The International Journal of Informatics Media and Communication Technology
ISSN (Print 2682-2105) (Online 2682-2881)

Application of Geoinformatics Techniques in the evaluation and Spatial Monitoring of Speed Calms on Traffic Safety In Makkah Al-Mukarramah

Dr. Hanaa Refaat

Lecturer of Transportation Geography and Geographic Information Systems - Department of Geography and Geographic Information Systems - Faculty of Arts - Assiut University

Dr. Al-Taher Shams Mohamed

Lecturer of geographic information systems - Department of Geography and Geographic Information Systems - Faculty of Arts - Assiut University

Key Words:

Speed Calms - Influential Factor – Digital Model of Speeds - Longitudinal Speed Profiles- Spatial Monitoring.

Abstract:

The Research dealt with the Application of Geoinformatics Techniques in the Study of speed Calms on the Axes of the road network in Makkah Al-Mukarramah. By using these Techniques and their Integration with the field Work data, the current sites of Speed Calms were Evaluated, Speeds were monitored Spatially and Temporally, and the most suitable sites for establishing new speed Calms were identified. In this, modeling was used within the Geographic Information Systems Environment, depending on the weights and relative importance of the spatial determinants approved by the Transport and Traffic Coordination Committee in Makkah Al-Mukarramah Municipality. Spatial Analyst Tools and Raster Calculator were used in Arc GIS, V10.8.4, and the accuracy of Implementing Current

Speed Reducers using (ROC Curve) analysis was 75%. It is considered a good accuracy according to the International Classification, and by Applying The factorial analysis, especially Total Variance Explained, it was found that mosques are the most Influential Factor In Determining the locations of current Speed Reducers in the study area by 80.26%. The KMO and Bartlett's method was used to test the quality of the measurement and exceeded 70%, According to the Average Nearest Neighbor analysis in Arc GIS, V10.8.4, all Spatial determinants of Speed Calms take the Clustered Distribution Pattern.The Study concluded that Proposals were Presented for 162 new sites for speed reducers in the city of Makkah Al-Mukarramah, which are Geographically Distributed over The total Neighborhoods of the City. The accuracy of the analysis reached 92%, which is a very good accuracy according to the International Classification. The digital velocity model was prepared using Arc GIS, V 10.8.4, And a study of its effect on the spatial and Temporal Monitoring of the role of speed Calms in Reducing Vehicle Speeds and Enhancing Traffic Safety, where (9) test sites were Identified on which longitudinal speed Profiles were taken using the programs: Global Mapper, V22 & Google Earth Pro, and it was found that Speed Reducers Reduced the speed of moving vehicles From about (10: 28.89 km / h) in the axes of the road network and Streets Inside the city of Makkah Al-Mukarramah, and the number of injuries resulting from Collisions with moving vehicles and running over Decreased by an average of 15 Accidents, and the Number of injured decreased by about 10.4%. The study also dealt with the Effect of Speed Calms on Environmental Pollution in Makkah Al-Mukarramah,It was Found that the exhaust Emissions are at their Maximum at the Speed Calms sites. Also, through the study, the effect of speed Calms on the speed characteristics of vehicles was measured day and night, and it was found through (9) Field Test Points that the speed of moving Vehicles Increased during the Day more than at Night at a rate of (+0.8 km / h), and a decrease in driving speed occurred by 20% During the night Compared to the set Speed Limit, Flat bumps are the most Suitable Type for the road network in the city of Makkah Al-Mukarramah, followed by speed Table bumps, while short bumps are not preferred, because of the Damage that may Result from them. Moving Vehicles. The study developed a number of Recommendations and proposals that could help planners and decision makers in following modern

methods, Especially Geoinformatics techniques in Urban Road Network Planning and spatial and temporal monitoring of the role of speed Calms in Enhancing Traffic Safety for Pedestrians and Moving Vehicles and Reducing the Speed of Moving Vehicles**.**

تطبيق تقنيات الجيومعلوماتية فى التقييم والمراقبة المكانية لمهدئات السرعة على السلامة المرورية بمدينة مكة المكرمة

د/ هناء رفعت

مدرس جغرافية النقل ونظم المعلومات الجغرافية – قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الآداب – جامعة أسيوط

د/ الطاهر شمس محمد

مدرس نظم المعلومات الجغرافية – قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية – كلية الاداب – جامعة أسيوط

المستخلص:

تناول البحث تطبيق تقنيات الجيومعلوماتية فى دراسة مهدئات السرعة على محاور شبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة، وباستخدام هذه التقنيات وتكاملها مع بيانات المراجعة الحقلية تم تقييم المواقع الحالية لمهدئات السرعة ومراقبة السرعات عليها مكانياً وزمنياً، وتحديد المواقع الأنسب لإنشاء مهدئات سرعة جديدة، وفى ذلك تم استخدام النمذجة ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية بالإعتماد على الأوزان والأهميات النسبية للمحددات المكانية التى إعتمدتها لجنة تنسيق النقل والمرور بأمانة مكة المكرمة، واستخدمت فى ذلك أدوات التحليل المكاني **Spatial Analyst Tools** والحاسبة الخلوية **Raster Calculator** ببرنامج **Arc GIS,V10.8.4** ، وباستخدام تحليل **(ROC-Curve** بلغت دقة تنفيذ مهدئات السرعة الحالية 75% ، وتعتبر دقة جيدة على حسب التصنيف العالمى، وبتطبيق التحليل العاملى خاصة تحليل التباين واختزال العوامل **Total**

Variance Explained تبين أن المساجد تعد العامل الأكثر تاثيراً فى تحديد مواقع مهدئات السرعة الحالية بمنطقة الدراسة بنسبة 80.26 %، وتم استخدام طريقة **KMO and Bartlett's** لإختبار جودة القياس وتخطى 70%، وطبقاُ لتحليل معامل صلة الجوار **Average Nearest Neighbor** فى برنامج **Arc GIS,V10.8.4** تتخذ جميع المحددات المكانية لمهدئات السرعة نمط التوزيع المتجمع (**Clustered**)، كما توصلت الدراسة إلى تقديم مقترحات لعدد 162 موقعاً جديداً لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة تتوزع جغرافياً على إجمالى أحياء المدينة، وبلغت دقة التحليل 92% ، وتعد دقة جيدة جداً على حسب التصنيف العالمى لتحليل (**ROC-Curve**) ، كما تم إعداد النموذج الرقمى للسرعات باستخدام برنامج **Arc GIS ,V 10.8.4** ، ودراسة تأثيره على المراقبة المكانية والزمانية لدور مهدئات السرعة فى خفض سرعات المركبات وتعزيز السلامة المرورية، حيث تم تحديد عدد (9) مواقع اختبار أخذت عليها قطاعات طولية للسرعة باستخدام برنامجي: **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**، وتبين أن مهدئات السرعة خفضت من سرعة المركبات المتحركة من حوالى (10: 28.89كم/ساعة) بمحاور شبكة الطرق والشوارع داخل مدينة مكة المكرمة، وانخفضت أعداد حوادث الإصابات الناتجة عن تصادم المركبات المتحركة والدهس بمعدل 15 حادثاً، وانخفضت أعداد المصابين بنحو 10.4% . كما تناولت الدراسة تأثير مهدئات السرعة على تلوث البيئة بمدينة مكة المكرمة، وتبين أن انبعاثات العادم موجودة فى الحد الأقصى بمواقع مهدئات السرعة. كما من خلال الدراسة تم قياس تأثير مهدئات السرعة على خصائص سرعة المركبات ليلاً ونهاراً، وتبين من خلال عدد (9) نقاط إختبار ميدانى ارتفاع سرعة المركبات المتحركة خلال النهار أكثر من الليل بمعدل(+0.8 كم / ساعة)، وحدث انخفاض في سرعة القيادة بنسبة 20% أثناء الليل بالمقارنة مع الحد الأقصى للسرعة المحددة، وتعد مهدئات السرعة من نوع المطب المسطح (**Flat bump**) الأنسب لشبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة ، يليها مطبات السطح العلوى المستوى (**Speed Table**)، بينما تعد المطبات القصيرة (**Speed bump**) غير مفضلة، وذلك لما قد ينتج عنها من تلفيات من الممكن أن تصيب المركبات المتحركة، ووضعت الدراسة عدداً من التوصيات

والمقترحات التى من الممكن أن تساعد المخططيين وصانعى القرار فى اتباع الطرق الحديثة، خاصة تقنيات الجيومعلوماتية فى تخطيط شبكة الطرق الحضرية والمراقبة المكانية والزمانية لدور مهدئات السرعة فى تعزيز السلامة المرورية للمشاة والمركبات المتحركة.

الكلمات المفتاحية:

مهدئات السرعة – التحليل العاملي– النموذج الرقمى للسرعات – القطاعات الطولية للسرعة – المراقبة المكانية والزمانية.

تمهيد:

تستقبل العاصمة المقدسة عددًا كبيرًا من المركبات والحافلات الخاصة بزوار بيت الله الحرام لأداء مناسك الحج والعمرة والزيارة، خاصة فى موسم الحج وشهر رمضان المبارك، وتدخل هذه المركبات مدينة مكة المكرمة من ثلاثة محاور، وهى (محور طريق مكة/ جدة السريع من اتجاه الغرب ومحور طريق المدينة المنورة من اتجاه الشمال ومحور السيل من جهتي الشرق والجنوب الشرقي)، مما يسهم فى زيادة كثافة حركة المركبات المتحركة على شبكة الطرق الحضرية داخل المدينة، كما لمدينة مكة المكرمة طبيعتها الدينية المقدسة، مما جعلها تتميز بارتفاع الكثافة السكانية وزيادة التوسع فى الخدمات(التعليمية– الصحية – التجارية).

وتعد دراسة وسائل مهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة ذات أهمية كبيرة؛ حيث تعمل على تقليل عدد الحوادث المرورية على محاور الطرق من خلال استخدام تصميمات معينة تستهدف تقليل السرعات الزائدة وممارسات القيادة التي يحتمل أن تكون خطرة، ، خاصة في المناطق السكنية، وتحسين السلامة المرورية لقائدي المركبات والمشاة. وتبعاً للتصميمات المعتمدة من قبل اللجنة المختصة لمعهد مهندسي النقل (**ITE**) المعنية بتهدئة حركة المرور عام 1997م يتضمن: مفهوم تدابير تهدئة حركة المرور تعديلات تصميمية تنفذ على محاور الطرق ، مما يجبر السائقين على الإهتمام

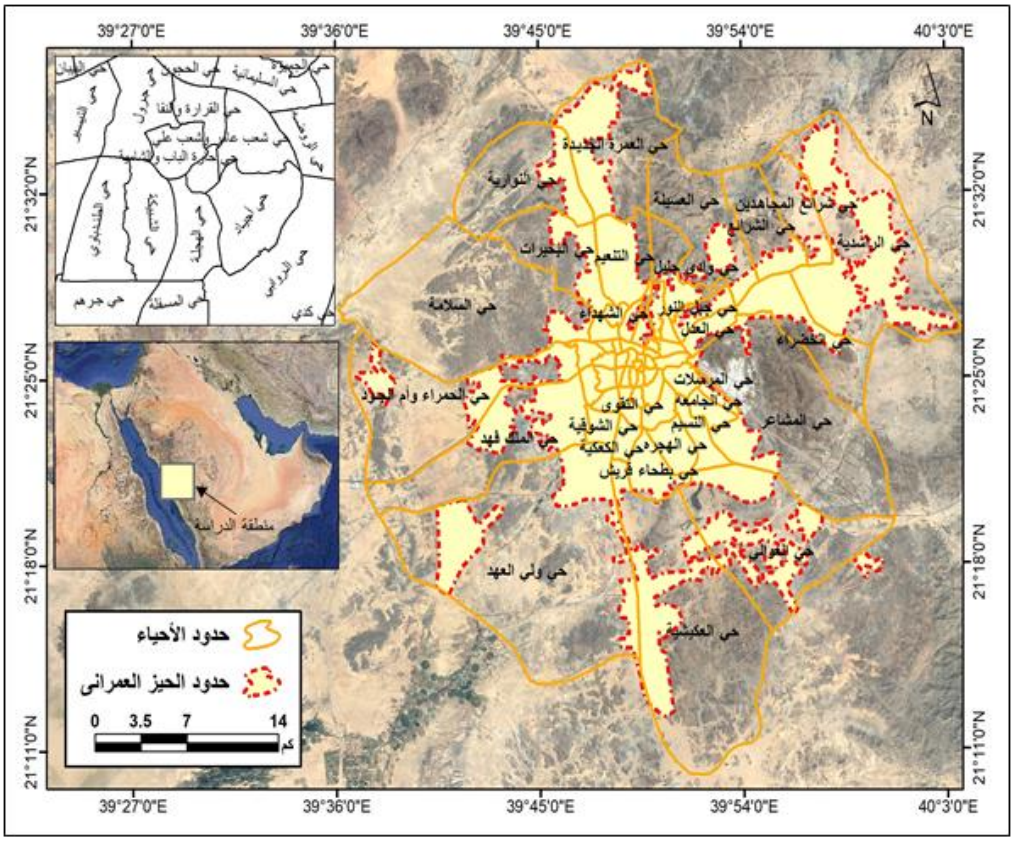
بمهمة القيادة والحد من السرعات العالية. وتحقق هذه الوسائل نتائج مهمه، منها: خفض سرعة المركبات داخل المدن بشكل ملحوظ من 16 :24 كم/ساعة لمهدئ السرعة المفرد، وما بين 40: 48كم/ساعة لسلسلة متتالية من مهدئات السرعة (**Hallmark et al., 2002; Zech et al., 2009**)، ويتوقف ذلك على حسب طبيعة الموقع وخصائص التوزيع المكاني للخدمات، فعند تنفيذ مهدئات السرعة بشكل غير صحيح قد تسبب أضرار بالمركبات وحركة المشاة ؛ لذا يفضل أن تخضع لشروط ومواصفات معينة، يأتى في مقدمتها: عدم الحاق أضرار قد تصيب السيارات والتقليل من سرعتها، التقليل من شدة الاصطدام فيما بين السيارات، وتحسين سلامة المشاة.

وشهدت مدينة مكة المكرمة تنفيذ مجموعة من البرامج الناجحة لتهدئة حركة المرور، منها: الممرات –مهدئات السرعة –التقاطعات –الدوارات، إلا أنه تعد مهدئات السرعة أكثر الطرق فاعلية فى تنظيم الحركة المرورية بمدينة مكة المكرمة، وتشمل عدة أشكال، منها:المطب القصير **Speed Bump** – المطب الانسيابي **Speed Hump** – مطب السطح العلوى المستوى **Speed Table** والمطب المسطح **Flat Bump** ، وفى هذه الدراسة تم إجراء مسح ميداني لمهدئات السرعة باستخدام جهاز نظام تحديد المواقع العالمي (**GPS**)، والحصول على إحداثياتها وخصائصها وتوقيعها على خريطة شبكة الطرق لمنطقة الدراسة، وإعداد قاعدة بيانات جيومكانية فى برنامج **ArcGIS,V 10.8.4**، تلي ذلك استخدام أسلوب النماذج لتقييم الملائمة المكانية لمواقع وخصائص مهدئات السرعة الحالية واقتراح مواقع جديدة لزيادة تحسين السلامة المرورية .

الحدود المكانية:

تمتد الحدود المكانية لمدينة مكة المكرمة إلى الجنوب الغربي للملكة العربية السعودية إلى الشرق من مدينة جدة بحوالى 56كم، فيما بين درجتي عرض 4" 10' 21o و 57" 36' 21o شمالاً، وخطي طول 8" 36' 39o و 42" 3' 40o شرقاً، ، وتضم (60) حى سكني، إلا أن الأحياء الهامشية تشغلها مناطق جبلية وليست مستغلة سكنياً بشكل مكتمل؛ لذا تمت الدراسة على حدود الحيز العمرانى

شكل(1). فى حين تشمل الحدود الزمانية الفترة بين عامي (2021م إلى 2022م). وإشارات ضوئية بمواقع التقاطعات الرئيسة، إلا أن هذه الوسائل لم تؤتى بثمارها المنشودة المخطط لها ، مما أدى إلى تدخل لجنة المرور بالعاصمة المقدسة التابعة لوزارة النقل والخدمات اللوجستية بالتعاون مع أمانة مكة المكرمة بتنفيذ عدد (242) مهدىء سرعة بهدف التحكم فى سرعة المركبات وتهدئة حركة المرور بمواقع متعددة، خاصة فى مواقع التجمعات السكنية والخدمية بخريطة مكة المكرمة، هذا بالتكامل مع نظام السيطرة الآلية لإدارة حركة المرور أثناء فترات الحج والعمرة والزيارة لبيت الله الحرام.



المصدر : إدارة نظم المعلومات الجغرافية، أمانة مكة المكرمة، عام2022م

شكل (1) الموقع الفلكي والجغرافى لمدينة مكة المكرمة

وبالتالى أصبحت مهدئات السرعة ضرورة تقتضى التنفيذ بشكل سليم ، فمن المرجح عالمياً تزايد الإصابات الناتجة عن حوادث المرور وفقاً لتقرير منظمة الصحة العالمية (**World Health Organization,2014**) ، فقد تسببت الإصابات المرورية على الطرق في عدد وفيات يقرب من 1.24 مليون نسمة بجميع أنحاء العالم. ووقعت معظم الإصابات في صفوف المشاة وقائدى السيارات، وتعد السرعات الزائدة السبب الرئيس لهذه الحوادث.

أهمية الدراسة:

في ضوء المكانة الدينية الكبيرة لمدينة مكة المكرمة وزيادة أعداد الحجيج والمعتمرين والزائرين لبيت الله الحرام والأماكن المقدسة، جعل من توفير وتحسين السلامة والسيولة المرورية من أولويات القائمين على التخطيط بالجهات المختصة بالعاصمة المقدسة، فعند الرجوع إلى المرحلة الزمنية التى تسبق تطوير مهدئات السرعة نجد تعرض أعداد من المركبات المتحركة والمشاة للحوادث المرورية، ومن ثم تأتي أهمية الدراسة فى إدارة حركة المرور وتحسين حركة سير المشاة والمركبات بمحاور الطرق بمدينة مكة المكرمة، خاصة أمام مواقع الخدمات المتعددة وعند التقاطعات والمناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة، وبالتالى يمكن تحديد مواقع الخطورة وتخفيض أعداد الحوادث المرورية.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:-

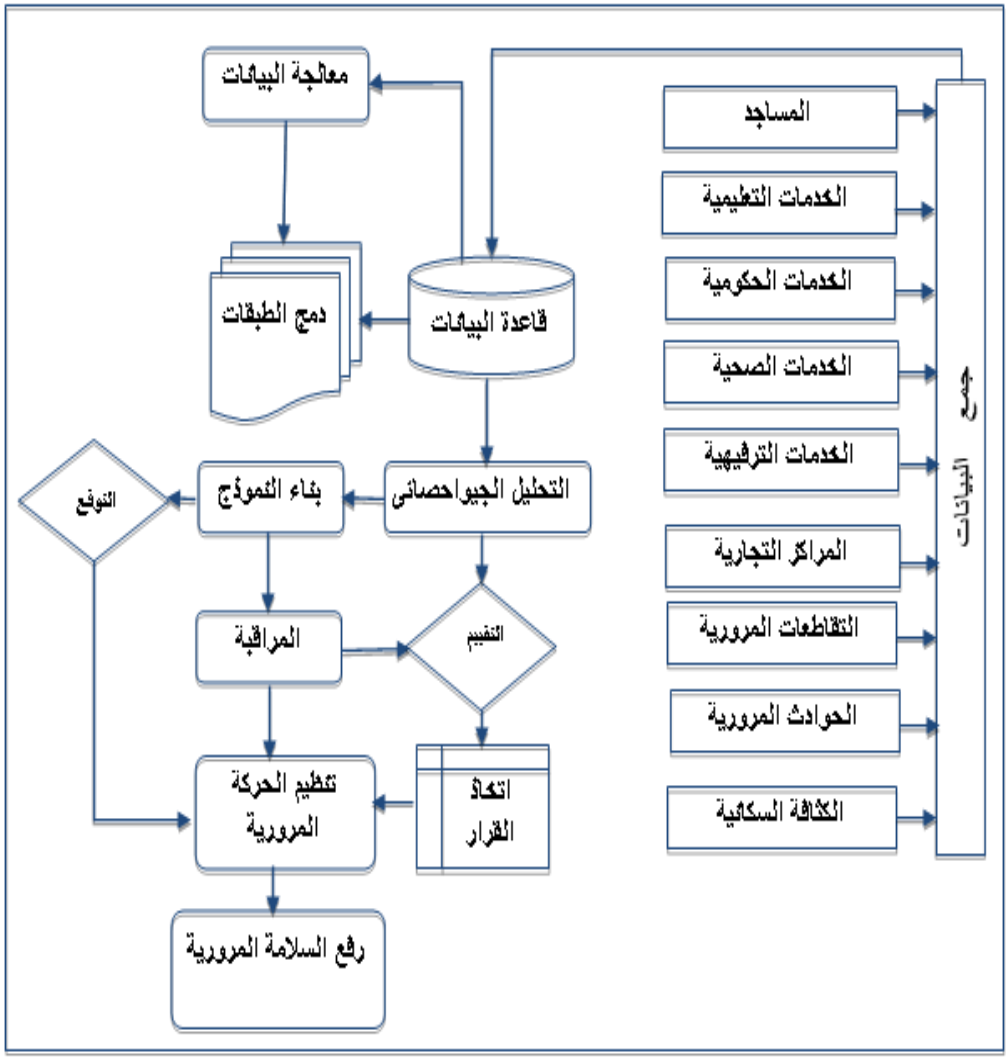
1) دراسة خصائص المحددات المكانية المؤثرة فى تحديد مواقع مهدئات السرعة الحالية، وتحديد أكثر المحددات تأثيراً.

