Дяченко Олександр Васильович, доктор філософії в галузі економіки, докторант Київського університету авіаційних та інформаційних технологій, Київ, Україна, ORCID: https://orcid.org/0009-0002-5500-6808

Diachenko Oleksandr Vasylovych, PhD in Economics, Doctoral Student, Kyiv University of Aviation and Information Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: https://orcid.org/0009-0002-5500-6808

ЦИФРОВА ЗРІЛІСТЬ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ: МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ

DIGITAL MATURITY OF PUBLIC ADMINISTRATION IN ENVIRONMENTAL PROTECTION AND NATURAL RESOURCE MANAGEMENT: A METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSMENT

Анотація

У статті обґрунтовано методичний підхід до оцінювання цифрової зрілості публічного управління у сфері охорони довкілля та природокористування. Запропоновано розглядати цифрову зрілість не як кількість електронних сервісів, а як інституційну спроможність використовувати дані, інтероперабельні реєстри, геоінформаційні технології, аналітичні моделі та цифрові канали участі у повному циклі екологічної політики. Сформовано семивимірну модель, що охоплює інституційно-стратегічне врядування; дані та інтероперабельність; digital by design процеси; платформну інтеграцію; відкритість і участь; прогнозну аналітику; кіберстійкість і людський контроль. Запропоновано п’ять рівнів зрілості та спосіб агрегування оцінок із правилом «вузького місця», яке не дозволяє

сильним компонентам приховувати критичну слабкість інших. Побудовано інформаційно-аналітичний механізм, що пов’язує джерела екологічних даних, інтероперабельність, аналітику, управлінське рішення, публічну взаємодію та ex post оцінювання. Визначено напрями застосування методики в Україні з урахуванням платформи «ЕкоСистема», геопросторової інфраструктури, PRTR, цифровізації ОВД та реформи моніторингу довкілля.

Ключові слова: цифрова трансформація, публічне управління, охорона довкілля, цифрова зрілість, екологічні дані, інтероперабельність, цифровий двійник, участь громадськості.

Abstract

The article substantiates a methodological approach to assessing the digital maturity of public administration in environmental protection and natural resource management. Digital maturity is interpreted not as the number of electronic services but as the institutional capacity to use data, interoperable registers, geospatial technologies, analytical models and digital participation channels throughout the environmental policy cycle. A seven-dimensional model is proposed, covering institutional and strategic governance; data and interoperability; digital-by-design processes; platform integration; openness and participation; predictive analytics; and cyber resilience with human oversight. Five maturity levels and an aggregation method with a bottleneck rule are introduced to prevent strong components from concealing critical weaknesses. An information and analytical mechanism is developed that links environmental data sources, interoperability, analytics, managerial decisions, public interaction and ex post evaluation. Directions for applying the methodology in Ukraine are defined with regard to the EcoSystem platform, geospatial data infrastructure, PRTR, digital environmental impact assessment and environmental monitoring reform.

Keywords: digital transformation, public administration, environmental protection, digital maturity, environmental data, interoperability, digital twin, public participation.

Problem statement (постановка проблеми). Цифровізація екологічної сфери України вже охоплює не лише окремі електронні послуги. Нормативно закріплено функціонування Єдиної екологічної платформи «ЕкоСистема», розвивається національна інфраструктура геопросторових даних, створено Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів, цифровізуються процедури оцінки впливу на довкілля, а реформа державної системи моніторингу довкілля передбачає сучасне інформаційне забезпечення управлінських рішень [1–5]. У 2025 р. «ЕкоСистема» об’єднувала 38 екологічних реєстрів і 25 адміністративних послуг [6]. Проте кількість цифрових компонентів не показує, чи стали рішення більш обґрунтованими, узгодженими та проактивними.

