

Андрій ДАВИДЮК,

доктор філософії, старший науковий співробітник Інституту
проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України,
Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1238-2598>
e-mail: andrii.davydiuk@pimee.ua

Сергій КУЛИК,

аспірант Інституту проблем моделювання в енергетиці
ім. Г.Є. Пухова НАН України, Київ, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4552-4667>
e-mail: sergii.kulyk@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.32620/pls.2025.67.11>

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСАХ МІГРАЦІЇ ДАНИХ

Анотація: У сучасних умовах війни, що характеризуються великою кількістю кінетичних руйнувань та кібератаками, процеси міграції даних для об'єктів критичної інфраструктури (далі - ОКИ) повинні бути не лише швидкими, а й максимально адаптивними, безпечними та автоматизованими. З огляду на це метою даного дослідження є функціональний аналіз можливостей ШІ у забезпеченні ефективного управління процесами міграції даних, зокрема у динамічних середовищах із високим ступенем ризику. Для досягнення даної мети, пропонується модульний підхід до побудови системи контролю, що включає такі базові функціональні блоки як моніторинг, прогнозування ризиків, оптимізація рішень та адаптація до змін. Забезпечення даних функцій має позитивно вплинути на зменшення часу для ухвалення рішень, забезпечення надійності при передачі даних у хмарне середовище, зниження впливу людського фактору, підвищити стійкість до кібератак у реальному часі.

Ключові слова: штучний інтелект, міграція даних, критична інфраструктура, прогнозування ризиків, оптимізація рішень, кіберрезильєнтність, хмарне середовище.

З швидким розвитком технологій ШІ стає очевидним необхідність їх використання для забезпечення кібербезпеки та забезпеченні цифрової резильєнтності хмарних сервісів. Проаналізувавши проблеми процесів міграції даних у хмарні середовища у попередньому дослідженні [10, с. 81-91], стало можливим виділити базові функції, що мають бути забезпеченні для надійної міграції великих обсягів даних. До таких функцій належать моніторинг, прогнозування ризиків, оптимізація рішень та адаптація до змін.

Для уникнення невизначеності у подальшому викладенні матеріалу дамо визначення цим функціям. Під моніторингом розумітимемо безперервний збір інформації про стан мереж, серверів, доступність ресурсів та загрози. Наприклад, у дослідженні [1, с. 2231-2238] представлено фреймворк для моніторингу моделей машинного навчання, що виявляє зміну характеристик та прогнозів, використовуючи статистичні методи, такі як відстань Колмогорова-Смирнова та коефіцієнт Бхаттачар'ї. Це дозволяє вчасно виявляти зміни у даних та адаптувати моделі відповідно.

Прогнозування ризиків, може базуватись на використанні моделей машинного навчання (LSTM) [14] для виявлення умов потенційних

аварій, затримок в роботі чи кібератак. ШІ-технології, зокрема глибоке навчання (deep learning) та генеративні змагальні нейронні мережі (GAN), використовуються для передбачення потенційних збоїв та ризиків у системах міграції даних. У роботі [16, с. 670-679] представлено модель PreGAN, яка передбачає необхідність міграції завдань у розподілених обчислювальних середовищах, забезпечуючи проактивну відмовостійкість. Це дозволяє зменшити час простою та підвищити надійність систем

Оптимізація рішень може бути реалізована за допомогою алгоритмів підкріплювального навчання (DQN) [2], які дозволяють формувати оптимальні стратегії міграції в реальному часі. У дослідженні [3, с. 56] описано систему підтримки прийняття рішень для передбачувального обслуговування в промислових умовах, яка використовує машинне навчання для прогнозування потреб у технічному обслуговуванні, що дозволяє оптимізувати ресурси та зменшити витрати.

Адаптація до змін – застосування CNN [7] та інших глибоких моделей дозволяє системі змінювати поведінку в залежності від зовнішніх факторів, зберігаючи безперервність операцій. У роботі [4, с. 3067-3078] розглянуто стратегії адаптації для автоматизованого машинного

навчання (AutoML) у змінних даних, що дозволяє системам залишатися ефективними навіть при зміні вхідних даних або умов експлуатації.

Беручи до уваги, що станом на зараз вже існує програмне забезпечення (далі - ПЗ), яке використовує технології ШІ для поліпшення процесів міграції даних, здійснимо поверхневий огляд існуючого ПЗ, що реалізує зазначені базові функції.

Таблиця 1 – Огляд ПЗ, що використовує ШІ

Функція	ПЗ з підтримкою ШІ
Моніторинг	Dynatrace - платформа спостереження з вбудованим ШІ Davis для моніторингу додатків, мікросервісів та інфраструктури [12].
	Tredence AI-Powered Data Migration - рішення для міграції даних з ШІ, що надає інформаційні панелі для моніторингу прогресу міграції [8].
Прогнозування ризиків	PreGAN - модель на основі генеративних змагальних мереж для передбачення необхідності міграції у розподілених обчислювальних середовищах [13].
	AWS Migration Hub - платформа з інтегрованими можливостями ШІ для оцінки інфраструктури та рекомендацій щодо міграції [6].
Оптимізація рішень	CloudGenius - рамкова система для автоматизованої підтримки прийняття рішень при міграції багатокомпонентних корпоративних додатків до хмари [5].
	Dorpler - рекомендаційна система для автоматизованого вибору оптимальних ресурсів при міграції SQL-навантажень до хмари [11].
Адаптація до змін	Datafold Migration Agent - інструмент для автоматизації міграції даних з можливістю адаптації до змін у структурі даних та коді [9].
	K2View Data Fabric - платформа для інтеграції даних в реальному часі з можливістю адаптації до змін у джерелах даних [15].

Даний аналіз показує, що ШІ досить широко інтегрований в процеси міграції даних. Таким чином є доцільним описати загальну функцію безпеки міграції даних.

$$S(t) = w_1 M(t) + w_2 R(t) + w_3 D(t) + w_4 A(t), \quad (1)$$

де $S(t)$ – інтегральна функція безпеки в момент часу t ;

$M(t)$ – ефективність моніторингу в момент часу t ;

$R(t)$ – ризик-функція (обернена до ймовірності збою), що оцінює точність прогнозування ризиків;

$D(t)$ – функція якості прийнятих рішень (на основі оптимізації);

$A(t)$ – адаптаційна здатність до змін у середовищі або даних;

$w_1, w_2, w_3, w_4 \in [0,1]$ – вагові коефіцієнти, що відображають важливість кожного компонента. Вони можуть бути задані експертно, отримані з історичних даних або визначені в рамках задачі багатокритеріальної оптимізації.

Наявність такої функції безпеки дозволяє оцінити загальний рівень безпеки системи при плануванні міграції даних. Наприклад якщо адаптивність має пріоритет за відповідних умов, то w_4 матиме високе значення. Якщо необхідна точність до виявлення загроз, тоді необхідно підвищити w_1, w_2 . Такий підхід дозволяє спостерігати зміни в безпеці в часі, зокрема стає можливим експериментально визначити допустиме значення $S(t)$ за якого процес міграції може бути реалізованим.

Інтеграція технологій ШІ у процеси міграції даних для OKI відкриває нові можливості для забезпечення надійності, безперервності та кіберрезильєнтності в умовах невизначеності. Проведений функціональний аналіз показав, що ефективно управління міграційними процесами можливе за умови реалізації чотирьох ключових функцій, зокрема моніторингу, прогнозування ризиків, оптимізації рішень та адаптації до змін. Кожна з цих функцій уже має програмні реалізації, які використовують ШІ для підвищення точності, швидкості та автономності управлінських рішень.

Запропонована інтегральна функція безпеки дозволяє кількісно оцінювати стан системи під час планування та реалізації міграції даних, з урахуванням вагової значущості кожного компонента. Це створює підґрунтя для розробки адаптивних систем підтримки прийняття рішень, здатних динамічно реагувати на зміну умов у режимі реального часу.

Бібліографічні посилання

1. A monitoring framework for deployed machine learning models with supply chain examples / B. Eck et al. 2022 IEEE International conference on big data (big data), Osaka, Japan, 17–20 December 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/bigdata55660.2022.10020394> (date of access: 12.05.2025).
2. Amin S. Deep Q-Learning (DQN). Medium. URL: <https://medium.com/@samina.amin/deep-q-learning-dqn-71c109586bae> (date of access: 12.05.2025).
3. Big data and predictive analytics: a systematic review of applications / A. Jamarani et al. Artificial intelligence review. 2024. Vol. 57, no. 7. URL: <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10811-5> (date of access: 12.05.2025).
4. Celik B., Vanschoren J. Adaptation strategies for automated machine learning on evolving data. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2021. Vol. 43, no. 9. P. 3067–3078. URL:

<https://doi.org/10.1109/tpami.2021.3062900> (date of access: 12.05.2025).

5. Cloud Genius. Cloud Genius: The industry-leading hands-on vendor-neutral training. URL: <https://cloudgenius.app/> (date of access: 12.05.2025).

6. Cloud inventory management - AWS migration hub - AWS. Amazon Web Services, Inc. URL: https://aws.amazon.com/migration-hub/?nc1=h_ls (date of access: 12.05.2025).

7. Convolutional neural networks (CNNs): a deep dive - viso.ai. URL: <https://viso.ai/deep-learning/convolutional-neural-networks/> (date of access: 12.05.2025).

8. Data science solutions | AI and data analytics services company - tredence. Data Science Solutions | AI and Data Analytics Services Company - Tredence. URL: <https://www.tredence.com/> (date of access: 12.05.2025).

9. Datafold migration agent - datafold. Welcome - Datafold. URL: <https://docs.datafold.com/data-migration-automation/datafold-migration-agent> (date of access: 12.05.2025).

10. Davydiuk A., Kulyk S. Security of data migration to the cloud. analysis of challenges and threats. *Elektronnoe modelirovanie*. 2025. Vol. 47, no. 2. P. 81–91. URL: <https://doi.org/10.15407/emodel.47.02.081> (date of access: 12.05.2025).

11. Doppler | Centralized cloud-based secrets management platform. Doppler | Centralized cloud-based secrets management platform. URL: <https://www.doppler.com/> (date of access: 12.05.2025).

12. Dynatrace | Understand your business like never before. Dynatrace. URL: <https://www.dynatrace.com/> (date of access: 12.05.2025).

13. GitHub - imperial-qore/pregan: [infocom'22] preemptive migration prediction network for proactive fault tolerant edge computing. GitHub. URL: <https://github.com/imperial-qore/PreGAN> (date of access: 12.05.2025).

14. Long Short-Term Memory (LSTM). NVIDIA Developer. URL: <https://developer.nvidia.com/discover/lstm#:~:text=A%20Long%20short-term%20memory,cycles%20through%20the%20feed back%20loops> (date of access: 12.05.2025).

15. Making data AI-ready| k2view. Making Data AI-Ready| K2view. URL: <https://www.k2view.com/> (date of access: 12.05.2025).

16. Tuli S., Casale G., Jennings N. R. PreGAN: preemptive migration prediction network for proactive fault-tolerant edge computing. IEEE INFOCOM 2022 - IEEE conference on computer communications, London, United Kingdom, 2–5 May 2022. 2022. URL: <https://doi.org/10.1109/infocom48880.2022.9796778> (date of access: 12.05.2025).

A. Davydiuk, S. Kulyk

Functional analysis of the use of artificial intelligence technologies in data migration processes.

Abstract: In the current wartime conditions, characterized by extensive kinetic destruction and cyberattacks, data migration processes for critical infrastructure objects (CIOs) must be not only fast but also highly adaptive, secure, and automated. In this context, the aim of this study is to conduct a functional analysis of artificial intelligence (AI) capabilities in ensuring effective management of data migration processes, particularly in dynamic, high-risk environments. To achieve this goal, a modular approach is proposed for building a control system that includes key functional components such as monitoring, risk prediction, decision optimization, and adaptation. Implementing these functions is expected to reduce decision-making time, ensure reliable data transfer to cloud environments, minimize human factor influence, and enhance real-time resilience to cyberattacks.

Keywords: artificial Intelligence, data migration, critical infrastructure, risk prediction, decision optimization, cyber resilience, cloud environment.

Зразок для цитування:

Давидюк А., Кулик С. Функціональний аналіз використання технологій штучного інтелекту в процесах міграції даних. *Пропілеї права та безпеки*, 2025. №6-7. С. 51-53. DOI: <https://doi.org/10.32620/pls.2025.67.11>.