

Головчак Марія. Розділ IV. Штучний інтелект у прийнятті управлінських рішень: перспективи федеративного навчання. Штучний інтелект у науці : монографія / [авт. колектив]; за ред. Яцишина Андрія та Яцишин Анни. – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2025. – С. 60-68. ISBN 978-617-8830-09-0

РОЗДІЛ IV. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРИЙНЯТТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ: ПЕРСПЕКТИВИ ФЕДЕРАТИВНОГО НАВЧАННЯ

DOI: 10.33407/lib.NAES.id/748235

Головчак Марія¹[0000-0002-9890-6948]

¹ Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

maria.i.holovchak@lpnu.ua

Анотація. Розглянуто теоретичні основи впровадження федеративного навчання у процеси прийняття управлінських рішень в публічному секторі. Висвітлено роль штучного інтелекту у цифровому врядуванні, зацентровано увагу на перевагах та викликах використання федеративного навчання, зокрема щодо конфіденційності, безпеки даних та ефективності обробки інформації. Проведено аналіз сучасних досліджень та визначено перспективи застосування федеративного навчання в публічному управлінні. Результати дослідження можуть бути корисними для науковців, публічних службовців та розробників політик, які прагнуть підвищити ефективність прийняття рішень за допомогою інноваційних технологій.

Ключові слова: штучний інтелект, федеративне навчання, прийняття публічних рішень, публічне управління, технології, цифрове врядування, конфіденційність даних, безпека інформації, аналітика даних, інтелектуалізовані управлінські системи.

Вступ. Швидкий розвиток технологій упродовж останніх років зумовив експоненційне зростання ролі штучного інтелекту (ШІ) у трансформаційних процесах сучасних суспільних систем (Hilbert, 2020; Lu, 2019). Інтеграція ШІ в механізми прийняття управлінських рішень не лише сприяє оптимізації стратегічного планування, а й докорінно змінює парадигми цифрового врядування (Kuziemski & Misuraca, 2020). У зв'язку з цим постає необхідність

аналізування концептуальних засад й практичної імплементації федеративного навчання як одного з найбільш перспективних методологічних підходів у контексті прийняття управлінських рішень в публічному секторі.

Штучний інтелект, як мультидисциплінарний феномен, охоплює спектр алгоритмічних методів і моделей, орієнтованих на когнітивну автоматизацію аналітичних і прогностичних процесів, які традиційно потребують людського інтелекту, таких як аналіз, навчання та ухвалення рішень. Протягом останніх років еволюція ШІ детермінована синергією між зростаючою обчислювальною потужністю, розвитком великих масивів даних та удосконаленням глибинного навчання, яка забезпечує якісно новий рівень адаптивності й автономності цифрових систем (Zhu, Yu et al., 2023). У результаті, ШІ став невід'ємною частиною багатьох сфер, зокрема охорони здоров'я, фінансів та виробництва, відкриваючи нові можливості та виклики для управлінців (Bughin, Hazan et al., 2018).

Цифрова трансформація змінила підходи до управління та конкуренції, сформувавши динамічне середовище, яке характеризується інформаційною надмірністю, високим рівнем волатильності та необхідністю швидкої адаптації управлінських систем до зовнішніх змін (Bughin et al., 2018). Водночас процеси ухвалення стратегічних рішень дедалі більше залежать від аналітики великих даних та когнітивних технологій, які забезпечують прогнозованість і адаптивність у прийнятті політико-управлінських рішень (Duan, Edwards & Dwivedi, 2019). У цьому контексті штучний інтелект займає провідне місце, забезпечуючи організації аналітичними інструментами для більш обґрунтованого прийняття рішень та розробки ефективних стратегій (Davenport, Guha, Grewal, & Bressgott, 2020).

Федеративне навчання (ФН), як один із перспективних підходів у сфері ШІ, дозволяє проводити аналіз даних без централізованого збирання, що важливо для сектору публічного управління, де питання конфіденційності та безпеки інформації відіграють визначальну роль (Banabilah, ... & Jararweh, 2022). Іншими словами, федеративне навчання – це інструмент для ефективного використання децентралізованих даних без порушення конфіденційності. Використання

підходу ФН може значно підвищити ефективність прийняття управлінських рішень, забезпечуючи доступ до цінної інформації при дотриманні високих стандартів безпеки та захисту даних.

Розвиток інтелектуалізованих управлінських систем на основі федеративного навчання відкриває нові горизонти для ухвалення рішень у сфері публічного управління, дозволяючи гармонізувати ефективність аналітичних процесів із вимогами безпеки даних. Попри це виникає потреба у розробці методологічних підходів до імплементації таких технологій, яка потребує подальших міждисциплінарних досліджень у публічному управлінні.

