

УДК 004.89:681.2

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-6\(34\)-993-1006](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-6(34)-993-1006)

Мосіюк Олександр Олександрович кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, <https://orcid.org/0000-0003-3530-1359>

Сікора Ярослава Богданівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, <https://orcid.org/0000-0003-2621-6638>

Усата Олена Юріївна кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, <https://orcid.org/0000-0002-0610-7007>

Алексєнко Вікторія Віталіївна асистент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, <https://orcid.org/0000-0002-4966-6300>

Гуменюк Станіслав Петрович асистент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Житомирський державний університет імені Івана Франка, <https://orcid.org/0009-0001-4453-9230>

ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ МАСШТАБУВАННЯ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Анотація. Наразі багато компаній та проєктів розробляють системи та інструменти для реалізації хмарних обчислень у машинному навчанні. Зростання обсягів даних та складність алгоритмів машинного навчання роблять їх масштабування на локальному обладнанні все більш складним та дорогим. Хмарні обчислення пропонують гнучке та економічно ефективно рішення для цієї проблеми.

Ця стаття присвячена питанню використання хмарних технологій задля масштабування алгоритмів машинного навчання. Метою статті є дослідження способів застосування хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання.

Описано шляхи використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання. Досліджено переваги та недоліки застосування хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання.

Переваги хмарних обчислень включають доступ до потужних обчислювальних ресурсів, просте управління даними та масштабовану інфраструктуру. До потенційних недоліків хмарних обчислень належать ризики безпеки та залежність від підключення до Інтернету. Проілюстровано переваги, недоліки та способи використання хмарних обчислень для машинного навчання.

Описано, як хмарні платформи, такі як Amazon Web Services, Microsoft Azure та Google Cloud Platform, можуть допомогти дослідникам та організаціям ефективно обробляти великі обсяги даних, навчати складні моделі машинного навчання та знижувати витрати на інфраструктуру.

Доведено, що хмарні обчислення пропонують необмежену масштабованість, еластичність та економічну ефективність для алгоритмів машинного навчання. Наведено аргументи та контраргументи щодо використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання. Акцентовано увагу на тому, що важливо ретельно оцінити компроміси між масштабованістю, економічною ефективністю та потенційними ризиками перед впровадженням хмарних обчислень для проєктів машинного навчання.

Хмарні обчислення - це потужний інструмент для масштабування алгоритмів машинного навчання, який може допомогти дослідникам та організаціям вирішувати складні проблеми та розробляти просунуті моделі. Важливо ретельно оцінювати ризики та переваги хмарних обчислень перед їх впровадженням для проєктів машинного навчання.

Ключові слова: алгоритм, хмарні технології, хмарне обчислення, обчислення ресурсів, машинне навчання.

Mosiiuk Oleksandr Oleksandrovich PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Computer Sciences and Information Technologies, Zhytomyr State Ivan Franko University, <https://orcid.org/0000-0003-3530-1359>

Sikora Yaroslava Bohdanivna PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Computer Sciences and Information Technology, Zhytomyr State Ivan Franko University, <https://orcid.org/0000-0003-2621-6638>

Usata Olena Yuryivna Ph.D in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computer Science and Information Technology, Zhytomyr State Ivan Franko University, <https://orcid.org/0000-0002-0610-7007>

Alekseienko Viktoriia Vitalyivna Assistant of the Department of Computer Science and Information Technology, Zhytomyr State Ivan Franko University, <https://orcid.org/0000-0002-4966-6300>

Humeniuk Stanislav Petrovich Assistant of the Department of Computer Science and Information Technology Zhytomyr State Ivan Franko University, <https://orcid.org/0009-0001-4453-9230>

USING CLOUD COMPUTING TO SCALE MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Abstract. Many companies and projects are currently developing systems and tools to implement cloud computing in machine learning. The growth of data volumes and the complexity of machine learning algorithms make scaling them on local hardware increasingly difficult and expensive. Cloud computing offers a flexible and cost-effective solution to this problem.

This article is dedicated to the issue of using cloud technologies to scale machine learning algorithms. The article explores ways to use cloud computing to scale machine learning algorithms.

The ways of using cloud computing to scale machine learning algorithms are described. The advantages and disadvantages of using cloud computing to scale machine learning algorithms are investigated. The benefits of cloud computing include access to powerful computing resources, easy data management, and scalable infrastructure. The potential disadvantages of cloud computing include security risks and dependence on an Internet connection. The advantages, disadvantages, and ways of using cloud computing for machine learning are illustrated.

