



Journal of Madenat Alelem



Journal homepage: journal.mauc.edu.iq/index.php/JMAUC

العلوم الطبيعية و دورها في حماية الموارد و تحقيق الاستدامة

Duaa' Nissaif Jassim^a

Huda Zuhair Ameen^b

Fatima Yaseen Mohammed^c

^a Al- Muqdad College of Education, University of Diyala

^b College of Education for Pure Science, University of Diyala

^c College of Science, University of Diyala

Duaam@uodiyala.edu.iq

ARTICLE INFO

Article history:

Available online [21 Sep. 2026]

Keywords:

العلوم الطبيعية
التمتمة المستدامة
الاستشعار عن بُعد، الحياة
التنوع البيولوجي
إدارة المياه

المستخلص

يتناول هذا البحث الدور المحوري للعلوم الطبيعية في حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة، من خلال استعراض المفاهيم الأساسية للاستدامة، وأهم المناهج والأدوات العلمية المستخدمة في تقييم الموارد وإدارتها، مثل الملاحظة والتجريب والنمذجة، وتقييم دورة الحياة، والاستشعار عن بُعد، والتحليل الجغرافي المكاني. كما يسلط الضوء على تطبيقات العلوم الطبيعية في مجالات إدارة المياه، وحماية التربة، والحفاظ على الغابات والتنوع البيولوجي، وإدارة الموارد المعدنية وأنظمة الطاقة المستدامة. وقد اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات العلمية الحديثة ذات الصلة. وأظهرت النتائج أن العلوم الطبيعية تُعد أساساً علمياً لفهم خصائص الموارد الطبيعية ومراقبة حالتها والتنبؤ بالتغيرات البيئية، كما تسهم الإدارة المستدامة للموارد في تعزيز الأمن الغذائي، والحفاظ على التنوع البيولوجي، والحد من آثار تغير المناخ. وتوصلت الدراسة إلى أن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب تكامل البحث العلمي مع السياسات البيئية، وتطوير المؤشرات البيئية وتحليل السيناريوهات المستقبلية، إلى جانب تعزيز التعليم البيئي والمشاركة المجتمعية، بما يضمن الاستخدام الرشيد للموارد الطبيعية واستدامتها للأجيال الحالية والمستقبلية.

Abstract

This study examines the pivotal role of natural sciences in protecting natural resources and achieving sustainable development. It reviews the fundamental concepts of sustainability and highlights the main scientific methods and tools used in resource assessment and management, including observation, experimentation, modeling, life cycle assessment (LCA), remote sensing, and geospatial analysis. The study also discusses applications of natural sciences in water resource management, soil conservation, forest and biodiversity protection, and the management of mineral resources and sustainable energy systems. A descriptive-analytical approach was adopted through a review of recent scientific literature relevant to the research topic. The findings indicate that natural sciences provide the scientific foundation for understanding the characteristics of natural resources, monitoring their conditions, and predicting environmental changes. Sustainable resource management contributes to enhancing food security, preserving biodiversity, and mitigating the impacts of climate change. The study concludes that achieving sustainable development requires the integration of scientific research with environmental policies, the development of environmental indicators and future scenario analyses, and the promotion of environmental education and public participation to ensure the rational and sustainable use of natural resources for present and future generations.

© 2026 Madenat Alelem University College. Published by JMAUC. This is an open access article.

1. مقدمة

التي تُسهم جميعها في الضغوط الشاملة التي تُمارس على مواردنا الأساسية. تُعد الكفاءة العلمية والمعرفة العميقة والخبرة المتخصصة ضرورية لاكتساب المعرفة التفصيلية اللازمة لفهم الترابطات المعقدة، وتخزينها بشكل مناسب، وتحليلها بدقة، وعرضها بفعالية. يتطلب تحديد مسارات مجدية واستراتيجية نحو تحقيق الاستدامة للأجيال القادمة نهجاً متعدد الأوجه يشمل الجهود التعاونية والتفكير الإبداعي والالتزام بالاستدامة لضمان قدرتنا على تلبية احتياجات السكان الحاليين والمستقبليين على حد سواء (آداموفيتش، 2022) (جولزبي وآخرون، 2023).

2. هدف البحث

هدفت هذه الدراسة إلى بيان الدور المحوري للعلوم الطبيعية في حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة، من خلال استعراض الأسس المفاهيمية للاستدامة،

اكتسب التنمية المستدامة اعترافاً متزايداً باعتبارها تحدياً عالمياً ملخاً، لا سيما خلال قمة الأرض المحورية والتحولية التي عُقدت عام 1992 في ريو دي جانيرو، والتي أدت إلى وضع إطار عمل "جدول أعمال القرن الحادي والعشرين" الشامل وواسع النطاق. تكمن الحلول الفعالة طويلة الأجل لتحقيق الاستدامة في الحماية المنسقة، والاستخدام المسؤول والواعي، فضلاً عن الممارسات الترميمية المتعلقة بمواردنا الطبيعية الحيوية - وهو تحدٍ بالغ التعقيد عبر أبعاد متعددة تشمل الجوانب العلمية والاجتماعية والاقتصادية والثقافية (والش وآخرون، 2022). تشمل الأمثلة التوضيحية للضغوط المختلفة التي تُمارس على مواردنا مجموعة من العوامل الفيزيائية والكيميائية والتلوثية، إلى جانب مخاوف بيولوجية هامة، وقضايا ملحة تتعلق بالتنوع البيولوجي، فضلاً عن العديد من العوامل الاقتصادية والتأثيرات الاجتماعية والثقافية

الموارد في أماكن ومسارات متعددة المقاييس دائمة الظهور، والانتشار الجغرافي للصناعات المهددة للطاقة والكميات الهائلة (ديل، 2025) (راج، 2022).

شهدت النظم البيئية الأرضية المختلفة تغيرات كبيرة بعد تطبيق الإدارة المنظمة للمساحات واستخدام التقنيات الحديثة. وقد أثر ذلك على أنواع الموارد المتاحة، وأدى إلى توزيع أكثر تركيزاً بدلاً من تنوع واسع. ومن الجدير بالذكر أن نظام الأراضي والموارد الطبيعية الذي تديره الأمم الأولى، إلى جانب المعارف المحلية للسكان الأصليين في رصد الأنهار ووقف الري الصناعي في الأراضي الزراعية المرغوبة، أظهر أن أنماط المياه والمناخ الأوسع في حوض نهر كولومبيا لم تتأثر بالتكسير الهيدروليكي الصناعي واستنزاف المواد المنقولة منه. (سكونز وآخرون، 2023).



شكل (1) مساهمة العلوم الطبيعية في التنمية المستدامة

أولاً: الملاحظة والتجريب والنمذجة

يسهم البحث العلمي في فهم المبادئ الأساسية التي تشكل بنية البيئة ووظائفها. ويُوفر هذا الفهم أساساً للتنبؤ بآثار التغيرات البشرية وتقييم البدائل المتاحة. كانت الملاحظات المبكرة بسيطة وسهلة الوصول إليها، مسجلة على شكل صور أو رسوم توضيحية أو بيانات مكتوبة. وقد تطور العلم إلى مرحلة تُدمج فيها نماذج بيئية متطورة، بما في ذلك العلاقات بين مكونات الشبكة الغذائية، في نماذج المناخ ودوران الغلاف الجوي العالمي (تبان وآخرون، 2025).

