

УДК 004.046+004.8

DOI: 10.31673/2412-9070.2023.061618

Д. С. КОНДРАТЮК, студент;

О. В. НЕГОДЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

Т. П. ДОВЖЕНКО, канд. техн. наук;

Є. А. ЧИЧКАРЬОВ, доктор техн. наук, професор,

Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ

МЕТОДИ РОЗПОДІЛЕНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ У ХМАРНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Хмарні обчислювальні середовища стають необхідною складовою для реалізації обчислювальних завдань різного масштабу та складності в сучасному інформаційному світі. Використання розподіленого програмування та ефективного оброблення даних у хмарних середовищах є актуальною та стратегічно важливою проблемою. Аналіз останніх досліджень та публікацій у галузі хмарних обчислень свідчить про постійний розвиток і розширення можливостей цих середовищ. Особливий акцент робиться на розподіленому програмуванні на базі контейнерів та оркестрування, зокрема за допомогою Kubernetes. Ці технології дають змогу забезпечити масштабованість та автоматизацію процесу обчислень у хмарних середовищах. Дослідження методів оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах охоплює аналіз розподіленого програмування, оброблення даних у реальному часі та використання новітніх технологій для досягнення оптимальної ефективності. Один із ключових аспектів дослідження є вивчення розподіленого програмування. Цей підхід дає можливість розподілити обчислювальні завдання між різними вузлами хмари, що сприяє підвищенню швидкодії та відмовості. Оброблення даних у реальному часі відіграє головну роль у розв'язанні завдань, де час є критичним фактором. Інтеграція новітніх технологій, зокрема штучного інтелекту та машинного навчання, допомагає досягти оптимальних результатів. Результати запропонованого дослідження підкреслюють важливість поєднання розподіленого програмування та ефективного оброблення даних для оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах. Цей підхід дає змогу досягти підвищення продуктивності та зниження витрат на ресурси. Майбутні розвідки в цьому напрямку передбачають подальший розвиток методів та інструментів для досягнення найкращих результатів у хмарному обчисленні. Відкриття нових можливостей у використанні хмарних обчислювальних середовищ допоможе забезпечити стале підвищення якості обчислювальних послуг та сприяти розвитку сучасного інформаційного суспільства.

Ключові слова: хмарні обчислення; розподілене програмування; оброблення даних; Kubernetes; ефективність; штучний інтелект; машинне навчання; оптимізація.

Вступ

Хмарні обчислювальні середовища істотно змінили парадигму оброблення та виконання обчислювальних завдань. Їх потужність та гнучкість відкривають безліч можливостей для сучасного інформаційного суспільства. Однак зі зростанням обсягу даних та складності завдань, які потрібно виконувати в хмарних середовищах, виникають виклики та проблеми.

З одного боку, проблема полягає у важливості забезпечення ефективного та оптимального використання ресурсів хмари. Усі ці вираження, докладне оброблення даних та розподілені завдання мають бути виконані швидко та ефективно. Якщо такого не відбувається, то це може призвести до зайвих витрат, втрати часу та незадоволеності користувачів.

З другого боку, постає проблема в забезпеченні надійності та безпеки в хмарних середовищах. Оскільки дані пересилаються та зберігаються віддалено, важливо, щоб вони залишалися конфіденційними та захищеними від несанкціонованого доступу та атак.

Отже, статтю спрямовано на дослідження та розв'язання цих проблем, а також визначення способів оптимізації обчислювальних завдань у

хмарних середовищах для досягнення оптимальної ефективності та безпеки.

Основна частина

Сьогодні використання хмарних середовищ для обчислювальних завдань набувають активного розвитку. Велика увага приділяється розробленню та оптимізації методів розподіленого програмування та обробленню даних у хмарних середовищах. Чимала кількість досліджень наголошує на важливості використання паралельного та розподіленого програмування для підвищення продуктивності та масштабованості обчислювальних завдань у хмарі. Сучасні дослідження у сфері оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах надають важливі інсайти щодо досягнення оптимальної ефективності та використання ресурсів [1]. З огляду на важливість забезпечення безпеки та конфіденційності даних у хмарних середовищах доцільним є аналіз результатів досліджень щодо захисту даних та уникнення можливих загроз, а також числові показники оптимізації, зокрема швидкість виконання завдань та використання ресурсів для оцінювання ефективності запропонованих методів [2].

Метою статті є дослідження та аналіз методів розподіленого програмування та оброблення даних із метою оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах.

У статті використано метаевристичні алгоритми оптимізації, які становлять загальний клас алгоритмів, призначених для розв'язання задач оптимізації. Вони використовують евристичні, або загальні стратегії, для виявлення приблизно найкращих рішень у просторі можливих варіантів. Метаевристичні методи можуть застосовуватися до широкого спектра завдань, включно із задачами комбінаторної оптимізації, неперервної оптимізації, а також з оптимізацією за умов невизначеності чи обмежень.

