ISSN: 2706-6495

تقييم تلوث الضوضاء في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

Noise Pollution Assessment in the Industrial Area of Al-Madinah Al-Munawwarah Using Geographic Information Systems (GIS)

إعداد:

الباحثة/ شهد متعب السحيمي

قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

الأستاذ الدكتور/ محمد إبراهيم الدغيري

أستاذ الجغرافيا الاقتصادية، قسم الجغرافيا، كلية اللغات والعلوم الإنسانية، جامعة القصيم، المملكة العربية السعودية

Email: Aldagheiri@qu.edu.sa

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مستويات التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وتحليل التغيرات الزمنية للضوضاء خلال الفترتين النهارية والمسائية، إضافة إلى مقارنة النتائج بالمعايير الوطنية المعتمدة لتحديد مدى تجاوز الحدود المسموح بها. كما تهدف الدراسة إلى تحليل التوزيع المكاني للضوضاء باستخدام أدوات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، بهدف تحديد المواقع الأكثر تعرضًا للضوضاء واقتراح حلول تحد من آثارها البيئية والصحية.

أظهرت نتائج الرصد الميداني الذي شمل 12 موقعًا صناعيًا أن مستويات الضوضاء النهارية تراوحت بين 64.2 ديسيبل و85.9 ديسيبل، بمتوسط 76.8 ديسيبل، وهو ما يتجاوز الحد المسموح به البالغ 75 ديسيبل. كما تبين أن سبعة مواقع تجاوزت هذا الحد. أما خلال الفترة المسائية، فقد تراوحت مستويات الضوضاء بين 56 ديسيبل و73 ديسيبل، بمتوسط 65.6 ديسيبل، متجاوزة الحد الليلي المسموح به البالغ 65 ديسيبل في ستة مواقع. وتشير هذه النتائج إلى وجود مستويات مرتفعة من الضوضاء قد تُلحق آثارًا صحية ونفسية بالعاملين داخل المنطقة الصناعية.

وتبين أن الأنشطة الصناعية المرتبطة بصيانة وتشغيل الآلات الثقيلة تشكل المصدر الرئيس للضوضاء. وتوصي الدراسة بضرورة تطبيق إجراءات فنية ورقابية فعّالة للحد من مستويات التلوث الضوضائي، وتحسين بيئة العمل بما يضمن حماية العاملين، وعمل الزيارات التفتيشية المستمرة للمصانع لضمان الالتزام بالمعايير، وقياس شدة الضوضاء بشكل دوري من قبل مختصين في هذا المجال لضمان عدم تأثيرها على الصحة والسلامة مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية: التلوث الضوضائي، الضوضاء الصناعية، نظم المعلومات الجغرافية، GIS، التحليل المكاني.

ISSN: 2706-6495

Noise Pollution Assessment in the Industrial Area of Al-Madinah Al-Munawwarah Using Geographic Information Systems (GIS)

Shahad Muteb Al-Suhaimi

Department of Geography, College of Languages and Humanities, Qassim University, Saudi Arabia

Prof. Mohammed Ibrahim Aldagheiri

Professor of Economic Geography, Department of Geography, College of Languages and Humanities, Qassim University, Kingdom of Saudi Arabia

Email: Aldagheiri@qu.edu.sa

Abstract:

This study aims to assess noise pollution levels in the industrial area of Madinah using Geographic Information Systems (GIS), and to analyze the temporal variations of noise during both daytime and nighttime periods. It also compares the measured noise levels with national standards to determine the extent of exceedance, in addition to analyzing the spatial distribution of noise using GIS spatial analysis tools to identify the most affected locations and propose suitable measures to mitigate environmental and health impacts. Field measurements conducted at 12 industrial sites revealed that daytime noise levels ranged between 64.2 dB and 85.9 dB, with an average of 76.8 dB, which exceeds the permissible limit of 75 dB. Seven sites were found to surpass this limit. During nighttime, noise levels ranged from 56 dB to 73 dB, with an average of 65.6 dB, exceeding the national limit of 65 dB at six sites. These findings indicate the presence of elevated noise levels that may pose potential physical and psychological risks to workers in the industrial zone.

The study also shows that industrial activities related to the operation and maintenance of heavy machinery are the main source of noise pollution. The results emphasize the importance of applying effective technical and regulatory measures to reduce noise levels and improve the working environment to ensure workers' health and safety, and conducting continuous inspection visits to factories to ensure compliance with standards, and measuring the intensity of noise periodically by specialists in this field to ensure that it does not affect health and safety in the future.

Keywords: Noise pollution- industrial noise- geographic information systems (GIS)- spatial analysis.

ISSN: 2706-6495

1. المقدمة:

تعود جذور الاهتمام بتلوث الضوضاء إلى الستينيات، حينما انطلق مشروع المشهد الصوتي العالمي (World Soundscape Project) لدراسة العلاقة بين الإنسان وبيئته الصوتية، والعمل على إيجاد توازن صوتي بين البيئة المجتمعية والطبيعة (مواري، 1977م).

مع تزايد التحضر والصناعة في العقود التالية، أصبح الضجيج البيئي قضية بيئية وصحية عالمية، مما دفع العديد من الدول لوضع تشريعات للحد من الضوضاء، من بين هذه المبادرات، قانون السيطرة على الضوضاء في الولايات المتحدة لعام 1972 الذي أنشأ إطاراً تنظيمياً للحد من الضوضاء المسببة للأذى (وكالة حماية البيئة الأمريكية، 1972م).

في العقود التالية، تطورت أدوات الدراسة من مجرد القياسات الميدانية إلى استخدام نماذج رقمية وتقنيات متقدمة، مع انتشار نظام المعلومات الجغرافية (GIS)، أصبح من الممكن رسم خرائط الضوضاء وتحليل التوزُّع المكاني للمصادر الصوتية، خاصة في المناطق الصناعية والحضرية (ماسلاماني، 2017م)

أما فيما يخص الآثار الصحية، فقد أظهرت دراسات متعددة ارتباط تلوث الضوضاء في المناطق الصناعية بآثار سلبية على صحة الإنسان، على سبيل المثال، في مدينة فيصل اباد الباكستانية، تم ربط مستويات الضوضاء المرتفعة بارتفاع ضغط الدم والمشاكل السمعية، وفي مدينة ويندهوك بناميبيا، تم ملاحظة أن الضوضاء الصناعية تسبب ضغطاً نفسياً وفسيولوجياً على العاملين والسكان المجاورين، مثل فقدان السمع وارتفاع ضغط الدم (فاروقي، 2020م).

وتكمن خطورة التلوث الضوضائي في كون أن الأذن لا تتوقف عن استقبال الأصوات حتى أثناء النوم، على عكس العين التي يمكن إغلاقها بإرادتنا متى أردنا تجنب رؤية شيء ما، ومن هنا فإن الضوضاء تُعد من أكثر الملوثات البيئية تسللًا إلى حياة الإنسان دون حواجز فسيولوجية (علي، 2019م).

وتُعد الضوضاء الصناعية الناتجة عن تشغيل الماكينات، المولدات، والآلات داخل الورش والمصانع من أخطر أشكال الضوضاء، نظرًا لارتفاع مستوياتها التي غالبًا ما تتجاوز المعدلات المسموح بها بيئيًا. وتؤكد الدراسات أن التعرض الطويل لمثل هذه الأصوات قد يؤدي إلى آثار صحية خطيرة كارتفاع ضغط الدم، التوتر المزمن، واضطرابات النوم، فضلًا عن فقدان السمع التدريجي. (علي، 2019م).

وفي هذا السياق، حددت المملكة العربية السعودية من خلال المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي حدودًا تنظيمية لمستويات الضوضاء المسموح بها في البيئات الصناعية، وذلك بهدف الحد من التأثيرات الصحية والبيئية السلبية للضجيج. وتنص اللائحة التنفيذية للضجيج على أن الحد الأعلى المسموح به في المناطق الصناعية هو 75 ديسيبل A خلال الفترة النهارية (من الساعة 7 صباحًا إلى 7 مساءً)، بينما ينخفض الحد الأقصى إلى 70 ديسيبل A خلال الفترة الليلية (من 7 مساءً إلى 7 صباحًا). وتعتبر هذه المعايير جزءًا من الالتزامات البيئية الهادفة إلى تعزيز جودة الحياة والحد من مصادر التلوث السمعي في المناطق الصناعية والمحيطة بها (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، 2021م).

وتُعد نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من أبرز الأدوات التقنية المستخدمة في دراسة التلوث الضوضائي، حيث تتيح جمع البيانات الميدانية من أجهزة قياس الصوت وتحليلها مكانياً لإنتاج خرائط حرارية توضّح مناطق التلوث المرتفع (المطيري، 2020م).

ISSN: 2706-6495

من هذا المنطلق، تهدف الدراسة الى قياس وتحليل مستويات شدة الضوضاء في الفترة النهارية والمسائية لمواقع مختارة في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، وتسعى هذه الدراسة الى توضيح مفهوم التلوث الضوضائي وتحديد المناطق الأكثر تأثراً به، مما يساعد الجهود البيئية لتحسين جودة الحياة في المدينة.

1.1. مشكلة البحث.

