

УДК 504.61:004.383.8]:911.375.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.2.26>

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ МІСТ

Василенко О.В. – к.с.-г.н.,

завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

Сонько С.П. – д.геогр.н.,

професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

Балабак О.А. – д.с.-г.н.,

професор кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

Балабак А.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

Нікітіна О.В. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності,

Уманський національний університет садівництва

В статті висвітлені результати аналізу потенціалу застосування технології штучного інтелекту для покращення управління екологічною безпекою міст. Штучний інтелект здатен пропонувати перспективні рішення для вирішення проблем кращого муніципального обслуговування, доступності комунальних послуг та екологічної безпеки. На сьогодні багато країн світу мають ефективні стратегії застосування штучного інтелекту. Система моніторингу атмосферного повітря, яка використовує технології штучного інтелекту, Air Quality Monitoring впроваджена у більшості країн, включаючи Україну. Використання штучного інтелекту для оптимізації енергетичних мереж міст базується на розробці алгоритмів зниження споживання енергії та зменшення викидів діоксиду вуглецю шляхом оптимізації використання відновлювальних джерел енергії. Програми управління водними ресурсами міст пов'язані з прогнозуванням повеней, аналізом рівнів води в міських поверхневих водоймах, виявленням витоків води, оптимізацією водопостачання та водоспоживання. Програми з використанням штучного інтелекту дозволяють підвищити ефективність переробки відходів, оптимізувати маршрути для сміттєвозів та алгоритми збору і сортування, зменшити навантаження на полігони складування відходів. Крім того, штучний інтелект впроваджують в управління зеленими зонами міст.

В системах управління екологічною безпекою міст України також застосовується штучний інтелект. Він використовується для аналізу інформації від стаціонарних постів моніторингу атмосферного повітря, які розміщені в містах України, для прогнозування надзвичайних екологічних ситуацій, оптимізації використання ресурсів та транспортних мереж міста. На сьогодні, є декілька українських проектів на основі роботи штучного інтелекту, які використовуються міськими екологами: EcoCity, AirVenture та SensAir, AquaSense, EcoPro, Smart Waste.

Отже, штучний інтелект допомагає міським адміністраціям краще адаптуватись до проблем, пов'язаних з екологічною безпекою міст, та, загалом, є основою забезпечення сталого розвитку.

Ключові слова: штучний інтелект, екологічна безпека, місто, система управління, моніторинг довкілля.

Vasylenko O.V., Sonko S.P., Balabak O.A., Balabak A.V., Nikitina O.V. Use of artificial intelligence technologies for urban environmental security management

The article presents the results of an analysis of the potential application of artificial intelligence technology to improve urban environmental security management. Artificial intelligence is capable of offering promising solutions for addressing issues related to better municipal services, the accessibility of utilities, and environmental security. Many countries around the world currently have effective strategies for applying artificial intelligence. The Air Quality Monitoring system, which utilizes artificial intelligence technologies, has been implemented in most countries, including Ukraine. The use of artificial intelligence to optimize city energy grids is based on the development of algorithms to reduce energy consumption and lower carbon dioxide emissions by optimizing the use of renewable energy sources. Water resource management programs in cities are associated with flood prediction, analysis of water levels in urban surface water bodies, leak detection, and optimization of water supply and consumption. Artificial intelligence programs help improve waste recycling efficiency, optimize routes for garbage trucks, and sorting and collection algorithms, as well as reduce the load on waste disposal landfills. Moreover, artificial intelligence is being implemented in the management of urban green spaces.

Artificial intelligence is also applied in environmental safety management systems in Ukrainian cities. It is used to analyze data from stationary air quality monitoring stations located in Ukrainian cities, predict emergency environmental situations, and optimize the use of resources and urban transport networks. Currently, there are several Ukrainian projects based on artificial intelligence that are used by municipal ecologists: EcoCity, AirVenture, SensAir, AquaSense, EcoPro, and Smart Waste.

Thus, artificial intelligence helps urban administrations better adapt to environmental safety challenges and, in general, serves as the foundation for ensuring sustainable development.

