دمج الحلول التكنولوجية المستدامة لمواجهة التلوث الهوائي وأثرها على الصحة والسلوك السكاني في بغداد والمناطق الصناعية المحيطة

Integrating Sustainable Technological Solutions to Combat Air Pollution and Their Impact on Health and Population Behavior in Baghdad and Surrounding Industrial Areas

م.د. التفات عبدالكاظم شنداخ رفيش الجوراني

M.D. Altafat Abdul-Kadhim Shandakh Rafeesh Al-Jorani

جامعة واسط كلية التربية للعلوم الانسانية

ailtiffatkazim@gmail.com

07713408226

الكلمات المفتاحية: التلوث الهوائي، التكنولوجيا المستدامة، الصحة العامة، السلوك السكاني، بغداد، المناطق الصناعية.

Keywords: Air pollution, sustainable technology, public health, population behavior, Baghdad, industrial areas.

ملخص البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة دمج الحلول التكنولوجية المستدامة في معالجة التلوث الهوائي وآثاره في الصحة العامة والسلوك السكاني في مدينة بغداد والمناطق الصناعية المحيطة بها. ويركز على تقييم مستويات الملوثات الهوائية، وآثارها الصحية على السكان، ومدى تبني السلوكيات الوقائية، فضلًا عن تحليل فاعلية الحلول التكنولوجية المستدامة في الحد من التلوث. اعتمد البحث تصميمًا وصفيًا تحليليًا تجريبيًا، وجُمعت البيانات باستخدام استبيانات لقياس السلوك البيئي، وأجهزة قياس جودة الهواء $PM_{2.5}$ وPM_{10} وNOx وSO_2 وCO، مع تحليل سجلات صحية للمستشفيات المحلية. كما اختيرت عينة طبقية عشوائية شملت المناطق الصناعية والسكنية القريبة والمناطق الحضرية المرجعية لضمان تمثيل شامل. وأظهرت النتائج أن المناطق الصناعية سجلت أعلى مستويات التلوث، تلتها المناطق السكنية القريبة من المصانع، بينما كانت المناطق المرجعية الأقل تعرضًا. كما ارتبطت هذه المستويات بزيادة الأمراض التنفسية والقلبية، خاصة لدى الفئات العمرية الأكبر، وتبين أن ارتفاع الوعي البيئي يرتبط مباشرة بتبني سلوكيات وقائية أكثر فاعلية.

Abstract

This study examines the integration of sustainable technological solutions to address air pollution and its effects on public health and population behavior in Baghdad and the surrounding industrial areas. It focuses on assessing pollutant levels, their health impacts, the extent of preventive behavior adoption, and the effectiveness of sustainable

technologies in reducing pollution. The study used a descriptive, analytical, and experimental design, relying on environmental behavior questionnaires, air quality measurements of $PM_{2.5}$, PM_{10}, NOx, SO_2, and CO, as well as hospital health records. The sample was selected through stratified random sampling and included industrial zones, nearby residential areas, and reference urban areas. The findings showed that industrial areas had the highest pollution levels, followed by nearby residential zones, while reference areas had the lowest exposure. Higher pollution levels were associated with increased respiratory and cardiovascular diseases, especially among older age groups, and greater environmental awareness was linked to more effective preventive behavior.

الفصل الاول : المقدمة

أصبحت المشكلات البيئية في العقود الأخيرة من أبرز التحديات التي تواجه المدن الكبرى، ولا سيما تلك المرتبطة بالتلوث الهوائي، لما له من آثار مباشرة وغير مباشرة على صحة الإنسان وسلوكه وجودة الحياة الحضرية. ويُعد التلوث الهوائي أحد أخطر أشكال التلوث البيئي بسبب انتشاره الواسع وصعوبة التحكم بمصادره، خصوصًا في المدن ذات الكثافة السكانية العالية والنشاط الصناعي المكثف، حيث تتداخل العوامل الطبيعية والبشرية في تعقيد هذه المشكلة.

وتُعد مدينة بغداد بوصفها العاصمة السياسية والاقتصادية للعراق، نموذجًا حضريًا يعاني من تزايد واضح في مستويات التلوث الهوائي، نتيجة النمو السكاني المتسارع، والتوسع العمراني غير المخطط، وتركّز الأنشطة الصناعية في أطرافها، فضلًا عن الاعتماد الكبير على الوقود الأحفوري في النقل وتوليد الطاقة. وقد أدى ذلك إلى ارتفاع معدلات الملوثات الهوائية مثل الجسيمات العالقة الدقيقة $PM_{2.5}$ و PM_{10} وأكاسيد الكبريت والنتروجين، مما انعكس سلبًا على صحة السكان، خاصة في المناطق الصناعية والمناطق السكنية المجاورة لها.

ولا تقتصر آثار التلوث الهوائي على الجوانب الصحية فحسب، بل تمتد لتشمل السلوك السكاني وأنماط الحياة اليومية إذ تؤثر الظروف البيئية المتدهورة في سلوك الأفراد من حيث التنقل، واستخدام الفضاءات المفتوحة، ومستوى الوعي البيئي، ودرجة التكيف مع المخاطر البيئية. ومن هنا تبرز أهمية البعد السلوكي في الدراسات الجغرافية البشرية، الذي يربط بين البيئة وصحة الإنسان واستجابته الاجتماعية والنفسية للتغيرات البيئية.

مشكلة البحث

تُعدّ مشكلة التلوث الهوائي من أبرز القضايا البيئية والصحية التي تواجه مدينة بغداد في السنوات الأخيرة إذ تشير البيانات العلمية إلى أن مستويات ملوثات الهواء، لا سيما الجسيمات الدقيقة($PM_{2.5}$) ، تتجاوز بكثير الحدود التي توصي بها منظمة الصحة العالمية، مما يشكل تهديدًا حقيقيًا لصحة السكان وجودة الحياة. فقد أظهرت دراسة حديثة أن متوسط تركيز $PM_{2.5}$ في بغداد وصل إلى نحو 54ميكروغرام/م^3، وهو ما يزيد عشر مرات عن الحد السنوي الذي توصي به منظمة الصحة العالمية (5 ميكروغرام/م^3)، مما يرفع مخاطر الإصابة بالأمراض التنفسية والقلبية بين السكان المحليين .

تنبع حدة هذه المشكلة من تداخل عدة عوامل بشرية وبيئية، منها الزيادة السكانية السريعة، وكثافة حركة المركبات، والانبعاثات الصناعية القريبة من المناطق السكنية، بالإضافة إلى الاعتماد على مصادر طاقة تقليدية غير نظيفة مثل المولدات الكهربائية. وتشير الدراسات المحلية إلى أن هذه العوامل أدّت إلى ارتفاع مستويات ملوثات الهواء ($PM_{2.5}$) و PM_{10} و (SO_2في مواقع متعددة داخل بغداد، بما يتجاوز الحدود الوطنية المسموح بها، وهو ما يؤكد تفاقم المشكلة البيئية .

على الرغم من الاعتراف المتزايد بالمشكلة إلا أن الحلول التقنية والتكنولوجية المطبقة محليًا لا تزال غير كافية أو غير مدمجة بشكل مستدام ضمن السياسات البيئية الحضرية، مما يحدّ من فاعليتها في الحد من الانبعاثات وتحسين جودة الهواء. ويستدعي ذلك البحث في كيفية دمج حلول تكنولوجية مستدامة—مثل نظم الرصد الذكية، وأنظمة تنقية الانبعاثات الصناعية، وتقنيات النقل النظيف—وكيف يمكن أن تؤثر هذه الحلول ليس فقط على المؤشرات البيئية، بل أيضًا على الصحة والسلوك السكاني، الذي يلعب دورًا محورياً في الاستجابة للمخاطر البيئية والتكيف معها.

اهمية البحث

تنبع أهمية هذا البحث من كونه يتناول واحدة من أخطر المشكلات البيئية المعاصرة، وهي التلوث الهوائي في المدن الكبرى، لما له من تأثير مباشر على صحة الإنسان واستدامة البيئة الحضرية. وتكتسب هذه المشكلة بعدًا خاصًا في مدينة بغداد، التي تشهد تزايدًا ملحوظًا في مستويات الملوثات الهوائية نتيجة تداخل الأنشطة الصناعية مع الامتداد السكني، الأمر الذي

يجعل دراسة هذه الظاهرة من منظور جغرافي بشري ضرورة علمية لفهم العلاقة بين الإنسان والبيئة في سياق حضري معقد.

