذه المنطقة اكثر من ثلاثة ارباع مساحة مدينة مكة المكرمة 1080.91 كم^2، بنسبة 89.69% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (12): فئات ملاءمة البعد من محطات الوقود للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، خريطة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

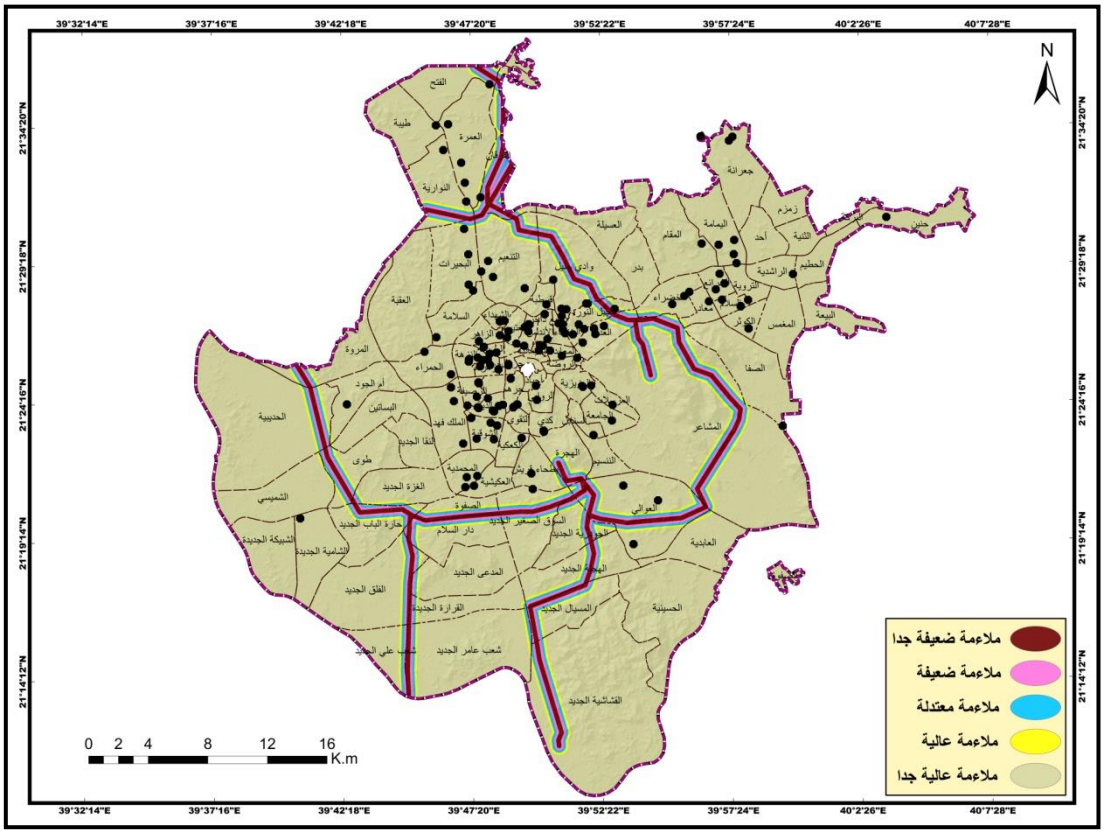
4- **البعد من خطوط الكهرباء:** توصلت نتائج تحليل البعد من خطوط الكهرباء في مدينة مكة المكرمة، تراوحت المسافة من خطوط نقل الكهرباء داخل الحدود المكانية للمدينة بين 0 إلى 21.1 كم، بمتوسط على المستوى المكاني لمدينة مكة بلغ 3.48 كم، وأكدت معايير المديرية العامة للمساحة العسكرية بان بعد المدارس عن خطوط نقل الطاقة الكهربائية ينبغي ان لا تقل عن 150 م، وعليه تتصف علاقة ملاءمة المدارس بالبعد من خطوط الكهرباء بالطردية، فكلما زاد البعد عن خطوط نقل الكهرباء قلت المخاطر على طلاب المدارس وزادت الملاءمة المكانية للمدارس والعكس.

وتبين نتائج تقييم ملاءمة مواقع المدارس الابتدائية للبنين حسب بعدها من خطوط نقل الكهرباء في مدينة مكة المكرمة شكل (13) عدم وقوع أي مدرسة ضمن المنطقة التي تتصف بمخاطر شديدة لخطوط نقل الكهرباء على طلاب المدارس، وتتصف هذه المنطقة بملاءمة ضعيفة جدا للمدارس، حيث تقل المسافة من خطوط نقل الكهرباء عن 150 م، بمساحة بلغت 37.55 كم^2، بنسبة 3.11% من إجمالي مساحة المدينة.

ولا تضم المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث تتراوح المسافة من خطوط نقل الكهرباء بين 150 - 300 م أي مدرسة ابتدائية للبنين، وتبلغ مساحة هذه المنطقة 35.69 كم^2، بنسبة 2.96% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن المنطقة التي تسم بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح البعد من خطوط نقل الكهرباء بين 300 - 450 م مدرستين بنسبة 1.26% من اجمالي عدد المدارس الابتدائية للبنين، بمساحة بلغت 34.74 كم^2، بنسبة 2.88% من إجمالي مساحة المدينة.

وبلغت عدد مدارس البنين الابتدائية ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من خطوط نقل الكهرباء بين 450 - 600 م مدرستين بنسبة 1.26% من اجمالي المدارس الابتدائية في المدينة، بمساحة لهذه المنطقة بلغت 33.75 كم^2، بنسبة 2.8% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة

حيث يتجاوز البعد من خطوط نقل الكهرباء 600 م نحو 154 مدرسة ابتدائية بنسبة 97.47% من اجمالي عدد المدارس الابتدائية التي تقع في مناطق آمنة من مخاطر خطوط الكهرباء، وتغطي هذه المنطقة غالبية مساحة المدينة 1063.51 كم^2، بنسبة 88.24% من إجمالي مساحة المدينة.