The author describes how cloud platforms such as Amazon Web Services, Microsoft Azure, and Google Cloud Platform can help researchers and organizations efficiently process large amounts of data, train complex machine learning models, and reduce infrastructure costs.

It is proved that cloud computing offers unlimited scalability, elasticity, and cost-effectiveness for machine learning algorithms. Arguments and counterarguments for using cloud computing to scale machine learning algorithms are presented. It is emphasized that it is important to carefully evaluate the trade-offs between scalability, cost-effectiveness, and potential risks before implementing cloud computing for machine learning projects.

Cloud computing is a powerful tool for scaling machine learning algorithms that can help researchers and organizations solve complex problems and develop advanced models. It is important to carefully evaluate the risks and benefits of cloud computing before implementing it for machine learning projects.

Keywords: algorithm, cloud technology, cloud computing, resource calculation, machine learning.

Постановка проблеми. Однією з ключових проблем машинного навчання є необхідність обробки великих обсягів даних. Платформи хмарних

обчислень, такі як Amazon Web Services, Microsoft Azure і Google Cloud Platform, забезпечують практично необмежену масштабованість, що дозволяє дослідникам легко отримувати доступ до величезних масивів даних і аналізувати їх. Це усуває потребу в дорогих інвестиціях в апаратне забезпечення і скорочує час, необхідний для навчання моделей. Послуги хмарних обчислень, зазвичай, пропонуються на платній основі, тобто дослідники платять лише за ресурси, які вони використовують. Це робить їх набагато економічно вигіднішими, ніж створення та обслуговування локальної інфраструктури. Крім того, хмарні провайдери часто пропонують конкурентні ціни на свої послуги, що ще більше знижує загальну вартість досліджень машинного навчання. Хмарні обчислення роблять передові методи та інструменти машинного навчання більш доступними для дослідників з різних дисциплін та організацій. Дослідникам більше не потрібно мати великий досвід у створенні та підтримці складної інфраструктури; вони можуть зосередитися на розробці та тестуванні своїх моделей, не турбуючись про технології, що лежать в їх основі. Така демократизація досліджень машинного навчання призвела до значного прогресу в різних галузях, таких як охорона здоров'я, фінанси та екологія.

Суть проблеми, на яку спрямована ця тема дослідження, полягає в необхідності ефективних, масштабованих та економічно вигідних способів аналізу та навчання на великих масивах даних. Хмарні обчислення забезпечують потужне вирішення цих проблем, дозволяючи дослідникам зосередитися на розробці інноваційних алгоритмів машинного навчання, покладаючись на інфраструктуру, що надається хмарними провайдерами. Оскільки машинне навчання продовжує відігравати все більш важливу роль у нашому житті, вивчення використання хмарних обчислень для масштабування цих алгоритмів буде ставати все більш важливим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори Y. Wang, Q. Bao, J. Wang, G. Su, X. Xu зупиняються на проблемах, пов'язаних з великими обсягами обчислювальних ресурсів і вимогами до зберігання в машинному навчанні, і пропонують рішення як повною мірою використовувати переваги платформи хмарних обчислень і поєднання алгоритмів і технологій машинного навчання. На основі практичних даних та досліджень висвітлюють сценарії застосування, переваги та виклики хмарних обчислень у машинному навчанні, а також прогнозують майбутні тенденції розвитку [1, с. 163].

S. Hasan, S. Zeebaree зупинились на розгляді масштабованості та ефективності у зв'язку з основними елементами - розподіл завдань, накладні витрати на зв'язок, відмовостійкість і оптимізація ресурсів, які сприяють ефективності розподіленої системи для машинного навчання [2, с. 1685].

H. Radmanaban зосередила увагу на стратегіях та методах, що застосовуються для ефективного масштабування алгоритмів машинного

навчання в розгалуженій інфраструктурі даних а також на різних підходах для забезпечення безперешкодної інтеграції моделей машинного навчання з великомасштабними системами даних [3, с. 1].

