

УДК 004.9

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.2.21>

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИКОНАННЯ ПРОЄКТУВАЛЬНИХ РОБІТ В ІТ-ПРОЄКТАХ

**Тищенко Д. В.** – магістр комп'ютерних наук,  
аспірант кафедри інформаційних технологій  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0009-0000-7079-4924

**Антипенко В. П.** – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних технологій  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0000-0001-8198-1848  
Scopus-Author ID: 57216900907

У статті висвітлено проблему підвищення ефективності управління виконанням завдань ІТ-проектів за умови динамічних змін у структурі робіт і різноманітності компетенцій фахівців. Наголошено на важливості мінімізації ручного втручання в процес розподілу задач та необхідності оперативного прийняття рішень, що позитивно впливає на своєчасність реалізації проєкту та раціональне використання ресурсів. Тому було розроблено концептуальну модель структури інформаційної технології (ІТ), яка базується на поєднанні модульного підходу, графових баз даних та елементів штучного інтелекту. Вона складається з чотирьох ключових модулів: планування, диспетчеризації, моніторингу та аналітики. А також сховища даних у вигляді відповідної бази даних. Модуль планування відповідає за формування переліку завдань, визначення їхніх пріоритетів і ресурсних обмежень на основі зовнішніх даних (у тому числі від корпоративних ERP/CRM-систем). Модуль диспетчеризації здійснює автоматизований добір найбільш відповідних виконавців, використовуючи графове подання взаємозв'язків між задачами та потенційними виконавцями. Аналітичний модуль застосовує методи машинного навчання для прогнозування часу виконання й оцінки факторів ризику, спираючись на історичні дані, що зберігаються у графовій базі. Модуль моніторингу забезпечує відстеження статусів задач у реальному часі та візуалізацію прогресу реалізації проєкту для всіх зацікавлених сторін, надаючи можливість швидко реагувати на відхилення від плану. Ключовою перевагою розробленої моделі є прозорість і узгодженість обміну даними між модулями за допомогою стандартизованих інтерфейсів. Завдяки цьому кожен компонент ІТ виконує свою роль у пошуку, обробці, зберіганні та передачі відомостей, утворюючи єдиний адаптивний механізм підтримки рішень. Запропонована модель передбачає зменшення ймовірності виникнення «вузьких місць» у розподілі робочого навантаження та підвищення точності прогнозування термінів реалізації завдань. Запровадження даної моделі сприятиме покращенню ефективності управління виконанням ІТ-проектів за допомогою автоматизованого розподілу ресурсів, прискоренню процесу призначення завдань і контролю за їх здійсненням. У перспективі передбачається програмна реалізація описаної структури ІТ у вигляді повноцінної інформаційної системи, здатної функціонувати у реальному середовищі розподілених ІТ-проектів.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, автоматизоване виконання проєктувальних робіт, диспетчеризація завдань, розподіл ресурсів, графові бази даних, штучний інтелект, модульний підхід, UML-діаграми, управління ІТ-проектами.

**Tyshchenko D. V., Antypenko V. P. Conceptual model of the structure of an information technology for organizing the automated execution of design tasks in IT-projects**

The article explores the problem of enhancing the efficiency of managing task execution in IT projects, particularly under conditions of dynamic changes in task structures and a diversity of specialist competencies. The importance of minimizing manual intervention in task distribution processes is emphasized, along with the need for rapid decision-making – both

*of which positively influence timely project implementation and rational resource utilization. To address these challenges, a conceptual model of an Information Technology (IT) structure has been developed. This model integrates a modular approach, graph databases, and elements of artificial intelligence. It consists of four key modules – planning, dispatching, monitoring, and analytics – as well as a corresponding database for data storage. The planning module is responsible for generating a list of tasks, prioritizing them, and identifying resource constraints based on external inputs, including data from corporate ERP/CRM systems. The dispatching module performs automated selection of the most suitable executors using a graph-based representation of relationships between tasks and potential performers. The analytics module applies machine learning methods to predict the time of task execution and assess risk factors, relying on historical data stored in the graph database. The monitoring module provides real-time tracking of task statuses and visualizes project progress for all stakeholders, enabling prompt responses to deviations from the planned course. A key advantage of the developed model is its transparency and consistency in data exchange between modules through standardized interfaces. As a result, each IT component plays its role in retrieving, processing, storing, and transmitting information, forming a unified and adaptive decision-support mechanism. The proposed model aims to reduce bottlenecks in workload distribution and increase the accuracy of task completion forecasts. Its implementation will contribute to improved management of IT project execution through automated resource allocation, faster task assignment, and more effective control over task performance. In the future, the described IT structure is planned to be implemented as a fully functional information system capable of operating in real-world distributed IT project environments.*

