

Evaluating the Accuracy of Spatial Interpolation Methods in Creating Maps for the Distribution of Traffic Noise between Al-Thawra Street Tunnel and Al-Azhari Roundabout in Lattakia using GIS

Dr. Haitham Jnad*
Dr. Samia Shibani**
Noura Attaf***

(Received 18 / 4 / 2022. Accepted 25 / 7 / 2022)

□ ABSTRACT □

Traffic noise is considered a harmful environmental pollution that has a serious impact on the quality of human life. The study aims to identify the parts most vulnerable to noise pollution and the quiet parts of the area between the Al-Thawra Street tunnel and Al-Azhari roundabout in Lattakia by creating noise maps. This is done by using some spatial interpolation methods (Natural Neighbor Interpolation (NNI), Inverse Distance Weighted (IDW) and Kriging) for the noise levels monitoring points in the study area. The data were collected in 223 sites by means of a noise measuring device (NTI-XL2) within the three time periods shown in the Syrian Standard Specification for noise 2016 (day, evening, night) all days of the week in the months (May - June - July - August (2020 and months). December - January - February - March) 2020-2021. The accuracy of the results of noise levels resulting from the interpolation methods was evaluated using a set of statistics: maximum, minimum, mean, standard deviation and Pearson coefficient, in addition to the mean ME, mean absolute error MAE and root mean square errors (RMSE), to arrive at the best way to represent noise levels. The result shows that the interpolation method (NNI) is the best in representing the noise levels in the study area.

Keywords: noise pollution, noise map, GIS modeling, spatial interpolation, Latakia.

* Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. Dr.jnad@yahoo.com

** Assistant Professor, the Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute of Environmental Research, Tishreen University, Latakia, Syria. samia982@yahoo.com

*** Master Student, Department of Environmental Systems Engineering, Higher Institute of Environmental Research, Tishreen University, Latakia, Syria. norai.ataf@tishreen.edu.sy

تقييم دقة طرائق الاستيفاء المكاني في إنشاء خرائط لتوزيع الضجيج المروري بين نفق شارع الثورة ودوار الأزهر في اللاذقية باستخدام GIS

* د. هيثم جناد

د. سامية شيبان **

نورا عطف ***

(تاريخ الإيداع 18 / 4 / 2022. قُبِلَ للنشر في 25 / 7 / 2022)

□ ملخص □

يعتبر الضجيج المروري تلوثاً بيئياً ضاراً له تأثير خطير على جودة حياة الإنسان. تهدف الدراسة إلى تحديد الأجزاء الأكثر عرضة للتلوث بالضجيج والأجزاء الهادئة في المنطقة بين نفق شارع الثورة و دوار الأزهر في مدينة اللاذقية عن طريق إنشاء خرائط الضجيج. يتم ذلك باستخدام بعض طرق الاستيفاء المكاني (استيفاء الجوار الطبيعي (NNI) واستيفاء المسافة العكسية الموزونة (IDW) واستيفاء الارتباط المكاني (Kriging)) لنقاط رصد مستويات الضجيج في منطقة الدراسة. جمعت البيانات في 223 موقع بواسطة جهاز قياس الضجيج (NTI-XL2) ضمن الفترات الزمنية الثلاثة الموضحة في الموصفة القياسية السورية للضجيج 2016 (نهاراً، مساءً، ليلاً) طوال أيام الأسبوع في أشهر (أيار - حزيران - تموز - آب) عام 2020 وأشهر (كانون الأول - كانون الثاني - شباط - آذار) عام 2020-2021. تم تقييم دقة نتائج مستويات الضجيج الناتجة من طرق الاستيفاء باستخدام مجموعة من الإحصاءات: القيمة القصوى والدنيا والمتوسط والانحراف المعياري ومعامل بيرسون، إضافة إلى متوسط الخطأ ME ومتوسط الخطأ المطلق MAE وجذر متوسط مربع الأخطاء (RMSE)، للوصول إلى الطريقة الأفضل في تمثيل مستويات الضجيج. تظهر النتيجة أن طريقة الاستيفاء (NNI) هي الأفضل في تمثيل مستويات الضجيج في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التلوث الضجيجي، خريطة الضجيج، نمذجة نظم المعلومات الجغرافية، الاستيفاء المكاني، اللاذقية.

* مدرس - قسم الهندسة البيئية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. Dr.jnad@yahoo.com
** مدرس - قسم هندسة النظم البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. samia982@yahoo.com.edu.sy
*** طالبة ماجستير، هندسة النظم البيئية - المعهد العالي لبحوث البيئة - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. norai.ataf@tishreen.edu.sy

مقدمة:

أصبح الضجيج الناتج عن حركة المرور على الطرق مصدر إزعاج يومي، وهو قضية بيئية رئيسية نتيجة ارتباط مستويات الضجيج المروري بالتوسع العمراني والنمو الاقتصادي وازدياد ملكية السيارات (Babisch et al.,2015) وله تأثيرات سلبية مختلفة إذ يؤثر بشكل كبير على الصحة العقلية والجسدية للأشخاص (Anees et al.,2013). من العوامل التي تؤثر في مقدار الضجيج الناتج عن وسائل النقل انسيابية حركة السير وسرعة السيارات المارة ونسبة السيارات الثقيلة والشاحنات وطبيعة أرضية الشارع. يزداد الضجيج المتولد عن حركة السير عند الانطلاق من حالة التوقف (عند الإشارات الضوئية مثلاً) وفي المنعطفات والمرتفعات إضافة إلى ظاهرة الصدى التي تتكون في الشوارع المحاطة بالأبنية العالية حيث تؤدي هذه الظاهرة الفيزيائية إلى مضاعفة مقدار التعرض للضجيج وغالباً ما ينصح بالتشجير للتقليل من هذه الظاهرة من خلال ما توفره الأشجار من عزل مادي بين الطريق والمناطق السكنية (Cai et al.,2015). تختلف شدة وتواتر اضطرابات الضجيج المروري وفقاً لخصائص مصدر الصوت، وتتغير تبعاً لعدد وأنواع المركبات المارة وأنواع محركاتها وسرعة السير، وحجم حركة المرور ونشاط الناس، بالإضافة إلى الرياح وطقس والمواسم (Yang et al.,2019). تؤثر ظروف الرصيف على انبعاث ضجيج السيارة، مثل عرض ومواد الرصيف ومواد البنية التحتية للطرق (Wei et al.,2016).

وضعت خرائط ضجيجية للمدن في كثير من دول العالم من أجل مراقبة وتقييم الصوت وتخفيف الآثار السلبية للضجيج. وتعرف خريطة الضجيج بأنها طريقة لتمثيل تغيرات مستوى الصوت في منطقة معينة وزمن معين و رصد الاتجاهات المتغيرة في الضجيج البيئي، وتحديد حجم السكان المتضررين من التلوث السمعي، إضافة إلى تسهيل وضع سياسات للسيطرة على الضجيج، و مراقبة مخططات الحد من الضجيج وفعاليتها أثناء عملية التنفيذ. و رصد التكاليف المستقبلية المحتملة للتحكم بالضجيج في البيئة" (Tsai et al.,2019).