Проте наразі хмарні обчислення революціонізували наш підхід до зберігання, обробки та аналізу даних у сучасну цифрову епоху. Поява методів машинного навчання ще більше ускладнила ситуацію, вимагаючи значних обчислювальних ресурсів. Хмарні алгоритми машинного навчання можуть використовувати масштабованість та економічну ефективність хмарних обчислень для роботи з великими масивами даних та складними моделями. Однак однією з ключових проблем залишається ефективне використання ресурсів хмарних обчислень для задач машинного навчання та його дослідження.

Мета статті – дослідження способів застосування хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання.

Виклад основного матеріалу. За словами Т.Д. Панченко, І.А. Тузова, О.В. Тузова, О.А. Чумак: «Хмарні обчислення - це загальний термін для будь-якого ІТ-ресурсу (сервера, бази даних, мережі тощо), який споживач використовує через Інтернет. Кінцевий користувач передає готові ресурси аутсорсингу та отримує доступ до них онлайн, замість того, щоб покладатися на локальну інфраструктуру» [4, с. 552].

Використання хмарних обчислень у машинному навчанні набуває все більшого значення, оскільки воно надає можливість реалізувати масштабовані системи з високою ефективністю обробки даних. Хмарні обчислення відрізняються від традиційних локальних обчислень тим, що вони виконуються на великій кількості розподілених вузлів, а результати обчислень збираються та обробляються центральним сервером. Це дозволяє забезпечити високу продуктивність обробки даних, оскільки обчислення може виконуватись одночасно на декількох комп'ютерах, а не лише на одному центральному сервері.

Хмарні обчислення також пропонують високу гнучкість та пристосованість до різних типів даних та архітектури. Це дозволяє використовувати їх у різних застосуваннях машинного навчання, наприклад у класичному підрозділі машинного навчання (навчання з випадковими помилками та ін.), але також і у неklasичних (навчання з невизначеними прийомами та ін.).

Крім того, хмарні обчислення є екологічно чистими, оскільки вони вимагають значно менше енергії та ресурсів у порівнянні із традиційними локальними обчисленнями. Це особливо важливе у разі використання великих об'ємів даних, де витрати на енергію можуть швидко наростати. Розглянемо переваги використання хмарних обчислень для машинного навчання на рис. 1.

Переваги використання хмарних обчислень для машинного навчання

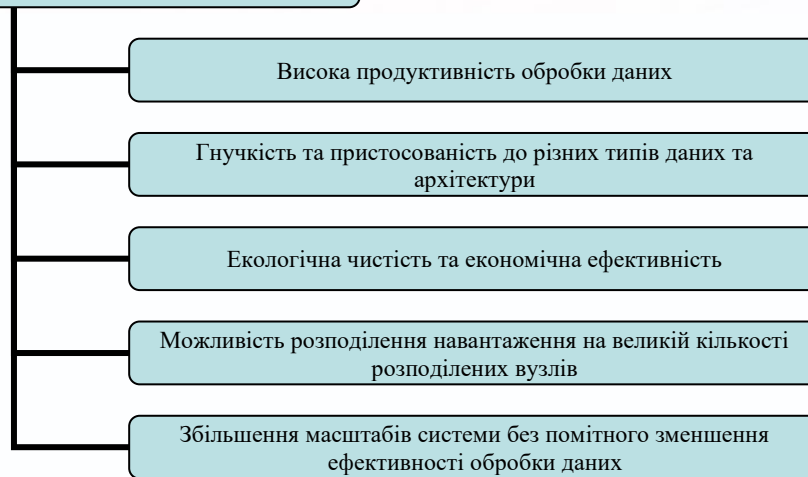


Рис. 1 Переваги використання хмарних обчислень для машинного навчання

Хмарні обчислення забезпечують масштабованість алгоритмів машинного навчання, пропонуючи ресурси на вимогу, які можна легко збільшити або зменшити відповідно до обчислювальних вимог алгоритмів. Ця масштабованість дозволяє моделям машинного навчання ефективно обробляти великі набори даних і складні обчислення. Наприклад, такі хмарні платформи, як Amazon Web Services (AWS) і Google Cloud Platform (GCP), дозволяють користувачам отримувати доступ до широкого спектру обчислювальних ресурсів, таких як віртуальні машини та сховища, які можна динамічно налаштовувати відповідно до потреб алгоритмів машинного навчання. Така гнучкість у розподілі ресурсів гарантує, що алгоритми можна масштабувати для навчання на масивних наборах даних або зменшувати масштаб для менших завдань, оптимізуючи продуктивність і ефективність.