يرتبط الفهم العلمي للمبادئ الطبيعية ارتباطاً وثيقاً بالتقدم في الأدوات التكنولوجية ووسائل الرصد. فالعلم الحديث قادر على تحديد أنماط الموارد الطبيعية والتنوع البيولوجي، بدءاً من توزيع الأسماك البحرية وصولاً إلى الثدييات الكبيرة، والغطاء النباتي والأرضي، وهياكل المزارع الصغيرة. ويمكن أن تعكس المخزونات النسبية للأنواع المؤشرة صحة النظم المائية والبرية. كما أن توضيح الخصائص الطبيعية للموارد يُرسي أساساً للإدارة المستدامة والحماية (إيزاء وآخرون، 2025).

ثانياً: المفاهيم العلمية المتشابهة

يمثل تقييم دورة الحياة (LCA) منهجاً شاملاً ودقيقاً لتقييم الآثار البيئية المنسوبة إلى منتج أو خدمة طوال دورة حياتها أو خلال مراحل محددة منها. يركز هذا المنهج على تعزيز ممارسات التصميم البيئي وتشجيع أنماط الاستهلاك المستدام لدى المستهلكين. كما أنه يلعب دوراً حيوياً في توجيه قرارات السياسات على المستويين المؤسسي والتنظيمي. يُجرى تقييم دورة الحياة وفقاً للمعايير الدولية المعتمدة، ويتكون من أربع مراحل مترابطة (مصطفائي وآخرون، 2023). تشمل هذه المراحل تحديد الأهداف والنطاق، مما يضع الأساس للتقييم، يليه تحليل جرد دقيق للموارد المادية والطاقة المستخدمة، بالإضافة إلى الانبعاثات البيئية التي تحدث طوال دورة حياة المنتج أو الخدمة. بعد ذلك، يُجرى تقييم للأثر لتقييم أهمية هذه التبادلات وعواقبها على مختلف القضايا البيئية، وصولاً إلى مرحلة إعداد التقارير، التي تشمل تحليل البيانات وتفسيرها ومراجعة نقدية للنتائج (هو وآخرون، 2023).

على الرغم من قبول منهجية تقييم دورة الحياة (LCA) على نطاق واسع وتطبيقها في مختلف القطاعات، إلا أنها لا تزال تواجه تحديات تستدعي مزيداً من التطوير في عدة مجالات رئيسية. تشمل هذه المجالات أهميتها، وتماسكها المنهجي، وشفافيتها، وشموليتها. والأهم من ذلك، أن هناك نقصاً ملحوظاً في منهجية موثوقة تهدف إلى تقييم استخدام الموارد دون مجرد تحويل القضايا المطروحة إلى اهتمامات بيئية أخرى. تركز الأبحاث والمبادرات الجارية بشكل ذووب على تعزيز فهم كيفية تأثير استخدام الموارد على الموارد الطبيعية (أقتاب وآخرون، 2023). ويتم دراسة هذا

وأهم المناهج والأدوات العلمية المستخدمة في تقييم الموارد وإدارتها، مع تسليط الضوء على تطبيقات العلوم الطبيعية في مجالات المياه والتربة والغابات والتنوع البيولوجي والمعادن والطاقة، إضافة إلى توضيح العلاقة بين البحث العلمي وصنع السياسات البيئية ودورها في مواجهة التحديات البيئية المعاصرة. اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي بالاستناد إلى أحدث الأدبيات والدراسات العلمية ذات الصلة.

3. منهجية البحث:

اعتمدت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، من خلال مراجعة وتحليل الأدبيات العلمية الحديثة المتعلقة بدور العلوم الطبيعية في حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة. وتم اختيار المصادر وفق معايير شملت حداثة النشر، وارتباطها المباشر بموضوع الدراسة، واعتمادها على مجلات علمية محكمة وكتب وتقارير موثوقة. كما جرى تحليل الدراسات وتصنيفها حسب محاور البحث الرئيسة، ومقارنة نتائجها لاستخلاص أبرز الاتجاهات والاستنتاجات التي تدعم أهداف الدراسة.

4. الأسس المفاهيمية: العلوم الطبيعية والاستدامة:

يتوقف مستوى التطور الذي يحققه أي مجتمع وأفاقه المستقبلية بشكل كبير على التوازن الدقيق والمعدن بين الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية وآليات عمل الأنظمة البيئية. يجب أن تتسم الأهداف الاجتماعية الحيوية المرتبطة بالتنمية الاقتصادية، إلى جانب تلك التي تهدف إلى ضمان الاستقرار البيئي، بالاتساق فيما بينها، وأن تُظهر ترابطاً في مساعيها. يجسد مفهوم الاستدامة متعدد الأوجه هذا التحدي المعقد عبر مختلف النطاقات الزمنية والفعلية والبحثية، مما يبين الطبيعة المترابطة لهذه العناصر (تشو وآخرون، 2023). تلعب العلوم الطبيعية دوراً محورياً من خلال المساهمة على مستويات مختلفة في فهم أوضح لتعريف الاستدامة ضمن المجالات المتداخلة للعلوم والسياسات والمجتمع، مع المساعدة في رصد التغيرات البيئية بمرور الوقت واستكشاف الخيارات والسيناريوهات المحتملة المختلفة. تؤكد مجموعة واسعة من الدراسات الأكاديمية، إلى جانب العديد من الالتزامات الدولية، على أهمية الاستخدام المستدام للموارد الطبيعية، بما في ذلك موادها الخام، كالماء والأرض والخشب والمعادن والطاقة. وسعيًا لتحقيق الاستدامة، تُوضع سياسات شاملة على مستوى النظام لإدارة تراكم واستهلاك وانبعاثات وتأثيرات مختلف العناصر، بما فيها المواد الكيميائية الضارة، على البيئة بشكل فعال. وتُفهم هذه السياسات باستمرار لضمان فعاليتها، بما يُمكن من تحقيق النمو الاجتماعي والاقتصادي والحفاظ على السلامة البيئية معاً من أجل مستقبل مستقر (بوروشوثامان وسيدون، 2024).

5. تصنيف الموارد ومقاييسها في البحث العلمي:

يُعد تصنيف الموارد ووضع معايير معترف بها دولياً من العمليات الأساسية في البحث العلمي. ويسهم الفهم الواسع لأنواع الموارد المختلفة، وتدفقاتها، وارتباطاتها بالتنمية البشرية، في الإدارة المستدامة للموارد، ويعزز التعاون الدولي. وقد تم التعبير عن العديد من الأهداف المتعلقة بالموارد من خلال مؤشرات وغايات كمية. واتفقت الأوساط العلمية والسياسية على أطر قياس أو حسابات على مستويات مختلفة (جونغ وآخرون، 2023). وتعتمد مرونة النظم الاجتماعية-البيئية اعتماداً كبيراً على تقديرات التدفقات والمؤشرات المرئية للتغيرات الهيكلية استجابة للتنمية البشرية أو تغير المناخ.

ظهرت تعريفات متعددة للموارد الطبيعية في الأدبيات العلمية. يُعرّف جوزي (1970) الموارد الطبيعية بأنها المادة أو الطاقة المتراكمة التي يستخدمها المجتمع بشكل مباشر؛ وفي أي وقت، تتكون الموارد المحتملة من جميع المواد والطاقة التي لم يستخدمها المجتمع بعد أو لم يُدرك بعد أنها قابلة للاستخدام. ويتوسع مفهوم "المتراكمة"، يمكن إدراج المواد في تدفقات مستمرة أو دورية إذا كان بإمكان البيئة توفير مدخلات كافية ومستمرة، وتطبيق شروط هذه العمليات أيضاً على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية. الموارد ليست ثابتة، بل تتطور باستمرار مع تحسن فهمنا للعلوم والتكنولوجيا. تُعد مؤشرات الموارد ونماذج التنبؤ العكسي مناسبة لتقييم التقنيات الجديدة في كل من السياقات العلمية والسياسية (ليو وآخرون، 2025).