طورت خرائط الضجيج باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (Geographic information system) GIS في معظم الدول الأوروبية بعد قرار توجيه الضجيج البيئي 'Environmental Noise Directive 2002/49/ EC'، من مقررات هذا التوجيه ضرورة إنشاء خرائط الضجيج للمدن التي بها أكثر من 250000 نسمة، وللطرق الرئيسية ذات الازدحام المروري الكبير التي تزيد قيمتها عن 6 ملايين مركبة سنوياً، وللسكك الحديدية التي تزيد عن 60,000 قطار في السنة، وتحتاج هذه الخرائط إلى التحديث كل 5 سنوات (WHO.,2018).

قامت هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية بالتعاون مع وزارة الدولة لشؤون البيئة بإعداد مشروع مسودة للمواصفة القياسية السورية الخاصة بالضجيج -الحدود المسموح بها لشدة الصوت ومدة التعرض الآمن له(مشروع تعميم مواصفة قياسية سورية 2016) كما هو موضح بالجدول(1).

الجدول (1) الحد الأقصى المسموح به لمستوى الضجيج الخارجي والداخلي في المناطق المختلفة (dB) (مشروع تعميم مواصفة قياسية سورية 2016) ومنظمة الصحة العالمية (WHO., 2018)

نوع المنطقة	الحد المسموح به لشدة الضجيج في المناطق المختلفة (dB) في مشروع المواصفة القياسية السورية 2016					الحد المسموح به لشدة الضجيج وفق منظمة الصحة العالمية (WHO, 2018)	
	(نهاراً) 7 صباحاً حتى 6 مساءً	(مساءً) 6 مساءً حتى 10 ليلاً	(ليلاً) 10 ليلاً حتى 7 صباحاً	مستوى الصوت dB	وقت التعرض المسموح (ساعة)	مستوى الصوت dB	وقت التعرض المسموح (ساعة)
المناطق التجارية والإدارية	65	60	55	55-50	16	55-50	16
المناطق السكنية	55	50	45	45	16	45	16
المساكن الداخلية	35	35	35	35	16	35	16
المؤسسات التعليمية	45	40	35	35	16	35	16
المستشفيات	30	30	30	30	8	30	8
المناطق الصناعية	70	65	60	70	24	70	24

في عام 2013 قام أجريت دراسة التلوث الضجيجي البيئي في مدينة اللاذقية - سوريا، وتم اختيار ستة مواقع لقياس مستوى الضجيج في أربع شوارع رئيسية (الثورة - 8 آذار - الجمهورية-حلب)، ثم أنشأت خريطة الضجيج في شارع 8 آذار من خلال تصميم برنامج حاسوبي مبني على النموذج الرياضي (Calculation of Road Traffic Noise) (CRTN)، الذي يعتمد على مجموعة من البارامترات التي تؤثر على التلوث الضجيجي والمتضمنة التدفق المروري، سرعة المركبات ونوعها، وهندسة الطريق (عيسى و محمود ، 2013)

استخدم العديد من الباحثين طرق الاستيفاء المكاني (Interpolation methods) ضمن تقنيات التحليل الاحصائي المكاني (Geostatistical Analysis) في برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لنمذجة خارطة التنبؤ المكاني للضجيج لاستكمال بيانات قياس الضجيج على مساحة المنطقة لصعوبة إجراء قياسات لجميع المنطقة المدروسة. تعطي جميع نماذج الاستيفاء المكاني التي تستعمل لخلق خرائط السطوح المستمرة (Continuous Surface Maps) أفضل النتائج إذا كانت البيانات تتوزع على نحو طبيعي (Smith & Goodchild, 2018).

أوضح (Harman et al., 2016) أن خرائط الضجيج هي طريقة مفيدة لتقييم مستويات الضجيج، وأنشأ خريطة الضجيج لمركز مدينة إسبرطة -تركيا ومحيطها باستخدام طريقة الاستيفاء مقلوب المسافة الموزونة (Inverse Distance Weighting) IDW وطريقة الاستيفاء كريجنج (Kriging) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، وتم تحديد الحد الأقصى والمتوسط والحد الأدنى من بيانات الضجيج و تقييمها من خلال مراعاة عتبات الضوضاء البيئية الوطنية التركيبية.

في عام 2019 قام (Tsai et al., 2019) بإنشاء خرائط مستوى الضجيج في مدينة تاينان-تايوان بواسطة طريقة الاستيفاء كريجنج (kriging) في نظم المعلومات الجغرافية، وذلك بعد جمع بيانات الضجيج في 345 محطة لرصد

الضجيج في الصباح وبعد الظهر والمساء من كل محطة لمراقبة الضجيج خلال الصيف والشتاء، وحللت الخصائص المكانية للضجيج البيئي باستخدام خرائط الضجيج المنتجة.

1. مشكلة البحث

تتمحور مشكلة الدراسة بعدم وجود خرائط ضجيج في مدينة اللاذقية والتي تساهم في تحديد الأماكن المثلى للمنشآت الحساسة مثل المدارس والمشافي ووضع إجراءات الحماية من الضجيج اللازمة. كذلك لا توجد طريقة استيفاء مكاني معتمدة في بيئة GIS تعطي أفضل وأدق نتائج بخصوص خرائط التنبؤ المكاني لمستويات الضجيج في منطقة معينة.

أهمية البحث وأهدافه:

إبراز أهمية الاستعانة بخرائط الضجيج وطرائق الاستيفاء المكاني في التنبؤ والتحليل المكاني لتوزيع مستويات الضجيج في المنطقة بين نفق شارع الثورة ودوار الأزهرى في مدينة اللاذقية، وإعطاء مؤشرات للمواطنين ومخططي المدن لمعرفة حدود مستويات الضجيج المزعجة في المناطق السكنية والمدارس والمشافي و استخدامات الأراضي الأخرى والتوصل إلى الحلول المناسبة لتخفيف الضجيج كإنشاء الحواجز الصوتية أو تكثيف التشجير.

يهدف البحث إلى: تقييم دقة طرائق الاستيفاء المكاني (IDW, (Natural Neighbor Interpolation) (NNI) (Inverse Distance Weighting), Kriging) في إنشاء خريطة لتوزيع مستويات الضجيج في المنطقة بين نفق شارع الثورة و دوار الأزهرى، والتي تعد نموذجاً للمنطقة يستخدم في إدارة الضجيج وتحديد الأجزاء الأكثر عرضة للتلوث بالضجيج والأجزاء الهادئة في منطقة الدراسة ضمن الفترات الزمنية الثلاثة المحددة في الموصفة القياسية السورية (صباحاً، مساءً، ليلاً) في الصيف والشتاء.

