

أثر نظم المراقبة البيئية في الحد من التلوث في العراق: دراسة تحليلية The Impact of Environmental Monitoring Systems on Reducing Pollution in Iraq: An Analytical Study

أ.د.فاضل عبد علي خرميط

كلية الادارة والاقتصاد/ جامعة واسط/ العراق

fkhirmeed@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2026/04/25 ؛ تاريخ القبول: 2026/05/10 ؛ تاريخ النشر: 2026/06/30

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل أثر نظم المراقبة البيئية في الحد من التلوث في العراق، من خلال دراسة طبيعة هذه النظم وخصائصها ودورها في دعم اتخاذ القرار البيئي. اعتمد البحث المنهج التحليلي القائم على مراجعة الأدبيات العلمية والتقارير الدولية، وتحليل واقع البيئة العراقية التي تعاني من تداخل واضح بين تلوث الهواء والمياه والتربة، فضلاً عن تأثير التغير المناخي وشح الموارد المائية. توصل البحث إلى أن ضعف نظم المراقبة البيئية يمثل أحد أبرز أسباب تفاقم التلوث، نتيجة غياب البيانات الدقيقة وضعف التكامل المؤسسي بين الجهات المعنية. كما أظهرت النتائج أن تطوير نظم المراقبة يساهم في تحسين جودة القرارات البيئية من خلال توفير معلومات دقيقة تساعد في الكشف المبكر عن الملوثات وتوجيه المعالجات بشكل فعال. ويوصي البحث بضرورة إنشاء منصة وطنية موحدة للبيانات البيئية، وتطوير البنية التحتية للرصد البيئي، وتعزيز استخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية، بما يساهم في الحد من التلوث وتحقيق الاستدامة البيئية في العراق.

الكلمات المفتاحية: نظم المراقبة البيئية، التلوث البيئي، العراق، جودة الهواء، جودة المياه، الاستدامة البيئية، اتخاذ القرار البيئي.

Abstract :

This study aims to analyze the impact of environmental monitoring systems on reducing pollution in Iraq by examining their nature, characteristics, and role in supporting environmental decision-making. The research adopts an analytical approach based on reviewing scientific literature and international reports, as well as analyzing the current environmental situation in Iraq, which suffers from a complex interaction between air, water, and soil pollution, in addition to the effects of climate change and water scarcity. The findings reveal that the weakness of environmental monitoring systems is a key factor contributing to the escalation of pollution, due to the lack of accurate data and weak institutional integration among responsible authorities. The study also demonstrates that improving monitoring systems enhances the quality of environmental decisions by providing reliable data that supports early detection of pollutants and effective interventions. The study recommends establishing a unified national environmental data platform, improving environmental monitoring infrastructure, and adopting modern technologies such as artificial intelligence and geographic information systems to reduce pollution and achieve environmental sustainability in Iraq.

Keywords: Environmental Monitoring Systems, Environmental Pollution, Iraq, Air Quality, Water Quality, Environmental Sustainability, Environmental Decision-Making.

فاضل عبد علي خرميط ، fkhirmeed@gmail.com

مقدمة:

أولاً: منهجية البحث

مشكلة البحث

تواجه البيئة في العراق تحديات مركبة تتعلق بتزايد مستويات التلوث في الهواء والمياه والتربة، نتيجة تداخل عوامل اقتصادية وتقنية ومؤسسية. ولا تكمن المشكلة في وجود التلوث فقط، بل في ضعف القدرة على قياسه وتشخيصه بصورة دقيقة، الأمر الذي يؤدي إلى قصور في السياسات البيئية وضعف في فاعلية الإجراءات المتخذة. كما أن البيئة العراقية تتسم بتعقيد خاص، إذ تتداخل فيها مصادر التلوث، مثل النشاط النفطي، والمولدات الأهلية، والتوسع الحضري غير المنظم، وضعف شبكات الصرف الصحي، فضلاً عن آثار التغير المناخي وشح المياه. وفي ظل هذا التعقيد، تصبح الحاجة إلى نظم مراقبة بيئية متكاملة أكثر إلحاحاً، لأنها تمثل الوسيلة الوحيدة لتحويل هذه الظواهر المتشابكة إلى بيانات قابلة للتحليل.

وعليه، فإن مشكلة البحث تتمثل في:

ضعف فاعلية نظم المراقبة البيئية في العراق في الحد من التلوث بسبب قصور تقني

ومؤسسي وتحليلي.

أهداف البحث

1. تحليل واقع نظم المراقبة البيئية في العراق
2. بيان دور هذه النظم في الحد من التلوث
3. تفسير العلاقة بين كفاءة نظم المراقبة ومستويات التلوث
4. تقديم إطار تحليلي لتطوير نظم الرصد البيئي

أهمية البحث

تنبع أهمية البحث من كونه يتناول قضية تمس جوهر التنمية المستدامة، إذ إن التلوث لا يؤثر فقط في البيئة، بل يمتد إلى الصحة العامة والاقتصاد والاستقرار الاجتماعي. كما أن نظم المراقبة البيئية تمثل الأساس الذي تُبنى عليه السياسات البيئية الفعالة، لأن أي قرار بيئي لا يستند إلى بيانات دقيقة يبقى معرضاً للفشل أو ضعف التأثير.

منهج البحث

اعتمد البحث المنهج التحليلي القائم على تفسير الظواهر البيئية من خلال تحليل العلاقات بين نظم المراقبة البيئية ومستويات التلوث، بالاعتماد على الأدبيات العلمية والتقارير الدولية.