Key words: artificial intelligence, environmental security, city, management system, environmental monitoring.

Постановка проблеми. На сьогодні у містах світу проживає понад 3,5 млрд. осіб, а це більш ніж 50 % населення. Проте згідно прогнозів до 2050 року ця частка зросте до 70 % [1]. У всьому світі міста відчують тиск величезного потоку людей, які шукають безпеку, кращі можливості, зайнятість і задоволення своїх соціальних потреб. Посилення урбанізації ставить міста перед складними викликами, що пов'язані із землеустроєм, містобудуванням та ефективними управлінськими послугами по забезпеченні екологічної безпеки.

Оскільки масштаби міст продовжують рости, а екологічні катастрофи сіють хаос з більшою інтенсивністю, то терміново потрібні нові інструменти та рішення для підтримки та покращення сталості міст, для ефективного управління ресурсами, обмеження їхнього впливу на навколишнє середовище та покращення добробуту містян [2].

Паралельно прогресу у містах просування цифрових технологій, включаючи штучний інтелект, пропонуються перспективні рішення для вирішення проблем кращого муніципального обслуговування, доступності комунальних послуг та екологічної безпеки [3]. Використання штучного інтелекту в містах демонструє цікавий потенціал вирішення таких проблем, як затори, мобільність, споживання енергії, дефіцит води, надзвичайні ситуації, посухи, забруднення навколишнього середовища, шум або управління відходами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню ефективності використання технологій штучного інтелекту в системі управління міст присвячено чимало наукових праць.

У публікаціях вітчизняних дослідників Забловського А. [4], Андрієнко А. [5], Жуковича І. [6], Чукута С. [7], Маматової Т. [8], висвітлюються окремі аспекти концепції «Smart City». Ця концепція є однією із цифрових стратегій для вирішення проблеми міського розвитку для створення комфортного

міського середовища, яка може бути реалізована шляхом впровадження цифрових містобудівних рішень.

Велика кількість іноземних наукових публікацій доводить значний інтерес дослідників до можливостей використання технологій штучного інтелекту для покращення екологічної безпеки в містах. Науковцями висвітлені питання використання штучного інтелекту для оптимізації надання державних послуг [9, 10]. Використовуючи методи штучного інтелекту міста можуть аналізувати величезні обсяги даних для прийняття оптимальних містобудівних рішень [11–13]. Крім того, він є ключовим компонентом додатків для розумних міст [14, 15].

Постановка завдання. Основна мета даних досліджень полягає в аналізі потенціалу застосування технології штучного інтелекту для покращення управління екологічною безпекою міст. Для цього важливою частиною дослідження є оцінка впровадження штучного інтелекту в сучасну систему моніторингу навколишнього середовища міст, зокрема, для прогнозування ризиків системи забезпечення екологічної безпеки. Крім того, актуальним є визначення ключових напрямів інтеграції технологій штучного інтелекту в екологічну політику міського управління для оптимізації застосування ресурсів та покращення якості життя містян.

Виклад основного матеріалу дослідження. Мета концепції застосування технології штучного інтелекту в міському управлінні полягає в оптимізації міської мобільності, зменшенні заторів, мінімізації впливу транспорту на навколишнє середовище тощо. Ця концепція обертається навколо використання технологій для моніторингу та ефективного управління міським середовищем. Це включає впровадження розумних систем управління відходами, моніторинг якості повітря та води та інтеграцію зелених насаджень. Використовуючи датчики та аналітику даних, міста можуть працювати над створенням здоровіших і стійкіших умов життя для своїх жителів. Концепція «smartliving» охоплює інтеграцію технологій для підвищення якості життя мешканців міста. Це передбачає розгортання систем розумного дому та цифрових послуг, які задовольняють потреби окремих людей і громад. Ця концепція має на меті створити більш комфортний і зв'язаний міський простір, сприяючи почуттю благополуччя міської спільноти.

На сьогодні багато країн світу мають ефективні стратегії застосування штучного інтелекту для управління екологічною безпекою міст (табл. 1).