Хмарні обчислення стають дедалі популярнішим та ефективнішим способом масштабування алгоритмів машинного навчання, оскільки вони пропонують численні переваги над традиційною локальною інфраструктурою. Хмарні обчислення революціонізували спосіб впровадження та масштабування алгоритмів машинного навчання. Завдяки можливості надавати ресурси на вимогу та зменшувати витрати на інфраструктуру, хмарні обчислення пропонують численні переваги для проєктів машинного навчання. Однак існують також проблеми, пов'язані з безпекою та залежністю від підключення до Інтернету під час використання хмарних служб для машинного навчання.

Однією з основних задач, яка з'являється в процесі моделювання складних систем є масштабування обчислень – збільшення кількості ресурсів при зростанні розміру завдання [5, с. 211].

Як стверджує Н. Radmanaban: «Масштабованість є критично важливим аспектом розгортання алгоритмів машинного навчання у великомасштабній інфраструктурі даних. Зі збільшенням обсягу та складності наборів даних організації стикаються з проблемами ефективної обробки та аналізу даних для отримання значущих висновків» [3, с. 1].

Хмарні обчислення забезпечують необмежену інформаційну ємність, усуваючи таким способом проблеми масштабованості. Хмарні обчислення надають розробникам доступ до програмного й апаратного забезпечення, які зазвичай недоступні для користувачів малого та середнього бізнесу, і дають можливість створювати нові продукти, що будуть висококонкурентними у стратегічному періоді й забезпечать усталену корпоративну конкурентоспроможність [6, с. 1].

Завдяки масштабованості та гнучкості ресурсів на вимогу хмарні обчислення стали платформою вибору для навчання та розгортання великомасштабних моделей машинного навчання [2, с. 1685].

Пропонуємо зупинитись детальніше на недоліках використання хмарних обчислень для машинного навчання (рис. 2).