2) استخدام التقنيات الجيومعلوماتية فى دراسة تقييم المواقع الحالية لمهدئات السرعة بمحاور شبكة الطرق التى لا تتعدى سرعة المركبات عليها 60كم/ساعة للفترة الزمنية بين عامي (2021م:2022م) ، ودراسة دور هذه التدابير في تحقيق السهولة والسلامة المرورية بمدينة مكة المكرمة.
3) المراقبة المكانية والزمانية لدور مهدئات السرعة فى خصائص سرعة المركبات المتحركة على الطرق، وإعداد نماذج رقمية للسرعات فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية تحاكى خصائص التوزيع المكانى لسرعة المركبات على إجمالى أحياء مدينة مكة المكرمة.
4) التخطيط المستقبلى لتحديد المواقع الأنسب لمهدئات سرعة جديدة بما يتوافق مع شبكة الطرق والخصائص العمرانية والإجتماعية لمدينة مكة المكرمة.
5) تحديد أنسب أنواع مهدئات السرعة توافقاُ مع طبيعة شبكة الطرق والجوانب الإجتماعية لسكان مدينة مكة المكرمة.
6) قياس الأثر البيئى لمهدئات السرعة، ودراسة تأثيرها على خصائص سرعة المركبات ليللاً ونهاراً بمدينة مكة المكرمة.

مناهج وأساليب الدراسة:

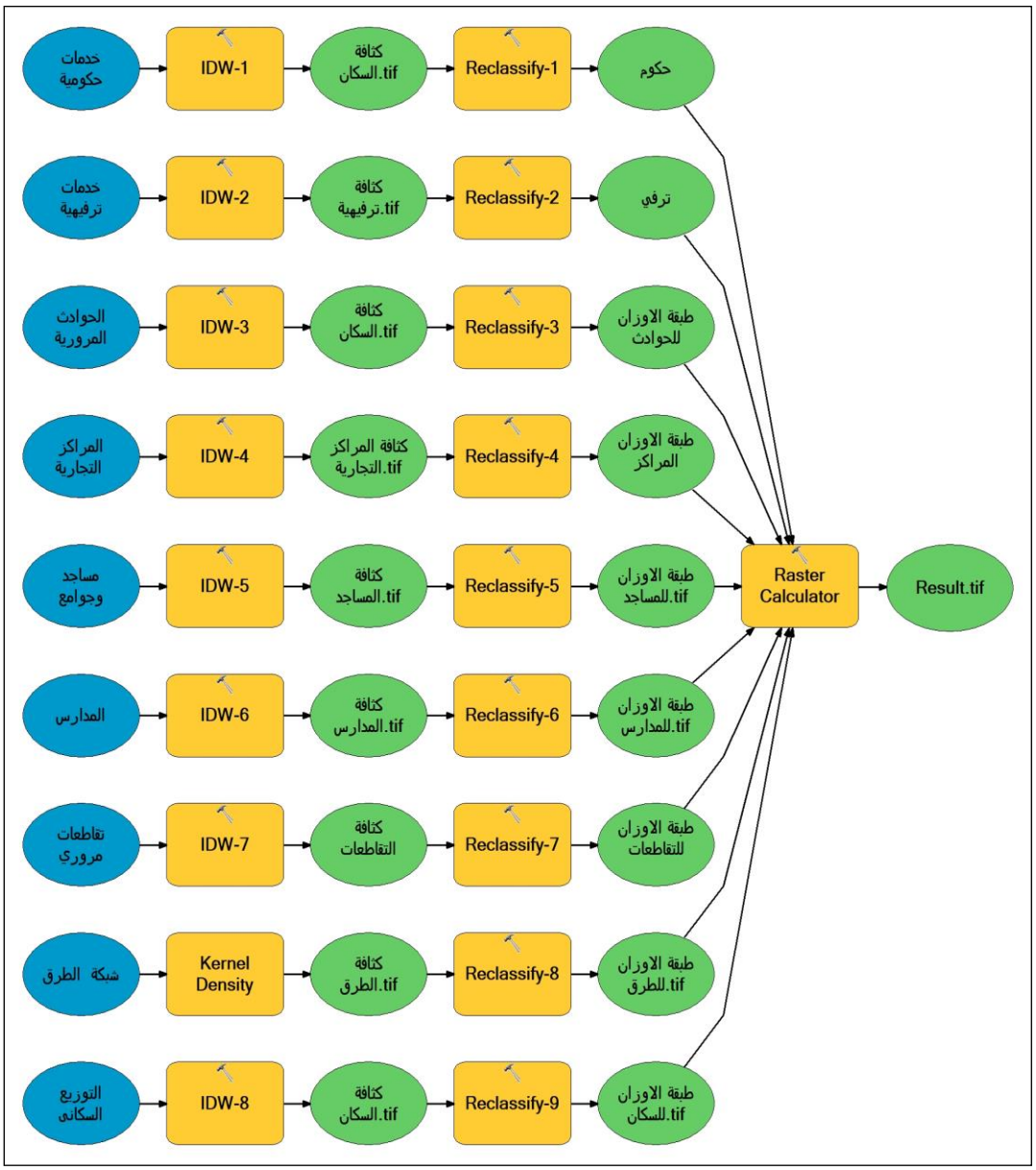
اتبعت الدراسة بعض المناهج والأساليب العلمية، يأتى فى مقدمتها المنهج الوصفي، وتم الاعتماد عليه فى دراسة خصائص المحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة ، والمنهج التحليلي، خاصة في التحليل الجيوإحصائى لخصائص المحددات المكانية لمهدئات السرعة ونمط توزيعها المكاني، وبناء نموذج التقييم والملائمة المكانية فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية لتقييم مواقع مهدئات السرعة الحالية واختبار دقة النتائج، وتمت الدراسة وفقاً لمراحل معينة، فى المرحلة الأولى تم جمع البيانات من

مصادرها المختلفة شكل(2)، تلتها مرحلة معالجة البيانات، ثم مرحلة التحليل التى اشتملت على بناء نموذج الملائمة المكانية فى برنامج (**Arc GIS,10.8.4**) شكل(3) وانشاء النماذج الرقمية للسرعات، تلتها مرحلة الحصول على النتائج وتقييمها وإجراء عملية التحقق من دقة النتائج باستخدام تحليل(**ROC Curve**).



المصدر: إعداد الباحثان تبعاً لمنهجية الدراسة.

شكل (2) مخطط انسيابى يوضح منهجية الدراسة Flow Chart



المصدر بالإعتماد على برنامج **Arc GIS,V10.8.4** بناء على المعايير التى حددتها الإدارة العامة للتصاميم، أمانة مكة المكرمة، عام **2022**م

شكل (3) بناء نموذج فى برنامج Arc GIS,V10.8.4 لتقييم مواقع مهدئات السرعة الحالية وتحديد المواقع المقترحة – مدينة مكة المكرمة(2022م)

الدراسات السابقة :

تعتبر دراسة مهدئات السرعة من الموضوعات التى لها دور كبير فى التأثير على السلامة المرورية للمشاة والمركبات المتحركة؛ لذا اهتم الباحثين والجهات المختصة بدراستها، وجاءت فى مقدمتها: دراسة **(Leslie w. Bunte, Jr., 2000)** ومن نتائجها: تسهم مهدئات السرعة فى زيادة زمن رحلة المركبات نسبياً، حيث يصل زمن التأخير الناتج عنها (10)ثوانٍ ، كما أوضحت أن مهدئات السرعة ينتج عنها زيادة نسبية فى التلوث البيئي. دراسة **(Hallmark et al., 2002)** وهى دراسة بمركز بحوث النقل بجامعة ولاية **Iowa** بالولايات المتحدة الأمريكية، وتناولت تقييم تأثير مطبات السرعة المؤقتة على السرعات، وتوصلت لبعض النتائج، يأتى فى مقدمتها: يعتمد تخفيض السرعة بشكل أساسي على مقدار المسافة فيما بين مهدئات السرعة المتتالية. دراسة **(García, A., A. J. Torres, M. A. Romero, and A. T. Moreno, 2011)** وتناولت قطاعات السرعة وعلاقتها بخصائص المطبات، واعتمدت على أخذ قياسات عند نقاط مهدئات السرعة وحساب مقدار الزمن المستقطع بفعل تصميم هذه المهدئات. دراسة (مى رحيم: 2020م) وتناولت التعرف على الملائمة المكانية لمهدئات السرعة بشوارع مدينة الكوت، وتحسين وضع مهدئات السرعة من خلال جمع البيانات للوقوف على نقاط الضعف وتحديد مشكلاتها ومعالجتها على أساس علمى. دراسة **(Mohammad Muayid. A. AL-Hadya and Mohammad H. Al-Umar,2022)** وتناولت استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لتقييم أنواع مهدئات السرعة في مدينة الناصرية بجمهورية العراق، ومن أهم نتائجها أن المطب القصير يعتبر المطب المركزي والأنسب لشبكة الطرق بمدينة الناصرية، كما يعتبر أقل تكلفة مقارنة بالأنواع الأخرى من مهدئات السرعة.

محاور الدراسة:-

أولا: الاطار النظرى للبحث:

1- التعريف بمهدئات السرعة وتوزيعها العددي بمنطقة الدراسة:

أ- المطب القصير **Speed bump :**

ب- المطب الانسيابي **Speed Hump:**

ج- مطب السطح العلوى المستوى **Speed Table :**

د- المطب المسطح **Flat bump :**

2-الخصائص المكانية لمهدئات السرعة الحالية بمنطقة الدراسة:

3-المحددات المكانية لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة:

ثانيا : خصائص التوزيع المكانى للمحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة:-

1-الخدمات الدينية

2- الخدمات التعليمية:

3- الخدمات الحكومية:

4- الخدمات الصحية:

5- الخدمات الترفيهية:

6- المراكز التجارية:

7- الكثافة السكانية:

8- التقاطعات المرورية:

9- الحوادث المرورية:

ثالثا – التحليل الجيو إحصائي للمحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة:-

رابعا: المناقشة والنتائج:

1- **التقييم المكاني لمواقع مهدئات السرعة الحالية:-**

2- **تصنيف المحددات المكانية حسب الأوزان النسبية:**

أ- الدمج والحصول على النتائج:

ب- تقييم دقة نموذج الملائمة المكانية لمواقع مهدئات السرعة الحالية**(Validity)**:

3- **تحديد المواقع المقترحة لمهدئات السرعة وتقييم الدقة**(Validity) :

4- **النموذج الرقمى للسرعات**Digital Speed Model **والمراقبة المكانية والزمانية:**

5- **تحليل قطاعات السرعة والسلامة المرورية:**

6- **النماذج الرقمية للسرعات ورصد التلوث البيئي:**

7- **تأثير الانارة على كفاءة مهدئات السرعة:**

أولا: الاطار النظرى للبحث:

1- **التعريف بمهدئات السرعة وتوزيعها العددي بمنطقة الدراسة:**

مهدئات السرعة أحد وسائل التهدئة للحركة المرورية المتبعة في المدن، وهي ارتفاع قليل في طبقات الرصف بنقاط معينة يتم تنفيذها في مناطق محددة بهدف إجبار قائدي المركبات على تخفيض سرعتهم**(Mohan,D,etal,2006,:p21)** .وتعد مهدئات السرعة أرخص وأفضل الحلول لتقليل سرعة المركبات المتحركة (**Amal AL-Ayaa,:2018,:p12**) وبالتالي تقليل أعداد الحوادث المحتملة، ويتم إعدادها من بلاطات

مصنعة من الخرسانة الإسفلتية . وعند تصميم وتنفيذ مهدئات السرعة ، فإنه يراعى ضوابط وشروط معينة ، يأتى فى مقدمتها: وضع علامات تحذيرية في مكان واضح ومناسب قبل الوصول لمهدئ السرعة بمسافة تصل إلى 50 م، كما توضع لوح إرشادية وعواكس أرضية في مكان مناسب من موقع مهدئ السرعة، وأيضا توضع علامات أرضية تشير لممرات المشاة (وزارة النقل، المملكة العربية السعودية، 1998م ص 664: 667). وفيما يلى أنواع مهدئات السرعة وخصائصها تبعاً لدراسات: **McLean, P,2008,P20**، **Mohamed Hamed,2018.P1208** ، الدليل الموحد لوسائل التحكم المروري، وزارة النقل والمواصلات، المملكة العربية السعودية2020م).

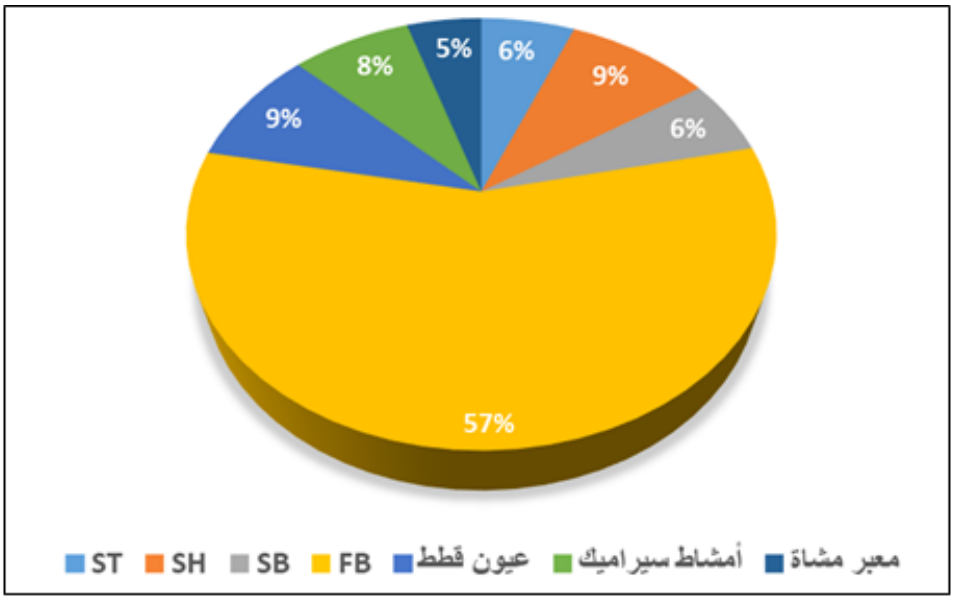
وقد حددت (منظمة الصحة العالمية، عام 2008م) بعض المعايير التى يجب اتخاذها عند تصميم مهدئات السرعة، ومنها ، الحد من كثافة الحوادث المرورية، خاصة حالات الدهس والتصادم، التحكم فى الحركة المرورية ، توفير طرق تناسب وتسهل حركة سيارات الطوارئ، استخدام مواد اصطناعية عالية الجودة فى تنفيذ مهدئات السرعة بشكل دقيق وصحيح، التشاور مع السكان المقيمين فى تحديد وتصميم مهدئات السرعة بمحيط سكنهم، أن تنفذ مهدئات السرعة فى المواقع التى تتطلب تهدئة فى حركة المرور لرفع السلامة المرورية للسيارات والمشاة، مثل: مواقع الخدمات (التعليمية –الصحية –الدينية –الترفيهية–التجارية) ومعابر المشاة ومواقف السيارات.

وتتباين مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة فى أنواعها وخصائصها الهندسية وأهداف تصميمها جدول (1) وشكل(3)، وفيما يلى عرضاً لهذه الأنواع:

جدول (1) التوزيع العددى والنسبي لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة عام 2022م

نوع مهدئ السرعة	العدد	النسبة المئوية
مطب السطح العلوى المستوى	15	6.20
المطب الانسيابي	23	9.50
المطب القصير	14	5.80
المطب المسطح	137	56.61
عيون قطط	22	9.09
أمشاط سيراميك	19	7.85
معبر مشاة	12	4.95
المجموع	242	100

المصدر/ الإدارة العامة للدراسات والتصاميم– أمانة مكة المكرمة عام 2022م



المصدر/ الإدارة العامة للدراسات والتصاميم- أمانة مكة المكرمة عام 2022م

شكل (3) التوزيع النسبى لأنواع مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة عام 2022م

أ- المطب القصير Speed bump :

يعد أحد وسائل تهدئة السرعة وإبطاء حركة المركبات، خاصة في المناطق التى تتميز بالإزدحام الشديد لحركة المشاة ، ويتراوح ارتفاعه بين (7.5-10سم) وعرضه بين(35-100سم) صورة (1)، ويصل عدده 14 مهدئ سرعة بمنطقة الدراسة.

صورة (1) مطب قصير Speed bump حى الراشيدية مكة المكرمة امام مسجد عويض بن عاضل 2022م

ويتم تنفيذ هذا النوع من مهدئات السرعة بمحاور الطرق التى تقل بها سرعة المركبات عن 40كم/ساعة ، كما يناسب محاور الطرق التى تمر أمام مواقف السيارات، ومحاور الطرق المحلية الفرعية، ويتميز هذا النوع من مهدئات السرعة بانخفاض تكلفته الإقتصادية، وتأثيره الفعال فى تخفيف سرعة المركبات، إلا أنه قد يتسبب فى زيادة شدة الضوضاء، وتلف نسبى بالمركبات المتحركة مع مرور الوقت؛ ويرجع ذلك لخصائصه الهندسية التى تعمل على زيادة قوى الإحتكاك بين المركبات

والبلاطات الأسفلتية المصنوع منها مهدئ السرعة، كما قد يتسبب فى توقف أو إبطاء حركة سيارات الطوارئ بشكل واضح.

ب- المطب الانسيابي Speed Hump:

أحد أشكال مهدئات السرعة التى تتناسب مع محاور الطرق التي تمر عليها الحافلات ويعد أكثر طولاً من المطب القصير وأقل تأثيراً منه على تلفيات السيارات، ويصل عرضه بين (3.5-4.5م) وارتفاعه بين (7.5-10سم) ويصل عدده (23) مطب انسيابى بمنطقة الدراسة، ويتم تنفيذه بمحاور الطرق التى تتطلب حركة مرورية بطيئة، خاصة تلك الطرق التى تقع فى محيط (المساجد- المدارس- المستشفيات -المراكز التجارية)، ويتميز هذا النوع من مهدئات السرعة بسهولة تنفيذه، لكن تزداد تكلفته الإقتصادية عن المطبات القصيرة، كما قد يتسبب فى جعل سيارات الطوارئ تتحرك بشكل بطيئ.

صورة (2) مطب انسيابي Speed Hump –
وأمشاط سيراميك – حي الراشيدية امام حضانة الاخلاص 2022م

ج- مطب السطح العلوى المستوى Speed Table :

يوجد تشابه كبير بين خصائص هذا النوع من مهدئات السرعة مع المطب الانسيابي من حيث التصميم، ويتميز تصميمه الهندسى باحتوائه على سطح علوي مستوي بعرض 2م ، وطول 6.6 م وارتفاع يتراوح بين (5.5-7سم) ويصل طول الجزئين المائلين 1.8 م ، وطول الجزء الأوسط المستوى 2م. (**Traffic Advisory Unit,1996,P14**)، ويصل عدده (15) بمنطقة الدراسة.