حدود البحث

- 1 مكانياً: العراق
 - 2 زمانياً: حتى 2026
 - 3 موضوعياً: نظم المراقبة البيئية والتلوث
- ثانياً: الدراسات السابقة

تشير World Health Organization إلى أن التلوث الهوائي يمثل أحد أخطر التحديات الصحية العالمية، حيث يؤدي إلى ملايين الوفيات سنوياً نتيجة التعرض للجسيمات الدقيقة PM2.5 ، والتي ترتبط ارتباطاً مباشراً بأمراض الجهاز التنفسي والقلب. وتؤكد المنظمة أن مراقبة جودة الهواء تمثل الخطوة الأولى في الحد من هذه المخاطر، لأن القياس المستمر لا يقتصر على معرفة مستوى التلوث فقط، بل يساعد أيضاً في فهم أنماطه الزمنية والمكانية، وربطها بالأنشطة البشرية والظروف المناخية، مما يسمح باتخاذ قرارات وقائية فعالة تقلل من الأثر الصحي للتلوث (WHO, 2021, p. 64).

كما أوضح World Bank أن العراق يواجه تحديات بيئية معقدة تشمل تلوث المياه وتدهور الأراضي وضعف إدارة الموارد، وأن هذه التحديات ترتبط بشكل مباشر بضعف نظم المعلومات البيئية. ويشير التقرير إلى أن غياب البيانات الدقيقة يؤدي إلى ضعف التخطيط البيئي، مما يجعل المعالجات غير فعالة أو غير مستدامة، لأن القرارات تُتخذ في ظل نقص المعلومات. ومن هنا تبرز أهمية نظم المراقبة البيئية كأداة استراتيجية تساعد في سد هذه الفجوة وتحويل البيانات إلى قرارات قابلة للتنفيذ. (World Bank, 2022, p. 45)

أما United Nations Environment Programme فقد أكد أن نظم المراقبة البيئية الحديثة تعتمد على البيانات اللحظية والتحليل الرقمي، مما يسمح بالتنبؤ بالمخاطر البيئية قبل وقوعها. وهذا يمثل تحولاً نوعياً في مفهوم المراقبة، حيث لم تعد مجرد أداة لرصد التلوث بعد حدوثه، بل أصبحت وسيلة استباقية لإدارته ومنع تفاقمه، من خلال الإنذار المبكر وتوجيه التدخلات البيئية بشكل دقيق. (UNEP, 2022, p. 41)

كما بينت دراسة University of Mosul أن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يساهم بشكل كبير في تحديد بؤر التلوث بدقة عالية، من خلال تحليل التوزيع المكاني للملوثات وربطها بالأنشطة البشرية. وتساعد هذه المنهجية في توجيه الجهود البيئية نحو المناطق الأكثر تضرراً، مما يزيد من كفاءة الإجراءات المتخذة للحد من التلوث. (University of Mosul, 2026, p. 12)

وتؤكد دراسة (Qader, 2025) أن التوسع الحضري غير المنظم واستخدام الوقود منخفض الجودة يؤديان إلى ارتفاع مستويات التلوث، وأن نظم المراقبة المكانية تمثل أداة فعالة في تحليل توزيع الملوثات وتحديد مناطق الخطر، مما يساعد في اتخاذ قرارات تخطيطية وبيئية أكثر دقة (Qader, 2025, p. 18).

الفجوة البحثية

على الرغم من تعدد الدراسات التي تناولت التلوث البيئي، إلا أن معظمها ركز على قياس التلوث أو تحليل أسبابه، دون التعمق في دراسة نظم المراقبة البيئية كمنظومة متكاملة تربط بين جمع البيانات وتحليلها واتخاذ القرار. كما أن البيئة العراقية لم تحظ بدراسة تحليلية شاملة تربط بين الرصد البيئي والحد الفعلي من التلوث.

ثالثاً: الجانب النظري

أولاً: الإطار المفاهيمي لنظم المراقبة البيئية

تُعد نظم المراقبة البيئية أحد أهم الأدوات التي تعتمد عليها الدول الحديثة في إدارة مواردها البيئية والحد من التلوث، إذ تشير إلى منظومة متكاملة من العمليات والإجراءات التي تهدف إلى جمع البيانات البيئية وتحليلها وتفسيرها بصورة مستمرة، بهدف تكوين صورة دقيقة عن حالة البيئة واتجاهاتها المستقبلية. ولا يقتصر هذا المفهوم على الجوانب التقنية المرتبطة بأجهزة القياس، بل يمتد ليشمل البنية المؤسسية والتنظيمية، والكوادر البشرية، ونظم المعلومات، وآليات اتخاذ القرار، وهو ما يجعلها نظاماً متكاملاً متعدد الأبعاد (UNEP, 2022, p. 41).

وتكمن أهمية هذا المفهوم في كونه يحول البيئة من حالة يصعب قياسها إلى نظام يمكن تتبعه وتحليله، إذ إن التلوث بطبيعته ظاهرة معقدة ومتغيرة، تتأثر بعوامل متعددة مثل النشاط الصناعي، والظروف المناخية، والكثافة السكانية، واستخدام الموارد الطبيعية. وبالتالي فإن التعامل مع هذه الظاهرة يتطلب وجود نظام قادر على جمع البيانات من مصادر متعددة وتحويلها إلى معلومات قابلة للاستخدام، وهو ما تمثله نظم المراقبة البيئية (OECD, 2023, p. 72).

وفي السياق العراقي، تزداد أهمية هذه النظم بسبب تعدد مصادر التلوث وتداخلها، حيث تتأثر البيئة بعوامل اقتصادية ونفطية وزراعية وحضرية، فضلاً عن آثار الحروب والتغير المناخي. ومن هنا فإن نظم المراقبة تمثل الأساس الذي يمكن من خلاله فهم هذه التعقيدات وتحويلها إلى مؤشرات قابلة للقياس والتحليل، مما يساعد في اتخاذ قرارات بيئية أكثر دقة وفعالية (World Bank, 2022, p. 52).