Аналіз літератури та постановка проблеми. Аналіз сучасних досліджень щодо застосування ШІ в управлінні підтверджує зростаючу увагу науковців до можливостей федеративного навчання як інноваційного підходу, який поєднує ефективність обробки даних із забезпеченням конфіденційності та безпеки інформації. Основоположні дослідження ФН було вперше представлено Google у 2015 році (Konečný, McMahan, Ramage et al., 2016, Konečný, McMahan, Yu et al., 2016). Вони заклали основу для розвитку ФН як децентралізованого підходу до навчання моделей машинного навчання (МН), який дозволяє навчати моделі без передачі персональних даних на центральний сервер.

Дослідження McMahan & Ramage (2017) та подальші напрацювання Kairouz, McMahan та ін. (2021) у сфері безпечного та приватного навчання моделей є важливими для прийняття управлінських рішень, особливо в публічному секторі. ФН, яке вони досліджували, дозволяє аналізувати децентралізовані дані без їхньої передачі на централізовані сервери, що мінімізує ризики витоку конфіденційної інформації та покращує рівень довіри до цифрових управлінських систем. Досвід Google Assistant демонструє, як такі підходи можуть бути масштабованими та застосовними до складних систем ухвалення рішень, забезпечуючи адаптивність алгоритмів до змінних умов і потреб суспільства.

Hard та ін. (2018) досліджували застосування ФН у Gboard на Android, що стало одним із перших реальних прикладів використання технології для

інтелектуального текстового введення. Інтелектуальне текстове введення на основі ФН показало, що можливо покращувати моделі ШІ, не передаючи особисті дані користувачів на централізовані сервери. Це принципово для публічного управління та корпоративного менеджменту, де рішення ґрунтуються на чутливій інформації.

ФН продовжує еволюціонувати, адаптуючись до потреб різних галузей, що зумовлює необхідність комплексного аналізу його архітектурних фреймворків і системних викликів. Yang, Liu, Chen і Tong (2019) розглянули основні архітектури ФН, їхні переваги та обмеження, акцентуючи увагу на питаннях ефективності обчислень. Подальші дослідження Aledhari, Razzak, Parizi та Saeed (2020) були зосереджені на створенні програмних і апаратних рішень для ФН, включаючи розподіл ресурсів та оптимізацію збереження даних. У цей же час, Lim та ін. (2020) окреслили системні виклики ФН, зокрема витрати на зв'язок, безпеку даних і механізми забезпечення конфіденційності, які є значущими для широкого впровадження цієї технології. На практичному рівні ФН вже знаходить застосування у сферах штучного інтелекту, обробки природної мови, автономного транспорту, IoT, а також у поєднанні з блокчейном для підвищення рівня безпеки.

Різні ринкові сегменти, такі як охорона здоров'я, освіта, промисловість та публічне управління, активно впроваджують ФН для збереження конфіденційності даних та покращення ефективності процесів ухвалення рішень. Подальші дослідження мають зосереджуватися на вдосконаленні механізмів рекомендацій, підвищенні рівня персоналізації, інтеграції федеративного навчання у публічний сектор, а також оптимізації управління енергоресурсами, що сприятиме розширенню його можливостей та підвищенню ефективності застосування в різних сферах.

Результати дослідження. Використання ШІ в публічному секторі сприяє підвищенню ефективності та точності управлінських рішень, актуалізуючи питання прозорості, етичності та конфіденційності даних. У цьому контексті ФН постає як перспективний підхід, який забезпечує навчання моделей ШІ на

децентралізованих даних без порушення приватності та безпеки інформації. Наприклад, у сфері охорони здоров'я ФН може використовуватися для прогнозування епідемій, де дані про пацієнтів зберігаються локально в закладах охорони здоров'я, а в фінансовому секторі – для виявлення шахрайства, де збереження конфіденційності транзакцій є критичним.

Дослідження провідних закордонних учених підтверджують, що інтеграція ФН в процеси публічного управління надає значні переваги. По-перше, завдяки аналізу даних без їх передачі на централізовані сервери, ФН суттєво підвищує рівень конфіденційності та безпеки, мінімізуючи ризики витоку інформації та кібератак (Hard et al., 2018). По-друге, застосування ФН дозволяє оптимізувати ухвалення стратегічних рішень через більш точне та швидке прогнозування тенденцій, (Kairouz et al., 2021). ФН також забезпечує гнучкість і масштабованість, що дозволяє адаптуватися до регіональних особливостей, створюючи персоналізований підхід до прийняття рішень (Zhang et al., 2022). Експериментальне моделювання (Theoretical and practical aspects, 2022) показало, що використання ФН може підвищувати точність прогнозування соціально-економічних процесів на 18-22% порівняно з традиційними методами машинного навчання, скорочувати час обробки даних на 27% і забезпечувати рівномірний доступ до аналітичної інформації для різних органів влади, що сприяє гармонізації політик на національному та регіональному рівнях.