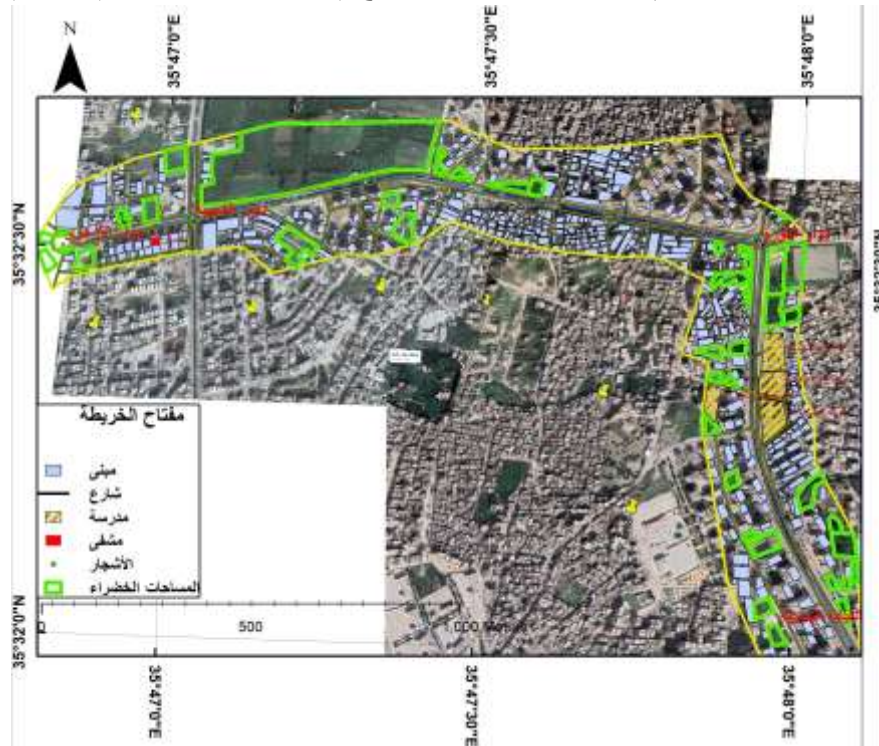
طرائق البحث ومواده:

يتناول البحث التباين المكاني لتوزيع مستويات الضجيج في منطقة الدراسة وأثرها على استخدامات الارض والتنمية المكانية، باستخدام الخرائط الناتجة من نماذج الاستيفاء المكاني، الأسلوب العلمي في هذه النماذج يعتمد على أخذ البيانات المتوفرة في أماكن معينة من هذه المنطقة، ثم التنبؤ بالبيانات المطلوبة في المناطق التي لا توجد فيها أية قياسات، وهذه العمليات الرياضية تسمى بالإحصاء المكاني Geostatistical Analysis باستخدام نماذج رياضية حاسوبية، تعتمد بدورها على توابع رياضية إحصائية مناسبة لكل حالة تبعا للظاهرة المدروسة. وتم تقييم دقة أدوات الاستيفاء (IDW, Kriging, NNI) لاختيار الأفضل من أجل التنبؤ المكاني لخرائط توزيع الضجيج في منطقة الدراسة.

2. منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة غرب مدينة اللاذقية عند تقاطع خطّ الطول "35°47'52.7" شرق غرينتش مع دائرة العرض "35°32'28.3" شمال خطّ الاستواء، و تشمل منطقة الدراسة المنطقة المحيطة بالشارعين الرئيسيين من نفق شارع الثورة إلى دوار الأزهرى، تغطي مساحة تبلغ حوالي 3.38 كم²، يشمل مجال الدراسة مقطع طريق يبلغ إجمالي أطوالها حوالي 6.20 كم، وتحتوي على حوالي 450 مبنى، وتعتبر من المناطق ذات الكثافة المرورية العالية لمختلف الأليات الخفيفة والمتوسطة و الثقيلة (المتجهة إلى المرفأ) والقرب الشديد للمباني السكنية (سكن الإيدخار، سكن

الشباب) والمدارس (مدرسة نديم رسلان ، الحسين الأولى ، الحسين الثانية ، يونس حبيب) ومشفى (سويد) عن الطريق الرئيسي بحوالي 15 m ، دون توفر اي حواجز فعالة مانعة للضجيج (أشجار أو أسوار حماية) الشكل (1)



الشكل (1) صورة جوية لمنطقة الدراسة

3. طرائق الاستيفاء المكاني

1.3. استيفاء الجوار الطبيعي (Natural Neighbor Interpolation) NNI

يجد أقرب مجموعة فرعية من عينات الإدخال إلى نقطة استعلام ويطبق أوزاناً عليها بناءً على المساحات المتناسبة لاستيفاء قيمة ما، يعتمد على مبدأ إعادة بناء سطح من نقاط عينة موزعة بشكل غير منتظم، وأخذ المتوسط المرجح للجيران الطبيعيين لنقطة ما (Bobach.2006).

المعادلة الأساسية لـ NNI :

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot f(x_i, y_i) \quad (1)$$

حيث: $G(x, y)$ استيفاء الجوار الطبيعي $f(x_i, y_i)$ نقاط الإدخال w_i وزن نقطة الإدخال n عدد النقاط

2.3. مقلوب المسافة الموزونة (Inverse Distance Weighting) IDW

تعتمد هذه الطريقة على الترابط المكاني وافترض أن الأشياء القريبة من بعضها البعض أكثر تشابهاً من تلك التي تكون متباعدة للتنبؤ بقيمة أي موقع غير قابل للقياس (Taghizadeh & Zare.,2013).

معادلة IDW:

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{1}{d_{ij}^p} v_j}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{d_{ij}^p}} \quad (2)$$

حيث: v_i البيانات المجهولة d_{ij}^p المسافة بين القيمة المجهولة (i) والمقاسة (j)

n عدد النقاط. ρ القوة V_j قيم البيانات المقاسة

3.4. الاستيفاء كريجنج (kriging)

تعمل هذه الطريقة على توليد سطح رياضي من مجموعة نقاط متناثرة ذات قيم Z . تفترض وجود ارتباط داخلي بين عناصر العينة، وتقوم على نمذجة وتحليل أخطاء القياس، يشترط أن تكون البيانات خاضعة للتوزيع الطبيعي. (Tsai et al., 2019). يتم تحقيق Kriging عن طريق تقدير القيمة عند نقطة غير معروفة باستخدام القيم المقاسة في المواقع القريبة. تستند القيمة المتوقعة إلى مجموعة من الانحدارات الخطية الأساسية المحددة على أنها:

$$Z(u) = \sum_{i=1}^{n(u)} \lambda_i Z(u_i) \quad (3)$$

حيث: u, u_i : متجهات الموقع لنقطة التقدير ونقاط البيانات المجاورة عند عدد نقاط البيانات.

$n(u)$: عدد نقاط البيانات λ_i : وزن kriging التي يتم تقديرها كحل لنظام kriging.

