

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий інститут економіки, управління, права та**  
**інформаційних технологій**  
**Кафедра інформаційних систем та технологій**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

на тему: **«Проектування системи підтримки прийняття рішень із вибору  
постачальників матеріалів і комплектуючих»**

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньою програмою  
Інформаційні управляючі системи  
спеціальності 126 Інформаційні системи та  
технології ступеня вищої освіти бакалавр  
групи 126ІСТ\_бд\_2022  
Туманевич Олександр Леонідович  
Керівник: Флегантов Леонід Олексійович  
Рецензент: Брикун Олександр Миколайович

**Полтава – 2026 року**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Навчально-науковий інститут економіки, управління, права та**  
**інформаційних технологій**  
**Кафедра інформаційних систем та технологій**

Освітня програма Інформаційні управляючі системи  
Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Юрій УТКІН

«10» червня 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**Туманевича Олександра Леонідовича**

1. Тема кваліфікаційної роботи:

«Проектування системи підтримки прийняття рішень із вибору постачальників матеріалів і комплектуючих».

Керівник роботи: к.ф.-м.н., доцент, професор кафедри інформаційних систем та технологій Флегантов Леонід Олексійович.

Затверджено наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2026 року № 383-ст

2. Строк подання роботи здобувачем вищої освіти «08» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: фундаментальні та прикладні праці вчених у галузі теорії прийняття рішень, системного аналізу й логістики, міжнародні стандарти проектування ІС, фахові наукові публікації, аналітичні огляди та технічна документація існуючих систем підтримки прийняття рішень, офіційна документація обраного технологічного стеку, рекомендації та обговорення розробників на профільних інтернет-ресурсах.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. Теоретичні основи побудови систем підтримки прийняття рішень у задачах вибору постачальників

Розділ 2. Аналіз предметної області та постановка задачі проектування

Розділ 3. Проектування та реалізація програмного прототипу системи

5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, діаграми за темою та об'єктом дослідження.

## 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ                                                      | Прізвище, ініціали та посада консультанта                                         | Підпис, дата   |                  |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                             |                                                                                   | завдання видав | завдання отримав |
| Оцінювання економічної ефективності результатів дослідження | Дивнич О. Д., к. е. н., доцент, доцент кафедри економіки та публічного управління | 01.04.2026 р.  | 29.05.2026 р.    |

## 7. Дата видачі завдання «10» червня 2025 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи                                                              | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|
| 1.    | Вибір і затвердження теми роботи                                                 | 02.06.2025 р. – 04.06.2025 р.                 |          |
| 2.    | Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу | 05.06.2025 р. – 10.06.2025 р.                 |          |
| 3.    | Опрацювання джерел інформації                                                    | 11.06.2025 р. – 15.06.2025 р.                 |          |
| 4.    | Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи             | 16.06.2025 р. – 20.06.2025 р.                 |          |
| 5.    | Виконання теоретико-методологічного розділу роботи                               | 08.09.2025 р. – 01.11.2025 р.                 |          |
| 6.    | Виконання дослідницько-аналітичного розділу роботи                               | 19.01.2026 р. – 14.02.2026 р.                 |          |
| 7.    | Виконання проєктно-рекомендаційного розділу роботи                               | 16.02.2026 р. – 31.03.2026 р.                 |          |
| 8.    | Оцінювання економічної ефективності результатів дослідження                      | 01.04.2026 р. – 29.05.2026 р.                 |          |
| 9.    | Оформлення тексту роботи                                                         | 01.06.2026 р. – 06.06.2026 р.                 |          |
| 10.   | Попередній захист роботи на кафедрі                                              | 08.06.2026 р.                                 |          |
| 11.   | Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій                        | 09.06.2026 р. – 10.06.2026 р.                 |          |
| 12.   | Нормоконтроль                                                                    | 11.06.2026 р. – 15.06.2026 р.                 |          |
| 13.   | Захист кваліфікаційної роботи                                                    | 16.06.2026 р. - 18.06.2026 р.                 |          |

