

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ

Обривко Є.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: yevhen.obryvko@nure.ua

В роботі розглянуто актуальні питання оптимізації роботи систем дистанційного навчання при значних навантаженнях. Проаналізовано існуючі методи оптимізації, їх ефективність та особливості застосування, а також розглянуті підходи до визначення оптимальних параметрів конфігурації системи.

Ключові слова: оптимізація, дистанційне навчання, навантаження, стабільність, система.

ANALYSIS OF METHODS FOR OPTIMIZING THE OPERATION OF DISTANCE LEARNING SYSTEMS UNDER LOAD

Obryvko E.V.

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky Ave. 14

E-mail: yevhen.obryvko@nure.ua

The paper considers current issues of optimizing the operation of distance learning systems under significant loads. Existing optimization methods, their effectiveness and application features are analyzed, and approaches to determining optimal system configuration parameters are considered.

Key words: optimization, distance learning, load, stability, system.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В умовах стрімкого зростання популярності та поширення систем дистанційного навчання, питання забезпечення їхньої стабільної та ефективної роботи набуває першочергового значення. Сучасні освітні платформи часто обслуговують велику кількість користувачів одночасно, що створює значне навантаження на їхні ресурси.

Недостатня оптимізація системи може призвести до ряду негативних наслідків, включаючи зниження продуктивності та збільшення часу відгуку системи, що негативно впливає на досвід користування, перебої в роботі та недоступність платформи у періоди пікового навантаження, що може призвести до зриву навчального процесу, збільшення витрат на підтримку інфраструктури, необхідність масштабування ресурсів для забезпечення стабільної роботи.

Крім того, важливо враховувати постійний розвиток технологій та зміну вимог до подібних систем. З'являються нові функції, такі як відеоконференції, інтерактивні дошки, системи адаптивного навчання, які створюють додаткове навантаження на систему. Також зростають вимоги до безпеки та захисту даних, що передбачає впровадження додаткових механізмів, які також можуть впливати на продуктивність.

Тому, аналіз та розробка ефективних методів оптимізації роботи системи дистанційного навчання є критично важливим завданням. Це дозволить забезпечити високу доступність, продуктивність та масштабованість систем дистанційного навчання, що, в свою чергу, сприятиме підвищенню якості освіти, задоволеності користувачів та економічній ефективності навчальних закладів. Дослідження в цій області мають велике значення для створення надійних та зручних освітніх середовищ, які відповідають сучасним викликам та потребам.

ВСТУП. Для ефективної роботи систем дистанційного навчання в умовах високого навантаження, критично важливим є розуміння основних факторів, що впливають на їх

продуктивність, та потенційних проблем, які можуть виникнути. Основними проблемами є:

- збільшення часу відгуку – велика кількість одночасних користувачів може призвести до затримок у обробці запитів, що негативно впливає на зручність використання;
- перевантаження серверів – пікові навантаження можуть спричинити перевантаження серверів, що призводить до зниження продуктивності або навіть відмови в обслуговуванні;
- неефективне використання ресурсів – за рахунок поганої оптимізації доступні ресурси можуть неефективно використовуватись, тому такі фактори, як пропускна здатність мережі, процесорний час та пам'ять, можуть також негативно впливати на стабільність роботи системи.

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОБОТУ СИСТЕМИ. В умовах дистанційного навчання системи часто стикаються зі значними коливаннями в кількості користувачів, що одночасно працюють з платформою. Це може бути пов'язано з піковими періодами активності, наприклад, під час здачі завдань, проведення онлайн-лекцій або тестувань. Такі стрибки навантаження можуть мати серйозний вплив на продуктивність та стабільність роботи системи.