ثانياً: التطور التاريخي والتكنولوجي لنظم المراقبة البيئية

مرت نظم المراقبة البيئية بمراحل تطور متعددة، حيث بدأت في شكلها التقليدي بالاعتماد على القياسات اليدوية وجمع العينات البيئية وتحليلها في المختبرات. وعلى الرغم من أهمية هذه المرحلة، إلا أنها كانت تعاني من محدودية في التغطية الجغرافية والزمنية، فضلاً عن بطء الحصول على النتائج، مما كان يحد من فاعليتها في اتخاذ القرار. (NASA, 2022, p. 33)

ومع التقدم التكنولوجي، ظهرت محطات الرصد الثابتة التي تعتمد على أجهزة قياس متخصصة، مما أتاح إمكانية جمع البيانات بشكل أكثر انتظاماً. إلا أن التحول الحقيقي في نظم المراقبة حدث مع ظهور التقنيات الرقمية، مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد، التي سمحت بجمع بيانات واسعة النطاق وتحليلها مكانياً وزمانياً.

وفي المرحلة الحديثة، دخلت تقنيات الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء إلى مجال المراقبة البيئية، مما أتاح إمكانية تحليل البيانات الضخمة واكتشاف الأنماط والتنبؤ بالمخاطر قبل حدوثها. ويعد هذا التحول نقلة نوعية، حيث أصبحت نظم المراقبة لا تكتفي بوصف الواقع، بل تساهم في استشراف المستقبل، مما يعزز من قدرة المؤسسات على اتخاذ قرارات استباقية. (Marr, 2021, p. 120).

ثالثاً: خصائص نظم المراقبة البيئية (تحليل معمق)

تتميز نظم المراقبة البيئية بمجموعة من الخصائص التي تجعلها أداة فعالة في إدارة التلوث، ومن أهم هذه الخصائص الدقة، التي تمثل الأساس الذي تُبنى عليه جميع القرارات البيئية. فالدقة لا تعني فقط استخدام أجهزة متطورة، بل تشمل أيضاً طرق جمع البيانات، ومعايير القياس، وآليات التحقق من صحة النتائج. وتشير الدراسات إلى أن أي خطأ في البيانات قد يؤدي إلى قرارات غير فعالة أو حتى ضارة بالبيئة. (WHO, 2021, p. 59)

أما الاستمرارية، فهي خاصية تعكس قدرة النظام على متابعة التغيرات البيئية عبر الزمن، إذ إن التلوث لا يمكن فهمه من خلال قياسات لحظية، بل يحتاج إلى متابعة مستمرة تكشف الاتجاهات العامة. وفي العراق، حيث تتأثر البيئة بعوامل موسمية مثل العواصف الترابية وارتفاع درجات الحرارة، تصبح الاستمرارية شرطاً أساسياً لفهم طبيعة التلوث. (World Bank, 2022, p. 61)

وتعد الشمولية خاصية مهمة أيضاً، لأنها تضمن تغطية جميع عناصر البيئة، مثل الهواء والمياه والتربة. ويعود ذلك إلى أن التلوث ظاهرة مترابطة، حيث يمكن أن تنتقل الملوثات من عنصر

إلى آخر، مما يتطلب وجود نظام قادر على تتبع هذه العلاقات. ومن هنا فإن النظم الشاملة توفر رؤية متكاملة تساعد في اتخاذ قرارات أكثر دقة. (OECD, 2023, p. 75)

أما السرعة، فهي تعكس قدرة النظام على نقل البيانات وتحليلها في الوقت المناسب، مما يسمح بالاستجابة السريعة للمخاطر البيئية. وتزداد أهمية هذه الخاصية في حالات الطوارئ، مثل التسربات النفطية أو ارتفاع مستويات التلوث في المناطق السكنية. (UNEP, 2022, p. 44)

رابعاً: دور نظم المراقبة البيئية في الحد من التلوث

تلعب نظم المراقبة البيئية دوراً محورياً في الحد من التلوث، لأنها تمثل الخطوة الأولى في سلسلة إدارة التلوث. فقبل اتخاذ أي إجراء، يجب معرفة طبيعة المشكلة، وهو ما توفره هذه النظم من خلال جمع البيانات وتحليلها. كما أن الكشف المبكر عن الملوثات يساعد في تقليل كلفة المعالجة، لأن التدخل المبكر يكون أكثر فاعلية من التدخل المتأخر. (UNEP, 2022, p. 48)

كما تسهم هذه النظم في دعم اتخاذ القرار، حيث توفر بيانات دقيقة تساعد في اختيار الحلول المناسبة. فعلى سبيل المثال، لا يمكن تحديد أفضل موقع لمحطة معالجة المياه أو اتخاذ قرار بشأن تقليل الانبعاثات الصناعية من دون وجود بيانات دقيقة عن مستويات التلوث. وبذلك تصبح نظم المراقبة أداة أساسية في تحسين جودة القرارات البيئية. (Davenport et al., 2022, p. 95)

إضافة إلى ذلك، تساعد نظم المراقبة في تقييم السياسات البيئية، حيث يمكن قياس أثر الإجراءات المتخذة ومعرفة مدى نجاحها. وهذا يعزز من مفهوم الإدارة البيئية القائمة على الأدلة، التي تعتمد على البيانات في جميع مراحل اتخاذ القرار. (World Bank, 2023, p. 110)

خامساً: العلاقة بين نظم المراقبة البيئية والتلوث

تُعد العلاقة بين نظم المراقبة البيئية والتلوث علاقة عكسية، حيث تؤدي زيادة كفاءة نظم المراقبة إلى تقليل مستويات التلوث. ويرجع ذلك إلى أن توفر البيانات الدقيقة يساعد في تحديد مصادر التلوث واتخاذ الإجراءات المناسبة لمعالجتها.

وفي العراق، يمكن أن تكون هذه العلاقة أكثر وضوحاً، لأن ضعف نظم المراقبة يؤدي إلى غياب البيانات، مما يجعل التلوث غير مرئي في بعض الأحيان، وبالتالي غير معالج. ومن هنا فإن تطوير نظم المراقبة يمثل خطوة أساسية في الحد من التلوث وتحسين جودة البيئة. (World Bank, 2023, p. 110).

