

**В. В. Поліщук¹, М. Келемен², В. І. Повханич³, А. А. Матей⁴,
В. І. Сегляник⁵**

¹ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
професор кафедри програмного забезпечення систем,
доктор технічних наук, професор
volodymyr.polishchuk@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4586-1333>

² Кошицький технічний університет,
доцент кафедри підготовки пілотів
martin.kelemen@tuke.sk
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1015-1112>

³ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
аспірант кафедри кібернетики і прикладної математики
volodymyr.povkhanych@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0397-8015>

⁴ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
аспірант кафедри програмного забезпечення систем
andrej.matey@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0280-1763>

⁵ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
аспірант кафедри програмного забезпечення систем
vasyl.sehlianyk@uzhnu.edu.ua
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9958-3713>

РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ГРОМАДЯН ПРИ ВИКОРИСТАННІ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У роботі розглянуто актуальну проблему оцінювання екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного штучного інтелекту (ШІ), зокрема в умовах високого енергоспоживання та формування цифрового сліду.

Метою дослідження є розроблення рекомендаційної системи, що інтегрує кількісне та якісне оцінювання цифрової поведінки користувачів за допомогою нечітких моделей, експертних оцінок та функцій належності.

Запропонований підхід дозволяє формувати інтегральний показник екологічної зрілості цифрової поведінки та визначати загальний рівень екологічно відповідального використання ШІ серед громадян регіону. Методика включає фазифікацію анкетних даних, нормування оцінок, застосування нечіткої логіки та побудову адаптивних рекомендацій, що залежать від рівня усвідомлення користувачів. Система враховує невизначеність та суб'єктивність оцінок, що підвищує точність та достовірність результатів.

Отримані дані можуть бути використані органами влади та освітніми установами для розробки політик з цифрової та екологічної відповідальності, стимулювання сталого розвитку та підвищення екологічної свідомості громадян.

Ключові слова: генеративний штучний інтелект, екологічна відповідальність, нечіткі моделі, рекомендаційна система, цифрова поведінка, інтегральний показник, сталий розвиток.

1. Вступ. Стрімкий розвиток генеративного ШІ відкриває нові можливості для суспільства, бізнесу та науки, але водночас створює виклики, пов'язані з

його екологічним впливом. Потужні обчислювальні ресурси, необхідні для функціонування таких систем, зумовлюють значне енергоспоживання, формують цифровий слід та спричиняють додаткове навантаження на довкілля. У цих умовах постає необхідність формування культури екологічно відповідального використання ІІІ серед громадян.

Актуальність дослідження зумовлена тим, що більшість користувачів, взаємодіючи з ІІІ-помічниками, зрідка замислюються над екологічними наслідками своїх дій, а відповідні освітні та рекомендаційні інструменти перебувають на початковому етапі розвитку. Відсутність системного підходу до оцінювання рівня екологічної відповідальності громадян у цифровому середовищі ускладнює вироблення ефективних стратегій зменшення негативного впливу ІІІ на довкілля. Регламент ЄС щодо штучного інтелекту підкреслює необхідність забезпечення екологічної відповідальності в розробці та використанні ІІІ-систем, включаючи вимоги до енергоефективності та обов'язкову звітність про вплив на навколишнє середовище для високоризикових ІІІ-систем [1]. Це свідчить про важливість інтеграції екологічних критеріїв у процеси оцінювання та рекомендацій щодо використання ІІІ, що робить запропоновану систему своєчасною та відповідною сучасним регуляторним вимогам.

Запропоноване дослідження спрямоване на створення рекомендаційної системи, що поєднує кількісне й якісне оцінювання цифрової поведінки користувачів із використанням нечітких моделей та експертних висновків. Такий підхід дозволяє не лише визначити рівень екологічної зрілості суспільства, але й надати індивідуальні та колективні рекомендації для підвищення екологічної відповідальності. Дослідження буде корисним для органів влади щодо формування політик екологічно відповідального використання генеративного ІІІ та підвищення цифрової свідомості громадян.

