

УДК 004.65

DOI: 10.32626/2308-5916.2025-28.63-70

О. Є. Коваленко*, д-р техн. наук, професор,

В. А. Федорчук**, д-р техн. наук, професор

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України, м. Київ,

**Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський

КОНВЕРГЕНЦІЯ МОДЕЛЕЙ ЗНАНЬ ТА МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Цифровізація різних сфер діяльності для забезпечення сталого розвитку супроводжується дедалі більш широким використанням інструментів штучного інтелекту. Адаптація моделей штучного інтелекту до цільової області застосування може здійснюватися за допомогою предметних моделей знань. Використання штучного інтелекту в поєднанні з ефективним управлінням знаннями має вирішальне значення для забезпечення конкурентоспроможності організацій в умовах швидких змін навколишнього середовища. Інтеграція штучного інтелекту з моделями знань створює кілька проблем, пов'язаних з координацією моделей обробки інформації та інтерпретацією їх результатів. Ці проблеми пов'язані з технологічними, організаційними та етичними аспектами. Великі мовні моделі (LLM), що працюють на основі методів глибокого навчання (DL) використовуються у області розпізнавання натуральної мови (NLP). Конвергенція LLM та ГЗ спрямована на використання переваг обох моделей, забезпечуючи конвергентну модель, яка може добре працювати як у представленні знань, так і в логічному виведенні. Застосування моделей знань для класифікації застосувань ШІ у мережах 5G/6G відповідно до їхньої ролі в мережевих операціях та впливу на вертикальні сфери, такі як Інтернет речей (IoT), охорона здоров'я та транспорт забезпечують оптимізацію мережі, прогнозу аналітику та підвищення безпеки. Конвергенція моделей ШІ та моделей знань у метавесвіті створює окремі проблеми, що виникають через взаємодію між віртуальними середовищами та технологіями. У статті розглядаються підходи до забезпечення узгодженого використання моделей штучного інтелекту та моделей знань у вирішенні різних завдань, а також визначаються пріоритетні завдання, пов'язані з інтеграцією моделей штучного інтелекту та моделей знань.

Ключові слова: *модель знань, модель штучного інтелекту, інтелектуальний агент, конвергенція моделей.*

Вступ. Сучасний світ характеризується повсюдним використанням штучного інтелекту та комп'ютеризованих засобів у всіх галузях сучасного життя. Просування концепцій сталого розвитку від Industry 4.0 до Industry 5.0 та від Society 4.0 до Society 5.0, а також їхній взаємний вплив потребують розробки адекватних підходів та методів для створення гнучких систем та систем для забезпечення сталого прогресу людства. Сталий розвиток, людиноцентричність та стійкість є визначальними рисами Industry 5.0 у звіті Європейської Комісії «Industry 5.0: на шляху до сталої, людиноцентричної та стійкої європейської промисловості» [1].

Побудова та експлуатація кіберконвергентних систем на основі знань забезпечують підтримку послуг, необхідних у конкретній області застосування для вирішення завдань сталого розвитку на основі комбінації відповідних ситуаційних агентів на різних етапах забезпечення підтримки ефективного вирішення задач цільової діяльності [2].

У швидкозмінному ландшафті цифрової епохи штучний інтелект (ШІ) виявився трансформаційною силою, фундаментально змінюючи парадигми моделей знань у різних галузях. Оскільки організації прагнуть використати весь потенціал свого інтелектуального капіталу, технології ШІ пропонують безпрецедентні можливості для покращення створення, поширення та використання знань. Завдяки своїм розширеним можливостям автоматизації складних завдань, вилучення критично важливої інформації з великих сховищ даних, ефективного зберігання та управління знаннями, а також безперешкодного полегшення їх переходу та застосування, штучний інтелект суттєво змінив те, як організації орієнтуються у своїх ресурсах знань та оптимізують їх, надаючи їм можливість досягати більш ефективних та складних процесів прийняття рішень. Таким чином конвергенція моделей знань та моделей штучного інтелекту є актуальною проблемою.