**Key words:** information technology, automated execution of design tasks, task dispatching, resource allocation, graph databases, artificial intelligence, modular approach, UML diagrams, IT project management.

**Постановка проблеми.** Сучасні процеси, які пов'язані з реалізацією проєктувальних робіт в організації, характеризуються високою складністю та динамічністю. Це створює потребу в автоматизації управління такими завданнями. У традиційних системах планування часто відсутні адаптивні механізми для ефективного розподілу задач між виконавцями. Це може призводити до перевантаження персоналу, неефективного використання ресурсів і затримок у реалізації проєктів. Тому є ряд основних викликів, які варто враховувати. А саме кваліфікацію співробітників, їхнього поточного завантаження та динамічні зміни в структурі проєкту.

Сучасні інформаційні системи управління зазначеними процесами переважно використовують статичні методи планування, що ускладнює швидке реагування на зміни умов реалізації проєкту. Використання графових баз даних та алгоритмів штучного інтелекту може значно підвищити ефективність управління процесом здійснення таких завдань шляхом автоматизації їх розподілу та контролю за прогресом. Таким чином, зараз актуальною є задача розробки концептуальної моделі структури інформаційної технології організації процесу автоматизованого виконання проєктувальних робіт, яка забезпечуватиме адаптивність, ефективність та масштабованість у розподілі ресурсів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Автоматизація проєктувальних робіт та управління завданнями в сучасних інформаційних технологіях є актуальною темою досліджень. Значний інтерес викликає використання графових баз даних та алгоритмів штучного інтелекту для оптимізації процесів планування та диспетчеризації задач.

Одним із перспективних підходів до автоматизації здійснення процесів управління проєктами є впровадження інтелектуальних систем на основі графових баз даних, що дозволяють моделювати складні взаємозв'язки між завданнями, виконавцями та ресурсами. У роботах [1, 2] наголошується на ефективності використання графових структур для управління проєктами. Особливо у великих розподілених середовищах. Такі бази даних забезпечують гнучкість у збереженні та

обробці інформації. Це сприяє динамічному оновленню стану системи та прийняттю оперативних рішень.

Також широко досліджується застосування методів штучного інтелекту для покращення управління завданнями. У роботах [3, 4] розглянуто використання машинного навчання для прогнозування ризиків та автоматизації розподілу ресурсів. Такі підходи дозволяють підвищити адаптивність системи та мінімізувати людське втручання у процес планування. Це є особливо значущим у динамічних середовищах. У джерелі [5] наголошується на важливості аналізу історичних даних при ухваленні рішень щодо оптимального призначення завдань.

Модульний підхід до розробки інформаційних технологій також є предметом активних досліджень. Робота [6] присвячена побудові моделі складових інформаційної системи організації автоматизованого виконання проєктувальних робіт, де представлено модульний підхід до побудови структури таких систем. Запропоновані у цьому джерелі принципи дозволяють забезпечити гнучкість, масштабованість і адаптивність систем управління завданнями. У свою чергу це є важливим фактором для забезпечення ефективної диспетчеризації проєктувальних завдань.

Дослідження в галузі планування ресурсів і управління персоналом також відіграють ключову роль у розробці автоматизованих систем належного розподілу задач. У роботах [7, 8] запропоновано алгоритми диспетчеризації завдань на основі генетичних алгоритмів і методів кластеризації. Їх застосування дозволяє оптимізувати розподіл навантаження між виконавцями. Це особливо актуально для систем, де важливо враховувати компетенції працівників, їх поточне навантаження та часові обмеження реалізації завдань.

Попри значні досягнення в автоматизації виконання процесів управління проєктами, усе ще залишається низка нерозв'язаних питань. У працях [9, 10] наголошується на необхідності створення інтегрованих рішень, що поєднують алгоритми штучного інтелекту та графові бази даних у єдину інформаційну систему. Важливим напрямом досліджень є також розробка механізмів гнучкого оновлення даних та адаптації моделей у реальному часі.