Ключовим стає розрив між технічною цифровізацією та управлінською трансформацією. Реєстр може бути сучасним, але ізольованим від моніторингових даних; онлайн-послуга може пришвидшити подання документів, але не змінити ризик-орієнтовану логіку контролю; відкриті дані можуть бути формально оприлюднені, але непридатні для машинного повторного використання. Для екологічної політики це особливо критично, оскільки природні процеси взаємопов’язані, тоді як адміністративні компетенції розподілені між різними органами й рівнями влади. Тому потрібен інструмент, який вимірює не число ІТ-рішень, а зрілість повного контуру «дані – аналіз – рішення – участь – результат».

Analysis of recent research and publications (аналіз останніх досліджень і публікацій). OECD Digital Government Policy Framework пропонує оцінювати цифровий уряд через digital by design, data-driven public sector, government as a platform, open by default, user-driven та proactiveness

[7]. Digital Government Outlook 2026 посилює цю логіку, наголошуючи на переході від окремих цифрових проєктів до системного вбудовування даних і технологій у регулювання, послуги та політику [8]. У дослідженнях сталого й екологічного врядування показано, що цифровізація може покращувати результативність, але ефект залежить від інституційних умов, участі та якості даних [14–16].

Окремий напрям пов'язаний із цифровими двійниками, які можуть інтегрувати моніторингові дані, сценарне моделювання та комунікацію з учасниками управління. Водночас такі системи змінюють інформаційні й контрольні відносини, тому потребують прозорості, людського нагляду та демократичної легітимності [17; 18]. Наявні праці окреслюють важливі компоненти цифрового екологічного врядування, однак не формують цілісної методики оцінювання його цифрової зрілості з урахуванням української інституційної та євроінтеграційної специфіки.

Purpose of the article (мета статті). Метою статті є розроблення методичного підходу до оцінювання цифрової зрілості публічного управління у сфері охорони довкілля та природокористування, формування системи вимірів і рівнів зрілості, а також обґрунтування інформаційно-аналітичного механізму переходу від фрагментарної цифровізації до data-driven і прогнозно-адаптивного екологічного врядування.

Presentation of the main material of the study (виклад основного матеріалу дослідження).

Цифрову зрілість публічного управління у сфері охорони довкілля та природокористування пропонується визначати як інтегральну характеристику інституційної спроможності органів публічної влади та пов'язаних інформаційних систем забезпечувати цифрове за задумом, кероване даними, інтероперабельне, відкрите, проактивне, безпечне й підзвітне формування та реалізацію екологічної політики. Це визначення

відмежовує цифрову трансформацію від простого переведення документа або процедури в електронну форму.

Таблиця 1

Виміри цифрової зрілості екологічного публічного управління

Вимір	Що оцінюється	Ознака зрілості
Інституційне врядування	цілі, відповідальність, власники даних, координація	цифрові зміни прив'язані до управлінського результату
Дані та інтероперабельність	якість, метадані, API, ідентифікатори, геодані	дані повторно використовуються без дублювання
Digital by design	end-to-end процедури, once-only, автоматичні перевірки	процес спроєктований як цифровий, а не оцифрований постфактум
Платформна інтеграція	спільні сервіси та стандарти між органами	інформаційні системи працюють як єдиний контур
Відкритість та участь	open data, консультації, feedback	користувач бачить дані, статус і вплив участі
Аналітика і прогноз	GIS, ризик-аналіз, ШІ, сценарії, digital twin	система попереджає ризик і підтримує вибір рішення
Стійкість і людський контроль	кіберзахист, резервування, аудит, human-in-the-loop	критична функція зберігається, а рішення простежується

Джерело: розроблено автором на основі [7–13].

Структуру цифрової зрілості доцільно будувати за сімома вимірами. Інституційно-стратегічне врядування фіксує наявність цілей, власників процесів і даних, механізмів координації та оцінювання. Дані й інтероперабельність охоплюють метадані, ідентифікатори, стандарти якості, API та просторову сумісність. Digital by design процеси характеризують наскрізні електронні процедури, повторне використання вже наявних державних даних і мінімізацію ручних операцій. Платформна інтеграція

показує здатність різних органів працювати на спільних стандартах і повторно використовувати інформаційні ресурси.