Зі збільшенням кількості активних користувачів зростає кількість запитів до сервера, що обробляє систему дистанційного навчання. Це призводить до збільшення використання ресурсів сервера, таких як процесорний час, пам'ять та пропускна здатність мережі. Якщо система не оптимізована належним чином, це може призвести до збільшення часу відгуку (якщо користувачі відчувають затримки при завантаженні сторінок, відправці повідомлень або виконанні інших дій), зниження продуктивності (коли система починає працювати повільніше, що негативно впливає на навчальний процес) та перебоїв у роботі [1].

На рисунку 1 представлено графік впливу кількості користувачів на час відгуку системи.

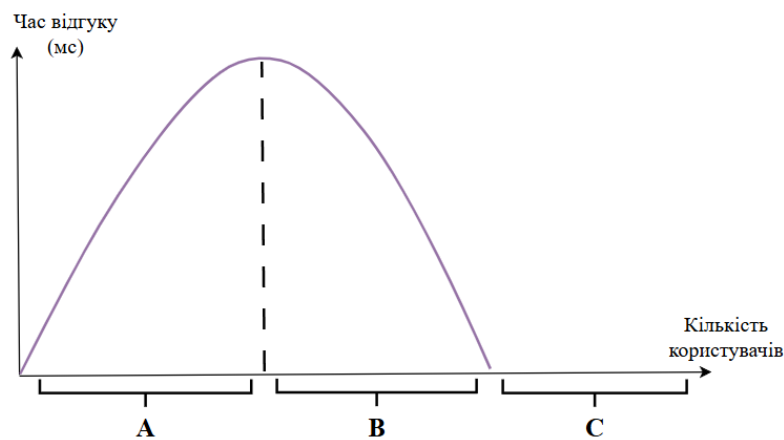


Рисунок 1 – Графік впливу кількості користувачів на час відгуку системи

На графіку (рис. 1) є кілька ділянок, що демонструють залежності, їх описано нижче:

Ділянка А – початкова ділянка, де кількість користувачів невелика. На цій ділянці час відгуку системи зростає відносно лінійно. Це означає, що система здатна ефективно обробляти запити, і кожен новий користувач трохи збільшує загальний час відгуку.

Ділянка В – перехідна ділянка, де кількість користувачів починає збільшуватися, наближаючись до меж можливостей системи. На цій ділянці час відгуку починає зростати швидше, і залежність стає нелінійною.

Ділянка С – ділянка перевантаження. Кількість користувачів перевищує можливості системи, і час відгуку різко зростає. Система може працювати нестабільно, спостерігаються

затримки, помилки або навіть відмови в обслуговуванні.

Як видно з графіка (рис. 1), час відгуку системи має тенденцію до збільшення зі зростанням кількості користувачів. Спочатку це збільшення може бути незначним, але після певного порогу час відгуку починає зростати експоненціально, що свідчить про перевантаження системи.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ. Для забезпечення ефективної роботи системи дистанційного навчання при високих навантаженнях, важливо розглянути та проаналізувати існуючі методи оптимізації. До таких методів належать:

- кешування даних. Тимчасове зберігання часто використовуваних даних для зменшення кількості запитів до бази даних та прискорення часу відгуку системи;
- балансування навантаження. Розподіл вхідних запитів між кількома серверами для запобігання перевантаженню одного сервера та забезпечення стабільної роботи системи;
- оптимізація бази даних. Налаштування параметрів бази даних, індексування таблиць та оптимізація запитів для підвищення швидкості обробки даних;
- використання CDN (Content Delivery Network). Розміщення статичного контенту (навчальні матеріали, зображення, відео) на мережі розподілених серверів для прискорення завантаження контенту для користувачів з різних географічних локацій;
- асинхронна обробка завдань. Виконання певних завдань (наприклад, генерація звітів, розсилка повідомлень) у фоновому режимі, щоб не блокувати основні операції системи.

У таблиці 1 представлено результати порівняльного аналізу вищезгаданих методів оптимізації роботи системи дистанційного навчання. При порівнянні було враховано такі параметри, як масштабування системи, вплив на продуктивність роботи, та особливості впровадження.

Таблиця 1 – Порівняння методів оптимізації роботи системи дистанційного навчання.