Таким чином, аналіз вищезазначених джерел свідчить про високий науковий і практичний інтерес до розробки інформаційних технологій для організації автоматизованого управління проєктувальними завданнями. Використання графових баз даних і методів штучного інтелекту є перспективним напрямом, що дозволяє підвищити точність планування та ефективність розподілу ресурсів. Подальші дослідження мають бути зосереджені на програмній реалізації запропонованих моделей, оцінці їхньої результативності та інтеграції з існуючими системами управління проєктами.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності управління виконанням завдань в ІТ-проєктах шляхом скорочення часу на прийняття рішень щодо їхнього розподілу. Це досягається через застосування автоматизованого добору найбільш відповідного виконавця для кожної проєктувальної роботи, що мінімізують ручне втручання в цей процес і прискорюють ухвалення рішень.

Завдання даного дослідження такі:

- проаналізувати сучасні підходи до автоматизації управління виконання завдань в ІТ-середовищах із фокусом на графові бази даних і алгоритми штучного інтелекту;
- побудувати концептуальну модель структури інформаційної технології на основі модульного підходу з виділенням основних компонентів;
- визначити функціональні зв'язки між модулями ІТ через формалізовані інтерфейси взаємодії.

**Матеріал і результат досліджень.** Для досягнення поставленої мети використано системний підхід [11] до розробки концептуальної моделі структури інформаційної технології організації автоматизованого виконання проєктувальних робіт. Вона реалізована на основі модульного принципу. Це дозволяє забезпечити її гнучкість, масштабованість та ефективність. Було визначено основні компоненти даної ІТ, серед яких модулі планування, диспетчеризації та моніторингу. А також аналітичний модуль із використанням елементів штучного інтелекту. На Рисунку 1 зображено UML-компонентну діаграму [12] структури запропонованої ІТ. Кожен модуль представлено як окремий компонент, що взаємодіє через чітко визначені інтерфейси.

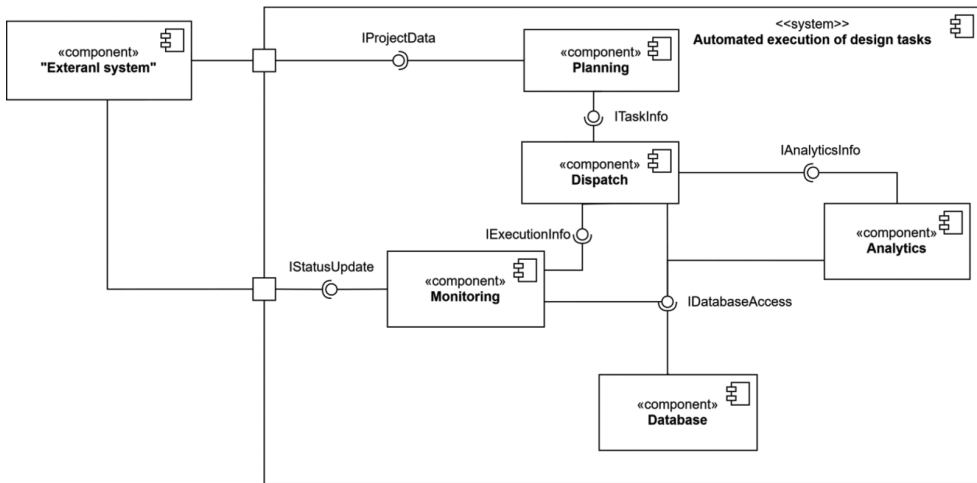


Рис. 1. Структура інформаційної технології у вигляді UML-діаграми компонентів

Запропонована модель структури інформаційної технології передбачає взаємодію з зовнішньою системою «External system». Усі її внутрішні компоненти представлено у вигляді UML-компонентів зі стереотипом `<<component>>`. Вони пов'язані між собою через чітко визначені інтерфейси, які забезпечують обмін даними між модулями.

Компонент «External system» розташований за межами ІТ і відповідає за управління бізнес-процесами, облік ресурсів, ведення клієнтських даних тощо. Він надає в ІТ вхідні дані про проєкт, персонал та дедлайни через інтерфейс `IProjectData`.