**Здобувач вищої освіти**

**Олександр ТУМАНЕВИЧ**

**Керівник роботи**

**Леонід ФЛЕГАНТОВ**

## ЗМІСТ

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК .....                                                                      | 6  |
| ВСТУП.....                                                                                                     | 7  |
| РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ<br>ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ ..... | 10 |
| 1.1 Сутність, архітектура та класифікація систем підтримки прийняття рішень                                    | 10 |
| 1.2 Аналіз критеріїв та методів прийняття рішень при виборі постачальників ..                                  | 12 |
| 1.3 Порівняльний аналіз існуючих спеціалізованих інформаційних систем.....                                     | 14 |
| 1.4 Огляд архітектурних підходів та інструментальних засобів розроблення<br>СППР .....                         | 16 |
| РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ<br>ПРОЄКТУВАННЯ .....                                  | 19 |
| 2.1 Організаційно-економічна характеристика об'єкта дослідження .....                                          | 19 |
| 2.2 Аналіз існуючого процесу вибору постачальників .....                                                       | 21 |
| 2.3 Формалізація задачі та розроблення моделі прийняття рішення.....                                           | 22 |
| 2.4 Математична модель багатокритеріального оцінювання .....                                                   | 25 |
| РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ПРОТОТИПУ<br>СИСТЕМИ .....                                     | 28 |
| 3.1 Обґрунтування вибору технологій та проєктування бази даних системи .....                                   | 28 |
| 3.2 Об'єктно-орієнтоване та функціональне моделювання системи.....                                             | 33 |
| 3.3 Опис функціонування та архітектура програмного прототипу .....                                             | 42 |
| 3.4 Практична реалізація і апробація програмного прототипу системи .....                                       | 46 |
| 3.5 Оцінка економічної ефективності впровадження розробленої системи .....                                     | 49 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                  | 54 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....                                                                               | 56 |

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

|         |                                                                        |
|---------|------------------------------------------------------------------------|
| API     | Application Programming Interface, програмний інтерфейс застосунку     |
| AHP     | Analytic Hierarchy Process, метод аналізу ієрархій                     |
| CSS     | Cascading Style Sheets, каскадні таблиці стилів                        |
| DSS     | Decision Support System, система підтримки прийняття рішень            |
| ERD     | Entity-Relationship Diagram, діаграма «сутність-зв'язок»               |
| ERP     | Enterprise Resource Planning, система планування ресурсів підприємства |
| FK      | Foreign Key, зовнішній ключ (БД)                                       |
| HTML    | HyperText Markup Language, мова розмітки гіпертексту                   |
| IT (IT) | Information Technology, інформаційні технології                        |
| JSON    | JavaScript Object Notation, формат обміну даними                       |
| MVP     | Minimum Viable Product, мінімально життєздатний продукт                |
| PK      | Primary Key, первинний ключ (БД)                                       |
| SCM     | Supply Chain Management, управління ланцюгами постачання               |
| SQL     | Structured Query Language, мова структурованих запитів                 |
| UI      | User Interface, користувацький інтерфейс                               |
| UML     | Unified Modeling Language, уніфікована мова моделювання                |
| UX      | User eXperience, користувацький досвід                                 |
| БД      | База даних                                                             |
| ІС      | Інформаційна система                                                   |
| МАІ     | Метод аналізу ієрархій                                                 |
| ОПР     | Особа, що приймає рішення                                              |
| ПЗ      | Програмне забезпечення                                                 |
| СКБД    | Система керування базами даних                                         |
| СППР    | Система підтримки прийняття рішень                                     |
| ТЗ      | Технічне завдання                                                      |

## ВСТУП

*Актуальність теми.* В умовах цифровізації та динамічних змін ринкового середовища актуальність теми дослідження зумовлена зростаючою потребою підприємств у впровадженні ефективних інформаційних систем для автоматизованого вибору постачальників матеріалів і комплектуючих, що забезпечує прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Оптимальний вибір партнерів у ланцюгу постачання дозволяє мінімізувати витрати, знизити ризики зриву поставок та підвищити загальну конкурентоспроможність організації. Використання сучасних методів багатокритеріального аналізу та вебтехнологій надає широкі можливості для створення інтерактивних систем підтримки прийняття рішень (СППР), які забезпечують автоматизовану обробку даних та об'єктивне оцінювання альтернатив, проте сьогодні існує гостра потреба у комплексному підході до розроблення таких прикладних рішень, що поєднують проектування гнучкої архітектури бази даних, реалізацію математичних методів оптимізації та оцінку економічної ефективності їхнього впровадження.