3. العمل الحقلية

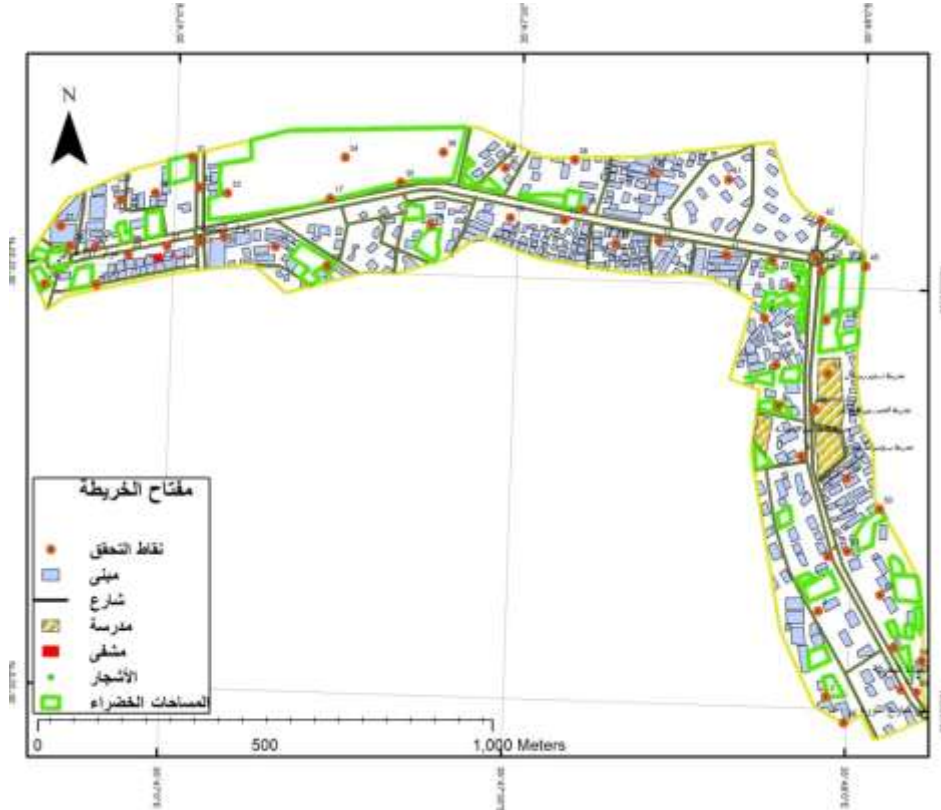
تم اختيار نقاط القياس في منطقة الدراسة بحيث يكون الضجيج المسيطر هو الضجيج المروري، وبمراعاة أكثر الأماكن حساسية للضجيج كمدخل ومخارج الدوارات والأرصفة، والمنشآت الحساسة كالمدارس ومشفى سويد والمباني السكنية الأكثر قرباً من الطريق وشديدة التأثير بالحركة المرورية. حددت 223 نقطة قياس ثابتة في ظروف الضجيج البيئية، استخدم 167 نقطة لتطبيق طرق الاستيفاء (الشكل 2)، و 56 نقطة قياس لإجراء التحقق من نتائج الاستيفاء (الشكل 3). تم قياس مستويات الضجيج بالديسيبل (dB) في كل موقع باستخدام جهاز قياس مستوى الصوت الرقمي (NTI-XL2) ووضع XL2 على ارتفاع 150 cm فوق سطح الأرض بسبب التنوع الكبير للمركبات (سيارات، حافلات، شاحنات، الخ). واستخدم المتوسط الحسابي لقيم ثلاثة قياسات في كل موقع نقطة من أجل الدقة في القياس. قسمت أوقات جمع البيانات إلى مجالات زمنية لكل فترة من الفترات المحددة في المواصفة القياسية السورية (ع ت م ق س 2016) وفق: الفترة النهارية: 7 صباحاً - 18.00 مساءً، الفترة المسائية: 18.00 مساءً - 10.00 ليلاً، الفترة الليلية: 10.00 ليلاً - 7 صباحاً.



الشكل (2) مواقع نقاط القياس المختارة

4. معالجة البيانات

استخدمت صور الأقمار الصناعية في عمليات رسم الخرائط القائمة على نظم المعلومات الجغرافية عالية الدقة من خلال برنامج Google Earth (2021). و تم ادخال قاعدة البيانات المكانية والوصفية في برنامج نظم المعلومات الجغرافية GIS، ومن ثم استخدام أدوات الاستيفاء المكاني (NNI, Kriging, IDW) لإنشاء خرائط الضحيح وإجراء التقييم لنماذج الاستيفاء باستخدام نقاط التحقق ومقارنة هذه النتائج الحقلية مع نتائج الاستيفاء لفصلي الشتاء والصيف (الجدول 2).



الشكل (3) مواقع نقاط التحقق على موقع الدراسة

5. المقارنة بين طرق الاستيفاء

تم إجراء مقارنة البيانات باستخدام الإحصاءات الأساسية لمعرفة مدى قرب بيانات الاستيفاء من البيانات الحقيقية وتقييم أداء نماذج الاستيفاء، مثل الحد الأقصى، الحد الأدنى، المتوسط والانحراف المعياري من خلال العلاقة:

(Ziqin & Ming 2021)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

واستخدام ارتباط بيرسون ويهدف إلى فحص مدى الارتباط بين قيمة الاستيفاء مع نقاط التحقق. كلما اقتربت قيمة معامل بيرسون من 1 كانت طريقة الاستيفاء تعطي نتائج أكثر تمثيلاً للواقع وفق العلاقة: (Haijiang et al., 2021)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (5)$$

حيث x_i القيمة المقاسة للنقطة i عدد النقاط n \hat{x}_i القيمة الناتجة عن نموذج الاستيفاء عند النقطة (i)

إضافة إلى متوسط الخطأ ME (Mean Error) وفق العلاقة: (Xinqianget al., 2021)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i) \quad (6)$$

ومتوسط الخطأ المطلق (MAE (Mean Absolute Error) وفق العلاقة: (Xinqiang et al., 2021)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\hat{x}_i - x_i| \quad (7)$$

وحساب قيمة جذر متوسط مربع الأخطاء (RMSE (Root -Mean- Square Error) وفق العلاقة: (Xinqiang et al., 2021)

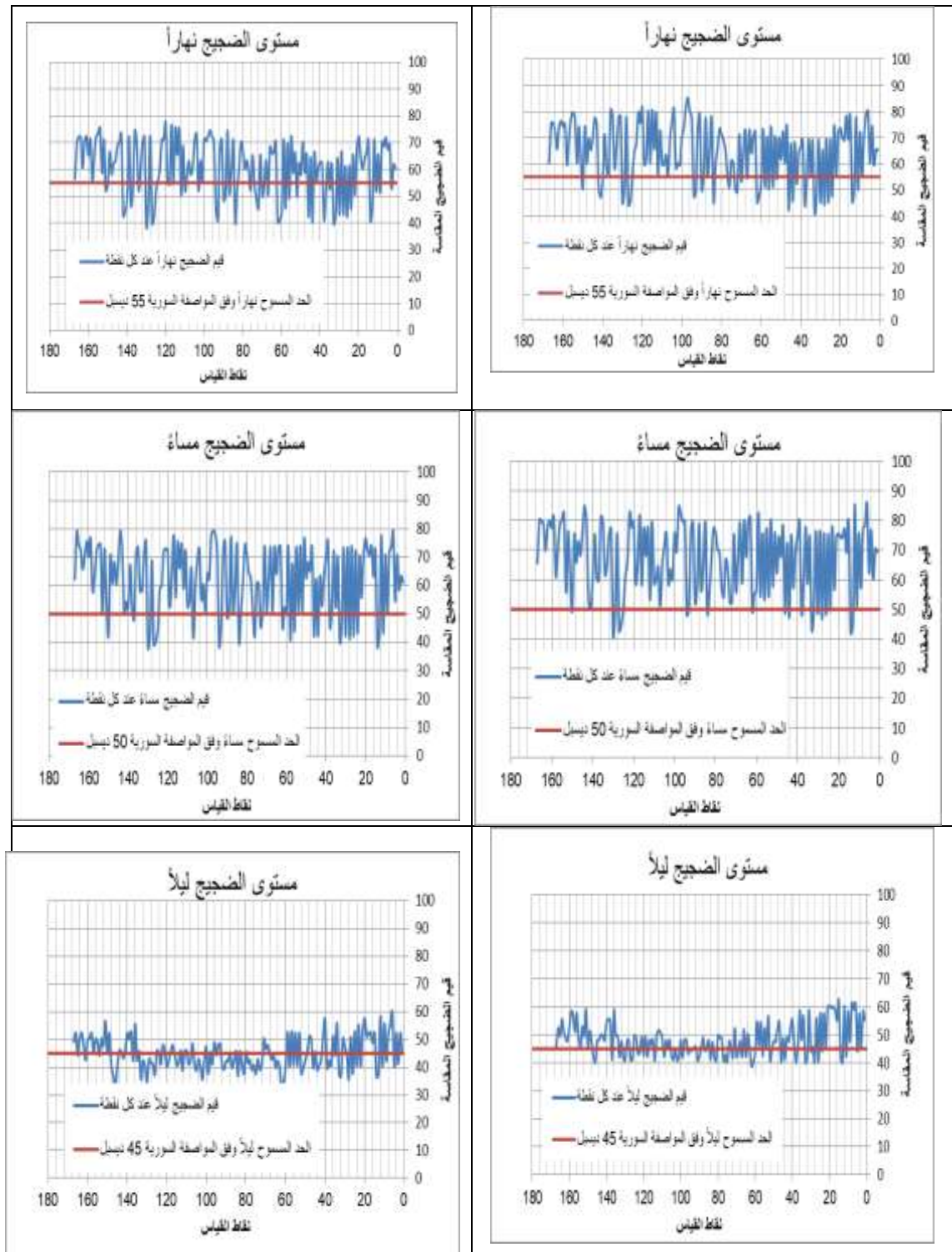
$$R. M. S. E = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i)^2} \quad (8)$$