Метод оптимізації	Масштабування системи	Вплив на продуктивність	Особливості впровадження
Кешування даних	Високе	Помірний	Підходить для часто використовуваних даних.
Балансування навантаження	Високе	Високий	Передбачає необхідність налаштування додаткової інфраструктури. (може впливати на швидкість обробки даних)
Оптимізація бази даних	Високе	Високий	Потребує додаткових ресурсів та знань для адміністрування БД.
Використання CDN	Високе	Помірний	Залежить від обсягу контенту та географії користувачів.
Асинхронна обробка завдань	Високе	Низький	Підходить для завдань, які не потребують миттєвої обробки.

1. Кешування даних. Кешування – це процес тимчасового зберігання копій даних у місці, яке забезпечує швидший доступ до них, ніж отримання даних з їхнього початкового розташування. У системах дистанційного навчання це означає збереження часто використовуваних даних (наприклад, вміст курсів, сторінки профілів, результати тестів) у пам'яті сервера або на пристрої користувача.

Приклади застосування в системах дистанційного навчання: кешування вмісту курсів (зберігання HTML-сторінок, PDF-файлів, відеолекцій), (кешування даних користувачів: Зберігання інформації профілів, результатів тестів), кешування статичних ресурсів

(зображення, CSS-файли, JavaScript-файли) [2].

2. Балансування навантаження. Це розподіл вхідних мережевих запитів або навантаження додатків між кількома серверами. Це дозволяє жодному окремому серверу не бути перевантаженим, забезпечуючи доступність та швидкість реагування додатків.

Приклади застосування в системах дистанційного навчання: розподіл трафіку між веб-серверами: Обробка HTTP-запитів користувачів, балансування навантаження на сервери баз даних, розподіл запитів на читання та запис даних.

На рисунку 2 представлено модель реалізації балансування навантаження.

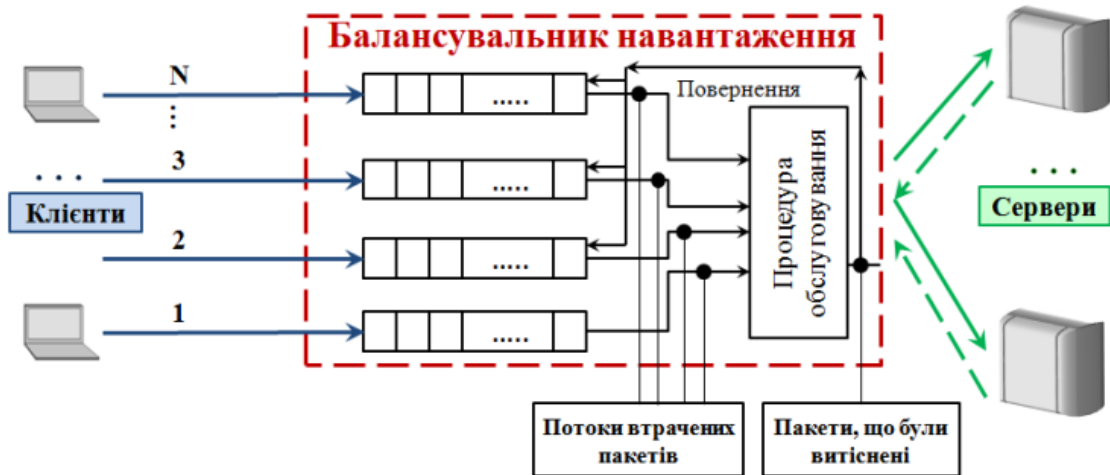


Рисунок 2 – Модель балансування навантаження в системі [3]

Компонентами такої моделі є: клієнти (користувачі), які надсилають запити до системи. Це можуть бути студенти, викладачі, адміністратори, які намагаються отримати доступ до навчальних матеріалів, здати завдання, переглянути оцінки тощо.