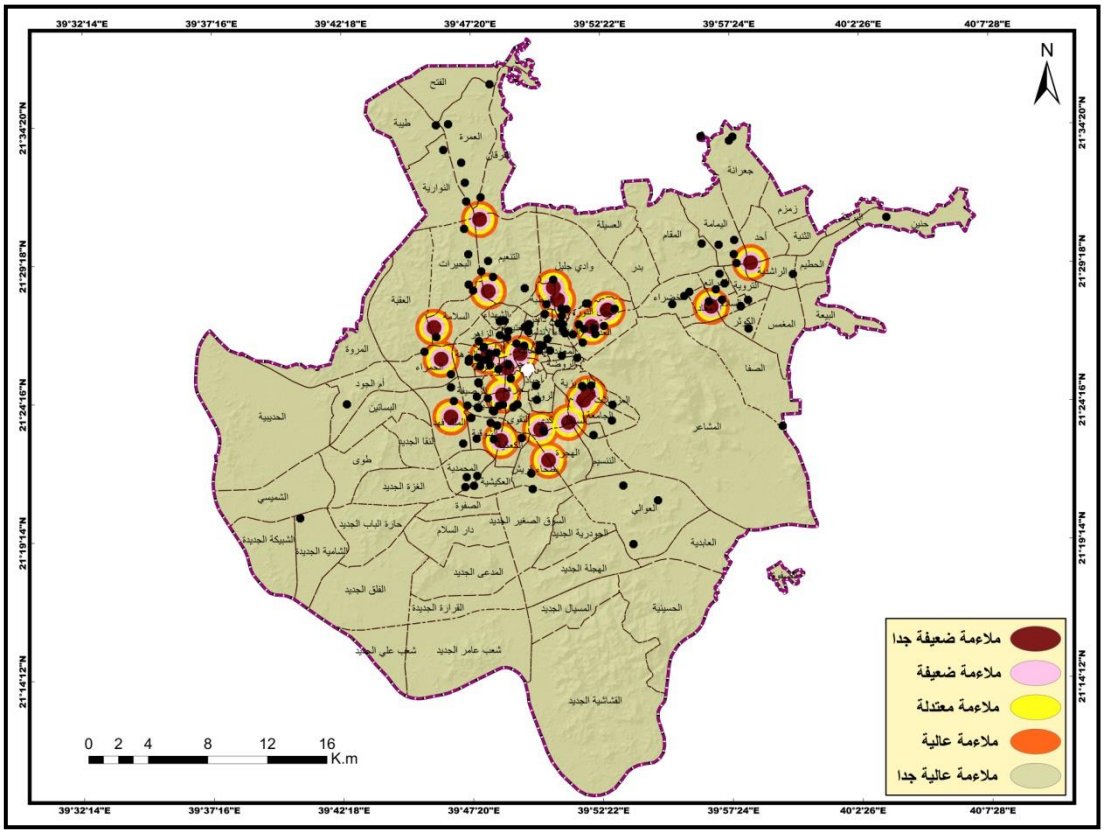
الشكل (13): فئات ملاءمة البعد من خطوط نقل الكهرباء للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: ازري (ArcGIS Hub)، طبقة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

5- **البعد من محطات الكهرباء:** أكدت المديرية العامة للمساحة العسكرية بان المسافة بين المدارس ومحطات توليد الكهرباء ينبغي أن لا تقل عن 500 م، وعليه تتسم علاقة ملاءمة المدارس بالبعد من محطات توليد الكهرباء بالطردية، فكلما زادت المسافة من محطات توليد الكهرباء زادت الملاءمة المكانية لتشييد المدارس بسبب قلة المخاطر على طلاب المدارس والعكس. وعليه تظهر نتائج تحليل البعد من محطات الطاقة الكهربائية ضمن حدود مدينة مكة، تراوح البعد من هذه المحطات بين 0 إلى 22.73 كم، بمتوسط على مستوى مدينة مكة المكرمة بلغ 7.46 كم.

بناء على ذلك تظهر نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة حسب البعد من محطات الطاقة الكهربائية شكل (14) وقوع 13 مدرسة ابتدائية بنسبة 8.22% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حسب البعد من محطات الطاقة الكهربائية بمسافة تقل عن 500 م، بمساحة لهذه المنطقة بلغت 16.13 كم^2، بنسبة 1.33% من إجمالي مساحة المدينة.

ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة لمواقع المدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من محطات الطاقة الكهربائية بين 500 - 750 م حوالي 19 مدرسة بنسبة 12.02% من إجمالي المدارس الابتدائية للبنين، بمساحة بلغت 19.29 كم^2، بنسبة 1.6% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة ذات الملاءمة المعتدلة لمدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة، وذلك حيث يتراوح البعد من محطات الطاقة الكهربائية بين 750 - 1000 م نحو 9 مدارس بنسبة 5.69% من إجمالي عدد المدارس الابتدائية للبنين، بمساحة بلغت 24.98 كم^2، بنسبة 2.07% من إجمالي مساحة المدينة.