Аналізуючи дані таблиці, можна зробити висновок, що система моніторингу атмосферного повітря, яка використовує технології штучного інтелекту, *Air Quality Monitoring* впроваджена у всіх згаданих країнах. Більше того, ця система є універсальною для більшості країн світу і використовується в Україні. Використання штучного інтелекту для оптимізації енергетичних мереж міст базується на розробці алгоритмів зниження споживання енергії та зменшення викидів діоксиду вуглецю шляхом оптимізації використання відновлювальних джерел енергії. Програми управління водними ресурсами міст пов'язані з прогнозуванням повеней, аналізом рівнів води в міських поверхневих водоймах, виявленням витоків води, оптимізацією водопостачання та водоспоживання. Що стосується управління відходами міст, то згадані програми з використанням штучного інтелекту дозволяють підвищити ефективність переробки відходів, оптимізувати маршрути для сміттевозів та алгоритми збору і сортування, зменшити навантаження на полігони складування відходів. Отже, дані стратегії допомагають міським адміністраціям краще адаптуватись до проблем, пов'язаних з екологічною безпекою міст, та, загалом, є основою забезпечення сталого розвитку.

Таблиця 1

**Приклади успішних стратегій застосування штучного інтелекту
в управлінні екологічною безпекою міст різних країн**

Країна	Сфера управління екологічною безпекою міст			
	моніторинг атмосферного повітря	оптимізація енергетичних мереж	управління водними ресурсами	управління відходами
США	<i>Los Angeles Air Quality Management</i> (Лос-Анжелес)	<i>Seattle Smart</i> (Сіетл)	<i>New York City Smart Water Management</i> (Нью-Йорк)	<i>San Francisco Waste Sorting</i> (Сан-Франциско)
Китай	<i>Beijing Air Quality Monitoring</i> (Пекін)	<i>Shanghai Smart Energy System</i> (Шанхай)	<i>Shenzhen Smart Water Management</i> (Шеньчжень)	<i>Hangzhou Waste Sorting and Recycling</i> (Ханчжоу)
Німеччина	<i>Berliner Luftdaten</i> (Берлін)	<i>Frankfurt Smart City</i> (Франкфурт)	<i>Hamburg's Flood Control</i> (Гамбург)	<i>Köln's Waste Management</i> (Кельн)
Велика Британія	<i>London Air Quality Monitoring</i> (Лондон)	<i>Manchester Smart Energy Grid</i> (Манчестер)	<i>Cambridge Smart Water Management</i> (Кембридж)	<i>Bristol Waste Management</i> (Брістоль)
Франція	<i>Paris Air Quality Monitoring</i> (Париж)	<i>Grenoble Smart Energy</i> (Гренобль)	<i>Nice Smart Water Management</i> (Ніцца)	<i>Lyon Smart Waste Management</i> (Ліон)
Сінгапур	<i>Smart Nation Sensor Platform</i> (національна моніторингова платформа), <i>Eco-Ledger by Singtel</i> (реєстр викидів вуглецю)	<i>Smart Grid</i>	<i>Smart Water Management</i>	<i>Waste-to-Energy Systems</i>

Аналіз звітів McKinsey Global Institute, Global AI Index, PwC AI Report, Ministry of Internal Affairs and Communications of Japan, Accenture AI Insights, NASSCOM AI Adoption Survey, Canadian Government AI Strategy та інших показує, що застосування технологій штучного інтелекту для управління міськими екосистемами має досить суттєву частку, яка варіюється залежно від країни (рис. 1).

Більшість із цих ініціатив пов'язані із енергетикою та управлінням відходами. Мова йде про автоматичне енергоспоживання, розподіл його між різними джерелами енергії, прогнозування ефективності роботи сонячних панелей у різний час доби та різні періоди року, планування маршруту збору відходів та автоматичного їх сортування, передбачення їх обсягів.