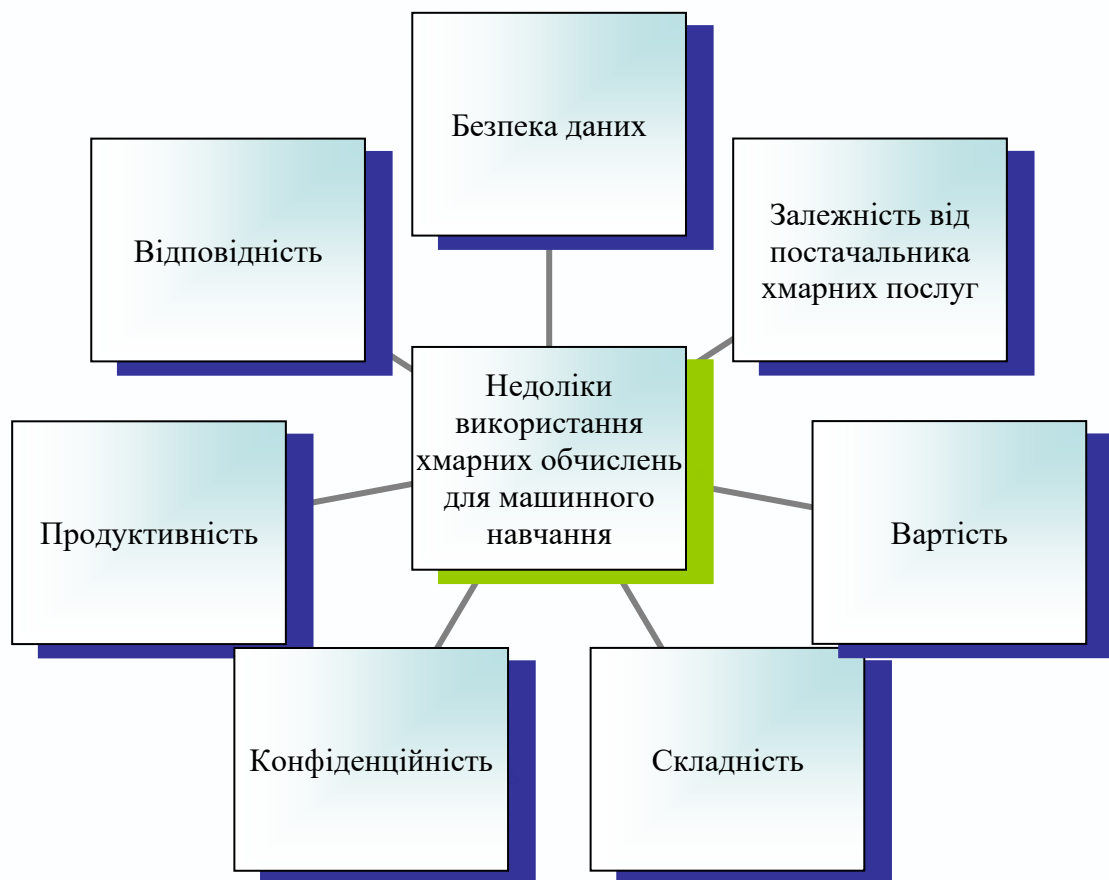


Рис. 2 Недоліки використання хмарних обчислень для машинного навчання

Незважаючи на переваги масштабованості, які пропонують хмарні обчислення, існують значні проблеми з безпекою, пов'язані з використанням хмарних служб для проєктів машинного навчання. Однією з головних проблем є потенційний ризик для конфіденційності та безпеки даних, коли конфіденційна інформація зберігається в хмарі. Порухення даних і несанкціонований доступ до конфіденційних даних є постійною загрозою в хмарному середовищі, що викликає сумніви щодо безпеки цінних наборів даних машинного навчання. Крім того, кіберзлочинці можуть використовувати уразливості в хмарних службах для порушення цілісності даних, що створює значну проблему для організацій, які використовують хмарні обчислення для програм машинного навчання.

Крім того, хмарні обчислення зменшують витрати на інфраструктуру для проєктів машинного навчання завдяки впровадженню моделей ціноутворення за принципом оплати, які можуть бути дуже економічно ефективними. На відміну від традиційної локальної інфраструктури, хмарні сервіси усувають необхідність початкових інвестицій у дороге обладнання та налаштування інфраструктури. Сплачуючи лише за використані ресурси та уникаючи накладних витрат, пов'язаних із обслуговуванням фізичних серверів, організації можуть значно скоротити свої загальні витрати на впровадження алгоритмів машинного навчання. Така економічна ефективність робить хмарні обчислення привабливим варіантом для компаній, які прагнуть використовувати можливості машинного навчання без значних фінансових витрат.

Однак помітним недоліком використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання є залежність від підключення до Інтернету для безперебійної роботи. Ненадійне підключення до Інтернету може порушити процеси машинного навчання, що призведе до затримок у передачі даних і навчанні моделі. Проблеми із затримкою також можуть виникати під час передачі даних між локальними системами та хмарними серверами, що впливає на продуктивність програм машинного навчання в реальному часі. Ця залежність від стабільного підключення до Інтернету створює серйозну проблему для організацій, які не можуть дозволити собі простої або перерви в робочих процесах машинного навчання, підкреслюючи потенційні обмеження хмарних рішень машинного навчання.

Як слушно зазначають S. Hasan, S. Zeebaree: «Розподілені навчальні фреймворки, які зараз використовуються, не в змозі масштабувати свої навчальні кластери без того, щоб не зупинити навчальний процес, який зараз здійснюється. Це пов'язано з тим, що масштабування їхніх навчальних кластерів не є можливим. Незважаючи на те, що хмарні навчальні кластери повинні мати еластичну масштабованість, виникла саме така ситуація. Як прямий наслідок цього, розпорошеним навчальним структурам складніше

ефективно використовувати ресурси, які тепер доступні через хмару, що є прямим наслідком цієї ситуації» [2, с. 1703].

Процес використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання відбувається таким чином:

1. Визначення завдання та вибір алгоритму машинного навчання. Це може бути будь-яка задача від класифікації зображень до рекомендацій системи.

2. Визначення розміру вихідних даних. Це може означати число прикладів, кількість вхідних чи характеристик чи відстаней між ними. Визначаємо, скільки даних потрібно для навчання та тестування моделі.

3. Використання хмарних обчислень для масштабування даних. Використовуючи платформи, такі як Amazon Web Services, Google Cloud Platform або Microsoft Azure, є можливість підключитися до хмарних обчислень та розмістити датасет на хмарних носіях.

4. Налаштування системи. Встановлюється необхідне програмне забезпечення, наприклад, бібліотеки TensorFlow, PyTorch, Keras або Scikit-learn для обробки даних та тренування моделей. Також налаштовується система платформи для виконання обчислень.