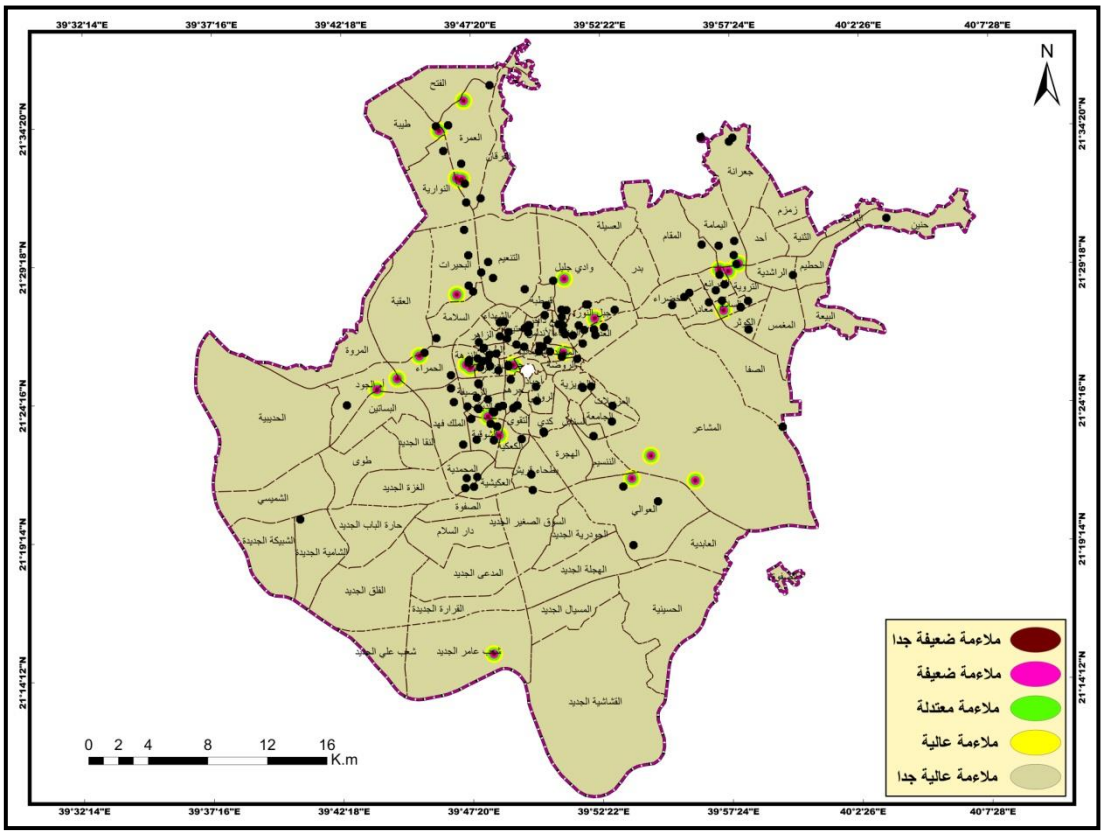
الشكل (14): فئات ملاءمة البعد من محطات الكهرباء للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، خريطة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من محطات الطاقة الكهربائية بين 1000 - 1250 م حوالي 23 مدرسة ابتدائية بنسبة 14.56% من إجمالي عددها، بمساحة تبلغ 28.5 كم^2، بنسبة 2.36% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع ضمن النطاق الذي يتصف بملاءمة عالية جدا لإقامة مدارس ابتدائية للبنين بمدينة مكة المكرمة حيث يتجاوز البعد من محطات الطاقة الكهربائية عن 1250 م نحو 94 مدرسة ابتدائية بنسبة 59.5% من اجمالي عدد المدارس الابتدائية، ويغطي غالبية مساحة المدينة 1116.35 كم^2، بنسبة 92.63% من إجمالي مساحة المدينة وتعكس هذه النتائج آخذ الجهات التخطيطية لتوزيع المدارس في مدينة مكة المكرمة مخاطر هذه المحطات على طلاب المدارس.

6- **البعد من المصانع والمستودعات:** تبين نتائج التحليل المكاني للبعد من المصانع والمستودعات في مدينة مكة المكرمة، تراوح البعد بين 0 إلى 16.16 كم، بمتوسط على مستوى المدينة بلغ 4.93 كم، وحددت المديرية العامة للمساحة العسكرية بأنه ينبغي ان لا يقل بعد المدارس من المصانع والمستودعات عن 150 م، وتتصف الملاءمة المكانية للمدارس حسب معيار البعد من المصانع والمستودعات بالطردية، فكلما زادت المسافة قلت المخاطر وزادت الملاءمة المكانية للمدارس والعكس.

وتظهر نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بالنسبة للبعد من المصانع والمستودعات شكل (15) وقوع مدرسة واحدة فقط هي مدرسة عكاظ بنسبة 0.63% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في منطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حسب البعد من مواقع المصانع والمستودعات، وذلك حيث يقل البعد من المصانع والمستودعات بأقل من 150 م، بمساحة بلغت 1.74 كم^2، بنسبة 0.14% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (15): فئات ملاءمة البعد من المصانع والمستودعات للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، خريطة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث يتراوح البعد من المصانع والمستودعات بين 150 - 300، نحو مدرستين فقط هما سفيان بن عيينة والأخشبين بنسبة 1.26% من إجمالي المدارس الابتدائية للبنين، بمساحة بلغت 4.89 كم^2، بنسبة 0.4% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح البعد من المصانع والمستودعات بين 300 - 450 م 8 مدارس بنسبة 5.06% من إجمالي عدد المدارس، وتشغل مساحة بلغت 7.87 كم^2، بنسبة 0.65% من إجمالي مساحة المدينة.