Крім того, штучний інтелект впроваджують в управління зеленими зонами міст. Він використовується в системі моніторингу стану рослинності за допомогою спеціальних сенсорів в парках міст та дронів (наприклад, для виявлення шкідників), а також, задля оптимізації процесів поливу шляхом аналізу вологості

грунтів. Технології штучного інтелекту наскільки розвинулись, що за їх допомогою можливо змодельовати розвиток урбоєкосистем на фоні змін клімату і тим самим передбачити кризові явища.

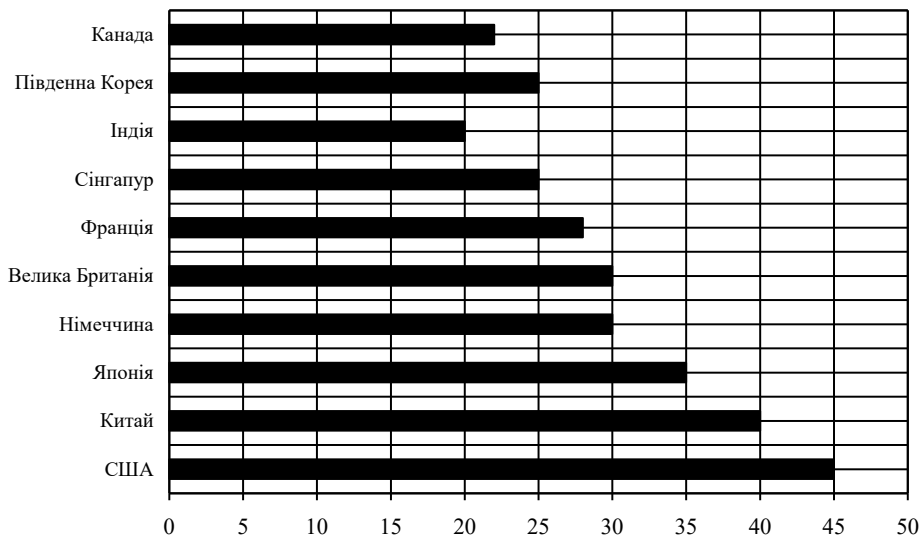


Рис. 1. Відсоток впровадження технологій штучного інтелекту в управління екологічною безпекою міст різних країн

В системах управління екологічною безпекою міст України також застосовується штучний інтелект. Перед усім, це вже згаданий *Air Quality Monitoring*. Штучний інтелект використовується для аналізу інформації від стаціонарних постів моніторингу атмосферного повітря, які розміщені в містах України. Але він інтегрований і у інші системи управління екологічною безпекою міст:

1. Прогнозування надзвичайних екологічних ситуацій (через опрацювання метеорологічних даних та супутникових знімків). Це дозволяє міській адміністрації вчасно зреагувати та запобігти катаклізмам.

2. Оптимізація ресурсовикористання (наприклад, прогнозування водоспоживання з відповідним налаштуванням міських насосних станцій).

3. Оптимізація транспортних мереж міста. Алгоритми, налаштовані штучним інтелектом, зменшують затори у містах та оптимізують транспортне навантаження вулиць (зокрема, з метою зменшення викидів у повітря).

На сьогодні, є декілька українських проектів на основі роботи штучного інтелекту, які використовуються міськими екологами:

1. EcoCity, AirVenture та SensAir. Використовуються в системі моніторингу атмосферного повітря міста.

2. AquaSense. Використовується для моніторингу якості водних ресурсів міста.

3. EcoPro. Використовується для управління енергоспоживанням будинків у містах.

4. Smart Waste. Використовується у системі поводження з відходами (оптимізує їх збір та переробку).

Таким чином, штучний інтелект допомагає знизити ризики для екологічної безпеки міст України, забезпечити їх сталий розвиток та підвищити ефективність міського управління.