*Аналіз стану розробки проблеми.* На сьогодні існує значна кількість досліджень, присвячених використанню систем підтримки прийняття рішень у сфері логістики та управління постачанням. Вони охоплюють як питання загальної теорії прийняття рішень, так і застосування математичних методів багатокритеріальної оптимізації для оцінювання контрагентів. Зокрема, у працях вітчизняних і зарубіжних науковців у галузі інформаційних систем широко досліджуються можливості автоматизації обробки даних та інтеграції СППР у контур управління підприємством.

Водночас більшість існуючих рішень базується на традиційних підходах, що спираються на експертні судження і ручний аналіз інформації, що призводить до суб'єктивності та значних часових витрат, або ж орієнтовані на великі ERP-системи, недоступні для гнучкої адаптації під конкретні прикладні задачі підприємств. Проведений аналіз свідчить про відсутність узагальненого і

доступного підходу до розроблення веборієнтованих СППР, адаптованих до специфіки вибору постачальників матеріалів.

*Метою* кваліфікаційної роботи є проєктування та реалізація прототипу СППР для вибору постачальників матеріалів і комплектуючих на основі багатокритеріального оцінювання альтернатив.

*Завдання роботи:*

- проаналізувати теоретичні засади функціонування СППР;
- дослідити підходи до багатокритеріального оцінювання альтернатив;
- виконати аналіз предметної області та визначити вимоги до системи;
- розробити математичну модель оцінювання постачальників;
- спроектувати структуру бази даних та UML-моделі системи;
- реалізувати програмний прототип системи;
- оцінити ефективність використання запропонованого рішення.

*Об'єкт дослідження:* процес прийняття управлінських рішень щодо вибору постачальників матеріалів і комплектуючих.

*Предмет дослідження:* методи, моделі та інформаційні технології створення СППР для багатокритеріального оцінювання альтернатив.

*Методи дослідження:* системний аналіз – для дослідження предметної області; методи моделювання – для формалізації процесу оцінювання; методи проєктування інформаційних систем – для розроблення архітектури рішення; математичні методи багатокритеріальної оптимізації – для визначення інтегральних оцінок; програмування – для реалізації прототипу системи.

*Інформаційна база дослідження:* фундаментальні та прикладні праці вчених у галузі теорії прийняття рішень, системного аналізу й логістики, міжнародні стандарти проєктування ІС, фахові наукові публікації, аналітичні огляди та технічна документація існуючих СППР, офіційна документація обраного технологічного стеку, рекомендації та обговорення розробників на профільних інтернет-ресурсах.

*Практична значущість отриманих результатів* полягає у створенні програмного прототипу системи, який може бути використаний для автоматизації

оцінювання постачальників та підвищення ефективності управлінських процесів підприємств. Запропоновані рішення можуть бути розширені та адаптовані до потреб реальних організацій.

*Апробація результатів дослідження.* За результатами роботи опубліковано тези доповідей: «Адресація в Інтернет: URL, URI, доменні імена, IP-адреси, протоколи дозволу доменних імен». Матеріали науково-практичної конференції за підсумками проходження виробничих практик здобувачів вищої освіти спеціальності 126 Інформаційні системи та технології, кафедра інформаційних систем та технологій Полтавського державного аграрного університету, 22 жовтня 2025 року, м. Полтава; «Методи багатокритеріального оцінювання в системах підтримки прийняття рішень при виборі постачальників» Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Володимира Юрженка «Інтернаціоналізація технологічної, математичної та професійної освіти: досвід та перспективи», 14-15 квітня 2026 року, м. Переяслав; «Розробка програмного прототипу СППР для автоматизації логістичного вибору на базі Flask». Матеріали XXI щорічної студентської наукової конференції «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики в економіці, менеджменті та бізнесі», 22 квітня 2026 року, м. Полтава; «Моделювання бізнес-процесів вибору постачальників комплектуючих за допомогою UML-діаграм». Менеджмент XXI століття : глобалізаційні виклики : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції, 23 квітня 2026 року, м. Полтава.