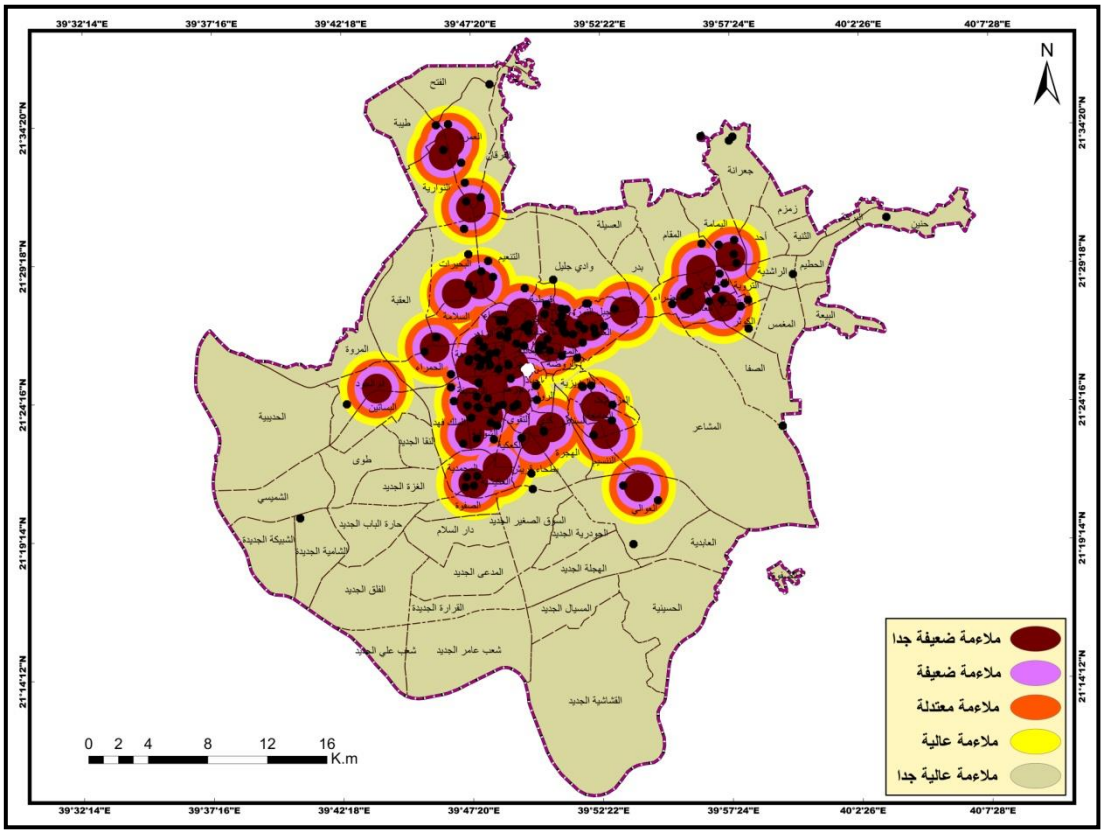
ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من المصانع والمستودعات بين 450 - 600 م حوالي 7 مدارس ابتدائية للبنين بنسبة 7.43% من إجمالي عددها في المدينة، وتبلغ مساحة هذه المنطقة 10.56 كم^2، بنسبة 0.87% من إجمالي مساحة المدينة. وتغطي المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس الابتدائية للبنين غالبية مساحة المدينة حيث يتجاوز البعد من المصانع والمستودعات 600 م نحو 1180.17 كم^2، بنسبة 97.92% من إجمالي مساحة المدينة، وتضم 140 مدرسة ابتدائية بنسبة 88.61% من اجمالي عدد مدارس الابتدائية بنين في مدينة مكة المكرمة، وتشير هذه النتائج الى ان الجهات التخطيطية للمدارس في مدينة مكة تأخذ مخاطر المصانع والمستودعات على طلاب المدارس في الاعتبار عند توزيع المدارس.

7- **البعد من مراكز غاز الطهي:** توصلت نتائج تحليل البعد من مراكز غاز الطهي في مدينة مكة المكرمة، تراوح البعد بين 0 إلى 20.94 كم، بمتوسط مكاني على مستوى المدينة 5.75 كم، وذكرت المديرية العامة للمساحة العسكرية بان البعد من مراكز بيع الغاز ينبغي ان لا يقل عن 1 كم، وتتصف علاقة الملاءمة المكانية للمدارس والبعد من مراكز بيع أسطوانات الغاز بالطردية، فزيادة البعد يعزز من ملاءمة المكان للمدارس والعكس.

وتؤكد نتائج تقييم مواقع المدارس الابتدائية بالنسبة للبعد من مراكز توزيع أسطوانات غاز الطهي شكل (16) وقوع 101 مدرسة ابتدائية للبنين بنسبة 63.93% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في منطقة تتصف بملاءمة ضعيفة جدا حيث يقل البعد من مراكز أسطوانات الغاز بأقل من 1 كم، بمساحة 103.47 كم^2، بنسبة 8.59% من إجمالي مساحة المدينة، ويعكس هذا التركز عدم آخذ الجهات التخطيطية للمدارس مخاطر مراكز أسطوانات الغاز على المدارس وطلابها، او قد يكون بسبب فتح هذه المحلات الخاصة ببيع الغاز بالقرب من مدارس البنين الابتدائية.

ويقع ضمن المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة لمدارس البنين الابتدائية حيث يتراوح البعد من مراكز أسطوانات الغاز بين 1000 - 1500 م نحو 25 مدرسة بنسبة 15.83% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية، وبلغت مساحتها نحو 79.88 كم^2، بنسبة 6.62% من إجمالي مساحة المدينة. وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة معتدلة للمدارس الابتدائية حيث يتراوح البعد من مراكز بيع أسطوانات الغاز بين 1500 - 2000 م حوالي 16 مدرسة بنسبة 10.12% من إجمالي عدد مدارس البنين الابتدائية، بمساحة بلغت 78.96 كم^2، بنسبة 6.55% من إجمالي مساحة المدينة.