Інтеграція штучного інтелекту з моделями знань створює кілька проблем, пов'язаних з координацією моделей обробки інформації та інтерпретацією їх результатів. У статті пропонуються підходи до забезпечення узгодженого використання моделей штучного інтелекту та моделей знань у вирішенні різних завдань, а також визначаються пріоритетні завдання, пов'язані з інтеграцією моделей штучного інтелекту та моделей знань.

Типи моделей штучного інтелекту. Штучний інтелект (ШІ) пов'язують зі здатністю обчислювальних систем виконувати завдання, зазвичай пов'язані з можливостями людського інтелекту. Він дозволяє машинам виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту, такі як навчання, міркування, вирішення проблем, сприйняття інформації, прийняття рішень та розуміння мови. Це галузь досліджень в

інформатиці, яка розробляє та вивчає методи та програмне забезпечення, що дозволяють машинам сприймати своє середовище та використовувати навчання та інтелект для вжиття дій, що максимізують їхні шанси на досягнення визначених цілей.[3]. III моделює процеси людського інтелекту машинами, зокрема комп'ютерними системами.

Штучний інтелект включає різні типи моделей (рис. 1), такі як машинне навчання (machine learning, ML), обробка натуральної мови (Natural Language Processing, NLP), комп'ютерний зір (computer vision, CV), глибоке навчання (deep learning, DL), згорткові нейронні мережі (convolutional neural network, CNN) та ін.

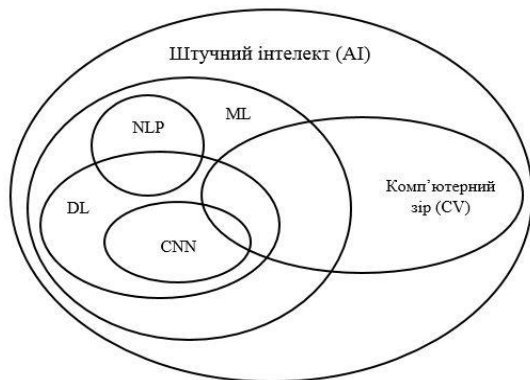


Рис. 1. Типи моделей штучного інтелекту

Моделі знань. Формалізовані знання – це факти, об'єднані відношеннями та функціями інтерпретації, отриманими через досвід або асоціацію шляхом розуміння будь-якого домену діяльності. Знання в основному складаються з інформації, класифікації інформації та метаданих. Метадані використовуються для порівняння даних та інформації. Основна перевага знань – можливість знаходити проблему, заглиблюватися в неї, створювати погляди та допомагати їх ефективно вирішувати. Особливостями знань є проактивність, змінюваність, можлива неповнота. Створення бази знань починається з ідентифікації знань, їх добування, перевірки та подальшого розгортання.

Моделі знань реалізуються як концептуальні фреймворки або шаблони, які структурують, упорядковують та представляють інформацію, визначаючи зв'язки між сутностями для розуміння та ефективного використання знань, виконуючи роль проєкту для моделей даних, додатків або штучного інтелекту, починаючи від простих бізнес-правил (таких як дерева рішень) і закінчуючи складними семантичними графами. Вони дозволяють організаціям керувати бізнес-логікою, персоналізувати досвід та керувати автоматизованими про-

цесами надаючи системам функції логічного виведення та надання властивостей інтелектуальної поведінки.