ويتميز هذا النوع من مهدئات السرعه بتعدد وظائفه، حيث يمكن استخدام سطحه العلوى معبراً للمشاه، خاصة فى المناطق التى تزداد بها كثافة السكان كما يمكن استخدامه كمهدئ سرعة ، ويتناسب هذا النوع من مهدئات السرعة مع الحافلات الكبيرة، كما لا ينتج عنه أضرار قد تصيب السيارات والحافلات، ولا يتسبب فى بطء حركة سيارات الطوارئ؛ إلا أن تكلفتة الإقتصادية مرتفعة نسبياً.

د- المطب المسطح Flat bump :

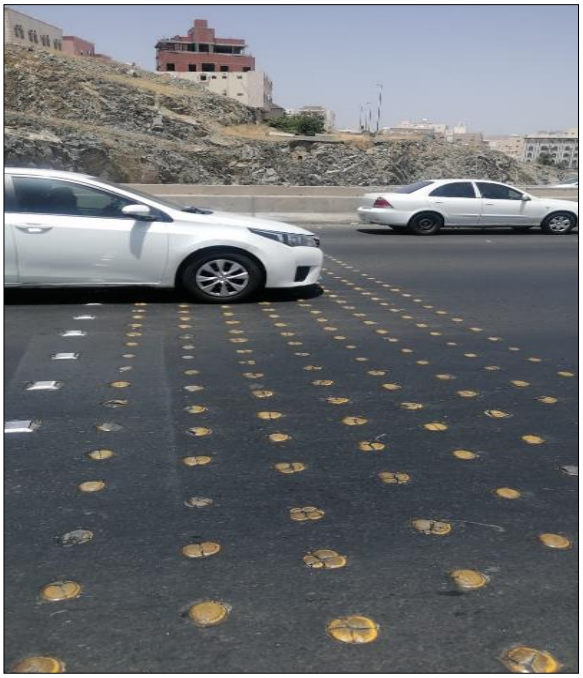
يوجد تشابه كبير بين خصائص هذا النوع من مهدئات السرعة مع مطب السطح العلوى المستوى من حيث التصميم، ويتميز تصميمه الهندسى بسطح علوي مستوي بعرض 3م ، ويصل طوله 7م، وارتفاعه 10سم . ويعد هذا النوع الأكثر استخداماً بمدينة مكة المكرمة مقارنة بمهدئات السرعة الأخرى صورة(3)، حيث يبلغ عدده (137).

هـ - عيون القطط:

من أحد مهدئات السرعة والسلامة المرورية بمحاور شبكة الطرق المحلية والطرق السريعة الرئيسة بمدينة مكة المكرمة، وهى علامات عاكسة يمكن استخدامها بشكل فعال على الرصيف لتوفير التوجيه على الطرق، ونشأت فكرة استخدام هذا النوع من مهدئات السرعة في المملكة المتحدة عام 1933، وهي تُستخدم اليوم في جميع

أنحاء العالم، حيث تم وضعها عبر عرض الطريق بأكمله، وترجع أهميتها لكونها تصدر صوتًا واهتزازًا لتنبيه السائقين إلى الظروف المتغيرة بالطريق، وتُستخدم حاليًا في مدينة مكة المكرمة كوسيلة لتهدئة حركة المرور صورة(4)، ولها تأثيرها الملحوظ في تقليل السرعة وتنبيه السائقين .

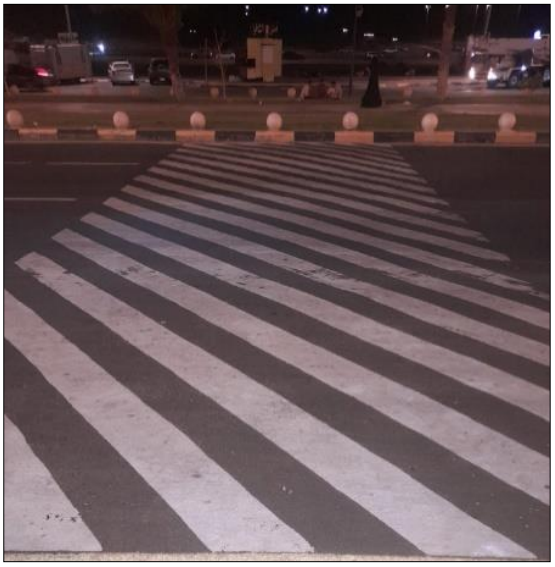
صورة (3) مطب مستوى Flat pump – حي العمرة الجديدة



صورة(4) عيون قطط منطقة حي ام الجود 2022م

د- معبر المشاة:

معبر المشاة أو ممر المشاة أو ممر الراجلين نقطة على الطريق تُستخدم فيها وسائل لمساعدة المشاة الراغبين في عبور الطريق، حيث يسمح للمشاة اجتياز الطريق من رصيف إلى آخر، ويعد أحد وسائل تهدئة السرعة الإجبارية فى مدينة مكة المكرمة صورة(5). وأكثر أشكالها انتشارًا رسم خطوط بيضاء سميكة عبر الطريق .



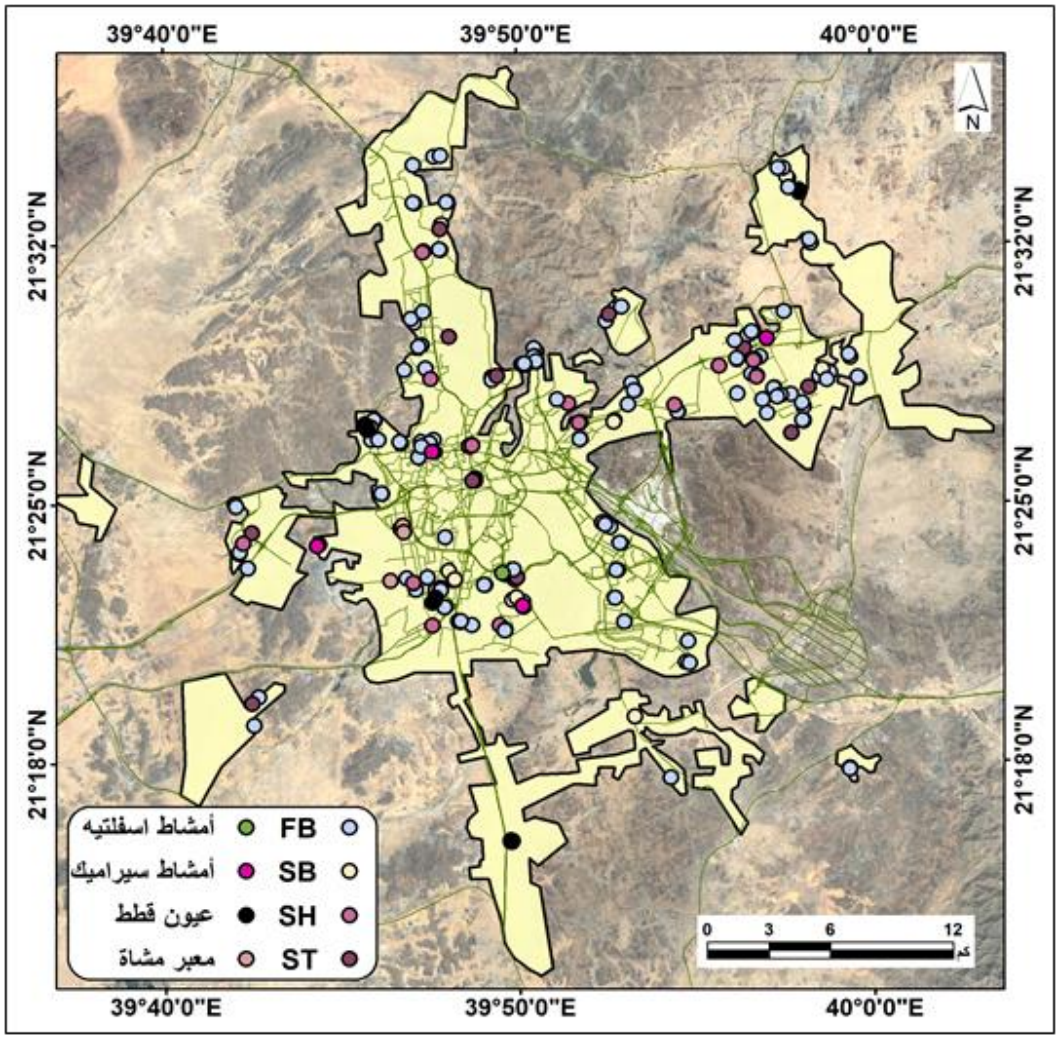
صورة(5) معبر مشاة – شارع فاطمة الزهراء – حى النسيم بمدينة مكة المكرمة 2023م

صورة (6) اشارات تحذيرية امام مهدئات السرعة حى الراشيدية امام مسجد عويض بن عاضل مكة المكرمة

2- الخصائص المكانية لمهدئات السرعة الحالية بمنطقة الدراسة:

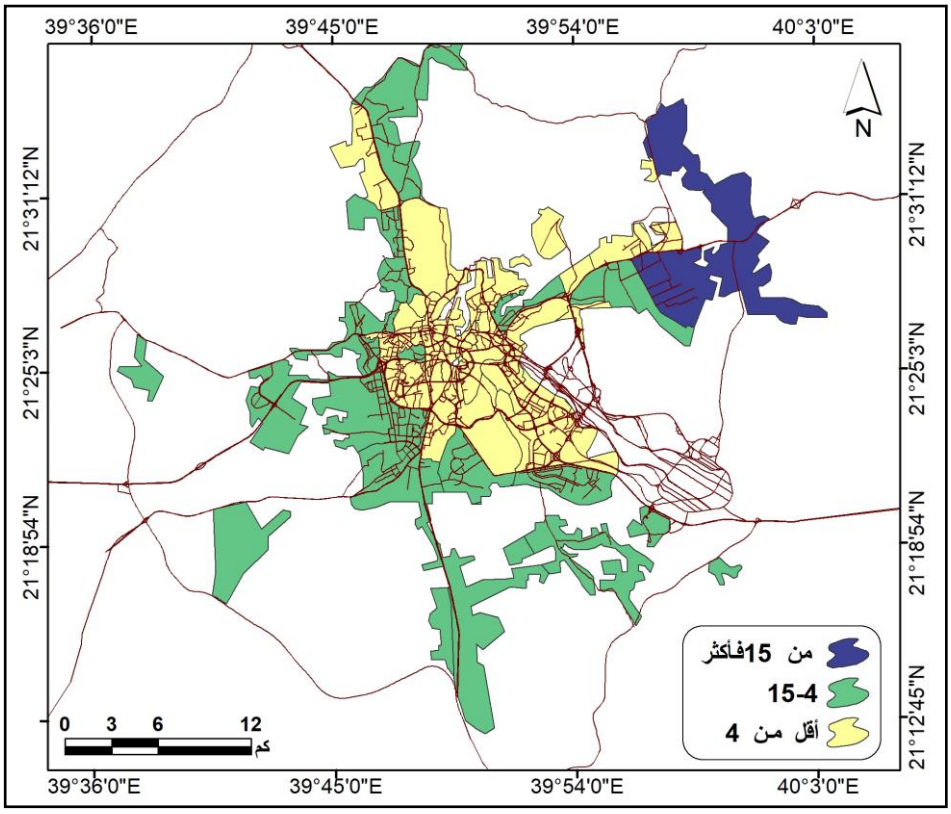
تضم مدينة مكة المكرمة (242) مهدئ سرعة تم تنفيذها فى الفترة بين عامي الفترة بين عامي (2021م : 2022م) تختص بالشوارع التى لا تتجاوز سرعة المركبات المتحركة عليها 60كم/الساعة داخل حدود الحيز العمراني شكل(4)، وتتباين هذه المهدئات فى أنواعها وخصائصها التصميمية على مستوى الأحياء، ومن خلال شكلي (4-5) يتضح التركز الكبير لمهدئات السرعة بالأحياء غير المركزية بمدينة مكة

المكرمة، خاصة الأحياء المخططة، متمثلة فى أحياء: الراشيدية، العمرة الجديدة، السلامة، الملك فهد وحى ولى العهد.



المصدر/ الإدارة العامة للدراسات والتصاميم أمانة مكة المكرمة2022م

شكل (4) التوزيع الجغرافي لمهددات السرعة بمنطقة الدراسة عام 2022م



المصدر / برنامج Arc GIS10.8.4 بالاعتماد على بيانات الادارة العامة للتصاميم – أمانة مكة المكرمة

شكل (5) التوزيع العددى لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة عام 2022م

ويعد نمط التوزيع المتكتل (المتقارب العشوائى) النمط السائد فى توزيع مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة، حيث يصل معامل الجار الأقرب 0.377 وتبلغ درجة الثقة المعيارية **(z-score (-17.010** ، وتصل نسبة ثقة التحليل الإحصائي **P-Value** (صفر).

3- المحددات المكانية لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة:

لكى تحقق مهدئات السرعة أهدافها المرجوه، فإنه يتم تحديد أنواعها ومواقعها الأنسب تبعاً لدراسات متخصصة ودقيقة، حتى لا ينتج عنها آثارًا سلبية على

مستخدمي الطرق والبيئة المحيطة. ولتحقيق ذلك اعتمدت لجنة تنسيق النقل والمرور التابعة للإدارة العامة للدراسات والتصاميم (أمانة مكة المكرمة،2022) شروط ومعايير لتصميم وتنفيذ مهدئات السرعة تناسب الوضع الراهن لشبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة وطبيعة السكان ، واعتمدت على دراسات مرورية ودراسات إجتماعية حتى تتم تهدئة حركة المرور بشكل يعزز من دور السلامة المرورية.

ومن أهم هذه الشروط والمعايير اللازمة لتنفيذ مهدئات السرعة: يفضل تنفيذها بشكل كبير على الطرق المحلية، والحد من تنفيذها بمحاور الطرق التى تتميز بكثافة مرورية مرتفعة لمركبات الطوارئ، كما يؤخذ فى الإعتبار مراعاة عدم التأثير على وسائل تصريف مياه الأمطار والسيول، ولا تقل المسافة فيما بينها عن(200 :300م) ، ومطابقة المواد والخلطات الأسفلتية للمواصفات الفنية الخاصة بالطرق الحضرية، ومراعاة استخدام الإشارات التحذيرية بوجود مهدئات للسرعة من لوح مرورية ودهانات وعلامات مضيئة.

صورة (7) المسافة فيما بين مهدئات السرعة المتتالية بحى بطحاء قريش 2022م

ثانيا : خصائص التوزيع المكانى للمحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة:-

من خلال دراسة هذه الخصائص يمكن تقييم المواقع الحالية واقتراح أنسب المواقع لمهدئات السرعة، حيث يتوقف دور كل معامل على خصائصة المكانية من حيث التوزيع العددي ونمط التوزيع المكانى، فالتوزيع العددى يدل على مدى انتشار المعامل(المحدد) ومدى قيمته بالنسبة للسكان، ويشير نمط التوزيع المكانى على مدى تركز المعامل (المحدد) فى مناطق معينه، وفيما يلى دراسة الخصائص المكانية لمحددات مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة:-

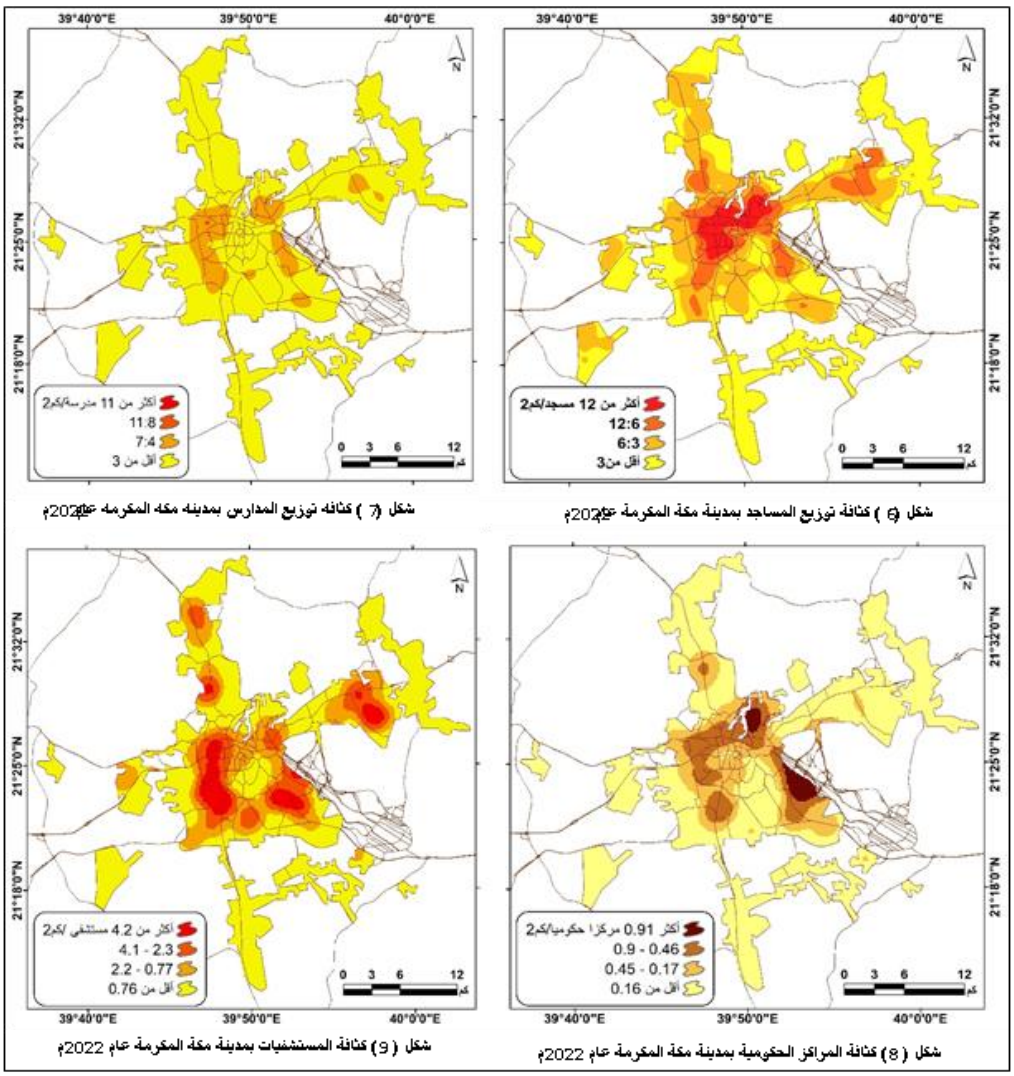
1- الخدمات الدينية :

تعد المساجد والجوامع من المحددات المكانية المؤثرة فى التوزيع المكاني لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة، ويصل عددهما بمدينة مكة المكرمة 1741 مسجداً وجامعاً(أمانة مكة المكرمة(2022م) ، جوجل إيرث، 2022م) تتوزع على إجمالى الأحياء السكنية، ومن خلال شكل(6) نجد تركز المساجد والجوامع فى الأحياء المركزية؛ بينما يقل تركزها بالأحياء غير المركزية، وتتراوح كثافتهما بين 3 مسجد وجامع/كم2 بحى العكيشية، و 23 مسجد وجامع/كم2 بحى الطندباوى وهو أحد الأحياء المركزية، فى حين يصل المتوسط العام للكثافة بإجمالى منطقة الدراسة 9 مسجد وجامع/كم2 بمتوسط انحراف معيارى 1.44.