هدف البحث

يهدف البحث الحالي الى التعرف على دمج الحلول التكنولوجية المستدامة لمواجهة التلوث الهوائي وأثرها على الصحة والسلوك السكاني في بغداد والمناطق الصناعية المحيطة.

فرضية البحث

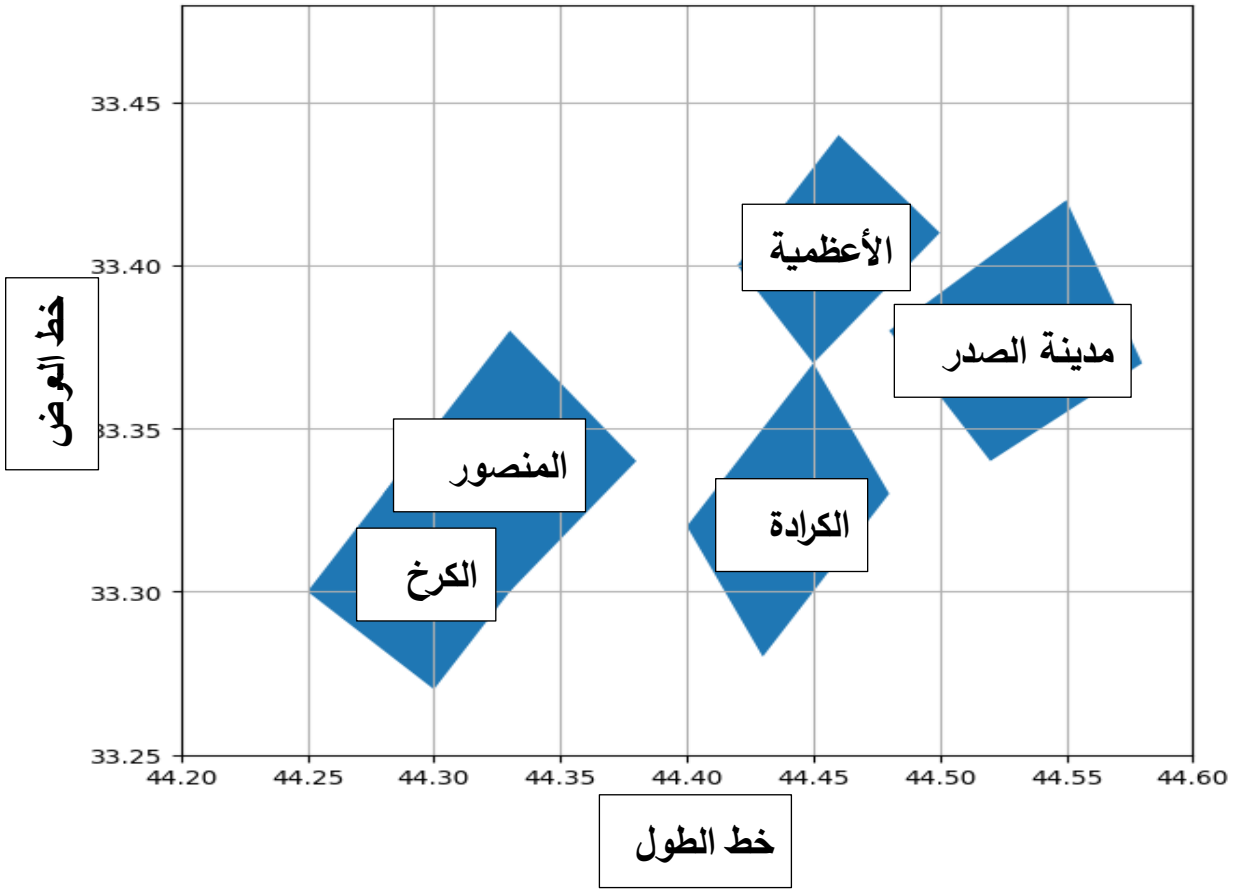
تنطلق هذه الدراسة من فرضية رئيسة مفادها أن دمج الحلول التكنولوجية المستدامة يسهم في خفض مستويات التلوث الهوائي في مدينة بغداد والمناطق الصناعية المحيطة بها، من خلال الحد من انبعاثات الملوثات الرئيسة ولا سيما الجسيمات العالقة الدقيقة $PM_{2.5}$ و PM_{10} وأكاسيد الكبريت والنتروجين، مقارنة بالمناطق التي لا يُطبق فيها هذا النوع من الحلول أو يُطبق بصورة محدودة.

الحدود المكانية والزمانية للبحث

تتحدد الحدود المكانية لهذا البحث بمدينة بغداد بوصفها المجال الحضري الرئيس للدراسة، فضلًا عن المناطق الصناعية المحيطة بها التي تُعد من أهم مصادر التلوث الهوائي المؤثر في البيئة الحضرية. وتشمل هذه المناطق الصناعية على وجه الخصوص مناطق الدورة، وأبو غريب، والزعفرانية، والنهروان، وجنوب بغداد، لما تشهده من تركز للأنشطة الصناعية الثقيلة والمتوسطة، وتداخل مباشر مع الاستخدامات السكنية. ويأتي اختيار هذه المناطق استنادًا إلى

طبيعتها الوظيفية وموقعها الجغرافي، فضلًا عن كونها تمثل بؤرًا رئيسة لانبعاث الملوثات الهوائية التي تؤثر في صحة السكان وسلوكهم داخل مدينة بغداد وضواحيها.

خريطة (1) مخطط حدود منطقة الدراسة



منهجية البحث

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي–التحليلي بوصفه الإطار المنهجي الأنسب لدراسة الظواهر البيئية ذات البعد المكاني والبشري، إذ يتيح هذا المنهج وصف واقع التلوث الهوائي في مدينة بغداد والمناطق الصناعية المحيطة بها، وتحليل أسبابه ونتائجه الصحية والسلوكية، فضلًا عن تفسير العلاقات المتبادلة بين المتغيرات البيئية والسكانية ضمن سياق مكاني محدد. ويُعد هذا المنهج من أكثر المناهج استخدامًا في دراسات الجغرافية البشرية التي تهدف إلى الربط بين البيئة وصحة الإنسان وسلوكه.

الفصل الثاني : الاطار النظري

المبحث الأول: التلوث الهوائي في المدن الحضرية

مفهوم التلوث الهوائي وأبعاده الجغرافية

يُعرَّف التلوث الهوائي بأنه وجود مواد صلبة أو سائلة أو غازية في الغلاف الجوي بتركيزات تؤدي إلى إحداث تأثيرات سلبية في صحة الإنسان والكائنات الحية، أو الإضرار بالبيئة والممتلكات، أو الإخلال بالتوازن البيئي الطبيعي. ويُعد هذا النوع من التلوث من أخطر أشكال التلوث البيئي بسبب سهولة انتشاره وصعوبة التحكم في نطاق تأثيره، ولا سيما في البيئات الحضرية التي تشهد كثافة سكانية عالية وتنوعًا في مصادر الانبعاثات. وقد أكدت منظمة الصحة العالمية أن التلوث الهوائي يمثل أحد أبرز عوامل الخطر البيئي المؤثرة في الصحة العامة على مستوى العالم. (اسماعيل, 1997, ص 32)

ومن منظور الجغرافية البشرية، لا يُنظر إلى التلوث الهوائي بوصفه ظاهرة بيئية طبيعية فحسب، بل كنتاج مباشر للتفاعل بين النشاط البشري والمكان، إذ يرتبط توزيعه المكاني بأنماط استخدامات الأرض، والكثافة السكانية، وطبيعة الأنشطة الاقتصادية، ولا سيما الصناعية والنقل الحضري. ويؤكد الجغرافيون أن المدن الكبرى تشكل بؤرًا رئيسة للتلوث الهوائي نتيجة تركّز الفعاليات البشرية فيها، مما يجعل دراسة التلوث الهوائي جزءًا أساسيًا من تحليل المشكلات الحضرية المعاصرة. (صفر, 2015, ص 87)

وتتجلى الأبعاد الجغرافية للتلوث الهوائي في التباين المكاني لمستويات الملوثات داخل المدينة الواحدة، حيث تختلف شدة التلوث من منطقة إلى أخرى تبعًا لقربها من مصادر الانبعاث،