وتضم المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية للمدارس حيث يتراوح البعد من مراكز بيع أسطوانات الغاز بين 2000 - 2500 م نحو 5 مدارس ابتدائية للبنين بنسبة 3.16% من إجمالي عددها، وبلغت مساحة هذه المنطقة 74.31 كم^2، بنسبة 6.16% من إجمالي مساحة المدينة. ويقع في المنطقة التي تتصف بملاءمة عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية بمدينة مكة المكرمة وذلك حيث يتجاوز البعد من مراكز بيع أسطوانات الغاز 2500 م حوالي 11 مدرسة ابتدائية بنسبة 6.96% من اجمالي المدارس الابتدائية، وتغطي غالبية المدينة بنحو 868.62 كم^2، بنسبة 72.07% من إجمالي مساحة المدينة.



الشكل (16): فئات ملاءمة البعد من مراكز بيع الغاز للمدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على: أمانة منطقة مكة المكرمة، خريطة رقمية بصيغة (Shapfile)، 2022م.

ثالثاً) نموذج الملاءمة المكانية للمدارس في مدينة مكة: توصلت نتائج بناء نموذج ملاءمة للمدارس الابتدائية للبنين بمدينة مكة المكرمة طبقاً لمختلف متغيرات المعايير المكانية الطبوغرافية (الانحدار) والهيدرولوجية (البعد من الأودية، ومناطق تجمع السيول)، والمناخي (الهباء الجوي، وثاني اكسيد النيتروجين، وثاني اكسيد الكبريت)، والبشري (كثافة السكان، والبعد من العمران، والبعد من الطرق الرئيسية وتقاطعاتها، والبعد من محطات البترول، والبعد من خطوط ومحطات الكهرباء، والبعد من مراكز بيع الغاز، والبعد من المصانع والمستودعات)، ودمجت طبقات هذه المعايير في الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) في برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc Map) حسب اوزانها أو اهميتها النسبية التي تم الحصول عليها بطريقة التحليل الهرمي والمبينة في الجدول (5).

الجدول (5): الاوزان المطلقة والنسبية لمعايير نموذج ملاءمة المدارس الابتدائية في مدينة مكة المكرمة

المعيار		المتغير	الوزن المطلق	الوزن النسبي %
طبيعي	طبوغرافي	انحدار التضاريس	0.059	5.9
	هيدرولوجي	البعد من الأودية	0.059	5.9
		البعد من مناطق تجمع المياه	0.059	5.9

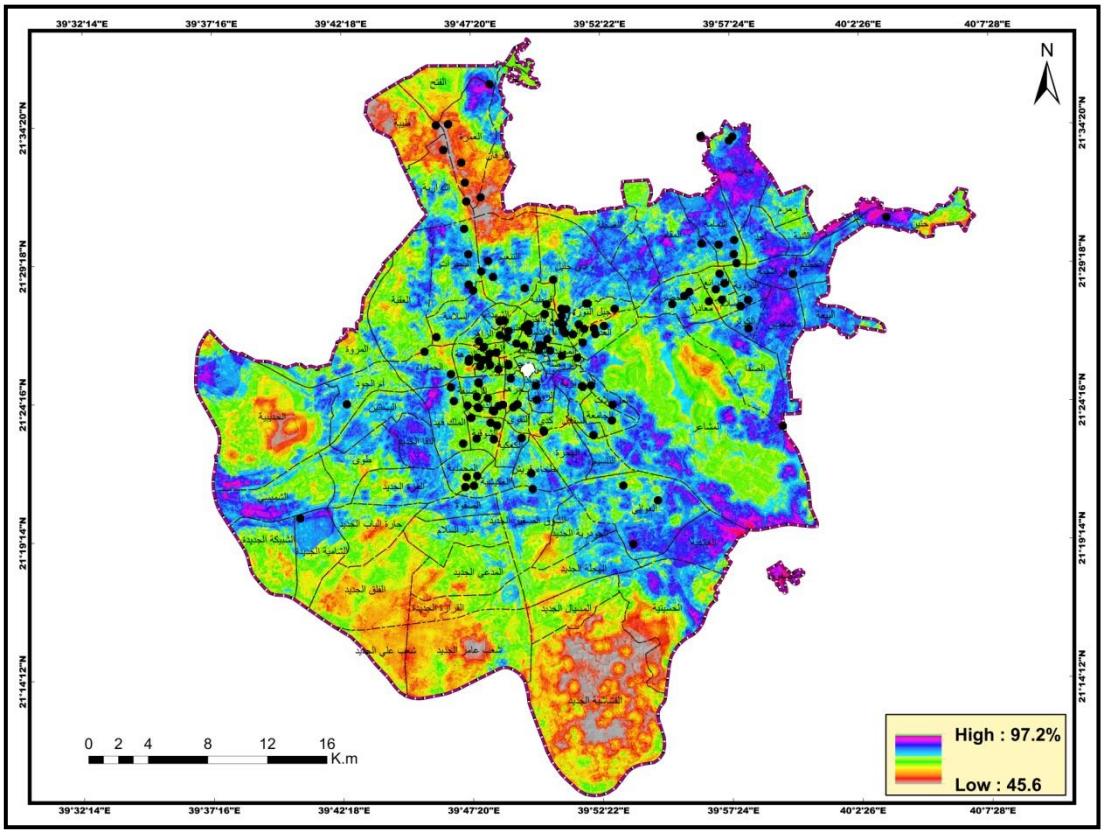
	المعيار	المتغير	الوزن المطلق	الوزن النسبي %
	مناخي	الهباء الجوي	0.031	3.1
		ثاني اكسيد النيتروجين	0.03	3
		ثاني اكسيد الكبريت	0.03	3
بشري	إجتماعي	الكثافة السكانية	0.206	20.6
		البعد من العمران	0.111	11.1
	إقتصادي	البعد من الطرق	0.059	5.9
		البعد من تقاطع الطرق	0.059	5.9
		البعد من محطات الوقود	0.060	6
		البعد من خطوط الكهرباء	0.059	5.9
		البعد من محطات الكهرباء	0.059	5.9
		البعد من المصانع والمستودعات	0.060	6
		البعد من مخزن بيع الغاز	0.059	5.9
الاجمالي	5	15	1	%100

المصدر: الباحثان بالاعتماد على حاسبة التحليل الهرمي.