Основною метою даного дослідження є розроблення рекомендаційної системи оцінювання екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного штучного інтелекту для формування культури відповідального цифрового споживання.

2. Огляд літератури. Огляд наукової літератури базується на аналізі сучасних досліджень у галузі екологічної відповідальності, штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень. Ці напрямки є актуальними у контексті сталого розвитку, цифровізації управлінських процесів та інтеграції інноваційних технологій у державне управління.

У роботах [2] та [3] розглядаються моделі оцінювання екологічної відповідальності громадян, зокрема через призму поведінкових аспектів та соціальних норм. Автори підкреслюють важливість інтеграції інтелектуальних систем для автоматизованої оцінки екологічної поведінки, що дозволяє зменшити суб'єктивність та підвищити ефективність моніторингу. У статтях [4–5] запропоновано використання нечіткої логіки для моделювання складних екологічних процесів, що дозволяє враховувати невизначеність та варіативність даних.

Щодо застосування генеративного ІІІ, у роботах [6–7] досліджуються можливості використання таких технологій для створення адаптивних рекомендаційних систем, які можуть враховувати індивідуальні особливості користувачів та їхню поведінку. Ці системи здатні генерувати персоналізовані поради щодо зменшення екологічного сліду, що відповідає сучасним вимогам до інтерфейсів

людина-комп'ютер. При цьому, піднімається питання етики та різноманітність у політиці, стратегіях та ініціативах щодо штучного інтелекту [8].

У контексті підтримки прийняття рішень, у статтях [9–10] розглядаються методи нечіткої математики для аналізу та оцінки екологічних ризиків, що дозволяє приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності. Автори підкреслюють важливість інтеграції таких методів у системи підтримки прийняття рішень для забезпечення сталого розвитку [11].

На сьогодні, однак, не було проведено комплексного дослідження, яке б поєднувало застосування методів нечіткої логіки та генеративного ШІ для систематичної оцінки екологічної відповідальності громадян. Таким чином, існуючі дослідження підтверджують актуальність розробки рекомендаційних систем, які поєднують методи нечіткої логіки та генеративного ШІ для оцінювання та стимулювання екологічної відповідальності громадян. Ці системи можуть стати ефективним інструментом у контексті реалізації політик сталого розвитку та цифровізації управлінських процесів.

3. Матеріали та методи. Нехай для дослідження задано вибірку респондентів $C = \{c_1; c_2; \dots; c_n\}$. Респонденти представляють собою громадян певного регіону R . Метою є оцінювання рівня екологічної відповідальності при використанні ШІ серед цих громадян. Для отримання емпіричних даних, що слугуватимуть основою дослідження, передбачається проведення експертного опитування. З цією метою розроблено текстову анкету, структуровану за системою критеріїв оцінювання K , які згруповано в тематичні категорії G . У поєднанні з відповідною процедурою обробки відповідей дана анкета утворює інформаційний метод оцінювання екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами, позначений як K_{AI} . Фазифіковані вхідні дані, сформовані відповідно до інформаційного методу, обробляються за допомогою нечіткої математичної моделі виведення рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами в межах досліджуваного регіону — M_{AI} .

Формально рекомендаційна система оцінювання екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного ШІ може бути представлена у вигляді оператора:

$$\Delta(R, C, E, K_{AI}, M_{AI}) | Y(f). \quad (1)$$

Оператор Δ на основі вхідних даних ставить у відповідність вихідне значення $Y(f)$. Вихідне значення $Y(f) = \{m; e; S_r\}$ складається з: m — загальна оцінка рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами в межах досліджуваного регіону; e — інтегральний показник екологічної зрілості цифрової поведінки в суспільстві; S_r — рекомендації щодо підвищення екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного ШІ.

K_{AI} — інформаційний метод оцінювання екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами.

Запропонована відкрита множина критеріїв забезпечує можливість комплексного аналізу різних аспектів екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами. Критерії згруповано у три групи.