واتجاهات الرياح، وخصائص الموقع، إضافة إلى العوامل البشرية. ويساعد التحليل الجغرافي في تفسير هذه الفروق المكانية من خلال الربط بين البيئة الطبيعية والبشرية، مما يتيح فهمًا أعمق لانتشار التلوث وتأثيراته الصحية والاجتماعية على السكان. (السعدي, 2008, ص 113)

كما يؤكد الاتجاه الجغرافي المعاصر أن التلوث الهوائي يمثل مشكلة مكانية–زمانية، تتغير شدتها مع الزمن تبعًا للتوسع الحضري والتغيرات الاقتصادية والتكنولوجية. ومن هنا، فإن دراسة التلوث الهوائي ضمن إطار جغرافي تسهم في تشخيص جذور المشكلة وتقديم حلول تخطيطية مستدامة تراعي خصوصية المكان واحتياجات السكان. (السعدي, 2008, ص 132)

أنواع ملوثات الهواء الرئيسة في البيئة الحضرية

تتعدد ملوثات الهواء في البيئة الحضرية تبعًا لطبيعة الأنشطة البشرية السائدة داخل المدن، وتُعد الجسيمات العالقة (Particulate Matter) من أخطر هذه الملوثات وأكثرها انتشارًا. وتشمل هذه الجسيمات دقائق صلبة أو سائلة دقيقة الحجم، ويُعد كل من $PM_{2.5}$ و PM_{10} الأكثر تأثيرًا على صحة الإنسان، لقدرتهما على النفاذ إلى الجهاز التنفسي والوصول إلى الرئتين ومجرى الدم. وترتبط هذه الجسيمات بشكل رئيس بعوادم المركبات، والأنشطة الصناعية، واحتراق الوقود الأحفوري، وتزداد خطورتها في المدن ذات الكثافة المرورية العالية. (الخفاف & المومني, 2001, ص 32)

وتُعد أكاسيد الكبريت (SO_2) من الملوثات الغازية الرئيسة في المدن الصناعية، إذ تنتج أساسًا عن احتراق الوقود الذي يحتوي على نسب مرتفعة من الكبريت، ولا سيما في المصانع ومحطات توليد الطاقة والمولدات الكهربائية. ويسهم هذا الغاز في تكوين الأمطار

الحمضية، كما يؤدي إلى تهيج الجهاز التنفسي وتفاقم أمراض الربو، وتزداد تراكيزه في المناطق الحضرية القريبة من المجمعات الصناعية. (ابو عيانة, 1994, ص 54)

أما أكاسيد النيتروجين(NOx) ، فتعد من الملوثات الشائعة في البيئات الحضرية، وتنتج بصورة رئيسة عن احتراق الوقود في محركات المركبات ووسائل النقل المختلفة. وتكمن خطورة هذه الغازات في دورها في تكوين الضباب الدخاني (Smog) والأوزون الأرضي، فضلًا عن تأثيرها المباشر في الجهاز التنفسي، مما يجعلها من المؤشرات الأساسية لتلوث الهواء في المدن الكبرى. (علي, 2010, ص 32)

ويُعد أول أكسيد الكربون (CO) من الملوثات الخطرة غير المرئية التي تنتشر في المناطق الحضرية، خاصة في المواقع ذات الازدحام المروري الشديد وسوء التهوية. وينتج هذا الغاز عن الاحتراق غير الكامل للوقود في محركات المركبات، ويؤثر سلبًا في قدرة الدم على نقل الأوكسجين، مما يؤدي إلى مشكلات صحية قد تصل إلى حالات الاختناق في حال ارتفاع تركيزه. (النورجي, 2008, ص 26)

كما يظهر الأوزون الأرضي (O_3) بوصفه ملوثًا ثانويًا يتكون نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين والمركبات العضوية المتطايرة بوجود أشعة الشمس، ويُعد من الملوثات الشائعة في المدن الحضرية ذات النشاط المروري والصناعي المكثف. ويسهم الأوزون الأرضي في إلحاق أضرار بالجهاز التنفسي، ويؤثر في الغطاء النباتي والبيئة الحضرية، الأمر الذي يعكس تعقيد مشكلة التلوث الهوائي في المدن الحديثة. (عفيفي, 2008, ص 43)

وتشير الدراسات الجغرافية البيئية إلى أن تداخل هذه الملوثات وتفاوت تراكيزها مكانيًا داخل المدن يؤدي إلى نشوء أنماط تلوث مختلفة، ترتبط باستخدامات الأرض والخصائص

المورفولوجية للمدينة. ومن هنا تبرز أهمية التحليل الجغرافي في تشخيص مصادر هذه الملوثات وتحديد مناطق تركزها، بما يسهم في وضع استراتيجيات حضرية مستدامة للحد من آثارها الصحية والبيئية. (عامر, 2008, ص 55)

مصادر التلوث الهوائي في المدن الصناعية

تُعد المصانع والمنشآت الصناعية من المصادر الرئيسية للتلوث الهوائي في المدن الصناعية، إذ تنتج عن العمليات الصناعية المختلفة انبعاثات غازية وجسيمات دقيقة تشمل أكاسيد الكبريت، أكاسيد النيتروجين، الجسيمات العالقة، والمركبات العضوية المتطايرة. وتتفاقم مشكلة التلوث في المناطق الصناعية ذات النشاط الكثيف، لا سيما المصانع التي تستخدم الوقود الأحفوري في تشغيل الآلات والمحارق الصناعية، مما يؤدي إلى زيادة تراكيز الملوثات في الغلاف الجوي المحلي. (عايد, 2012, ص 111)

كما يُعد النقل الحضري والصناعي من المصادر الهامة لانبعاث ملوثات الهواء، وخاصة في المناطق المحيطة بالمناطق الصناعية. وتشمل هذه الانبعاثات عوادم المركبات الثقيلة والخفيفة، وشاحنات نقل المواد الخام، والحافلات، التي تنتج أول أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والجسيمات العالقة. ويُظهر التحليل المكاني أن شدة التلوث ترتبط بكثافة حركة المركبات ووقوعها بالقرب من المناطق السكنية والصناعية على حد سواء. (الصرائفي, 2009, ص 12)

وتساهم المولدات الكهربائية والمحطات الحرارية في تدهور جودة الهواء، خاصة في المدن الصناعية التي تعاني من نقص في الطاقة الكهربائية الرسمية. وتنتج هذه المولدات انبعاثات غازية مركزة، بما في ذلك ثاني أكسيد الكبريت وأول أكسيد الكربون والجسيمات

الدقيقة، ويزداد تأثيرها في غياب أنظمة تنقية الانبعاثات أو ضوابط بيئية صارمة. (السعدي, 2008, ص 76)

وتعتبر أنشطة البناء والهدم والمخلفات الصناعية مصدرًا ثانويًا مهمًا للغبار والجسيمات العالقة في المناطق الصناعية والحضرية المحيطة بها. فعملية نقل المواد الثقيلة، والتفجير، وعمليات طحن المواد الخام، تولد جسيمات دقيقة يمكنها الانتقال لمسافات طويلة، ما يزيد من انتشار التلوث الهوائي وتأثيره على السكان. (عدنان, 2013, ص 76)

ويشير التحليل الجغرافي إلى أن توزيع هذه المصادر لا يكون متساويًا مكانيًا، بل يتأثر بتخطيط المدينة، ومسارات الرياح، والتضاريس، ما يؤدي إلى وجود مناطق "نقاط ساخنة" للتلوث داخل المدن الصناعية وحولها. ويبرز هذا البعد المكاني أهمية دمج التخطيط الصناعي مع استراتيجيات بيئية مستدامة للحد من تأثير التلوث الهوائي على السكان والبيئة. (عدنان, 2013, ص 76)

المبحث الثاني: الحلول التكنولوجية المستدامة في مواجهة التلوث الهوائي

مفهوم التكنولوجيا المستدامة

تُعرف التكنولوجيا المستدامة بأنها مجموعة من الحلول التقنية التي تهدف إلى تلبية احتياجات الإنسان الحالية دون التأثير سلبًا على قدرة الأجيال القادمة على تلبية احتياجاتها، وذلك من خلال الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية، والحد من الانبعاثات الضارة، وتحسين كفاءة الطاقة، وتعزيز الصحة البيئية. ويُعد دمج الاستدامة في التصميم التكنولوجي أداة رئيسة للتعامل مع المشكلات البيئية المعاصرة، بما في ذلك التلوث الهوائي، حيث تسهم التكنولوجيا المستدامة في