ونتج عن دمج طبقات المعلومات الرقمية لمختلف معايير نموذج الملاءمة المكانية للمدارس الابتدائية للبنين طبقة ذات سطح مستمر شكل (17) تراوح ملاءمة مدينة مكة المكرمة لهذا النوع من المدارس بين 45.6% كحد أدنى في المناطق الأقل ملاءمة للمدارس الابتدائية جنوب وجنوب غرب وشمال وشمال غرب مدينة مكة المكرمة، وتعكس هذه النسبة بأنه لا يوجد أي مكان في مدينة مكة المكرمة يعتبر غير ملائم تماماً بنسبة صفر لهذا النوع من المدارس حسب نتائج تطبيق هذه النموذج بهذه المعايير وهذه الأوزان، إلى 97.2% كحد أعلى في المناطق الأكثر ملاءمة للمدارس الابتدائية للبنين مستقبلاً في مدينة مكة المكرمة، وتدل هذه النسبة على عدم وجود اي مكان ملائم تماما بنسبة 100% لهذا النوع من المدارس، ومما يؤكد ذلك عدم تجاوز نسبة الملاءمة المكانية 97.2% حسب معيار تطبيق نموذج الملاءمة في هذا البحث، وبلغ المتوسط المكاني لنسبة ملاءمة مدينة مكة المكرمة للمدارس الابتدائية للبنين نحو 76.8%.

وتبين نتائج تصنيف خريطة شكل (17) إلى فئات لغرض تقييم ملاءمة مواقع مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة في الشكل (18) وقوع المنطقة التي تتصف بملاءمة ضعيفة جدا لمدارس البنين الابتدائية حيث تقل نسبة الملاءمة المكانية عن 60% جنوب وغرب وشمال المدينة، بمساحة بلغت 29.03 كم^2، بنسبة 2.4% من إجمالي مساحة المدينة، ويقع ضمن هذا المنطقة مدرستين فقط هما: قتيبة بن مسلم وابن هشام، بنسبة 1.26% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة.

وتظهر المنطقة الثانية التي تتصف بملاءمة ضعيفة للمدارس الابتدائية للبنين حيث تتراوح نسبة الملاءمة المكانية للمدارس بمدينة مكة بين 60 - 70% جنوب وجنوب غرب وغرب وشمال وبمناطق متفرقة شرق ووسط المدينة، بمساحة بلغت 211.02 كم^2، بنسبة 17.5% من إجمالي مساحة المدينة، وتضم هذه المنطقة ثمانية مدارس ابتدائية هي: حسان بن ثابت، وعبادة ابن الصامت، وشداد بن أوس، والنورية، وعروة بن الزبير، وزمزم، ويسار الحبشي، وسعيد ابن جبير، وتبلغ نسبة هذه المدارس 5.06% من إجمالي مدارس البنين الابتدائية في المدينة.