Відкритість та участь відображають реальну доступність екологічної інформації, цифрові консультації, зворотний зв'язок і простежуваність врахування позицій громадськості. Прогностично-аналітична спроможність охоплює GIS, ризик-скоринг, сценарне моделювання, машинне навчання й цифрові двійники. Стійкість і людський контроль включають кіберзахист, резервування, відновлення, аудит алгоритмів і принцип human-in-the-loop для рішень з істотними правовими чи екологічними наслідками. Така структура узгоджується з загальними принципами цифрового уряду OECD і водночас враховує вимоги доступу до екологічної інформації, INSPIRE та європейської інтероперабельності [7–13].

Кожен вимір пропонується розкладати на 4–8 індикаторів і оцінювати за шкалою від 0 до 4: 0 – практика відсутня; 1 – локальна й епізодична; 2 – формалізована, але неповна; 3 – системно застосовується у більшості релевантних процесів; 4 – інтегрована, вимірювана і постійно вдосконалюється. Оцінка повинна підтверджуватися документами, технічними специфікаціями, журналами обміну, статистикою якості даних, аудитами та показниками результативності.

Нормований бал виміру визначається як $D_j = (25 / n_j) \times \Sigma s_{jk}$ і змінюється від 0 до 100. Для інтегрального порівняння може використовуватися геометричне середнє семи вимірів. Проте основним результатом має залишатися профіль зрілості, доповнений правилом «вузького місця»: підсумковий рівень не може більш ніж на один ступінь перевищувати рівень найслабшого виміру. Це запобігає ситуації, коли високий рівень електронних послуг приховує критичну слабкість даних, інтероперабельності або кіберстійкості.

Таблиця 2

Рівні цифрової зрілості

Рівень	Бал	Характеристика	Управлінська логіка
0. Фрагментарний	0–19	локальні рішення без стабільного обміну	реагування постфактум
1. Оцифрований	20–39	електронні документи й окремі сервіси	електронна копія паперової процедури
2. Інтегрований	40–59	узгоджені реєстри, API, базова координація	спільні дані для кількох процесів
3. Data-driven	60–79	дані системно впливають на планування й контроль	ризик-орієнтоване доказове управління
4. Прогнозно-адаптивний	80–100	раннє попередження, сценарії, digital twin, feedback	проактивне коригування політики

Джерело: запропоновано автором.

Оцінювання цифрової зрілості має бути пов’язане з інформаційно-аналітичним механізмом. Його логіка включає шість послідовних контурів: джерела даних; інтероперабельність; аналітика; управлінське рішення; публічна взаємодія; оцінювання результату. Дані надходять із моніторингових мереж, реєстрів, ОВД, PRTR, геопросторових ресурсів, дистанційного зондування та верифікованих повідомлень громадян. Інтероперабельний контур уніфікує ідентифікатори, метадані, одиниці вимірювання та правила якості. Аналітичний рівень перетворює дані на ризик-сигнали, прогнози й сценарії.

Критичним є зв’язок аналітики з компетенцією органу. Для кожного сигналу мають бути визначені пороги реагування, відповідальна посадова

або інституційна одиниця, допустимі альтернативи та спосіб документування рішення. Алгоритм може рекомендувати пріоритет або прогнозувати розвиток ситуації, але не повинен розмивати публічну відповідальність. Публічна взаємодія завершує зовнішній контур: громадяни й бізнес повинні мати доступ не лише до сервісу, а й до релевантної інформації та процедурного зворотного зв'язку. Ex post оцінювання замикає цикл і показує, чи цифровий інструмент змінив фактичний результат, а не лише кількість електронних операцій.