يُصنّف تصنيف جوزي الموارد إلى أربع مجموعات: المدخلات البيئية (وخاصة الماء والهواء)، والأنظمة البيئية المستخدمة في استيعاب النفايات وصيانتها (وخاصة الظروف المناخية ودورات المغذيات)، ومدخلات العمليات الإنتاجية، والخصائص البيئية التي تسهم في رفاهية الإنسان. وينقسم الطبيعة إلى اقتصاد وبيئة، يُشكل الطلب المجتمعي على جميع أنواع توليد الطبيعة أو استخدامها أو تحويلها "استخراجاً" للموارد، بينما يجسد سعي المجتمع نحو جودة بيئية مفهوم "الإنتاج المشترك". تُسهّل هذه الفروقات عمليات التقييم في جميع أنحاء النظام الاجتماعي-البيئي من خلال تحديد مواضع البحث عن التغييرات (أوفير وآخرون، 2026).

6. الأساليب والأدلة في حماية الموارد:

غالباً ما تُنتج أنشطة استخراج الموارد المنتشرة عبر المكان والزمان آثاراً تراكمية وتأزيرية. تُقدّم المخططات العنكبوتية ونماذج المحاكاة النظرية تمثيلاً عاماً لتوافر موارد الكوكب واستنزافها، من خلال تقييم الرواسب الجوية الناتجة عن الأنشطة البشرية وعمليات الترشيب (أربتل وآخرون، 2018). تُخفي هذه الأرقام التراكمية عموماً تحيزات منهجية ناتجة عن قيود الدلالة الإحصائية، وتسلسل البيانات المُفلترة بفعل المناخ والبشر، والتواريخ المُقدّمة المرتبطة بالتصنيع وانتشار المعلومات البشرية. تُثير دورات الاستنزاف المُمنّجة حواجز مفاهيمية؛ إذ تُشير الملاحظات إلى الترابط بين استنزاف

ثانياً: الغابات وحفظ التنوع البيولوجي

يُعد فقدان التنوع البيولوجي الناتج عن الأنشطة البشرية مشكلة رئيسية قد تؤدي إلى تدهور الموارد، مما يهدد بقاء البشرية على المدى البعيد. كما يُمكن أن يُوفر قطع الأشجار، الذي يشكل ضغطاً كبيراً على الغابات الاستوائية، فرصاً استثمارية وأعادة. إذ تُستخدم مساحات شاسعة من الغابات الاستوائية في قطع الأشجار، ويُعد الخشب الاستوائي عنصراً حيوياً للعديد من الاقتصادات. وتُقر اتفاقية الأمم المتحدة للتنوع البيولوجي بأن صون التنوع البيولوجي يتجاوز إدارة المناطق المحمية. لذا، يُعد تحديد استراتيجيات الإدارة المتوافقة مع صون التنوع البيولوجي أمراً بالغ الأهمية. ويعتمد البشر على الغابات في الغذاء والمأوى والوقود والأدوية؛ وغالباً ما ترتبط استخدامات النباتات المختلفة بالثقافات والمعارف المحلية (علي ورحمان، 2024).

تُعطي الجهود العالمية الرامية إلى صون التنوع البيولوجي الأولوية عمومًا للمناطق المحمية الشاسعة التي تضم مساحات واسعة من الغابات القديمة. ومع ذلك، تُظهر الدراسات أن العديد من المناطق المحمية تنقصر إلى الموارد اللازمة للإدارة الفعالة، وأن حماية الغابات القديمة وحدها من غير المرجح أن تحافظ على كامل نطاق التنوع البيولوجي. بعض مكونات التنوع البيولوجي أكثر انتشاراً مما كان يُعتقد سابقاً، بينما تتواجد مكونات أخرى غالباً في غابات الإنتاج. تحتوي غابات الإنتاج الاستوائية على تنوع بيولوجي كبير لا يوجد في المناطق المحمية، ويملك دعاة الحفاظ على البيئة فرصة للتأثير إيجابياً على توجهات قطع الأشجار في هذه الغابات (ميكورين وآخرون، 2022) (زهور ومشتاق، 2023).

ثالثاً: صحة التربة والزراعة

تؤثر صحة التربة بشكل مباشر على الأمن الغذائي، وصحة الإنسان وتغذيته، وإمدادات المياه النظيفة، وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، والتنوع البيولوجي. ويساعد فهم العوامل المؤثرة على صحة التربة، إلى جانب المعايير المناسبة، في تحديد حالة التربة في المناطق الزراعية. وتُعد حالة صحة التربة، بدورها، مؤشراً على استدامة الممارسات الزراعية المتبعة (باغفال وآخرون، 2023) (وي وآخرون، 2024).

يدعم هذا الطلب تقييمان واسعاً النطاق لصحة التربة في كندا. وتشمل هذه التقييمات مبادئ تحديد صحة التربة ضمن الاستراتيجية الوطنية لحفظ التربة، وصيانة الموائ لتعزيز الحياة البرية في التربة، ورصد صحة التربة المرتبط بصنع القرار في إدارة الأراضي على المستوى الإقليمي، والحالة الأولية لصحة التربة في مقاطعة كيبيك. وقد سعت الاستراتيجية الوطنية لحفظ التربة، التي أطلقها المجلس الكندي لوزراء الغابات عام ١٩٨٩، إلى معالجة التدهور المقلق للتربة الكندية والقصور في ممارسات إدارة الأراضي (كوسانتيني وماكبرايتني، ٢٠٢٥).

رابعاً: المعادن وأنظمة الطاقة

تُعد الصخور والمعادن والفلزات موارد حيوية غير متجددة، تستغرق ملايين السنين لتتشكل، وتستهلك بمعدل متسارع يندر بالخطر. تحتاج الهيئات الحكومية إلى خبرات جيولوجية متخصصة لتوجيه السياسات نحو الاستخدام المستدام لهذه الموارد الجيولوجية الهامة. في الوقت نفسه، تحتاج الشركات الخاصة إلى مراجعات شاملة وكافية لاكتشاف موارد جديدة بفعالية، وتقييم المخاطر المحتملة بدقة، وتحديد جدوى مشاريعها بشكل كامل. يُعد فهم الديناميكيات المعقدة لهذه الموارد أمراً بالغ الأهمية لتحقيق الاستقرار الاقتصادي وحماية البيئة في المستقبل (سينغ، 2024).

تشمل أنظمة الطاقة المستدامة التحول من الوقود الأحفوري إلى مزيج من الطاقة المتجددة والطاقة النووية. ويتطلب هذا التحول الأولي كميات كبيرة من النحاس والليثيوم والكوبالت ومعادن أخرى، بالإضافة إلى المعرفة الجيولوجية اللازمة لرسم خرائط المعادن الأساسية وإيجاد حلول بديلة. ونتيجة لذلك، يُعد تقييم الموارد المعدنية وتخطيط الطاقة المستدامة من القضايا الملحة في إدارة الموارد المستدامة (فرانكس وآخرون، 2023).