G_1 — тенденції поведінки користувачів під час роботи з ШІ-помічниками.

K_{11} — З якою регулярністю Ви взаємодієте з голосовими інтерфейсами, чат-ботами чи віртуальними аватарами у щоденних ситуаціях?

Варіанти відповідей визначаються з наступної терм-множини:

$A(K_{11}) = \{a(K_{11}) = 1 \text{ якщо "Кілька разів на день"}; a(K_{11}) = 2 \text{ якщо "Приблизно раз на день"}; a(K_{11}) = 3 \text{ якщо "Кілька разів на тиждень"}; a(K_{11}) = 4 \text{ якщо "Кілька разів на місяць"}; a(K_{11}) = 5 \text{ якщо "Рідше"}; a(K_{11}) = 6 \text{ якщо "Ніколи"}\}$. З метою уніфікації та порівнянності даних лінгвістичні змінні підлягають формалізації, зокрема шляхом застосування функцій належності.

K_{12} — Для яких цілей ви використовували систему ChatGPT ?

Множина можливих відповідей представлена як терм-множина, елементи якої відповідають таким оцінкам: «Так, саме так я його й використовував»; «Ні, я не використовував це так».

$A(K_{12}) = \{a(K_{12}) = 1 \text{ якщо "З цікавості — щоб перевірити можливості ШІ-помічників"}; a(K_{12}) = 2 \text{ якщо "Для розваги"}; a(K_{12}) = 3 \text{ якщо "Для робочих/-шкільних завдань"}; a(K_{12}) = 4 \text{ якщо "Щоб навчитися чогось нового"}; a(K_{12}) = 5 \text{ якщо "Співрозмовник, коли бракує людей"}\}$.

Кожен елемент терм-множини оцінюється за допомогою бінарної функції належності: 1 — «Так, саме так я його й використовував», 0 — «Ні, я не використовував це так». Функція визначається наступним чином:

$$\widetilde{\mu(K_{12})}_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо «Так» для } h(K_{12}) = i; \\ 0, & \text{якщо «Ні» для } h(K_{12}) = i. \end{cases} \quad \text{для } i = 1, \dots, 5. \quad (2)$$

Перетворення матриці відповідей у числовий діапазон $[0; 1]$ здійснюється шляхом застосування наступної процедури агрегування:

$$\mu(K_{12}) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \widetilde{\mu(K_{12})}_i. \quad (3)$$

K_{13} — З якою регулярністю Ви звертаєтесь до ChatGPT?

Варіанти відповідей визначаються з наступної терм-множини:

$A(K_{13}) = \{a(K_{13}) = 1 \text{ якщо "Дуже часто (кілька разів на день)"}; a(K_{13}) = 2 \text{ якщо "Часто (кілька разів на тиждень)"}; a(K_{13}) = 3 \text{ якщо "Зрідка (кілька разів на місяць)"}; a(K_{13}) = 4 \text{ якщо "Я пробував це раніше, але більше не використовую"}\}$. Лінгвістичні змінні формалізуються для уніфікації та порівнянності даних, зокрема шляхом застосування функцій належності.

K_{14} — Досвід використання інших систем ШІ.

Множина можливих відповідей представлена як терм-множина, елементи якої відповідають оцінкам «Так» або «Ні».

$A(K_{14}) = \{a(K_{14}) = 1 \text{ якщо "Google Gemini/Bard"}; a(K_{14}) = 2 \text{ якщо "Microsoft Copilot/Bing"}; a(K_{14}) = 3 \text{ якщо "Midjourney"}; a(K_{14}) = 4 \text{ якщо "DALL-E2/E-3"}; a(K_{14}) = 5 \text{ якщо "Stability AI"}; a(K_{14}) = 6 \text{ якщо "Wombo Art"}; a(K_{14}) = 7 \text{ якщо "Canva"}\}$. Аналогічно, кожен елемент терм-множини оцінюється за допомогою бінарної функції належності, формула (2). Перетворення матриці відповідей у числовий діапазон $[0; 1]$ здійснюється шляхом застосування формули (3).