2- الخدمات التعليمية:

يعد هذا المعامل أحد الضوابط المتحكمة فى التحديد المكانى لمواقع مهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة، حيث يرتبط وجود بعض أنواع مهدئات السرعة بمواقع المدارس؛ وذلك لزيادة كثافة عدد المشاة ومستخدمي السيارات أمام المدارس، وبالتالى تم اعتماد هذا المعامل كعامل أساسي من قبل لجنة تنسيق النقل والمرور التابعة للإدارة العامة للدراسات والتصاميم بأمانة مكة المكرمة . وتعد المدارس أهم الظاهرات المكانية

بهذا المعامل، وتصل أعدادها (488)مدرسة بمدينة مكة المكرمة (أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث: 2022م) ، وتتباين كثافتها على مستوى أحياء مدينة مكة المكرمة شكل(7)، حيث تتراوح بين 0.76 مدرسة /كم2 بحى العكيشية و6.6 مدرسة/كم2 بحى النزهه بمتوسط عام 1.62مدرسة/كم2 وانحراف معيارى 1 مدرسة/كم2.



شكل (6) كثافة توزيع المساجد بمدينة مكة المكرمة عام2022م

شكل (7) كثافه توزيع المدارس بمدينه مكه المكرمه عام2022م

شكل (8) كثافة المراكز الحكومية بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

شكل (9) كثافة المستشفيات بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

المصدر/ الاعتماد على برنامج Arc GIS10.8.4

3- الخدمات الحكومية:

يصل عدد المراكز والدوائر الحكومية داخل حدود الحيز العمرانى بمدينة مكة المكرمة 75 مركز حكومي (أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث، 2022م)، ومن خلال شكل (8) الذى يوضح كثافة الخدمات الحكومية نجد أن كثافة هذه الخدمات ترتفع بالأحياء المركزية لمدينة مكة المكرمة، حيث تتراوح بين 0.16/كم2 بحى العمرة الجديدة و 1.32/كم2 بحى المرسلات، ، ويصل المتوسط العام 0.33/كم2، وانحراف معيارى قدره0.079/كم2.

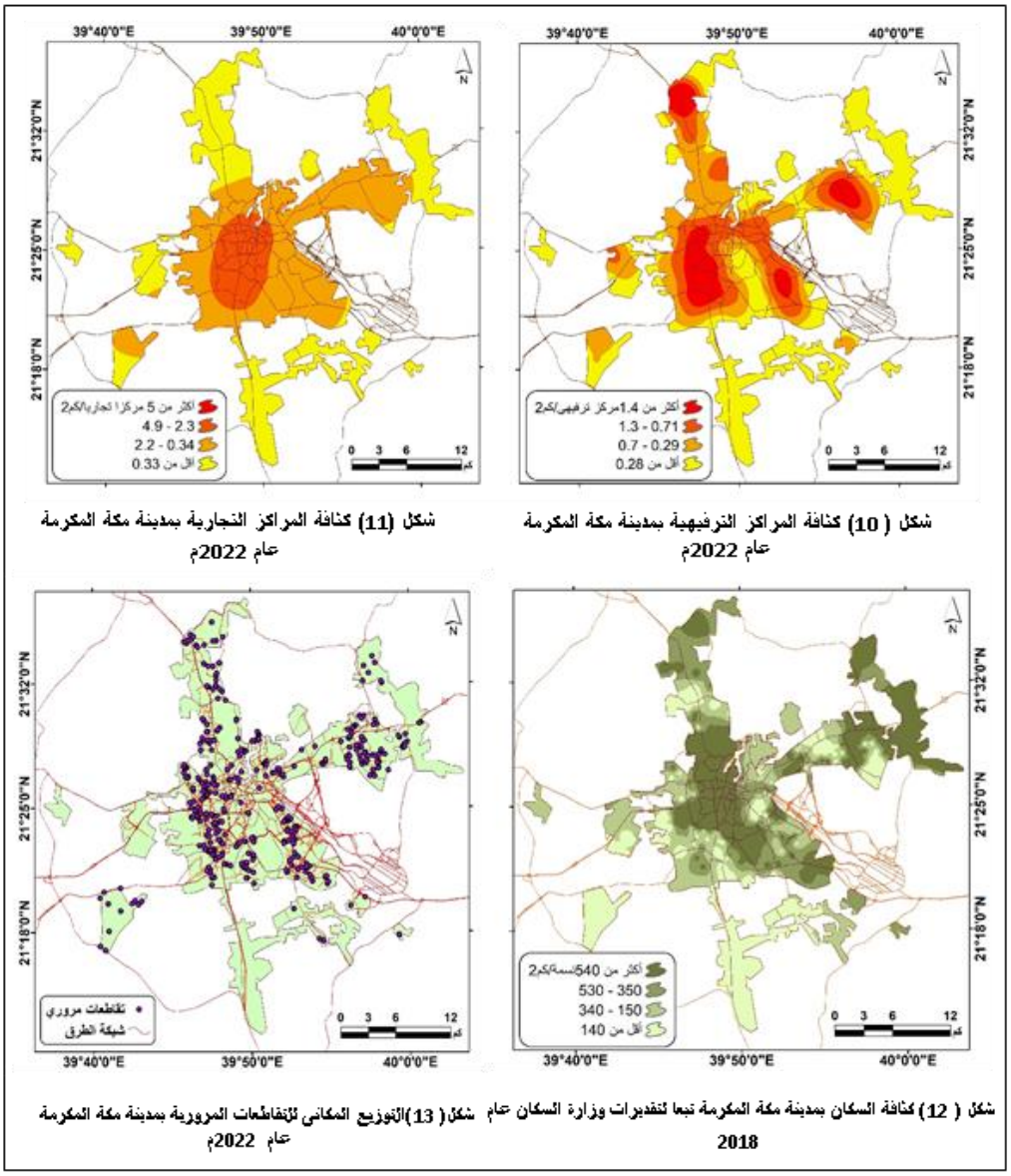
4- الخدمات الصحية:

تعد مراكز الخدمات الصحية أحد المحددات الأساسية لمواقع مهدئات السرعة، ويصل عددها 490 داخل حدود الحيز العمرانى لمدينة مكة المكرمة (أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث، 2022م) وتتنوع هذه الخدمات بين (المستشفيات- مجمعات طبية- عيادات طبية) ، ومن خلال شكل (9) نجد أن كثافة الخدمات الصحية تتراوح بين 0.9مستشفى/كم2 بحى العسيلة و6.44مستشفى/كم2 بحى الشوقية، وساعد على ذلك زيادة الكثافة السكانية بحى الشوقية، ويصل المتوسط العام للتوزيع المكانى للخدمات الصحية 1.64/كم2 بانحراف معيارى يبلغ 0.45/كم2.

5- الخدمات الترفيهية:

تعد الخدمات الترفيهية التي تشمل (ملاعب رياضية – حدائق – بساتين) أحد المحددات المهمه للمواقع الأنسب لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة، ويصل عددها 267 (أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث، 2022م)، ومن خلال شكل (10) نجد أن كثافة التوزيع المكانى للخدمات الترفيهية تتراوح بين 0.27/كم2 بحى وادى الجليل الأقل كثافة فى عدد السكان، و2.71/كم2 بحى القرارة؛ لكونه من الأحياء المركزية ذات الكثافة السكانية المرتفعة التى تتطلب زيادة نسبية من الخدمات

الترفيهية، ويصل المتوسط العام لأعداد الخدمات الترفيهية بمدينة مكة المكرمة 0.71/كم2، بانحراف معيارى قدره 0.19/كم2.



شكل (10) كثافة المراكز الترفيهية بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

شكل (11) كثافة المراكز التجارية بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

شكل (12) كثافة السكان بمدينة مكة المكرمة تبعا لتقديرات وزارة السكان عام 2018

شكل(13)التوزيع المكانى للتقاطعات المرورية بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

المصدر/ الاعتماد على بيانات المراجعة الحقلية، وآمانة مكة المكرمة2022م برنامج Arc GIS10.8.4

6- المراكز التجارية:

تعد مواقع المراكز التجارية التي تشمل (مولات – مراكز تسوق) أحد المحددات المكانية فى اختيار المواقع الأنسب لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة، ويصل عددها 60 مركز تجاري بمنطقة الدراسة(أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث، 2022م)، ومن خلال شكل (11) نجد أن كثافة الخدمات التجارية تتراوح بين 0.33/كم2 بحى وادى الجليل و 27/كم2 بحى القرارة ، ويصل المتوسط العام 1.84/كم2، وانحراف معيارى قدره0.23/كم2.

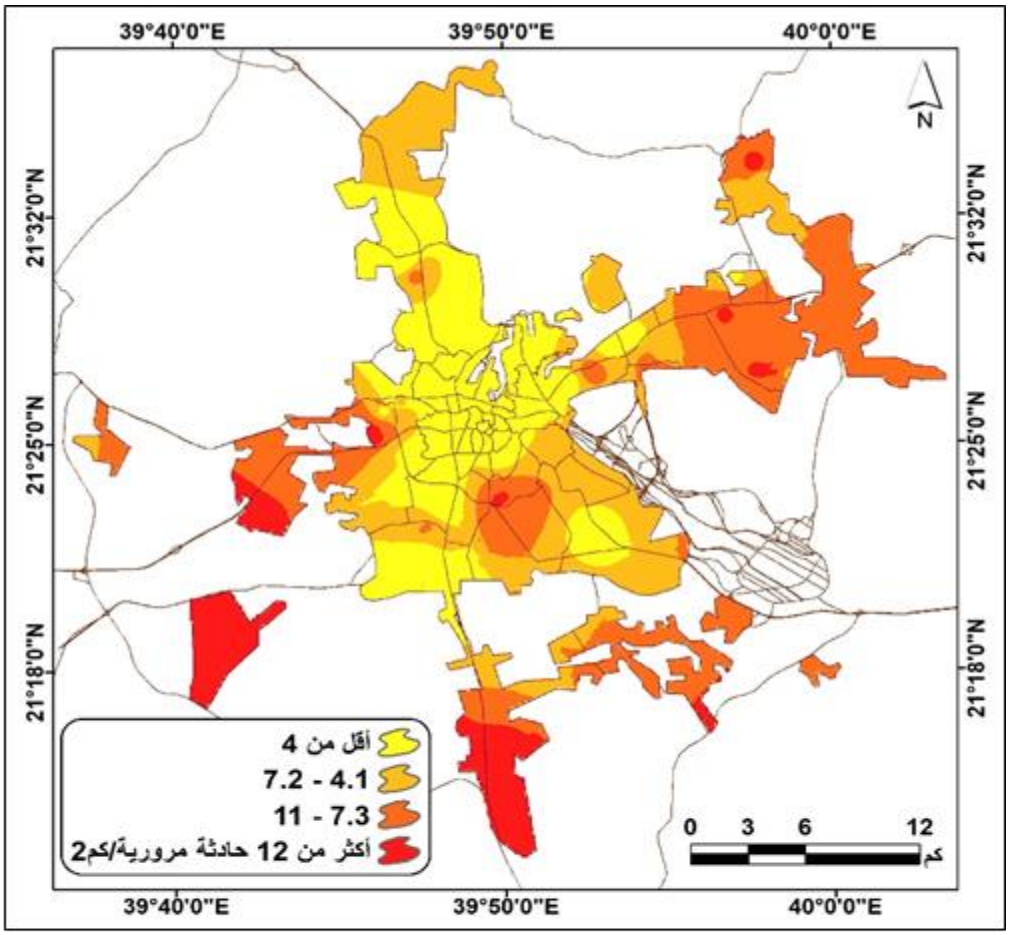
7- الكثافة السكانية:

تم الاعتماد على هذا المعامل بشكل كبير عند تصميم مهدئات السرعة داخل حدود الحيز العمرانى بمدينة مكة المكرمة، ومن خلال شكل (12) نجد أن متوسط الكثافة السكانية بمنطقة الدراسة يتراوح بين 14نسمة/كم2 بحى العكيشية و 749 نسمة/كم2 بحى المنصور (أمانة مكة المكرمة،2022م)، ويصل المتوسط العام 483نسمة/كم2، وانحراف معيارى قدره 185نسمة /كم2. وتبين أن الأحياء السكنية: العكيشية – ولى العهد –وادى الجليل والعسيلة أقل الأحياء فى كثافتها السكانية ، لكونها من الأحياء غير المركزية، بينما تعد أحياء: الطندباوى– الهنداوية والمنصور أكثر الأحياء كثافة سكانية، وهى تعد من الأحياء المركزية.

8- التقاطعات المرورية:

تعد التقاطعات المرورية من المحددات المكانية التى يعتمد عليها فى تنفيذ مهدئات السرعة، وذلك للتحكم فى سرعة المركبات بشكل إجبارى وتخفيض سرعتها، ونخص بالذكر التقاطعات غير المثبت بها إشارات مرورية، ومن خلال شكل(13) يصل عدد هذه التقاطعات383 بمحاور شبكة الطرق التى لا تتجاوز سرعة المركبات عليها 60كم/ساعة، وغير المزودة بإشارات مرورية، وتتوزع هذه التقاطعات مكانياً على

مجمل الأحياء السكنية بمنطقة الدراسة (أمانة مكة المكرمة:2022م ، جوجل إيرث، 2022م) .



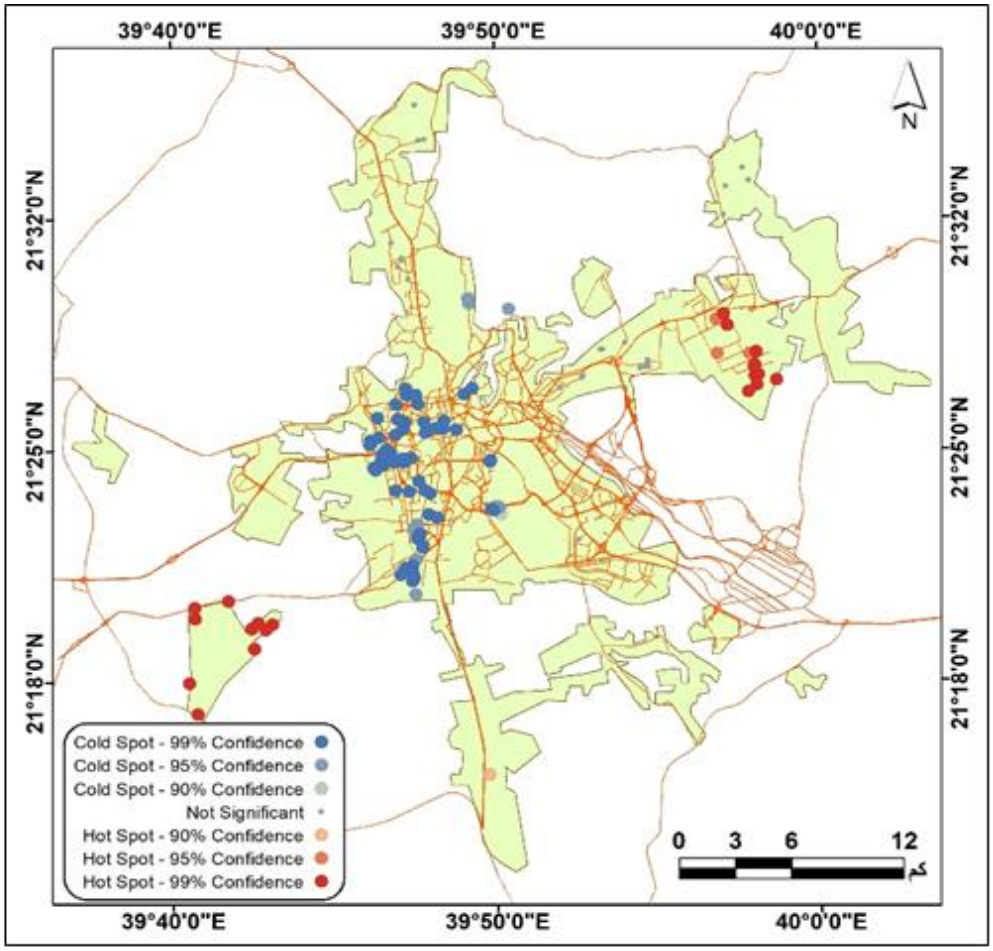
المصدر/ الاعتماد على بيانات إدارة المرور بامانة مكة المكرمة

شكل (14) كثافة الحوادث المرورية بمدينة مكة المكرمة

9- الحوادث المرورية:

تعد من المحددات التى يعتمد عليها وتتحكم فى تحديد مواضع مهدئات السرعة، خاصة عند مواقع الخدمات والتقاطعات المرورية، ويصل عدد الحوادث المرورية بمدينة مكة المكرمة على محاور شبكة الطرق التى تقل سرعة المركبات

عليها عن60كم/ ساعة نحو 834 حادثاً مرورياً (إدارة المرور، العاصمة المقدسة2022م) شكل(14)، وباستخدام تحليل **Hot Spot** ضمن بيئة برنامج **Arc GIS10.8.4** نجد أن قيمة **Z-Score** تراوحت بين (−5.61 – 5.57) وتتركز النقاط الساخنة بالأحياء السكنية المخططة غير المركزية، حيث تزداد بها الحوادث المرورية نسبياً متمثلة فى أحياء: العمرة ،الراشيدية وولى العهد ؛ ويرجع ذلك لاتساع وحداثة الطرق وكثرة التقاطعات ، بينما تتركز النقاط الباردة بالأحياء المركزية، حيث تنخفض بها أعداد الحوادث المرورية شكل (15).



المصدر/ الاعتماد على بيانات إدارة المرور بأمانة مكة المكرمة 2022م وبرنامج Arc GIS10,8.4

شكل (15) تحليل البقع الساخنة والباردة للحوادث المرورية Hot Spot

ثالثا – التحليل الجيو إحصائي للمحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة:-

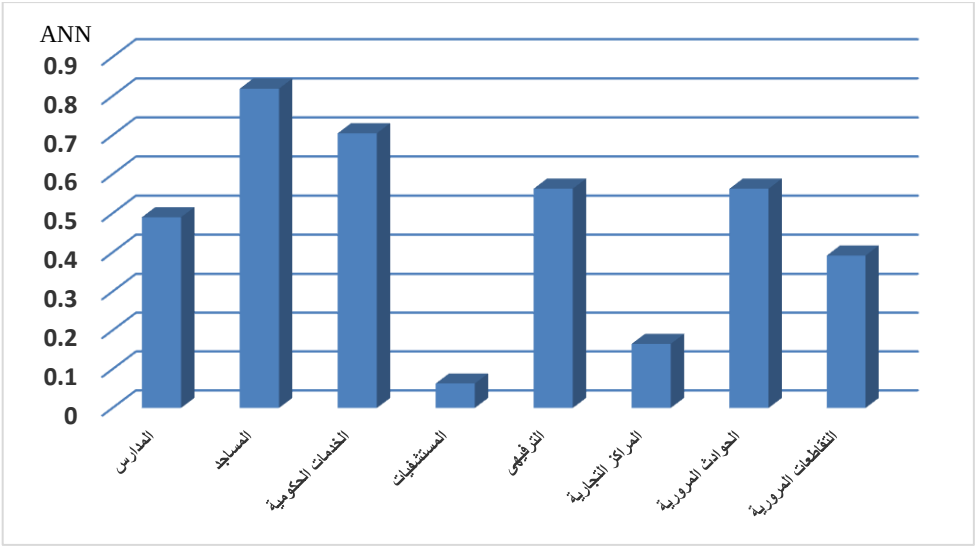
تم الاعتماد فى تحليل أنماط التوزيع المكانى للمحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة على استخدام أداة صلة الجوار **Average Nearest Neighbor** فى برنامج **Arc GIS,V10.8.4**، وتم تحديد إحداثيات جميع هذه المحددات باستخدام صور الأقمار الإصطناعية والدراسة الميدانية.

فمن خلال جدول(2) وأشكال(16-17-18-19-20-21-22-23-24) يتضح ما يلى: تتخذ جميع المحددات المكانية لمهدئات السرعة نمط التوزيع المتجمع **(Clustered)** مع تباين نسبي فى معامل صلة الجوار، حيث تراوحت قيمة صلة الجوار بين 0.165 للمراكز التجارية و0.819 للمساجد، وتتراوح فرضية التوزيع الطبيعى **z-score** ما بين (- 5.527: -38.79) لطبقتى الخدمات الحكومية والمستشفيات على التوالى، مما يشير إلى التقارب المكانى الشديد لنقاط الظاهرات فى مواقع معينة، وساعد على ذلك مجموعة من العوامل الجغرافية، منها تركز هذه الخدمات فى مواقع معينة لارتباطها مكانياً بخصائص توزيع الكثافة السكانية وخصائص شبكة الطرق داخل مدينة مكة المكرمة.