8. واجهات السياسات: التآزر بين العلم والسياسة من أجل الاستدامة:

يُعد الحفاظ على الموارد الطبيعية أمراً بالغ الأهمية، ليس فقط لاستمرار بقاء البشرية، بل أيضاً لتعزيز التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة، وضمان سلامة النظام البيئي وتوازنه. وتُعتبر حماية وإدارة الموارد الأساسية، كالماء والغابات والتربة والمعادن وإمدادات الطاقة والتنوع البيولوجي، ضرورية للحفاظ على إمدادات الغذاء والماء العالمية التي نعتمد عليها. (بانغ وسولانجي، 2024). إضافة إلى ذلك، تُعد هذه الموارد حيوية لضمان وجود أنظمة بيئية صحية ومنتجة تُفيد الإنسان والطبيعة على حد سواء، مع الحفاظ على استقرار المناخ. لسوء الحظ، أصبحت جميع هذه الأنظمة الحيوية أكثر عرضة لمختلف التهديدات الناجمة عن التلوث والتدهور والاستنزاف. وتشكل الأنشطة البشرية، بما في ذلك التوسع الحضري والتصنيع والتعدين واستصلاح الأراضي، فضلاً عن التحديات الملحة التي يفرضها تغير المناخ، تهديدات كبيرة لأمن الموارد. يدعو هذا الوضع إلى تطبيق تكامل أكبر بين العلم والسياسة لتعزيز تدابير حماية الموارد وضمان مستقبل أكثر استدامة. ويقع على عاتق العلماء، والمجتمع العلمي عمومًا، مسؤولية جسيمة في تزويد صانعي السياسات بمعلومات تقنية موضوعية وذات صلة في الوقت المناسب (آلي وآخرون، 2022). هذه المسؤولية بالغة الأهمية، لا سيما بالنظر إلى الدعم والثقة العامة التي يتلقونها في مقابل خبرتهم. يمكن للتقييمات المصممة بشكل سليم والمُبْلَغَة بفعالية أن تُسهم بشكل كبير في التخفيف من حدة التحديات والشكوك والخلافات المستمرة التي تنشأ في العملية المعقدة لبناء تكامل قوي وفعال بين العلم والسياسة. ومن

الأمر بشكل خاص من منظور الموارد المهددة، والتي تُعتبر مقياساً حاسماً لتقييم كفاءة استخدام الموارد مع تجنب نقل الآثار إلى مجالات بيئية أخرى. في ضوء ذلك، يجري حالياً تطوير إطار مفاهيمي. يهدف هذا الإطار إلى دمج هذه الموارد الأساسية بشكل فعال في تقييمات دورة الحياة التي تُجرى لمختلف المنتجات، مما يعزز الدقة العامة وملاءمة تقييمات دورة الحياة في التطبيقات العملية (بيرغر، 2024).

ثالثاً: الاستشعار عن بعد والتحليل الجغرافي المكاني

تُغطي فوائد أقمار الرصد نطاقاً واسعاً في مجال الرصد البيئي وإدارة الموارد الطبيعية، إذ تُمكنها مواقعها المتميزة من جمع معلومات حول الظواهر المتغيرة والمستمرة على سطح الأرض، ومراقبة العمليات على مساحات شاسعة بدقة وتكرار. ويُعد الاستشعار عن بعد آلية مهمة تُسهّل إجراء الدراسات لفهم التوزيع المكاني للمعايير البيئية واحتياجات الإنسان من الموارد (تشانغ وآخرون، 2026). كما يُخفف هذا النهج من الصعوبات التي تواجه اكتساب المعرفة ببعض الموارد، مثل توزيعها المكاني وتطورها الزمني، مما يتيح فرصاً لدراسة مسائل مثل حجم التوسع الحضري، ومعدل تغير الغطاء الأرضي، وتدهور التنوع البيولوجي والموائل على مدى عقود. وبفضل البيانات التي يوفرها الاستشعار عن بعد، امتد التحليل ليشمل قضايا مثل التنبؤ بالفيضانات، وتقييم مخاطر الكوارث الطبيعية، ودراسة آثار إزالة الغابات على التنوع البيولوجي ودورة الكربون (جيا وآخرون، 2022؛ وانغ وآخرون، 2024).

7. دراسات حالة في مجال الحفاظ على الموارد:

لا شك أن التوجه الحالي نحو التوسع الحضري العالمي السريع، إلى جانب التحولات الديموغرافية الكبيرة، وتغير المناخ، وتقلب الموارد، قد أحدث آثاراً عميقة وواسعة النطاق على استخدام الأراضي الريفية، وإمكانية الوصول إلى الموارد الحيوية، والإدارة الشاملة لهذه الموارد. ويشمل ذلك طيفاً واسعاً من المجالات، بما في ذلك الأراضي الزراعية والغابات ومصادر المياه الأساسية. ومع استمرار النمو السكاني والتوجهات المتواصلة نحو التوسع الحضري، فمن الضروري الحفاظ على الإنتاجية الريفية، التي تتحقق من خلال الموارد الغذائية وغير الغذائية على حد سواء. ويمكن تحقيق ذلك من خلال ممارسات إدارة دقيقة ومستدامة تهدف إلى تجنب التلوث الضار وتدهور الأراضي. ومن الضروري أن تتعاون المناطق الحضرية والريفية على حد سواء، وأن يُتخذ حلولاً مستدامة، لضمان استخدام الموارد بحكمة، وأن تظل متاحة للأجيال القادمة، مع معالجة آثار التوسع الحضري على المناظر الطبيعية الريفية. (ليو وآخرون، 2023) برزت ندرة المياه بشكل متزايد كعامل مُعيق رئيسي للزراعة والتنمية الريفية في غانا. ورغم هذا التحدي، تتوفر موارد أرضية زراعية كبيرة لديها القدرة على المساهمة في تحقيق الأمن الغذائي وتعزيز التنمية الريفية. لذا، فإن الفهم الشامل للهيدرولوجيا ليس مفيداً فحسب، بل ضروري لتوثيق اتجاهات موارد المياه بفعالية، فضلاً عن توجيه استراتيجيات التنمية والإدارة المتعلقة بموارد الأراضي والمياه. وتوثق الدراسات الحديثة التي أُجريت في غانا بنشاط موازين المياه الإقليمية والوطنية، والتي تلعب دوراً حاسماً في رصد موارد المياه المتاحة. إضافة إلى ذلك، تُركز هذه الدراسات على تقييم آثار الأنشطة البشرية والتغيرات المناخية لتقديم توصيات مدروسة بشأن الممارسات الزراعية المستدامة ومبادرات التنمية الريفية. تُعد هذه الجهود بالغة الأهمية في معالجة مشكلة ندرة المياه المستمرة مع الاستخدام الأمثل للأراضي الزراعية، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى تعزيز الأمن الغذائي وسبل العيش المستدامة للمجتمعات الريفية (Hejazi et al, 2023) (Biswas et al, 2025).

ركزت معظم الدراسات والتقييمات في مجال العلوم البيئية على الغطاء الحرجي وإزالة الغابات، نظراً لأهميتهما المتصورة. ومع ذلك، يُمكن القول إن المياه والتربة أكثر أهمية من حيث تأثيرهما على الاقتصاد والاستخدام. فالتدهور الخطير للتربة والتلوث الكيميائي منتشران على نطاق واسع، كما أن الأنهار والخزانات الجوفية والأراضي الرطبة تتعرض لضغوط مماثلة، مما يؤدي إلى آثار سلبية على البيئة وصحة الإنسان. لذا، فإن قدرة العلوم البيئية على توجيه سياسات الموارد واستخدام المياه في التنمية الريفية أمر بالغ الأهمية لمستقبل البلاد (Hou et al, 2025).

أولاً: موارد المياه والتنمية الهيدرولوجية

الماء موردٌ خاصٌ وأساسيٌّ للإنسان والطبيعة. فهو يُساعد في الحفاظ على توازن الغلاف الجوي من خلال تنظيم الحرارة والرطوبة. يُضيف التبخر من البحيرات والمحيطات رطوبة إلى الهواء، فيبرد بخار الماء هذا مُشكلاً السحب، التي بدورها تُجلب الأمطار إلى اليابسة والمحيطات. إن حماية هذه العمليات الطبيعية أمرٌ بالغ الأهمية لبقائنا ورفاهية الأجيال القادمة. يتضمن تخطيط وإدارة موارد المياه التنبؤ بتوافر المياه في أي وقت ومكان لتلبية احتياجات الناس ودعم النظم البيئية المرتبطة بالماء (ميشرا ٢٠٢٣).