У свою чергу компонент «Planning» відповідно отримує з «External system» дані про проєкт, персонал, ключові дедлайни тощо (через інтерфейс `IProjectData`). Він використовує цю інформацію для формування базового переліку завдань, визначення їхніх пріоритетів, ресурсних обмежень тощо. На основі зібраних даних генерує узгоджені списки задач, які передає далі через інтерфейс `ITaskInfo`.

Компонент «Dispatch» приймає від компонента «Planning» структури завдань, їхні характеристики та вимоги (`ITaskInfo`). Він використовує графову базу даних (реалізовану компонентом «Database») для пошуку найбільш відповідного виконавця на реалізацію конкретної проєктувальної роботи проєкту. При цьому також враховуються результати аналітики (отримані через інтерфейс `IAnalyticsInfo`). Прогнозні моделі (із компонента «Analytics») допомагають оцінити час виконання

кожного завдання. Після прийняття рішення щодо призначення фахівця чи змін у плані, модуль «Dispatch» оновлює відомості в базі даних (через інтерфейс `IDatabaseAccess`) і генерує інформацію про це призначення через інтерфейс `IExecutionInfo` для відображення у модулі «Monitoring».

Компонент «Monitoring» надає керівникам проекту та іншим користувачам можливість відстежувати прогрес виконання завдань у реальному часі. Він отримує від модуля «Dispatch» найактуальнішу інформацію щодо призначених фахівців, статусу та деталей реалізації завдань (`IExecutionInfo`). Щоб зовнішні системи також мали доступ до цих даних у режимі реального часу, компонент «Monitoring» надає інтерфейс `IStatusUpdate`. Через нього надсилається оновлення про статус завдань, що, зокрема, дає змогу забезпечити синхронізацію показників в межах єдиного джерела правди (*single source of truth*).

Компонент «Analytics» здійснює опрацювання історичних даних та зберігає/завантажує моделі машинного навчання (ML-моделей) [13]. Він надає прогностичні оцінки часу й ресурсів для виконання задач. Також розраховує рейтинги чи ймовірності успішного їхнього завершення (через інтерфейс `IAnalyticsInfo`). Для підготовки прогностичних моделей даних модуль звертається до бази даних (компонент «Database») через інтерфейс `IDatabaseAccess`. При цьому отримуються вибірки історичних даних або метадані про вже існуючі проєктувальні роботи проєкту.

Компонент «Database» виконує роль сховища даних, де підтримується графова структура для відстеження взаємозв'язків між завданнями, виконавцями та ресурсами. Він надає інтерфейс `IDatabaseAccess` для читання та запису даних компонентам «Dispatch» і «Analytics». У цілому база даних зберігає історичні дані, інформацію про виконання завдань та інші метадані, які необхідні для ML-моделей або звітності.

Запропонована компонентна структура дозволяє чітко розмежувати функціональність між модулями ІТ, забезпечуючи логічну послідовність обміну даними та чіткість взаємодії між елементами. Описані інтерфейси формують єдину інформаційну модель, яка легко піддається масштабуванню та модернізації. Таким чином, запропонована структура ІТ має 4 функціональних модулі і базу даних. Кожен модуль відповідає за певні аспекти пошуку, обробки, зберігання й передачі даних: «Planning» формує та передає списки задач проєкту, «Dispatch» здійснює пошук та призначення виконавців, «Analytics» опрацьовує й аналізує історичні дані, «Monitoring» агрегує та пересилає інформацію про статуси завдань у реальному часі, а «Database» зберігає та пов'язує усі необхідні відомості й надає їх іншим модулям для подальшої обробки. Завдяки такому розподілу сукупність цих компонентів забезпечує повний цикл операцій, характерних для сучасних інформаційних технологій.

Для глибшого розуміння динаміки процесів у ІТ доцільно розглянути послідовність виконання дій під час обробки та розподілу завдань. На Рисунку 2 представлено UML-діаграму послідовності [14]. Вона ілюструє процес здійснення обробки, оцінки та призначення завдань виконавцям у межах запропонованої структури інформаційної технології автоматизованого виконання проєктувальних робіт. Дана UML-діаграма демонструє взаємодію між основними компонентами ІТ. Усі вони працюють разом для ефективного здійснення розподілу завдань із урахуванням прогнозів, статусів виконання та поточних змін у проєкті.