G_2 — Ступінь інтеграції науково-технічних інновацій.

K_{21} — Ступінь впровадження у повсякденне життя технологій генеративного штучного інтелекту.

K_{22} — Ступінь використання технологій доповненої та віртуальної реальності у повсякденних чи професійних цілях.

K_{23} — Ступінь впровадження альтернативних джерел енергії у побут чи господарську діяльність.

K_{24} — Ступінь використання екологічно чистого транспорту.

Відповідь виражається за шестибальною шкалою: $A(K_{2g}) = \{a(K_{2g}) = 1$ якщо “Значною мірою використовую”; $\dots$; $a(K_{2g}) = 5$ якщо “Зовсім не використовую”; $a(K_{2g}) = 6$ якщо “Я не знайомий з цією технологією”}. $g = 1, \dots, 4$. Даний показник пропонується формалізувати за допомогою Z-лінійною функцією належності:

$$\mu(K_{2g}) = \begin{cases} 1, & 0 < a(K_{2g}) \leq 1; \\ \frac{6-a(K_{2g})}{5}, & 1 < a(K_{2g}) \leq 6; \\ 0, & a(K_{2g}) > 6. \end{cases} \quad (4)$$

G_3 — Екологічна відповідальність у цифровому середовищі.

K_{31} — Готовність змінити електронну адресу або перейти до провайдера електронної пошти, що використовує енерго- та водоефективні центри обробки даних.

K_{32} — Готовність передавати документи й дані постачальнику, який застосує енергоощадні та водозберігаючі технології у центрах обробки даних.

K_{33} — Намір відмовитися від користування соціальними мережами, які не впроваджують заходи з економії енергоресурсів та води у своїх центрах обробки даних.

K_{34} — Намір припинити користування популярними стрімінговими платформами, що не забезпечують раціональне використання енергоресурсів в центрах обробки даних.

K_{35} — Намір відмовитися від платформ генеративного штучного інтелекту, які не дотримуються екологічно ефективних практик у роботі центрів обробки даних.

Варіанти відповідей визначаються з наступної терм-множини:

$A(K_{4p}) = \{a(K_{4p}) = 1$ якщо “Дуже корисно”; $a(K_{4p}) = 2$ якщо “Досить охоче”; $a(K_{4p}) = 3$ якщо “Досить неохоче”; $v(K_{4p}) = 4$ якщо “Дуже неохоче”}. Щоб забезпечити порівнянність даних, лінгвістичні змінні формалізують із використанням Z-лінійної функції:

$$\mu(K_{3p}) = \begin{cases} 1, & 0 < a(K_{3p}) \leq 1; \\ \frac{4-a(K_{3p})}{3}, & 1 < a(K_{3p}) \leq 4; \\ 0, & a(K_{3p}) > 4. \end{cases} \quad p = 1, \dots, 5. \quad (5)$$

Розроблено інформаційний метод для оцінювання екологічно відповідального використання ІІІ-помічників громадянами. Система критеріїв охоплює три аспекти: використання ІІІ, інтеграцію інновацій та екологічну відповідальність у цифровому середовищі. Використання терм-множин та функцій належності забезпечує уніфікацію даних та формування інтегральних показників цифрової екологічної зрілості.

M_{AI} — нечітка математична модель виведення рівня екологічно відповідального використання ІІІ-помічників громадянами в межах досліджуваного регіону.

Після проведення опитування громадян та обробки зібраних даних для кожного запитання та респондента формується фазифікований набір. Спочатку розраховуються фазифіковані набори для груп у межах відповідної категорії:

$$\psi_h = \frac{1}{m_h} \sum_{u=1}^l \mu(K_{hu}), \quad h = 1, \dots, 3. \quad (6)$$

Де m_h — кількість показників у групі h ; u — кількість критеріїв у групі.