Балансувальник навантаження – центральний елемент схеми, задача якого полягає у розподілі вхідних запитів від клієнтів між доступними серверами:

- черги – вхідні запити від клієнтів спочатку потрапляють у черги. Кожна черга може відповідати певному типу запитів, пріоритету або іншим критеріям. Черги допомагають тимчасово зберігати запити та обробляти їх у порядку надходження;

- процедура обслуговування. Це алгоритм або набір правил, за якими балансувальник навантаження визначає, на який саме сервер направити кожен запит. Існують різні алгоритми балансування, такі як Round Robin (запити розподіляються по черзі між серверами), Least Connections (запит направляється на сервер з найменшою кількістю поточних з'єднань), IP Hash (запити від одного і того ж IP-адреси завжди направляються на один і той же сервер), Weighted (сервери можуть мати різний пріоритет, і запити розподіляються з його урахуванням);

- повернення. Після обробки запиту сервером, результат повертається через балансувальник навантаження до відповідного клієнта;

- потоки втрачених пакетів. Якщо запит не може бути оброблений, він може бути втрачений. Балансувальник може реєструвати такі випадки для подальшого аналізу та оптимізації;

- пакети, що були витіснені. У деяких випадках, коли черги переповнюються, балансувальник може "витіснити" (видалити) деякі запити, щоб звільнити місце для нових [3].

Сервери – фактично обробляють запити клієнтів. У системі дистанційного навчання це

можуть бути сервери, на яких зберігаються навчальні матеріали, бази даних з інформацією про студентів та викладачів, сервери додатків, що забезпечують функціональність платформи.

3. Оптимізація бази даних. Оптимізація бази даних – це набір технік, спрямованих на підвищення продуктивності та ефективності роботи системи управління базами даних (СУБД) [4].

Приклади застосування в системах дистанційного навчання: оптимізація запитів для отримання списку курсів, завдань, оцінок та індексування таблиць з даними користувачів, курсів, результатів тестів.

4. Використання CDN (Content Delivery Network). CDN – це географічно розподілена мережа проксі-серверів та їхніх центрів обробки даних. Мета CDN полягає у наданні контенту користувачам з високою доступністю та продуктивністю.

Коли користувач запитує певний контент (наприклад, зображення, відео, CSS, JavaScript), CDN перенаправляє запит на найближчий до користувача сервер, який має копію цього контенту. Це зменшує відстань, яку повинні пройти дані, і прискорює завантаження [5].

Приклади застосування в системах дистанційного навчання: розміщення зображень курсів, логотипів, відеолекцій на CDN, розміщення CSS-файлів та JavaScript-файлів інтерфейсу користувача на CDN.

5. Асинхронна обробка завдань. Асинхронна обробка завдань – це техніка, при якій виконання певних завдань відбувається у фоновому режимі, незалежно від основного потоку виконання програми. Це дозволяє підвищити швидкість реагування системи на запити користувачів.

Коли користувач ініціює завдання, яке потребує значного часу на виконання, система не виконує це завдання одразу. Замість цього вона додає завдання до черги, а потім одразу ж повертає відповідь користувачеві. Фоновий процес бере завдання з черги та виконує їх [6].

Приклади застосування в системах дистанційного навчання: генерація звітів про успішність студентів, розсилка сповіщень про нові завдання, терміни здачі, обробка завантажених користувачами файлів (наприклад, перетворення форматів).

ВИСНОВКИ. Для поставленої задачі, коли система створюється під конкретний навчальний заклад, тоді використання CDN можна відкинути, оскільки географія використання системи не є сильно розподіленою і більша частина користувачів географічно зосереджена в одному місці (приблизно). Асинхронна обробка завдань також не має великого сенсу для впровадження в даному контексті, оскільки має низький вплив на продуктивність та швидкість системи.