تُعد المنطقة الصناعية في المدينة المنورة إحدى أكثر المناطق تعرضاً للأنشطة البشرية المؤثرة بيئياً، مما يجعلها مصدراً محتملاً لارتفاع مستويات الضوضاء الناتجة عن المصانع والأنشطة التشغيلية المختلفة، بينما تفتقر الدراسات المتاحة إلى بيانات مكانية دقيقة توضح مستويات هذا التلوث واتساع نطاقه الجغرافي.

وبناءً على ذلك، تتمثل مشكلة الدراسة في عدم توفر معلومات مكانية واضحة ومحدثة لقياس مستوى التلوث الضوضائي الناتج عن الأنشطة الصناعية في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة، وتحديد نطاق انتشاره وتوزيعه المكاني والزماني وتأثيره على المناطق المحيطة.

2.1. تساؤلات البحث.

- ما مستوى التلوث الضوضائي في المواقع المختارة داخل المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة؟
- كيف يتغير مستوى التلوث الضوضائي زمانياً خلال فترات القياس المختلفة؟
- كيف يمكن تقييم نتائج مستويات الضوضاء من خلال مقارنتها بالمعايير المحلية والدولية المعتمدة، مثل معايير الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، لتحديد ما إذا كانت تتجاوز الحدود المسموح بها؟
- كيف يمكن تحليل التوزيع المكاني للضوضاء في المنطقة الصناعية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)؟ وما هي المناطق الأكثر تلوثًا؟
- ما الإجراءات الممكن اقتراحها اعتماداً على نتائج القياسات الميدانية للتلوث الضوضائي للحد من تأثيراته البيئية والصحية؟

3.1. أهداف البحث.

- تقييم مستويات التلوث الضوضائي بالمنطقة الصناعية في المدينة المنورة باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.
- تحليل التغيرات الزمنية في مستويات التلوث الضوضائي خلال فترات القياس المختلفة داخل المنطقة الصناعية.
- مقارنة نتائج مستويات الضوضاء بالمعايير المحلية والدولية المعتمدة (مثل معايير الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة) لتحديد مدى تجاوز الحد المسموح به.
- تحليل التوزيع المكاني للضوضاء باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)
- اقتراح حلول تقليل الآثار البيئية والصحية للتلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية.

4.1. أهمية البحث.

نظراً لندرة الدراسات الميدانية التي تناولت التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية بمدينة المدينة المنورة، برزت الحاجة إلى إجراء دراسة متخصصة لفهم هذه الظاهرة البيئية، في ظل التوسع العمراني والصناعي المتسارع الذي تشهده المملكة، وتمثل نتائج الدراسة قيمة علمية وعملية لعدد من الجهات ذات العلاقة، من بينها: أمانة منطقة المدينة المنوّرة، والهيئة العامة للأرصاد والبيئة، والجهات الرقابية والصحية، وذلك لدعم جهودها في الحد من الملوثات البيئية وتعزيز جودة الحياة، كما تأتي هذه المبادرة

ISSN: 2706-6495

البحثية انسجاماً مع رؤية المملكة العربية السعودية 2030، التي تضع ضمن أولوياتها تحسين جودة الحياة، والمحافظة على البيئة، وتوفير بيئات عمل آمنة وصحية.

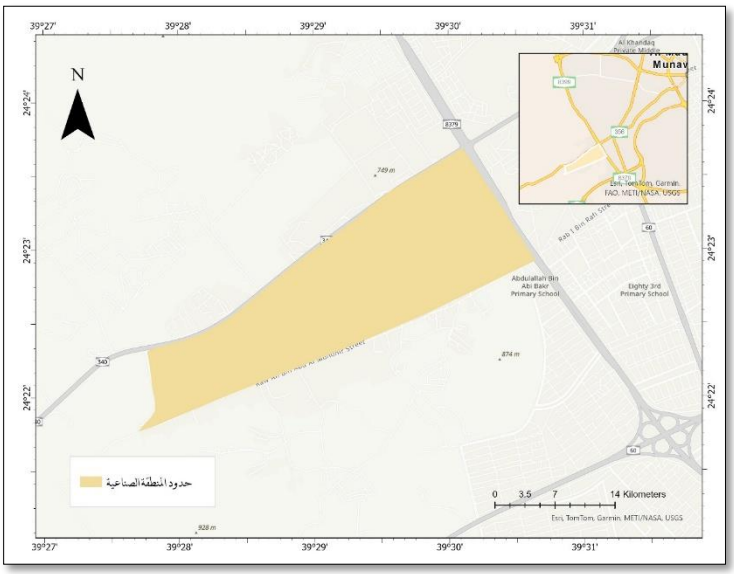
5.1. حدود البحث.

1. الحدود الموضوعية: تقتصر الدراسة على قياس مستويات التلوث الضوضائي وتحليل توزيعه المكاني في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة، وذلك باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS).
2. الحدود المكانية: تتركز الدراسة في المنطقة الصناعية الواقعة جنوب المدينة المنورة.
3. الحدود الزمانية: تتمثل الحدود الزمنية للدراسة الميدانية لضوضاء المنطقة الصناعية بأخذ قراءات في الفترة النهارية (7:00 صباحاً - 12:00 ظهراً) والفترة المسائية (12:00 ظهراً - 6:00 مساءً) في شهر مايو من العام 2025 م.

تقع المنطقة الصناعية في المدينة المنورة في الجزء الجنوبي الغربي من المدينة، وتُعد من أكبر المناطق الصناعية في منطقة المدينة المنورة، حيث أُنشئت بهدف تجميع الأنشطة الصناعية والخدمية في موقع واحد لدعم التنمية الاقتصادية، وتنظيم التوسع العمراني، والحد من الآثار البيئية الناتجة عن انتشار الأنشطة الصناعية داخل المناطق السكنية (مدن، 2021م).

من الناحية الفلكية والجغرافية، تقع المدينة المنورة عند دائرة عرض (24°28′ شمالًا) وخط طول (39°36′ شرقًا)، أما المنطقة الصناعية تحديدًا فتقع ضمن الإحداثيات التقريبية بين دائرة عرض (24°23′ شمالًا) وخط طول (39°31′ شرقًا). وتغطي هذه المنطقة مساحة تُقدَّر بحوالي 50 كيلومترًا مربعًا، وتحتوي على نحو 40 مصنعًا من المصانع المتنوعة تشمل الصناعات الغذائية، والإنشائية، والكيميائية وغيرها من الأنشطة الصناعية التي تُسهم في رفع الناتج المحلي (الهيئة الملكية للمدينة المنورة، 2022؛ الهيئة العامة للإحصاء، 2021م).

أما من الناحية الإدارية والمكانية، فإن المنطقة الصناعية تندرج ضمن النطاق الجنوبي للمدينة المنورة، وتشرف عليها الهيئة السعودية للمدن الصناعية ومناطق التقنية (مدن)، وهي الجهة المختصة بإدارة وتطوير المناطق الصناعية في المملكة. وتتمتع المنطقة بموقع استراتيجي قريب من شبكة الطرق الرئيسة والمنافذ الحيوية، ما يجعلها مركزًا نشطًا للنقل والتوزيع الصناعي في المدينة (مدن، 2021م).



شكل (1) منطقة الدراسة، المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات امانة منطقة المدينة المنورة 2025م

ISSN: 2706-6495

2. الإطار النظري والدراسات السابقة.

يُعد التلوث الضوضائي أحد أشكال التلوث البيئي التي تؤثر سلبًا على الإنسان والكائنات الحية الأخرى، بما في ذلك الحيوان والنبات، ويزداد خطره في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية، حيث تتفاقم مصادر الضوضاء الناتجة عن النشاط البشري اليومي، ويُعرّف التلوث الضوضائي بأنه الأصوات غير المرغوب فيها التي تؤثر على راحة الإنسان وصحته النفسية والجسدية، ويختلف تأثير هذه الضوضاء من شخص لآخر حسب درجة تحمله واستجابته النفسية، مما يجعل فهم الجوانب الفردية جزءًا أساسيًا من تقييم هذه الظاهرة البيئية (الزبيدي وآخرون، 2020).

نبذة عن الضوضاء الصناعية:

حددت المنظمة الدولية للسلامة والصحة المهنية (OSHA) الحد الأقصى المسموح به لمستوى الضوضاء في بيئات العمل الصناعية بـ90 ديسيبل، حفاظًا على صحة وسلامة العاملين. ويشير "شولتز" إلى أن التعرّض لمستويات مرتفعة من الضوضاء تتراوح بين 95 و110 ديسيبل قد يؤدي إلى تلف السمع، وزيادة معدل ضربات القلب، وارتفاع ضغط الدم. كما يؤكد أن الضوضاء تؤثر سلبًا على الجهاز السمعي والعصبي للعاملين، ومع أن هذه التأثيرات لا ترتبط مباشرة بانخفاض الإنتاجية، إلا أنها تؤثر بشكل غير مباشر من خلال تأثيرها التراكمي على صحة وكفاءة العامل، باعتباره العنصر الرئيسي في العملية الإنتاجية (يسري، 2020)

مصادر الضوضاء الصناعية:

تُعتبر الضوضاء الصناعية من أخطر أنواع الضوضاء نتيجة للتوسع الحضري والتطور الصناعي والتكنولوجي، حيث تزايد استخدام الآلات والمعدات المختلفة. تشمل مصادر هذه الضوضاء العديد من الأنشطة الصناعية مثل معدات الورش والمنشآت الصناعية، معدات الأعمال المدنية، محطات توليد الطاقة والكهرباء، وغيرها من المصادر المرتبطة بالنشاط الصناعي (يسري، 2020).