*Структура та обсяг роботи.* Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний текст роботи викладений на 55 сторінках, містить 24 рисунки і 23 таблиці. Список використаних джерел налічує 73 найменування.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАДАЧАХ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ

#### 1.1 Сутність, архітектура та класифікація систем підтримки прийняття рішень

Система підтримки прийняття рішень (СППР) – це інтерактивна комп'ютерна інформаційна система (ІС), призначена для допомоги особам, що приймають рішення (ОПР) у вирішенні слабоструктурованих або неструктурованих задач шляхом аналізу даних, використання моделей та застосування інтелектуальних методів обробки інформації. Головною особливістю таких ІС є не автоматичне прийняття рішення замість людини, а створення інформаційного середовища, що забезпечує обґрунтованість вибору наявних альтернатив користувачем системи [1].

До основних функцій СППР належать [1, 2]:

- збір та інтеграція інформації з різних джерел;
- обробка та аналіз даних;
- моделювання сценаріїв розвитку ситуації;
- оцінювання альтернативних варіантів;
- візуалізація результатів;
- підтримка діалогу з користувачем.

Функції СППР можуть відрізнятися залежно від галузі застосування, проте більшість сучасних рішень реалізують типовий набір можливостей (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Функціональні характеристики СППР [1, 2]

| Функція       | Зміст                             |
|---------------|-----------------------------------|
| Комунікаційна | Взаємодія (діалог) з користувачем |
| Інформаційна  | Накопичення та доступ до даних    |
| Аналітична    | Обробка та аналіз показників      |
| Моделююча     | Побудова математичних моделей     |
| Прогностична  | Прогнозування результатів         |

Типова структура СППР включає декілька взаємопов'язаних компонентів, представлених на рисунку 1.1 [1, 2].



Рисунок 1.1 – Типова структура СППР

Існуючі СППР відрізняються за типом обробки інформації, способом взаємодії з користувачем та зовнішніми ресурсами, характером вирішуваних завдань. Наведена класифікація дозволяє визначити місце конкретної системи в загальній структурі інформаційних технологій управління (таблиця 1.2) [1, 2, 3].

Таблиця 1.2 – Класифікація існуючих підходів до побудови СППР

| Тип СППР             | Характеристика                    |
|----------------------|-----------------------------------|
| Дата орієнтовані     | Аналіз великих масивів інформації |
| Модельно орієнтовані | Використання математичних моделей |
| Знаннєво орієнтовані | Застосування експертних правил    |
| Комунікаційні        | Підтримка групових рішень         |
| Гібридні             | Поєднання кількох підходів        |

Існування різних типів СППР дозволяє адаптувати їх до різних управлінських задач і галузей діяльності. Сфери застосування СППР охоплюють широкий спектр галузей: від медицини (діагностика) та освіти до економіки та логістики, де вони використовуються для оптимізації вибору постачальників [1, 4].

## 1.2 Аналіз критеріїв та методів прийняття рішень при виборі постачальників

Основні аспекти, що враховуються при організації взаємодії підприємств із постачальниками, представлені у таблиці 1.3 [5, 6].

Таблиця 1.3 – Логістичні аспекти вибору постачальників

| Аспект                  | Характеристика                        |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Транспортна доступність | Відстань та витрати доставки          |
| Частота поставок        | Регулярність і гнучкість              |
| Управління запасами     | Узгодженість із складськими процесами |
| Інформаційна інтеграція | Обмін даними між системами            |
| Надійність логістики    | Стабільність виконання контрактів     |

Важливим елементом у процесі вибору постачальників є визначення критеріїв оцінювання наявних альтернатив. Найчастіше для цього використовуються економічні, технічні та організаційні показники, що характеризують якість співпраці. До базових критеріїв належать: ціна, якість продукції, терміни поставки, надійність та ризики [7-15].

Процес оцінювання постачальників може бути представлений у вигляді послідовності дій, що включає визначення критеріїв, збір даних та аналіз результатів (рисунк 1.2).



Рисунок 1.2 – Алгоритм процесу оцінювання постачальників

З огляду на багатокритеріальний характер задачі, для прийняття обґрунтованого рішення щодо вибору постачальників використовуються спеціалізовані методи оцінювання альтернатив (таблиця 1.4) [1, 16-18].