Висновки і пропозиції. Швидкий розвиток штучного інтелекту відкриває величезні можливості для вирішення міських проблем і покращення якості життя мешканців. Завдяки аналізу використання штучного інтелекту можна зробити кілька ключових висновків. Він пропонує різноманітні цифрові додатки та перспективний потенціал для розвитку міст шляхом підвищення ефективності забезпечення екологічної безпеки, просування інновацій, і оптимізації використання ресурсів. Крім того, можна визначити майбутні напрямки впровадження штучного інтелекту в містоуправління, наголошуючи на важливості підвищення цифрової грамотності, просування етичних практик штучного інтелекту, використання нових технологій, сприяння екологічній обізнаності, надання пріоритету принципам проектування, орієнтованого на людину. Ці майбутні напрямки мають бути спрямовані на розширення можливостей мешканців міст, сприяння участі громади, вирішення суспільних проблем і створення сталого та стійкого міського середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Seto K. C., Guneralp B., and Hutyra L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *P. Natl. Acad. Sci. USA*, 2012. 109. P. 16083–16088.
2. Мураєв Є. В. Український досвід впровадження концепції смарт-міст: основні досягнення та проблеми. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2020. № 2. С. 91–96. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-280-2-17.
3. Voda A. I., Radu L. D. Artificial intelligence and the future of smart cities. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 2018. 9(2). P. 110–127.
4. Забловський А. Використання технологій штучного інтелекту для розвитку екосистеми розумних міст. *SMART інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України*. Центр Разумкова, Вид-во «Заповіт», 2021. С. 305–313.
5. Андрієнко А. Концепція «розумного міста»: уточнення ключових понять у контексті забезпечення розвитку великого муніципального утворення. *Аспекти публічного управління*, 2018. Т. 6. № 8. С. 24–34.
6. Жукович І. А. Smart-міста як новий об'єкт статистичних досліджень: визначення терміна. *Статистика України*, 2015. № 1. С. 18–22.
7. Чукут С. А., Дмитренко В. І. Смарт-сіті чи електронне місто: сучасні підходи до розуміння впровадження е-урядування на місцевому рівні. *Інвестиції: практика та досвід*, 2016. № 13. С. 89–93.
8. Маматова Т. В., Андрієнко А. О. Концепція «розумної територіальної громади» в контексті забезпечення інтелектуалізованого місцевого розвитку. Децентралізація влади в Україні: оцінювання результатів формування та розвитку самодостатніх громад: монографія / за заг. та наук. ред. С. М. Серьогіна, І. А. Чикаренко. Дніпро: ДРІДУ НАДУ, 2019. С. 73–84.
9. Ma Y., Ping K., Wu C., Chen L., Shi H., Chong D. Artificial Intelligence powered Internet of things and smart public service. *Library Hi Tech*, 2020. 38(1). P. 165–179. doi: 10.1108/LHT-12-2017-0274
10. Wirtz B. W., Weyerer J. C., Geyer C. Artificial Intelligence and the Public Sector – Applications and Challenges. *International Journal of Public Administration*, 2019. 42(7). P. 596–615. doi: 10.1080/01900692.2018.1498103
11. Al-Turjman F., Nayyar A., Devi A., Shukla P. K. Intelligence of things: AI-IoT based critical-applications and innovations. In *Intelligence of things: AI-IoT Based*

Critical-Applications and Innovations. *Springer International Publishing*, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-82800-4

12. Ullah Z., Al-Turjman F., Mostarda L., Gagliardi R. Applications of Artificial Intelligence and Machine learning in smart cities. *Computer Communications*, 2020. 154. P. 313–323. doi: 10.1016/j.com-com.2020.02.069

13. Allam Z., Tegally H., Tondoo M. Redefining the use of big data in urban health for increased live-ability in smart cities. *Smart Cities*, 2019. 2(2). P. 259–268. doi: 10.3390/smartcities2020017

14. Allam Z., Dhunny Z. A. On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 2019. 89. P. 80–91. doi: 10.1016/j.cities.2019.01.032

15. Liu Y., Yang C., Jiang L., Xie S., Zhang Y. Intelligent Edge Computing for IoT-Based Energy Man-agement in Smart Cities. *IEEE Network*, 2019. 33(2). P. 111–117. doi: 10.1109/MNET.2019.1800254