مخاطر وأضرار الضوضاء الصناعية على إنتاج العاملين:

تشير الدراسات إلى أن الضوضاء الصناعية تُعد من أكثر الملوثات تأثيرًا على البيئة المهنية، لما لها من آثار سلبية مباشرة وغير مباشرة على إنتاجية العاملين داخل المنشآت الصناعية. فقد أظهرت النتائج أن التعرض المستمر للضوضاء يؤدي إلى انخفاض تركيز العمال، وزيادة معدلات الأخطاء، وارتفاع مستويات الإجهاد البدني والنفسي، وهو ما ينعكس سلبًا على جودة الأداء وكفاءة الإنتاج. ومن هنا، فإن التحكم في مستويات الضوضاء داخل المصانع يُعد ضرورة للحفاظ على بيئة عمل صحية وآمنة، وتحقيق الاستفادة القصوى من الطاقات البشرية (يسري، 2020).

المعايير المحلية (المملكة العربية السعودية)

تُولي المملكة العربية السعودية اهتمامًا متزايدًا بقضية التلوث الضوضائي، خاصةً مع التوسع العمراني والصناعي المتسارع في مختلف مناطق المملكة. وانطلاقًا من التزاماتها بحماية البيئة والصحة العامة، أصدرت اللائحة التنفيذية للضوضاء لتنظيم مستويات الضوضاء المسموح بها في الاستخدامات المختلفة للأراضي، بما يضمن تقليل تأثيراتها الصحية والنفسية على الإنسان، والحفاظ على جودة الحياة في البيئة الحضرية. وتتضمن هذه اللائحة تحديدًا واضحًا للحدود القصوى للضوضاء خلال فترات النهار والليل، بالإضافة إلى إجراءات رقابية وعقوبات للمخالفين (الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة، 2019)

ISSN: 2706-6495

الجدول التالي للائحة التنفيذية للحدود القصوى المسموح بها لمستويات الضوضاء حسب نوع المنطقة:

جدول رقم (1) المصدر: الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة. (2019).

نوع المنطقة	الفترة الليلية (10 مساءً – 7 صباحًا)	الفترة النهارية (7 صباحًا – 10 مساءً)
المناطق السكنية	45 ديسيبل	55 ديسيبل
المناطق التجارية	55 ديسيبل	65 ديسيبل
المناطق الصناعية	65 ديسيبل	75ديسيبل
مناطق التعليم	50 ديسيبل	60 ديسيبل
المستشفيات والمناطق الحساسة	40 ديسيبل	50 ديسيبل

تجدر الإشارة إلى أن مستويات الضوضاء المسموح بها في المناطق الصناعية تختلف باختلاف الجهة المنظمة والمرجع المستخدم، وتم اعتماد الجدول المعروض في هذه الدراسة بالاستناد إلى معايير الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة (2019) يُظهر الجدول رقم (1) كيف تختلف القيم المسموح بها بناء على طبيعة المنطقة؛ فالمناطق السكنية والمستشفيات تُعد الأكثر حساسية وتتطلب ضوابط أشد، بينما يُسمح بمستويات أعلى في المناطق الصناعية والتجارية، تم وضع هذه المعايير استناداً إلى توصيات منظمة الصحة العالمية (WHO، 2018م) ومعايير الوكالة الأميركية لحماية البيئة (EPA، 2017م)، بالإضافة إلى نتائج دراسات محلية ودولية أثبتت تأثير الضوضاء على الصحة العامة، مما يؤكد أهمية تقنين مستوياتها وفق نوع الاستخدام، وتؤكد أهمية تقنين مستوياتها حسب نوع الاستخدام.

بالإضافة إلى تحديد الحدود القصوى، تُلزم اللائحة المنشآت الصناعية والمشاريع التنموية الجديدة بإجراء تقييم بيئي مسبق لمستويات الضوضاء المتوقعة، وتقديم خطة واضحة للالتزام بالحدود المقررة، كما يجب تركيب أجهزة رصد دائمة لقياس مستويات الضوضاء، وتسجيل القراءات بشكل دوري ضمن تقارير المتابعة البيئية. وتخضع هذه المنشآت لزيارات تفتيش من قِبل المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي لضمان تنفيذ هذه المتطلبات بفعالية (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، 2023م)

أما من حيث الدراسات السابقة فتتعد الدراسات:

دراسات عالمية:

- دراسة محزني مختار وآخرين (2007) بعنوان: دراسة حول تأثير الضوضاء على العمال الصناعيين في ماليزيا

هدفت الدراسة إلى تحليل تأثير الضوضاء الصناعية على العاملين في ثلاث صناعات (منتجات المطاط، تشغيل المعادن، الطباعة والنشر) في ماليزيا، مستخدمة المنهج الوصفي من خلال استبيان مكوّن من 37 بنداً طبق على 120 عاملاً، وتحليل إحصائي باختبار كاي تربيع لقياس دلالة الآثار الفسيولوجية والسمعية والنفسية للضوضاء، وتبين أن التعرض للضوضاء يرتبط بشكل دال بآثار فسيولوجية وسمعية ملحوظة لدى العاملين، مما استدعى التوصية بتطبيق برامج حماية سمعية وتحسين ظروف العمل في المصانع.

- دراسة بوزقورت (2016م) بعنوان رسم خرائط الضوضاء الصناعية: المحاكاة والتحقق الميداني

ركزت الدراسة على نماذج محاكاة لانتشار الضوضاء داخل المصانع ومحيطها مع تحقق ميداني للنتائج، ولوحظ أن فتح الأبواب أو النوافذ في المباني الصناعية يمكن أن يزيد انتشار الضوضاء إلى المناطق المحيطة بشكل ملموس، كما أظهرت الحواجز الصوتية أنها فعالة في بعض النقاط وتقليل مستويات الضوضاء إلى حدود مقبولة في المناطق السكنية القريبة، إذا تم تصميمها ووضعها بشكل مناسب، وأوصت الدراسة باستخدام الخرائط لتحديد المناطق عالية الضوضاء وتوجيه إجراءات العزل الصوتي والوقاية المهنية.

- دراسة لوخاندي (2019م) بعنوان تقييم الإطار العملي لضوضاء الصناعة قدمت الدراسة إطاراً لتقييم مستويات الضوضاء في المصانع باستخدام نماذج ميدانية ورقمية لرسم خرائط الضوضاء، مع تحديد مصادر الضوضاء الأكثر تأثيرًا داخل المنشأة وعلى محيطها، أظهرت الدراسة أن تمثيل المصنع كمصدر منطقة يوفر تقديرات أدق للضوضاء مقارنة بالمصادر النقطية، وأوصت باستخدام خرائط الضوضاء لتوجيه التدابير الهندسية والوقائية.

- دراسة غيدك توكر وآخرين (2025) بعنوان :الضوضاء الصناعية التأثيرات على صحة وأداء العمال دون الحد المسموح به هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير الضوضاء الصناعية الواقعة دون الحدود المسموح بها على صحة السمع، وأداء العمل، ومستويات الضغط النفسي لدى العاملين في منشآت متوسطة الحجم، مستخدمة قياسات لمستويات الضوضاء مع استبيانات لقياس الأداء والضغط، وتحليلًا إحصائيًا للعلاقات بين المتغيرات. وتبيّن أن التعرض المزمن للضوضاء حتى ضمن الحدود النظامية يرتبط بزيادة الشكاوى السمعية، وتراجع الأداء، وارتفاع الضغوط، مما دفع الباحثين للتوصية بمراجعة الحدود المسموح بها وتشديد إجراءات التحكم في الضوضاء.

دراسات إقليمية:

- دراسة يسري جابر عبد العزيز علي (2019) بعنوان: تأثير الضوضاء الصناعية على إنتاجية العاملين بالمنشآت الصناعية

هدفت الدراسة إلى تقييم تأثير الضوضاء الصناعية على إنتاجية العاملين في خمس منشآت، مستخدمة المنهج الوصفي وأجهزة قياس الضوضاء والاستبيانات، وتبين أن مستويات الضوضاء تجاوزت الحدود المسموح بها وأثرت سلبًا على العاملين، مما استدعى التوصية باتخاذ إجراءات للحد منها.

-دراسة علي مهدي جواد الدجيلي، وآخرون (2019م) بعنوان :دراسة التلوث الضوضائي للمواقع الصناعية في مدينة الديوانية ركزت هذه الدراسة على تحليل مكاني وزمني للضوضاء في ثلاثة مواقع صناعية على مدى 12 شهراً، مع قياس الضوضاء صباحًا ومساءً، وخلصت الدراسة إلى أن جميع مستويات الضوضاء أعلى من الحدود المسموح بها، وأوصت الدراسة بتطبيق إجراءات وقائية مثل الحواجز الصوتية ووسائل حماية العاملين.