Безсумнівно, федеративне навчання має чималу кількість переваг, однак його впровадження зіштовхується з низкою суттєвих викликів. Серед основних проблем можна виокремити необхідність стандартизації даних між різними державними установами, забезпечення сумісності технологічних платформ та подолання організаційних бар'єрів. Крім того, важливо враховувати питання відповідальності та підзвітності при використанні ШІ в процесах ухвалення рішень, оскільки це дозволяє уникнути упередженості, забезпечуючи справедливість та прозорість результатів.

На наш погляд, ФН має значний потенціал щодо майбутнього використання в публічному управлінні, зокрема для розробки інтелектуальних систем

підтримки рішень для урядів та органів місцевого самоврядування, що сприятиме покращенню якості та ефективності ухвалення рішень. Також ФН може бути застосоване для створення автоматизованих моделей аналізу великих обсягів даних у сфері соціальної політики, і для розробки механізмів прогнозування кризових ситуацій та їх ефективного врегулювання, що дозволить органам влади оперативно реагувати на непередбачувані обставини.

Ahmadzai та Nguyen (2024) зазначають, що федеративне навчання є перспективним інструментом цифрової трансформації публічного управління, оскільки дає змогу державним установам аналізувати великі обсяги даних без ризику порушення конфіденційності, що сприяє впровадженню більш персоналізованих і адаптивних управлінських рішень, які враховують специфічні потреби громадян. Проте ефективна реалізація ФН потребує створення єдиних стандартів обміну даними між різними установами, модернізації цифрової інфраструктури та посилення заходів кібербезпеки. Незважаючи на ці виклики, використання ФН у публічному секторі має значний потенціал для підвищення ефективності державного управління, забезпечення прозорості процесів ухвалення рішень і зміцнення довіри громадян до державних інституцій.

У публікації *Privacy Attacks in Federated Learning* (2024) Національного інституту стандартів і технологій (NIST) розглядаються потенційні загрози конфіденційності, що виникають під час використання федеративного навчання. Автори аналізують механізми атак, зокрема можливість витоку даних через оновлення моделей, що може поставити під загрозу приватність користувачів та організацій.

Значну увагу приділено методам підвищення безпеки, серед яких – застосування диференційної приватності, шифрування даних та вдосконалення алгоритмів навчання. Вони дозволяють мінімізувати ризики ідентифікації окремих учасників і забезпечити відповідність сучасним стандартам захисту інформації. Публікація підкреслює важливість комплексного підходу до безпеки ФН, який поєднує технічні рішення, нормативні вимоги та етичні аспекти для успішного впровадження технології у сферах, де конфіденційність даних є

критично важливою – зокрема в публічному управлінні, фінансовому секторі та охороні здоров'я.

Важливим напрямом подальших досліджень є розробка стратегій інтеграції федеративного навчання в існуючі цифрові екосистеми публічного управління, які передбачають аналіз інституційної спроможності органів влади до впровадження таких рішень, визначення оптимальних моделей управління даними та оцінку їх впливу на прийняття стратегічних рішень. Критичною залишається проблема стандартизації даних і забезпечення сумісності технологічних платформ між різними державними структурами. Відсутність уніфікованих підходів може ускладнити взаємодію між організаціями та обмежити потенціал ФН. Тому перспективним є дослідження механізмів інтероперабельності та адаптації ФН до специфіки публічного сектору.

Окрім технічних аспектів, необхідно враховувати й етичні та правові виклики, зокрема питання відповідальності за рішення, ухвалені на основі алгоритмічного аналізу. Саме це вимагає розробки регуляторних рамок, які балансуватимуть між ефективністю використання ШІ та дотриманням прав громадян на приватність і справедливість. Отже, подальший розвиток федеративного навчання у публічному управлінні потребує комплексного підходу, що охоплює як технічні, так і організаційні аспекти, а також активного міждисциплінарного діалогу між науковою спільнотою, представниками державних інституцій та розробниками технологій.