5. Розміщення моделей на хмарних обчислювальних ресурсах. Є можливість підключити моделі до системи хмарних обчислень та налаштувати правильне використання ресурсів.

6. Тренування моделі. Використовуючи розміщені моделі та надані масиви даних, відбувається тренування моделі за допомогою навчання з вибірковою підкріпленням, залежно від визначеного розміру вихідних даних.

7. Тестування моделі. Використовуються незалежні вихідні дані для перевірки точності та надійності моделі.

8. Оцінка результатів. Визначається відповідність отриманих результатів тестування моделі передбачень реальним значенням. Якщо відмінність значень занадто велика, то повторюється крок визначення завдання та вибору алгоритму машинного навчання, щоб підвищити точність моделі.

9. Застосування моделі. Після успішного тестування та оцінки моделі можемо її використовувати для класифікації нових даних, визначення характеристик або для інших застосувань машинного навчання.

В цілому, процес використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання є складним і багатогодинним, але дозволяє нам навчати набагато більших моделей і отримувати кращі результати [2, с. 1705].

Використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання дійсно може бути трудомістким процесом, який часто займає кілька годин або навіть днів, залежно від складності алгоритму та обсягу залучених даних. Однак ця складність притаманна самій природі машинного навчання, яка передбачає навчання моделей для аналізу та навча-

ння на основі величезних обсягів даних. Як наслідок, час, необхідний для масштабування цих алгоритмів з використанням хмарних ресурсів, часто є неминучим.

Тим не менш, існують способи оптимізувати цей процес і скоротити загальний час, необхідний для його виконання. Один з підходів полягає у використанні паралельних обчислень, які дозволяють розподілити обчислення між декількома процесорами або вузлами в хмарному середовищі. Це може значно прискорити процес навчання, оскільки різні частини алгоритму можуть виконуватися одночасно. Інший підхід полягає у використанні спеціалізованого обладнання, такого як графічні процесори або тензорні процесори (TPU), які розроблені спеціально для робочих навантажень машинного навчання і можуть запропонувати значно вищу продуктивність, ніж традиційні процесори. А ще можна використати системи машинного навчання з підтримкою ітеративного прийняття рішень (англ. online learning systems), які можуть самостійно оптимізувати алгоритм навчання та параметри під час виконання процесу. Ці системи можуть швидко адаптуватися до змін в даних та завданнях, що дозволяє знайти оптимальне рішення протягом коротшого часу. Крім того, такі системи можуть працювати з обмеженими ресурсами, такими як обмежений час або обмежене об'ємне спостереження, що є звичайним для багатьох практичних додатків машинного навчання.

Таким чином, хоча масштабування алгоритмів машинного навчання з використанням хмарних ресурсів може зайняти кілька годин або навіть днів, є способи оптимізувати цей процес і скоротити час, необхідний для цього. Головне - використовувати переваги паралельних обчислень і спеціалізованого обладнання, коли це можливо.

Зупинимось на способах використання хмарних технологій для масштабування алгоритмів машинного навчання (рис. 3).



Рис. 3 Способи використання хмарних технологій для масштабування алгоритмів машинного навчання

Хмарні обчислення зробили революцію в галузі машинного навчання, уможлививши великомасштабні розподілені обчислення та обробку даних. Однією з ключових переваг хмарних обчислень є можливість масштабування за потреби, що дозволяє алгоритмам машинного навчання працювати з великими масивами даних і складними обчислювальними завданнями.

Існує кілька способів використання хмарних обчислень для масштабування алгоритмів машинного навчання.

По-перше, збільшення обчислювальної потужності. Найбільш очевидною перевагою використання хмарних обчислень для алгоритмів машинного навчання є значне збільшення обчислювальної потужності, яку вони забезпечують. Хмарні провайдери, такі як Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure і Google Cloud Platform (GCP), пропонують величезні обчислювальні ресурси, включаючи тисячі процесорів і графічних процесорів, які можуть обробляти складні моделі ML і великі набори даних. Це дозволяє дослідникам та організаціям навчати свої моделі швидше та ефективніше, скорочуючи час виведення на ринок нових продуктів та послуг. Тож однією з основних переваг використання хмарних обчислень для машинного навчання є величезна кількість обчислювальних потужностей, які можна використовувати на вимогу. Оскільки алгоритми стають складнішими, а набори даних - більшими, потреба в обчислювальних потужностях зростає в геометричній прогресії.