-ضياء شامل، شكري إبراهيم الحسن، سامر سامي عزيز (2022م) بعنوان: أثر التلوث الضوضائي في الصحة السمعية للعاملين في الورش الصناعية بمدينة البصرة: دراسة بيئية – سريرية ركزت هذه الدراسة على تقييم الصحة السمعية للعاملين في ورش صناعية بمدينة البصرة، تم رصد مستويات الضوضاء في الورش، ثم فحص سمع العاملين سريرياً لتحديد مدى وجود تضرر سمعي ناجم عن الضوضاء، وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة بين التلوث الضوضائي في الورش والتأثيرات السمعية على العاملين، موضحة أن بعض العمال يعانون من تدهور في السمع نتيجة التعرض المستمر لمستويات ضوضاء مرتفعة.

ISSN: 2706-6495

أوصت الدراسة بفرض إجراءات وقائية مثل مراقبة الضوضاء في الورش، تركيب عوازل صوتية، وإجراء فحوصات سمعية دورية للعاملين.

- **دراسة خماج وارحومة (2023م) بعنوان: تقييم مستويات الضوضاء الصادرة عن شركة الزاوية لتكرير النفط** ركزت هذه الدراسة على قياس مستويات الضوضاء الصناعية في خمس مواقع تابعة لشركة الزاوية لتكرير النفط، وتقييم تأثيرها على العاملين والسكان القريبين، باستخدام القياسات الميدانية والتحليل الإحصائي. وأظهرت النتائج تجاوز الضوضاء للحدود المسموح بها، مما أدى إلى مشكلات صحية ونفسية للعاملين، وتأثر المناطق السكنية المجاورة، وأوصت الدراسة بعزل الصوت وزيادة المسافة بين المنشآت والمناطق السكنية.

- **دراسة نوفل وتركي (2023م) بعنوان: استخدام تقنيات الجيوماتيكس في تقييم مستويات التلوث الضوضائي بمدينة منوف** هدفت هذه الدراسة إلى تقييم مستويات التلوث الضوضائي في مدينة منوف باستخدام تقنيات الجيوماتكس، حيث تم توظيف أدوات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونظام تحديد المواقع العالمي (GPS) لتحديد مواقع القياس وتحليل مصادر الضوضاء. وأظهرت النتائج أن مستويات الضوضاء تجاوزت المعدلات العالمية المقبولة في معظم المناطق السكنية، ما انعكس سلبًا على الصحة العامة وجودة الحياة. وأوصت الدراسة بتحديث خرائط الضوضاء بشكل دوري وتوظيف نتائجها في تخطيط المدن والحد من التلوث السمعي.

دراسات محلية:

- **دراسة فلنبان وآخرين (2001) بعنوان: التعرض المهني للضوضاء وفقدان السمع لدى العمال في مصنعين بشرق المملكة العربية السعودية** هدفت الدراسة إلى فحص العلاقة بين التعرض للضوضاء المهنية وفقدان السمع لدى العاملين في مصنعين بالمنطقة الشرقية، من خلال قياسات لمستويات الضوضاء في بيئة العمل وإجراء اختبارات سمعية للمجموعات المعرضة وغير المعرضة. وأظهرت النتائج أن 38٪ من العمال المعرَّضين يعانون من ضعف سمعي، وهو معدل أعلى بثماني مرات مقارنة بغير المعرضين، مع ارتباط واضح بين التعرض للضوضاء وفقدان السمع حتى بعد ضبط العوامل العمرية، وأوصت الدراسة بضرورة تطبيق برامج حماية سمعية ومراقبة دورية لمستويات الضوضاء.

- **دراسة نوير وآخرين (2003) بعنوان: تلوث الضوضاء في صناعات النسيج والطباعة والنشر في السعودية** هدفت الدراسة إلى تقييم مستويات التلوث الضوضائي في 20 مصنعاً تابعة لصناعات النسيج والطباعة والنشر والورق بمدينة جدة، من خلال قياس مستويات الضوضاء المكافئة (Leq) وأقصى وأدنى مستويات الضغط الصوتي في نطاقات ترددية مختلفة، وأظهرت النتائج أن صناعات النسيج والنشر ومنتجات الورق تُعد من أكثر الصناعات ضوضاءً، وأن مستويات الضوضاء في العديد من المواقع تتجاوز الحدود المسموح بها، مما استدعى التوصية بتطبيق تدابير للتحكم في الضوضاء وتوفير وسائل حماية شخصية للعاملين.

- **دراسة الشركاوي وآخرين (2014) بعنوان: دراسة التلوث الضوضائي البيئي في حرم جامعة الدمام** هدفت الدراسة إلى تقييم مستويات التلوث الضوضائي داخل حرم جامعة الدمام من خلال قياس مستويات الصوت في مواقع متعددة داخل الجامعة في أوقات مختلفة من اليوم، ومقارنتها بالحدود المعيارية الموصى بها، وأظهرت النتائج أن متوسط مستويات الضوضاء في كثير من المواقع يتجاوز الحدود المسموح بها، خاصة بالقرب من الطرق ومناطق الحركة العالية، وأوصت الدراسة بتخطيط استخدامات الأراضي داخل الحرم بما يقلل من التعرض للضوضاء وتحسين تصميم المباني والعزل الصوتي.

ISSN: 2706-6495

التعقيب على الدراسات السابقة:

تتشابه هذه الدراسات مع دراستي في تحليل الضوضاء الحضرية، إلا أن الاختلاف الجوهري يكمن في نوعية المصادر والتقنيات المستخدمة، ففي حين ركّزت بعض الدراسات على الضوضاء الصناعية وتأثيرها على إنتاجية العاملين باستخدام المنهج الوصفي وقياسات ميدانية مباشرة، تميز دراستي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل التمثيل المكاني لمستويات الضوضاء الصناعية، ما يتيح فهم توزيع الضوضاء في المدن بشكل أكثر دقة وربطها بالعوامل البيئية المحيطة.

تدعم هذه الدراسات أهمية التحليل المكاني للضوضاء في فهم توزيعها وتحديد المناطق الأكثر تعرضًا، وهو ما يمثل أحد المحاور الأساسية في دراستي، مع إضافة البعد البشري وتأثير الضوضاء على العاملين في المنشآت الصناعية، بالتالي، تمثل دراستي تكاملًا بين التحليل المكاني والبعد البيئي والصحي، حيث تربط بين مستويات الضوضاء وتوزيعها المكاني وتأثيراتها على الأفراد، وهو ما يوسع نطاق فهم الظاهرة مقارنة بالدراسات السابقة التي اقتصرت على البعد المكاني أو على المصدر الصناعي فقط.

3. منهجية البحث:

1.3. المنهج الوصفي التحليلي:

يُعد المنهج الوصفي التحليلي من أكثر المناهج استخداماً في الدراسات البيئية، حيث يقوم على وصف الظاهرة كما هي في الواقع، ثم تحليل البيانات المتعلقة بها للكشف عن خصائصها وأسبابها والعوامل المؤثرة فيها، دون التدخل في المتغيرات أو إجراء تجارب. ويُستخدم هذا المنهج لفهم الظواهر وتحليل أبعادها، كما هو الحال في دراسة التلوث الضوضائي في البيئات الصناعية (عبد الحميد، 2010م).

حيث يتم وصف الظاهرة المدروسة (التلوث الضوضائي) وتحليلها مكانياً وزمانياً باستخدام أدوات علمية وتقنيات متقدمة، ويشمل المنهج الخطوات التالية:

2.3. اختيار العينة:

تم اختيار عينة مكوّنة من 12 مصنعاً من إجمالي 388 مصنعاً في المنطقة الصناعية -طبقاً لبيانات المرصد الحضري في عام 2024م-، وذلك وفق منهجية واضحة سلفاً تراعي التنوع المكاني والوظيفي للمصانع، وقد تم اختيار منهجية العينة الطبقية (Stratified Sampling) بالمنهجية التالية:

تم تقسيم المصانع إلى فئات بحسب نشاطها الصناعي (مثل الصناعات البلاستيكية، ورش الحدادة، ورش السيارات...)، ثم اختيار مصانع من كل فئة لضمان تمثيل شامل لمختلف الأنشطة، كما روعي تمثيل مواقع مختلفة داخل المنطقة الصناعية لضمان رصد التباينات المكانية في المؤشرات البيئية.

ونظراً للطبيعة التفصيلية للعمل الميداني (قياسات – زيارات – تصوير – جمع بيانات)، فإن حجم العينة 12 مصنعاً يعد مناسباً ويمثل حوالي 3.1% من إجمالي المجتمع الصناعي (388 مصنعاً)، وهو معدل مقبول في الدراسات البيئية ذات الزيارات الميدانية المكثفة.

3.3. الدراسة الميدانية:

1. إجراء قياسات ميدانية لمستويات الضوضاء في مواقع مختارة داخل المنطقة الصناعية باستخدام أجهزة قياس الضوضاء الرقمية (مثل: Sound Level Meter).

ISSN: 2706-6495

شكل رقم (2) جهاز Sound Level Meter المستخدم في القياس، المصدر: من تصوير الباحثان، 2025م

2. تسجيل البيانات في فترات زمنية مختلفة خلال الفترة النهارية (7:00 صباحاً - 12:00 ظهراً) والفترة المسائية (12:00 ظهراً - 6:00 مساءً)، في مواقع مختارة داخل المنطقة الصناعية للحصول على متوسطات دقيقة.