حيث: x_i القيمة الحقيقية المقاسة عند النقطة (i) \hat{x}_i القيمة الناتجة عن نموذج الاستيفاء عند النقطة (i) عدد التقاط المرصودة n

النتائج والمناقشة:

1. مقارنة مستويات الضجيج المقاسة مع المواصفة القياسية السورية للتحكم بالضجيج (ع ت م ق س 2016) أنشأت مخططات مستويات الضجيج لنقاط القياس في منطقة الدراسة لكل فترة زمنية وفقاً للفترة الزمنية الثلاث الموضحة في المواصفة السورية (نهاراً - مساءً - ليلاً) لفصلي الصيف والشتاء الشكل (4)، أجريت المقارنة مع الحدود المسموحة لشدة الضجيج في المناطق المختلفة (dB) في مشروع المواصفة القياسية السورية 2016 (الجدول 1). إن أقصى مخالقات لحدود الضجيج في فصل الصيف كانت في الفترة المسائية 35.6 dB تليها الفترة النهارية بمقدار 30 dB والفترة الليلية 17.3 dB وسجلت أعلى نسبة مخالفة في فصل الشتاء للفترة المسائية بمقدار 29.3 dB و 22.3 dB للفترة النهارية تليها الفترة الليلية 14.8 dB. تجاوزت مستويات الضجيج بمعظم النقاط خلال الفترة النهارية الحد المسموح للمواصفة القياسية السورية للضجيج (55) dB في فصلي الصيف والشتاء بنسبة 77.2% ، 67.1% على التوالي، لوحظت أقصى قيمة للضجيج صيفاً عند مدرسة يونس حبيب 84.3 dB، كانت مستويات الضجيج مرتفعة في الفترة المسائية ومعظم نقاط القياس فوق الحد المسموح لمعايير المواصفة السورية للضجيج (50 dB) كما يظهر الشكل (4) وخاصة في المناطق المحيطة بالطريق الرئيسي وبلغت نسبة التجاوز 88.6% صيفاً و 82.6% شتاءً، بينما أظهرت نتائج القياس للفترة الليلية قيم متأرجحة لارتفاع حدود الضجيج عن معايير المواصفة السورية (45 dB) ليلاً بنسبة 66.5% لفصل الصيف و 46.7% لفصل الشتاء، بمستويات معتدلة في المناطق التي تبعد 90-120m عن الطريق الرئيسي.

فصل الصيف	فصل الشتاء
-----------	------------



الشكل (4) مخطط مستويات الضجيج في فصلي الصيف والشتاء مقارنة بالمعايير المحددة في مشروع تعميم المواصفة السورية 2016

6. المقارنة الإحصائية

تم إجراء المقارنة الإحصائية لقيم مستويات الضجيج الناتجة من طرق الاستيفاء (NNI, IDW, Kriging) مع قيم الضجيج لنقاط التحقق الجدول (2)، أظهرت نتائج المقارنة مع طريقة الاستيفاء الكريجينج اختلاف واضح عن القياسات الحقيقية من حيث المتوسط، القيم المتطرفة الانحراف المعياري، وقيمة متوسط جذر مربع الأخطاء RMSE، بينما اقتربت نتائج مقارنة قيم الضجيج في طريقة الاستيفاء المكاني الجوار الطبيعي (NNI) من نتائج قيم الضجيج في نقاط التحقق من حيث القيمة الأعظمية والصغرى والوسطى بنسبة خطأ $1 \pm$ dB، وقرب قيمة الانحراف المعياري لنموذج الاستيفاء NNI مع نقاط التحقق، وكانت طريقة الاستيفاء NNI لها دقة أكبر لقيمة متوسط الخطأ ومتوسط الخطأ النسبي وجذر متوسط مربع الأخطاء RMSE في فصلي الصيف والشتاء للفترة الثالثة مقارنة مع طريقتي IDW و Kriging. ومعامل الارتباط بيرسون كانت النتيجة أقرب إلى 1 في طريقة الاستيفاء NNI، وبالتالي سيتم اعتماد طريقة الاستيفاء NNI في المراحل اللاحقة من العمل التي تتضمن نمذجة القياسات بطرق الاستيفاء المكاني الجوار الطبيعي (NNI) للفترة الزمنية الثالثة للكود السوري في فصلي الصيف والشتاء وتميز مستويات الضجيج بمجالات لونية.

الجدول (2) مقارنة طرق الاستيفاء

الإحصاءات								طريقة الاستيفاء
Pearson	RMSE	متوسط الخطأ النسبي MAE	متوسط الخطأ ME	الانحراف المعياري	المتوسط dBA	القيمة الصغرى dBA	القيمة الأعظمية dBA	
فصل الصيف (الفترة الأولى)								
0.98	1.1	1.05	0.03-	7.8	65.1	45.9	79.9	NNI
0.9	4.3	3.9	2.6-	5.2	62.5	47.1	73.2	IDW
0.5	7.4	6.2	2.7	2.6	62.3	58.5	67.8	Kriging
				7.7	65.1	46.9	78.8	نقاط التحقق
فصل الصيف (الفترة الثانية)								
0.98	0.9	0.8	0.2-	8.3	67.9	49.5	80.3	NNI
0.87	4.99	4.3	2.7-	6.3	65.4	49.3	76.6	IDW
0.32	8.6	7.4	2.7-	2.5	64.7	59.1	69.9	Kriging
				8.4	68.2	49.2	81.2	نقاط التحقق
فصل الصيف (الفترة الثالثة)								
0.93	1.7	0.9	0.4-	4.4	49.2	41.8	58.8	NNI
0.73	4.7	4.1	3.6-	3.5	46.1	39.7	55.9	IDW
0.48	9.48	4.6	4.2-	2.1	48.9	40.7	50.2	Kriging
				4.5	49.7	41.8	57.9	نقاط التحقق
فصل الشتاء (الفترة الأولى)								
0.99	0.94	0.8	0.5-	6.9	56.8	40.2	69.8	NNI
0.88	5.3	2.6	1.4	4.9	58.7	44.2	69.9	IDW
0.39	10.38	7.7	7.3	2.6	64.6	58.6	69.9	Kriging
				6.7	57.3	41.2	70.2	نقاط التحقق