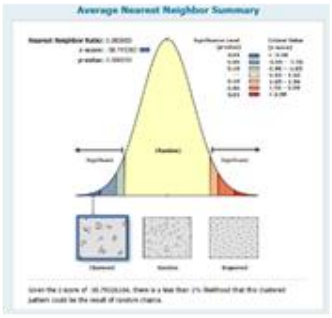
جدول (2) معامل الجار الاقرب للمحددات المكانية لمهدئات السرعة بمدينة

م	المحدد المكانى	معامل الجار الأقرب	Z-Score	P-Vlue	نمط التوزيع المكانى
1	المدارس	0.490	-21.39	0	متجمع
2	المساجد	0.819	-14.43	0	متجمع
3	الخدمات الحكومية	0.705	-5.527	0	متجمع
4	المستشفيات	0.063	-38.79	0	متجمع
5	الترفيهى	0.563	-13.65	0	متجمع
6	المراكز التجارية	0.165	-35.45	0	متجمع
7	الحوادث المرورية	0.563	-9.2	0	متجمع
8	التقاطعات المرورية	0.392	-15.19	0	متجمع

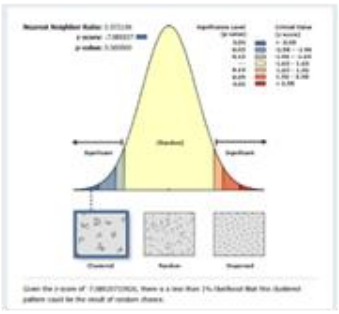
المصدر/ برنامج Arc GIS10.8.4 بالإعتماد على التحليلات الجيواحصائية.



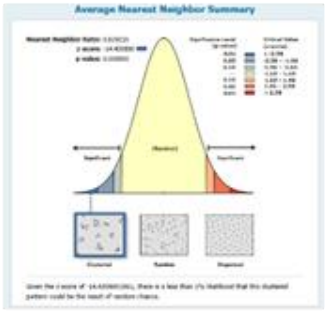
شكل (16) معامل الجار الاقرب للمحددات المكانية لمهدئات السرعة



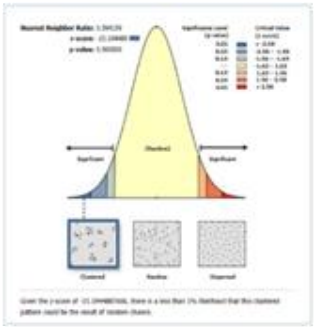
شكل (19) معامل الجار الاقرب
للخدمات الصحية بمدينة مكة



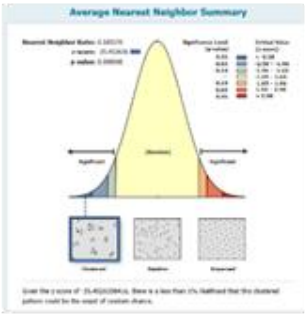
شكل (18) معامل الجار الاقرب
للخدمات التعليمية بمدينة مكة المكرمة



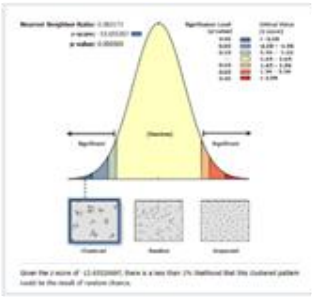
شكل (17) معامل الجار الاقرب
للمساجد بمدينة مكة المكرمة



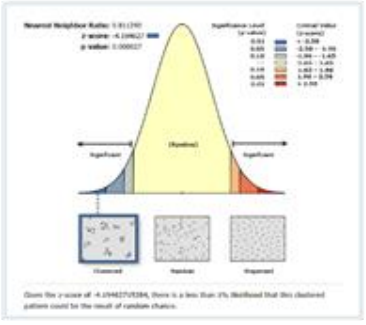
شكل (22) معامل الجار الاقرب
للتقاطعات المرورية بمدينة مكة



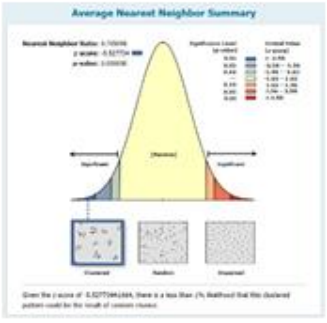
شكل (21) معامل الجار الاقرب
للمراكز التجارية بمدينة مكة المكرمة



شكل (20) معامل الجار الاقرب
للخدمات الترفيهية بمدينة مكة



شكل (24) معامل الجار الاقرب لنقاط الحوادث
المرورية بمدينة مكة المكرمة



شكل (23) معامل الجار الاقرب للخدمات
الحكومية بمدينة مكة المكرمة

رابعا: المناقشة والنتائج:

1- التقييم المكاني لمواقع مهدئات السرعة الحالية:-

اعتمد التقييم المكانى لمهدئات السرعة الحالية بمدينة مكة المكرمة على تحليل نمذجة الملائمة المكانية للمواقع الأنسب لمهدئات السرعة التى تم اعتمادها من قبل لجنة تنسيق النقل والمرور التابعة للإدارة العامة للدراسات والتصاميم بأمانة مكة المكرمة، وتم إعتماد الأوزان والأهميات التى حددها المختصون بالإدارة السابقة الذكر نتيجة دراسات ميدانية متعمقة فى أعمال الطرق ودراسات مرورية، وتمت دراسة تقييم الوضع الراهن لمهدئات السرعة، كما يلى:-

أ- تصنيف المحددات المكانية حسب الأوزان النسبية:

تم إعداد خرائط المسافات لطبقات: المساجد والجوامع، الخدمات(الصحية، الترفيهية، التجارية) والتقاطعات المرورية غير المحكومة بإشارات ، تلي ذلك إعادة تصنيف كل طبقة من طبقات المحددات المكانية إلى 10 فئات تدعم الهدف العام لتقييم مواقع مهدئات السرعة، وتم توحيد مساحات الخلايا وكذلك المسقط المستخدم **(UTM WGS 84 Zone 37N)** وتحديد الوزن النسبى لكل فئة بحيث تكون الفئة الواقعة ضمن الحيز المكانى 150م الأكثر أهمية من بقية الفئات. كما تم إعداد طبقة معامل الكثافة السكانية بطريقة كيرنال **(Kernel Density)** بحيث تكون الفئة الواقعة ضمن الفئة الأكثر كثافة سكانية تلك الفئة الأعلى فى الوزن النسبي من بقية الفئات الأخرى لنفس الطبقة، كما تم إعداد طبقة تختص بالخريطة الحرارية لمعامل الحوادث المرورية بجميع أحياء مدينة مكة المكرمة بالاعتماد على تحليل (**HOT SPOT Analysis)**، وإعادة ترتيب الوزن النسبي للفئات بحيث تكون الفئة الأكثر كثافة فى الحوادث المرورية تلك الفئة الأعلى فى الوزن النسبي من بقية الفئات الأخرى لنفس الطبقة.

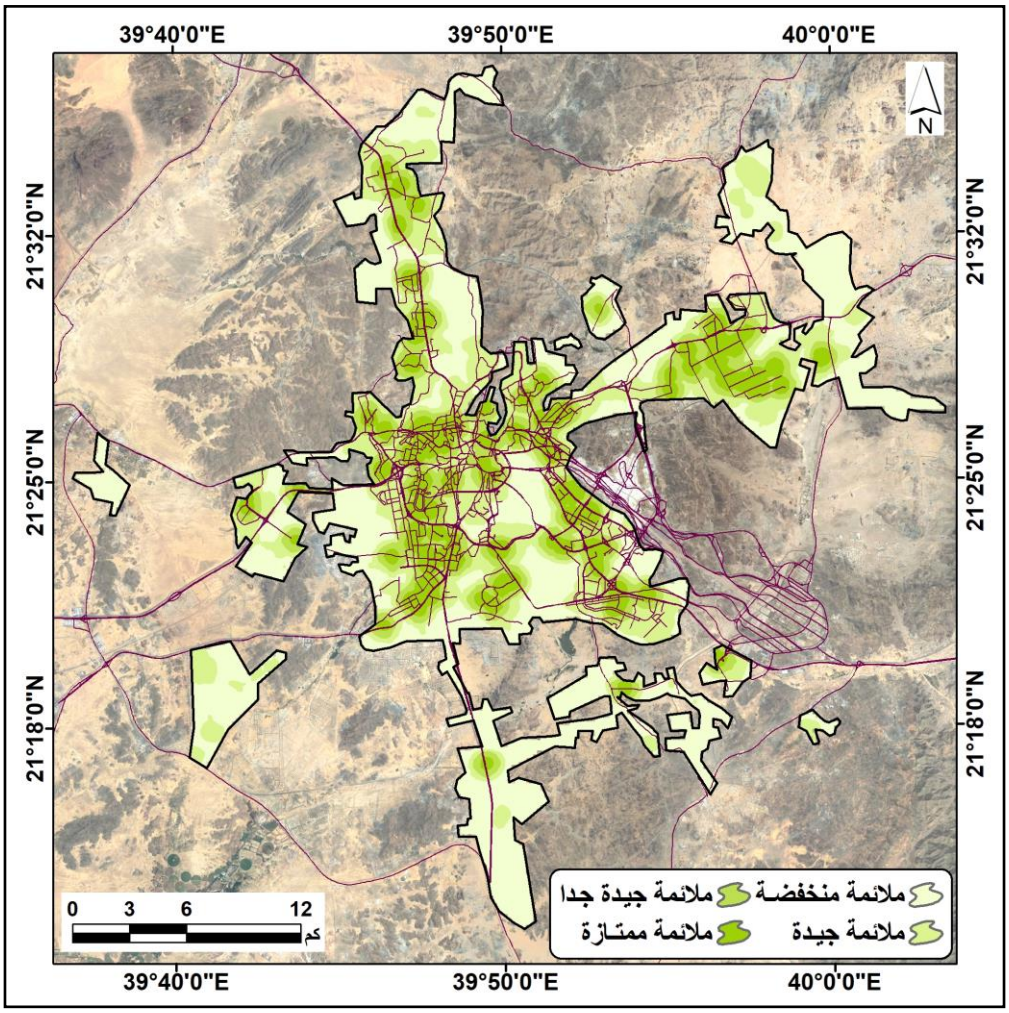
جدول(3)الأوزان والأهميات النسبية للمحددات المكانية لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة

المتغير	الأوزان	الأهمية النسبية %
مساجد ضمن 150 م	25	15.625
تعليمى ضمن 150 م	25	15.625
حكومى ضمن 150 م	20	12.5
صحى ضمن 150 م	20	12.5
ترفيهى ضمن 150 م	10	6.25
تجارى ضمن 150 م	10	6.25
كثافة سكانية مرتفعة	15	9.375
تقاطع بدون اشارة	15	9.375
كثرة الحوادث المرورية	20	12.5
المجموع	160	100

المصدر/ إدارة التصاميم – أمانة مكة المكرمة 2022م

ب –الدمج والحصول على النتائج:

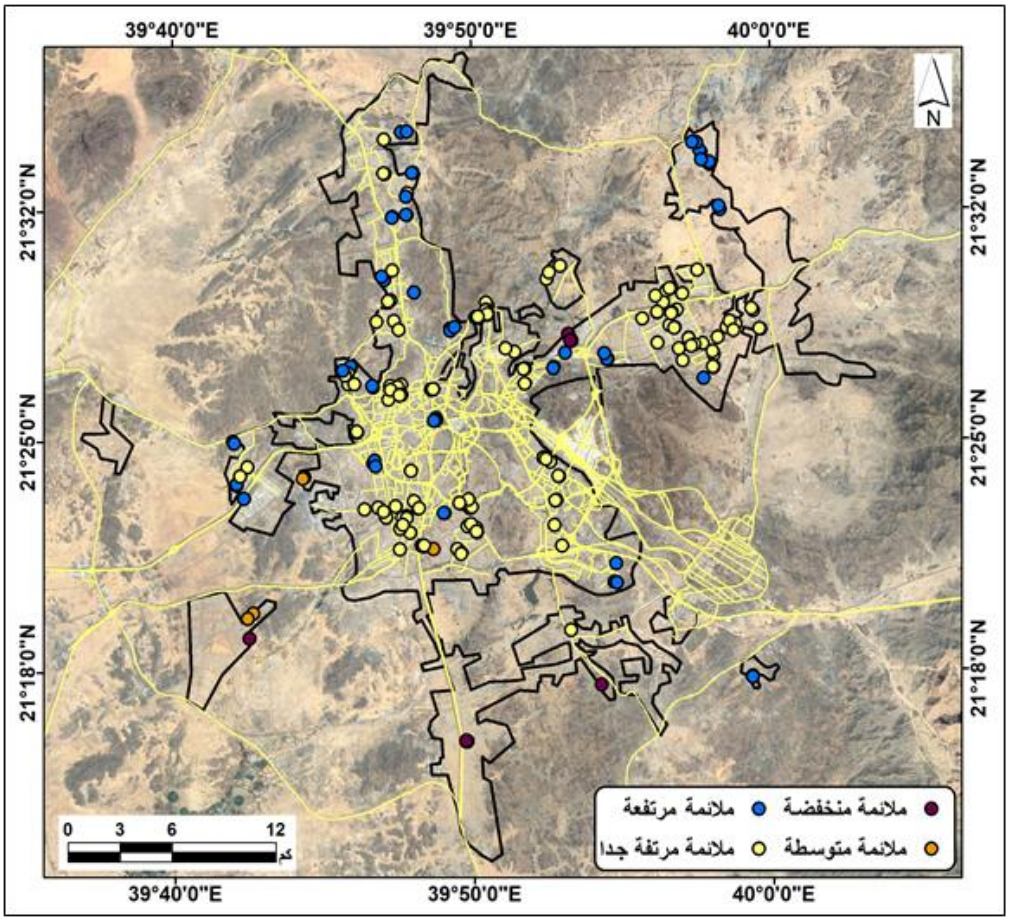
فى هذه المرحلة تم الاعتماد على القيم الوزنية التى اتبعتها لجنة تنسيق النقل والمرور بأمانة مكة المكرمة، حيث تم تحديد الوزن النسبي لكل متغير وأهميته النسبيه بناءً على دراسات فنية تناسب شبكة الطرق بمنطقة الدراسة، كما يوضحها جدول(3). وتم استخدام الحاسبة الخلوية (Raster Calculator) فى برنامج Arc GIS,V10.8.4 ، والحصول على النتائج فى شكل طبقة من نوع بيانات Raster توضح تقييم المواقع الحالية لمهدئات السرعة، حيث يصل عدد مهدئات السرعة فى فئة الملائمة المنخفضة (9) وعدد (5) فى الفئة متوسطة الملائمة وعدد (57) فى الفئة مرتفعة الملائمة وعدد(143) فى الفئة مرتفعة الملائمة، شكلي(25–26).



المصدر: تحليل نمذجة الملائمة المكانية داخل برنامج **Arc GIS10,8.4**

شكل (25) الملائمة المكانية لمواقع مهدئات السرعة الحالية بشبكة الطرق – مدينة مكة المكرمة عام 2022م

وتم إعداد تصنيف لمهدئات السرعة الحالية على حسب درجة الملائمة المكانية، ويصل عدد مهدئات السرعة التى تقع ضمن فئة الملائمة المنخفضة (10) مهدئات سرعة بنسبة 4,12%، فى حين يصل العدد ضمن فئة الملائمة المتوسطة (18) بنسبة 7,43% ويصل عدد مهدئات السرعة فى فئة الملائمة المرتفعة (62) بنسبة 25,61% بينما يصل عدد مهدئات السرعة فى فئة الملائمة المرتفعة جدا (152) وتعد هذه الفئة الأكثر انتشارا بنسبة 62,8% بالمقارنة بباقى الفئات.



المصدر: تحليل نمذجة الملائمة المكانية داخل برنامج Arc GIS10,8.4

شكل (26) تصنيف مواقع مهدئات السرعة الحالية حسب درجة الملائمة المكانية بشبكة الطرق – مدينة مكة المكرمة عام 2022م

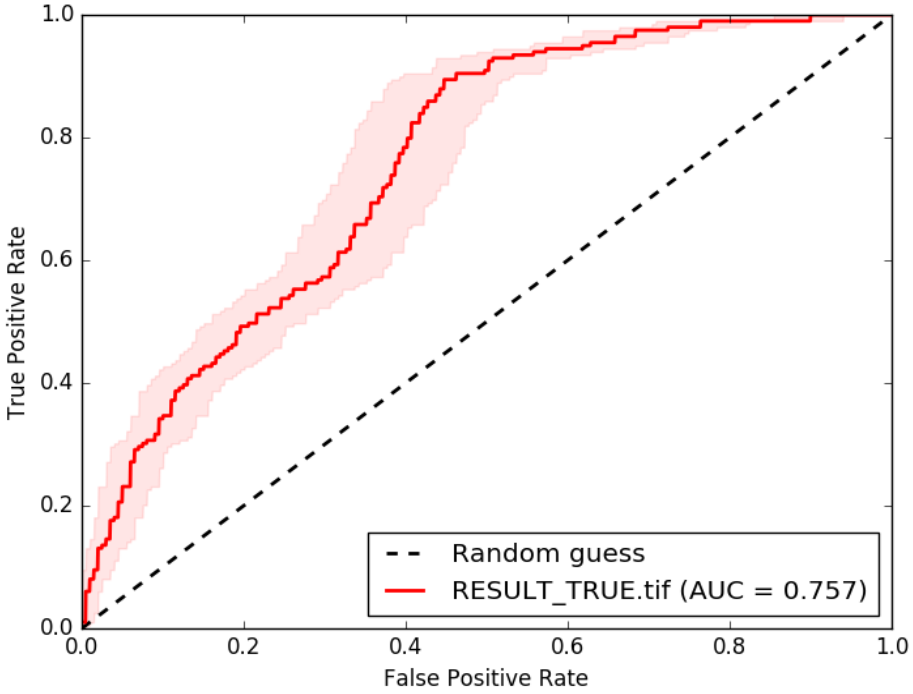
ج- تقييم دقة نموذج الملائمة المكانية لمواقع مهدئات السرعة الحالية(Validity) :

اعتمدت الدراسة فى تقييم دقة تحليل نمذجة الملائمة المكانية للمواقع الحالية لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة على تطبيق تحليل منحنى خصائص تشغيل جهاز الاستقبال **Receiver Operating Characteristic Curve (ROC Curve)** الذى يعتبر من الركائز الأساسية فى اتخاذ القرار وتمييز جودة اختبارات التصنيف وقياس قوة اختبارين، وهو تمثيل رسومي لأداء نموذج مصنف ثنائي يتم إنشاؤه عن طريق رسم معدل القيم الإيجابية الحقيقية **(TPR)** مقابل معدل القيم الإيجابية الخاطئة **(FPR)** عند عتبات تصنيف مختلفة، وتشير **TPR** إلى نسبة الحالات الإيجابية التي تم تصنيفها بشكل صحيح ، بينما **FPR** يقصد بها نسبة الحالات السلبية التي تم تصنيفها بشكل غير صحيح **(Gajowniczek,K,20014,P:383)**.

وتعد المنطقة الواقعة أسفل المنحنى **AUC) Area under the curve)** مقياس لقدرة المصنف على التمييز بين الفئات الإيجابية والسلبية، فإذا كان الخط الخاص بأحد الاختبارين فوق الآخر، فيشير ذلك على أنه أقوى في التمييز **(Schutts,J, 2016, P59)** ، ويقترن بهذا المنحنى مساحة المنطقة التى تقع أسفله ، فكلما كان المنحنى قريباً من الزاوية اليسرى العلوية كان أكثر قوة ، وكانت المساحة أسفله أكبر (قريبة من 1) ، بينما إذا كان الاختبار ضعيفاً ، فإن المنحنى يكون قريباً من الخط المرجعى وتكون المساحة أسفله قريبة من 0.5.