А такі методи, як кешування даних, балансування навантаження та оптимізація бази даних найбільше підходять для виконання поставленої задачі оптимізації стабільності роботи системи дистанційного навчання, адже мають високий вплив на розподілення навантаження та пришвидшення роботи системи.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Технології розробки WEB-ресурсів [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. П. Молчанов, О. К. Пандорін. – Харків :ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 130 с.

2. Що таке кешування даних – визначення, види, типи та ін.: resit.com.ua. URL: [https://resit.com.ua/scho-take-keshirovanie-dannyh-viznachennya-vidy-tipy-i-dr/#:~:text=Це%20процес%20тимчасового%20зберігання%20даних,скорочення%20часу%20доступу%20до%20даних.\(дата%20звернення%20:21.04.2025\).](https://resit.com.ua/scho-take-keshirovanie-dannyh-viznachennya-vidy-tipy-i-dr/#:~:text=Це%20процес%20тимчасового%20зберігання%20даних,скорочення%20часу%20доступу%20до%20даних.(дата%20звернення%20:21.04.2025).)

3. Іванісенко І.М. Методи балансування навантаження у розподілених системах з урахуванням самоподібних властивостей вхідних потоків. ХНУРЕ. , Харків. 2017, с. 117 – 120.

4. Оптимізація бази даних: шлях до високої продуктивності.: whileweb.com. URL:

<https://whileweb.com/uk/blog/optimizaciya-bazi-danih-shlyah-do-visokoyi-produktivnosti/> (дата звернення: 22.04.2025).

5. Content delivery network: Вікіпедія. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Content_delivery_network (дата звернення: 22.04.2025).

6. Асинхронна обробка каскадних транзакцій. Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/power-platform/admin/async-cascading> (дата звернення: 23.04.2025).

7. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic user authentication key for access to HMI/SCADA via unsecured internet networks. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 5866922.

8. Demska, N., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Alkhalaileh, A. (2025). ANALYSIS OF METHODS, MODELS AND ALGORITHMS FOR A COLLABORATIVE ROBOTS GROUP DECENTRALIZED CONTROL. *ACUMEN: International journal of multidisciplinary research*, 2(2), 235-249.

9. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Solyman, A. (2025). Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*, 9(1), 29-43.

10. Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., Maksymova, S., & Demska, N. (2025). Development of a model for recognizing various objects and tools in a collaborative robot workspace. *ACUMEN: International journal of multidisciplinary research*, 2(1), 224-239.

11. Yevsieiev V. Comparison of Functional Capabilities of Classic Manipulator Robots and Collaborative Robots / V. Yevsieiev, N. Demska // Digital innovation & sustainable development 2024 : Proceedings of I st International Conference, November 15, 2024. - Kharkiv, 2024. - P.16-17.

12. Maksymova, S., Yevsieiev, V., Abu-Jassar, A., & Al-Abdallat, M. (2023). Prosthetic Hand 3d Model Development. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(5), 147-156.

13. Chala, O., Yevsieiev, V., Maksymova, S., & Abu-Jassar, A. (2025). MATHEMATICAL MODEL BASED ON MULTI-AGENT REINFORCEMENT LEARNING (MARL) AND PARTIALLY OBSERVABLE MARKOV DECISION PROCESS (POMDP) FOR MODELING CARGO MOVEMENT FOR A MOBILE ROBOTS GROUP. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 5(4), 480-489.

14. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Yevsieiev, V., Lyashenko, V., Nevliudov, I., & Luhach, A. K. (2022). Zoomorphic mobile robot development for vertical movement based on the geometrical family caterpillar. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 3046116.

15. Attar, H., Abu-Jassar, A. T., Amer, A., Lyashenko, V., Yevsieiev, V., & Khosravi, M. R. (2022). Control system development and implementation of a CNC laser engraver for environmental use with remote imaging. *Computational intelligence and neuroscience*, 2022(1), 9140156.

16. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In *2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* (pp. 61-64). IEEE.

17. Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI development automation with GUI elements for object-Oriented programming Languages implementation.

Науковий керівник: Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАР Харківського національного університету радіоелектроніки