

ХОРКАНІН МАКСИМ

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0009-0001-6263-6878>e-mail: maksym.y.khorkanin@lpnu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ МЕТОДАМИ АВТОМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

В роботі наведено результати дослідження, які пов'язані з координацією дій та обміном інформацією між компонентами розподілених інтелектуальних систем. Ці проблеми можуть призводити до затримок у виконанні завдань, неефективного використання ресурсів та загального зниження продуктивності системи. Виникнення таких труднощів обумовлене різноманітними чинниками, включаючи асинхронність роботи компонентів, складність управління ресурсами та потребу в адаптації до змінних умов середовища. Розв'язання цих проблем має велике значення для підвищення ефективності та надійності функціонування розподілених інтелектуальних систем.

Ключові слова: інформаційні системи, розподілені системи, моделювання, автоматичне планування, оптимізація.

KHORKANIN MAKSYM

Lviv Polytechnic National University

INTERACTION MODELING IN DISTRIBUTED INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS BASED ON AUTOMATIC PLANNING METHODS

This paper delves into the intricacies of resource management and task scheduling within distributed information systems, aiming to propose a processing flow for effective coordination and information exchange among system components. The research focuses on the coordination of actions and information exchange within distributed intelligent systems, highlighting the issues stemming from asynchronous operations, resource management complexities, and the necessity to adapt to dynamic environmental conditions. By leveraging these challenges, the study presents results showcasing the impact on task execution delays, suboptimal resource utilization, and overall system performance degradation. Through experimentation, it underscores the complexity inherent in coordinating distributed intelligent systems and emphasizes the need for an efficient synchronization mechanism. The proposed approach aims to mitigate these challenges, offering insights into modeling, automatic planning, and optimization within information systems.

Context. The paper focuses on addressing the challenges associated with resource management and task scheduling in distributed information systems.

Objective. The purpose of the work is to propose the processing flow for coordination and information exchange between different components of distributed intelligent systems.

Methods. The paper presents the research results about coordination of actions and information exchange between components of distributed intelligent systems. These problems can lead to delays in the execution of tasks, inefficient use of resources, and a general decrease in system performance. These difficulties are caused by a variety of factors, including the asynchronous operation of components, the complexity of resource management, and the need to adapt to changing environmental conditions. In current research, we utilized the asynchronous operation of components, the complexity of resource management, and the need to adapt to changing environmental conditions.

Results. The paper presents the research results about coordination of actions and information exchange between components of distributed intelligent systems.

Conclusions. The experiments confirmed the complexity of coordination and information exchange between these components, which can lead to delays in the execution of tasks, under-optimized use of resources and a general deterioration in system performance. This research was aimed at developing an effective way to sync and coordinate distributed intelligent information systems, including the asynchronous operation of components, the complexity of resource management, and the need to adapt to changing environmental conditions

Keywords: information systems, distributed systems, modeling, automatic planning, optimization.

Постановка проблеми

В сучасному світі, коли технології проникли в наше щоденне життя, поставлено проблему ефективної взаємодії між різними компонентами розподілених інтелектуальних систем. Зокрема, досліджується складність координації дій та обміну інформацією між цими компонентами, що може призводити до затримок у виконанні завдань, недооптимізованого використання ресурсів і загального погіршення продуктивності системи. Така несправність взаємодії може виникати через різноманітні фактори, включаючи асинхронність роботи компонентів, складність управління ресурсами та потреби в адаптації до змінних умов середовища. Вирішення цієї проблеми має велике значення для підвищення ефективності та надійності роботи розподілених інтелектуальних систем.

Аналіз останніх джерел

В роботі [1] автори звертають увагу на різноманітні підходи до вирішення проблеми взаємодії в розподілених інтелектуальних системах, зокрема, використання традиційних методів планування, таких як планування на основі правил або планування на основі специфікацій, а також новітніх методів з області штучного інтелекту, наприклад, методів машинного навчання та глибокого навчання.