وتم تطبيق ذلك المنحنى فى بيئة نظم المعلومات الجغرافية ، فمن خلاله تم مطابقة مواقع مهدئات السرعة الحالية التى تشمل (242) مهدىء سرعة مع الطبقة الخلوية الناتجة من نموذج الملائمة المكانية ، ووصلت الدقة المكانية 75% لمواقع مهدئات السرعة المنفذة من قبل لجنة تنسيق النقل والمرور التابعة للإدارة العامة

للدراسات والتصاميم بأمانة مكة المكرمة شكل (27) ، وعلى حسب التصنيف العالمى لمنحنى (**ROC**) تعتبر مهدئات السرعة الحالية ذات دقة تنفيذ جيدة.



المصدر/ أداة (**ROC Curve**) فى برنامج **Arc GIS,V10.8.4** بالإعتماد على تحليلات النمذجة.

شكل (27) تقيم دقة نموذج الملائمة المكانية لمهدئات السرعة باستخدام تحليل (ROC Curve)

ومن خلال التحليلات الجيوإحصائية يوجد تباين مكانى بمنطقة الدراسة فى درجة دقة تحديد المواقع الأنسب لمهدئات السرعة الحالية؛ ويرجع ذلك لاختلاف طبيعة المحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة وعلاقات الارتباطات فيما بينها، فمن خلال جدول(4) يتضح تباين معاملات الإرتباط فيما بين المحددات المكانية لمواقع مهدئات السرعة، وبتطبيق التحليل العاملى لتحديد العوامل الأكثر تأثيراً فى تحديد مواقع مهدئات السرعة بمنطقة الدراسة، تبين أن المساجد تعد العامل الرئيس بنسبة 80.263% تبعاً للجدول(6) وشكل(28) الذى يوضح تفسير التباين واختزال العوامل إلى عدد معين .

جدول (4) مصفوفة الإرتباطات بين المحددات المكانية لمهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة

	حكومى	تقاطعات	مدارس	تجارى	صحة	الترفيهى	المساجد	الحوادث	السكان
حكومى	1.000	.077	.972	-.578-	.994	.952	.985	.864	.759
تقاطعات	.077	1.000	.117	-.077-	.102	.117	.030	.121	.123
مدارس	.972	.117	1.000	-.728-	.987	.995	.973	.952	.883
تجارى	-.578-	-.077-	-.728-	1.000	-.634-	-.785-	-.651-	-.894-	-.947-
صحة	.994	.102	.987	-.634-	1.000	.974	.986	.903	.809
الترفيهى	.952	.117	.995	-.785-	.974	1.000	.965	.974	.917
المساجد	.985	.030	.973	-.651-	.986	.965	1.000	.900	.811
الحوادث	.864	.121	.952	-.894-	.903	.974	.900	1.000	.980
السكان	.759	.123	.883	-.947-	.809	.917	.811	.980	1.000

المصدر/ بالاعتماد على برنامج التحليل الإحصائى SPSS V.16.

وتم تطبيق اختبار KMO and Bartlett's Test ، جدول (5) لاختبار جودة القياس وتخطى 70% ، مما يدل على ارتفاع دقة القياس المطبقة على البيانات ، كما تشير قيمة مربع كاى على دالة إحصائية أقل من 5% .

جدول (5) اختبار KMO and Bartlett's

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.804
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4.169E5
	df	36
	Sig.	.000

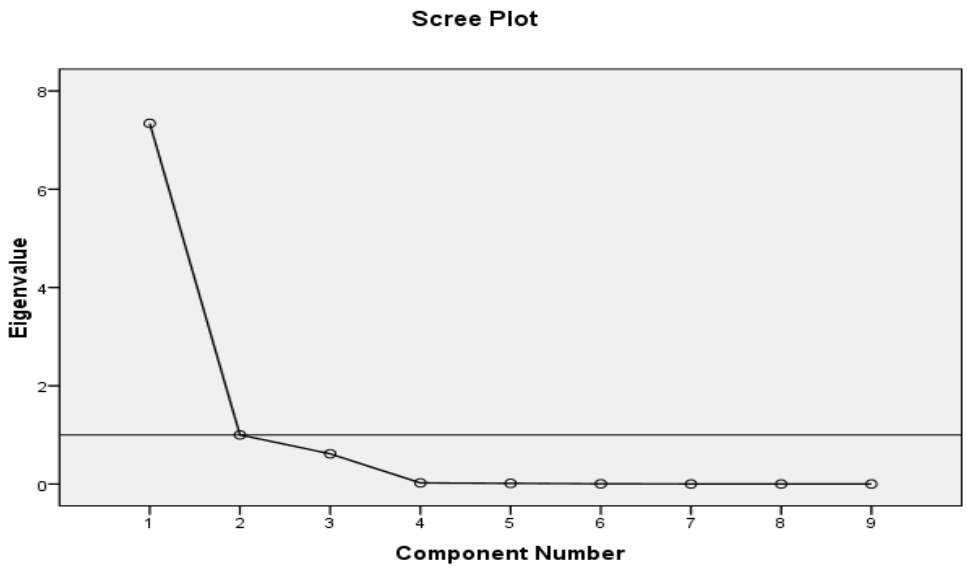
المصدر/ بالإعتماد على برنامج التحليل الإحصائى SPSS V.22.

جدول (6) تفسير التباين واختزال العوامل Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	Variance%	Cumulative %
1	7.224	80.263	80.263	7.224	80.263	80.263
2	.998	11.091	91.354			
3	.729	8.099	99.453			
4	.028	.314	99.767			
5	.014	.152	99.919			
6	.004	.047	99.966			
7	.002	.020	99.986			
8	.001	.010	99.995			
9	.000	.005	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

المصدر/ بالإعتماد على برنامج التحليل الإحصائى SPSS

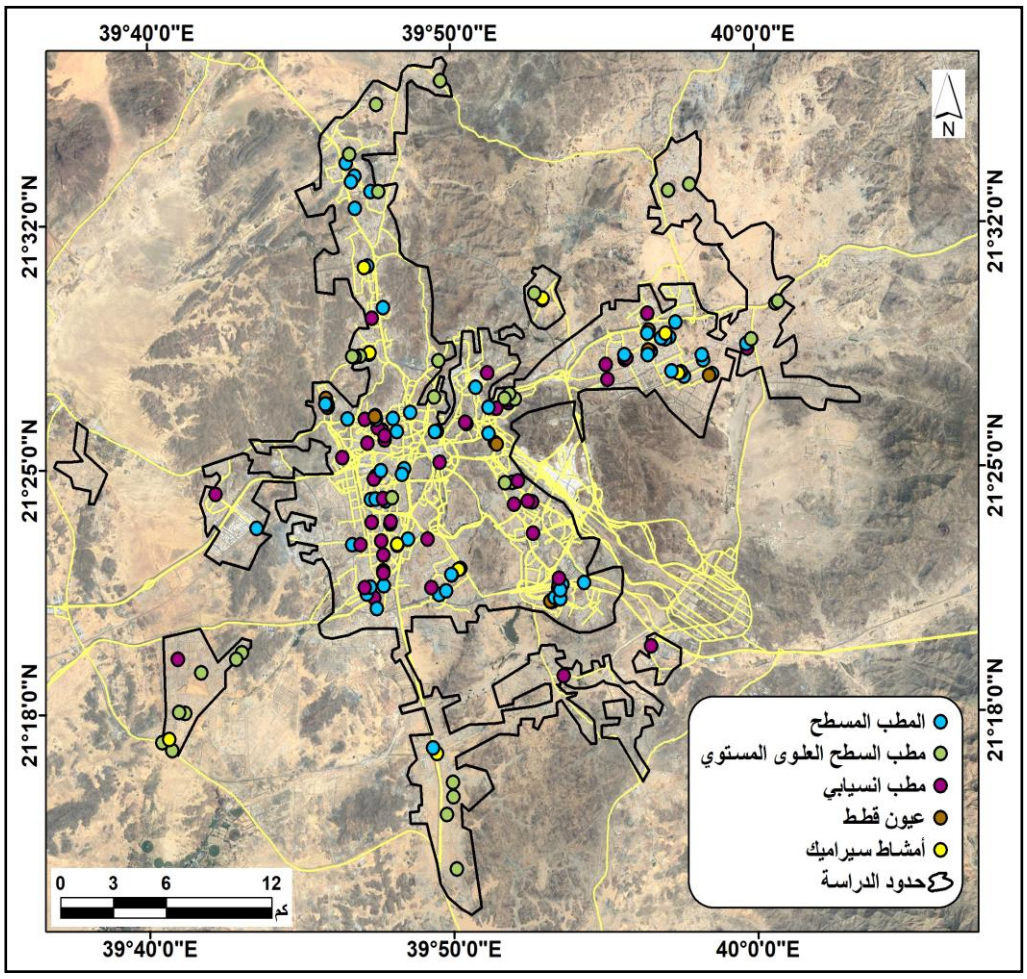


المصدر/ بالإعتماد على برنامج التحليل الإحصائى **SPSS V.16**.

شكل(28) رسم بيانى يوضح أن عامل المساجد شديد التأثير

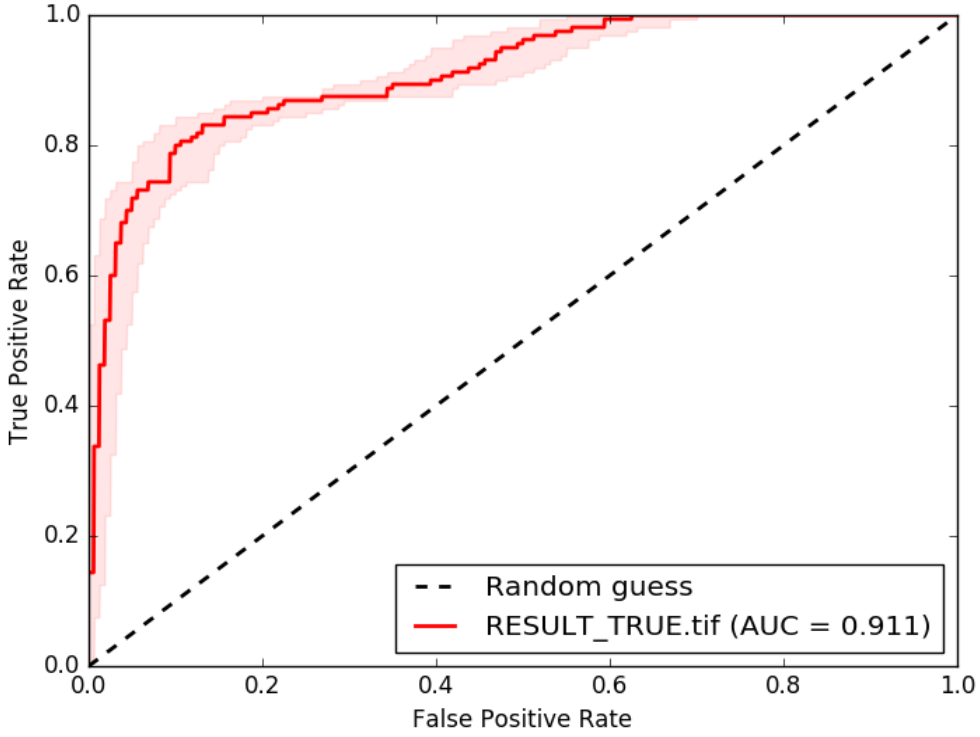
8- تحديد المواقع المقترحة لمهدئات السرعة وتقييم الدقة(Validity)

تم تقديم مقترحات لمواضع جديدة لمهدئات السرعة بشبكة الطرق بمنطقة الدراسة، وذلك من خلال تطبيق نمذجة الملائمة المكانية، حيث توصلت الدراسة إلى تحديد (162) مهدئ سرعة مقترح، تتوزع جغرافياً على إجمالى أحياء مدينة مكة المكرمة، شكل(29)، ويصل عدد مهدئات السرعة المقترحة من نوع المطب المسطح (71) من إجمالى العدد.



المصدر / بالاعتماد على تحليلات النمذجة فى برنامج Arc

شكل(29) التوزيع المكانى لمهدئات السرعة المقترحة بمدينة مكة



المصدر/ أداة (**ROC Curve**) فى برنامج **Arc GIS,V10.8.4** بالإعتماد على تحليلات النمذجة.

شكل(30) تقييم دقة نموذج تقييم مهدئات السرعة المقترحة
باستخدام منحنى (ROC Curve)

وتتخذ مواقع مهدئات السرعة المقترحة نمط التوزيع المكانى المتجمع (المتكتل)، حيث يصل معامل الجار الأقرب 0.68 ، ومعامل **Z-Score** يصل – 7.75 ، وساهم فى نمط التوزيع المكانى لمهدئات السرعة المقترحة مجموعة عوامل جغرافية، يأتي فى مقدمتها : تركز الحوادث المرورية بمواصع معينة، وكذلك الخدمات الصحية والتعليمية والحكومية وكثافة السكان؛ لذا يمكن القول بأن المواقع المقترحة لمهدئات السرعة ماهى إلا انعكاساً لنمط التوزيع المكانى للمحددات السابقة.

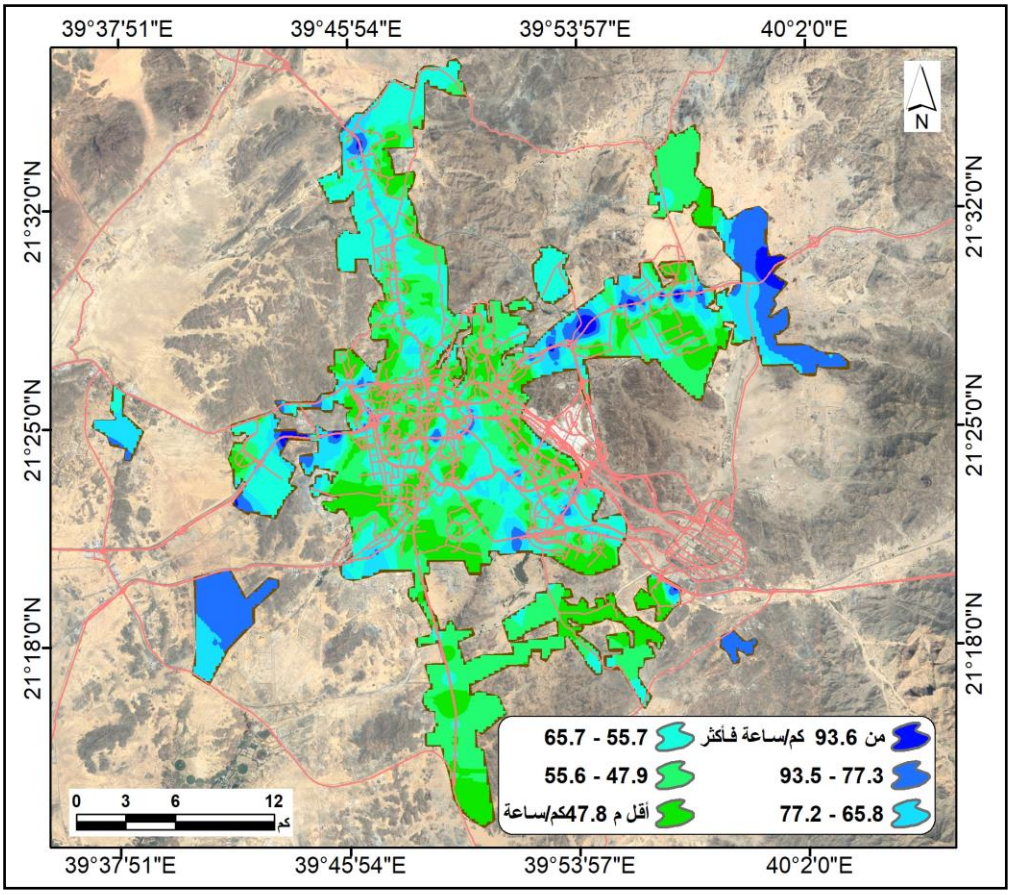
صورة(8) أحد مهدئات السرعة من نوع Flat Pump ، يتضح مدى استواء سطح المطب وتناسبه مع حركة المركبات– حى بطحاء قريش 2022م

ويراعى عند تنفيذ مهدئات السرعة المقترحة الحد من تنفيذ المطبات القصيرة **(Speed bump)** ويقتصر تنفيذها على محاور الطرق المحلية فقط ، ويتم تنفيذ مطبات السطح العلوى المستوى **(Speed Table)** بمحاور الطرق القريبة من النقاط التي ترتفع بها كثافة حركة المشاة، وتنفذ المطبات الإنسيابية **(hump Speed)** بمحاور الطرق القريبة من المستشفيات والمدارس ، فى حين يتم التوسع بشكل كبير فى تنفيذ مهدئات السرعة من نوع المطب المسطح **(Flat bump)** بمواقع جميع الخدمات بمدينة مكة المكرمة، وذلك لعدم إعاقتها لمركبات الطوارئ، كما لا ينتج عنها تلفيات قد تصيب المركبات المتحركة، ومن خلال تحليلات التقنيات الجيومعلوماتية والدراسة الميدانية تبين أن هذا النوع يعد الأنسب لشبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة.

9- النموذج الرقمى للسرعات Digital Speed Model **والمراقبة المكانية والزمانية:**

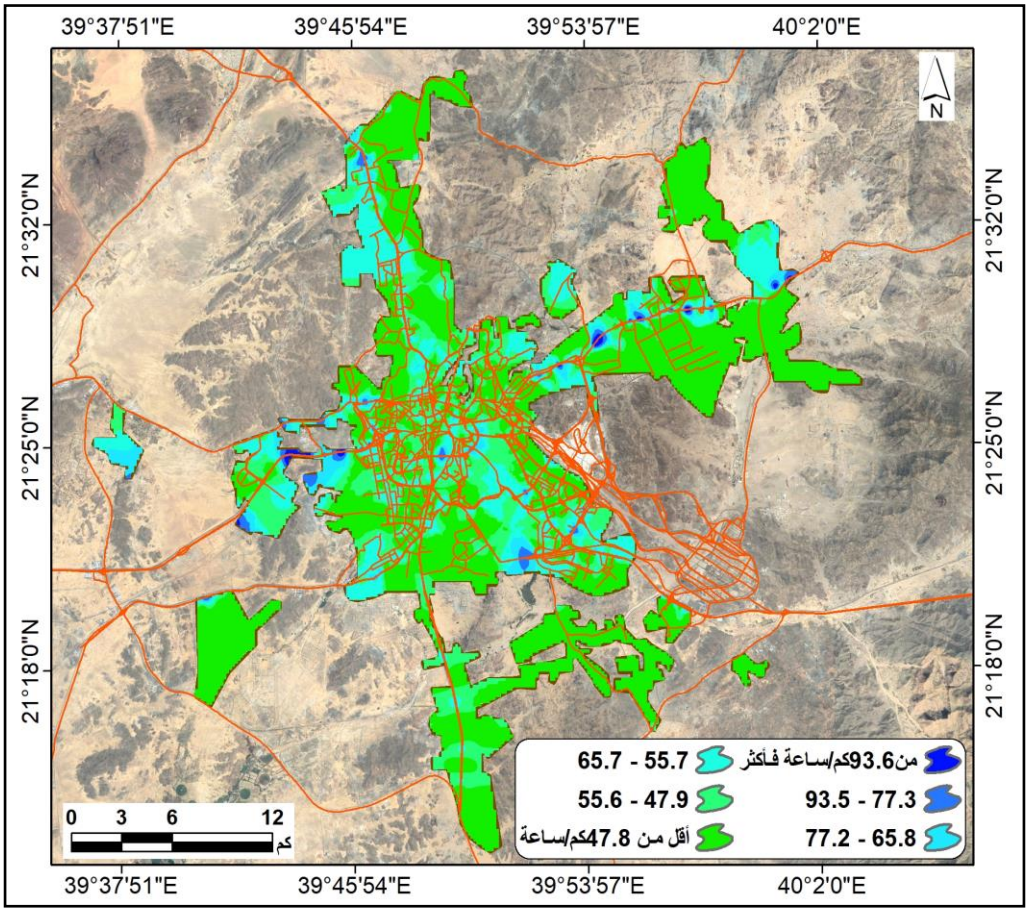
يقصد بالنموذج الرقمى للسرعات طبقة نقطية **(Raster)** تتكون من خلايا، وتحمل كل خلية قيمة رقمية تعبر عن متوسط السرعة للمركبات المتحركة (كم/ساعة)

على طول محاور الطرق والشوارع، وبالاعتماد على الدراسات المرورية لإدارة المرور بالعاصمة المقدسة، ونتائج الحصر الميدانى، خاصة على نقاط رصد ثابتة ومتحركة بمحاور شبكة الطرق والشوارع داخل حدود الحيز العمراني بمدينة مكة المكرمة، وباستخدام برنامج **Arc GIS,V10.8.4** ، فإنه تم إنتاج نموذج رقمي للسرعات يعبر عن سرعة المركبات المتحركة قبل تنفيذ مهدئات السرعة قيد الدراسة، ونموذج آخر يعبر عن نفس الغرض، لكن فيما بعد تنفيذ مهدئات السرعة المنفذة؛ وذلك بهدف التعرف على التأثير الفعلى لمهدئات السرعة على خصائص الحركة المرورية مكانياً وزمانياً، شكلي(31–32) .