Наступним кроком враховується значущість груп критеріїв, які відображають різні аспекти оцінювання рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами. Для цього особа, що приймає рішення (ОПР), задає вагові коефіцієнти $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_h\}$ для кожної групи G_h , наприклад, у діапазоні від 1 до 10. Після цього вагові коефіцієнти нормуються за допомогою формули:

$$\beta_h = \frac{\alpha_h}{\sum_{h=1}^3 \alpha_h}, \quad \beta_h \in [0; 1]. \quad (7)$$

Використовуючи згортковий підхід, проводиться обчислення загального рівня довіри серед громадян множини C . Наприклад, середнє значення згортки можна подати у вигляді:

$$\vartheta_3(C) = \sum_{h=1}^3 \beta_h \cdot \psi_h(C). \quad (8)$$

Таким чином, процес агрегації дає змогу визначити загальну оцінку рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників серед громадян множини C . Отримане значення є нормованим, і в разі, коли $\vartheta_3() \rightarrow 1$, це свідчить про високий рівень екологічно відповідального використання ШІ-помічників конкретним громадянином. Навпаки, значення, що наближаються до 0, свідчать про низький рівень усвідомлення та практичного впровадження екологічних принципів у процесі використання цих технологій.

Далі здійснюється розрахунок загальної оцінки для досліджуваного регіону. Для цього пропонується обчислити середнє арифметичне значень:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \vartheta_3(c_i). \quad (9)$$

Отримується $m \in [0; 1]$ — загальна оцінка рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників громадянами в межах досліджуваного регіону R . На основі цього показника можна визначити регіони з високим або низьким рівнем екологічної відповідальності, що дозволяє цілеспрямовано розробляти інформаційні кампанії, освітні програми та політики для підвищення екологічної свідомості користувачів.

Експерти з ШІ, екологічної безпеки, цифрової етики та соціальних комунікацій висловлюють свої лінгвістичні оцінки L щодо рівня екологічно відповідального використання ШІ-помічників у регіоні R . Для формалізації цих оцінок пропонується застосувати терм-множину лінгвістичних змінних, що відображає

можливі якісні рівні екологічної відповідальності. Наприклад: L_1 — «високий рівень»; L_2 — «рівень вище середнього»; L_3 — «середній рівень»; L_4 — «рівень нижче середнього»; L_5 — «низький рівень».

Наведено експертний метод обчислення інтегрального показника рівня екологічно відповідального використання ІІІ-помічників громадянами. Метод поєднує два підходи: кількісну оцінку загального рівня використання технологій у регіоні та якісний експертний аналіз, що враховує аспекти, недоступні через анкетування чи статистику. Для визначення інтегрального показника екологічної зрілості цифрової поведінки пропонується застосувати нечітке логічне виведення на основі S-подібної функції належності:

$$e_\delta = \begin{cases} \frac{1}{5} \left(\sqrt{\frac{m}{2}} + (5 - \delta) \right), & 0 \leq m \leq 0.5; \\ \frac{1}{5} \left((6 - \delta) - \sqrt{\frac{1-m}{2}} \right), & 0.5 < m \leq 1. \end{cases} \quad (10)$$

Де $\delta = 1, 2, 3, 4, 5$, а його значення визначається відповідно до лінгвістичного міркування експерта. У підсумку отримують $e(R) \in [0; 1]$ — інтегральний показник екологічної зрілості цифрової поведінки в суспільстві.

На фінальному етапі формується S_r — набір рекомендацій щодо підвищення екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного ІІІ. Зміст рекомендацій варіюється залежно від рівня екологічної зрілості цифрової поведінки в суспільстві. Розподіл за рівнями здійснюється системним аналітиком, спираючись на фактичні результати дослідження. Нижче сформульовано 10 пропонованих рекомендацій.

Початковий рівень: $e \in [0; 0.2]$

- Базова цифрова освіта: організувати курси та вебінари для громадян про екологічно безпечне використання ІІІ, включаючи енергоощадні налаштування та зменшення цифрового сліду.
- Формування базових правил: розробити внутрішні керівництва для громадських організацій і спільнот щодо етичного та екологічного користування АІ, уникнення надлишкових обчислень та невиправданого зберігання даних.