Крім того, у статті [2] звертається увага на важливість інтеграції інтелектуальних методів планування з розподіленими інформаційними системами для створення більш потужних та ефективних розподілених інтелектуальних систем. Проведений аналіз показує, що хоча існує певний прогрес у

вирішенні проблеми взаємодії в розподілених інтелектуальних системах, проте ще залишаються відкритими питання, особливо з урахуванням швидкого розвитку інформаційних технологій та зростання вимог до ефективності та надійності систем.

Такий аналіз дозволяє авторам статті [3] розробити нові підходи та методи для вирішення проблем взаємодії в розподілених інтелектуальних системах і сприяє подальшому розвитку цієї важливої галузі досліджень.

Метою роботи є дослідження складності координації дій та обміну інформацією між різними компонентами розподілених інтелектуальних систем.

Виклад основного матеріалу

Сьогодні використання систем паралельної та розподіленої обробки даних широкий, включаючи обчислювальні кластери [4], грид-системи [5] і хмарні платформи [6, 8]. Використання цих систем під час наукових досліджень та створення комплексних рішень призводить до зростання навантаження на апаратні ресурси, оскільки завдання стають складнішими і вимагають потужнішої обчислювальної техніки. Додатково, вартує звернути увагу на те, що завдання часто мають різні вимоги та в цілому різну природу походження досліджуваних явищ.

Задача – це сутність, яка надходить до системи планування і містить перелік завдань до виконання [7]. Потік надходить у форматі черги, і кожне завдання є атомарною одиницею. Вони можуть бути організовані у форматі дерева залежності або бути абсолютно незалежними [9]. Залежно від цих параметрів, підзадачі можуть оброблятися паралельно, якщо немає залежностей, або в визначеному порядку, якщо дані залежності існують. Залежності служать орієнтирами для послідовності виконання та передачі даних між підзадачами.

Основною дилемою в плануванні завдань є розподіл обчислювальних ресурсів і порядок завдань у черзі введення. Планування завдань у розподілених системах передбачає розподіл обчислювальних завдань у мережі взаємопов'язаних вузлів для оптимізації продуктивності, ефективного використання ресурсів і пропускну здатності системи. У такому спектрі обчислювальних середовищ, інтелектуальне планування розподілу завдань та навантаження на доступні обчислювальні апаратні ресурси та способи оптимізації взаємодії між вузлами стають надзвичайно актуальними проблемами для дослідження.

Це питання актуальне не лише для забезпечення працездатності конкретного вузла, але і для оптимального використання всієї обчислювальної інфраструктури в цілому. Методи планування можна класифікувати за кількома ознаками. Наприклад, є методи, засновані на знанні вимог до ресурсів для кожного завдання, де використовуються алгоритми оптимізації для аналізу завдань та призначення їх вузлам на основі профілю ресурсу [10]. Інші підходи передбачають динамічний розподіл завдань без попереднього аналізу [11], коли завдання просто ставляться в чергу та обслуговуються за принципом "першим прийшов, першим обслужено" [12] або за іншими евристичними правилами.

Планування завдань у розподілених системах передбачає перерозподіл завдань між мережею взаємопов'язаних вузлів з метою оптимізації продуктивності, ефективного використання ресурсів та пропускну здатності системи в цілому. Термін "завдання", у даному випадку, відноситься до обчислювальних завдань, які можуть змінюватися, наприклад це може бути запитів до бази даних, або виклик алгоритму машинного навчання, тоді як "обчислювальна система" включає в себе мережеву архітектуру взаємопов'язаного програмного забезпечення та бази даних, що зберігають та обробляють дані децентралізованим способом.

Взаємодія з окремими вузлами може призводити до прийняття локально оптимальних рішень, це не гарантує глобальної оптимальності при розподілі повного набору завдань серед доступних вузлів. Рішення, які приймаються незалежно кожним вузлом, можуть призвести до неефективного використання ресурсів та непродуктивності на вищому рівні системи. Це може призвести до затримок обробки, нерівномірного розподілу ресурсів та блокування завдань [13].