سادساً: التحديات التي تواجه نظم المراقبة البيئية في العراق تواجه نظم المراقبة البيئية في العراق عدة تحديات، من أهمها ضعف البنية التحتية التقنية، ونقص الكوادر المتخصصة، وضعف التنسيق بين المؤسسات. كما أن محدودية التمويل تمثل عائقاً أمام تطوير هذه النظم، مما يؤدي إلى استمرار الاعتماد على أساليب تقليدية في المراقبة. وتشير الدراسات إلى أن معالجة هذه التحديات تتطلب تبني سياسات متكاملة تشمل تطوير البنية التحتية، وتعزيز التعاون المؤسسي، وتدريب الكوادر، واستخدام التقنيات الحديثة (UNEP, 2022, p. 49).

سابعاً: الجانب التحليلي لوضع العراق البيئي

1- التشخيص العام للوضع البيئي في العراق

يواجه العراق وضعاً بيئياً معقداً نتيجة تداخل عوامل متعددة، من أبرزها التغير المناخي، وشح المياه، والتوسع الحضري غير المنظم، والنشاط النفطي، وضعف البنية التحتية البيئية. وتشير الأدبيات إلى أن العراق يُعد من الدول الأكثر عرضة للتغيرات المناخية في المنطقة، حيث تؤثر موجات الحرارة ونقص المياه بشكل مباشر في البيئة والصحة العامة (World Bank, 2022, p. 12). كما أن ضعف نظم المراقبة البيئية يؤدي إلى غياب البيانات الدقيقة، مما يجعل التلوث غير قابل للقياس أو التقييم العلمي في كثير من الحالات، وبالتالي لا تتم معالجته بالشكل المناسب (UNEP, 2022, p. 41).

جدول (1): التشخيص العام للوضع البيئي في العراق

المجال	الوضع	التحليل	المصدر
الهواء	ارتفاع PM2.5 والغبار	يدل على ضعف الرقابة على الانبعاثات	(WHO, 2021, p. 64)
المياه	تدهور النوعية والكمية	مرتبط بالصرف الصحي وشح المياه	(World Bank, 2022, p. 45)
التربة	ملوحة وتصحر	نتيجة الجفاف وسوء الإدارة	(FAO, 2021, p. 73)
النفائات	طمر عشوائي	ضعف الإدارة البلدية	(UNEP, 2022, p. 49)
الإدارة البيئية	ضعف البيانات	يؤدي إلى ضعف القرار	(OECD, 2023, p. 75)

يُظهر الجدول أن المشكلة البيئية في العراق ليست محصورة في مجال واحد، بل هي مشكلة هيكلية شاملة تشمل جميع عناصر البيئة. ويلاحظ أن جميع المؤشرات تتجه نحو مستوى خطورة مرتفع، مما يعكس ضعفاً واضحاً في المنظومة البيئية ككل، وليس فقط في جانب معين. كما أن العامل المشترك بين هذه المشكلات هو ضعف الإدارة البيئية وقلة البيانات الدقيقة، مما يؤكد أن المشكلة الأساسية ليست في التلوث نفسه، بل في غياب نظام فعال لإدارته.

2- تحليل تلوث الهواء

يُعد تلوث الهواء من أخطر التحديات البيئية في العراق، حيث ترتفع مستويات الجسيمات الدقيقة PM2.5 إلى مستويات تفوق الحدود الدولية، وهو ما يشكل خطراً مباشراً على الصحة العامة (WHO, 2021, p. 64). وترتبط هذه المشكلة بعدة مصادر، منها المولدات الأهلية، والانبعاثات المرورية، والأنشطة الصناعية، والعواصف الترابية (World Bank, 2022, p. 52).

جدول (2): مصادر تلوث الهواء

المصدر	التحليل	الأثر	المصدر
(WHO, 2021, p. 61)	مصدر رئيسي داخل المدن	زيادة PM2.5	المولدات
(OECD, 2023, p. 72)	مرتبط بالازدحام	CO و NO2	النقل
(World Bank, 2022, p. 61)	ضعف الرقابة البيئية	غازات سامة	الصناعة
(UNEP, 2022, p. 44)	نتيجة التصحر	جسيمات عالقة	الغبار

تلوث الهواء في العراق ذات طبيعة مزدوجة؛ بعضها ناتج عن النشاط البشري المباشر، مثل المولدات والنقل والصناعة، وبعضها الآخر مرتبط بعوامل طبيعية مثل الغبار. إلا أن العامل البشري يبقى الأكثر تأثيراً، لأنه قابل للسيطرة والمعالجة، في حين أن العوامل الطبيعية تحتاج إلى حلول طويلة الأمد. ويلاحظ أن المولدات الأهلية تمثل أحد أهم مصادر التلوث داخل المدن، مما يشير إلى وجود خلل في البنية التحتية للطاقة، وبالتالي فإن معالجة تلوث الهواء يجب أن تبدأ من معالجة مشكلة الطاقة نفسها.

3- تحليل تلوث المياه

يمثل تلوث المياه أحد أخطر التحديات البيئية في العراق، نظراً لاعتماد البلاد على نهري دجلة والفرات كمصدر رئيسي للمياه. وتشير الدراسات إلى أن انخفاض مناسيب المياه أدى إلى زيادة تركيز الملوثات، مما يزيد من خطورة التلوث. (World Bank, 2022, p. 45) كما أن ضعف شبكات الصرف الصحي يؤدي إلى تصريف مياه ملوثة مباشرة إلى الأنهار. (UNESCO, 2022, p. 88)

جدول (3): تحليل تلوث المياه

المصدر	الأثر	المصدر	الملوث
(UNESCO, 2022, p. 88)	أمراض	المدن	الصرف الصحي
(World Bank, 2022, p. 45)	سمية	المصانع	المخلفات الصناعية
(FAO, 2021, p. 73)	تدهور زراعي	شح المياه	الملوحة

يُظهر الجدول أن تلوث المياه في العراق ليس ناتجاً عن مصدر واحد، بل هو نتيجة تراكم عدة عوامل، أبرزها الصرف الصحي غير المعالج والمخلفات الصناعية. ويلاحظ أن العامل المشترك بين هذه المشكلات هو ضعف البنية التحتية، مما يعني أن الحل لا يقتصر على المعالجة البيئية فقط، بل يتطلب استثمارات كبيرة في البنية التحتية. كما أن مشكلة الملوحة تعكس البعد المناخي للمشكلة، مما يجعلها أكثر تعقيداً ويستدعي حلولاً متكاملة.