- **تحليل البيانات المكانية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS):**
  1. إدخال بيانات القياس الميدانية في قاعدة بيانات مكانية.
  2. إنشاء خرائط توضح التوزيع المكاني والزماني للضوضاء.
  3. استخدام أدوات التحليل المكاني (Interpolation) لتحديد مناطق التلوث المرتفع والمنخفض.
- **المقارنة بالمعايير البيئية:**

مقارنة نتائج مستويات الضوضاء بالمعايير المحلية والدولية المعتمدة (مثل معايير الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة) لتحديد مدى تجاوز الحد المسموح به.

4.3. الأسلوب الإحصائي:

يُعد التحليل الإحصائي من الأساليب المنهجية المهمة في معالجة البيانات الكمية وتفسيرها، بهدف الوصول إلى استنتاجات دقيقة تسهم في فهم الظواهر المدروسة ودعم القرارات العلمية. وفي هذه الدراسة، تم توظيف أدوات تحليلية إحصائية لقياس وتفسير مستويات التلوث الضوضائي في الفترة النهارية والمسائية في 12 موقعًا داخل المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة، وذلك على النحو التالي: (السيد، 2013)

ISSN: 2706-6495

1. **المتوسط الحسابي:** هو مقياس إحصائي يُستخدم لتحديد القيمة المركزية لمجموعة من البيانات الرقمية. يُحسب بجمع جميع القيم ثم قسمتها على عددها. تم استخدامه في هذه الدراسة لمعرفة المتوسط العام لشدة الضوضاء في الفترتين النهارية والمسائية، مما يُساهم في تحديد مدى تجاوز مستويات الضوضاء للمعايير المسموح بها (السيد، 2013)

المعادلة للفترة النهارية:

$$\bar{X}_n = (81.5 + 79.6 + 73.2 + 80.7 + 75.9 + 84.1 + 70 + 64.2 + 77.9 + 85.9 + 66.9 + 78) / 12$$

المعادلة للفترة المسائية:

$$\bar{X}_m = (70.1 + 64.5 + 60.6 + 69.8 + 61.9 + 70.2 + 60 + 66.6 + 67 + 73 + 56 + 61) / 12$$

2. **المدى**: هو الفرق بين أكبر وأصغر قيمة في مجموعة البيانات، ويستخدم لقياس مدى تشتت القيم. في هذه الدراسة، يُظهر المدى درجة التباين بين مستويات الضوضاء في المواقع المختلفة، وهو مؤشر مبدئي على وجود تفاوت مكاني في شدة التلوث (السيد، 2013)

معادلة المدى للفترة النهارية:

$$85.9 - 64.2 = 21.7 \text{ ديسيبل}$$

معادلة المدى للفترة المسائية:

$$73 - 56 = 17 \text{ ديسيبل}$$

3. **تحليل الجار الأقرب (Nearest Neighbor Analysis):** يُعد من التحليلات المكانية المهمة في نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، ويُستخدم للكشف عن نمط توزيع المواقع الصناعية من حيث شدة التلوث الضوضائي، وهل تتوزع بشكل عشوائي أم متكتل أم منتظم. (السيد، 2013)

4. نتائج البحث وتفسيرها وتحليلها:

1. مستويات التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية:

تُعدّ الضوضاء الصناعية من أبرز مصادر التلوث في البيئات الحضرية، لا سيما في المناطق الصناعية التي تشهد كثافة في الأنشطة الإنتاجية وتشغيل المعدات الميكانيكية الثقيلة. فالحركة الدائمة للمركبات الثقيلة، والآلات الصناعية، وعمليات التصنيع المستمرة تسهم بشكل مباشر في ارتفاع مستويات الضوضاء إلى حدود تتجاوز المعايير البيئية المسموح بها. ونظرًا لما تسببه هذه الظاهرة من آثار صحية ونفسية ضارة، خصوصًا على العاملين داخل المصانع وسكان المناطق المجاورة، أصبحت دراسة مستويات الضوضاء ورصد توزيعها المكاني من الأولويات البيئية الملحة (أبو العلا، 2019).

اعتمد الباحثان في تحليل مستويات الضوضاء على جمع بيانات ميدانية من 12 موقعًا مختلفًا داخل المنطقة الصناعية في المدينة المنورة، حيث تم النزول الى الميدان وأخذ قراءات مستوى التلوث مع أخذ إحداثيات هذه المواقع، وتم قياس مستويات الضوضاء في فترتين مختلفتين خلال اليوم، الأولى هي الفترة النهارية التي تمتد من الساعة 7:00 صباحًا إلى الساعة 12:00 ظهرًا، والثانية هي الفترة المسائية التي تمتد من الساعة 12:00 ظهرًا إلى الساعة 6:00 مساءً.

وتم تحديد أوقات الرصد وفقاً لما نصت عليه الهيئة العامة لحماية البيئة الأمريكية وذلك من خلال أوقات معينة مثل أوقات الذروة مع مراعاة التالي اثناء الرصد

- ارتفاع الجهاز عن سطح الأرض بمقدار (1.5: 1.2) متر
- لا يوجد حواجز للقياس في حدود 2 متر
- اختيار ظروف جوية مناسبة بحيث لا يكون الجو ممطر لأنه يؤثر على القياس (نوفل، تركي، 2024)

وفيما يلي جدول يوضح مستويات التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية التي قام بقياسها الباحثان خلال الفترتين:

جدول رقم (2) مستويات التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة

النقطة	X	y	نوع النشاط الصناعي	الفترة النهارية	الفترة المسائية
1	39.4980365	24.3899733	مصنع بلاستيك	81.5	70.1
2	39.4970834	24.3886724	صيانة سيارات	79.6	64.5
3	39.4964705	24.3875957	صيانة سيارات	73.2	60.6
4	39.4970207	24.3872302	حدادة	80.7	69.8
5	39.4966432	24.3902801	صيانة سيارات	75.9	61.9
6	39.4954996	24.3877005	أعمال معدنية	84.1	70.2
7	39.4790479	24.376019	مصنع تمور	70	60
8	39.4748875	24.374485	مستودع	64.2	66.6
9	39.4911926	24.3766872	مستودع	77.9	67
10	39.5046603	24.3854541	صيانة شاحنات	85.9	73
11	39.4665545	24.3701646	مستودع	66.9	56
12	39.4933263	24.3846021	صيانة سيارات	78	61

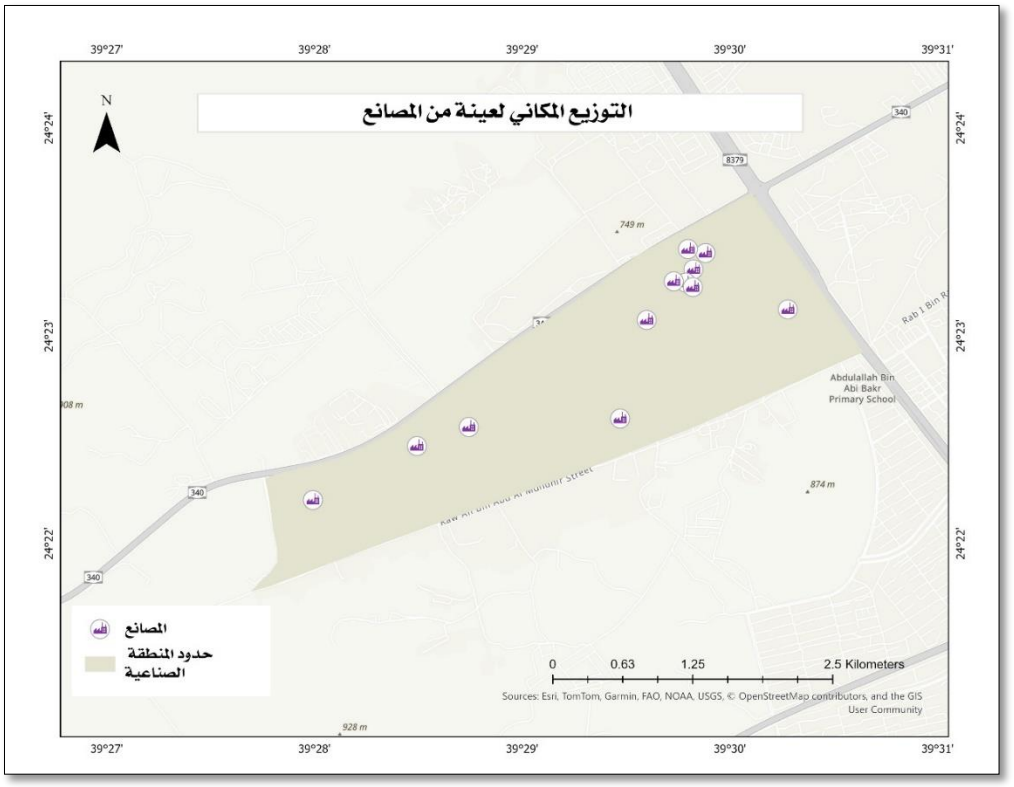
المصدر: بيانات الزيارة الميدانية، مايو 2025م

2. تحليل مستويات التلوث الضوضائي في المنطقة الصناعية:

حرصتُ في هذه الدراسة على اختيار مواقع القياس بطريقة تضمن تمثيلاً متنوعاً ومتكاملاً للأنشطة الصناعية المختلفة داخل المنطقة الصناعية شكل (2)، وذلك بهدف التعرف على الفروقات في مستويات الضوضاء الناتجة عن تنوع هذه الأنشطة، وقد شملت هذه المواقع عدة مجالات صناعية مثل مصانع البلاستيك، وورش الحدادة، وصيانة السيارات، ومصانع المعادن، والمستودعات، وتشكيل المعادن بحيث يمثل كل موقع نوع محدد من الأنشطة الصناعية المنتشرة في المنطقة، بما يعكس الواقع البيئي والصناعي بشكل أقرب للدقة.