Тому для досягнення оптимальної ефективності процедури планування завдань і розподілу вузлів повинні бути інтегровані в єдиний процес планування. Це означає, що замість того, щоб розглядати кожне завдання або вузол окремо, система повинна враховувати глобальний стан, такий як доступність ресурсів, поточне завантаження вузла та залежності між завданнями, щоб приймати більш обґрунтовані та оптимізовані рішення. Основною метою цього дослідження є розробка методу планування завдань у розподілених системах обробки даних в умовах неповної інформації про вимоги до ресурсів.

З урахуванням розвитку систем паралельної обробки даних та розподілених обчислювальних середовищ, виникає необхідність в ефективному плануванні завдань у таких системах. З урахуванням динаміки та різноманітності завдань, що обробляються, доцільним є розробка методики планування, яка дозволить оптимально розподіляти обчислювальні завдання між різними вузлами розподіленої інформаційно-інтелектуальних систем. Такий підхід не лише забезпечить ефективне використання ресурсів, але й сприятиме підвищенню продуктивності та забезпечить працездатність систем в цілому.

Отже, ключова ідея полягає, щоб замість окремого розгляду кожного завдання або вузла, система повинна враховувати глобальний стан, такий як доступність ресурсів, поточне завантаження вузлів та залежності між завданнями, для прийняття обґрунтованих та оптимізованих рішень.

У цьому дослідженні ми пропонуємо новий архітектурний підхід до організації розподіленої системи, використовуючи багатоагентний підхід для забезпечення обміну інформацією. Концепція системи багатоагентного середовища полягає в тому, щоб планувати дії як окремі автономні організації, які

взаємодіють одна з одною. Ці автономні суб'єкти, які відомі як агенти, взаємодіють у спільнотах, в яких виявляються різні форми співпраці, конфлікту та конкуренції. Взаємодії між агентами відбуваються через структуровані зв'язки, які встановлюються шляхом обміну повідомленнями. Кожне повідомлення, що передається, інформує агента-одержувача про завершення певних дій. Ці обміни можуть бути як обміном інформацією, так і взаємодією між агентами. Мультиагентні системи представляють собою розподілений підхід до штучного інтелекту, де інформація розподіляється між агентами, а рішення залежить від їх внутрішньої поведінки, яка може приймати різні форми.

В пропонуваній розподіленій інтелектуальній системі застосовуються декілька модулів для організації автоматичного планування та взаємодії між агентами (Рис. 1), а саме:

1. Модуль завдань - цей модуль виконує свою роботу у циклічному режимі, отримуючи повідомлення від користувачів, а також файли, які вони надали після їх опрацювання модулем вхідних файлів. На основі цих даних агент створює агентів різних видів завдань у модулі планування. Порядок створення завдань проводиться випадковим чином. Цей модуль має реактивну поведінку, що забезпечує циклічний зв'язок з усіма пов'язаними агентами та модулями. Завершальним кроком є вибір рішення для планування роботи у розподіленій системі.
2. Модуль планування - забезпечують передачу і маршрутизацію даних, між модулем завдань та розподіленими інтелектуальними системами у відповідності до запитів та потреб. Інтелектуальні системи працюють у циклічному режимі та обробляють інформацію, надану модулем планування. Кожна система має визначені вузли та взаємозв'язки з іншими методами цього типу через модуль планування. Відповідні вузли забезпечують виконання операцій з перевантаження. Головною метою є мінімізація та оптимізація часових показників виконання через застосування розпаралелювання.
3. Модуль оцінки результатів - відповідає за циклічну взаємодію з модулем планування до досягнення критеріїв завершення. Він забезпечує оптимальне рішення, оцінюване за значеннями цільових функцій, та вибирає компромісне рішення з множини варіантів.