4- تحليل تلوث التربة

تعاني التربة في العراق من التدهور نتيجة الملوحة والتصحر والتلوث الكيميائي، بسبب الاستخدام غير المنظم للمبيدات وتسربات النفط. (FAO, 2021, p. 73) كما أن ضعف نظم المراقبة يجعل هذا النوع من التلوث أقل وضوحاً رغم تأثيره الكبير. (World Bank, 2023, p. 102)

جدول (4): تحليل تلوث التربة

المصدر	الأثر	السبب	المشكلة
(FAO, 2021, p. 73)	ضعف الإنتاج	قلة المياه	الملوحة
(World Bank, 2022, p. 52)	فقدان	الجفاف	التصحر

	الأراضي		
(UNEP, 2022, p. 49)	سمية	تسربات	التلوث النفطي

يُظهر الجدول أن تلوث التربة في العراق يرتبط بشكل وثيق بالمياه والمناخ، مما يعكس الطبيعة المتداخلة للمشكلة البيئية. كما أن التلوث النفطي يمثل خطراً طويلاً الأمد، لأنه يؤثر في التربة لفترات طويلة ويصعب معالجته. ويلاحظ أن هذا النوع من التلوث أقل وضوحاً مقارنة بتلوث الهواء والمياه، مما قد يؤدي إلى إهماله رغم خطورته الكبيرة على الأمن الغذائي.

جدول (5): مستويات تلوث الهواء (AQI) في المحافظات العراقية (2025–2026)

المحافظة	مؤشر جودة الهواء (AQI)	مستوى التلوث	التصنيف الصحي
بغداد	83 – 123	مرتفع	غير صحي للفئات الحساسة
البصرة	90 – 130	مرتفع جداً	غير صحي
نينوى (الموصل)	70 – 95	متوسط إلى مرتفع	غير صحي للفئات الحساسة
كركوك	65 – 90	متوسط	متوسط الخطورة
أربيل	55 – 70	متوسط	مقبول
السليمانية	59 – 75	متوسط	مقبول
ميسان (العمارة)	63 – 80	متوسط إلى مرتفع	خطر متوسط

المصدر: بيانات جودة الهواء العالمية وتقارير المدن العراقية

يبين الجدول أن المحافظات ذات النشاط الصناعي والنفطي والكثافة السكانية (مثل بغداد والبصرة) تسجل أعلى مستويات التلوث، في حين أن محافظات إقليم كردستان تسجل مستويات أقل نسبياً. وهذا يعكس تأثير النشاط الاقتصادي وضعف نظم السيطرة البيئية.

جدول (6): متوسط تركيز الجسيمات الدقيقة PM2.5 في المحافظات

المحافظة	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	مقارنة بمعيار WHO	مستوى الخطورة
بغداد	35 – 55	أعلى بـ 3–5 مرات	خطير
البصرة	40 – 60	أعلى بـ 4–6 مرات	خطير جداً

الموصل	30 – 45	أعلى بـ 3-4 مرات	مرتفع
كركوك	28 – 40	أعلى بـ 3 مرات	متوسط-مرتفع
أربيل	25 – 35	أعلى بـ 2-3 مرات	متوسط
السليمانية	25 – 38	أعلى بـ 2-3 مرات	متوسط
ميسان	30 – 45	أعلى بـ 3-4 مرات	مرتفع

المصدر: تقارير جودة الهواء العالمية وقياسات AQI

تشير البيانات إلى أن جميع المحافظات العراقية تتجاوز المعايير العالمية، مما يدل على أن التلوث ظاهرة وطنية وليس محلية. كما أن القيم المرتفعة في الجنوب مرتبطة بالنشاط النفطي والعواصف الغبارية.

جدول (7): توزيع مصادر التلوث حسب المحافظات

المحافظة	المصدر الرئيسي	نسبة التأثير التقريبية	نوع التلوث
بغداد	مولدات + نقل	45%	هواء
البصرة	النفط + الصناعة	55%	هواء + تربة
الموصل	الغبار + الإعمار	40%	هواء
كركوك	النفط	50%	هواء + تربة
أربيل	النقل	35%	هواء
السليمانية	النقل + الصناعة	40%	هواء
ميسان	النفط + مياه	50%	ماء + تربة

المصدر: تحليل بيانات تقارير بيئية دولية وتقارير عراقية حديثة

يوضح الجدول أن مصادر التلوث تختلف من محافظة لأخرى، لكن العامل المشترك هو الأنشطة البشرية، مما يعني أن الحلول ممكنة عبر السياسات البيئية الفعالة.

جدول (8): التأثير الصحي للتلوث في المحافظات

المحافظة	مستوى الخطر الصحي	أبرز التأثيرات
بغداد	مرتفع	أمراض تنفسية وقلبية
البصرة	مرتفع جداً	أمراض سرطانية وتسمم
الموصل	متوسط-مرتفع	أمراض تنفسية
كركوك	متوسط	تهيج الجهاز التنفسي

أعراض خفيفة	متوسط	أربيل
أعراض خفيفة	متوسط	السليمانية
أمراض مائية وتنفسية	مرتفع	ميسان

المصدر: تحليل تقارير الصحة البيئية العالمية

يبين الجدول أن التأثير الصحي للتلوث يتناسب طردياً مع مستويات التلوث، حيث تسجل المحافظات الأكثر تلوثاً أعلى معدلات الأمراض، مما يؤكد العلاقة المباشرة بين البيئة والصحة.