ISSN: 2706-6495

شكل رقم (2) خريطة التوزيع المكاني لعينة مختارة من المصانع



المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الزيارة الميدانية للمنطقة الصناعية، مايو 2025م

تظهر بيانات القياس كما يبين الجدول (2) تفاوتاً واضحاً في مستويات الضوضاء بين المواقع والأنشطة الصناعية المختلفة داخل المنطقة الصناعية بالمدينة المنورة، بوجه عام، جاءت مستويات الضوضاء في الفترة النهارية أعلى من الفترة المسائية في معظم النقاط، وهو نمط متوقع نتيجة نشاط المعدات والعمالة خلال ساعات العمل الرسمية مقارنة بانخفاض الحركة في الفترة المسائية.

حيث سجلت أعلى القراءات النهارية سُجلت عند نقطة (10) التابعة لنشاط صيانة الشاحنات بواقع 85.9 ديسيبل، تليها نقطة (6) الخاصة بنشاط الأعمال المعدنية بواقع 84.1 ديسيبل، ويعكس ذلك طبيعة هذه الأنشطة التي تعتمد على معدات ميكانيكية ثقيلة تحدث ضوضاء مرتفعة. في المقابل، سجلت نقاط الأنشطة الخفيفة مثل مصانع التمور والمستودعات مستويات أقل نسبياً، حيث تراوحت القراءات النهارية بين 64.2–77.9 ديسيبل.

وفي الفترة المسائية، انخفضت مستويات الضوضاء في أغلب المواقع، لا سيما عند الأنشطة ذات التشغيل العالي مثل الأعمال المعدنية (70.2 ديسيبل بدلًا من 84.1) والحدادة (69.8 بدلًا من 80.7) بينما شهدت بعض المواقع استثناءً بسيطاً مثل نقاط المستودعات (8 و9)، التي سجلت مستويات ضوضاء مسائية قريبة أو أعلى بشكل طفيف من النهارية، مما يشير لاحتمالية وجود حركة مناولة أو شاحنات خلال الفترة المسائية.

ومن خلال المقارنة الشاملة، تُعد أنشطة الميكانيكا والحدادة والمعادن الأكثر توليداً للضوضاء، بينما تأتي الأنشطة التخزينية والغذائية ضمن المعدلات الأقل، هذا التباين يؤكد أهمية تصنيف الأنشطة الصناعية عند تقييم التلوث الضوضائي ووضع الضوابط التنظيمية، حيث تتطلب الأنشطة الثقيلة إجراءات تخفيفية أكبر مثل العوازل الصوتية وتنظيم ساعات التشغيل.

ISSN: 2706-6495

التحليل الإحصائي:

المتوسط الحسابي للفترة النهارية / المسائية:

تم حساب المتوسط الحسابي لمستويات الضوضاء خلال الفترة النهارية / المسائية باستخدام معادلة المتوسط، حيث كانت النتيجة:

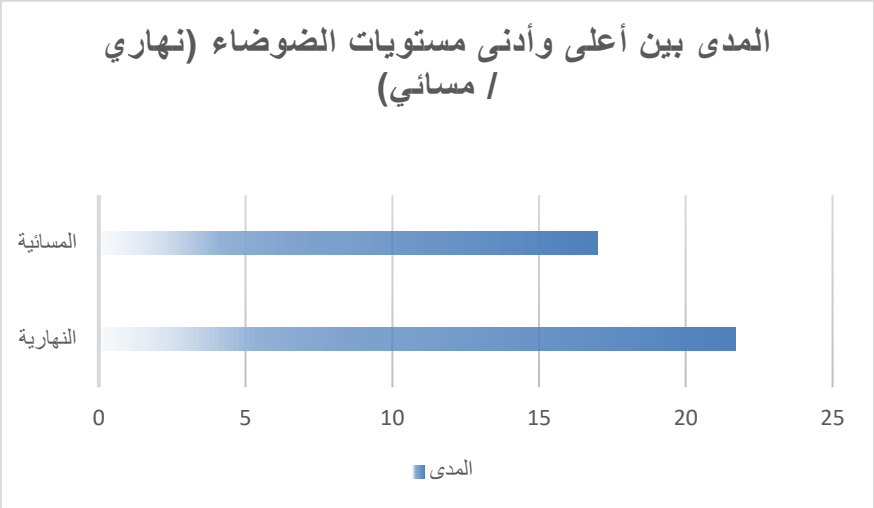
- المتوسط الحسابي للفترة النهارية = 76.49 ديسيبل.
- المتوسط الحسابي للفترة المسائية = 65.06 ديسيبل

المدى:

تم حساب المدى لقياس التفاوت بين أعلى وأدنى مستويات الضوضاء في كل فترة، كما يوضحه شكل (3):

- المدى للفترة النهارية = 85.9 - 64.2 = 21.7 ديسيبل.
- المدى للفترة المسائية = 73.0 - 56.0 = 17.0 ديسيبل.

شكل رقم (2) المدى بين أعلى وأدنى مستويات الضوضاء (نهاري / مسائي)



المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج التحليل الإحصائي، 2025م

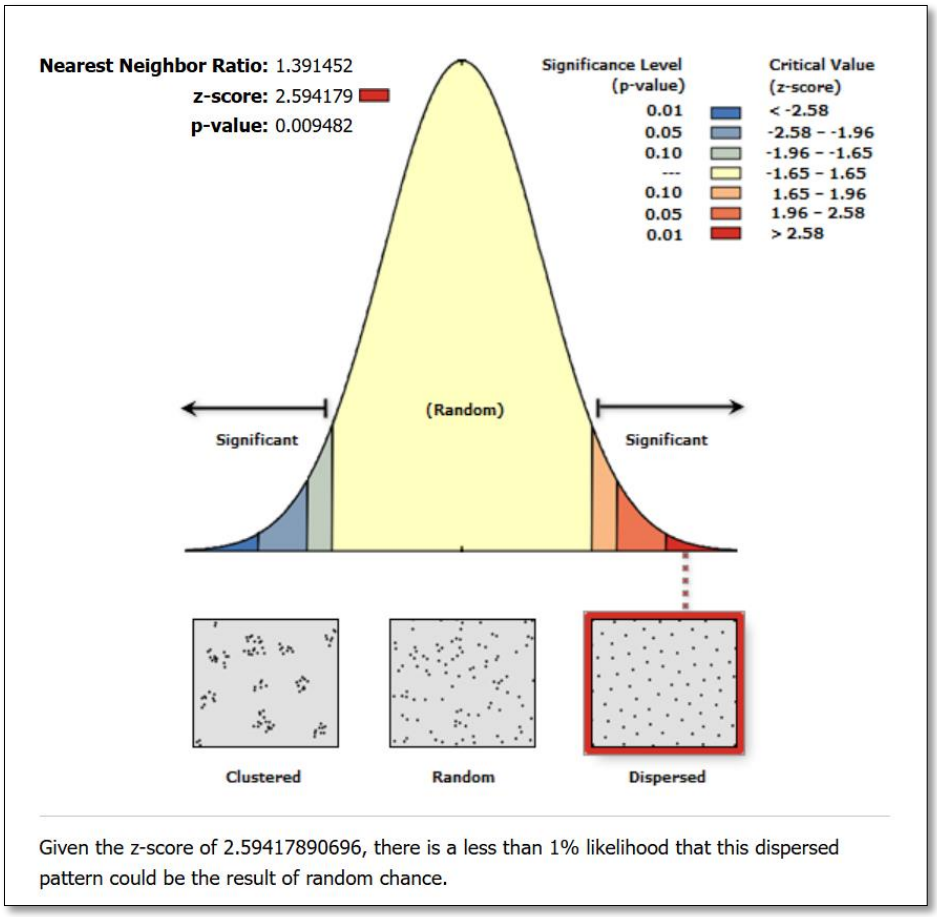
تحليل الجار الأقرب:

وعلاوة على ذلك، حرصت الباحثان على استخدام تحليل الجار الأقرب وهو تحليل إحصائي مكاني، بهدف فهم العلاقة المكانية بين مواقع القياس والأنشطة الصناعية المحيطة بها. يهدف هذا التحليل إلى تصنيف المواقع بناءً على تشابه مستويات الضوضاء مع أقرب الجيران، مما يساعد في التعرف على الأنماط المكانية المرتبطة بالنشاط الصناعي. وقُسمت أنماط التوزيع المكاني كما أوضح داوود، (2011) في تحليل الجار الأقرب الى 3 أنماط وهي:

- نمط متقارب (Clustered) يحدث عندما تكون النقاط متجمعة بالقرب من بعضها.
- نمط عشوائي (Random) تكون النقاط موزعة دون أي ترتيب أو نمط واضح.
- نمط متباعد (Dispersed) تكون النقاط متفرقة وبعيدة عن بعضها.