Початкові дані (крок 0): на початку зовнішня система надає необхідні дані, такі як інформація про проєкт, персонал та дедлайни, що передаються до модуля планування ІТ – «Planning». Це є основою для подальшої їхньої обробки.

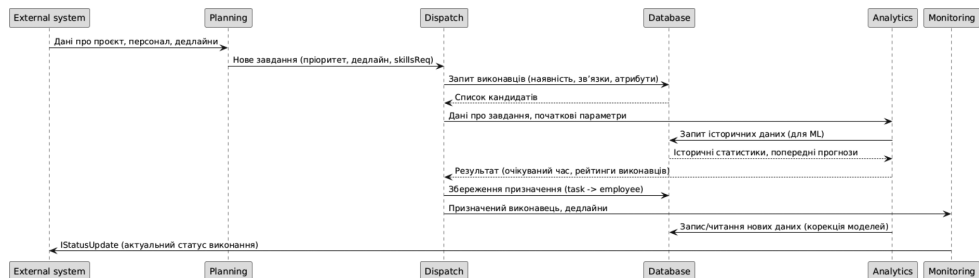


Рис. 2. UML-діаграма послідовності взаємодії модулів запропонованої інформаційної технології

Створення завдання (крок 1): модуль «Planning» отримує вхідні дані та створює задачі проєкту, передаючи їх у модуль диспетчеризації – «Dispatch». Ці завдання включають важливі параметри, такі як пріоритет, дедлайн і вимоги до кваліфікації виконавців.

Запит до графової бази даних (крок 2): модуль диспетчеризації запитує в графову базу «Database» даних список доступних фахівців, враховуючи їхні атрибути та зв'язки. Це дозволяє визначити, хто найкраще підходить для виконання відповідного завдання.

Отримання списку кандидатів (крок 3): графова база даних повертає список кандидатів на основі наданого запиту. Цей список є базою для подальших рішень у процесі розподілу завдань.

Прогнозування оптимального вибору (кроки 4–6): модуль диспетчеризації передає отримані дані до модуля аналітики – «Analytics», який використовує історичні дані (отримані з бази даних) для прогнозування найкращого вибору виконавця та оцінки часу реалізації завдання. Модуль аналітики може також запитувати історичні дані з бази даних для уточнення своїх прогнозів.

Призначення виконавця та збереження в базі даних (кроки 7–8): модуль аналітики прогнозує або оцінює оптимальний вибір фахівця й надає результати в модуль диспетчеризації. Після цього останній фіксує обраного виконавця у базі даних.

Повідомлення в модуль моніторингу (крок 9): інформація про призначеного співробітника та дедлайн передається в модуль моніторингу – «Monitoring», який буде відстежувати прогрес виконання завдання та оновлювати його статус у реальному часі.

Корекція моделей (крок 10): модуль аналітики зберігає оновлені моделі в графовій базі даних, щоб покращити прогнози при майбутньому розподілі завдань.

Синхронізація статусу із зовнішньою системою (крок 11–13): у разі необхідності зовнішня система може запитати актуальний статус виконання задач, або іншу наявну інформацію в рамках проєкту. Для цього модуль моніторингу може передавати відповідні дані через інтерфейс IStatusUpdate. Так забезпечується єдина точка правди для всіх учасників проєкту.

Таким чином, запропонована послідовність дій демонструє повний цикл обробки та автоматизованого призначення завдань у межах інформаційної технології. Узгоджена взаємодія між модулями планування, диспетчеризації, аналітики,

моніторингу та бази даних забезпечує прозорість, відтворюваність і ефективність процесу управління виконанням задач в IT-проектах. Представлена модель не лише враховує динамічні зміни у проєктному середовищі, а й забезпечує основу для реалізації інтелектуальних механізмів автоматизованої підтримки прийняття рішень.

**Висновки.** У межах цього дослідження було розроблено концептуальну модель структури інформаційної технології автоматизованого виконання проєктувальних робіт. Результати даної роботи спрямовані на розв'язання актуальної проблеми підвищення ефективності управління реалізацією завдань в IT-проектах за рахунок здійснення автоматизованого розподілу навантаження між виконавцями із мінімальним ручним втручанням.

