

УДК 004.8, 519.816, 911.375

А. Головко; Л. Матійчук, д. е. н., проф.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ВИБОРУ СТІЙКИХ РОСЛИН ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА В УМОВАХ ВІЙНИ

UDC 004.8, 519.816, 911.375

A. Holovko; L. Matiichuk, Dr., Prof.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED RECOMMENDATION SYSTEM FOR SELECTING RESILIENT PLANTS FOR URBAN GREENING UNDER WAR CONDITIONS

Міські інформаційні системи відновлення територій потребують інструментів, здатних автоматизувати аналіз екосистемних параметрів і забезпечувати підтримку прийняття

рішень у складних умовах післявоєнної реконструкції. Одним із ключових завдань є побудова математичних і програмних моделей, що можуть обробляти різноманітні екологічні та технічні дані, формувати пояснювані рекомендації та працювати в інтегрованих цифрових середовищах. Це зумовлює потребу у створенні інтелектуальної інформаційної системи,

яка поєднує багатокритеріальний аналіз, модульні алгоритмічні фільтри та механізми explainable AI.

Метою роботи є створення та дослідження ШІ-підтримуваної інформаційно-аналітичної системи вибору стійких рослин для міського озеленення, побудованої на основі методів Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) у поєднанні з rule-based explainability. Система забезпечує прозоре формування рекомендацій через алгоритмізацію процесу оцінювання параметрів середовища, властивостей рослин та їхньої взаємної відповідності.

У роботі реалізовано багаторівневу алгоритмічну схему, яка включає:

- модуль обмежувальних фільтрів (морозостійкість, тип ґрунту, освітленість);
- модуль нормалізації числових і категорійних параметрів;
- MCDA-модель зваженої лінійної агрегації;
- модуль пояснення (XAI) на основі rule-based інтерпретацій.

Інтегральна оцінка альтернативи обчислюється за формулою:

$$\text{Score}(a) = \sum (w_i * si(a)) \quad (1)$$

де w_i – вагові коефіцієнти критеріїв, а $si(a)$ – нормалізовані субскори для альтернативи a . Модель забезпечує формальну відтворюваність результатів, стійкість до варіацій вхідних параметрів та придатність до масштабування в розподілених інформаційних системах.

Програмна реалізація побудована як REST API на основі FastAPI (Python 3.14). База знань містить понад тисячу видів рослин, що імпортовані з JSON-файлів і структуровані у SQLite-схемі (13 атрибутів для кожної рослини). Основний ендпоінт POST /recommend формує ранжований список альтернатив та генерує пояснення на основі XAI-модуля. Модульна архітектура (фільтри, нормалізація, MCDA-ядро, XAI-компонент) забезпечує масштабованість і можливість інтеграції з екологічними та GIS-системами.

Для оцінювання роботи системи проведено програмні експерименти через API, у межах яких протестовано три типові сценарії: холодний регіон із піщаними ґрунтами; посушливі території з родючими чорноземами; порушені міські ґрунти після руйнувань. У всіх випадках система коректно виконала rule-based фільтрацію, побудувала ранжовані множини результатів і забезпечила стабільність MCDA-оцінок. Контрольний сценарій нульової відповідності підтвердив коректну роботу обмежувальних фільтрів – жоден вид не був рекомендований.

Висновок. Досліджено алгоритмічну модель рекомендаційної системи та підтверджено коректність її роботи в умовах змінних параметрів середовища. Отримані результати демонструють, що поєднання MCDA, rule-based explainability та модульних обмежувальних фільтрів забезпечує надійну інформаційну підтримку задач цифрового планування озеленення й може бути інтегроване в урбаністичні, екологічні та GIS-платформи.

Література

1. AI for Urban Vegetation Management. 2024. Scientific Reports. Vol. 14, Article 2251. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-2251>
2. Effectiveness of AI-based recommendation systems in municipal greening. 2023. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 84, Article 127215. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127215>
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Urban Forests: A Global Perspective. FAO, Rome, 2023. 210 p.
4. Forestry Commission. The Urban Tree Manual. 2nd ed. UK Forestry Commission, London, 2022. 120 p.
5. Multicriteria algorithms for ecological decision support. 2024. Environmental Modelling & Software. Vol. 170, Article 106084. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.106084>
6. Shimada G., Johnston M. 2015. Planting ‘Post-Conflict’ Landscapes: Urban Trees in Peacebuilding and Reconstruction. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 14(4), 1000–1010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.10.012>
7. United Nations Environment Programme. Environmental Consequences of the War in Ukraine. UNEP Report, 2022. 78 p.
8. Urban trees and cooling effects: Meta-analysis. 2023. Nature Climate Change. Vol. 13(4), 350–362. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01612-1>