ISSN: 2706-6495

شكل رقم (2) نتيجة تحليل الجار الأقرب لمواقع مختارة داخل المنطقة الصناعية



المصدر: من إعداد الباحثان ببرنامج ARC GIS بالاعتماد على بيانات الزيارة الميدانية، مايو2025م

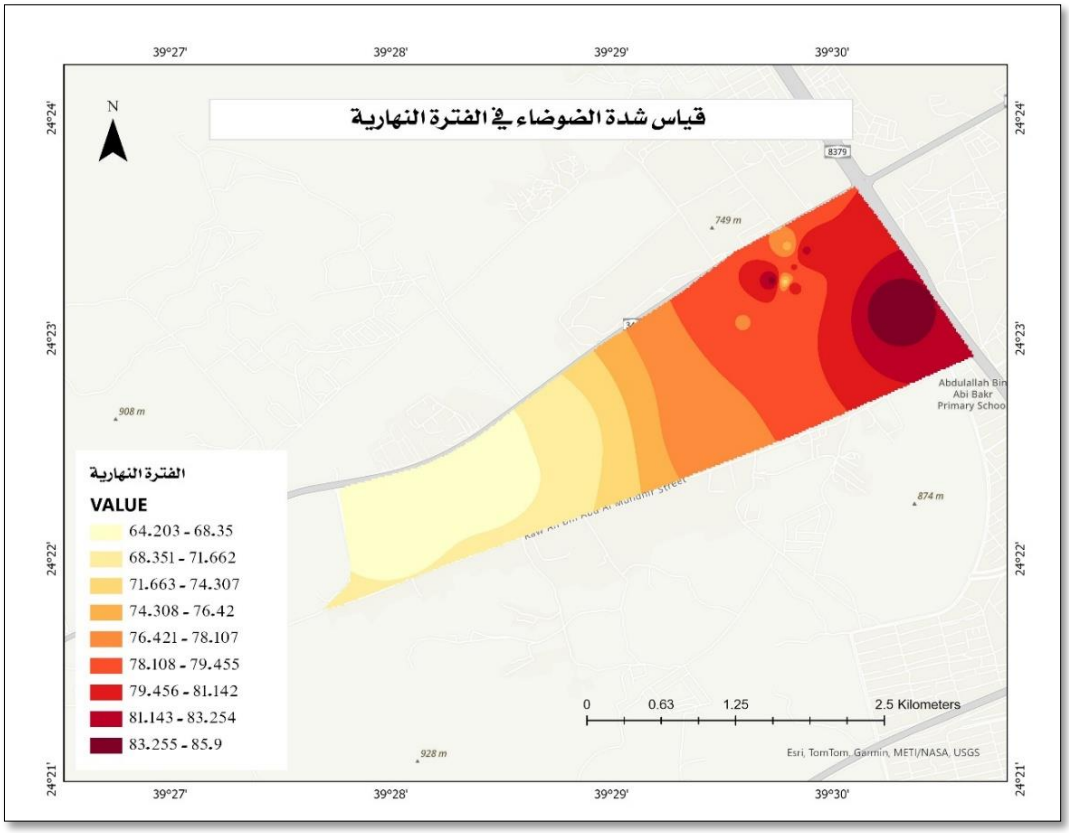
وقد أظهرت النتائج أن نمط التوزيع هو "متباعد" (Dispersed)، حيث بلغ معامل الجار الأقرب (Nearest Neighbor Ratio) قيمة 1.391452، وهي قيمة أعلى من 1، مما يشير إلى أن المواقع موزعة بشكل متباعد وغير عشوائي. كما أن قيمة Z-Score = 2.594179 تقع خارج النطاق العشوائي، وتعكس دلالة إحصائية قوية، خاصة مع قيمة الاحتمالية (P-Value) =0.009482، التي تؤكد أن النمط المتباعد ذو دلالة عند مستوى ثقة 99%، تشير هذه النتائج إلى أن توزيع مواقع القياس لم يكن عشوائيًا، بل اتسم بالتنظيم والتباعد

3. تحليل التوزيع المكاني لشدة الضوضاء باستخدام الاستيفاء (Interpolation):

في إطار تحليل مستويات الضوضاء الميدانية في المنطقة الصناعية، تم تمثيل البيانات باستخدام تقنيات التحليل المكاني، ومن أبرزها تقنية الاستيفاء المكاني (Interpolation). يهدف هذا التحليل إلى إنتاج خرائط توضح التوزيع الجغرافي لشدة الضوضاء خلال فترتين زمنيتين: الفترة النهارية (من الساعة 7:00 صباحًا حتى 12:00 ظهرًا) والفترة المسائية (من الساعة 12:00 ظهرًا حتى 6:00 مساءً)، وذلك من خلال تقدير مستويات الضوضاء في المواقع غير المقاسة بالاعتماد على القيم الفعلية المسجلة في اثني عشر موقعاً تم رصدها ميدانياً.

ISSN: 2706-6495

شكل رقم (3) خريطة التوزيع المكاني لشدة الضوضاء لمنطقة الدراسة



المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الزيارة الميدانية مايو 2025م

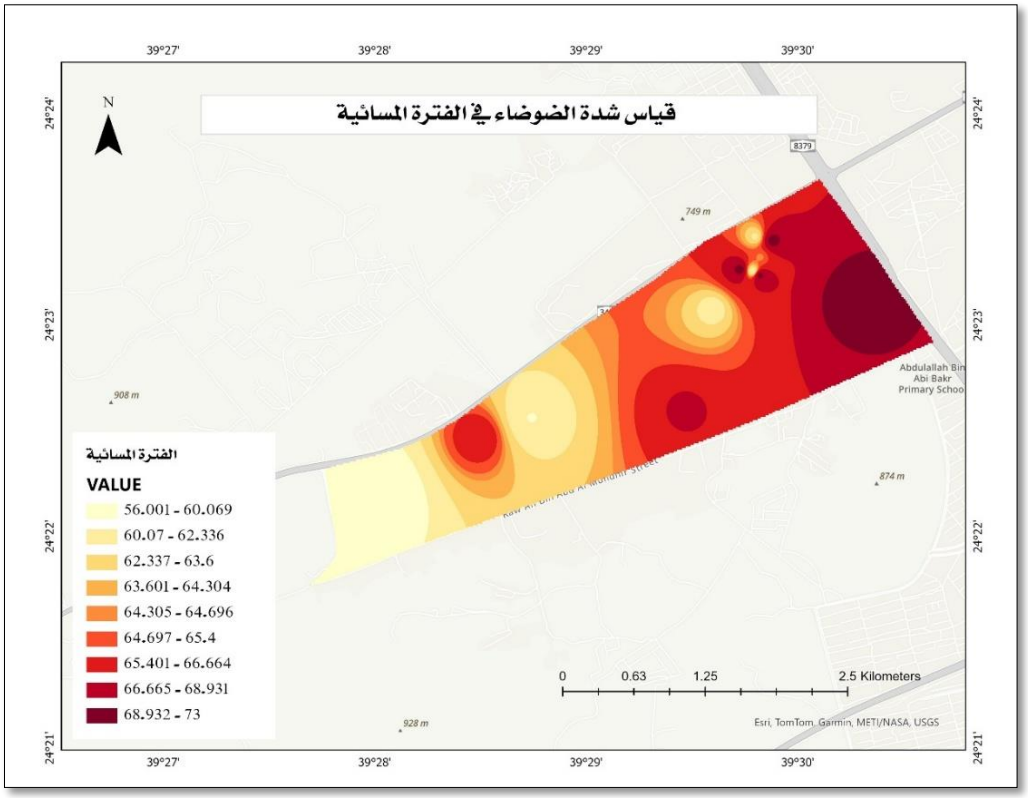
توضح خريطة الاستيفاء الخاصة بالفترة النهارية توزيع مستويات الضوضاء في المنطقة الصناعية باستخدام طريقة الوزن العكسي للمسافة (IDW). وقد أظهرت الخريطة تدرجاً لونيًا يبدأ من الأصفر الفاتح ليمثل القيم المنخفضة، ويصل إلى الأحمر الغامق لتمثيل القيم الأعلى من الضوضاء.

من خلال التمثيل المكاني للبيانات، تبين أن أعلى مستويات الضوضاء تركزت في بعض المواقع التي تجاوزت 85 ديسيبل، كما هو موضح باللون الأحمر الغامق، مما يشير إلى وجود أنشطة صناعية عالية الإزعاج التي سجلت مستويات تفوق 80 ديسيبل مثل صيانة الشاحنات، الأعمال المعدنية، والحدادة تعد من الأنشطة عالية الإزعاج وربما تتجاوز الحد المسموح به، ومن أبرز هذه القيم المسجلة: 85.9، 84.1، و81.5 ديسيبل، وهي تعكس مناطق ذات كثافة ضوضائية مرتفعة، في المقابل، ظهرت بعض المواقع بألوان أقرب إلى الأصفر الفاتح، مثل القيم 64.2، 66.9، و70 ديسيبل، والتي تمثل المناطق ذات الضوضاء الأقل نسبياً، متمثلة في مصانع التمور والمستودعات.

وبالانتقال إلى الفترة المسائية، تم تطبيق نفس أسلوب التحليل المكاني باستخدام طريقة الاستيفاء IDW لرصد التغيرات في شدة الضوضاء خلال هذه الفترة، والتي تمتد من الساعة 12:00 ظهرًا حتى 6:00 مساءً.