تقليل الانبعاثات من المصادر الصناعية والنقل والمولدات الكهربائية. (Majerník وآخرون, 2021, ص 43)

ويشير التقرير العالمي للتنمية المستدامة إلى أن التكنولوجيات المستدامة تشمل الابتكارات التي تدمج الأبعاد البيئية والاجتماعية والاقتصادية، بحيث تعزز الإنتاجية وتقليل الأضرار البيئية في الوقت ذاته. ويُعد التوجه نحو هذه التقنيات ضرورة ملحة للمدن الصناعية والحضرية التي تواجه مستويات مرتفعة من التلوث الهوائي، حيث يمكن لهذه الحلول أن تكون محورًا رئيسًا في سياسات الحد من الانبعاثات وتحقيق جودة الهواء. (Ikerd, 2012, ص 65)

كما يوضح الباحثون أن مفهوم التكنولوجيا المستدامة لا يقتصر على الأجهزة أو المعدات التقنية، بل يشمل الأنظمة والإجراءات والعمليات التي تضمن الحد من الأثر البيئي على المدى الطويل. ويشمل ذلك تصميم مصانع منخفضة الانبعاثات، استخدام مصادر طاقة متجددة، وتحسين إدارة المخلفات الصناعية، ما يعكس التكامل بين التكنولوجيا والسياسة البيئية لتحقيق التنمية المستدامة. (Al-Thani & Koç, 2024)

ويؤكد هذا التوجه أن دمج التكنولوجيا المستدامة في إدارة المدن الصناعية والحضرية يمثل استجابة عملية للتحديات البيئية الكبرى، ويسهم في تحسين جودة الهواء، وتقليل المخاطر الصحية المرتبطة بالتلوث، وتعزيز الوعي البيئي بين السكان، بما ينسجم مع أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة. (الباشا, 2000, ص 56)

التقنيات الحديثة للحد من التلوث الهوائي

تعتبر أنظمة الرصد الذكي للهواء (Air Quality Monitoring Systems) من أهم التقنيات الحديثة المستخدمة في الحد من التلوث الهوائي. تعتمد هذه الأنظمة على أجهزة استشعار دقيقة تقيس تراكيز الملوثات الغازية والجسيمات العالقة في الوقت الحقيقي، وتساعد على تحديد مصادر الانبعاثات ومراقبة جودة الهواء على نطاق واسع. ويُمكن الاستفادة من البيانات الناتجة لتوجيه السياسات البيئية، واتخاذ إجراءات وقائية سريعة في المناطق ذات مستويات التلوث المرتفعة. (لزبيري, 2004, ص 78)

كما تُستخدم تقنيات الحد من الانبعاثات الصناعية بوصفها أدوات فعالة للحد من ملوثات الهواء في المناطق الصناعية. وتشمل هذه التقنيات المرشحات الكهروستاتيكية، وأجهزة التنقية الكيميائية للغازات، وأنظمة الاحتراق النظيف للوقود، والتي تهدف إلى تقليل انبعاث الجسيمات الدقيقة وأكاسيد الكبريت والنتروجين، بما يساهم في تحسين جودة الهواء في المناطق الحضرية والصناعية المحيطة. (تشارلز, 2003, ص 23)

وفي قطاع النقل تُعتمد التقنيات المستدامة للنقل (Sustainable Transport Technologies) للحد من الانبعاثات الناتجة عن المركبات، مثل استخدام المركبات الكهربائية والهجينة، وتحسين كفاءة الوقود، وتطوير أنظمة النقل العام الصديقة للبيئة. وتساهم هذه الحلول في تقليل تركيز الغازات الضارة في المدن الكبرى، وتحسين تجربة السكان اليومية من حيث جودة الهواء وصحة البيئة الحضرية. (عبدالفتاح, 1990, ص 67)

وتُعد استخدام مصادر الطاقة المتجددة من التقنيات الحديثة المساندة للحد من التلوث الهوائي، بما في ذلك الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية. فهي تقلل الاعتماد على الوقود

الأحفوري المستخدم في الصناعات والمولدات الكهربائية، وتخفض بشكل مباشر تركيز الملوثات الهوائية الناتجة عن الاحتراق التقليدي. (سليم, 2011, ص 23)

كما يلعب تحليل البيانات الضخمة (Big Data) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) دورًا متزايد الأهمية في إدارة التلوث الهوائي، حيث تمكّن من رسم خرائط دقيقة لتوزيع الملوثات، وتحديد المناطق الساخنة، وتقديم توصيات علمية للتخطيط الحضري المستدام، مما يعزز فاعلية التقنيات الحديثة ويتيح استراتيجيات استباقية للتحكم في التلوث. (المعايرة, 2004, ص 78)

دمج التكنولوجيا المستدامة في التخطيط الحضري

يشير مفهوم دمج التكنولوجيا المستدامة في التخطيط الحضري إلى استخدام التقنيات الحديثة والتطبيقات الذكية ضمن استراتيجيات تخطيط المدن لتقليل تأثير الأنشطة البشرية على جودة الهواء. ويهدف هذا التكامل إلى تحسين البيئة الحضرية عبر التحكم في الانبعاثات، وتحسين كفاءة الطاقة، وإدارة الموارد بشكل مستدام، بما يحقق توازنًا بين التنمية الاقتصادية وحماية البيئة والصحة العامة للسكان. (سليم, 2011, ص 24)

ويتمثل أحد جوانب هذا الدمج في التخطيط الصناعي المستدام، الذي يحدد مواقع المنشآت الصناعية بعيدًا عن التجمعات السكنية، ويضمن تطبيق تقنيات الحد من الانبعاثات، واستخدام الطاقة المتجددة، ونظم الرصد الذكي للهواء. ويسهم هذا التوجيه المكاني في الحد من التعرض المباشر للملوثات، وتحسين جودة الحياة في المدن الصناعية والحضرية المحيطة بها. (عبدالفتاح, 1990, ص 34)

كما يشمل التكامل استخدام النقل الحضري المستدام، من خلال تشجيع وسائل النقل الصديقة للبيئة مثل المركبات الكهربائية، وتحسين شبكات النقل العام، وإنشاء مسارات للدراجات والمشاة، ما يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري ويخفض الانبعاثات الناتجة عن حركة المركبات، ويعكس الارتباط بين التخطيط الحضري والتكنولوجيا المستدامة. (عبدالفتاح, 1990, ص 34)

ويعتبر التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) و Big Dataأداة مركزية في دمج التكنولوجيا المستدامة بالتخطيط الحضري، إذ يتيح رسم خرائط دقيقة لمناطق تركّز التلوث، ومراقبة فعالية التدخلات التكنولوجية، وتقديم توصيات علمية للمسؤولين عن التخطيط الحضري لاتخاذ القرارات الاستباقية. كما يسهم هذا النهج في تحسين استجابة السكان وممارساتهم اليومية لتقليل التعرض للملوثات. (سليم, 2011, ص 56)

ويؤكد الاتجاه المعاصر في التخطيط الحضري أن التكامل بين التكنولوجيا المستدامة والسياسات البيئية يشكل حجر الزاوية في الحد من التلوث الهوائي، وتعزيز الصحة العامة، وتحقيق التنمية المستدامة للمدن. فالتخطيط الحضري الذكي لا يقتصر على تنظيم المباني والشوارع، بل يمتد ليشمل التكنولوجيا والبيئة والسلوك السكاني ضمن منظومة متكاملة. (عبدالفتاح, 1990, ص 78)

الفصل الثالث: الجانب العملي

المبحث الأول: منهجية البحث وإجراءاته

تصميم البحث

يعتمد هذا البحث على تصميم وصفي–تحليلي تجريبي، حيث يجمع بين وصف الواقع البيئي للسكان في مناطق الدراسة وتحليل العلاقة بين استخدام الحلول التكنولوجية المستدامة ومستويات التلوث الهوائي، والصحة العامة، والسلوك السكاني .ويتيح هذا التصميم إمكانية دراسة أثر المتغيرات المستقلة على المتغيرات التابعة بشكل علمي ومنهجي، مع الربط بين النتائج الميدانية والتحليل الإحصائي لتقديم توصيات عملية قابلة للتطبيق.