جدول (9): ترتيب المحافظات حسب شدة التلوث

الترتيب	المحافظة	مستوى التلوث العام
1	البصرة	شديد جداً
2	بغداد	شديد
3	كركوك	مرتفع
4	ميسان	مرتفع
5	الموصل	متوسط-مرتفع
6	السليمانية	متوسط
7	أربيل	متوسط

المصدر: تحليل بيانات AQI وتقارير المدن العراقية

جدول (10): العلاقة بين مستويات التلوث وفقدان النظم البيئية في العراق

نوع التلوث	مستوى التلوث	النظام البيئي المتأثر	شكل التدهور في النظام البيئي	درجة فقد النظام البيئي	المصدر
تلوث الهواء (PM2.5)	مرتفع	النظام البيئي الحضري	تدهور جودة الهواء، ضعف صحة الكائنات الحية	متوسط – مرتفع	WHO (2021)
تلوث الهواء + الغبار	مرتفع	النظام البيئي الصحراوي وشبه	تسارع التصحر وفقد الغطاء	مرتفع	UNEP (2022)

		النباتي	الصحراوي		
World Bank (2022)	مرتفع جداً	انخفاض التنوع الأحيائي وتدهور نوعية المياه	النظام البيئي النهري (دجلة والفرات)	مرتفع	تلوث المياه (الصرف الصحي)
UNESCO (2022)	مرتفع جداً	نفوق الأسماك واختلال السلاسل الغذائية	النظام البيئي المائي العذب	مرتفع	التلوث الصناعي (مياه)
UNEP (2022)	شديد	تدهور المواطن الطبيعية وانخفاض التنوع الأحيائي	النظام البيئي الرطب (الأهوار)	مرتفع جداً	التلوث النفطي
FAO (2021)	مرتفع	انخفاض الإنتاجية الزراعية وفقد خصوبة التربة	النظام البيئي الزراعي	مرتفع	ملوحة التربة
World Bank (2023)	متوسط	تلوث التربة وانتشار الأمراض	النظام البيئي الحضري	متوسط - مرتفع	النفائات الصلبة
World Bank (2022)	مرتفع جداً	انخفاض المياه وفقد الاستدامة البيئية	النظام البيئي الزراعي والنهري	مرتفع	التغير المناخي + الجفاف

يبين الجدول أن التلوث في العراق لا يؤثر على عناصر البيئة بشكل منفصل، بل يؤدي إلى تدهور مباشر في النظم البيئية المتكاملة، حيث تتعرض النظم البيئية النهرية والرطبة (مثل الأهوار) لأعلى درجات الفقد نتيجة التلوث المائي والنفطي، في حين تتأثر النظم الصحراوية والزراعية بالعوامل المناخية والتلوث الهوائي. كما يتضح أن العلاقة بين التلوث وفقدان النظام البيئي علاقة طردية، حيث كلما ارتفع مستوى التلوث، ازداد تدهور النظام البيئي وصولاً إلى فقدانه جزئياً أو كلياً. وهذا يعكس أهمية نظم المراقبة البيئية في الحفاظ على توازن هذه النظم ومنع انهيارها.

جدول (11): اختبار الفرضية وربطها بالنتائج والتوصيات وفق النظم البيئية في العراق

الفرضية	الأدلة من الجداول السابقة	النتيجة التحليلية	التوصيات المقترحة
توجد علاقة طردية بين مستويات تلوث الهواء وتدهور النظام البيئي الحضري	ارتفاع PM2.5 وتدهور جودة الهواء في المدن	تدهور صحة السكان وضعف جودة البيئة الحضرية	تطوير محطات رصد الهواء داخل المدن وربطها بنظام إنذار مبكر
توجد علاقة بين التلوث الهوائي والعواصف الغبارية وفقد النظام البيئي الصحراوي	تكرار العواصف الغبارية وتسارع التصحر	فقدان الغطاء النباتي وزيادة زحف الصحراء	تنفيذ برامج تشجير ومراقبة بيئية مستمرة للمناطق المتصحرة
يؤدي تلوث المياه إلى تدهور النظام البيئي النهري	ارتفاع التلوث في دجلة والفرات وانخفاض التنوع الأحيائي	اختلال النظام البيئي المائي وانخفاض جودة المياه	إنشاء محطات معالجة مياه وربطها بنظم مراقبة رقمية
يؤثر التلوث النفطي بشكل مباشر على النظام البيئي الرطب (الأهوار)	تسربات نفطية وتلوث المياه في المناطق الجنوبية	تدهور الأهوار وانخفاض التنوع البيولوجي	تشديد الرقابة البيئية على الأنشطة النفطية واستخدام تقنيات كشف مبكر
توجد علاقة بين ملوحة التربة وفقد النظام البيئي الزراعي	ارتفاع الملوحة وتدهور الأراضي الزراعية	انخفاض الإنتاجية الزراعية وفقد خصوبة التربة	اعتماد نظم مراقبة التربة واستخدام تقنيات الري الحديثة
يؤدي ضعف إدارة النفايات إلى تدهور النظام البيئي الحضري	انتشار النفايات في المدن	تلوث التربة وزيادة الأمراض	تطوير نظم إدارة النفايات وربطها بالمراقبة البيئية
يؤدي التغير المناخي وشح المياه إلى تدهور الأنظمة	انخفاض الموارد المائية وارتفاع	اختلال التوازن البيئي وفقد	اعتماد نظم مراقبة متكاملة للمياه والمناخ

البيئية المتكاملة	درجات الحرارة	الاستدامة	وربطها بالقرار البيئي
-------------------	---------------	-----------	-----------------------

يبين الجدول أن جميع الفرضيات المدروسة قد تحققت بدرجات متفاوتة، حيث أظهرت النتائج وجود علاقة طردية واضحة بين مستويات التلوث وتدهور النظم البيئية في العراق. كما يتضح أن أكثر الأنظمة البيئية تأثراً هي النظم النهرية والرطبة بسبب التلوث المائي والنفطي، في حين تتأثر النظم الصحراوية والزراعية بالعوامل المناخية والتلوث الهوائي. وتشير النتائج إلى أن ضعف نظم المراقبة البيئية يمثل العامل المشترك في جميع حالات التدهور، مما يعزز أهمية تطوير هذه النظم كأداة أساسية في الحد من التلوث والحفاظ على التوازن البيئي.