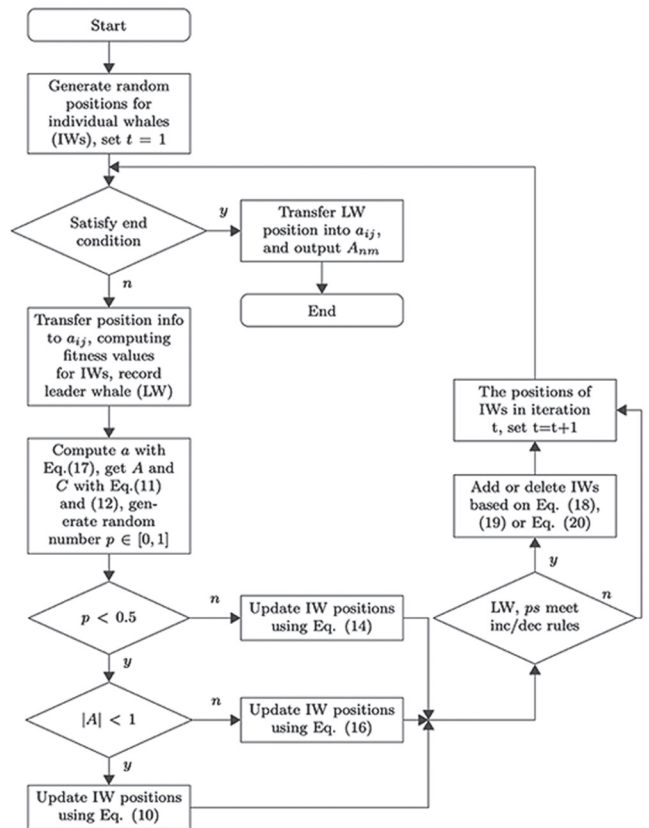
Для вирішення задач планування завдань у хмарних обчислювальних системах доцільно використовувати поліпшений алгоритм IWC (*Improved Whale Clustering*), що є вдосконаленою версією алгоритму *Whale Optimization Algorithm (WOA)*, розробленого для вирішення задач планування завдань у хмарних обчислювальних системах. Основною ідеєю алгоритму є імітація природних поведінкових особливостей китів для оптимізації розподілу завдань між віртуальними машинами у хмарному середовищі [3; 4].

Алгоритм WOA надає евристичні методи для пошуку простору рішень та має такі етапи:

- задачі та ресурси хмарної системи мають бути адекватно подані у форматі, який використовуватиметься для оптимізації WOA. Це може охоплювати обмеження ресурсів, часові параметри та інші характеристики;
- створення початкової точки для можливого плану розміщення задач на ресурсах;
- оцінювання ефективності розташування завдань на ресурсах з огляду на такі параметри, як час виконання, використання ресурсів тощо;
- застосування кроків *Whale Optimization Algorithm*, де кожна ітерація подає можливий план планування;
- після завершення ітерацій алгоритму оцінюються всі можливі рішення, і вибираються найкращі як вирішення задачі планування;
- залежно від конкретної задачі можуть виконуватися додаткові кроки, зокрема перевірка умови зупинки, аналіз результатів тощо.

Порядок реалізації алгоритму IWC для планування завдань у хмарному середовищі наведено на рисунку.

Було проаналізовано чотири алгоритми: **ACO** (*Ant Colony Optimization*) — алгоритм оптимізації, який базується на поведінці мурах під час пошуку шляху до джерела їжі, **WOA** (*Whale Optimization Algorithm*) та **IWS** (*Improved Whale Search*) — алгоритми оптимізації, засновані на мисливській поведінці китів, та **PSO** (*Particle Swarm Optimiza-*



Порядок реалізації алгоритму IWC для планування завдань у хмарному середовищі

tion) — алгоритм, який ґрунтується на соціальній поведінці пташиної зграї або косяків риби [5-7]. Вибрані алгоритми є потужними методами оптимізації, але вибір між ними залежить від конкретних характеристик розв'язуваної проблеми.

Визначено числові показники до та після впровадження алгоритму IWC для як малих, так і великих обсягів завдань у хмарних системах. Результати порівняння наведено в таблиці.

Числові показники до та після впровадження алгоритму

Метрика/алгоритм	До впровадження IWC (малий обсяг завдань)	Після впровадження IWC (малий обсяг завдань)	До впровадження IWC (великий обсяг завдань)	Після впровадження IWC (великий обсяг завдань)
Вартість за час	ACO: 0.74	IWC: 0.57	ACO: 0.82	IWC: 0.63
Навантаження	ACO: 1800	IWC: 1500	ACO: 22000	IWC: 17500
Ціна	ACO: 3000	IWC: 2600	ACO: 38000	IWC: 32000
Загальна вартість	ACO: 0.74	IWC: 0.57	ACO: 0.82	IWC: 0.63

У процесі проведеного аналізу було встановлено, що після впровадження IWC у систему, вартість за час значно зменшилася як для малих, так і великих обсягів завдань. Це свідчить про ефективність IWC у забезпеченні зниження витрат часу на виконання завдань. Для малих обсягів завдань

IWC зменшило вартість за час на понад 20%, а для великих завдань — більш ніж на 20%.