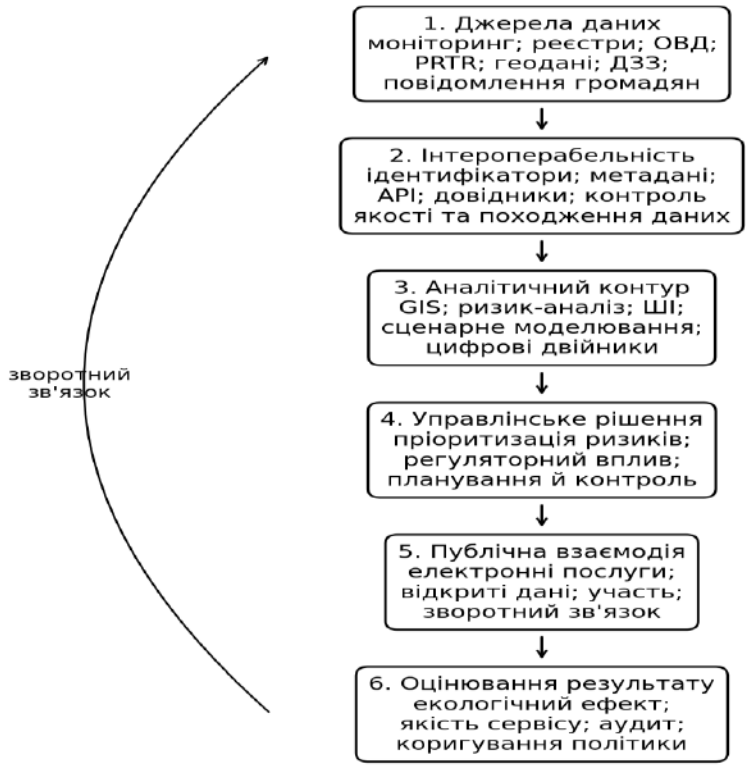


Рис. 1. Інформаційно-аналітичний механізм цифрового екологічного врядування

Джерело: розроблено автором.

Практичне застосування методики в Україні доцільно починати з карти даних і рішень. «ЕкоСистема» вже виконує платформну функцію [1; 6], закон про геопросторові дані формує основу просторової сумісності [2], PRTR створює стандартизований масив даних про забруднювачі [3], ОВД забезпечує цифровий реєстровий та партисипативний контур [4], а реформа моніторингу орієнтує систему на сучасне інформаційне забезпечення [5]. Наступний крок полягає не у механічному об'єднанні цих систем, а у визначенні спільних ідентифікаторів, потоків, власників даних і правил повторного використання.

Євроінтеграція додає вимогу сумісності з принципами доступу до екологічної інформації, INSPIRE, GreenData4All та публічної інтероперабельності [9–13]. Нові українські системи доцільно проєктувати як компоненти майбутнього спільного інформаційного простору: з машинними форматами, метаданими, API, зрозумілими правилами доступу та можливістю транскордонного повторного використання. Для цифрових двійників оптимальним є use-case підхід – від конкретної проблеми, користувача й управлінського рішення до набору даних і моделі, а не навпаки [17; 18].

Результативність цифрової трансформації слід вимірювати на чотирьох рівнях: якість даних; ефективність процесу; якість сервісу; outcome. До outcome-показників належать скорочення часу реагування, підвищення точності пріоритизації ризиків, зменшення дублювання звітності, збільшення частки рішень із простежуваною доказовою базою та поліпшення доступності екологічної інформації. Екологічний ефект можна приписувати цифровому втручанню лише за наявності обґрунтованого причинного зв'язку, оскільки стан довкілля залежить від багатьох зовнішніх факторів.

Інвестиційний пріоритет доцільно визначати за принципом «управлінський розрив перед технологією». Спочатку фіксується проблема –

дублювання збору, запізнення реагування, несумісність геоданих або відсутність зворотного зв'язку; потім визначається очікуваний результат і лише після цього обирається ІТ-рішення. Такий підхід переводить цифрову трансформацію з набору технологічних закупівель у портфель інституційних змін.