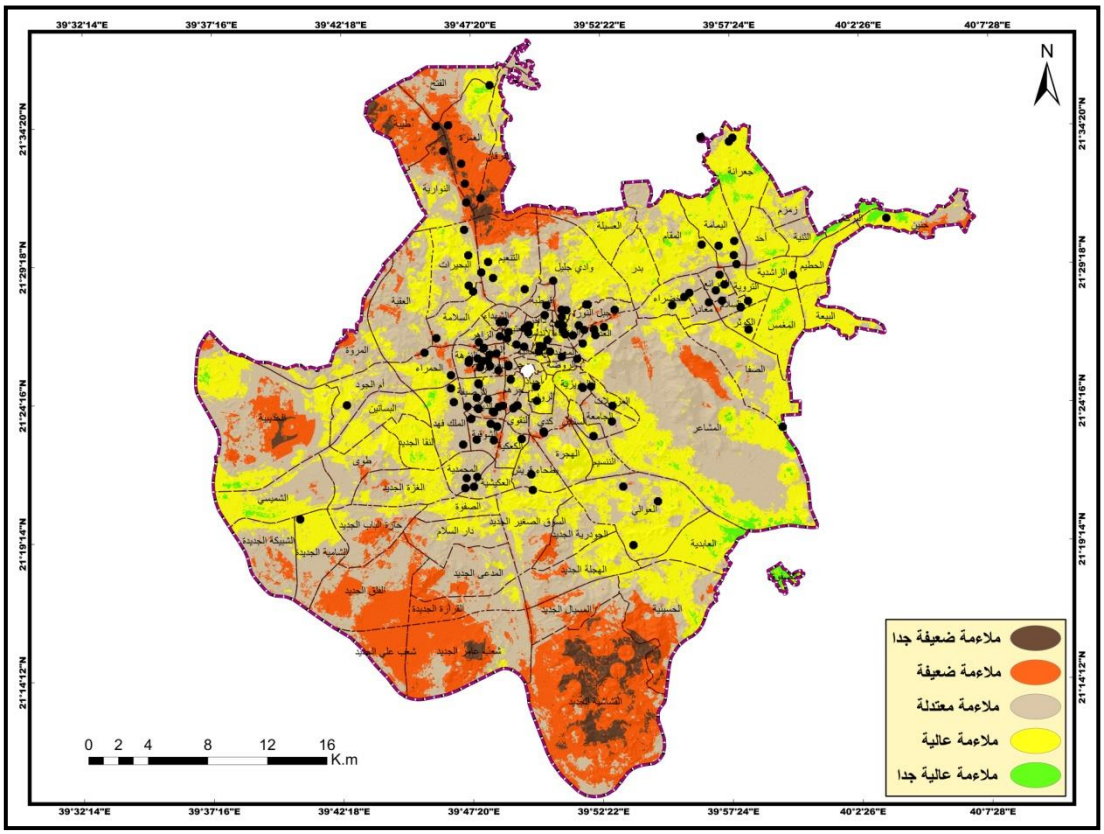


الشكل (17): نسبة الملاءمة المكانية للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على دمج طبقات الخرائط من (2- 16)، الحاسبة الخلوية، برنامج (Arc Map).

وتبرز المنطقة التي تتصف بملاءمة مكانية معتدلة للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة حيث تتراوح نسبة الملاءمة المكانية بين 70 - 80% شرق ووسط وغرب وشمال غرب مدينة مكة المكرمة، بمساحة بلغت 516.72 كم^2، بنسبة 42.88% من إجمالي مساحة المدينة، وتقع غالبية المدارس ضمن هذه المنطقة اذا بلغ عددها 104 مدرسة، بنسبة 65.83% من إجمالي مدارس الابتدائية بمدينة مكة. وتغطي المنطقة التي تتصف بملاءمة مكانية عالية لمدارس البنين الابتدائية في المدينة حيث تتراوح نسبة الملاءمة المكانية للمدارس بين 80 - 90% جنوب شرق وشرق وشمال شرق وغرب وشمال ووسط مدينة مكة المكرمة، بمساحة بلغت 431.68 كم^2، بنسبة 35.82% من إجمالي مساحة المدينة، ويقع بهذه المنطقة 43 مدرسة ابتدائية بنسبة 27.22% من إجمالي مدارس الابتدائية بنين بمدينة مكة.

وتقع المنطقة التي تتصف بملاءمة مكانية عالية جدا لمدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة حيث تتجاوز نسبة الملاءمة المكانية 90% جنوب شرق وشمال شرق وغرب ووسط المدينة، بمساحة 16.81 كم^2، بنسبة 1.39% من إجمالي مساحة المدينة، ويقع ضمن هذه المنطقة مدرسة ابتدائية واحدة هي صقر قريش بنسبة 0.63% من إجمالي المدارس الابتدائية بنين في مدينة مكة المكرمة.



الشكل (18): فئات الملاءمة المكانية للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة
المصدر: الباحثان بالاعتماد على الشكل (17).

الخاتمة:

- تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع طريقة التحليل الهرمي (AHP) في تحقيق الاهداف المرجوة من هذا البحث، حيث وظفت في نمذجة الملاءمة المكانية للمدارس الابتدائية للبنين في مدينة مكة المكرمة بالاعتماد على 15 متغير مكاني.
- تدرج البحث من تقييم ملاءمة مواقع المدارس في مدينة مكة في البداية بحسب المعايير المكانية المفردة الطبوغرافية والهيدرولوجية والمناخية والاجتماعية والاقتصادية في مدينة مكة المكرمة، ومن ثم وفقا تم التقييم وفق جميع معايير نموذج الملاءمة مجتمعة.
- توصلت نتائج تقييم ملاءمة مواقع مدارس البنين الابتدائية طبقا لكل معيار على حدة اخذ الجهات التخطيطية لتوزيع المدارس في المدينة المعايير البشرية لاسيما السكانية والعمرانية ضمن اولوياتها، بينما لم تؤخذ بعض المعايير المتعلقة بالمخاطر ضمن تحديد المواقع الملائمة للمدارس.
- أكدت نتائج تقييم ملاءمة مواقع مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة طبقا لمختلف معايير الملاءمة المكانية تكدس غالبيتها بنسبة 93.64% من إجمالي عدد مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة ضمن مناطق تتراوح نسبة ملاءمتها المكانية بين المعتدلة إلى العالية.
- يوصي البحث الجهات التخطيطية المختصة بتوزيع الخدمات التعليمية خاصة مدارس المرحلة الابتدائية في مدينة مكة المكرمة بإعادة النظر في مديات ملاءمة مواقع بعض المدارس خاصة التي تلك المدارس التي تقع في مناطق قد تشكل مخاطر تهديد فعلي على هذه المدارس وطلابها، بما يساعد على رفع ملاءمة غالبية المدارس من الملاءمة المعتدلة إلى العالية والعالية جدا.
- يوصي البحث باستخدام اسلوب القرار متعدد المعايير (MCDA) لاجراء دراسات تفصلية لتقييم مدى ملاءمة مواقع مدارس البنين الابتدائية في مدينة مكة المكرمة على مستوى كل المتغيرات الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية والمخاطر كل على حدة لإعطاء صورة أوضح عن مستويات ملاءمتها.

المصادر العربية:

- أمانة منطقة مكة المكرمة. (2022). الخرائط الإدارية والخدمية الرقمية لمدينة مكة المكرمة. مكة المكرمة.