Також IWC зміг значно зменшити навантаження на систему для обох обсягів завдань, тобто алгоритм допомагає оптимізувати використання системної пам'яті та зменшує споживання ресурсів для обох масштабів завдань. Для малих обсягів завдань, IWC зменшив навантаження на систему на 300 одиниць, а для великих — на 4500 одиниць.

Упровадження IWC також зумовило значне зменшення ціни ресурсів для обох обсягів завдань. Це вказує на більш ефективне використання ресурсів і значущу економію витрат. Для малих обсягів завдань IWC зменшив ціну ресурсів на 400 одиниць, а для великих — на 6000 одиниць.

З'ясовано, що загальна вартість виконання завдань із використанням IWC була набагато меншою, ніж за використання інших алгоритмів для обох обсягів завдань. Це підтверджує ефективність IWC у реалізації задач планування в хмарних обчисленнях із меншими витратами.

Висновки

Отже, на основі порівняння числових показників визначено, що впровадження алгоритму IWC в систему планування завдань у хмарних обчислювальних середовищах зумовило значне поліпшення всіх цільових властивостей.

Використання алгоритму IWC показує найкращі результати порівняно з іншими алгоритмами (ACO, PSO, WOA) та забезпечує оптимальнішу роботу із завданнями різних обсягів, зменшуючи витрати часу, навантаження, ціни та загальну вар-

тість. Тобто розподілене програмування у поєднанні з обробленням даних виявилось дієвим підходом до оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах, який дає змогу підвищувати продуктивність та ефективність даних обчислень.

За результатами проведеного дослідження можна дійти висновку, що використання алгоритму IWC (Improved Whale Clustering) для планування завдань у хмарних системах зумовлює покращення продуктивності та зменшення витрат часу та ресурсів.

Список використаної літератури

1. *Xin-She Y. Nature-inspired optimization algorithms: Challenges and open problems // Journal of Computational Science. 2020. 46. P. 101–104.*
2. *Kochenderfer Mykel J., Wheeler Tim A. Algorithms for Optimization. The MIT Press. 2019.*
3. *Lones M. A. Mitigating metaphors: A comprehensible guide to recent nature-inspired algorithms // SN Computer Science. 2020. 1, no. 1. P. 1–12.*
4. *Korte B., Vygen J. Linear programming algorithms // Combinatorial optimization. Springer. 2018. P. 75–102.*
5. *Ahmadi R., Ekbatanifard G., Bayat P. A modified grey wolf optimizer based data clustering algorithm // Appl Artif Intell. 2021. 35(1). P. 63–79.*
6. *Waldner Jean-Baptiste. Nanocomputers and Swarm Intelligence. London: ISTE John Wiley & Sons. 2008. P. 225.*
7. *Kennedy J., Eberhart R. C. Particle swarm optimization // Proc. IEEE International Conference on Neural Networks IV 1942-1948. 1995. P. 255–262.*

D. S. Kondratiuk, O. V. Nehodenko, T. P. Dovzhenko, Ye. A. Chychkarov

THE DISTRIBUTED PROGRAMMING AND DATA PROCESSING METHODS FOR COMPUTATIONAL TASK OPTIMIZATION IN CLOUD ENVIRONMENTS

Cloud computing environments have become an essential component for executing computational tasks of various scales and complexities in the modern information-driven world. The use of distributed programming and efficient data processing in cloud environments is a topical and strategically important issue.

The analysis of recent research and publications in the field of cloud computing indicates a continuous development and expansion of capabilities in these environments. Special emphasis is placed on container-based distributed programming and orchestration, particularly using Kubernetes. These technologies enable scalability and automation of the computational processes in cloud environments.

The aim of this article is to investigate methods for optimizing computational tasks in cloud environments. The research encompasses the analysis of distributed programming, real-time data processing, and the integration of state-of-the-art technologies to achieve optimal efficiency.

One of the key aspects of the research is the study of distributed programming. This approach allows the distribution of computational tasks among various cloud nodes, leading to improved performance and fault tolerance. Real-time data processing plays a pivotal role in addressing tasks where time is a critical factor. The integration of cutting-edge technologies, such as artificial intelligence and machine learning, aids in achieving optimal results.

The conclusions of this study underscore the importance of combining distributed programming and efficient data processing to optimize computational tasks in cloud environments. This approach enables increased productivity and reduced resource costs.

Future research in this direction envisions further development of methods and tools to achieve the best possible outcomes in cloud computing. Exploring new opportunities in cloud computing environments will ensure a continuous enhancement of the quality of computational services and contribute to the advancement of the modern information society.

Keywords: cloud computing; distributed programming; data processing; Kubernetes; efficiency; artificial intelligence; machine learning; optimization.