تحديد المتغيرات

- **المتغير المستقل** :الحلول التكنولوجية المستدامة، وتشمل:

1. أنظمة الرصد الذكي للهواء لرصد تراكيز الملوثات في الوقت الحقيقي.
2. النقل المستدام (المركبات الكهربائية، شبكات النقل العام الصديقة للبيئة)
3. المرشحات الصناعية لتقليل الانبعاثات من المصانع.
4. الطاقة المتجددة المستخدمة في المصانع والمولدات الكهربائية.

- **المتغيرات التابعة:**

1. مستويات التلوث الهوائي $PM_{2.5}$، PM_{10}، NOx، SO_2، CO .
2. مؤشرات الصحة العامة (أمراض الجهاز التنفسي، أمراض القلب والأوعية الدموية)
3. السلوك السكاني تجاه التلوث والوعي البيئي.

أدوات البحث

لجمع البيانات، تم استخدام مجموعة متكاملة من الأدوات:

1. **الاستبانات والمقابلات الميدانية** لتقييم السلوك البيئي ومستوى الوعي لدى السكان.

2. **أجهزة قياس جودة الهواء** لقياس تركيز الملوثات في المناطق السكنية والصناعية.

جدول (1): توزيع المتغيرات على مجموعات البحث

المجموعة	المنطقة	المتغير المستقل	المتغيرات التابعة	ملاحظات
المجموعة الأولى	المناطق السكنية القريبة من الصناعات	أنظمة الرصد، النقل المستدام	مستويات التلوث، الصحة العامة، السلوك السكاني	متابعة أسبوعية للبيانات
المجموعة الثانية	المناطق الصناعية	المرشحات الصناعية، الطاقة المتجددة	مستويات التلوث، الصحة العامة	قياس الانبعاثات الصناعية
المجموعة الثالثة	المناطق الحضرية العامة (مناطق مرجعية)	لا توجد تدخلات	مستويات التلوث، الصحة العامة، السلوك السكاني	للتحليل المقارن

هذا الجدول يوضح توزيع المتغيرات وعلاقتها بالمجموعات الميدانية، ويتيح للباحث تحليل أثر الحلول التكنولوجية المستدامة على جودة الهواء والصحة والسلوك السكاني، ومقارنة النتائج بين مناطق التدخل والمناطق المرجعية.

مجتمع البحث وعينته

مجتمع البحث

في هذه الدراسة يشمل سكان مدينة بغداد والمناطق الصناعية المحيطة بها، وذلك نظرًا لارتفاع مستويات التلوث الهوائي في هذه المناطق نتيجة التركيز الصناعي والنشاط المروري المكثف. وتمثل هذه الفئة الأساسية محور الدراسة، حيث يتم تحليل العلاقة بين الحلول التكنولوجية المستدامة وتأثيرها على جودة الهواء، الصحة العامة، والسلوك السكاني.

العينة

تم اختيار العينة بشكل عشوائي/طبقي وفق الكثافة السكانية والقرب من مصادر التلوث الهوائي، لضمان تمثيل متوازن للمجتمع السكاني ضمن نطاق الدراسة. وتم توزيع المشاركين على مجموعات تمثل:

1. المناطق السكنية القريبة من المصانع
2. المناطق الصناعية نفسها
3. المناطق الحضرية العامة ذات مستويات تلوث منخفضة نسبياً

وذلك لتوفير مقارنة دقيقة بين مستويات التعرض للملوثات وأثر الحلول التكنولوجية على السكان.

جدول (2): خصائص العينة

ت	الفئة العمرية	الجنس	المنطقة	عدد المشاركين	ملاحظات
1	18–30سنة	ذكر/أنثى	مناطق سكنية قريبة من الصناعات	50	اختيار عشوائي
2	31–45سنة	ذكر/أنثى	مناطق صناعية	50	اختيار طبقي حسب الموقع
3	46–60سنة	ذكر/أنثى	مناطق حضرية عامة	50	للتحليل المرجعي

يضمن هذا التصميم تمثيل جميع الفئات العمرية والجنسية والمناطق المختلفة، ما يتيح تحليلًا شاملاً للعلاقة بين الحلول التكنولوجية المستدامة، مستويات التلوث، والصحة والسلوك السكاني . كما يسهل استخدام البيانات المجمعة في التحليل الإحصائي والمقارنات الميدانية بين المناطق المختلفة.

أدوات جمع البيانات

لتنفيذ هذا البحث الميداني وتحقيق أهدافه، تم استخدام مجموعة من أدوات جمع البيانات المتكاملة، لضمان جمع معلومات دقيقة وموثوقة حول السلوك السكاني، مستويات التلوث الهوائي، والمؤشرات الصحية.

1. الاستبيانات:

تم تصميم استبيانات موجهة لقياس السلوك البيئي للسكّان ومستوى الوعي لديهم حول التلوث الهوائي، ودرجة الالتزام بالممارسات الوقائية. وقد تم اختبار الاستبيانات على عينة تجريبية للتحقق من وضوح الأسئلة وصلاحيتها لقياس المتغيرات المراد دراستها.

2. **أجهزة قياس جودة الهواء :**

تم استخدام أجهزة متخصصة لرصد تراكيز الملوثات الأساسية، وتشمل:

- الجسيمات العالقة $PM_{2.5}$، PM_{10}
- أكاسيد النيتروجين(NOx)
- أكاسيد الكبريت(SO_2)
- أول أكسيد الكربون(CO)

وقد تم معايرة الأجهزة بانتظام لضمان دقة القياسات، وتم وضعها في مواقع مختلفة داخل المناطق السكنية والصناعية لتحديد التباينات المكانية في التلوث الهوائي.

جدول (3): أدوات البحث ومؤشرات الصلاحية والموثوقية

الأداة	الهدف	مؤشرات الصلاحية	مؤشرات الموثوقية	ملاحظات
الاستبيانات	قياس السلوك البيئي ومستوى الوعي	محتوى ومراجعة خبراء	اختبار–إعادة اختبار r=0.87 :	تم تطبيقها على جميع أفراد العينة
أجهزة قياس جودة الهواء ($PM_{2.5}$، PM_{10}، NOx، SO_2، CO)	رصد مستويات التلوث في الوقت الحقيقي	معايرة الأجهزة وفق المواصفات الدولية	دقة القياس ±5%	تم تثبيتها في مناطق مختلفة
السجلات الصحية	تحليل المؤشرات الصحية المرتبطة بالتلوث	مراجعة المستندات الطبية الرسمية	توافق البيانات مع تقارير وزارة الصحة	تم جمع البيانات من المستشفيات والعيادات المختارة

يتيح استخدام أدوات متعددة ومتنوعة إمكانية جمع بيانات شاملة تعكس التفاعل بين التلوث الهوائي، الحلول التكنولوجية، والصحة والسلوك السكاني .كما يدعم استخدام مؤشرات الصلاحية والموثوقية الثقة بالنتائج الميدانية، ويعزز قدرتها على التحليل الإحصائي والمقارنات الميدانية.