По-друге, простіше управління даними. Ще однією проблемою при масштабуванні алгоритмів машинного навчання є управління та зберігання великих обсягів даних. Хмарні рішення для зберігання даних забезпечують ефективні та масштабовані засоби зберігання та доступу до даних, що дозволяє дослідникам легко зберігати та керувати петабайтами даних для цілей навчання та висновків. Крім того, хмарні провайдери часто пропонують спеціалізовані сервіси для роботи з даними, такі як озера і сховища даних, які можуть допомогти впорядкувати завдання підготовки та аналізу даних [1, с. 164].

По-третє, еластична й масштабована інфраструктура. Платформи хмарних обчислень пропонують еластичність і масштабованість, що дозволяє алгоритмам машинного навчання адаптуватися до мінливих робочих навантажень і вимог до ресурсів. Під час навчання і виведення алгоритми машинного навчання можуть динамічно розподіляти ресурси за потреби, збільшуючи або зменшуючи масштаби залежно від складності завдання, що вирішується. Це гарантує, що організації платять тільки за ті ресурси, які вони використовують, знижуючи витрати і максимізуючи ефективність. Платформи хмарних обчислень розроблені таким чином, щоб мати високу масштабованість, що дозволяє організаціям легко додавати або видаляти обчислювальні ресурси за потреби. Це особливо корисно при навчанні великомасштабних моделей машинного навчання, оскільки час навчання може сильно відрізнятись в залежності від розміру і складності набору даних.

Хмарні провайдери пропонують доступ на вимогу до широкого спектру обчислювальних ресурсів, включаючи CPU, GPU і TPU. Це дозволяє дослідникам і практикам у сфері машинного навчання легко масштабувати свої обчислювальні потужності в міру зростання наборів даних або складності моделей. Використовуючи хмарні ресурси, організації можуть уникнути значних початкових витрат, пов'язаних з побудовою та підтримкою власних центрів обробки даних та апаратної інфраструктури.

По-четверте, доступ до спеціалізованого обладнання. Багато хмарних провайдерів пропонують спеціалізоване обладнання, таке як TPU (тензорні процесори) та FPGA (програмовані вентильні матриці), які оптимізовані для робочих навантажень машинного навчання та глибокого навчання. Ці ресурси можуть значно прискорити навчання та виведення моделей машинного навчання, що призводить до швидшого розуміння та кращої продуктивності. Крім того, хмарні провайдери часто пропонують керовані послуги, які вирішують складнощі розгортання та управління цими спеціалізованими апаратними ресурсами, що полегшує організаціям їх використання у своїх проектах машинного навчання [3, с. 23].

По-п'яте, масштабованість даних та масштабованість розгортання моделі. Хмарні системи зберігання даних призначені для роботи з великими обсягами даних, часто петабайтами або навіть ексабайтами. Це полегшує дослідникам машинного навчання зберігання та обробку великих наборів даних, що є важливим для навчання та оцінки складних моделей. Хмарні провайдери також пропонують різноманітні варіанти зберігання, включаючи об'єктне, блокове та файлове зберігання, що дозволяє організаціям обрати найбільш підходяще рішення для своїх конкретних потреб. Після того, як модель машинного навчання навчена і перевірена, її потрібно розгорнути у виробничому середовищі. Хмарні сервіси, такі як AWS, Azure та Google Cloud Platform, пропонують масштабовані варіанти розгортання, включаючи безсерверні архітектури та сервіси оркестрування контейнерів, такі як Kubernetes. Це дозволяє організаціям легко масштабувати свої моделі машинного навчання, збільшуючи або зменшуючи їх за потребою, гарантуючи, що вони зможуть впоратися з раптовими сплесками трафіку або шаблонами використання.

Висновки. Отже, хмарні обчислення забезпечують ідеальне середовище для масштабування алгоритмів машинного навчання. Вони пропонують масштабовану інфраструктуру, сховища даних і варіанти розгортання, що дозволяє організаціям легко справлятися з обчислювальними навантаженнями і вимогами до сховищ сучасних додатків машинного навчання. Хмарні обчислення пропонують потужний та гнучкий спосіб масштабування алгоритмів машинного навчання, що робить їх доступнішими для ширшого кола користувачів. Використання хмарних платформ може значно покращити

продуктивність, знизити витрати та сприяти інноваціям в сфері машинного навчання.