المصدر/ بالإعتماد على تحليلات النمذجة فى برنامج Arc GIS,V10.8.4 .

شكل(31) نموذج الرقمى للسرعات (DSM) قبل تنفيذ مهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة عام 2022م



المصدر/ بالإعتماد على تحليلات النمذجة فى برنامج **Arc GIS,V10.8.4** .

شكل(32) نموذج السرعات الرقمى(DSM) للطرق بعد مهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة عام 2022م

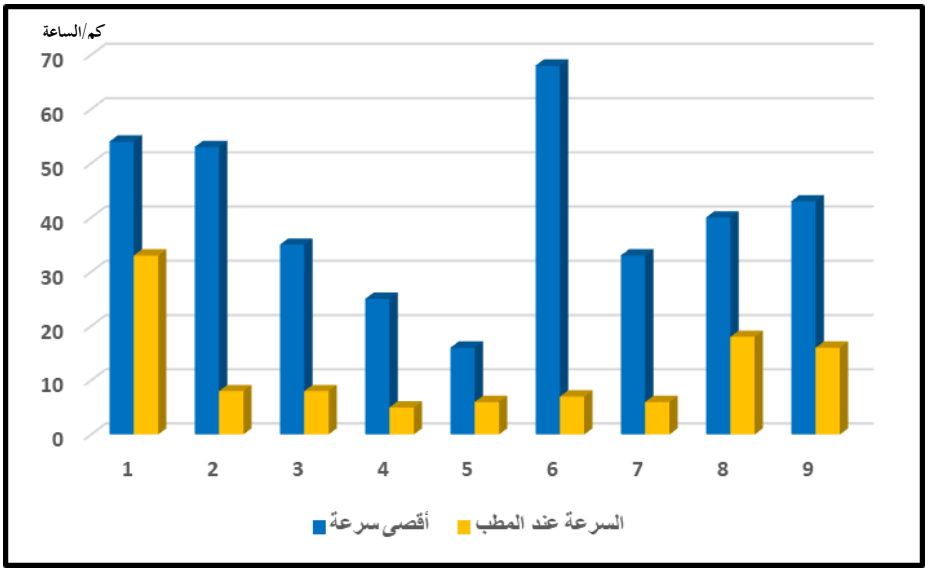
10- تحليل قطاعات السرعة والسلامة المرورية:-

اعتمدت الدراسة على تحديد عدد (9) نقاط إختبار أخذت عليها قطاعات طولية لسرعة المركبات، أشكال(34-35-36-37-38-39-40-41-42) ومن خلال تحليل وتفسير هذه القطاعات يمكن التعرف علي دور مهدئات السرعة ومدى تأثيرها على خصائص النماذج الرقمية للسرعات سواء على المستوى المكانى أو الزماني.

وتبين أن لمهدئات السرعة دور فعال فى تخفيض سرعة المركبات المتحركة على محاور الطرق والشوارع الداخلية، خاصة عند مواقع الخدمات (التعليمية – الدينية – التجارية) ومواقع الكثافة السكانية المرتفعة ونقاط التقاطعات المرورية) بشكل إجبارى وواضح ؛ وذلك نتيجة لتقليل السرعة الزائدة وممارسات القيادة الخاطئة التي يحتمل أن تكون خطرة، خاصة في مناطق فى المخططات السكنية الجديدة مثل: ولى العهد – العمرة الجديدة –الشوقية وشرائع المجاهدين.

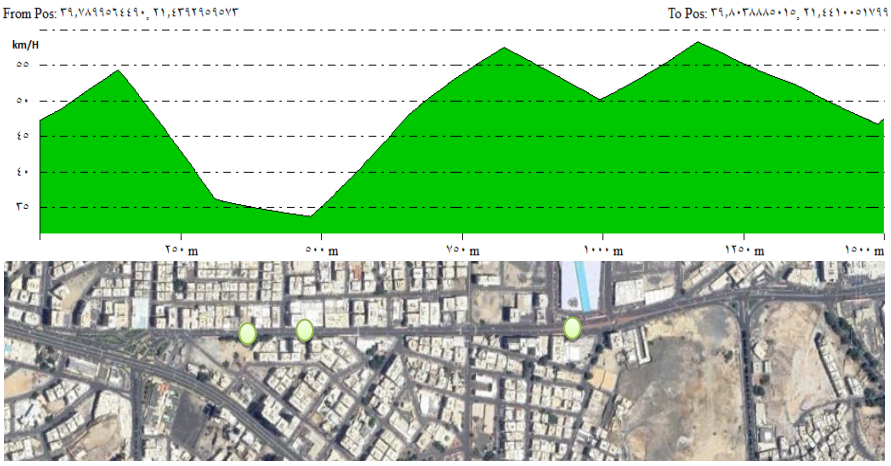
رقم القطاع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	المتوسط
أقصى سرعة قبل المطب كم/ساعة	54	53	35	25	16	68	33	40	43	40.78
السرعة عند المطب كم/ساعة	33	8	8	5	6	7	6	18	16	11.89
فرق السرعة كم/ساعة	21	45	27	20	10	61	27	22	27	28.89
المسافة قبل وصول المركبة للمطب (م)	457	370	140	382	600	591	405	517	117	397.67

المصدر: تحليل قطاعات السرعة فى برنامجي : **Global Mapper,V22 & Arc GIS,V10.8.4**



المصدر/ بالإعتماد على جدول (7).

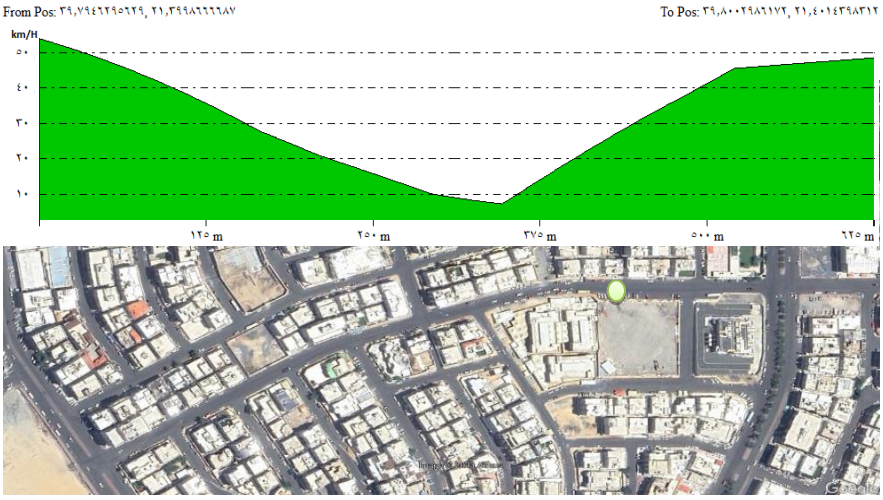
شكل(33) التباين المكانى للسرعات قبل وعند مواقع مهدئات السرعة بالقطاعات الطولية



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل(34) قطاع السرعة رقم (1)

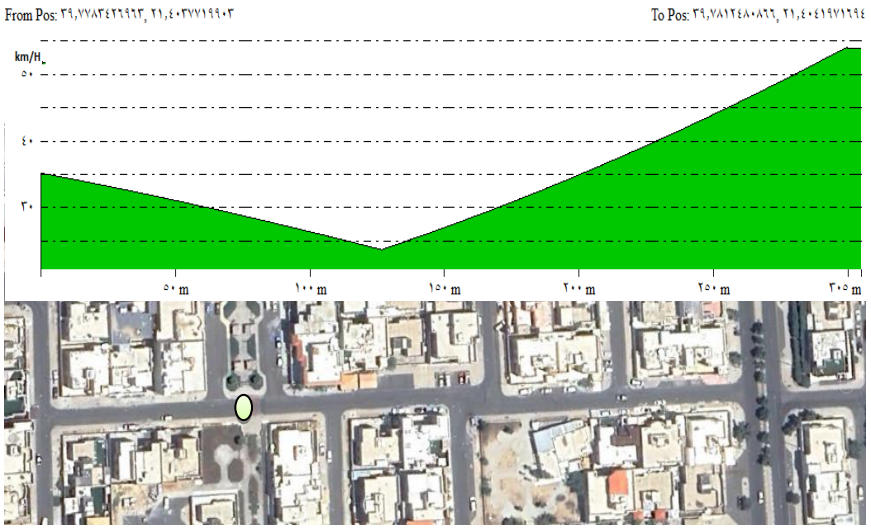
اسم الشارع/ الحجون–النوع/ رئيسي – الحي / الزاهر



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل (35) قطاع السرعة رقم (2)

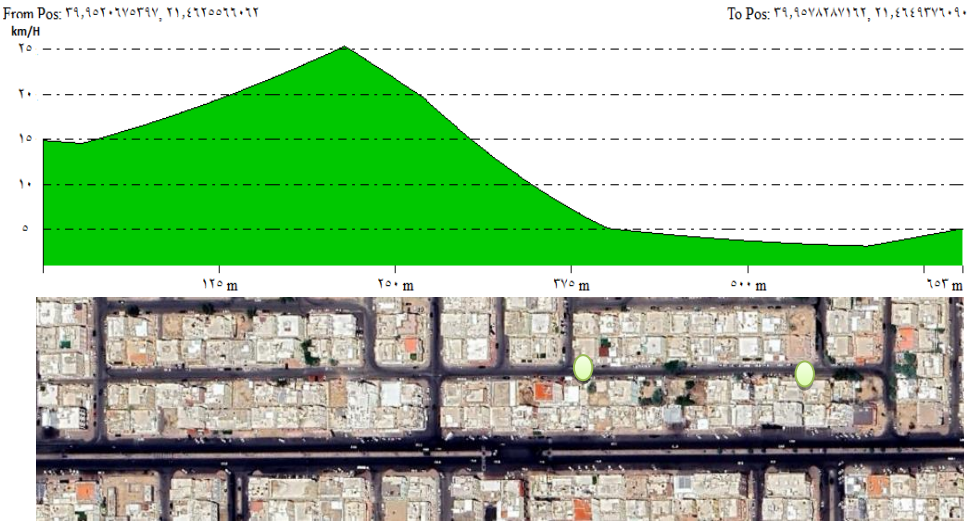
اسم الشارع/ محمد على مغربي – النوع/ فرعي – الحي / الخالدية



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل(36) قطاع السرعة رقم (3)

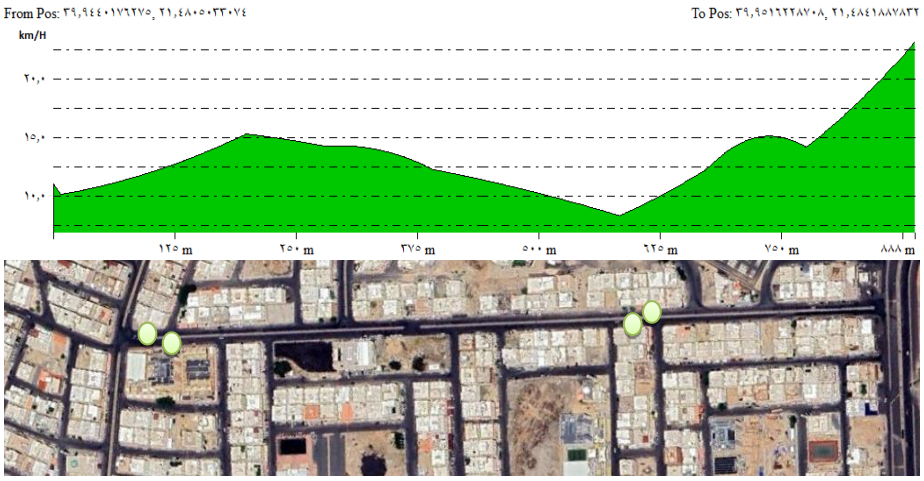
اسم الشارع/ صالح جمال ـــالنوع/ فرعى – الحي / الملك فهد



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل(37) قطاع السرعة رقم (4)

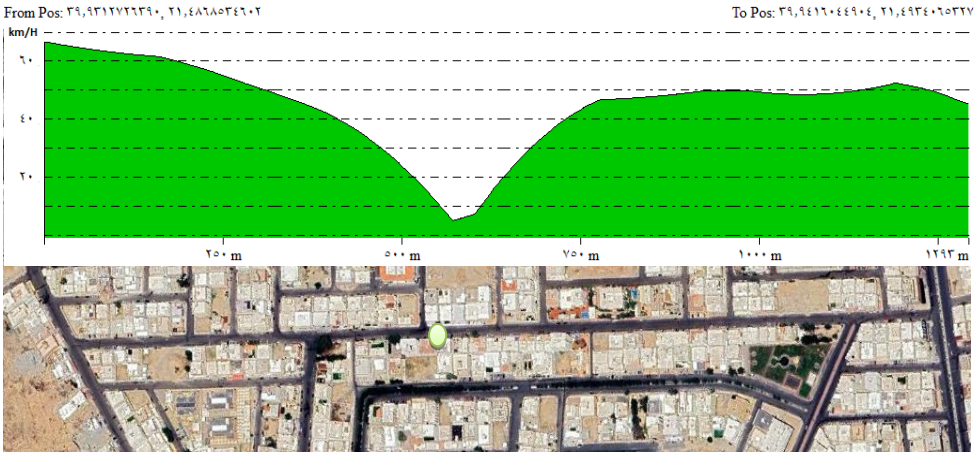
اسم الشارع/ القادسية ـــالنوع/ تجميعى – الحي / شرائع المجاهدين



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل (38) قطاع السعة رقم (5)

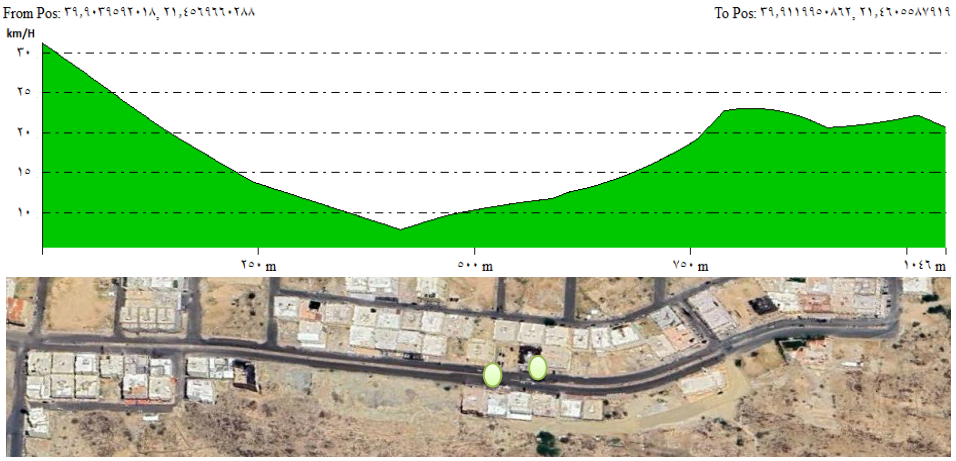
اسم الشارع/ القادسية ـــالنوع/ تجميعى – الحي / شرائع المجاهدين



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل (39) قطاع السعة رقم (6)

اسم الشارع/ ناصر الدين ـــالنوع/ فرعى الحي / شرائع المجاهدين



المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل(40) قطاع السرعة رقم (7)

اسم الشارع/ الفردوس ـــالنوع/ فرعى الحي / شرائع المجاهدين

المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي **Global Mapper,V22& Pro Google Earth**.

شكل(41) قطاع السرعة رقم (8)

اسم الشارع/ متفرع من شارع الدكتور عبدالله كوشك ـــالنوع/ فرعى الحي / الشوقية

المصدر/ بالإعتماد على الدراسة الميدانية والنموذج الرقمي للسرعات وبرنامجي Global Mapper,V22& Pro Google Earth.

شكل (42) قطاع السرعة رقم (9)

اسم الشارع/ متفرع من شارع ذات النطاقين ـــــالنوع/ فرعى الحي / بطحاء قريش

ومن خلال تحليل قطاعات السرعات، يتضح أن مهدئات السرعة خفضت من سرعة المركبات المتحركة من حوالى 10إلى 28.89كم/ساعة بجميع محاور شبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة، مما يجعل لها دور فعال فى تهدئة الحركة المرورية، وانعكس ذلك بالفعل على ارتفاع معامل السلامة المرورية، حيث انخفضت أعداد حوادث الإصابات بمعدل 15 حادثاً؛ وترتب على ذلك انخفاض واضح في أعداد المصابين بنحو 10.4% ، كما انخفضت حوادث الوفيات ووصل معدلها 13حادثاً، وبالتالى انخفض إجمالي الوفيات بنحو 22.4%، وانخفضت حوادث التلفيات بمعدل 59 حادثاً بنسبة 7.6% (إدارة المرور، العاصمة المقدسة، المملكة العربية السعودية،2022) .

وبالتالى يمكن الإعتماد على تحليل النماذج الرقمية للسرعات وقطاعات السرعة على طول محاور شبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة فى المراقبة المكانية

والزمانية لدور مهدئات السرعة فى تخفيض سرعة المركبات، خاصة أمام المواقع التى تتطلب تدخلاً فى تهدئة حركة المرور.

11- النماذج الرقمية للسرعات ورصد التلوث البيئي:

يمكن أن تساعد هذه النماذج فى التعرف على قياس ومراقبة الأثر البيئى لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة. مؤخراً أدى التوسع الكبير فى شبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة والزيادة المستمرة فى أعداد المركبات المتحركة إلى زيادة نسبية فى التلوث البيئى، مما قد يؤثر على صحة السكان وجودة الهواء. ومن أشكال تلوث الهواء بمواقع مهدئات السرعة الزيادة النسبية فى معدلات ثاني أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكبريت، ثاني أكسيد النيتروجين والمادة الجسيمية المعلقة القابلة للتنفس الناتجة عن عادم المركبات المتحركة.

ومن خلال دراسة **(Bahar et al., 2009,p17)** يتضح عالمياً أن قطاع النقل يسهم بنسبة 70% فى التلوث البيئي الحضري ، ويسهم أول أكسيد الكربون بحوالي 90% من جميع الانبعاثات الصادرة عن قطاع النقل ويزداد هذا المعدل ويصل إلى الحد الأقصى عندما تكون حركة السيارات بطيئة، خاصة عند مواقع مهدئات السرعة، حيث لا تتجاوز سرعتها 30كم/ساعة؛ ويرجع ذلك إلى الخصائص الميكانيكية للسيارات، مثل المحركات وعمليات تبديل التروس عند الاقتراب من مهدئات السرعة؛ وبالتالي يزداد استهلاك الطاقة بالمحركات، حيث تستخدم المركبات المتحركة الكثير من الوقود عند السير بسرعات مرتفعة ومنخفضة، وبالتالى يؤثر التسارع والتباطؤ المستمر الناتج عن سلسلة مهدئات السرعة على انبعاثات المركبات بشكل سلبى**(Korra Ravi Kirana, M. Kumara, B.P:1212)** .