Запропонована модель реалізована на основі таких функціональних модулів, як планування, диспетчеризації, аналітики, моніторингу, та бази даних. Вони взаємодіють між собою через чітко визначені інтерфейси, що забезпечує модульність, гнучкість, масштабованість та можливість інтеграції в корпоративні середовища.

Ключовою особливістю моделі є використання графової бази даних, яка виконує не лише роль сховища, а й активно бере участь у виборі виконавців, забезпечуючи структуроване зберігання взаємозв'язків між задачами, персоналом та ресурсами. Також важливу роль відіграє аналітичний модуль, який обробляє історичні дані та формує прогностичні оцінки, що використовуються в процесі ухвалення рішень щодо призначення фахівців.

Отже, запропонована модель складається з чотирьох функціональних модулів і бази даних. Кожен з них виконує чітко визначену роль у пошуку, обробці, зберіганні та передачі інформації. Завдяки модульному розподілу функцій така структура IT охоплює повний цикл операцій, необхідних для ефективної організації та підтримки процесів управління IT-проектами. Такий підхід забезпечує узгоджену взаємодію між компонентами, підвищує гнучкість і масштабованість рішень, а також створює надійне підґрунтя для автоматизації проєктної діяльності.

Структура інформаційної технології представлена за допомогою UML-діаграм компонентів і послідовності, що дозволяє детально описати взаємодію між модулями та логіку даних потоків. Це створює основу для її подальшої програмної реалізації та валідації.

Перспективою подальших досліджень є розробка алгоритму функціонування модуля диспетчеризації, який враховуватиме структуру даних у графовій базі, результати прогнозів аналітики та змінні характеристики виконавців. Це стане наступним кроком до створення повноцінної інформаційної системи, на основі розробленої структури IT, здатної ефективно підтримувати процес управління виконанням задач в реальному середовищі IT-проектів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. A. Hogan and D. Vrgoč, "Querying Graph Databases at Scale", in Companion of the 2024 International Conference on Management of Data, New York, NY, USA: ACM, Jun. 2024, pp. 585–589. doi: 10.1145/3626246.3654695
2. B. Zhou "A novel knowledge graph-based optimization approach for resource allocation in discrete manufacturing workshops" / et al. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2021. Vol. 71. P. 102160. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102160>
3. A. Barcaui and A. Monat, "Who is better in project planning? Generative artificial intelligence or project managers?", Project Leadership and Society, vol. 4, p. 100101, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.plas.2023.100101

4. Z. N. Jawad and V. Balázs, "Machine learning-driven optimization of enterprise resource planning (ERP) systems: a comprehensive review," *Beni Suef Univ J Basic Appl Sci*, vol. 13, no. 1, p. 4, Jan. 2024, doi: 10.1186/s43088-023-00460-y
5. K. Hamdy, I. AbdelRasheed, Y. A. S. Essawy, and A. Gamal ElDeen, "Automated Risk Analysis for Construction Contracts Using NeuralNetworks", *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, vol. 16, no. 4, Nov. 2024, doi: 10.1061/JLADAH.LADR-1149.
6. Тищенко Д. В., Антипенко В. П. Модель складових інформаційної системи організації процесу автоматизованого виконання проєктувальних робіт. // *Society – Science – Innovation. Abstracts of the 72th International scientific and practical conference*. Primedia E-launch LLC, USA, San Francisco. 2024. Pp. 54. URL: [https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/USA\\_13092024\\_new.pdf](https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/USA_13092024_new.pdf).
7. Q. Feng, X. Su, and Q. Li, "Human resource labor dispatch model using an improved genetic algorithm", *Soft comput*, vol. 26, no. 20, pp. 10665–10676, Oct. 2022, doi: 10.1007/s00500-022-06800-x
8. A hybrid metaheuristic algorithm for resource-constrained proactive project scheduling with uncertainty-handling effort / X. Cui et al. *Computers & industrial engineering*. 2023. P. 109741. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109741>
9. S. R. Shafiq Rasolzade, "POSSIBILITY AND APPLICATION OF RESOURCE PLANNING (ERP) SYSTEM IN ENTERPRISES," *PAHTEI-Proceedings Institutions*, vol. of 13, Azerbaijan no. 02, High p. Technical 130, Mar. Educational 2022, doi: 10.36962/PAHTEI13022022-130
10. Özsu M. T., Valduriez P. *Principles of distributed database systems*. Cham: Springer International Publishing, 2020. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26253-2>
11. Wong F. S., Wynn D. C. A systematic approach for product modelling and function integration to support adaptive redesign of product variants. *Research in Engineering Design*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1007/s00163-022-00401-3>
12. F. Falcão et al. A formal component model for UML based on CSP aiming at compositional verification / *Software and Systems Modeling*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1007/s10270-023-01127-z>
13. Talaei Khoei T., Kaabouch N. *Machine Learning: Models, Challenges, and Research Directions*. Future Internet. 2023. Vol. 15, no. 10. P. 332. URL: <https://doi.org/10.3390/fi15100332>
14. Al-Fedaghi S. UML Sequence Diagram: An Alternative Model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2021. Vol. 12, no. 5. URL: <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120576>