يتضمن النمذجة الهيدرولوجية لحوض تصريف المياه نمذجة واحدة أو أكثر من العمليات الفرعية العديدة في عملية تحويل مياه الأمطار إلى جريان سطحي. وتختلف النماذج في مستوى التفصيل الذي تمثل به هذه العمليات الفرعية رياضياً. يجب نمذجة النظم البيئية إما مباشرة كنوازل لمتغيرات الحالة في نموذج تحويل الجريان السطحي، أو بشكل غير مباشر كتقديرات للمياه الإضافية المنبعثة كبخار ماء ناتج عن الإنتاج من أسطح النظم البيئية. يجب نمذجة مستويات المياه الجوفية ورطوبة التربة بدقة لأنها مخازن حاسمة في نماذج توليد الطاقة، ونماذج الهيدرولوجيا السمكية، ونماذج الطلب على الري، وحتى نماذج نمو محاصيل الكتلة الحيوية. حالياً، لا تُنمذج جودة مياه الأمطار إلا في عدد قليل من العمليات (صن وكلي، 2025).

تحديد المسارات المتوافقة مع الأهداف الأوسع فهماً أعمق للمخاطر وعدم اليقين في علم الموارد (هيث، 2025).

10. الاعتبارات الأخلاقية في علم الموارد:

يعتمد المجتمع البشري على رأس المال الطبيعي لإنتاج السلع الأساسية للبقاء وجوده الحياة. ومع ذلك، تلحق أنشطته الضرر بمكونات رئيسية في المحيط الحيوي، مما يهدد السلامة البيئية التي تشكل أساس النظام الاجتماعي العالمي برمته. تؤثر ثلاث فئات رئيسية من الأنشطة على أكثر من 50% من سطح الأرض، والنظم البيئية للمياه العذبة والبحرية، والدورات الكيميائية للكربون والنيتروجين والفوسفور. (ماتانا وآخرون، 2022). حتى أكثر تدابير الحماية فعالية ونجاحاً - مثل 2.7 مليون كيلومتر مربع من الأراضي الرطبة المحمية في الولايات المتحدة - لا تُحدث نتائج حاسمة على الصعيدين العالمي والمحلي فيما يتعلق بكمية المياه أو جودتها أو إمدادها أو موثوقيتها اللازمة للحياة الاجتماعية في القرن الحادي والعشرين (كان وآخرون، 2025).

يُجسد تاريخ كوكب الأرض مخاطر القرن الحادي والعشرين. فقد عادت الأراضي الرطبة الساحلية، التي تقلصت مساحتها بشكل كبير بحلول عام 1960، إلى الانتشار الواسع، بالتزامن مع الثورة الصناعية التي زادت الاعتماد على موارد الطاقة الأحفورية. ويبرز النظر في هذه التحديات والمسؤوليات الواسعة والجسيمة الناجمة عن الاعتماد على رأس المال الطبيعي. ولا تزال الحاجة ماسة إلى مزيد من السلامة البيئية، وإلى اعتراف أوسع بالخصائص المتعددة للحضارة، وإلى أسس أكثر قبولاً من الناحية الأخلاقية - سواء من حيث المبدأ أو التقدير - لتدابير الحفاظ والترميم، واستخدام السيناريوهات، وعرض المدخلات (مالتي، 2022).

يُصبح حلّ المسائل الأخلاقية المتعلقة بالمؤسسات والأنشطة أمراً بالغ الأهمية قبل تقييم سيناريوهات الاستدامة أو وضع معايير دعم القرار. يحتاج المجتمع البشري إلى توسيع نطاق فوائده العصر الحديث لتشمل شريحة أكبر من سكان العالم، مع الحرص في الوقت نفسه على وضع جميع الأنشطة البشرية ضمن حدود كوكب الأرض. وتشير المقاييس المعاصرة إلى أن كلا الهدفين لا يزالان طموحين للغاية، وينتطلبان مراعاة دقيقة للإطار الزمني والمنهجية عند وضع إطار التقييم (ريبتشاردسون وآخرون، 2023).

11. التعليم والمشاركة العامة من أجل الاستدامة:

تشير التقييمات الحديثة إلى أن الشباب في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية على دراية واسعة بالمشاكل البيئية، وأن المهارات المكتسبة من خلال التعليم النظامي تُسهم في تبني أنماط حياة صحية وسلوكيات صديقة للبيئة. يُمكن تعريف التعليم بأنه نقل الثقافة داخل المجتمع، ويُعد عملية تنشئة اجتماعية أساسية يكتسب فيها الأفراد المعارف والقيم اللازمة للعيش في المجتمع. كما يُوفر التعليم المهارات الأساسية لأداء الوظائف والمشاركة في صنع القرارات الفردية والجماعية الضرورية للعيش المستدام (كرابنك وآخرون، 2022).

يُشير النقاد إلى قلة الاهتمام بالاستدامة في البيئات التعليمية، والتركيز على تطوير نظام اقتصادي وتكنولوجي يُعتبر غير مستدام (جدول 1). يُرسخ التعليم الصناعي رؤية للعالم تتسم باقتصاد قائم على الموارد الهيدروكربونية: مستوى معيشي مادي، وتأكيد على الفردية، والأمن الشخصي، ومفهوم جودة الحياة القائم على السلع. كما يعزز المنظور التكنولوجي العلمي للطبيعة، الذي يركز عليه الكثير من التعليم، عقلية تنظر إلى الطبيعة كمورد خام تُستغل لأغراض الإنتاج. تتبنى الأنظمة التعليمية نهجين رئيسيين: إما تنمية سلوكيات مُحَددة صديقة للبيئة لتطبيقها في الحياة، أو تنشئة مواطنين مستقلين، مسؤولين، وواعين، قادرين على بناء رؤيتهم الخاصة للعالم واتخاذ قرارات مستنيرة (غايثو، 2022).

12. الخاتمة:

يعتمد البشر بشكل أساسي على موارد متنوعة مستمدة من الأنظمة المترابطة للمحيط الحيوي والغلاف الأرضي والغلاف الجوي، ليس فقط من أجل البقاء، بل أيضاً من أجل التنمية المستمرة. وتواجه هذه الموارد الحيوية مخاطر جسيمة نتيجة لتفاقم تحديات تغير المناخ، فضلاً عن أنماط الاستخراج والتجارة والاستهلاك غير المستدامة. وفي هذا السياق الحيوي، يضطلع علماء الطبيعة بدور محوري من خلال توفير فهم عميق وغير مسبوق لتوافر الموارد، وجدواها، وجودتها، وتدهورها. وتُعد هذه المعرفة أساسية لأنها تُشكل أساس الاستراتيجيات اللازمة لحماية هذه الموارد بكفاءة واستخدامها المستدام. (موتيت وآخرون، 2023) ويمثل الاستكشاف العلمي لهذه الموارد ودراساتها نقطة التقاء فريدة بين المعرفة النظرية والعلوم التطبيقية، مما يبرز الأهمية العملية والتأثير الكبير للبحوث الجامعية الحديثة. وبذلك، تبرز العلوم الطبيعية كمساهم لا غنى عنه في صياغة المبادئ التوجيهية والاستراتيجيات والتقنيات المبتكرة المصممة خصيصاً للحفاظ على الموارد الطبيعية للبشرية، ولضمان سلامة كوكب الأرض ككل. (مبيليل وآخرون، 2024)

خلال إعطاء الأولوية للتفاعل بين البحث العلمي وصنع السياسات، يُمكننا معالجة القضايا الملحة التي تواجه مواردها الطبيعية بشكل أفضل، والعمل على بناء عالم أكثر مرونة واستدامة للأجيال القادمة (غوميز إتشيفيري وآخرون، 2024).