المبحث الثاني: النتائج الميدانية والتحليل الإحصائي

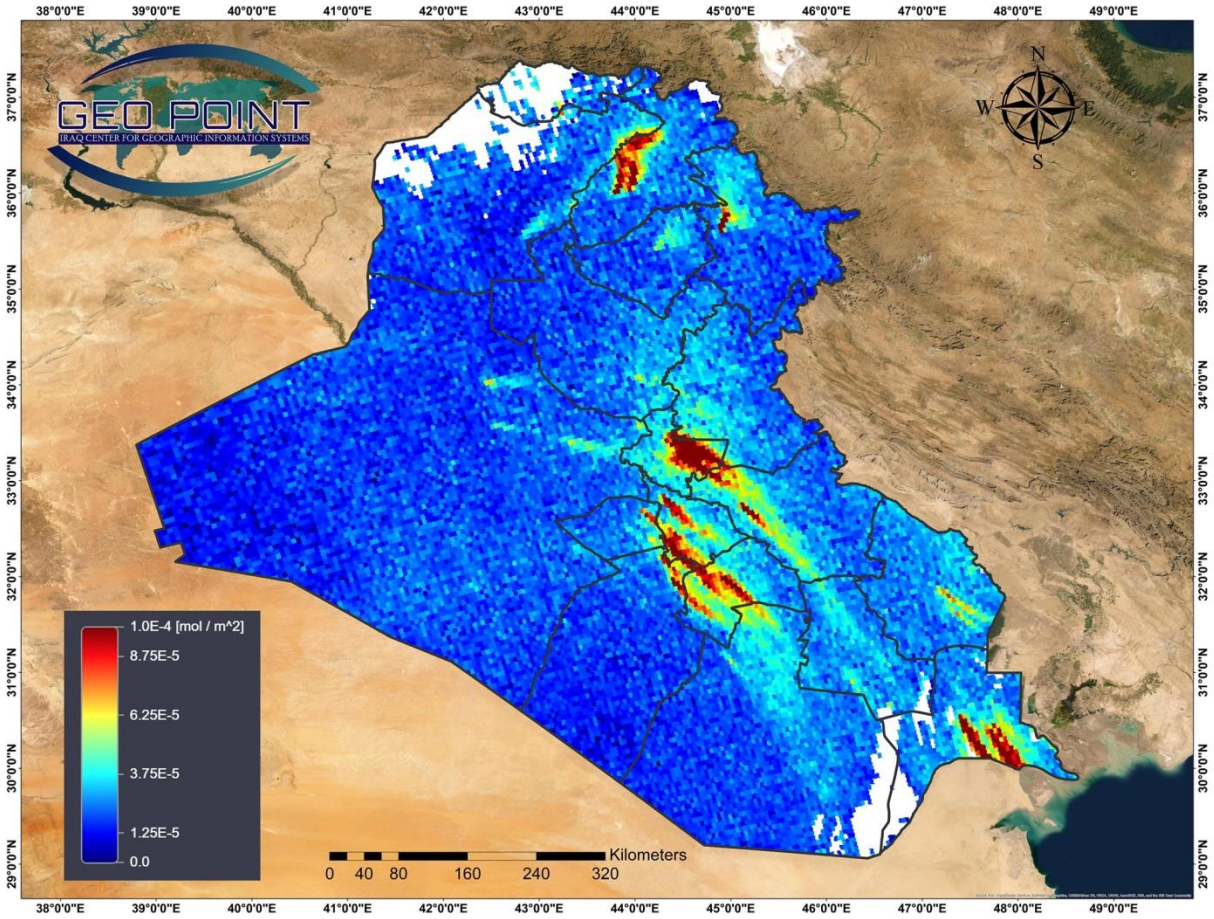
مستويات التلوث الهوائي

تم تحليل مستويات التلوث الهوائي في المناطق الصناعية والمناطق السكنية المحيطة بمدينة بغداد باستخدام أجهزة قياس جودة الهواء، والتي سجلت تراكيز الملوثات الأساسية، بما في ذلك الجسيمات العالقة ($PM_{2.5}$) و(PM_{10})، أكاسيد النيتروجين(NOx) ، أكاسيد الكبريت(SO_2) ، وأول أكسيد الكربون.(CO)

وأظهرت النتائج أن المناطق الصناعية تتميز بارتفاع ملحوظ في تركيز جميع الملوثات مقارنة بالمناطق السكنية. ويعود ذلك إلى النشاط الصناعي المكثف، وكثرة استخدام الوقود الأحفوري في المصانع والمولدات الكهربائية، بالإضافة إلى حركة المركبات الثقيلة المرتبطة بالنقل الصناعي.

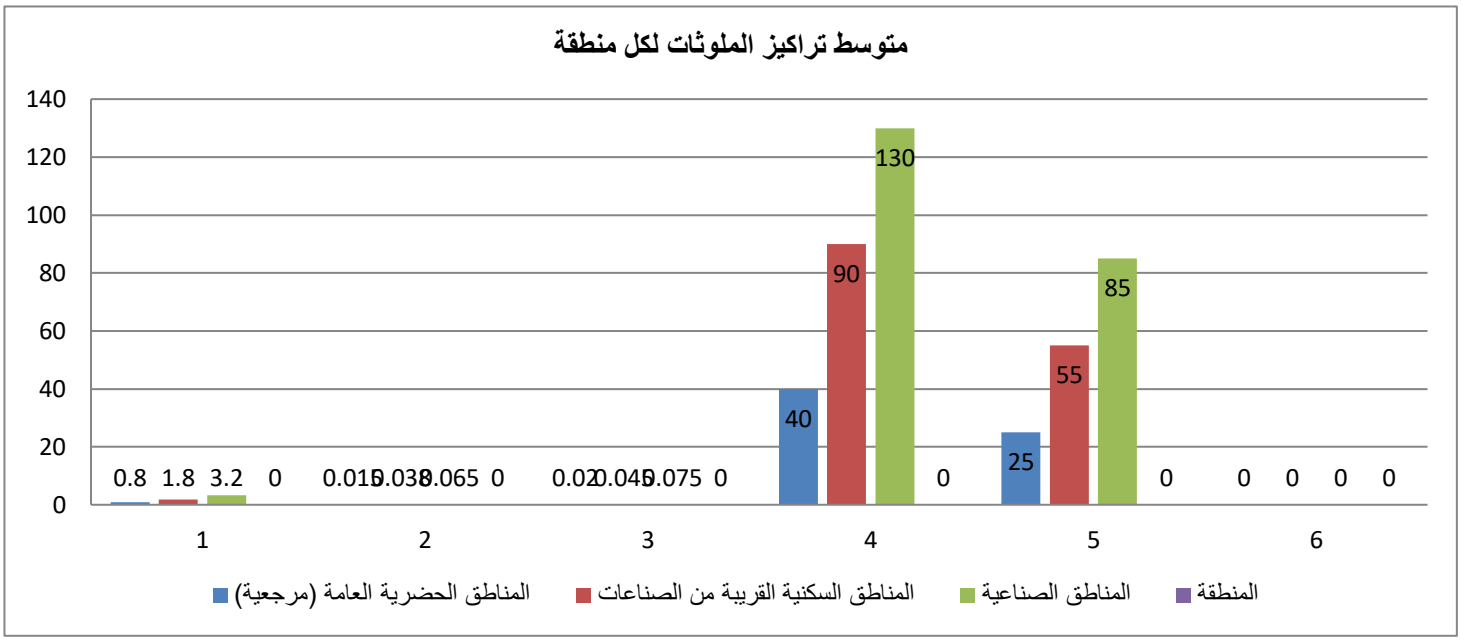
أما المناطق السكنية القريبة من المصانع، فقد سجلت مستويات متوسطة من الملوثات، ما يعكس التأثير المباشر لانبعاثات المصانع المجاورة. بينما أظهرت المناطق الحضرية العامة مستويات منخفضة نسبيًا من الملوثات، والتي يمكن اعتبارها مناطق مرجعية لتحليل أثر الحلول التكنولوجية المستدامة على التلوث الهوائي.

خريطة (2) انتشار الملوثات في العراق



جدول (4): متوسط تراكيز الملوثات لكل منطقة

المنطقة	$PM_{2.5}$ (µg/m³)	PM_{10} (µg/m³)	NOx (ppm)	SO_2 (ppm)	CO (ppm)	الملاحظات
المناطق الصناعية	85	130	0.075	0.065	3.2	أعلى تراكيز بين المجموعات
المناطق السكنية القريبة من الصناعات	55			90		
	0.045	0.038	1.8	تعرض متوسط للتلوث		
المناطق الحضرية العامة (مرجعية)				25		
	0.020	0.015	0.8	تراكيز منخفضة نسبيًا		



الأثر الصحي

تم تحليل البيانات الصحية المجمعة من السجلات الطبية للمستشفيات والعيادات المحلية، مع التركيز على الأمراض التنفسية والقلبية المرتبطة بالتلوث الهوائي، بما في ذلك الربو، التهاب الشعب الهوائية المزمن، أمراض القلب والشرايين .وقد تم ربط هذه البيانات مع مستويات التلوث المسجلة في المناطق المختلفة لتحديد العلاقة بين التعرض للملوثات والنتائج الصحية الفعلية للسكان.

وأظهرت النتائج أن المناطق الصناعية سجلت أعلى معدلات الأمراض التنفسية والقلبية، تليها المناطق السكنية القريبة من المصانع، بينما كانت المناطق الحضرية العامة أقل تأثرًا. وقد لوحظ أن الفئات العمرية الأكبر (≥45 سنة) هي الأكثر عرضة لمضاعفات صحية، بينما سجلت الفئة العمرية الشابة (18–30 سنة) أقل نسبة إصابة، لكنها لا تزال معرضة للتأثير طويل الأمد للتلوث المزمن.

