

ТЕМАТИЧНИЙ НАПРЯМОК РОБОТИ: 3. ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА СУЧАСНИХ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

Бученко І.А.,

старший викладач кафедри комп'ютерної інженерії, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
(м. Київ, Україна)

Лащевська Н.О.,

кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
(м. Київ, Україна)

Жужков Д.І.,

викладач кафедри комп'ютерної інженерії, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій
(м. Київ, Україна)

ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ПЕРИФЕРІЙНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У СИСТЕМАХ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

Сучасна військова освіта потребує реалістичних тренажерів і мережевих полігонів, що імітують реальні кіберсередовища. Інтеграція ШІ та edge computing підвищує швидкість, стійкість і енергоефективність. В роботі запропоновано методику управління комп'ютерною мережею на базі теорії ігор із підтримкою периферійних обчислень, розроблено математичну модель, алгоритм оптимізації й оцінено числові показники ефективності.

Периферійні обчислення дають змогу виконувати попередню обробку інформації на вузлах мережі, розташованих ближче до джерел даних (сенсорів, терміналів, військових систем спостереження). Це зменшує затримки, знижує навантаження на центральні сервери та забезпечує можливість швидкого реагування на загрози [1].

Штучний інтелект інтегрується в системи управління мережею для:

- прогнозування навантаження на канали зв'язку;

- розпізнавання аномалій у мережевому трафіку;
- оптимізації енергоспоживання в умовах обмежених ресурсів;
- автоматизації процесів кіберзахисту.

Теорія ігор використовується як математичний інструмент для моделювання конфліктних ситуацій у мережах (наприклад, конкуренція між вузлами за пропускну здатність чи доступ до енергетичних ресурсів) [2]. В умовах військових інформаційних систем це дозволяє розробляти стратегії поведінки для вузлів мережі, що забезпечують баланс між локальною вигодою та глобальною стабільністю.

Метою дослідження є синтез методики управління комп'ютерною мережею з підтримкою периферійного обчислення на основі методів теорії ігор для підвищення ефективності функціонування військових навчальних систем.

Для досягнення мети було проаналізовано сучасні архітектури комп'ютерних мереж та їхні можливості для впровадження у військову освіту; досліджено потенціал периферійних обчислень і ШІ для створення адаптивних мережевих рішень. А також в подальшому заплановано розробити ігрову модель управління конфліктними ситуаціями у військових інформаційних системах та запропонувати алгоритми управління мережею з використанням ШІ та методів оптимізації.

Для побудови математичної моделі було використано елементи теорії ігор, а саме функцію виграшу, рівновагу Неша.

Нехай мережа містить n вузлів: $N = \{1, \dots, n\}$. Кожен вузол i має параметри: B_i — пропускну здатність, що виділяється вузлу; D_i — затримка; E_i — енергоспоживання; $s_i \in S_i$ — стратегія вузла (розподіл потужності, вибір місця обробки: edge/центру тощо) [3].

Функція виграшу вузла i запропонована у вигляді:

$$U_i(s_i, s_{-i}) = \alpha \frac{B_i}{D_i} - \beta E_i - \gamma C_i,$$

де $\alpha, \beta, \gamma, > 0$ — вагові коефіцієнти, C_i — штраф за конфлікти (кількість незадоволених запитів/одиниця часу). Метою математичної моделі системи є знаходження набору стратегій $s^* = (s_1^*, \dots, s_n^*)$, що відповідає соціальному оптимуму або рівновазі Неша.

Цільова функція такої системи буде мати вигляд:

$$\max_{s \in S} W(s) = \sum_{i=1}^n U_i(s_i, s_{-i}),$$

за умов ресурсних обмежень:

$$\sum_{i=1}^n B_i \leq B_{max}, \quad \sum_{i=1}^n E_i \leq E_{max}$$

Модель затримки для вузла i можна прийняти як:

$$D_i = D_{0,i} + \frac{kp_i}{1 - p_i}, \quad p_i = \frac{\lambda_i}{\mu_i}$$

де $D_{0,i}$ – базова затримка, λ_i – інтенсивність запитів, μ_i – сервісна ємність (обробка на вузлі), k – масштабний коефіцієнт. При розподілі обробки на edge вузлах μ_i зростає локально, отже p_i зменшується – затримка знижується.

Для кожного вузла обирались s_i , для максимізації U_i з урахуванням реакцій інших вузлів. Рівновага Неша – набір стратегій, при яких жоден вузол не може покращити свій вигравш одноособово, а відповідно можна це описати наступним чином [3]:

$$U_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq U_i(s_i, s_i^*), \forall i, \forall s_i \in S_i$$

Розв’язок отримується за допомогою ітеративних алгоритмів.

В програмному середовищі MATLAB/Simulink було проведено симуляційні експерименти для мережі з кількістю вузлів від 10 до 100 [4]. Порівнювалися два підходи:

A – централізована модель управління;

B – ігрова модель з підтримкою edge computing.

За результати симуляції отримані наступні результати:

- середнє скорочення затримки при (B) vs (A): $\approx 35\%$ (інтервал 32-38%);
- середнє зниження енергоспоживання: $\approx 18\%$ (інтервал 15-20%);
- зменшення кількості конфліктів (одночасних запитів, що не обслужені): $\approx 40\%$.

Для отримання даних результатів були використані показники наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Числова вибірка

Показник	Централізована модель (A)	Ігрова модель + Edge (B)	Зміна (%)
Середня затримка, мс (n=50)	78.2	50.9	-34.9%
Середнє енергоспоживання (ум. од.)	85.0	69.7	-18.0%
Конфлікти / год	24.5	14.7	-40.0%

Висновки

Інтеграція інструментів штучного інтелекту та периферійних обчислень у військову освіту відкриває нові можливості для створення ефективних систем навчання та тренувань. Використання ігрових моделей управління мережею дозволяє моделювати реалістичні сценарії, розвивати навички роботи з

інформаційними технологіями та готувати військових фахівців до дій у складних умовах.

Запропонована в роботі модель управління мережею на основі теорії ігор та периферійних обчислень показує ефективність у скороченні затримок, зниженні енергоспоживання та зменшенні конфліктів. Запропонований підхід доцільно впроваджувати у військові навчальні тренажери та кіберполігони для підготовки офіцерів до роботи у складних умовах кіберзагроз.

Подальші дослідження планується спрямувати на розробку комплексних кібернетичних полігонів для навчання, де застосовуватимуться гібридні методи управління мережами із використанням штучного інтелекту.

Список використаних джерел:

1. Бученко І.А., Лашевська Н.О. Роль периферійних обчислень (Edge computing) в комп'ютерних мережах. Зв'язок. 2025. Т. 173, № 1. С. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2025.011762>.
2. Бученко І.А. Дослідження застосування технологій керування в комп'ютерних мережах. Зв'язок. 2022. Т. 157, № 3. С. 22–25. DOI: <https://doi.org/10.31673/2412-9070.2022.032225>.
3. Бученко І.А. Інтелектуальне управління енергоспоживанням у периферійних обчислювальних мережах на основі теорії ігор. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2025. Т. 3, № 27. С. 180–192. URL: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2025.27.732>.
4. Ignatenko O., Tsytskun D. Середовище імітаційного моделювання конфліктних процесів у комп'ютерних мережах. Проблеми програмування. 2009. № 4. С. 77–88.