تُنتج اعتبارات العلوم الطبيعية مواد داعمة متنوعة للتفاعلات بين العلم والسياسة، والتي تُنشر إما في المجلات العلمية أو تُعمم عبر تقارير حكومية وهيئات حكومية. تشمل المناهج والتطبيقات ذات الصلة صياغة مؤشرات بيئية وأنظمة إبلاغ لرصد التغيرات، وتجميع ملخصات تقييم الموارد وتحليلات السيناريوهات لإثراء صياغة السياسات، وتحليلات نماذج السيناريوهات والمحاكاة لتقييم الموارد ودعم اتخاذ القرارات (سينجر-برودوفسكي وآخرون، 2023) (ويغليوب وبرونز، 2023).

أولاً: المؤشرات البيئية والإبلاغ

تُوفر المؤشرات البيئية معلومات أساسية حول الضغوطات التي تُمارس على البيئة والتغيرات البيئية الناجمة عن الأنشطة البشرية. فهي تُقدّم معلومات عن الأنشطة والاتجاهات الاجتماعية والاقتصادية التي تؤثر على استخدام الموارد والبيئة، وتُشكل أساساً للتفاوض بشأن الاتفاقيات الدولية أو الجهود المبذولة لوضع نظام منظم للإبلاغ البيئي. وبالارتباط الوثيق بالإبلاغ البيئي، تُتيح المؤشرات البيئية للدول والمناطق تُلخيص الحقائق البيئية على المستوى الوطني، ودعم التزامات الإبلاغ المعقدة ذات الصلة في الاتفاقيات متعددة الأطراف التي تُعقد تحت رعاية المنظمات الدولية (أي وآخرون، 2024). وتشمل هذه الالتزامات الحد من تلوث المياه بموجب اتفاقية حماية واستخدام المجاري المائية العابرة للحدود والبحيرات الدولية، وتحسين جودة الهواء بموجب اتفاقية التلوث الجوي العابرة للحدود بعيد المدى. علاوة على ذلك، تُعد المؤشرات البيئية حيوية لرصد تحقيق أهداف التنمية المستدامة (هوانغ وآخرون، 2023).

في مواجهة الضغوط المتزايدة على الموارد الطبيعية والبيئة الناجمة عن الاستثمار والتوسع الحضري، تُقر خطة التنمية المستدامة لعام 2030 بتحديات الاستدامة ضمن إطار التنمية المستدامة، وبضرورة تعزيز النمو الاقتصادي الشامل، وحماية البيئة، وتحسين كفاءة استخدام الموارد، وتعزيز القدرة على الصمود والأمن. وتشير التقارير إلى أن الضغوط على الموارد والبيئة من الإنتاج والاستهلاك في مختلف السياقات الاقتصادية، وأن القدرة المؤسسية والحوكمة، والشمول الاجتماعي والإنصاف، وتماسك السياسات، وتغير المناخ، لا تزال تشكل تحدياً جوهرياً لتحقيق ذلك (مجنتي وآخرون، 2024). ويهتم قطاع الموارد، بما في ذلك المياه والتربة والطاقة والأراضي والمواد الخام، بالعلاقة بين المجتمع والطبيعة في سياق النمو الاقتصادي والرفاه وأهداف الإنصاف، بغض النظر عن مستوى التنمية. ويتطلب الانتقال من التركيز على خفض الاستهلاك إلى فصل استخدام الموارد عن النشاط الاجتماعي والاقتصادي في إطار نمو شامل فهماً عميقاً للنظام وقدرة على وضع السيناريوهات، كشرط أساسي لتقييم الطلب المتوقع على الموارد، وبظل تطوير أدوات داعمة قابلة للتنفيذ أمراً بالغ الأهمية (عزام وآخرون، 2023) (وربة، 2024).

ثانياً: تحليل السيناريوهات ودعم اتخاذ القرار

يُظهر النطاق الواسع والتأثير المتنوع لتقييمات وتحليلات العلوم الطبيعية دورها الأساسي في توضيح التفاعلات بين استخدام الموارد والاستدامة. ويتفاعل صناع القرار عادةً مع قطاعات أو مجالات متعددة في آن واحد، يرتبط كل منها بموارد أو ضغوط مختلفة. ولتبسيط الأمور، يُلخص علماء الطبيعة في كثير من الأحيان التفاعلات الرئيسية بين المحركات الاجتماعية والاقتصادية، والنظم البيئية، والخدمات، ورأس المال الطبيعي من خلال تحليل السيناريوهات. ثم تُدمج أهداف التنمية المستدامة المختارة وتُقيم في ضوء مسارات مختلفة للمحركات المتنوعة (أغاروال وأغاروال، 2023).

يُخصّص اهتمام خاص لنماذج السيناريوهات التي توضح كيف تؤثر خيارات التنمية المستقبلية على الحوكمة، والضغوط البيئية، والتنوع البيولوجي، وحالة النظام البيئي، وتوفير الخدمات، وأبعاد الرفاه المتعددة. تُمكن هذه النماذج من إجراء مفاوضات تواصلية بين أصحاب المصلحة حول تحديات التنمية المستدامة الشاملة، مع تشجيع التفكير في كيفية ضمان مسار المجتمع لتحقيق نتائج الحفاظ على البيئة المرجوة بشكل أفضل (هارماكوف وآخرون، 2025).

9. التحديات والشكوك في التقييمات العلمية:

تعتمد القرارات الهامة والمؤثرة في كثير من الأحيان على الإرث الكبير الذي أرسنه الأبحاث السابقة في الدول الأكثر تقدماً. ثمة حاجة ملحة لتوسيع نطاق التقييمات العلمية الشاملة، كما تم التأكيد عليه في العديد من الاجتماعات الحاسمة للمنتدى السياسي رفيع المستوى المعني بالتنمية المستدامة (الأمم المتحدة، 2020). ومن خلال دمج منظورات اجتماعية أوسع في الأبحاث السابقة، قد يُضفي ذلك إلى قرارات أكثر فعالية بشأن الحفاظ على الموارد العالمية. سيأخذ هذا النهج في الحسبان سيناريوهات التنمية والبيئة المختلفة المتوقعة للفترة من 2016 إلى 2050، مما يعزز فهماً أشمل للممارسات المستدامة (لوثي وآخرون، 2023) (علم وموهنتي، 2023).

تُبين التقييمات الوطنية الحديثة لمخاطر تغير المناخ هذه المشكلة. فالتنوع البيئي يُصعب عملية تقييم المخاطر، نظراً لاختلاف المحددات المجتمعية باختلاف المناطق الجغرافية. ومع ذلك، يجب أن تتوافق التدابير التكيفية مع أهداف الاستدامة. ففي العديد من المناطق اليوم، تتطلب الأنشطة البشرية تحولات في أنماط الإنتاج والاستهلاك للتخفيف من الأثر البيئي المفرط والتلوث. وعندما لا تفي تدابير التكيف بشروط الاستدامة، يترسخ الاعتماد على الموارد والخدمات ورأس المال المرتبط بتغيرات مناخية أو بيئية كبيرة. ويتطلب