Проблеми конвергенції моделей ШІ та моделей знань. Конвергенція моделей ШІ та моделей знань поєднує величезний потенціал та є складним у практичній реалізації. Оскільки в різних сферах діяльності все частіше використовують технології ШІ та управління знаннями для покращення процесів, вони стикаються з різними проблемами, які потребують критичного вивчення. Ці виклики пов'язані з технологічними, організаційними та етичними аспектами, кожен з яких створює унікальні проблеми для ефективної конвергенції моделей ШІ та моделей знань [4]. Технологічні проблеми охоплюють питання, пов'язані з якістю даних, системною інтеграцією та адаптивністю алгоритмів ШІ до різних організаційних контекстів. З іншого боку, організаційні виклики пов'язані зі структурними та культурними зрушеннями, необхідними для впровадження систем управління знаннями на основі штучного інтелекту, включаючи зміни в робочих процесах, вимогах до кваліфікації та парадигмах прийняття рішень. Етичні виклики пов'язані з усвідомленням наслідків використання штучного інтелекту для конфіденційності, справедливості, прозорості та підзвітності в практиці управління знаннями.

Підходи до конвергенції моделей ШІ та моделей знань. *Великі мовні моделі та графи знань.* Великі мовні моделі (LLM), що працюють на основі методів глибокого навчання (DL) використовуються у області NLP. LLM фіксують контекст і залежності в тексті, що дозволяє їм генерувати тексти, подібний до живої мови. Алгоритми LLM дозволяють якісно виконувати такі завдання, як генерація та переклад тексту. Їх можна розділити на три типи: моделі на основі кодера, моделі на основі декодера та моделі з використанням кодера-декодера.

Граф знань (ГЗ) – це структуроване представлення знань, яке висвітлює зв'язки між сутностями, дозволяючи машинам краще розуміти та використовувати ці зв'язки. ГЗ можна розділити на чотири типи залежно від змісту: енциклопедичні ГЗ, ГЗ здорового глузду, ГЗ специфічні для предметної області та ГЗ на основі подій. Кожен тип служить для різних застосувань, від пошуку загальних знань до спеціалізованих міркувань у предметній області.

LLM та графи знань мають свої сильні сторони та обмеження в різних сферах застосуваннях. В той час як LLM переважають у міркуваннях та висновках, ГЗ забезпечують структуровані фреймворки для представлення знань завдяки своїй структурованій природі [5]. Конвергенція LLM та ГЗ спрямована на використання переваг обох моделей, забезпечуючи конвергентну модель, яка може добре працювати як у представленні знань, так і в логічному виведенні.

Моделі штучного інтелекту та моделі знань в безпроводових комунікаціях. Екосистема мобільних мереж зазнає глибоких змін, зумовлених ШІ, віртуалізацією мережесих функцій (Network Function Virtualization, NFV) та програмно-визначеними мережами (Software-Defined Networking, SDN). Ці технології забезпечують суттєву трансформацію мереж наступного покоління, забезпечуючи значні покращення ефективності, гнучкості та сталого розвитку. Використання ШІ та керованого знаннями проектування впливає на весь життєвий цикл мобільних мереж, включаючи розробку, розгортання, впровадження послуг та довгострокове управління. Застосування моделей знань для класифікації застосувань ШІ у мережах 5G/6G відповідно до їхньої ролі в мережесих операціях та впливу на вертикальні сфери, такі як Інтернет речей (IoT), охорона здоров'я та транспорт забезпечують оптимізацію мережі, прогнозу аналітику та підвищення безпеки [6-9]. Крім того, використання моделей знань підвищує ефективність федеративного навчання, підтримку передових моделей ШІ та пояснений (інтерпретовний) ШІ, а також допомагає подолати основні проблеми, пов'язані з конфіденційністю даних, адаптивністю та сумісністю.

Моделі штучного інтелекту та моделі знань у метасвіті (метавсесвіті). Метавсесвіт (metaverse) – це віртуальний світ, у якому користувачі взаємодіють, представлені аватарами зазвичай у віртуальній реальності (VR), використовуючи досвід фокусований на соціальних та економічних зв'язках [10]. У динамічному цифровому ландшафті метавсесвіт – це новітній підхід, що об'єднує віртуальний та фізичний світи, створюючи захопливий інтерактивний світ. Потенціал метавсесвіту забезпечується мультитехнологічною конвергенцією та пропонує революційні перспективи для суспільної взаємодії та трансформації.