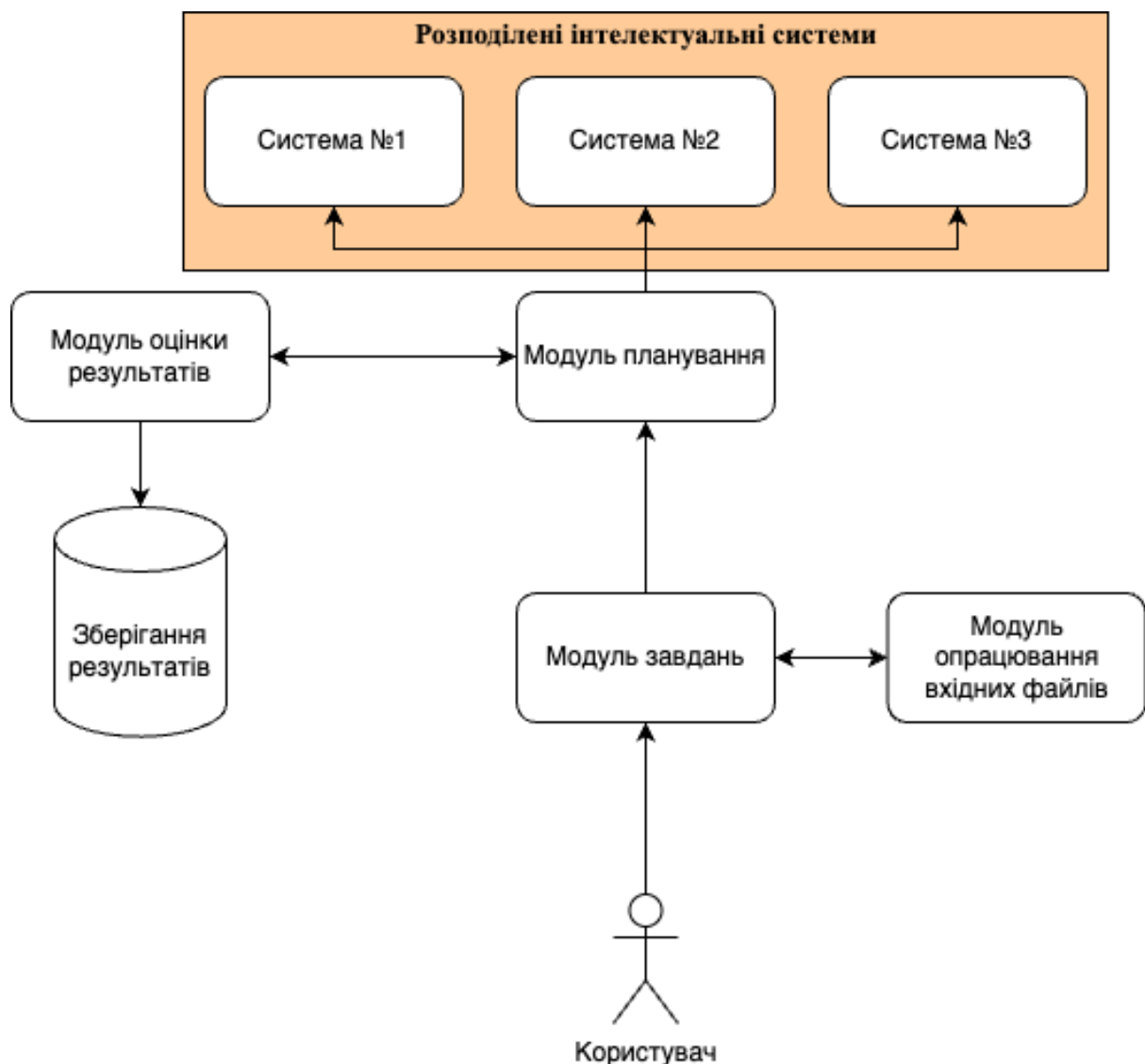


Рис. 1. Пропоноване архітектура вирішення розподіленої інформаційної системи

Висновки

У статті розглянуто проблеми управління ресурсами та компонентами в сучасних розподілених інтелектуальних системах. Існуючі методи планування завдань, не завжди є оптимальними для використання у нових системах, оскільки не враховують особливості розподіленої інфраструктури, що обмежує їхню здатність до оптимального планування завдань у розподілених системах обробки даних. Висвітлено необхідність розробки нових програмних рішень на основі планування в умовах недостатньої інформації про потреби в ресурсах. У результаті пропонується підхід до планування завдань на основі метаданих. Даний підхід ґрунтується на модифікованому мультиагентному способі організації конвеєра опрацювання запитів. Цей метод враховує типи атрибутів, вхідних файлів та оцінку рівня важливості для пріоритетизації і розподілення ресурсів між інтелектуальними системами в оптимальний спосіб. В подальшому дослідженнях, заплановано реалізувати запропоновану систему у вигляді програмного продукту та провести її тестування і апробацію в реальних умовах.

References

1. M. Mouna, S. Bouamamao. "Firework Algorithm For Multi-Objective Optimization Of A Multimodal Transportation Net-work Problem." *Procedia Computer Science*. In International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017, 6-8 September 2017, Marseille, France. 112. 2017, pp. 1670–1682. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.189>.
2. M. Kleppmann. TANENBAUM, "Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems", Publisher O'Reilly Media, 2017, pp. 611.
3. Yang, Ling, Zhilong Zhang, Yang Song, Shenda Hong, Runsheng Xu, Yue Zhao, Wentao Zhang, Bin Cui, and Ming-Hsuan Yang. "Diffusion models: A comprehensive survey of methods and applications." *ACM Computing Surveys* 56, no. 4 (2023): 1-39.
4. Chung, Hyung Won, Le Hou, Shayne Longpre, Barret Zoph, Yi Tay, William Fedus, Yunxuan Li et al. "Scaling instruction-finetuned language models." *Journal of Machine Learning Research* 25, no. 70 (2024): 1-53.