فصل الشتاء (الفترة الثانية)								
0.99	0.94	0.8	0.2-	8.2	57.6	39.8	69.8	NNI
0.86	8.66	7.5	7.5	6.3	65.3	49.1	75.4	IDW
0.34	5.05	8.1	6.8	2.7	64.5	58.3	70.2	Kriging
				8.4	57.7	39.2	70.2	نقاط التحقق
فصل الشتاء (الفترة الثالثة)								
0.97	0.89	0.8	0.3-	4.2	41.9	34.7	51.5	NNI
0.71	4.94	4.1	3.9	3.7	46.1	39.9	57.9	IDW
0.37	5.1	4.1	3.2	1.9	45.4	40.6	50.2	Kriging
				4.2	42.2	34.2	52.3	نقاط التحقق

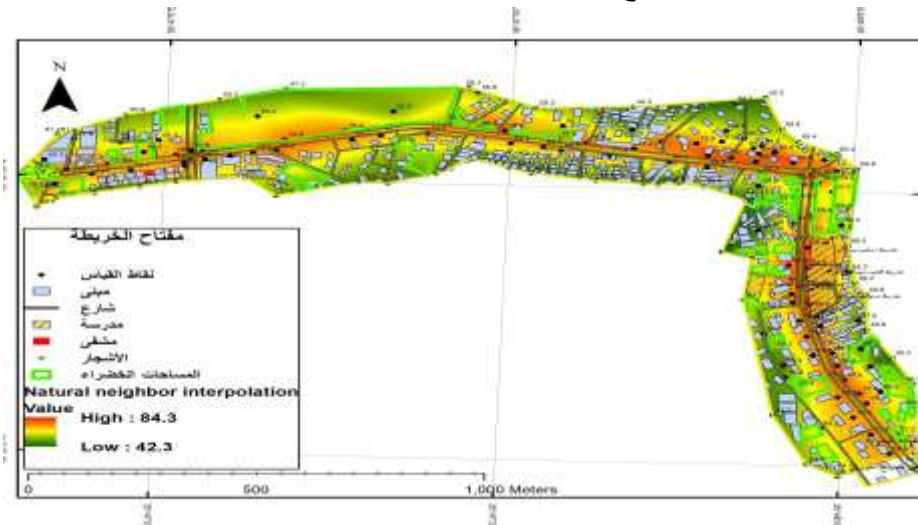
7. وضع خرائط الضجيج اللونية وفق طريقة استيفاء الجوار الطبيعي NNI

تم إنشاء الخرائط الضجيجية لمنطقة الدراسة في فصلي الصيف والشتاء وفق الفترات الزمنية الواردة في مشروع تعميم المواصفة السورية (ع ت م ق س 2016) لتوضيح الاختلاف بين الفترات ومدى تأرجح الضجيج في فترات اليوم.

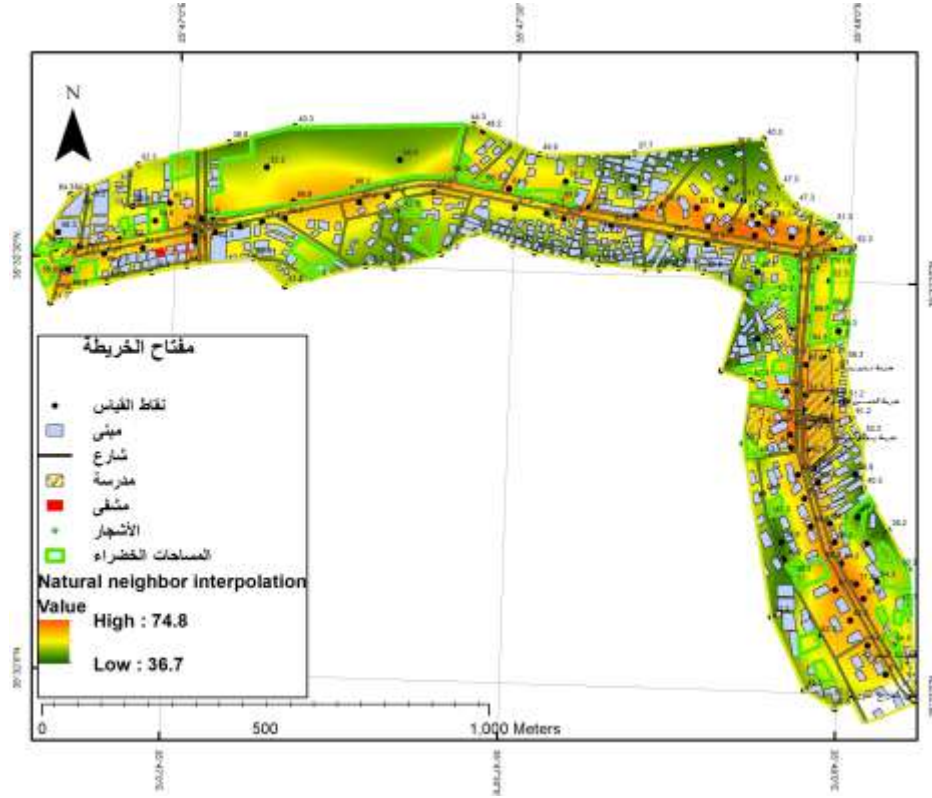
1.7. خرائط الضجيج في الفترة النهارية 7 صباحاً - 18.00 مساءً

تراوحت مستويات الضجيج الأعظمية من 74.8 - 84.3 dB في فصلي الصيف والشتاء في المناطق المحيطة بالطريق الرئيسي الشكلين (5، 6). ينخفض الضجيج بمقدار 13 - 10 dB كلما ابتعدنا عن الطريق 90m لوجود مجموعة من المباني المحاطة بأسوار شجرية. بلغت أعظم قيمة في فصل الصيف عند مدرستي يونس حبيب ونديم رسلان 84.2 dB وعند دوار الأزهري 80.2 dB. أما في فصل الشتاء فكانت أكبر قيمة للضجيج عند تجمع المدارس 74.5 dB وعند دوازي الأزهري والثورة 72.9 dB وهو أعلى بكثير من مستوى الضجيج المحدد في مشروع تعميم المواصفة القياسية السورية في المنطقة السكنية (55 dB نهاراً).

سجلت مستويات شدة صوت منخفضة بقيمة تصل إلى 36.7 dB في ساعات الصباح الأولى في المناطق التي تبعد مسافة 100 m عن الطريق الرئيسي مثل منطقة سكن الشباب وبنائيات الاسكان التي تتميز بالمباني الطابقية من 5 إلى 12 طابق و تعمل كحاجز ضد الضجيج.