Підсумовуючи, хоча хмарні обчислення пропонують незаперечні переваги для масштабування алгоритмів машинного навчання та зниження витрат на інфраструктуру, важливо усунути ризики безпеки та залежності підключення до Інтернету, пов'язані з хмарними службами. У зв'язку з цим організації повинні ретельно оцінювати компроміси між масштабованістю, економічною ефективністю та потенційними вразливими місцями, коли розглядають впровадження хмарних обчислень для проєктів машинного навчання.

Література:

1. Wang Y., Bao Q., Wang J., Su G., Xu X. Cloud Computing for Large-Scale Resource Computation and Storage in Machine Learning. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*. 2024. No 4(03). P. 163–171. DOI [https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04\(03\).14](https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04(03).14)
2. Hasan S., Zeebaree S. Distributed Systems for Machine Learning in Cloud Computing: A Review of Scalable and Efficient Training and Inference. *Indonesian Journal of Computer Science*. 2024. No 13. P. 1685-1707. URL: https://www.researchgate.net/publication/380576693_Distributed_Systems_for_Machine_Learning_in_Cloud_Computing_A_Review_of_Scalable_and_Efficient_Training_and_Inference (date of access: 10.06.2024).
3. Padmanaban H. Machine Learning Algorithms Scaling on Large-Scale Data Infrastructure. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)*. 2024. No 3(1). P. 1-26. DOI <https://doi.org/10.60087/jaigs.vol03.issue01.p26>
4. Панченко Т.Д., Тузова І.А., Тузов О.В., Чумак О.А. Хмарні сервіси та огляд їх постачальників. *InterConf*. 2024. С. 550-559. DOI 10.51582/interconf.19-20.03.2024.053.
5. Волк М.О., Лабазов В.Г., Кипаренко Д.О., Привалов Б.В., Шумов Д.О., Самойлов І.А. Розподілене комп'ютерне моделювання в системах комп'ютерних обчислень. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2024. № 1(88). С. 211-217. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.1.29>
6. Ястремська О.М., Стадниченко А.В., Колобов І.Ю. Аналіз впливу технологій хмарних обчислень на стратегічне управління конкурентоспроможністю підприємств. *Академічні візії*. 2024. № 27. 13 с. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/883> (дата звернення: 11.06.2024).

References:

1. Wang, Y., Bao, Q., Wang, J., Su, G., & Xu, X. (2024). Cloud computing for large-scale resource computation and storage in machine learning. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, 4(03), 163–171. [https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04\(03\).14](https://doi.org/10.53469/jtpes.2024.04(03).14)
2. Hasan, S., & Zeebaree, S. (2024). Distributed systems for machine learning in cloud computing: A review of scalable and efficient training and inference. *Indonesian Journal of Computer Science*, 13, 1685-1707. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/380576693_Distributed_Systems_for_Machine_Learning_in_Cloud_Computing_A_Review_of_Scalable_and_Efficient_Training_and_Inference
3. Padmanaban, H. (2024). Machine learning algorithms scaling on large-scale data infrastructure. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS)*, 3(1), 171–196. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v3i1.113>

4. Panchenko T.D., Tuzova I.A., Tuzov O.V., Chumak O.A. (2024). Khmarni servisy ta ohliad yikh postachalnykiv [Cloud services and an overview of their providers]. *InterConf - InterConf*. 550-559. DOI 10.51582/interconf.19-20.03.2024.053. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/379286773_Hmarni_servisi_ta_oglad_ih_postacalnikiv [in Ukrainian].

5. Volk M.O., Labazov V.H., Kyparenko D.O., Pryvalov B.V., Shumov D.O., Samoilo I.A. (2024). Rozpodilene kompiuterne modeliuвання v systemakh kompiuternykh obchyslen [Distributed computer modeling in computer computing systems]. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu - Bulletin of Kherson National Technical University*. 1(88), 211-217. DOI: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.1.29> Retrieved from: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/588 [in Ukrainian].

6. Yastremska O.M., Stadnychenko A.V., Kolobov I.Iu. (2024). Analiz vplyvu tekhnolohii khmarnykh obchyslen na stratehichne upravlinnia konkurentospromozhnistiu pidpriemstv [Analysis of the impact of cloud computing technologies on the strategic management of enterprise competitiveness]. *Akademichni vizii - Academic visions*. 27, 13. Retrieved from: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/883> [in Ukrainian].