ISSN: 2706-6495

شكل رقم (4) خريطة قياس شدة الضوضاء بالفترة المسائية



المصدر: من إعداد الباحثان بالاعتماد على بيانات الزيارة الميدانية، مايو 2025م

أظهرت خريطة الاستيفاء للفترة المسائية انخفاضًا عامًا في مستويات الضوضاء مقارنة بالفترة النهارية، حيث تراوحت القيم بين 56 و73 ديسيبل. ووفقًا للتدرج اللوني المستخدم، تركزت القيم المرتفعة نسبيًا في مناطق ظهرت باللون البرتقالي الغامق، وتمثلت في مواقع سجلت مستويات مثل 73، 70.2، و70.1 ديسيبل، ما يشير إلى استمرار بعض الأنشطة الصناعية ذات الإزعاج المتوسط في هذه المواقع خلال الفترة المسائية.

في المقابل، سيطرت الألوان الأفتح (أصفر إلى أصفر فاتح) على مناطق عديدة، وهو ما يعكس تسجيل مستويات منخفضة من الضوضاء في مواقع مثل 56، 60، و60.6 ديسيبل.

يُبرز هذا الانخفاض الملحوظ بين الفترتين وجود علاقة مباشرة بين توقيت العمل الصناعي ونشاطه، ومستويات الضوضاء الناتجة عنه، حيث تبدو الفترة النهارية أكثر ازدحامًا بالصوت نتيجة النشاط المكثف، بينما تشهد الفترة المسائية نوعًا من الانخفاض التدريجي، وهو ما ينعكس بوضوح على الخريطة الناتجة عن تحليل IDW.

5. ملخص النتائج والتوصيات:

مقارنة نتائج الدراسة مع المعايير المعتمدة لمستويات الضوضاء في المملكة العربية السعودية:

أسفر الرصد الميداني الذي قام به الباحثان في (12) موقعًا مختلفًا داخل المنطقة الصناعية في المدينة المنورة عن تسجيل مستويات مرتفعة من الضوضاء خلال الفترة النهارية، حيث تراوحت القيم بين 64.2 ديسيبل و85.9 ديسيبل، بمتوسط عام بلغ حوالي 76.8 ديسيبل. وتُعد هذه القيم متجاوزة للحد المسموح به في المناطق الصناعية خلال النهار، والمحدد بـ 75 ديسيبل،

ISSN: 2706-6495

وفقًا لما نصّت عليه اللائحة التنفيذية للضوضاء في المملكة العربية السعودية. وقد تبين أن 7 مواقع من أصل 12 تجاوزت هذا الحد، مما يدل على وجود تلوث ضوضائي قد يشكل خطرًا على صحة العاملين وسلامتهم (المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، 2021).

أما خلال الفترة المسائية، فقد أظهرت البيانات أن مستويات الضوضاء تراوحت ما بين 56 ديسيبل و73 ديسيبل، بمتوسط عام بلغ نحو 65.6 ديسيبل، وهي قيمة تقترب من الحد الأقصى المسموح به في الفترة الليلية، والذي حددته اللائحة بـ 65 ديسيبل. ومن خلال تحليل البيانات، تبين أن 6 مواقع تجاوزت هذا الحد الليلي، مما يشير إلى أن الانخفاض في مستويات الضوضاء خلال ساعات المساء لا يزال غير كافٍ، الأمر الذي قد ينجم عنه آثار صحية ونفسية طويلة الأمد للعاملين المتواجدين خلال هذه الفترات. وتعكس هذه النتائج وجود تجاوزات فعلية ومستمرّة لمعايير الضوضاء المحددة وطنيًا

1.5. النتائج:

- مستويات الضوضاء النهارية تراوحت بين 64.2 ديسيبل و85.9 ديسيبل، مع متوسط قدره 76.8 ديسيبل، مما يجاوز الحد المسموح به (75 ديسيبل) في المملكة.
- مستويات الضوضاء المسائية تراوحت بين 56 ديسيبل و 73 ديسيبل، مع متوسط قدره 65.6 ديسيبل، حيث تجاوزت 6 مواقع الحد المسموح به (65 ديسيبل).
- صيانة الآلات الثقيلة كانت المصدر الرئيسي للضوضاء في مواقع مثل ورش الحدادة وصناعة المعادن.
- 7 مواقع صناعية خلال النهار و6 مواقع في المساء تجاوزت الحدود المسموح بها للضوضاء، مما يبرز أهمية التصدي لهذه المشكلة.

2.5. التوصيات:

- زيارات تفتيشية مستمرة للمصانع لضمان الالتزام بالمعايير
- قياس شدة الضوضاء بشكل دوري من قبل مختصين في هذا المجال لضمان عدم تأثيرها على الصحة والسلامة مستقبلاً
- استبدال الأجهزة او المعدات المصدرة للصوت المزعج بجهاز أحدث وأكثر هدوء
- توعية المجتمع والعاملين في المصانع بأثر الضوضاء وكيفية التعامل معها بشكل سليم
- تركيب عوازل للصوت بحيث تخفيف الضوضاء خارج المصنع
- إجراء دراسة تقييم الأثر البيئي للمنطقة الصناعية لمعرفة مدى الالتزام باشتراطات البلدية لإقامة المصانع ولمعرفة تأثيره على المنطقة المحيطة وعلى السكان ايضاً

6. المصادر والمراجع:

1.6. المراجع العربية:

العتيبي، الدغيري. (2023). قياس مستويات تلوث ضوضاء حركة مرور المركبات في حاضرة الدمام، جامعة القصيم، مجلة العلوم العربية والإنسانية، 31(2)، 1–20.

العتيبي، متعب سعود. (2020). أثر التلوث الضوضائي على الصحة العامة في المناطق الصناعية. مجلة العلوم البيئية، 12(2)، 45–60.

العمري، محمد عبد الله. (2014). أثر التوسع العمراني والصناعي على البيئة في المدينة المنورة (رسالة ماجستير). جامعة طيبة، المدينة المنورة.

الزبيدي، سحر محمد؛ الفيلي، محمد عبد علي؛ الجبوري، عمار حسين. (2020). التباين المكاني لمستويات التلوث الضوضائي. مؤتمر جامعة واسط العلمي الثاني، كلية التربية، العراق.

المطيري، عبد الله ناصر. (2020). استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل مصادر التلوث الضوضائي في مكة المكرمة (رسالة ماجستير). جامعة أم القرى، مكة المكرمة.

داوود، جمعة محمد. (2011). التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية باستخدام ArcGIS. مكتبة الدار الأكاديمية.

عبد الحميد، فتحي. (2010). مناهج البحث في التربية وعلم النفس. دار الفكر العربي، القاهرة.

عبد الرازق، محمود محمد. (2017). أثر التلوث الضوضائي على الصحة العامة في المناطق الحضرية: دراسة حالة مدينة القاهرة (رسالة ماجستير). جامعة عين شمس، كلية الآداب، قسم الجغرافيا.

علي، يحيى جميل عبد. (2019). الضوضاء الصناعية وتأثيرها على إنتاجية العاملين بالمنشآت الصناعية. مجلة التعليم الصناعي، 27(1).

نوفل، رشا صابر؛ تركي، محمد جمال. (2023). استخدام تقنيات الجيوماتكس في تقييم مستويات التلوث الضوضائي بمدينة منوف. مجلة بحوث كلية الآداب، 31(122)، 3–36.

2.6. المراجع الأجنبية:

Mokhtar, M., et al. (2007). A Study on the Effects of Noise on Industrial Workers in Malaysia.

Bozkurt, A. (2016). Industrial Noise Mapping: Simulation and Field Verification.

Lokhande, S. (2019). Assessment of a Practical Framework for Industrial Noise.

Gedik-Toker, G., et al. (2025). Industrial Noise: Effects on Workers' Health and Performance Below the Permissible Limit

3.6. المصادر.

أمانة منطقة المدينة المنورة. (2022). الخريطة الرقمية والتقارير الجغرافية. المملكة العربية السعودية.

الهيئة العامة للأرصاد وحماية البيئة. (2019). اللائحة التنفيذية للضوضاء. المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي، المملكة العربية السعودية.

المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي. (2021). اللائحة التنفيذية للضجيج في المملكة العربية السعودية. المملكة العربية السعودية.

المركز الوطني للرقابة على الالتزام البيئي. (2023). دليل قياس الضوضاء البيئية. وزارة البيئة والمياه والزراعة، الرياض.

مدن. (2021). التقرير السنوي للمدن الصناعية بالمملكة العربية السعودية. المملكة العربية السعودية.

ISSN: 2706-6495

7. الملاحق:

صورة لداخل أحد المصانع في المنطقة الصناعية أثناء الزيارة الميدانية من تصوير الباحثان

ISSN: 2706-6495

صورة لداخل أحد المصانع في المنطقة الصناعية أثناء الزيارة الميدانية من تصوير الباحثان

جميع الحقوق محفوظة © 2026، الباحثة/ شهد متعب السحيمي، الأستاذ الدكتور/ محمد إبراهيم الدغيري، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي (CC BY NC)

Doi: http://doi.org/10.52132/Ajrsp/v7.81.4