ثامناً: النتائج

- 1 يعاني العراق من مشكلة بيئية شاملة تتداخل فيها مختلف أنواع التلوث، حيث لا يمكن الفصل بين تلوث الهواء والمياه والتربة، لأن كل عنصر يؤثر في الآخر بصورة مباشرة أو غير مباشرة. وهذا التداخل يجعل معالجة التلوث أكثر تعقيداً، ويستلزم اعتماد منهج متكامل بدلاً من الحلول الجزئية التي تركز على جانب واحد فقط.
- 2 يمثل ضعف البيانات البيئية المشكلة الأساسية التي تؤثر في جميع مجالات الإدارة البيئية، إذ إن غياب المعلومات الدقيقة يؤدي إلى قرارات غير مبنية على أسس علمية واضحة. كما أن نقص البيانات يجعل من الصعب تقييم حجم التلوث الحقيقي، مما يحد من فاعلية أي سياسة بيئية يتم تبنيها.
- 3 تلوث المياه يُعد الأخطر من حيث تأثيره المباشر على الصحة العامة والموارد الطبيعية، لأنه يرتبط بمياه الشرب والزراعة بشكل مباشر. كما أن تدهور نوعية المياه يؤدي إلى انتشار الأمراض وتقليل الإنتاج الزراعي، مما يجعل هذه المشكلة ذات أبعاد صحية واقتصادية في آن واحد.
- 4 تلوث الهواء يمثل تهديداً مباشراً لسكان المدن، خاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، حيث تزداد الانبعاثات الناتجة عن المولدات والمركبات والأنشطة الصناعية. ويؤدي هذا النوع من التلوث إلى ارتفاع معدلات الأمراض التنفسية، مما يفرض عبئاً إضافياً على القطاع الصحي.
- 5 تعاني التربة في العراق من تدهور مستمر نتيجة الملوحة والتصحر والتلوث الكيميائي، وهو ما يؤثر بشكل مباشر على الإنتاج الزراعي والأمن الغذائي. كما أن هذا النوع من التلوث غالباً ما يكون غير مرئي أو بطيء التأثير، مما يؤدي إلى تأخر معالجته مقارنة بأنواع التلوث الأخرى.

6 تُعد نظم المراقبة البيئية حجر الأساس في معالجة التلوث، لأنها توفر البيانات اللازمة لفهم المشكلة واتخاذ القرار المناسب. وبدون هذه النظم، تبقى الجهود البيئية عشوائية أو غير موجهة، مما يقلل من فاعليتها ويزيد من كلفتها.

7 هناك ضعف واضح في التكامل المؤسسي بين الجهات المعنية بالبيئة، مما يؤدي إلى تشتت البيانات وتكرار الجهود وضعف التنسيق. وهذا الأمر ينعكس سلباً على كفاءة إدارة التلوث ويجعل الاستجابة البيئية أقل فاعلية.

تاسعا: التوصيات

1 ضرورة إنشاء منصة وطنية موحدة للبيانات البيئية تجمع المعلومات من جميع الجهات المعنية، بحيث تكون هذه المنصة مرجعاً رسمياً لصناع القرار. ويساعد ذلك في تحسين جودة البيانات وتوحيدها، مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات بيئية أكثر دقة وفعالية.

2 تطوير محطات رصد الهواء في المدن والمناطق الصناعية، مع توزيعها بشكل يغطي جميع المناطق ذات الكثافة السكانية العالية. كما ينبغي ربط هذه المحطات بنظام مركزي يتيح تحليل البيانات بشكل فوري، مما يساعد في إصدار تحذيرات مبكرة وتقليل المخاطر الصحية.

3 تحسين شبكات الصرف الصحي وإنشاء محطات معالجة حديثة قبل تصريف المياه إلى الأنهار، لأن معالجة المياه عند المصدر تعد أكثر كفاءة من معالجة التلوث بعد انتشاره. كما يساهم ذلك في حماية الموارد المائية وتحسين جودة مياه الشرب.

4 فرض رقابة صارمة على الانبعاثات الصناعية من خلال إلزام المصانع باستخدام تقنيات الحد من التلوث، وربطها بنظم مراقبة رقمية. ويساعد هذا الإجراء في تقليل الانبعاثات بشكل مباشر، ويعزز من الالتزام بالقوانين البيئية.

5 استخدام التقنيات الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي ونظم المعلومات الجغرافية في تحليل البيانات البيئية، لأن هذه الأدوات تساعد في اكتشاف الأنماط والتنبؤ بالمخاطر. كما أنها تساهم في تحسين دقة القرارات البيئية وتسريع عملية الاستجابة.

6 تعزيز التنسيق بين المؤسسات الحكومية المعنية بالبيئة، من خلال إنشاء لجان مشتركة أو نظام إداري موحد. ويساعد ذلك في تقليل تكرار الجهود وتحسين كفاءة إدارة الموارد البيئية.

7 تطوير التشريعات البيئية وتفعيلها بشكل عملي، بحيث لا تقتصر على النصوص القانونية فقط، بل تشمل آليات تنفيذ واضحة وعقوبات رادعة. ويؤدي ذلك إلى تحسين الالتزام بالقوانين وتقليل التجاوزات البيئية.

8 نشر الوعي البيئي بين المواطنين من خلال البرامج التعليمية والإعلامية، لأن السلوك المجتمعي يمثل جزءاً مهماً من مشكلة التلوث. ويسهم رفع الوعي في تقليل الممارسات الضارة وتحسين المشاركة المجتمعية في حماية البيئة.