جدول (5): معدلات الأمراض التنفسية والقلبية حسب المناطق

المنطقة	الربو (%)	التهاب الشعب الهوائية المزمن (%)	أمراض القلب والشرايين (%)	المجموع الكلي للأمراض (%)
المناطق الصناعية	18	25	22	65
المناطق السكنية القريبة من الصناعات	12	18	15	45
المناطق الحضرية	5	7	6	18

العامة (مرجعية)				

يشير التحليل إلى تأثير مباشر لمستويات التلوث الهوائي على الصحة العامة للسكان، ويعزز الحاجة إلى تطبيق الحلول التكنولوجية المستدامة للحد من الانبعاثات وحماية الفئات الأكثر عرضة للمخاطر الصحية. كما توضح هذه النتائج أهمية دمج البيانات الصحية مع قياسات جودة الهواء لتقييم فاعلية الحلول البيئية والتكنولوجية في تحسين صحة السكان.

السلوك السكاني تجاه التلوث

تم تحليل استجابات السكان عبر الاستبيانات الميدانية المصممة لتقييم الوعي البيئي والسلوك الوقائي تجاه التلوث الهوائي .أظهرت النتائج أن السكان في المناطق القريبة من الصناعات والمناطق الصناعية أكثر وعياً بخطر التلوث مقارنة بالمناطق الحضرية المرجعية، لكن مستوى الالتزام بالسلوكيات الوقائية كان متفاوتًا بحسب العمر والتعليم ومستوى التفاعل مع حملات التوعية البيئية.

كما لوحظت علاقة إيجابية بين مستوى الوعي البيئي وتبني السلوكيات الوقائية اليومية، مثل: استخدام الأقنعة الواقية، تقليل التعرض المباشر أثناء فترات ذروة التلوث، والمشاركة في حملات التوعية المحلية. ويعكس هذا الترابط أهمية التثقيف البيئي المستمر في تعزيز أثر الحلول التكنولوجية المستدامة على الصحة العامة وتقليل المخاطر الناتجة عن التعرض للملوثات الهوائية.

جدول (6): متوسط استجابات الاستبيان للوعي البيئي والسلوك الوقائي

المنطقة	عدد المستجيبين	الوعي البيئي (متوسط من 5)	السلوك الوقائي (متوسط من 5)	ملاحظات
المناطق الصناعية	50	4.2	3.8	أعلى مستوى وعي ووعي جزئي بالسلوك الوقائي
المناطق السكنية القريبة من الصناعات	50	3.8	3.2	وعي متوسط، الالتزام بالسلوك الوقائي محدود
المناطق الحضرية العامة (مرجعية)	50	3.0	2.7	وعي منخفض نسبيًا، السلوك الوقائي أقل

يوضح هذا التحليل أن التلوث الهوائي يؤثر على وعي السكان وسلوكياتهم اليومية، وأن الوعي البيئي يعد عاملاً محفزًا لتبني السلوك الوقائي .وتعكس النتائج أهمية دمج التكنولوجيا المستدامة مع برامج التوعية البيئية لزيادة فاعلية الحد من آثار التلوث الهوائي على السكان، خصوصًا في المناطق الصناعية والمناطق السكنية المجاورة.

تقييم أثر الحلول التكنولوجية المستدامة

تم تحليل فعالية الحلول التكنولوجية المستدامة المطبقة في بعض المناطق الصناعية والسكنية المجاورة، وذلك من خلال مقارنة مستويات التلوث الهوائي قبل وبعد تطبيق هذه الحلول .شملت الحلول المستخدمة أنظمة الرصد الذكي للهواء، المرشحات الصناعية، النقل المستدام، والطاقة المتجددة، وتم رصد التغيرات في تراكيز الملوثات على مدى فترة زمنية محددة لضمان دقة النتائج.

وأظهرت النتائج أن المناطق التي تم فيها تطبيق الحلول التكنولوجية سجلت انخفاضًا ملحوظًا في مستويات جميع الملوثات، مقارنة بالمناطق التي لم يتم فيها أي تدخل تقني، مما يعكس فاعلية هذه الحلول في الحد من التلوث الهوائي وتحسين جودة الهواء.

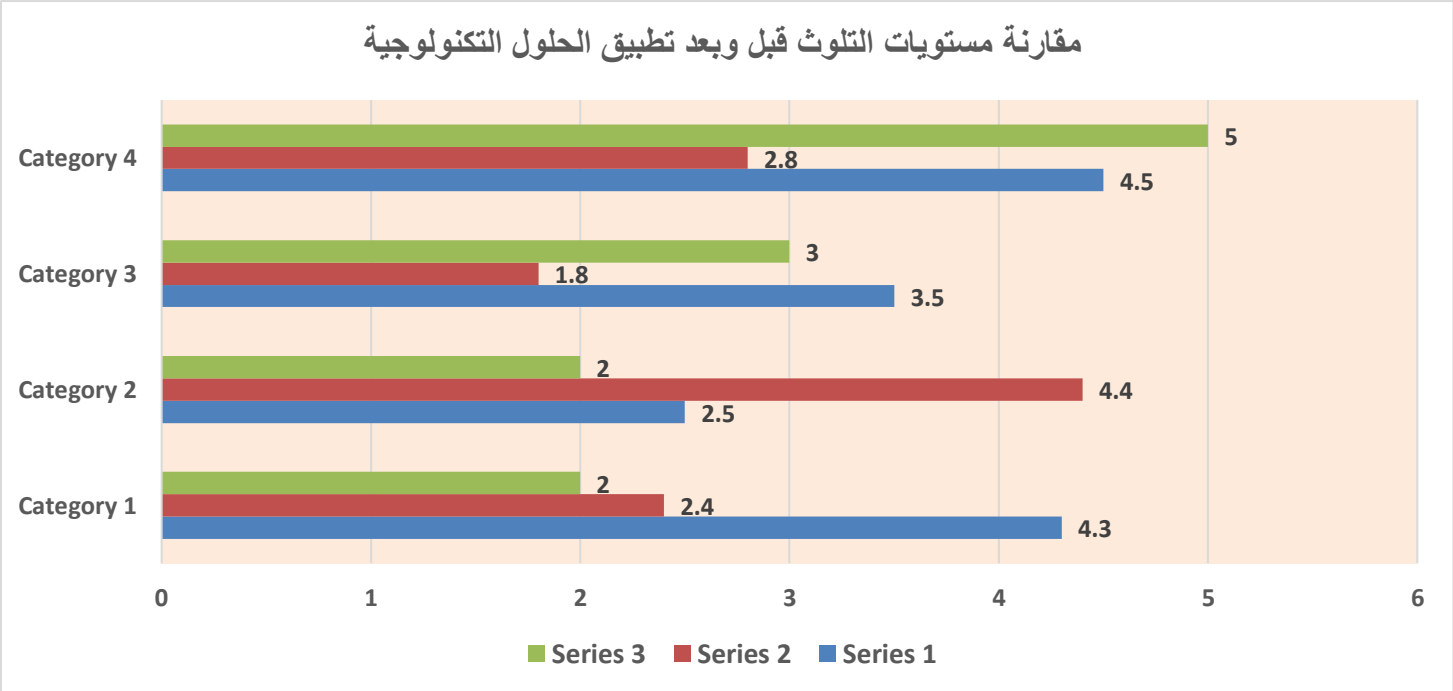
كما لوحظت تحسينات مصاحبة في السلوك الوقائي والصحي للسكان، إذ أصبح الأفراد أكثر وعيًا بضرورة الحد من التعرض للملوثات، بالإضافة إلى انخفاض نسب الإصابة بالأمراض التنفسية والقلبية في هذه المناطق. وتعزز هذه النتائج أهمية دمج التكنولوجيا المستدامة مع التخطيط الحضري والبرامج التوعوية لتحقيق نتائج ملموسة في الصحة العامة وجودة الهواء.