- أمانة منطقة الرياض. (2001). معايير التخطيط لإعداد خطط تقسيم الأراضي. الرياض: مكتبة الملك فهد الوطنية.
- القحطاني، ح. م. م.(2018) . التحليل المكاني للمدارس الابتدائية في مدينة أبها منطقة عسير. جمعية الثقافة من أجل التنمية، 18، (127)، 277 - 306.
- الهاجري، ف.س.م. (2016). التوزيع المكاني لمدارس المرحلة الثانوية الحكومية بنين في مدينة أبها. مجلة كلية الاداب، جامعة طنطا، 29 (3)، 1300 - 1338.
- الهيئة العامة للإحصاء. بيانات تعداد السكان والمساكن. (2010، 2022).
- المديرية العامة للمساحة العسكرية. (2002). المعايير المستخدمة في مشروع بناء مدارس جديدة بالرياض. الرياض: مطبعة وزارة الدفاع.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2006). معايير التخطيط للخدمات. الرياض: مكتبة الملك فهد الوطنية.
- وزارة الشؤون البلدية والقروية. (2016). مشروع إعداد المعايير التخطيطية للخدمات العامة الإقليمية والمحلية ومستوياتها المختلفة "ملخص المعايير التخطيطية المطورة للخدمات. الرياض: وكالة الوزارة لتخطيط المدن، إدارة التصميم العمراني.
- يوسف، ط.ج.(2007) . التحليل المكاني للخدمات التعليمية في مدينة نابلس باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح.

References:

- Al-Awadhi, T., Mansour, S. (2018). Assessing spatial inequality and accessibility to schools in urban areas: A case study of Aseeb, Oman. International Journal of Geoinformatics, 14 (4), 1-11.
- Al-Enazi. M, Mesbah. S, Anwar. A. (2016). Schools Distribution Planning using GIS in Jeddah City. International Journal of Computer Applications, 138 (1), 33- 36.
- AlQuhtani. S. (2022). Spatial distribution of public elementary schools: a case study of Najran, Saudi Arabia. Journal of Asian architecture and building engineering, 01, 1-21.
- Altbach, P. G., Gumport, P. J., Berdahl, R.O. (2014). American Higher Education in the Twenty-First Century: Social, Political, and Economic Challenges. Alberta Journal of Educational Research, 60 (2), 427-431.
- Al-Zeer, N.M. (2005). Analysis of the Spatial Distribution of Public Secondary Girls' and Boys' Schools in Riyadh, Saudi Arabia. Unpublisher Doctoral dissertation, University of Leicester.
- Asiyanbola. R. A. (2017). An Evaluation of Public Servant awareness and use of GIS/Remote Sensing in Africa-Nigeria. South African Journal of Geomatics, 7 (1), 1- 21.
- Barbieri, G.A., Benassi, F., Mantuano, M., Prisco, M.R. (2019). In search of spatial justice. Towards a conceptual and operative framework for the analysis of inter-and intra-urban inequalities using a geo-demographic approach The case of Italy. Reg. Sci. Policy Pract, 11, 109–121.
- Belarem, M., Hamza, M.H., Jamil, A., Ajmi, M. (2018). Mapping and Analysis of the School Network of Makkah Al-Mukarramah (Saudi Arabia), Jeddah Girls' Secondary Schools as Example. Curr Urban Stud , 6, 102–120.
- EPA (Environmental Protection Agency). (2011). School Siting Guidelines. Washington, DC 20460, (www.epa.gov/schools/siting).
- ESRI, ArcGIS Hub. Saudi Arabia Data, accessed on 9/1/2023, (https://www.arcgis.com/home/).
- Hameed. N. H. (2016). On the use of GIS Technique to Analyze the Distribution of Primary Schools in Holy Karbala City. Eng. & Tech, 34 (15), 2816-2827.
- Murad, A. A., Dalhat, A. I., Naji. A. A. (2020), Using Geographical Information System for Mapping Public Schools Distribution in Jeddah City. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(5), 82- 90.
- NASA, Climate and Pollutant Data. Visit Date, 8/1/2023, Link, (https://giovanni.gsfc.nasa.gov).
- Odhiambo. O. G, Imwati. A. T. (2012). Use of Geo-Information Systems for Educational Services Provision and Planning in Asal Areas: A Case Study of Garissa County-Kenya. International Journal of Science and Research (IJSR), 3(9), 2432-2446.
- OpenStreetMap. Shapfile layers, accessed on 22/11/2022, (https://www.openstreetmap.org/export).

- Ramadan, M. S., Khairy, N., Alogayell, H. M., Alkadi. I. I., Ismail, I. Y,. Ramadan, R. H. (2022). Spatial Equity Priority Modeling of Elementary and Middle Schools through GIS Techniques, El-Taif City, Saudi Arabia. Sustainability, 14, 1-21.
- Sakti. A. D, Rahadianto. M. A. E, Pradhan. B, Muhammad. H. N, et al. (2022). School Location Analysis by Integrating the Accessibility, Natural and Biological Hazards to Support Equal Access to Education. ISPRS Int. J. Geo-Inf, 11, 12, 1-27.
- Sumari. N. S, Tanveer. H, Shao. Z, Kira. E. S. (2019). Geospatial Distribution and Accessibility of Primary and Secondary Schools: A case of Abbottabad City. Pakistan. International Cartographic Association, 2, 1-11.
- United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, (22/11/2022), (https://data.humdata.org/group).
- USGS, Sentinel 2 B Image, Spatial Accuracy, 10 m, Date of Visit, 22/5/2022, Link, (https://earthexplorer.usgs.gov/).
- Wu, Y., Zheng, X., Sheng, L., You, H. (2020). Exploring the equity and spatial evidence of educational facilities in Hangzhou. China.Soc. Indic.Res, 151,1075–1096.
- Zabedi, J. (2010). Spatial analysis of private schools' locations in Jeddah using geographic information systems. Unpublisher Master's thesis, King Abdulaziz University.