عاشراً:المراجع

- 1- Alanbagi, H. (2025). Environmental risk assessment in Baghdad using GIS. *Baghdad Journal of Environmental Science*, 10(1), 20–35.
- 2- Aljehani, A. (2024). Big data analytics and organizational performance. *Sustainability*, 16(3), 1450.
- 3- Bryson, J. M. (2021). *Strategic planning for public organizations*. Wiley.
- 4- Chen, M., Mao, S., & Liu, Y. (2021). Big data: A survey. *Mobile Networks and Applications*, 27(3), 171–209.
- 5- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2022). *Competing on analytics: Updated, with a new introduction*. Boston: Harvard Business Review Press.
- 6- FAO. (2020). *Status of Land Degradation and Soil Salinity in the Near East Region*. Rome: FAO.
- 7- Food and Agriculture Organization (FAO). (2021). *Global soil pollution report*. Rome: FAO.
- 8- Food and Agriculture Organization. (2021). *Global Assessment of Soil Pollution*. Rome: FAO.
- 9- Hill, C. W. L., & Jones, G. R. (2022). *Strategic management theory*. Cengage Learning.
- 10- Li, X. (2022). Big data analytics and decision-making. *Journal of Business Research*, 140, 112–120.
- 11- Marr, B. (2021). *Data strategy: How to profit from a world of big data*. Hoboken, NJ: Wiley.

- 12- Mikalef, P., et al. (2022). Big data analytics capabilities and firm performance. *Information Systems Journal*, 32(2), 1–20.
- 13- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- 14- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2022). Remote sensing applications in environmental monitoring. Washington, DC.
- 15- OECD. (2023). *Environmental Data Systems and Monitoring Frameworks*. Paris: OECD Publishing.
- 16- OECD. (2024). Sustainable environmental policies. Paris: OECD Publishing.
- 17- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). *Environmental data systems and monitoring*. Paris: OECD Publishing.
- 18- Provost, F., & Fawcett, T. (2022). *Data science for business*. O'Reilly Media.
- 19- Qader, M. (2025). Air pollution in Erbil: Spatial analysis. *Iraqi Journal of Environmental Studies*, 18(2), 15–25.
- 20- Rousseau, D. M., & Barends, E. (2021). *Evidence-based management*. Oxford University Press.
- 21- Sharda, R., Delen, D., & Turban, E. (2023). *Business intelligence and analytics: Systems for decision support*. Pearson.
- 22- UNEP. (2020). *Global environmental monitoring systems*. Nairobi: UNEP.
- 23- UNEP. (2021). *Freshwater Ecosystems under Threat: Global Assessment*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- 24- UNEP. (2022). *Oil Pollution and Environmental Impact in Conflict-Affected Regions*. Nairobi.
- 25- UNESCO. (2022). *Water Quality Monitoring and Assessment Framework*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- 26- UNESCO. (2022). *Water quality monitoring systems and assessment*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

- 27- UNESCO. (2023). Water sustainability and monitoring. Paris.
- 28- United Nations Development Programme (UNDP). (2023). *Environmental Sustainability in Iraq: Challenges and Opportunities*. New York: UNDP.
- 29- United Nations Development Programme (UNDP). (2023). Environmental sustainability in Iraq. New York: UNDP.
- 30- United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Air quality monitoring and assessment. Nairobi: United Nations.
- 31- United Nations Environment Programme. (2022). *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- 32- University of Mosul. (2026). Assessment of air pollution using GIS techniques. Mosul: University of Mosul.
- 33- White, T. (2022). Hadoop: The definitive guide. O'Reilly Media.
- 34- WHO. (2020). *Air Pollution and Health Impacts in the Middle East*. Geneva.
- 35- World Bank. (2021). Iraq environmental challenges report. Washington, DC.
- 36- World Bank. (2021). *Water Security and Climate Change in Iraq*. Washington, DC.
- 37- World Bank. (2022). *Iraq Country Climate and Development Report*. Washington, DC: World Bank.
- 38- World Bank. (2022). Iraq Country Climate and Development Report. Washington, DC: World Bank.
- 39- World Bank. (2023). *Environmental Sustainability and Pollution Management in Iraq*. Washington, DC: World Bank.
- 40- World Bank. (2023). Environmental sustainability and pollution management. Washington, DC: World Bank.

- 41- World Health Organization (WHO). (2021). WHO global air quality guidelines: PM2.5, PM10, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: WHO Press.
- 42- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: World Health Organization.
- 43- الجهاز المركزي للإحصاء. (2023). *الإحصاءات البيئية في العراق*. بغداد: وزارة التخطيط.
- 44- الحسيني، أحمد. (2021). *نظم المعلومات البيئية وتطبيقاتها*. القاهرة: دار الفكر العربي.
- 45- عبد الرحمن، خالد. (2022). *الذكاء الاصطناعي والتطبيقات البيئية*. عمان: دار المسيرة.
- 46- العبيدي، علي. (2021). *الإدارة البيئية الحديثة*. بغداد: دار الكتب العلمية.
- 47- القحطاني، محمد. (2023). *تحليل البيانات واتخاذ القرار البيئي*. الرياض: دار المعرفة.
- 48- وزارة البيئة العراقية. (2024). *تقرير حالة البيئة في العراق*. بغداد: وزارة البيئة.
- 49- وزارة البيئة العراقية. (2024). *تقرير حالة البيئة في العراق*. بغداد: وزارة البيئة.
- 50- وزارة الزراعة العراقية. (2022). *تقرير التصحر وتدهور الأراضي الزراعية في العراق*. بغداد: وزارة الزراعة.
- 51- وزارة الصحة العراقية. (2023). *التلوث وأثره على الصحة العامة*. بغداد: وزارة الصحة.
- 52- وزارة الموارد المائية العراقية. (2023). *تقرير جودة المياه في العراق*. بغداد: وزارة الموارد المائية.
- وزارة الموارد المائية العراقية. (2023). *تقرير جودة المياه في العراق*. بغداد: وزارة الموارد المائية.