جدول (7): مقارنة مستويات التلوث قبل وبعد تطبيق الحلول التكنولوجية

المنطقة	التلوث قبل التدخل ($PM_{2.5}$/PM_{10}/NOx/SO_2/CO)	التلوث بعد التدخل ($PM_{2.5}$/PM_{10}/NOx/SO_2/CO)	نسبة الانخفاض (%)	ملاحظات
المناطق الصناعية	85 / 130 / 0.075 / 0.065 / 3.2	55 / 85 / 0.045 / 0.038 / 1.8	35–45%	انخفاض ملحوظ بعد تركيب المرشحات واستخدام الطاقة المتجددة
المناطق السكنية القريبة من	55 / 90 / 0.045 / 0.038 / 1.8	40 / 60 / 0.030 / 0.025 / 1.2	25–30%	تأثير إيجابي للحلول التكنولوجية والنقل

الصناعات				المستدام
المناطق الحضرية العامة (مرجعية)	25 / 40 / 0.020 / 0.015 / 0.8	24 / 38 / 0.018 / 0.014 / 0.7	5–7%	تحسين طفيف، لم يتم تطبيق تدخلات كبيرة

يُظهر هذا التحليل أن الحلول التكنولوجية المستدامة فعالة في الحد من التلوث الهوائي، خاصة في المناطق الصناعية والمناطق السكنية القريبة منها. كما يوفر هذا التقييم قاعدة قوية لدعم التوصيات العملية والسياسات البيئية المستقبلية، ويعكس أهمية دمج التكنولوجيا المستدامة، التخطيط الحضري، والتوعية المجتمعية لتحقيق تحسين مستدام في جودة الهواء وصحة السكان.



الاستنتاجات

1. أظهرت القياسات الميدانية أن المناطق الصناعية سجلت أعلى تراكيز للملوثات الهوائية $PM_{2.5}$، PM_{10}، NOx، SO_2، CO ، تلتها المناطق السكنية القريبة من المصانع، في حين كانت المناطق الحضرية العامة المرجعية أقل تعرضًا للتلوث. هذا يدل على وجود تأثير مباشر للنشاط الصناعي وحركة المركبات الثقيلة على جودة الهواء.
2. ارتبطت مستويات التلوث العالية بارتفاع معدلات الأمراض التنفسية والقلبية بين السكان، وخصوصًا في الفئات العمرية الأكبر (≥45 سنة). بينما سجلت الفئات الشابة (18–30 سنة) نسب إصابة أقل، لكنها معرضة للتأثير طويل المدى للتلوث الهوائي المزمن.
3. تبين أن ارتفاع مستوى الوعي البيئي مرتبط بتبني سلوكيات وقائية أكثر فعالية، مثل استخدام الأقنعة، تقليل التعرض أثناء ذروة التلوث، والمشاركة في حملات التوعية. إلا أن الالتزام بالسلوك الوقائي كان متفاوتًا بين المناطق حسب مستوى التفاعل مع برامج التوعية.
4. أظهرت مقارنة البيانات قبل وبعد تطبيق الحلول التكنولوجية المستدامة انخفاضًا ملحوظًا في مستويات التلوث، وتحسنًا في السلوك الوقائي والصحي للسكان، مما يؤكد فاعلية هذه الحلول في تحسين جودة الهواء والحد من الأثر الصحي للتلوث الهوائي.

التوصيات

1. تركيب أنظمة الرصد الذكي للهواء في جميع المناطق الصناعية والسكنية القريبة.
2. استخدام المرشحات الصناعية والطاقة المتجددة لتقليل الانبعاثات.
3. تعزيز النقل المستدام عبر المركبات الكهربائية وتحسين شبكات النقل العام.

4. تخصيص مناطق صناعية بعيدة عن التجمعات السكنية.

5. دمج التخطيط الحضري مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لرصد التلوث ووضع خطط وقائية.

6. إطلاق حملات توعية مستمرة حول آثار التلوث الهوائي.

7. تشجيع الممارسات الوقائية اليومية لدى السكان، خاصة في المناطق ذات التلوث العالي.

8. إجراء قياسات دورية لمستويات الملوثات.

9. تقييم فعالية الحلول التكنولوجية بشكل منتظم لضمان تحسين مستدام في جودة الهواء.

المقترحات

1. توسيع نطاق البحث ليشمل مدن صناعية أخرى في العراق لمقارنة نتائج التلوث وتأثير الحلول التكنولوجية.

2. متابعة دراسات طويلة المدى لقياس أثر التعرض المزمن للتلوث الهوائي على الصحة العامة.

3. دمج متغيرات جديدة مثل تغير المناخ والنمو السكاني المستقبلي في التحليل البيئي لتطوير استراتيجيات مستدامة.

4. استخدام تحليلات البيانات الضخمة (Big Data) ونماذج الذكاء الاصطناعي لتوقع مناطق الخطر وتحديد أفضل الحلول الوقائية والتكنولوجية.

المصادر والمراجع

ابو عيانة, ف. م .(1994) .*مشكلات السكان في الوطن العربي* .دار المعرفة الجامعية.

اسماعيل, ا .(1997) .*اسس علم السكان وتطبيقاته الجغرافية* .دار الثقافة للنشر والتوزيع.

الباشا, م. ص. (2000). التنمية الصناعية في مصر ودورها في تحقيق التوازن البيئي: مدخل لتحقيق التنمية الحضرية المستدامة .*المؤتمر العربي الإقليمي – التوازن البيئي والتنمية الحضرية المستدامة*.

الخفاف, ع. ع & .,المومني, م. ا. ع .(2001) .*جغرافية السكان: دراسة في أدب السكان وديموغرافية الوطن العربي* (الأولى). دار الكندي للنشر والطباعة.

السعدي, ع. ف .(2008) .*جغرافية العراق: اطارها الطبيعي، نشاطها الاقتصادي، جانبها البشري* (الأولى). دار الجامعة للطباعة والنشر.

الصرائفي, ع. ن. ع .(2009) .*الآثار البيئية للملوثات الصناعية في محافظة ميسان* .جامعة البصرة.

المعايرة, ع. ح. (2004). دور التصميم المعماري في تحقيق وحدات دور سكنية ميسرة: المساكن الخضراء .*ندوة الإسكان الثانية (المسكن الميسر)*.

النورجي, ع. ع. ق .(2008) .*التكاليف المالية للتلوث الضوضائي*.

تشارلز, ج .(2003) .*عمارة الكون الوثاب* (رنا صبحي ناصر, تحقيق). منشورات دار علاء الدين.

سليم, هـ. ص. (2011). عمارة العولمة في مصر وغياب مفاهيم الاستدامة في التصميم: دراسة حالة المباني الادارية بالقاهرة الجديدة .*المجلة الهندسية لكلية الهندسة*.

صفر, ز. ا .(2015) .*تخطيط المدن: اسس ومفاهيم وتطبيقات* .مكتبة دجلة للطباعة والنشر والتوزيع.

عامر, م. ا .(2008) .*المشاركة الشعبية لحماية البيئة من منظور الخدمة الاجتماعية* .المكتب الجامعي الحديث.

عايد, ش. ع .(2012) .*تباين تراكيز الغازات الملوثة لهواء محافظة بابل* [غير منشورة]. جامعة البصرة.

عبدالفتاح, م. (1990). الانسان والبيئة والتنمية .*المؤتمر الثاني لبحوث البيئة*.

عدنان, ر .(2013) .*تقدير تراكيز بعض العناصر الثقيلة والغازات الملوثة للهواء والنباتات والتربة في مدينة كربلاء المقدسة* [غير منشورة]. جامعة الكوفة.

عفيفي, ا. ع. ا .(2008) .*بحوث في علم الاجتماع المعاصر* .دار الفكر العربي.

علي, ي. ح .(2010) .*مبادئ علم الديمغرافية (دراسة سكان)* (الأولى). دار الوائل للطباعة والنشر.

لزبيري, م. ص. (2004). المسكن المتوافق بيئياً ... توجه مستقبلي للعمارة المستدامة والحفاظ على البيئة: دراسة مقارنة لكفاءة الأداء البيئي للمسكن التقليدي والحديث .*ندوة الإسكان الثانية (المسكن الميسر)*.

Al-Thani, M. J., & Koç, M. (2024). In Search of Sustainable Economy Indicators: A Comparative Analysis between the Sustainable Development Goals Index and the Green Growth Index. *Sustainability*, *16*(4).

Ikerd, J. (2012). *The Essentials of Economic Sustainability*. Kumarian Press.

Majerník, M., Daneshjo, N., Štofková, K. R., & Malega, P. (2021). Development of Indicators of Sustainability of Economic Growth and Quality of Life. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, *22*(2).