Низький рівень: $e \in [0.2; 0.4]$

- Фінансові стимули: запровадити гранти або пільгові програми для ініціатив, що впроваджують генеративний ІІІ із оптимізацією енергоспоживання та зменшенням цифрового сліду.
- Розвиток співпраці: створювати платформи та альянси для обміну знаннями та інструментами щодо екологічно відповідального використання ІІІ у різних сферах.

Середній рівень: $e \in [0.4; 0.6]$

- Моніторинг ефективності: застосовувати цифрові платформи для відстеження енергоспоживання та екологічних показників при використанні ІІІ-систем громадянами.
- Пілотні ініціативи: запускати тестові проекти з ІІІ для оптимізації ресурсів, планування та управління, що зменшують відходи та споживання енергії.

Високий рівень: $e \in [0.6; 0.8]$

- Стимулювання інновацій: підтримувати стартапи та громадські ініціативи, що поєднують ІІІ та екологічну відповідальність.
- Стандарти “зеленого ІІІ”: розробляти рекомендації та стандарти для генеративного ІІІ, що враховують енергоефективність, мінімізацію викидів та відповідальне зберігання даних.

Просунутий рівень: $e \in [0.8; 1]$

- Масштабування рішень: поширювати перевірені екологічно ефективні АІ-рішення серед широких спільнот та інтегрувати їх у міжнародні та глобальні процеси.

Ці рекомендації дозволять органам влади підвищити екологічну свідомість громадян, сприяти відповідальному використанню генеративного ІІІ, зменшити цифровий та енергетичний слід у суспільстві та створити умови для впровадження екологічно орієнтованих політик і регуляторних ініціатив у сфері цифрових технологій.

4. Висновки та перспективи подальших досліджень. У роботі розроблено рекомендаційну систему оцінювання екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного штучного інтелекту. Особливістю системи є використання гібридних вхідних даних, отриманих через експертне опитування, що підвищує якість оцінки цифрової поведінки користувачів. В основі дослідження лежить апарат нечітких множин та функції належності, які дозволяють відобразити коридор значень показників екологічно відповідального використання ІІІ.

Запропонована методика дозволяє формувати інтегральний показник рівня екологічної зрілості цифрової поведінки та загальну оцінку рівня екологічно відповідального використання ІІІ-помічників у межах регіону. На основі отриманих результатів визначаються рекомендації щодо підвищення екологічної відповідальності громадян, диференційовані за рівнями: початковий, низький, середній, високий та просунутий.

Метод поєднує кількісну оцінку реальної поведінки користувачів із якісним експертним аналізом, що дозволяє враховувати аспекти, недоступні через опитування чи статистичні дані. Система демонструє здатність відображати нечіткість оцінок, обчислювати лінгвістичне значення рівня екологічної відповідальності та формувати рекомендації для підвищення екологічної свідомості громадян.

Отримані результати мають наукову та практичну цінність. Подальші дослідження передбачають розробку програмної підтримки для автоматизації обчислень за запропонованим методом. Планується створення модульної програмної системи, яка забезпечуватиме комплексну автоматизацію оцінювання екологічної відповідальності громадян при використанні генеративного ІІІ. Система дозволить вводити та обробляти анкетні дані у цифровій формі, здійснювати фазифікацію та нормування оцінок за допомогою функцій належності, обчислювати інтегральний показник e та загальну оцінку m , формувати адаптивні рекомендації S_r залежно від рівня екологічної зрілості цифрової поведінки, візуалізувати результати для аналітиків та органів влади, а також інтегруватися

з існуючими інформаційними системами для підтримки прийняття рішень у сфері екологічної політики та цифрової відповідальності.

Запропоновані рекомендації особливо корисні для органів влади, оскільки вони дозволяють підвищити екологічну свідомість населення, сприяти відповідальному використанню цифрових технологій, зменшити цифровий і енергетичний слід та впроваджувати екологічно орієнтовані політики й регуляторні ініціативи у сфері цифрових технологій.