Інтеграція моделей ШІ та моделей знань у метавсесвіт створює окремі проблеми, що виникають через взаємодію між віртуальними середовищами та технологіями. Основних труднощі застосування ШІ у метавсесвіті, обумовлені наведеними нижче факторами [11].

1. Взаємодія в реальному часі. Вимога взаємодії в реальному часі є поширеною в метавсесвіті. Потреба в миттєвих, контекстуально релевантних взаємодіях у динамічному, тривимірному віртуальному середовищі може обтяжити можливості існуючих технологій ШІ, особливо при одночасному управлінні кількома користувачами.
2. Усвідомлення контексту. Моделі ШІ повинні забезпечувати глибоке розуміння контексту метавсесвіту. Це охоплює просторовий, соціальний та часовий контексти взаємодій на додаток до безпосереднього розмовного середовища. Проблема досягнення такого рівня ситуаційної обізнаності обумовлена складністю інтеграції моделі з потоками даних метавсесвіту.

3. Досвід користувача та занурення. Важливо зберегти занурення користувача в метавсесвіт. Моделі ІІІ повинні надавати відповіді, які покращують занурення, а також бути точними. Це передбачає використання мови у спосіб, що відповідає акторам, обстановці та передбачуваному настрою, які можуть суттєво змінюватися у віртуальних світах.
4. Масштабованість. Масштабованість є проблемою для деяких моделей ІІІ у метавсесвіті. Тисячі або мільйони користувачів можуть взаємодіяти з середовищем на основі ІІІ одночасно, що вимагає великої комп'ютерної потужності та ефективних методів масштабування моделі.
5. Конфіденційність та безпека. Проблеми конфіденційності виникають під час використання моделей ІІІ, особливо коли ці моделі обробляють персональні дані для налаштування взаємодії. Захист даних від порушень та забезпечення відповідності управління даними стандартам конфіденційності є важливими викликами.
6. Упередженість та справедливість. Упередженості в навчальних даних можуть бути перенесені в моделі ІІІ або посилені ними. Такі упередження можуть призвести до несправедливої або неналежної взаємодії в різноманітному та глобальному середовищі метавсесвіту, відчужуючи користувачів або посилюючи стереотипи.
7. Конвергенція технологій штучного інтелекту. Конвергенція різних моделей ІІІ та моделей знань, таких як комп'ютерний зір, NLP, емоційні обчислення тощо, можуть бути корисним для метавсесвіту, але теоретично складно координуваними в рамках функціонування цілісної системи в режимі реального часу.
8. Економічна та ресурсна нерівність. Оскільки розгортання передових технологій ІІІ може бути ресурсоємним, може виникнути ситуація, коли лише добре фінансовані середовища метавсесвіту зможуть дозволити собі інтегрувати ці технології, що збільшує розрив у користувацькому досвіді та можливостях між різними віртуальними світами.
9. Безперервне навчання та адаптація. Метавсесвіт – це середовище, що швидко змінюється. Правове забезпечення метавсесвіту повинно постійно актуалізувати інформаційний контекст середовища та адаптуватися до сленгу, культурних змін і поведінки користувачів. Одна з основних проблем полягає в тому, щоб забезпечити актуальність моделей ІІІ та моделей знань без порушення цілісності чи надійності результатів функціонування метавсесвіту.

Висновки. У статті проведено аналіз підходів до конвергенції моделей ІІІ та моделей знань у сферах застосування, пов'язаних із забезпеченням сталого розвитку. Визначено ключові проблеми такої

конвергенції пов'язані з організаційними, технологічними та етичними аспектами. Окреслено підходи, які дозволяють забезпечити конвергенцію моделей III та моделей знань в інноваційних сферах безпроводових комунікацій та створення метавесвіту. Комплексне вирішення визначених завдань може бути забезпечено на основі використання фундаментальних онтологій з подальшою адаптацією до цільової предметної сфери.