الشكل (5) خريطة الضجيج لفصل الصيف في الفترة النهارية



الشكل (6) خريطة الضجيج لفصل الشتاء في الفترة النهارية

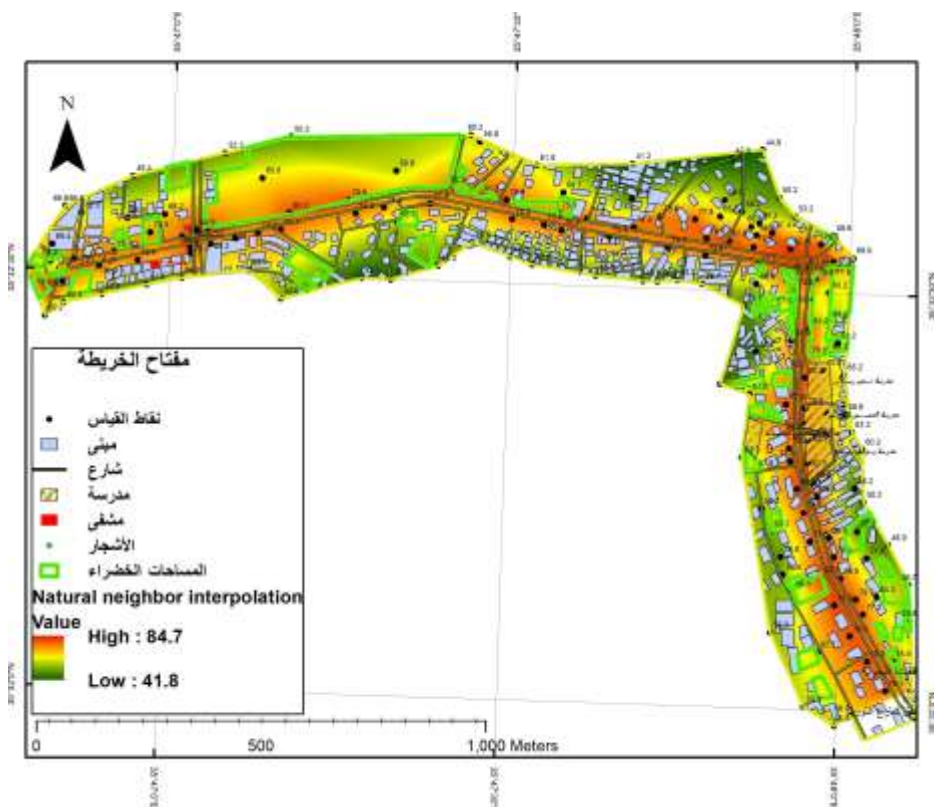
2.7. خرائط الضجيج في الفترة المسائية : 18.00 مساءً – 10.00 ليلاً

تم تصنيف منطقة الدراسة بعد تحليل خرائط الضجيج في الفترة المسائية الشكل (7،8) لثلاث مناطق مختلفة:

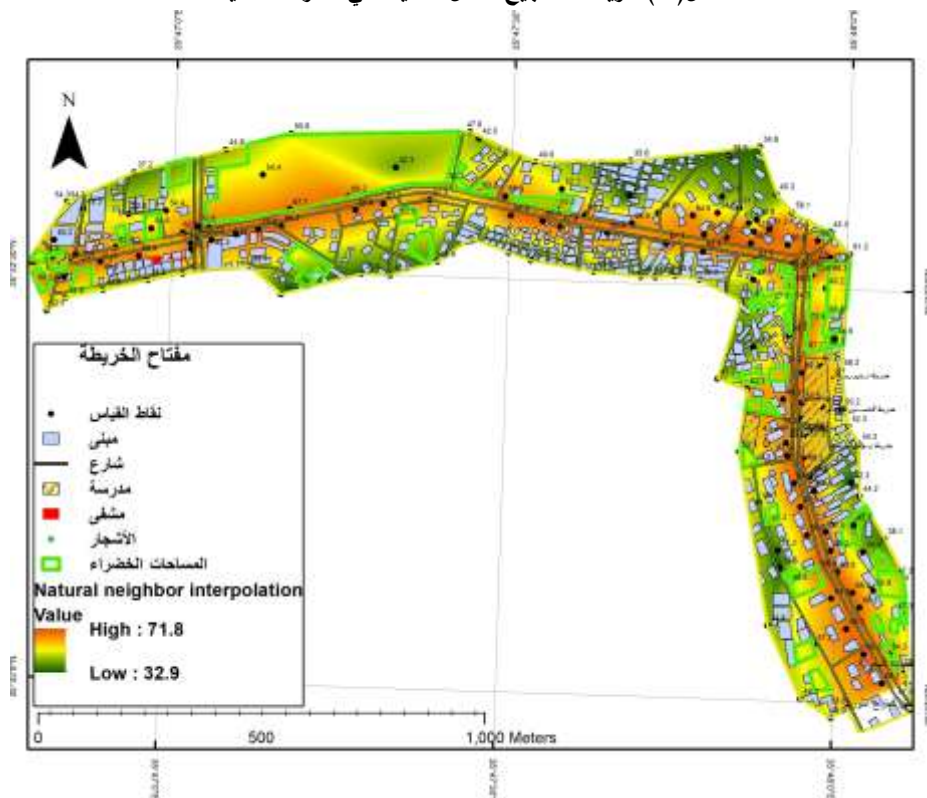
أ) مناطق الهدوء: هي المناطق التي يكون فيها مستوى الصوت $> 50 \text{ dB}$ (حسب القيم المحددة في المواصفة القياسية السورية مساءً 2006) وتم رصدها عند الابتعاد عن الطريق الرئيسي بمسافة من 90-120m وشغلت مساحة 11.4% صيفاً و 20.4% شتاءً من إجمالي منطقة الدراسة.

ب) مناطق الضجيج الضعيف: في فصل الصيف أكثر من 15% من المساحة الإجمالية و 18% لفصل الشتاء وتتجاوز الحدود المسموحة في المواصفة القياسية السورية (2006) بمقدار 5 – 10 dB.

ج) المناطق المعرضة للضجيج: حوالي 73.9% من منطقة الدراسة في فصل الصيف و 61.6% في فصل الشتاء معرضة لمستوى عالي من الضجيج وتركزت في المناطق المحيطة بالطريق الرئيسي وخاصة أيام العمل وعند مرور الآليات الثقيلة، كان أقصى مستوى ضجيجي في فصل الصيف 84.7 dB عند المدارس (بونس حبيب، الحسين الأولى) و 78.8 dB عند دوار الأزهرى في فصل الشتاء.



الشكل (7) خريطة الضجيج لفصل الصيف في الفترة المسائية



الشكل (8) خريطة الضجيج لفصل الشتاء في الفترة المسائية

3.7. خرائط الضجيج في الفترة الليلية : 10.00 ليلاً - 7 صباحاً

لوحظت مستويات متوسطة من الضجيج عند المناطق المحيطة بالطريق ، بلغ متوسط مستوى الضجيج عند محيط نفق شارع الثورة 48.4 dB، عند مدرسة يونس حبيب 46.6 dB عند مدرستي الحسين الأولى ونديم رسلان 45.8 dB، مدرسة الحسين الثانية 38.8 dB، عند دوار الثورة 47.8 dB، عند دوار الشيبية 50.3 dB، عند مشفى سويد 46.9 dB، عند دوار الأزهرى 51.4 dB. تشير النتائج المذكورة أعلاه إلى أن متوسط مستويات الضجيج في فصل الصيف للفترة الثلاثة أعلى بحوالي 10 dB من فصل الشتاء قد يكون هذا الاختلاف بسبب زيادة النشاط البشري خلال فصل الصيف الشكل 9 و10.