جدول (1): ملخص وتحليل أهم الدراسات السابقة

الدراسة	مجال الدراسة	المنهج/الأداة المستخدمة	أبرز النتائج	علاقة الدراسة بالبحث الحالي
Walsh وآخرون (2022)	التنمية المستدامة	مراجعة نظرية	أكدت أن الإدارة الرشيدة للموارد الطبيعية تمثل أساس تحقيق أهداف التنمية المستدامة.	تدعم أهمية الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية.
Adamowicz (2022)	الاقتصاد الأخضر	تحليل مفاهيمي	أوضحت أن الاقتصاد الأخضر يساهم في تعزيز الاستدامة من خلال الاستخدام الكفء للموارد.	يبرز دور الإدارة الاقتصادية في حماية الموارد.
Tian وآخرون (2025)	النمذجة البيئية	نماذج ومحاكاة	بينت أهمية النمذجة البيئية في التنبؤ بالتغيرات البيئية.	يوضح دور العلوم الطبيعية في التنبؤ بالمشكلات البيئية.
Berger (2024)	تقييم دورة الحياة	LCA	أكد أن تقييم دورة الحياة أداة فعالة لقياس الأثر البيئي.	يدعم استخدام أدوات تقييم الاستدامة.
Zhang وآخرون (2026)	الاستشعار عن بعد	صور الأقمار الصناعية	أثبتت أهمية الاستشعار عن بعد في مراقبة الموارد.	يبرز دور التقنيات الحديثة.
Biswas وآخرون (2025)	الموارد المائية	مراجعة علمية	أوضحت أن ندرة المياه من أبرز معوقات التنمية المستدامة.	يؤكد أهمية الإدارة المستدامة للمياه.
Franks وآخرون (2023)	الموارد المعدنية والطاقة	تحليل استراتيجي	أكد ضرورة الإدارة المستدامة للمعادن.	يربط بين الموارد وأمن الطاقة.
Richardson وآخرون (2023)	الحدود الكوكبية	تحليل عالمي	بينت أن تجاوز الحدود البيئية يهدد استدامة الموارد.	يبرز الحاجة إلى سياسات بيئية مستدامة.

13. النتائج والاستنتاجات:

voices: Exploring beliefs, attitudes, practices, and recommendations to improve stroke prevention and stroke care in rural and urban communities in Nigeria. *PLoS ONE*, 21(2), e0322157.

Izah, S. C., Oguwo, M. C., & Salimon, S. S. (2025). *Principles of sustainable development and environmental management*. In *Environmental Processes and Technologies Assessment* (pp. 29–63). Springer.

9- Bagnall, D. K., Rieke, E. L., Morgan, C. L. S., Liptzin, D. L., Cappellazzi, S. B., & Honeycutt, C. W. (2023). *A minimum suite of soil health indicators for North American agriculture*. *Soil Security*, 10, Article 100084. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2023.100084>

Berger, M. (2024). *Dissipation-based life cycle impact assessment of mineral resource use—A review, case study, and implications for the product environmental footprint*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(7), 1177–1189. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02318-6>.

Biswas, A., Sarkar, S., Das, S., Datta, S., Chowdhury, M. R., Giri, A., & Paul, D. (2025). *Water scarcity: A global barrier to sustainable development and agricultural production—A critical review of impacts and adaptation strategies*. *Cambridge Prisms: Water*, 3, e4.

Purushothaman, M. P., & Sidon, J. (2024). *System-level construction waste and its relationship with construction stages and the impacts on 5M model factors and outcomes: A systematic review*. *Smart and Sustainable Built Environment*, 13(2), 354–369.

Zhang, L., Li, K., Tang, S., Hu, X., Xu, F., Yang, Y., & colleagues. (2026). *Improving orbit accuracy of low Earth orbit navigation satellites by considering time-varying gravity fields*. *Advances in Space Research*.

Zhou, F. H. Y., Lam, W. F., & Williams, J. M. (2023). *Building resilience for rural revitalization: A social–ecological systems perspective*. *Journal of Rural Studies*, 102, 103091.

Tian, J., Zhou, Y., Yin, L., Alqahtani, S., Tang, M., Lu, S., & Cheng, W. (2025). *Control architectures and algorithms for bilateral teleoperation systems with force feedback: A comprehensive review*. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 142(2)

Jaitho, N. (2022). *A critical analysis of dominant global worldviews and value systems and their relationship to the shaping*

أظهرت نتائج الدراسة أن العلوم الطبيعية تمثل الركيزة الأساسية لفهم خصائص الموارد الطبيعية وآليات استغلالها بصورة مستدامة، من خلال توظيف تقنيات الملاحظة والتجريب والنمذجة، وتقييم دورة الحياة، والاستشعار عن بعد، والتحليل الجغرافي المكاني في مراقبة الموارد وتقييم حالتها. كما بينت الدراسة أن الإدارة المستدامة للمياه والتربة والغابات والموارد المعدنية تساهم في تعزيز الأمن الغذائي والحفاظ على التنوع البيولوجي والحد من آثار تغير المناخ، وأن نجاح جهود الاستدامة يعتمد على التكامل بين المعرفة العلمية والسياسات الحكومية، إلى جانب تطوير المؤشرات البيئية، وتحليل السيناريوهات المستقبلية، وتعزيز التعليم البيئي والمشاركة المجتمعية.

واستنتجت الدراسة أن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب تبني نهج علمي متكامل قائم على الإدارة الرشيدة للموارد الطبيعية، ودعم البحث العلمي والابتكار، وتعزيز التعاون بين العلماء وصناع القرار، وتطوير التشريعات والسياسات البيئية، فضلاً عن رفع الوعي المجتمعي بأهمية المحافظة على الموارد الطبيعية. كما أكدت أن العلوم الطبيعية تمثل أساساً علمياً لا غنى عنه لضمان الاستخدام الأمثل للموارد، وتحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والحفاظ على البيئة، بما يضمن استدامة الموارد للأجيال الحالية والمستقبلية.

14. المراجع:

Adamowicz, M. (2022). *Green deal, green growth and green economy as a means of support for attaining the Sustainable Development Goals*. *Sustainability*, 14(10), 5901. <https://doi.org/10.3390/su14105901>

Artelle, K. A., Reynolds, J. D., Treves, A., Walsh, J. C., Paquet, P. C., & Darimont, C. T. (2018). *Hallmarks of science missing from North American wildlife management*. *Science Advances*, 4(3), eaao0167. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao0167>

Aftab, J., Abid, N., Cucari, N., & Savastano, M. (2023). *Green human resource management and environmental performance: The role of green innovation and environmental strategy*. *Business Strategy and the Environment*, 32(4), 1782–1798. <https://doi.org/10.1002/bse.3229>

Ani, K. J., Anika, V. O., & Mutambara, E. (2022). *The impact of climate change on food and human security in Nigeria*. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 14(2), 148–167. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2021-0094>

Ai, M., Chen, X., You, Q., et al. (2024). *Spatial correlation analysis between human disturbance intensity (HDI) and ecosystem service value (ESV) in the Chengdu–Chongqing urban agglomeration*. *Ecological Indicators*, 166, 112309.

Agarwala, T., & Agarwal, S. (2023). *Green human resource management and environmental performance: Mediating role of green organizational culture*. *Benchmarking: An International Journal*.