وتبعاً لتقرير (منظمة الصحة العالمية، عام2014م) تتركز انبعاثات العادم فى الحد الأقصى بمواقع مهدئات السرعة، خاصة عندما تتراوح سرعة المركبات بين(0-30 كم / ساعة) ؛ ويترتب على ذلك زيادة فى انبعاثات الملوثات، فمن خلال دراسة

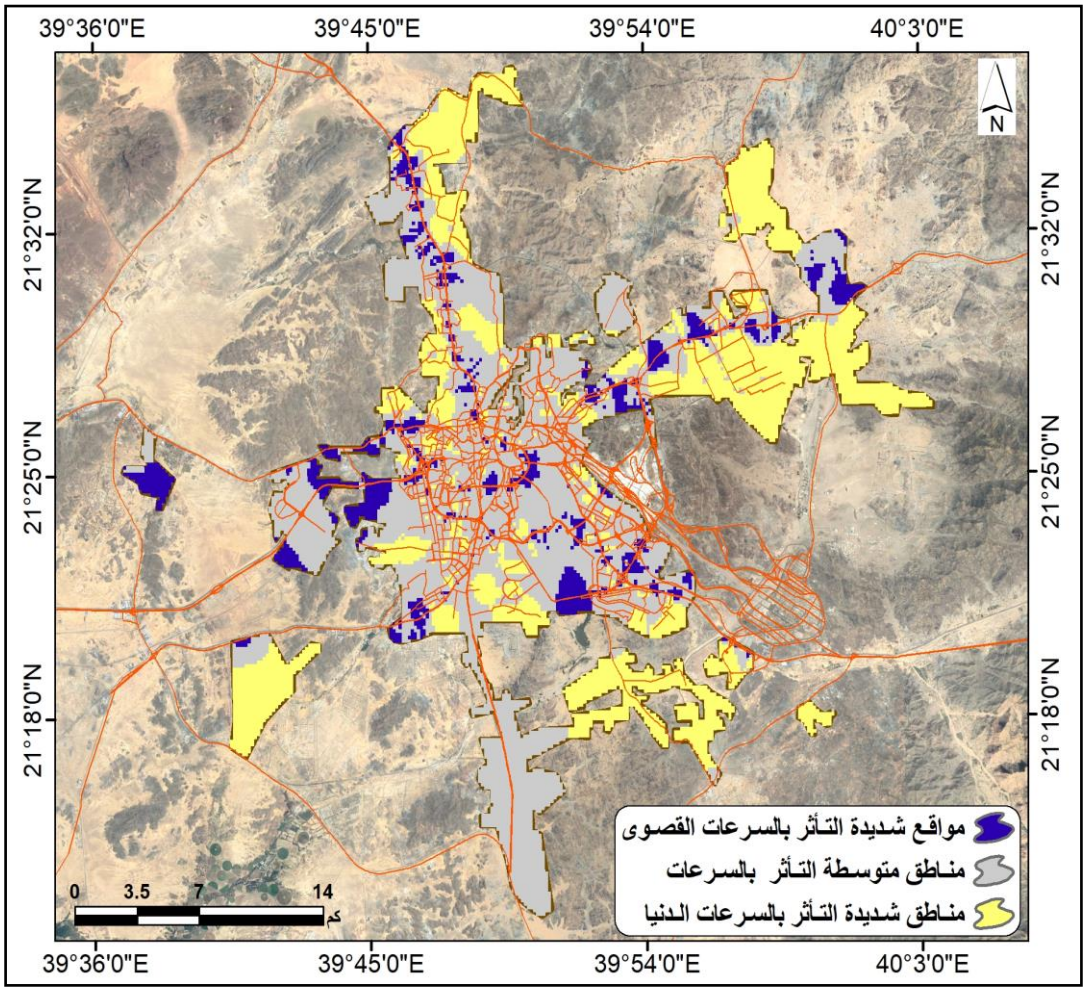
(Ahn and Rakha, 2009, 411–424) تبين زيادة الهيدروكربونات بنسبة 51%، ونسبة أول أكسيد الكربون بنحو 44% ، وأكاسيد النيتروجين بنسبة 110% ، كما تزداد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالى 52% على التوالي أثناء عبور المركبات فوق مهدئات السرعة بالمقارنة مع محاور الطرق غير المتواجد بها مثل هذه الوسائل.

ومن خلال جدول(7) وشكل(43) ، نلاحظ أن مهدئات السرعة خفضت من سرعة المركبات على محاور شبكة الطرق والشوارع بمدينة مكة المكرمة حوالى28.89 كم/ساعة بمواقع الاختبار الميدانى(القطاعات الطولية للسرعات)، حيث تراوحت متوسطات سرعة المركبات بين 40.77كم/ساعة قبل الوصول لهذه المهدئات بمتوسط مسافة قدرها 397م و11.88كم/ساعة فوق مواضع مهدئات السرعة.

وتبعاً لدراسات (معهد بحوث الحج والعمرة ،عام2022 م) والقياسات الميدانية لرصد الانبعاثات الناتجة عن حركة المركبات بمدينة مكة المكرمة، تبين أن مهدئات السرعة تسهم فى زيادة انبعاثات المركبات والغازات التى تؤثر على البيئة المحيطة، حيث بلغت متوسطات انبعاثات (ثانى أكسيد الكبريت– ثانى أكسيد النيتروجين–غاز كبريتيد الهيدروجين– ثانى أكسيد الكربون– أول أكسيد الكربون) نحو(0.38–0.57– 5.91–492.44– 5.27 جزء فى المليون) على التوالى.

وأرجعت دراسة (معهد بحوث الحج والعمرة ، مرجع سبق ذكره) زيادة الانبعاثات المسببة للتلوث البئيى بمدينة مكة المكرمة إلى عامل المركبات المتحركة، حيث تعد المصدر الأساسي لهذه الملوثات، مما زاد من دور وحدة فحص السيارات والرخص التابعة لإدارة المرور بمنطقة العاصمة المقدسة بالفحص الدورى للمركبات والتشديد على خفض انبعاثات العادم من خلال استخدام فلاتر ذات جودة عالية مخصصة لذلك الغرض.

كما لوحظ أن الانبعاثات المسببة للتلوث تزداد بمواقع السرعات الدنيا والسرعات القصوى للمركبات المتحركة، وفيما بين الفئتين يتأثر التلوث بكثافة حركة المركبات وعوامل أخرى، حيث لا يعد عامل سرعة المركبات العامل الرئيس. وطبقاً لشكل(43) الذى يوضح تأثير عامل السرعات على المواقع المحتمل أن يزداد بها التلوث البيئى، فإنه تعد مواقع(الشرائع –العمرة الجديدة –ولى العهد) أهم المواقع المتأثرة بيئياً بالسرعات الدنيا، بينما تعد مواقع: محوري طريق مكة جدة السريع والمدينة المنورة متأثرة بيئياً بمواقع السرعات القصوى، بينما تعد الفئة الوسطى قليلة التأثر بيئياً بعامل السرعات، حيث تتأثر بعوامل أخرى، مثل كثافة حركة المركبات المتحركة والتوزيع المكانى للمبانى الصناعية المسببة لانبعاثات التلوث البيئي.



المصدر/ برنامج **Arc GIS,V10.8.4** بالإعتماد على تحليلات النمذجة.

شكل(43) قياس التأثير البيئى للسرعات فى انبعاثات التلوث المحتملة

12- تأثير الإنارة على كفاءة مهدئات السرعة:

عند تنفيذ مهدئات السرعة للطرق ومعابر المشاة والتقاطعات، فإنه يشترط إنارة مواقعها ليلاً ، ويؤخذ فى الإعتبار اتباع المواصفات والإشتراطات الفنية لإنارة الطرق والشوارع والميادين الصادرة عن الجهات المختصة، وتتوافق شدة إضائتها مع شدة الإنارة بالطرق المصصمة عليها هذه المهدئات ، بحيث لا تقل شدة الإنارة عن ستة (٦) لوكس (المواصفات العامة لانشاء الطرق الحضرية، 1998 ص680).

ولإنارة مواقع مهدئات السرعة على الطرق أهمية كبيرة، خاصة أن مهدئات السرعة تؤثر بشكل فعلي فى التباين المكاني لسرعات المركبات على محاور الطرق فى فترات الليل والنهار(Maria Johansson,2018,p3) ، ومقدار الوقت المطلوب للتنقل من نقطة إلى أخرى على محاور الطرق (زمن التأخير) (Korra Ravi Kiran,2019.p:1213) ، وبشكل كبير تسهم إنارة مواقع مهدئات السرعة فى الحد من أعداد الحوادث المرورية وزيادة السلامة المرورية للمركبات والمشاة أثناء فترات الليل، مما يجعل من تأثير خفض السرعة أثناء الليل أمراً مهماً لضمان انخفاض ثابت في السرعة وتقليل إحتمالية وقوع حوادث ليلاً.

ومن خلال الدراسة الميدانية تبين أن سرعة المركبات في مواقع الإختبار الميداني أعلى بشكل ملحوظ خلال النهار أكثر من الليل بمعدل(+0.8 كم / ساعة)، كما لوحظ أن سرعة القيادة تنخفض عند مواقع مهدئات السرعة بنسبة 20% أثناء الليل بالمقارنة مع الحد الأقصى للسرعة المحددة.

وطبقاً لذلك قامت إدارة الإنارة التابعة لإدارة الطرق (وكالة المشاريع- أمانة مكة المكرمة، عام2022م) بالتوسع فى إنارة الشوارع بجميع أنحاء مدينة مكة المكرمة،

وإعداد دراسات تفصيلية لمحاور الطرق التى تتركز بها مهدئات السرعة من خلال عقود تشمل تنفيذ وتركيب وأعمال صيانة، صورة(8).

صورة (9) أعمال تركيب أعمدة الإنارة

مخطط الزهراء منطقة الشرائع،عام 2022م

النتائج

تمتلك تقنيات الجيومعلوماتية إمكانات كبيرة فى: جمع ومعالجة وتحليل البيانات والحصول على النتائج وتقييمها، فمن خلال هذه التقنيات وتكاملها مع بيانات المراجعة الحقلية تم التوصل إلى العديد من النتائج، يأتي فى مقدمتها: التعرف على خصائص التوزيع المكانى للمحددات المكانية لتقييم مواقع مهدئات السرعة بمدينة مكة المكرمة، وتشمل الخدمات (الدينية–التعليمية– الحكومية– الصحية– التجارية) ، الكثافة السكانية، التقاطعات المرورية والحوادث المرورية، حيث جميعها تتخذ نمط التوزيع المكانى من النوع المتجمع(المتكتل)، وتتراوح قيم معامل قيم الجار الأقرب بين (0.819: 0.165) ، وبالإعتماد على هذه المحددات وتصنيفها، بحيث تكون الفئة الواقعة ضمن الحيز المكانى 150م الأكثر أهمية من بقية الفئات، وتبعاً لأهميتها النسبية التى وضعتها لجنة تنسيق النقل والمرور بأمانة العاصمة المقدسة، وباستخدام نموذج الملائمة المكانية تم التقييم المكاني لمواقع مهدئات السرعة الحالية وتصنيفها تبعاً لدرجة الملائمة المكانية، وباستخدام تحليل (**ROC Curve)** تم قياس درجة دقة تنفيذ مهدئات السرعة الحالية حبث وصلت الدقة نحو 75%، وتعتبر دقة جيدة على حسب التصنيف العالمى. وبتطبيق التحليل العاملى على البيانات المدخلة للنموذج لتحديد العوامل الأكثر تأثيراً فى تحديد المواقع الأنسب لمهدئات السرعة بمنطقة الدراسة، تبين أن المساجد تعد العامل الرئيس بنسبة 80.26% ، وباستخدام تقنيات الجيومعلوماتية تم تحديد (162)مهدئ سرعة تمثل النقاط الأنسب للتوسع المستقبلي، وتتوزع جغرافياً على إجمالى أحياء مدينة مكة المكرمة، وباستخدام تحليل **(ROC Curve)** بلغت دقة التحليل داخل النموذج المستخدم 92% ، وتعد دقة جيدة جداً على حسب التصنيف العالمى. كما توصلت الدراسة إلى أن مهدئات السرعة من نوع السطح المستوى **(Flat bump)** تعد النوع الأنسب لشبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة ، يليها مطبات السطح العلوى المستوى **(Speed Table)**، بينما تعد المطبات القصيرة **(Speed bump)** غير مفضلة، وذلك لما قد ينتج عنها من تلفيات

من الممكن أن تصيب المركبات المتحركة، وقد ينتج عنها توقف فى حركة سيارات الطوارئ وبطء سرعتها. كما تناولت الدراسة إعداد النموذج الرقمى للسرعات **Digital Speed Model** وتأثيره على المراقبة المكانية والزمانية لدور مهدئات السرعة فى خفض سرعات المركبات وتعزيزالسلامة المرورية. وتم إجراء قطاعات للسرعة بمواقع مختارة ميدانياً، وبتحليل النماذج الرقمية للسرعات وقطاعاتها، تبين أن مهدئات السرعة خفضت من سرعة المركبات المتحركة من حوالى (10: 28.89كم/ساعة)، كما حدث انخفاض في أعداد المصابين نتجية الحوادث المرورية من تصادم ودهس بنحو 10.4% . كما تناولت الدراسة تأثير مهدئات السرعة على تلوث البيئة الحضرية بمدينة مكة المكرمة، وقياس التأثير البيئى للسرعات فى انبعاثات التلوث المحتملة ، وتعد انبعاثات العادم موجودة فى الحد الأقصى بمواقع مهدئات السرعة. ومن خلال دراسة تأثير مهدئات السرعة على خصائص سرعة المركبات ليلاً ونهاراً، أظهرت النتائج أن سرعة المركبات المتحركة في مواقع الإختبار الميدانى أعلى بشكل ملحوظ بمعدل(+ 0.8 كم / ساعة) خلال النهار أكثر من الليل، وانخفضت سرعة القيادة بنسبة 20% أثناء الليل بالمقارنة مع الحد الأقصى للسرعة المحددة.

التوصيات

التوصيات المقدمة بناءً على هذه الدراسة تعطي الأولوية لاستخدام التقنيات الجيومعلوماتية لتنفيذ استراتيجية تفيد فى تعزيز السلامة المرورية على شبكة الطرق داخل مدينة مكة المكرمة، خاصة عند تقييم مهدئات السرعة الحالية والتخطيط للتوسع المستقبلى للمواقع الأنسب لمهدئات سرعة مقترحة، كما قد تستخدم هذه الإستراتيجة فى المراقبة المستمرة على المستوى المكانى والزمانى؛ وتوصي الدراسة بما يلي:-

1) ضرورة استخدام التقنيات الجيومعلوماتية فى إدارة السرعات بشبكة الطرق بمدينة مكة المكرمة، خاصة عند مواقع مهدئات السرعة.

2) تقييم الأثر البيئى والإجتماعى لمهدئات السرعة.

3) دراسة مدى تكاملها مع وسائل تعزيز السلامة المرورية الأخرى،من: كاميرات مراقبة –إشارات ضوئية ورصد بالرادارات الثابتة والمتحركة.

4) عدم التوسع فى تنفيذ مهدئات السرعة من نوع: المطب القصير، خاصة فى مسارات مرور سيارات الطوارئ.

5) التوسع فى تنفيذ المطبات المستوية والانسيابية، حيث لا ينتج عنها تلفيات قد تصيب المركبات المتحركة.

6) دعم مهدئات السرعة بالإشارات الضوئية واللوحات التحذيرية التي تشير بتواجد مطب بمحور الطريق.

7) يؤخذ فى الإعتبار المسافات البينية فيما بين مهدئات السرعة بحيث لا تقل عن مسافة تتراوح ما بين (200م:300م).

8) ضرورة تنفيذ الصيانة الدورية لمهدئات السرعة ومنع التعديل عليها نهائياً من قبل السكان إلا من الجهات المختصة بذلك الغرض.

9) تشكيل لجنة من المختصين لتطوير التصميم الهندسى الأنسب لمهدئات السرعة بما يتوافق مع طبيعة شبكة الطرق والخصائص الإجتماعية للسكان بمدينة مكة المكرمة.

10) تنفيذ قدر كافى من مهدئات السرعة من نوع المطبات المستوية التى إقترحتها الدراسة، خاصة فى مناطق المخططات الجديدة، مثل: ولي العهد – شرائع المجاهدين – العمرة الجديدة وبطحاء قريش.

المراجع:

1) **الدليل الموحد لوسائل التحكم المروري(2009م) : وزارة النقل والمواصلات – المملكة العربية السعودية.**
2) **إدارة المرور، العاصمة المقدسة، المملكة العربية السعودية (2022.(**
3) **منظمة الصحة العالمية (2014م) : سلامة المشاة ، كتيب تدريبى حول السلامة على الطرق لمتخذى القرارات والممارسين، منظمة الصحة العالمية، وحدة تبادل المعرفة والانتاج، المكتب الاقليمى لمنظمة الصحة العالمية شرق المتوسط ، مدينة ناصر القاهرة، مصر .**
4) **المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية (1998م): وزارة النقل (المواصلات سابقاً) – المملكة العربية السعودية**
5) **مى عبد المناف رحيم (2020م): الملائمة البيئية للمطبات في شوارع مدينة الكوت، مجلـــة كليـــة التربيـــة، جامعة واسط ، العدد التاسع والثلاثون، الجمهورية العراقية.**
6) **هيئة الشئون البلدية والقروية (2020م): المواصفات العامة لتصميم الطرق الحضرية، المملكة العربية السعودية.**
7) **معهد بحوث الحج والعمرة(2022م)، المملكة العربية السعودية.**
8) **وزارة الحج والعمرة بالمملكة العربية السعودية (2022م).**
9) Ahn, K., & Rakha, H. (2009): A field evaluation case study of the environmental and energy impacts of traffic calming. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14(6).
10) Ewing, R., and Hodder., R.) 1996(: Best Development Practices. National Center for Smart Growth, University of Maryland, College Park.

11) Gajowniczek,K.,& Ząbkowski.,T(2014): estimating the roc curve and its significance for classification models assessment, quantitative methods, vol. xv, no. 2.

12) GarcIa, A., A. J. Torres, M. A. Romero, and A. T. Moreno. (2011): Speed Profiles in Cross-Town Roads with Traffic Calming Measures. Presented at XVI

13) Hallmark, S., K. Knapp, G. Thomas, and D. Smith. (2009): Temporary Speed Hump Impact Evaluation. Iowa Department of Transportation and Center for Transportation Research and Education, Iowa State University, Ames.

14) Han,h.,(2021) The Utility of Receiver Operating Characteristic Curve in Educational Assessment: Performance Prediction

15) Kai, F., Jingyuan, W., (2019): Decision Making with Machine Learning and ROC Curves, Department of Computer Science .

16) Korra Ravi Kirana, M. Kumara, B. Abhinay.(2019): Critical Analysis of Speed Hump and Speed Bump and Geometric Design of Curved Speed Hump, World Conference on Transport Research - WCTR 2019 Mumbai 26-31 May.

17) Leslie, W. Bunte, Jr. (2000): Traffic Calming Programs & Emergency Response: A Competition of Two Public Goods. Lockwood, Ian M. ITE Traffic Calming Definition. ITE Journal, Vol. 67, July 1997, pp. 22–24.

18) Johansson, M.,& others.(2018): Speed Responses to Speed Humps as Affected by Time of Day and Light Conditions on a Residential Road with Light-Emitting Diode (LED) Road Lighting,Safty,MDBI.

19) McLean, P. Croft. (2008): Safe intersection approach treatments and safer speeds through intersections: Final Report, Phase 1, and Austroads Inc.

20) Mohamed Hamed,and others.,(2018): Public Evaluation of Speed Humps Performance and Effectiveness, Civil Engineering Journal.

21) Mohammad Muayid. A. AL-Hadya and Mohammad H. Al-Umar (2002): Utilizing GIS Application to Evaluate Speed Calming Types in Nassiriya City, University of Thi -Qar Journal for Engineering Sciences.

22) Mohan, D. ,(2006): Road traffic injury prevention training manual. Geneva, World Health Organization.

23) Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000): Speed-dependent representative emission factors for catalyst passenger cars and influencing parameters. Atmospheric Environment.

24) Schutts,J,.(2016): The Use of Receiv The Use of Receiver Operating Characteristic Curve Analysis for Analysis for Academic Progrogress and Degress Completion, The University of Southern Mississippi.

25) Traffic Advisory Unit, 75 mm high road humps, Traffic Advisory Leaflet 2196, Department of Transport (1996).

26) World Health Organization. Global status report on road safety (2014): Supporting a Decade of Action, Luxembourg.

27) Zech, W. C., D. Walker, R. E. Turochy, A. Shoemaker, and J. N. Hool. (2009): Effectiveness of Speed Tables as a Traffic Calming Measure on a College Campus Street. Presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington.