

**Abstract.** The article analyzes modern digital archiving methods as effective tools for preserving historical, cultural, and documentary artifacts during armed conflicts. It highlights the advantages of digital technologies for creating backups, ensuring long-term storage, and providing broad access to materials. Based on international experience and Ukrainian practices during the Russian-Ukrainian war, the author outlines key challenges, technical and organizational solutions, and data protection measures. Practical recommendations are proposed for developing a national system of digital archiving amid ongoing conflict.

**Keywords:** digital archiving; cultural heritage; historical heritage; digital technologies.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петрова І., Кострюліна П. Цифрові ресурси українських архівів / за ред. Н. Рябухи та ін. *Культура та інформаційне суспільство XXI століття: матеріали міжнар. наук.-теорет. конф. молодих учених*, м. Харків, 18–19 квіт. 2024. Харків: ХДАК, 2024. С. 176–177.
2. Nguyen C. D. Digital cultural heritage in the crossfire of conflict: cyber threats and cybersecurity perspectives. *Insights*. 2024. Vol. 37. URL: <https://insights.uksg.org/articles/10.1629/uksg.647>
3. Малишев О. О. Пам'яткоохоронне законодавство Теодеріха Великого та значення Остготського Ренесансу в контексті історії становлення права культурної спадщини. *Журнали Національної академії наук України*. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0001262686>
4. Ортіков У. Х. Роль інформаційних технологій та іноземної мови у вивченні історико-культурної спадщини. *Scholar*. 2024. № 3. С. 667–670. URL: <https://scholar.google.com/citations?user=aBFb5HsAAAAJ&hl=en>
5. Макхью Дж. Л. Проектування сталості під примусом: нестабільність і збереження спадщини в Україні. 2023. № 12. С. 168–183. URL: <https://reunido.uniovi.es/index.php/RM/article/view/19593>
6. Жолікер К. Збереження української культурної спадщини онлайн та місія збереження цифрової культурної спадщини. *Museum and Society*. 2023. № 21(2). С. 58–64. DOI: 10.29311/mas.v21i2.4302.
7. Бадж Г. Культурна спадщина під час збройного конфлікту. Резолюція Ради Безпеки ООН 2347 (2017), її сфера застосування та наслідки. *HALSHS sciences humaines et sociales*. URL: <https://shs.hal.science/halshs-03591787>
8. Спільна оцінка адаптивних повторних втручань культурної спадщини в перспективі циклічної економіки: тематичне дослідження історичних будівель у Салерно (Італія). *J. Urban Manag.* 2024. № 13(2). С. 107–139. DOI: 10.1016/j.jum.2023.12.002.
9. Майєтті Ф. Збільшення спадщини за допомогою цифрових інструментів для сталого розвитку – концептуальна основа. *MDPI*. 2023. Vol. 15. DOI: 10.3390/su151511799.
10. Кулешов С., Бойко В. «Робота архівних установ в умовах дії особливих правових режимів»: дискусійні нотатки укладачів методичних рекомендацій. *Архіви України*. 2024. № 2(333). С. 160–174.

УДК 004.8:004.421.2

## АЛГОРИТМІЧНІ СТРУКТУРИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ДАНИХ У ПОБУДОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ

*В. О. Шендрік, Н. А. Потапова*

**Анотація.** У статті розглянуто алгоритмічні структури та методи обробки даних, що використовуються під час побудови інтелектуальних агентів. Представлено огляд еволюції архітектур від класичних ієрархічних систем до генеративних моделей, які реалізують адаптивне навчання та прогнозування. Показано приклад спрощеної реалізації генеративного агента на основі алгоритмів підкріплення, який здатен формувати власні рішення. Розкрито роль машинного навчання, обробки даних і генеративного моделювання у створенні автономних інтелектуальних систем.

**Ключові слова:** інтелектуальний агент, генеративний алгоритм, машинне навчання, оптимізація, штучний інтелект.

**Вступ.** Інтелектуальні агенти є центральною ланкою у розвитку систем штучного інтелекту. Вони поєднують алгоритмічні механізми ухвалення рішень з адаптивними моделями, здатними до навчання та самоорганізації. Ранні дослідження у цій сфері зосереджувалися на структурованих ієрархічних системах, де кожен рівень виконував чітко визначені завдання. Проте з розвитком нейромереж і генеративних моделей з'явилися алгоритми, що дозволяють агентам створювати нові варіанти поведінки та прогнозувати результати своїх дій.

Сучасні інтелектуальні агенти використовуються не лише у класичних програмних системах, а й у робототехніці, медичних експертних системах, кібербезпеці, логістиці та системах рекомендацій. Їх алгоритмічні структури стають усе складнішими, оскільки вони мають враховувати стохастичну природу даних і невизначеність середовища.

Метою статті є аналіз ключових алгоритмічних структур і методів обробки даних, що лежать в основі побудови сучасних інтелектуальних агентів, а також демонстрація спрощеного прикладу реалізації генеративного агента.

**Основна частина.** Агент є суб'єктом діяльності. Комп'ютерні агенти володіють деякими іншими атрибутами, які обумовлюють їх властивості мислити та ухвалювати рішення. До таких атрибутів належать: здатність функціонувати під автономним керуванням, сприйняття власного середовища, існування протягом тривалого часу, адаптація до змін і здатність проходити до досягнення цілей, які ставлять інші суб'єкти.

Рациональним агентом називається той агент, який проводить свої дії з метою отримання найкращого результату. Підхід у створенні штучного інтелекту ґрунтувався на формуванні агентом правильних логічних висновків. У деяких випадках формування правильних логічних висновків стає частиною функціонування раціонального агента. Отже, раціональність полягає у тому, щоб за рахунок правильних (раціональних) міркувань, обґрунтованих логічними патернами, дійти до висновку, що саме вказана дія дасть змогу отримати бажаний результат. Окрім цього, правильність логічного висновку не є повною раціональністю, оскільки на практиці існує багатоваріантність вибору. Також існує цілий спектр дій, які зумовлені поведінковими рефlekсами. Всі ці складники сформували основний критерій у процесі створення інтелектуальних агентів – можливість створення та подання знань, які у подальшому можуть бути інтерпретовані (згідно розроблених алгоритмів) у логічні висновки та систему мислення.

Агентом є все, що може розглядатися як таке, що сприймає своє середовище за допомогою датчиків і впливає на це середовище за допомогою виконавчих механізмів. Програмне забезпечення, яке є інтелектуальним агентом, у якості вхідних сенсорних даних отримує коди під час натискання клавіш. Вміст файлів і мережні пакети, які впливають на середовище агента виявляється у тому, що програмне забезпечення виводить дані на екран, записує файли та передає пакети даних у мережу. Кожен агент може сприймати дії, які він робить.

Алгоритмічна структура агента визначає його здатність до аналізу даних, планування та взаємодії із середовищем. Класичні ієрархічні системи використовують розподіл рівнів:

1. Сприйняття (сенсорні дані).
2. Обробка інформації.
3. Ухвалення рішень.
4. Виконання дій.

Такі структури зручні для задач зі стабільним середовищем, але обмежені у випадках динамічних систем. Тому сучасні підходи переходять до генеративних і гібридних архітектур, де алгоритм самостійно моделює можливі стани й адаптується до нових даних. Окрім цього, в архітектурі агентів використовуються мережеві топології взаємодії, що дозволяє агентам обмінюватись знаннями, що породжує концепцію мультиагентних систем (MAS), у яких взаємодія здійснюється через протоколи координації, спільного навчання та розподілу завдань. Алгоритмічні структури тут базуються на принципах децентралізації, що робить систему більш стійкою до збоїв.

Інтелектуальні агенти використовують комбінацію кількох методів:

- Нейронні мережі для навчання та розпізнавання закономірностей;
- Стохастичні алгоритми для пошуку оптимальних стратегій;
- Алгоритми підкріплення (RL) для навчання через взаємодію із середовищем;
- Генеративні моделі (GAN, VAE, Diffusion) для створення нових даних, дій або стратегій.

Методи обробки даних у сучасних агентних системах часто реалізуються за допомогою глибокого навчання (Deep Learning). Воно дозволяє моделювати складні нелінійні залежності у вхідних сигналах і створювати узагальнені уявлення про середовище. У генеративних агентів застосовуються моделі типу GPT (Generative Pretrained Transformer), які здатні не лише реагувати на вхідні дані, а й створювати нові контексти, тексти чи стратегії на основі навчання на великих наборах даних.

Обробка великих масивів даних (Big Data) потребує оптимізації за швидкістю і пам'яттю. Використання паралельних обчислень та алгоритмів відбору ознак (feature selection) дозволяє суттєво підвищити продуктивність агентів.

Нижче подано приклад спрощеного псевдокоду генеративного агента, який навчається за допомогою методу підкріплення для створення нових дій у середовищі.

```
# Ініціалізація середовища та агента
environment = Environment()
agent = Agent()

for episode in range(MAX_EPISODES):
    state = environment.reset()
    done = False

    while not done:
        # Агент генерує дію на основі політики  $\pi$ 
        action = agent.generate_action(state)
        # Виконує дію і отримує винагороду
        next_state, reward, done = environment.step(action)
        # Оновлює параметри політики
        agent.update_policy(state, action, reward, next_state)
        # Переходить у новий стан
        state = next_state
        # Виведення результатів навчання
        agent.show_results()
```

У цьому прикладі алгоритмічна структура складається з трьох основних компонентів:

- генератора дій, який формує нові стратегії;
- оцінювача, що обчислює винагороду (reward);
- функції оновлення політики, яка покращує модель дій.

Отже, агент не лише реагує на стимули середовища, а й навчається створювати оптимальні дії, що відповідає принципам генеративного ШІ.

У реальних системах ці компоненти реалізуються через нейромережеві архітектури, зокрема через Policy Gradient або Actor-Critic підходи. Вони надають змогу агенту поступово наближатися до оптимальної стратегії дій. Наприклад, у генеративних чат-агентах, як-от ChatGPT, політика оновлюється на основі людських оцінок (Human Feedback), що є варіацією RLHF (Reinforcement Learning from Human Feedback). Це забезпечує більш природну поведінку системи та адаптацію до контексту користувача.

У випадку інтеграції ієрархічних та генеративних методів найперспективнішими є гібридні підходи, що поєднують алгоритмічну структурованість ієрархічних систем з адаптивністю генеративних моделей. Такий агент може функціонувати на кількох рівнях:

- низькорівневі модулі виконують сенсорну обробку;
- середні рівні ухвалюють рішення на основі правил і статистики;
- верхні рівні генерують нові стратегії поведінки.

Це забезпечує масштабованість і автономність у складних динамічних середовищах, зокрема у сфері робототехніки, фінансового прогнозування та персоналізованих інформаційних систем.

Додатково інтеграція цих підходів дозволяє реалізовувати когнітивні архітектури, такі як Soar, ACT-R або LIDA, які моделюють процеси людського мислення. Вони поєднують дедуктивні алгоритми, машинне навчання та генеративні компоненти для досягнення більш «усвідомленої» поведінки агента.

Такі моделі використовуються для розробки адаптивних освітніх систем, автономних роботів та інтелектуальних помічників, що здатні самостійно прогнозувати потреби користувача.

**Висновки.** Алгоритмічні структури інтелектуальних агентів пройшли значну еволюцію від ієрархічних моделей до генеративних систем, здатних до творчого відтворення рішень. Завдяки синтезу алгоритмічних структур, генеративних моделей та глибинного навчання сучасні агенти здатні ефективно працювати у відкритих, невизначених середовищах. Вони демонструють адаптивність, стійкість і здатність до узагальнення досвіду.

Генеративні алгоритми розширюють можливості автономних агентів, дозволяючи їм самостійно створювати нові дії, адаптуватися до невизначених середовищ і підвищувати власну ефективність. Подальші дослідження мають бути спрямовані на поєднання генеративного навчання з когнітивними моделями для створення агентів, здатних до логічного мислення та пояснюваного ухвалення рішень.

*Annotation.* The article considers algorithmic structures and data processing methods used in developing intelligent agents. It reviews the evolution from hierarchical systems to generative models that implement adaptive learning and prediction. A simplified example of a generative agent based on reinforcement algorithms is presented, showing how agents can autonomously create new strategies. The importance of hybrid architectures combining analytical and generative methods is emphasized.

*Keywords:* intelligent agent, generative algorithm, reinforcement learning, optimization, artificial intelligence.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, 2021. 1166 p. URL: [http://lib.ysu.am/disciplines\\_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf](http://lib.ysu.am/disciplines_bk/efdd4d1d4c2087fe1cbe03d9ced67f34.pdf)
2. Sutton R. S., Barto A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. *Stanford University*. Cambridge, London: MIT Press, 2014. 352 p. URL: <https://web.stanford.edu/class/psych209/Readings/SuttonBartoIPRLBook2ndEd.pdf>
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016.
4. Schmidhuber J. Generative AI and Autonomous Systems. *Neural Networks*, 2024.
5. Бойко С. І., Корольов Д. В. Генеративні методи в інтелектуальних системах. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2023.
6. Nathalia N., Alencar P., Cowan D. Self-Adaptive Large Language Model (LLM)-Based Multiagent Systems. *Cornell University*. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2307.06187.
7. Thuy Ngoc Nguyen, Duy Nhat Phan, Cleotilde Gonzalez. Learning in Cooperative Multiagent Systems Using Cognitive and Machine Models. *Cornell University*. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2308.09219.
8. Helie S., Sun R. Cognitive Architectures and Agents. Part of the book series: Springer Handbooks. *Springer Nature Link*. P. 683–696. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-43505-2\\_36](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-43505-2_36)
9. Casals A., Brandão A. A. F. HECATE: An ECS-based Framework for Teaching and Developing Multi-Agent Systems. *Cornell University*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2509.06431.

УДК 004.056.55:004.032.26(477)

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ТА ВИЯВЛЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ КІБЕРАТАК НА МЕРЕЖЕВІ РЕСУРСИ В ПЕРІОД ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

*А. І. Юкальчук, Д. В. Загоруйко*

*Анотація.* У роботі досліджено застосування та порівняння ефективності різних архітектур штучних нейронних мереж (MLP, CNN, SOM, Hopfield та кілька гібридних конфігурацій, зокрема CNN+MLP і Transformer+Hopfield) для задачі виявлення мережових вторгнень на базі стандартного датасету KDD'99. Усі моделі реалізовано мовою *Python*.

*Ключові слова:* нейронна мережа, виявлення вторгнень, DOS, R2L, U2R.

**Вступ.** У сучасних умовах швидкого зростання кіберзагроз та все більшої залежності критичних об'єктів від інформаційних мереж постає задача створення надійних і адаптивних систем виявлення вторгнень. У роботі розглядається застосування штучних нейронних мереж для автоматичного розпізнавання аномалій у мережевому трафіку, зокрема для виявлення складних і рідкісних сценаріїв атак, які становлять найбільшу загрозу для безпеки інформаційних систем.

Метою роботи було порівняти ці архітектури в контексті задачі виявлення вторгнень на основі загальнодоступного набору даних KDD'99, встановити переваги та обмеження кожного підходу та сформулювати практичні рекомендації щодо їх застосування в середовищах із підвищеними вимогами до безпеки. Для оцінки моделей використовувалися стандартні метричні підходи, що дозволяють порівнювати їх здатність розрізняти різні типи мережових подій.