Список використаних джерел:

1. Breque M., De Nul L., Petridis A. European Commission, Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. *Publications Office: Directorate-General for Research and Innovation*. 2021.
2. Kovalenko O. Knowledge Driven Cyber-Convergent Systems Based on Situational Agents 2022 *IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. 2022. P. 243-246. DOI: 10.1109/CSIT56902.2022.10000762.
3. Russell S. J., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Hoboken: Pearson. 2021. 1166 p.
4. Mojtaba R. Artificial intelligence in knowledge management: Identifying and addressing the key implementation challenges. *Technological Forecasting and Social Change*. 2025. Vol. 217. Art. 124183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124183>.
5. Cai L., Kang Y., Yu C. and other. Bringing Two Worlds Together: The Convergence of Large Language Models and Knowledge Graphs. *2024 3rd International Conference on Automation, Robotics and Computer Engineering (ICARCE) China*, 2024. P. 207-216. DOI: 10.1109/ICARCE63054.2024.00046.
6. Omheni N., Koubaa H., Zarai F. Artificial Intelligence for 5G and 6G Networks: A Taxonomy-Based Survey of Applications, Trends, and Challenges. *Technologies*. 2025. Vol. 13. Art. 559. DOI: <https://doi.org/10.3390/technologies13120559>.
7. Shoaib M. R., Wang Z., Zhao J. The Convergence of Artificial Intelligence Foundation Models and 6G Wireless Communication Networks. *2024 IEEE 99th Vehicular Technology Conference (VTC2024-Spring)*. Singapore, 2024. P. 1-5. DOI: 10.1109/VTC2024-Spring62846.2024.10683090.
8. Himeur Y., Dawoud D. W., Alnaseri O. and other. Federated Large Language Models for Wireless Networks. *2025 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC)*. 2025. P. 1546-1551.
9. Usman Y., Oladipupo H., During A. D. and other. AI, ML, and LLM Integration in 5G/6G Networks: A Comprehensive Survey of Architectures, Challenges, and Future Directions. *IEEE Access*. 2025. Vol. 13. P. 168914-168950.
10. Ritterbusch G. D., Teichmann M. R. Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 12368-12377. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3241809.
11. Aloudat M. Z., Aboumadi A., Soliman A., and other. Metaverse Unbound: A Survey on Synergistic Integration Between Semantic Communication, 6G, and Edge Learning. *IEEE Access*. 2025. Vol. 13. P. 58302-58350.

CONVERGENCE OF KNOWLEDGE MODELS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS

The digitalization of various areas of activity to ensure sustainable development is accompanied by the increasing use of artificial intelligence (AI) tools. Adaptation of artificial intelligence models to the target application area can be carried out using subject knowledge models. The use of artificial intelligence in combination with effective knowledge management is crucial for ensuring the competitiveness of organizations in conditions of rapid environmental changes. The integration of artificial intelligence with knowledge models creates several problems related to the coordination of information processing models and the interpretation of their results. These problems are related to technological, organizational and ethical aspects. Large language models (LLM) based on deep learning (DL) methods are used in the field of natural language recognition (NLP). The convergence of LLM and GN aims to use the advantages of both models, providing a convergent model that can work well in both knowledge representation and logical inference. Applying knowledge models to classify AI applications in 5G/6G networks according to their role in network operations and impact on vertical areas such as the Internet of Things (IoT), healthcare, and transportation provides network optimization, predictive analytics, and improved security. The convergence of AI and knowledge models into a metaverse creates specific challenges that arise from the interaction between virtual environments and technologies. The article discusses approaches to ensuring the consistent use of AI and knowledge models in solving various tasks, and also identifies priority tasks related to the integration of AI and knowledge models.

Key words: *knowledge model, artificial intelligence model, intelligent agent, model convergence.*

Отримано: 11.12.2025