Таблиця 3

Дорожня карта підвищення цифрової зрілості

Етап	Ключова дія	Результат	Критерій переходу
1. Діагностика	карта процесів, систем, даних і відповідальності	базовий профіль зрілості	критичні процеси мають власника і джерела даних
2. Стандартизація	метадані, довідники, правила якості	керований каталог даних	ключові набори мають правила provenance та якості
3. Інтеграція	API, зв'язок реєстрів, GIS і моніторингу	наскрізний інформаційний контур	скорочується повторне ручне введення
4. Аналітика	ризик-скоринг, сценарії, пілотні digital twins	проактивна підтримка рішень	скорочується час від сигналу до реагування
5. Адаптивність	ex post оцінювання й регулярне коригування	feedback між даними, рішенням і результатом	рішення змінюються на основі виміряного outcome

Джерело: розроблено автором.

Обмеження запропонованого підходу пов'язані з експертною природою частини оцінок і необхідністю емпірично перевірити межі рівнів зрілості. Подальша апробація має здійснюватися на різних функціональних процесах – наприклад, ОВД, моніторингу вод та управлінні відходами – з перевіркою міжекспертної узгодженості й чутливості профілю до складу індикаторів.

Методика не замінює оцінювання екологічної політики; вона вимірює спроможність цифрового середовища забезпечувати доказове, скоординоване та підзвітне управління.

Conclusions (висновки). Цифрова зрілість екологічного публічного управління має оцінюватися як інституційна спроможність, а не як технологічна насиченість. Запропонована семивимірна модель поєднує врядування, дані, процеси, платформність, участь, аналітику та стійкість, що дозволяє виявляти конкретні слабкі ланки повного циклу даних і рішень.

1. Розроблено п’ятирівневу шкалу цифрової зрілості та спосіб агрегування, доповнений правилом «вузького місця». Це обмежує компенсаторний ефект інтегрального індексу й не дозволяє високому рівню окремих сервісів приховувати критичні проблеми інтероперабельності, безпеки або відповідальності.

2. Сформовано інформаційно-аналітичний механізм, який пов’язує джерела екологічних даних, інтероперабельність, аналітику, компетентне рішення, публічну взаємодію та ex post оцінювання. Така конструкція створює основу переходу від електронізації процедур до data-driven і прогнозно-адаптивного врядування.

3. Для України методика може спиратися на вже створені компоненти – «ЕкоСистему», геопросторову інфраструктуру, PRTR, цифрову ОВД і реформу моніторингу. Пріоритетом наступного етапу має бути не збільшення кількості систем, а стандартизація даних, міжвідомча інтеграція, ризик-аналітика та вимірювання фактичного outcome.

4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на емпіричну апробацію індикаторів, перевірку порогів рівнів зрілості та розроблення порівняльних профілів для різних функціональних підсистем і територіальних рівнів екологічного управління.

Список використаних джерел

1. Про Єдину екологічну платформу «ЕкоСистема» : постанова Кабінету Міністрів України від 11.10.2021 № 1065. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021-%D0%BF

2. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20

3. Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів : Закон України від 20.09.2022 № 2614-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2614-20

4. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19

5. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля : Закон України від 20.03.2023 № 2973-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2973-20

6. Національна платформа «ЕкоСистема» повністю відновила роботу. Міністерство економіки та довкілля України. 06.10.2025. URL: https://www.me.gov.ua/News/Detail/3e162840-63ab-4d3d-90f1-d670641c33d6?lang=uk-UA&title=NatsionalnaPlatformaekosistema

7. OECD. The OECD Digital Government Policy Framework: Six dimensions of a Digital Government. 2020. DOI: https://doi.org/10.1787/f64fed2a-en

8. OECD. Digital Government Outlook 2026. OECD Publishing, 2026. URL: https://www.oecd.org/en/publications/digital-government-outlook_0496b2bc-en.html

9. Directive 2003/4/EC on public access to environmental information. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/4/oj