Ofoer, E. O., Jenkins, C., Millikam, E. S., Arolugun, O. S., Ajala, O. T., Ayodele, E. E., ... & Owolabi, M. O. (2026). *Community*

- agricultural expansion in non-forest ecosystems. *Nature Communications*, 16(1), 10739.
- Costantini, E. A. C., & McBratney, A. B. (2025). *Recent developments in global soil health protection policies*. *Soil Security*.
- Krajnc, D., Kovačič, D., Žunec, E., Brglez, K., & Kovačič Lukman, R. (2022). *Youth awareness and attitudes toward the circular economy for achieving the European Green Deal*. *Sustainability*, 14(19), 12050.
- Liu, B., Li, X., Zhang, J., Wang, J., He, T., Hong, S., & Wu, C. (2025). *Advances and challenges in foundation agents: From brain-inspired intelligence to evolutionary, collaborative, and safe systems*. *arXiv*.
- Liu, S., Xiao, W., Yi, Y., He, T., & Luo, H. (2023). *Rural residential land expansion and its impacts on cultivated land in China from 1990 to 2020*. *Land Use Policy*, 132.
- Lüthi, S., Verelst, S., Fischer, E. M., Scovronick, N., Armstrong, B., Coelho, M., & Vicedo-Cabrera, A. M. (2023). *Rapid increase in the risk of heat-related mortality*. *Nature Communications*, 14(1), 4894.
- Liu, B., Li, X., Zhang, J., Wang, J., He, T., Hong, S., & Wu, C. (2025). *Advances and challenges in foundation agents: From brain-inspired intelligence to evolutionary, collaborative, and safe systems*. *arXiv*.
- Mattana, E., Ulian, T., & Pritchard, H. W. (2022). *Seeds as natural*
- Maltby, E. (2022). *Wetland paradigm shifts in response to changing societal priorities: A reflective review*. *Land*, 11(4).
- Mbelbele, Z., Mdoda, L., Ntlanga, S. S., Nonto, Y., & Gidi, L. S. (2024). *Environmental conservation: Sustainable strategies for preserving indigenous medicinal plants and implications for economic well-being*. *Sustainability*.
- Mujtaba, J., Shah, M., Hayat, A., Dawood, M., & Hayat, M. (2024). *A comprehensive approach toward achieving United Nations Sustainable Development Goal 6 for water security in Pakistan*. *Journal of Water Process Engineering*, 57, 104691.
- Mostafa, H., Keshavarz, Z., Rostampour, M. A., Mostafa Nejad, D., & Wu, J. (2023). *Sustainability assessment of a concrete gravity dam: Life cycle assessment, carbon footprint analysis, and life cycle costing*. *Structures*, 53, 279–295.
- Mekonnen, H., Birhane, Z., & Berhanu, K. (2022). *Practices and challenges of cultural heritage conservation at historical and religious heritage sites*. *Heritage Science*, 10.
- Mishra, R. K. (2023). *Freshwater availability and its global challenges*. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*.
- Muttitt, G., Price, J., Pai, S., & Welsby, D. (2023). *The socio-political feasibility of coal power phase-out and its role in mitigation pathways*. *Nature Climate Change*.
- Harmáčková, Z. V., Isenack, C., Yoshida, Y., Sitas, N., Manty, L. M., & O'Farrell, P. J. (2025). *Value models in future scenarios: The role of participatory scenario designers*. *Ecology and Society*.
- Huang, C. D., Lin, S., Nguyen, M. K., Hussein, E., Bui, X. T., & Ngo, E. H. (2023). *A review of biosensors for environmental monitoring: Principles, applications, and contributions toward Sustainable Development Goals*. *Bioengineering*.
- Heath, S. C. (2025). *Exploring psychosocial dimensions: Understanding the intersections of coping strategies and well-being outcomes in the context of climate change*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*.
- of culture and identity. *European Journal of Social Sciences Studies*.
- Goolsby, J. B., Cravens, A. E., & Rozance, M. A. (2023). *Becoming an actionable scientist: Challenges, competencies, and expertise development*. *Environmental Management*.
- Jia, H., Chen, F., Pan, D., Du, Y., Wang, L., Wang, N., & Yang, A. (2022). *Flood risk management in the Yangtze River Basin: A comparison of the 1998 and 2020 flood events*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 68, 102724.
- Hijazi, M., Santos da Silva, S. R., Miralles-Wilhelm, F., Kim, S., Kyle, B., Liu, Y., & Clark, L. (2023). *Impacts of water scarcity on agricultural production and electricity generation in the Middle East and North Africa*. *Frontiers in Environmental Science*, 11.
- Dale, S. (2025). *Classification of groundwater drought and environmental risks in karst systems*. University of Alabama in Huntsville.
- Raj, R. (2022). *Environmental assessment of gully erosion susceptibility in the Chambal Valley, India: A geospatial and machine learning approach*. Hokkaido University.
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., & Rockström, J. (2023). *Earth beyond six of nine planetary boundaries*. *Science Advances*, 9(37), eadh2458.
- Singer-Brodowski, M., Brock, A., Grund, J., & de Haan, G. (2023). *Reflections on the science–policy relationship in education for sustainable development*. In *Exploring the Relationship between Research and Policy* (pp. 90–106). Routledge.
- Scoones, I., Nori, M., Bose, S., Gugineni, R., Maru, N., Tsering, P., & Babagalo, L. (2023). *Pastoralism, uncertainty and resilience*. Practical Action Publishing.
- Singh, V. (2024). *Mineral resources*. In *Environment and Ecology*. Springer.
- Sun, D., & Qi, F. (2025). *Assessment methods for stormwater pollution loads in cities and towns*. In *Stormwater Runoff Pollution Control Technology and Applications* (pp. 41–93). Springer.
- Zahoor, I., & Mushtaq, A. (2023). *Agricultural activities-induced water pollution: A global critical review*. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*.
- Azzam, W., Khan, I., & Ali, S. A. (2023). *Alternative energy and natural resources in determining environmental sustainability: The role of government final consumption expenditure in France*. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Ali, I., & Rahman, A. (2024). *Environmental degradation: Causes, impacts, and solutions*. *International Journal of Multidisciplinary Research*.
- Alam, A., & Mohanty, A. (2023). *Educational technology: Exploring the convergence of technology, pedagogy, artificial intelligence, and interactive learning*. *Cogent Engineering*.
- Franks, D. M., Keenan, J., & Hailu, D. (2023). *Mineral security is essential to achieving the Sustainable Development Goals*. *Nature Sustainability*.
- Gómez-Echeverri, L., Bustamante, M., Jones, M., Rafa, N., Rovinskaya, E., Fujino, J., & Oni, T. (2024). *Seeking synergistic solutions: Integrating climate knowledge and Sustainable Development Goals data for action*.
- Gong, Y., Liu, J., Xiu, Y., Li, R., & Ming, L. (2023). *A survey on dataset quality in machine learning*. *Information and Software Technology*.
- Kan, S., Ming, J., Pearson, U. M., Chen, B., Levy, S. A., Mazur, E., & Kastner, T. (2025). *Identifying global hotspots for*

- Hou, D., Jia, X., Wang, L., McGrath, S. P., Zhu, Y. G., Hu, Q., ... & Nriagu, J. (2025). *Global soil pollution by toxic metals threatens agriculture and human health*. *Science*.
- Huo, W., Zaman, B. W., Zulfiqar, M., Kojak, I., & Shahzad, K. (2023). *How do environmental technologies affect environmental degradation? Direct and indirect effects of financial innovation and economic globalization*. *Environmental Technology & Innovation*.
- Wang, Y., Zhang, Q., Lin, K., Liu, Z., Liang, Y., Liu, Y., & Li, C. (2024). *A novel framework for urban flood risk assessment: Multi-perspective and causal analysis*. *Water Research*.
- Walsh, P. P., Banerjee, A., & Murphy, E. (2022). *The United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development*. In *Partnerships and the Sustainable Development Goals* (pp. 1–12). Springer.
- Wei, X., Shi, P., Wan, S., Song, R., Zhong, D., Xin, S., & Song, K. (2024). *Improving soil health and plant growth through microbial fertilizers: Mechanisms, benefits, and sustainable agricultural practices*. *Agriculture*.
- Weglieb, F., & Bronz, A. (2023). *Working at the boundary: Science–policy interactions and knowledge inequalities in the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. *Sustainability Science*.
- Wierbicki, A. F. (2024). *Corporate social responsibility: The role of government in promoting CSR*. *Journal of the Knowledge Economy*.