الشكل (9) خريطة الضجيج لفصل الصيف في الفترة الليلية



الشكل (10) خريطة الضجيج لفصل الشتاء في الفترة الليلية

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تم في هذا البحث تقييم دقة طرق الاستيفاء المكاني (NNI, IDW, Kriging) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء خرائط لتوزيع الضجيج المروري في المنطقة بين نفق شارع الثورة ودوار الأزهرى، وتعد منطقة مكتظة بالسكان وتتعرض لضجيج عالي المستوى نهائياً (65 dB) وهو أعلى بكثير من مستوى الضجيج الموصى به في مشروع تعميم المواصفة القياسية السورية في المنطقة السكنية (55 dB أثناء النهار). كانت مستويات الضجيج خلال النهار وبعد الظهر أعلى من الفترات الأخرى، في حين كانت أوقات الصباح ومن منتصف الليل هادئة نسبياً. في منطقة حركة المرور الكثيفة عند الدوارات وبداية النفق كان متوسط مستوى الضجيج في الصباح والليل مرتفعاً إذ يتراوح الحد الأقصى ليلاً نهائياً ضمن المجال $75-85 \text{ dB}$.

الاستنتاجات التالية هي أهم نتائج هذا البحث:

1. تخطت معظم نقاط قياس مستويات الضجيج الحدود المسموحة للضجيج وفق المواصفة السورية (ع ت ق م س 2016) خلال الصيف والشتاء بنسبة أقصاها (77.2% ، 67.1%) على التوالي، والفترة المسائية بنسبة (88.6% ، 82.6%) والفترة الليلية بنسبة (66.5% ، 46.7%).

2- أهمية إنشاء خرائط الضجيج للتنبؤ والتحليل المكاني لتوزيع مستويات الضجيج في منطقة الدراسة، واختيار المناطق المناسبة للسكن والمنشآت الحساسة كالمدارس والمستشفيات .

3- أفضلية نموذج الاستيفاء الجوار الطبيعي NNI في إنتاج خرائط التنبؤ المكاني لبيانات الضجيج في منطقة الدراسة بعد إجراء المقارنة الإحصائية لنتائج طرق الاستيفاء الثلاثة مع نتائج قياس نقاط التحقق من حيث القيمة الأعظمية والصغرى والوسطى بنسبة خطأ ± 1 dB، وقرب قيمة الانحراف المعياري لنموذج الاستيفاء NNI مع نقاط التحقق، ومعامل الارتباط بيرسون كانت النتيجة أقرب إلى 1 في طريقة الاستيفاء NNI. إضافة إلى أن حققت الدقة الأكبر لقيمة متوسط الخطأ ومتوسط الخطأ النسبي وجذر متوسط مربع الأخطاء RMSE في فصلي الصيف والشتاء للفترات الثلاثة مقارنة مع طريقتي IDW و Kriging .

التوصيات

1. ضرورة إنشاء خرائط ضجيجية لمدينة اللاذقية لتقييم الضجيج وخاصة في الشوارع المزدهمة والاستفادة منها في التخطيط العمراني للمدن وتوسع المدن وخاصة للمجمعات التعليمية والصحية.
2. مقارنة نماذج الاستيفاء مع غيرها من نماذج رسم خرائط الضجيج التي تعتمد على تحليل المؤثرات على انتشار الصوت ويدخل فيها نقاط قياسات شدة الصوت، ارتفاع المباني، استخدام الأراضي، البنية التحتية للطريق، اتجاه الرياح والسرعة وشدة الصوت.
3. دراسة تأثير وضع حواجز الضجيج عند المدارس أو زيادة مناطق الحماية النباتية.

References:

- Ministry of Industry, Syrian Arab Standards and Metrology Organization. (2016). Noise - the permissible limits of sound intensity and the duration of safe exposure to it. A draft of the generalization of a Syrian standard A T M K S.
- Issa, Haitham and Mahmoud, Habib. (2013) Analysis and mapping of road traffic noise in Lattakia city. Tishreen University Journal. 7(35), 9-22.
- Anees, M., Qasim M., Bashir A. (2013). *Physiological and physical impact of noise pollution on environment*, Asian Journal of Environmental and Earth Sciences, 1(1): 25–31.
- Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N., Ising, H. (2015). *Traffic noise and risk of myocardial infarction*. Epidemiology 16(1): 33.
- Bobach, T., Umlauf, G.(2006). *Natural Neighbor Interpolation and Order of Continuity* . Doctoral dissertation, University of Kaiserslautern, p.18
- Cai, M., Zou, J., Xie, J., Ma, X. (2015) . *Road traffic noise mapping in Guangzhou using GIS and GPS(2015)* Applied Acoustics 87 94–102
- EU Directive COM. *Relating to the assessment and management of environmental noise*. Directive 2002/49/EC.
- Guideline for community noise, Conclusions and Recommendations, Copyright World Health Organization (WHO)2018.*
- Harman, B., Koseoglu, H., Yigit, C.(2016) . *Performance evaluation of IDW, Kriging and multiquadric interpolation methods in producing noise mapping: A case study at the city of Isparta, Turkey*. Applied Acoustics 112:147-157.
- Haijiang, D.,Xiucheng, L.,Yahu, S., Shenglaim C., Cunfu, H.(2021). *Quantitative evaluation of residual stress and surface hardness in deep drawn parts based on magnetic Barkhausen noise technology*. Applied Acoustics, Volume 168, 108473.
- Smith, M., Goodchild, M.F.(2018).*Geospatial Analysis A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools.:* Winchelsea Press-Second Edition, United State, p.60.

- Taghizadeh, R., Zare, M. (2013). *Mapping of noise pollution by different interpolation methods in recovery section of Ghandi telecommunication Cables Company*. JOHE Winter-spring; 2 (1-20)
- Tsai, K., Lin, M., Chen, Y. (2019). *Noise mapping in urban environments: A Taiwan study*. Applied Acoustics, 70(7):964-72.
- Wei, W.G., Van Renterghem, T. (2016). *Dynamic noise mapping: A map-based interpolation between noise measurements with high temporal resolution*. Applied Acoustics 101: 127–140.
- Xinqiang, C., Huixing, C., Yongsheng, Y., Huafeng, W., Wenhui, Z., Jiansen, Z., Yong, X. (2021). *Traffic flow prediction by an ensemble framework with data denoising and deep learning model*. Applied Acoustics, Volume 565, 125574.
- Yang, W.J., Lan, Z.Q., Wang, H.B., Cai, M. (2019). *Case Study: Establishment of a vehicle noise emission model for gradient roads*. Noise Control Eng. J. 67 (2): 108–116.
- Ziqin, L., Ming, C. (2021). *Dynamic traffic noise maps based on noise monitoring and traffic speed data*. Applied Acoustics, Volume 94, 102796