Список використаної літератури

1. AI Act (2025). Regulatory framework on AI. European Commission. Retrieved from https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai?utm_source=chatgpt.com
2. Sorcaru, I. A., Muntean, M.-C., Manea, L.-D., & Nistor, R. (2024). From social norms to pro-environmental behavior: The role of destination social responsibility for families traveling with children. *Technol. Forecast. Soc. Change*, 209, 123830. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123830>
3. Kim, M., Kim, S., & Jeon, S. (2024). One in three or three in one: Integrating three competing theoretical models (TPB, VIP, and PADM) to explain the intentions to act/actions against climate change. *Heliyon*, 10(21), e39337. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39337>
4. Janssen, J. A. E. B., Krol, M. S., Schielen, R. M. J., Hoekstra, A. Y., & de Kok, J.-L. (2010). Assessment of uncertainties in expert knowledge, illustrated in fuzzy rule-based models. *Ecol. Model.*, 221(9), 1245–1251. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.01.011>
5. Polovko, I. I., & Sharkadi, M. M. (2025). Use of mathematical models in environmental research. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series of Mathematics and Informatics*, 46(1), 256–261. [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2025.46\(1\).256-261](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2025.46(1).256-261)
6. Silalahi, A. D. K. (2025). Can generative artificial intelligence drive sustainable behavior? A consumer-adoption model for AI-driven sustainability recommendations. *Technol. Soc.*, 83, 102995. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2025.102995>
7. Hultin, L., & Mähring, M. (2025). Reimagining AI for sustainability: Cultivating imagination, hope, and response-ability. *Inf. Organ.*, 35(3), 100586. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2025.100586>
8. Roche, C., Wall, P. J., & Lewis, D. (2023). Ethics and diversity in artificial intelligence policies, strategies and initiatives. *AI Ethics*, 3(4), 1095–1115.
9. Chung, C.-J., Hsieh, Y.-Y., & Lin, H.-C. (2019). Fuzzy inference system for modeling the environmental risk map of air pollutants in Taiwan. *J. Environ. Manag.*, 246, 808–820. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.038>
10. Uzhga-Rebrov, O., & Grabusts, P. (2023). Methodology for Environmental Risk Analysis Based on Intuitionistic Fuzzy Values. *Risks*, 11(5), 88. <https://doi.org/10.3390/risks11050088>
11. Polishchuk, V., Kelemen, M., Gavurová, B., Varotsos, C., Andoga, R., Gera, M., Christodoulakis, J., Soušek, R., Kozuba, J., Blišťan, P., & Szabo, S. Jr. (2019). A Fuzzy Model of Risk Assessment for Environmental Start-Up Projects in the Air Transport Sector. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 16(19), 3573. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193573>

Polishchuk V. V., Kelemen M. Jr., Povkhanych V. I., Matei A. A., Sehlianyk V. I. Recommendation System for Assessing Citizens' Environmental Responsibility in the Use of Generative Artificial Intelligence.

The study addresses the pressing issue of assessing citizens' environmental responsibility in the use of generative artificial intelligence (AI), particularly in the context of high energy consumption and the formation of a digital footprint.

The aim of the research is to develop a recommendation system that integrates quantitative and qualitative evaluation of users' digital behavior through fuzzy models, expert assessments, and membership functions.

The proposed approach enables the formation of an overall indicator of the ecological maturity of digital behavior and determines the general level of environmentally responsible

AI use among citizens in a region. The methodology includes fuzzification of survey data, normalization of assessments, application of fuzzy logic, and the construction of adaptive recommendations based on users' awareness levels. The system accounts for the uncertainty and subjectivity of evaluations, enhancing the accuracy and reliability of results.

The obtained data can be utilized by government authorities and educational institutions to develop policies on digital and environmental responsibility, promote sustainable development, and increase citizens' environmental awareness.

Keywords: generative artificial intelligence, environmental responsibility, fuzzy models, recommendation system, digital behavior, integral indicator, sustainable development.

Одержано 23.08.2025