Таблиця 1.4 – Багатокритеріальні методи оцінювання альтернатив

| Метод            | Особливості         | Сфера застосування     |
|------------------|---------------------|------------------------|
| Зважена сума     | Простота реалізації | Автоматизовані системи |
| Аналіз ієрархій  | Структурованість    | Складні рішення        |
| Ранжування       | Швидке порівняння   | Невеликі набори даних  |
| Парні порівняння | Деталізація оцінок  | Експертні системи      |

У сучасних ІС застосовуються різноманітні підходи до аналізу альтернатив. Вибір конкретного методу залежить від структури задачі, доступності даних і вимог до точності результатів. Основні групи методів прийняття рішень, що використовують сучасні СППР, представлені у таблиці 1.5 [1].

Таблиця 1.5 – Методи прийняття рішень у СППР

| Група методів  | Приклади                                    | Особливості використання                   |
|----------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Математичні    | Оптимізаційні моделі, лінійне програмування | Точність результатів, потреба формалізації |
| Статистичні    | Регресійний аналіз, прогнозування           | Робота з великими вибірками даних          |
| Евристичні     | Експертні оцінки, правила                   | Застосування при неповній інформації       |
| Інтелектуальні | Машинне навчання, нейронні мережі           | Адаптивність і навчання                    |

Також у СППР широко застосовуються методи підтримки експертного оцінювання, що дозволяють враховувати людський фактор та знання фахівців при аналізі альтернатив. Вибір методу залежить від рівня структурованості задачі (таблиця 1.6) [16-18].

Таблиця 1.6 – Методи підтримки експертного оцінювання альтернативних рішень

| Метод      | Сфера використання        | Переваги                    |
|------------|---------------------------|-----------------------------|
| МАІ        | Багатокритеріальний вибір | Структурованість оцінювання |
| Делфі      | Колективні рішення        | Узгодження експертних думок |
| Ранжування | Порівняння альтернатив    | Простота застосування       |

Однією з типових моделей, що використовуються при виборі постачальників, є адитивна модель інтегральної оцінки альтернатив, що передбачає обчислення узагальненого показника на основі вагових коефіцієнтів критеріїв з подальшим порівнянням отриманих результатів (рисунк 1.3).



Рисунок 1.3 – Структура адитивної моделі інтегральної оцінки альтернатив

Найбільш поширеним формальним підходом до визначення вагових коефіцієнтів критеріїв є метод аналізу ієрархій (MAI, Analytic Hierarchy Process, АНР). Цей метод формалізує експертні судження шляхом попарного порівняння важливості критеріїв та оцінок альтернатив за обраними критеріями [19-20].

### **1.3 Порівняльний аналіз існуючих спеціалізованих інформаційних систем**

Сьогодні існує велика кількість програмних рішень, спрямованих на автоматизацію управління постачанням і логістикою. Такі ІС забезпечують інтеграцію даних, аналітичну обробку показників та підтримку прийняття рішень щодо вибору бізнес-партнерів, і можуть бути реалізовані як окремі СППР або як

складові комплексних корпоративних платформ. На практиці, найбільш поширеними є рішення інтегровані до систем управління підприємством, систем планування ресурсів та спеціалізованих логістичних платформ (таблиця 1.7) [1].

Таблиця 1.7 – Інформаційні рішення для підтримки вибору постачальників

| Тип системи             | Основне призначення               | Характерні можливості                |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| ERP-системи             | Управління ресурсами підприємства | Облік закупівель, інтеграція даних   |
| SCM-системи             | Управління ланцюгами постачання   | Планування поставок, прогнозування   |
| Аналітичні DSS          | Підтримка вибору альтернатив      | Моделювання і оцінювання альтернатив |
| Вебплатформи закупівель | Взаємодія з постачальниками       | Електронні тендери                   |

Різні типи таких систем вирішують схожі задачі, але відрізняються рівнем інтеграції та функціональною спеціалізацією. Типова функціональність сучасних інформаційних рішень включає модулі збору даних, аналізу показників, оцінювання альтернатив та формування звітності (рисунок 1.4).