5. Lytvyn, V., Vysotska, V., Dosyn, D., Lozynska, O., & Oborska, O. (2018, August). Methods of building intelligent decision support systems based on adaptive ontology. In 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP) (pp. 145-150). IEEE.
6. Awais, Muhammad, Muzammal Naseer, Salman Khan, Rao Muhammad Anwer, Hisham Cholakkal, Mubarak Shah, Ming-Hsuan Yang, and Fahad Shahbaz Khan. "Foundational models defining a new era in vision: A survey and outlook." *arXiv preprint arXiv:2307.13721* (2023).
7. Zolotariov, D. (2021), "Microservice Architecture for Building High-Availability Distributed Automated Computing System in A Cloud Infrastructure". *Сучасний стан наукових досліджень і технологій в промисловості*. No. 3 (17). P. 13–22. DOI: 10.30837/itssi.2021.17.013
8. Hasimi, L., Penzel, D. (2023). A Case Study on Cloud Computing: Challenges, Opportunities, and Potentials. In: Kryvinska, N., Greguš, M., Fedushko, S. (eds) *Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications*. Studies in Systems, Decision and Control, vol 466. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27506-7_1.
9. Liu, F., Guo, W. (2019), "Optimized Min-Min Dynamic Task Scheduling Algorithm in Grid Computing". *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Cham: Springer International Publishing. P. 745–752. DOI: 10.1007/978-3-030-25128-4_92
10. Boyko, N., Mochurad, L., Parpan, U., & Basystiuk, O. (2019, November). Usage of Machine-based Translation Methods for Analyzing Open Data in Legal Cases. In *CybHyg* (pp. 328-338).
11. Kuryliak, Y., Emmerich, M., & Dosyn, D. (2024). Efficient and Realistic Stochastic Simulation of the Dynamics of Epidemic Processes on Complex Networks..
12. Z. Rybcahak, O. Basystiuk. "Analysis of methods and means of text mining". *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes*, 2017, 6.2: 73-78.
13. Chen, Sitan, Sinho Chewi, Jerry Li, Yuanzhi Li, Adil Salim, and Anru R. Zhang. "Sampling is as easy as learning the score: theory for diffusion models with minimal data assumptions." *arXiv preprint arXiv:2209.11215* (2022).