Висновки. Результати дослідження підтверджують, що інтеграція штучного інтелекту у процеси прийняття управлінських рішень у публічному секторі має значний потенціал для підвищення ефективності, адаптивності та прозорості публічного управління. Зокрема, федеративне навчання, як один із перспективних методів, дозволяє зберігати баланс між аналітичною потужністю ШІ та критично важливими аспектами безпеки й конфіденційності даних. Саме це відкриває нові можливості для формування політик, заснованих на даних, без ризику централізації чутливої інформації. Попри це, успішна імплементація таких технологій потребує ретельного міждисциплінарного підходу, який

охоплюватиме не лише технічні аспекти, а й правові, етичні та організаційні виклики. Перспективи подальших досліджень слід зосередити на практичних механізмах впровадження федеративного навчання у публічне управління, враховуючи особливості публічного сектору та суспільний запит на відповідальне використання ШІ.

Список джерел

1. Ahmadzai, M., & Nguyen, G. (2024). Differential private federated learning in geographically distributed public administration processes. *Future Internet*, 16(7), 220.
2. Aledhari, M., Razzak, R., Parizi, R. M., & Saeed, F. (2020). Federated learning: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Access*, 8, 140699-140725.
3. Banabilah, S., Aloqaily, M., Alsayed, E., Malik, N., & Jararweh, Y. (2022). Federated learning review: Fundamentals, enabling technologies, and future applications. *Information processing & management*, 59(6), 103061.
4. Bughin, J., Hazan, E., Sree Ramaswamy, P., DC, W., & Chu, M. (2017). *Artificial intelligence the next digital frontier*.
5. Davenport, T., Guha, A., Grewal, D., & Bressgott, T. (2020). How artificial intelligence will change the future of marketing. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 48, 24-42.
6. Duan, Y., Edwards, J. S., & Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of Big Data—evolution, challenges and research agenda. *International journal of information management*, 48, 63-71.
7. Hard, A., Rao, K., Mathews, R., Ramaswamy, S., Beaufays, F., Augenstein, S., ... & Ramage, D. (2018). Federated learning for mobile keyboard prediction. *arXiv preprint arXiv:1811.03604*.
8. Hilbert, M. (2020). Digital technology and social change: the digital transformation of society from a historical perspective. *Dialogues in clinical neuroscience*, 22(2), 189-194.
9. Kairouz, P., McMahan, B., Song, S., Thakkar, O., Thakurta, A., & Xu, Z. (2021, July). Practical and private (deep) learning without sampling or shuffling. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 5213-5225). PMLR.
10. Konečný, J., McMahan, H. B., Ramage, D., & Richtárik, P. (2016). Federated optimization: Distributed machine learning for on-device intelligence. *arXiv preprint arXiv:1610.02527*.
11. Konečný, J., McMahan, H. B., Yu, F. X., Richtárik, P., Suresh, A. T., & Bacon, D. (2016). Federated learning: Strategies for improving communication efficiency. *arXiv preprint arXiv:1610.05492*.
12. Kuziemski, M., & Misuraca, G. (2020). AI governance in the public sector: Three tales from the frontiers of automated decision-making in democratic settings. *Telecommunications policy*, 44(6), 101976.

13. Lim, W. Y. B., Luong, N. C., Hoang, D. T., Jiao, Y., Liang, Y. C., Yang, Q., ... & Miao, C. (2020). Federated learning in mobile edge networks: A comprehensive survey. *IEEE communications surveys & tutorials*, 22(3), 2031-2063.
14. Lu, Y. (2019). Artificial intelligence: a survey on evolution, models, applications and future trends. *Journal of Management Analytics*, 6(1), 1-29.
15. McMahan, B., Moore, E., Ramage, D., Hampson, S., & y Arcas, B. A. (2017, April). Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data. In *Artificial intelligence and statistics* (pp. 1273-1282). PMLR.
16. Privacy Attacks in Federated Learning. NIST. URL: <https://www.nist.gov/blogs/cybersecurity-insights/privacy-attacks-federated-learning?> (date of access: 28.03.2025).
17. Theoretical and practical aspects of the development of modern scientific research: Scientific monograph. Part 1. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. 400 p
18. Yang, Q., Liu, Y., Chen, T., & Tong, Y. (2019). Federated machine learning: Concept and applications. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, 10(2), 1-19.
19. Zhang, T., Gao, L., He, C., Zhang, M., Krishnamachari, B., & Avestimehr, A. S. (2022). Federated learning for the internet of things: Applications, challenges, and opportunities. *IEEE Internet of Things Magazine*, 5(1), 24-29.
20. Zhu, S., Yu, T., Xu, T., Chen, H., Dustdar, S., Gigan, S., ... & Pan, Y. (2023). Intelligent computing: the latest advances, challenges, and future. *Intelligent Computing*, 2, 0006.