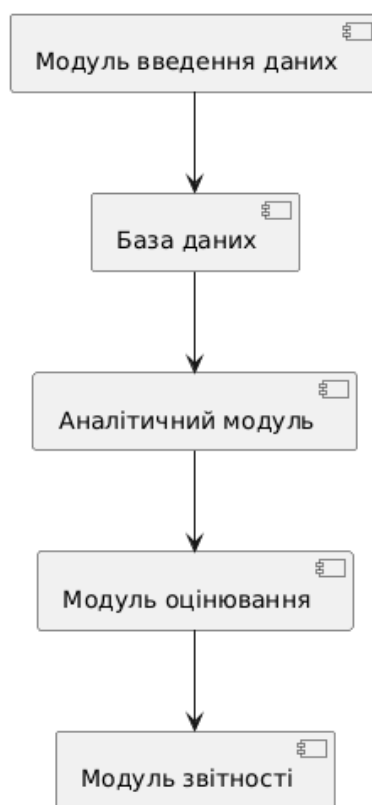


Рисунок 1.4 – Типова функціональність сучасних інформаційних рішень

Структура сучасних СППР орієнтована на інтеграцію даних і забезпечення повного циклу аналітичної обробки інформації. Але, незважаючи на значну кількість готових рішень, вони мають низку специфічних обмежень (таблиця 1.8).

Таблиця 1.8 – Характеристики інформаційних рішень для підтримки вибору постачальників

| Характеристика   | Переваги                     | Недоліки            |
|------------------|------------------------------|---------------------|
| Функціональність | Широкий набір можливостей    | Складність освоєння |
| Інтеграція       | Взаємодія з іншими системами | Потреба адаптації   |
| Надійність       | Перевірені технології        | Висока вартість     |
| Масштабованість  | Робота з великими даними     | Значні ресурси      |

Аналіз існуючих інформаційних рішень показує, що хоча вони забезпечують ефективну підтримку управління постачанням, їх використання не завжди є оптимальним для вузькоспеціалізованих задач. Це обумовлює доцільність розроблення власної СППР, орієнтованої на багатокритеріальне оцінювання постачальників матеріалів і комплектуючих.

#### **1.4 Огляд архітектурних підходів та інструментальних засобів розроблення СППР**

Розроблення власної СППР передбачає використання комплексу програмних технологій, що забезпечують зберігання даних, аналітичну обробку інформації та взаємодію з користувачем. Вибір відповідних інструментів реалізації визначає продуктивність, масштабованість і зручність експлуатації системи.

Сучасні СППР зазвичай будуються на основі багаторівневих архітектур, що поєднують серверні, клієнтські та аналітичні компоненти. Архітектурна організація системи визначає структуру взаємодії між її складовими. Найбільш поширеними є одношарові, клієнт-серверні та багаторівневі архітектури. Вибір архітектури безпосередньо впливає на масштабованість і можливість інтеграції системи (таблиця 1.9) [1, 21-23].

Таблиця 1.9 – Архітектурна організація СППР

| Тип архітектури | Характеристика                 | Особливості використання    |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Однорівнева     | Усі модулі в одному середовищі | Простота реалізації         |
| Клієнт–серверна | Поділ функцій між вузлами      | Баланс навантаження         |
| Трирівнева      | Презентаційний, логічний, дані | Гнучкість і масштабованість |
| Мікросервісна   | Незалежні сервіси              | Висока адаптивність         |

Взаємодія компонентів типової архітектури СППР представлена за допомогою структурної діаграми, що відображає базову логіку організації програмної системи (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Взаємодія компонентів типової архітектури СППР

Важливим компонентом СППР є база даних (БД), яка використовується для накопичення та структурованого зберігання інформації. Найпоширенішими є реляційні та нереляційні системи керування базами даних (СКБД), що відрізняються моделлю організації даних і продуктивністю. Правильний вибір СКБД визначає ефективність роботи системи (таблиця 1.10) [24, 25].