10. Directive 2007/2/EC establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj

11. European Commission. Commission launches GreenData4All public consultation. 11 February 2025. URL: https://environment.ec.europa.eu/news/greendata4all-public-consultation-launches-2025-02-11_en

12. Regulation (EU) 2024/903 (Interoperable Europe Act). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/903

13. UNECE. Aarhus Convention. URL: https://unece.org/environment-policy/public-participation/aarhus-convention/text

14. Durkiewicz J., Janowski T. Is Digital Government Advancing Sustainable Governance? A Study of OECD/EU Countries. Sustainability. 2021. 13(24), 13603. DOI: https://doi.org/10.3390/su132413603

15. Zhao X., Lu S., Yuan S. How does the digitization of government environmental governance affect environmental pollution? Journal of Cleaner Production. 2023. 415, 137670. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137670

16. Guo J., Shen X. Does Digitalization Facilitate Environmental Governance Performance? Sustainability. 2024. 16(7), 3026. DOI: https://doi.org/10.3390/su16073026

17. Korenhof P., Metcalfe B., Henschke A. Cyber-governance of the natural world: the implications of digital twins in environmental governance. Earth System Governance. 2025. 25, 100276. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esg.2025.100276

18. Durden J. M. Environmental management using a digital twin. Environmental Science & Policy. 2025. 164, 104018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.104018

References

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). On the Unified Environmental Platform "EcoSystem", Resolution No. 1065. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021-%D0%BF

2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020). On the National Geospatial Data Infrastructure, Law No. 554-IX. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20

3. Verkhovna Rada of Ukraine. (2022). On the National Pollutant Release and Transfer Register, Law No. 2614-IX. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2614-20

4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2017). On Environmental Impact Assessment, Law No. 2059-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19

5. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023). Amendments concerning the state environmental monitoring system and environmental information, Law No. 2973-IX. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2973-20

6. Ministry of Economy and Environment of Ukraine. (2025). The national EcoSystem platform has fully resumed operation. https://www.me.gov.ua/News/Detail/3e162840-63ab-4d3d-90f1-d670641c33d6?lang=uk-UA&title=NatsionalnaPlatformaekosistema

7. OECD. (2020). The OECD Digital Government Policy Framework: Six dimensions of a Digital Government. https://doi.org/10.1787/f64fed2a-en

8. OECD. (2026). Digital Government Outlook 2026. https://www.oecd.org/en/publications/digital-government-outlook_0496b2bc-en.html

9. European Parliament & Council. (2003). Directive 2003/4/EC on public access to environmental information. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/4/oj

10. European Parliament & Council. (2007). Directive 2007/2/EC (INSPIRE). https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/2/oj

11. European Commission. (2025). Commission launches GreenData4All public consultation. https://environment.ec.europa.eu/news/greendata4all-public-consultation-launches-2025-02-11_en

12. European Parliament & Council. (2024). Regulation (EU) 2024/903 (Interoperable Europe Act). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/903

13. UNECE. (1998). Aarhus Convention. https://unece.org/environment-policy/public-participation/aarhus-convention/text

14. Durkiewicz, J., & Janowski, T. (2021). Is Digital Government Advancing Sustainable Governance? Sustainability, 13(24), 13603. https://doi.org/10.3390/su132413603

15. Zhao, X., Lu, S., & Yuan, S. (2023). How does the digitization of government environmental governance affect environmental pollution? Journal of Cleaner Production, 415, 137670. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137670

16. Guo, J., & Shen, X. (2024). Does Digitalization Facilitate Environmental Governance Performance? Sustainability, 16(7), 3026. https://doi.org/10.3390/su16073026

17. Korenhof, P., Metcalfe, B., & Henschke, A. (2025). Cyber-governance of the natural world: the implications of digital twins in environmental governance. Earth System Governance, 25, 100276. https://doi.org/10.1016/j.esg.2025.100276

18. Durden, J. M. (2025). Environmental management using a digital twin. Environmental Science & Policy, 164, 104018. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2025.104018