## REFERENCES:

1. Hogan, A., & Vrgoč, D. (2024). Querying graph databases at scale. In *Companion of the 2024 International Conference on Management of Data* (pp. 585–589). ACM. <https://doi.org/10.1145/3626246.3654695>
2. Zhou, B. (2021). A novel knowledge graph-based optimization approach for resource allocation in discrete manufacturing workshops. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 71, 102160. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102160>
3. Barcaui, A., & Monat, A. (2023). Who is better in project planning? Generative artificial intelligence or project managers? *Project Leadership and Society*, 4, 100101. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100101>
4. Jawad, Z. N., & Balázs, V. (2024). Machine learning-driven optimization of enterprise resource planning (ERP) systems: A comprehensive review. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 13(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s43088-023-00460-y>
5. Hamdy, K., AbdelRasheed, I., Essawy, Y. A. S., & Gamal ElDeen, A. (2024). Automated risk analysis for construction contracts using neural networks. *Journal of*

Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction, 16(4), Article JLADAH.LADR-1149. <https://doi.org/10.1061/JLADAH.LADR-1149>

6. Tyshchenko, D., & Antypenko, V. (2024). Model of the components of an information system for organizing the process of automated design work execution. In *Society – Science – Innovation: Abstracts of the 72th International Scientific and Practical Conference* (p. 54). Primedia E-launch LLC. [https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/USA\\_13092024\\_new.pdf](https://el-conf.com.ua/wp-content/uploads/2024/12/USA_13092024_new.pdf)

7. Feng, Q., Su, X., & Li, Q. (2022). Human resource labor dispatch model using an improved genetic algorithm. *Soft Computing*, 26(20), 10665–10676. <https://doi.org/10.1007/s00500-022-06800-x>

8. Cui, X., He, Z., Wang, N., & Zheng, W. (2023). A hybrid metaheuristic algorithm for resource-constrained proactive project scheduling with uncertainty-handling effort. *Computers & Industrial Engineering*, 186, 109741. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109741>

9. Rasulzade, S. R. S. (2022, March). Possibility and application of resource planning (ERP) system in enterprises. In *Proceedings of the Azerbaijan Higher Technical Educational Institute* (Vol. 13, pp. 130–137). <https://doi.org/10.36962/PAHTEI13022022-130>

10. Özsu, M. T., & Valduriez, P. (2020). *Principles of distributed database systems* (4th ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26253-2>

11. Wong, F. S., & Wynn, D. C. (2022). A systematic approach for product modelling and function integration to support adaptive redesign of product variants. *Research in Engineering Design*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00163-022-00401-3>

12. Falcão, F., Araújo, J., Rubira, C., Greca, Â., Pimentel, E., & Almeida, E. et al. (2023). A formal component model for UML based on CSP aiming at compositional verification. *Software and Systems Modeling*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10270-023-01127-z>

13. Talaei Khoei, T., & Kaabouch, N. (2023). Machine learning: Models, challenges, and research directions. *Future Internet*, 15(10), 332. <https://doi.org/10.3390/fi15100332>

14. Al-Fedaghi, S. (2021). UML sequence diagram: An alternative model. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(5), Article 0120576. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2021.0120576>