Таблиця 1.10 – Технології зберігання даних у СППР

| Тип СКБД  | Переваги                     | Недоліки              |
|-----------|------------------------------|-----------------------|
| Реляційні | Структурованість, надійність | Жорстка схема         |
| NoSQL     | Масштабованість              | Складність аналізу    |
| Хмарні    | Доступність                  | Залежність від мережі |

Для забезпечення доступності СППР для користувачів широко застосовуються вебтехнології, що дозволяють реалізувати взаємодію з системою через браузер, що сприяє їх платформонезалежності (таблиця 1.11) [26-28].

Таблиця 1.11 – Вебтехнології забезпечення доступу до СППР

| Технологія          | Призначення             |
|---------------------|-------------------------|
| HTML/CSS            | Відображення інтерфейсу |
| JavaScript          | Інтерактивність         |
| Серверні фреймворки | Обробка запитів         |
| REST API            | Обмін даними            |

Ядром СППР є аналітичні модулі, що реалізують алгоритми обробки даних та оцінювання альтернатив. У їх складі використовуються математичні бібліотеки, алгоритми оптимізації та інструменти візуалізації результатів (таблиця 1.12).

Таблиця 1.12 – Інструменти створення аналітичних модулів СППР

| Інструмент             | Функціональність    |
|------------------------|---------------------|
| Математичні бібліотеки | Обчислення          |
| ML-бібліотеки          | Прогнозування       |
| Засоби візуалізації    | Графіки та діаграми |

Аналіз інформаційних технологій та інструментів реалізації СППР показує, що їх побудова базується на комплексному використанні архітектурних підходів, систем зберігання даних, вебтехнологій та аналітичних модулів.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЄКТУВАННЯ

#### 2.1 Організаційно-економічна характеристика об'єкта дослідження

У межах кваліфікаційної роботи розглядається модельне підприємство виробничого типу, діяльність якого пов'язана із закупівлею матеріалів і комплектуючих. Використання модельного середовища дозволяє формалізувати бізнес-процеси та визначити вимоги до ІС без прив'язки до конфіденційних даних реального підприємства.

Функціонування підприємства виробничого типу передбачає взаємодію декількох структурних підрозділів, кожен з яких виконує визначені управлінські функції (таблиця 2.1) [29-31].

Таблиця 2.1 – Організаційна структура підприємства виробничого типу

| Підрозділ            | Основні функції        |
|----------------------|------------------------|
| Керівництво          | Стратегічне управління |
| Відділ закупівель    | Вибір постачальників   |
| Складський підрозділ | Облік запасів          |
| Фінансовий відділ    | Контроль витрат        |
| Виробничий підрозділ | Формування потреб      |

У даній організаційній структурі відділ закупівель виступає центральною ланкою, що консолідує запити від виробництва та координує фінансові потоки із бухгалтерією. Це дозволяє оптимізувати складські запаси, мінімізувати логістичні ризики та забезпечити безперервний цикл виготовлення кінцевої продукції. Крім того, чіткий розподіл обов'язків створює надійне підґрунтя для подальшого проєктування архітектури ІС та автоматизації рутинних операцій. Взаємодію підрозділів підприємства описує структурна діаграма, що показує провідну роль відділу закупівель у прийнятті рішень щодо постачання матеріалів та комплектуючих (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Модель взаємодії підрозділів виробничого підприємства у процесі закупівель матеріалів і комплектуючих

Важливим аспектом є аналіз процесу закупівель, що включає визначення потреб, пошук постачальників, оцінювання альтернатив та укладання договорів. Даний процес має циклічний характер і здійснюється на регулярній основі. Деталізація етапів процесу закупівель дозволяє виділити точки можливого впровадження СППР (таблиця 2.2) [32-34].

Таблиця 2.2 – Етапи процесу закупівель: аналіз потреб в інформаційній підтримці етапів процесу закупівель

| Етап                 | Зміст              |
|----------------------|--------------------|
| Визначення потреб    | Формування запиту  |
| Пошук постачальників | Збір інформації    |
| Оцінювання           | Аналіз альтернатив |
| Вибір                | Прийняття рішення  |
| Контроль             | Аналіз виконання   |

Сукупність інформаційних потоків між підрозділами підприємства забезпечує передачу даних, необхідних для прийняття рішень: виробничі заявки, фінансові звіти, складські дані та аналітичну інформацію (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Інформаційні потоки між підрозділами виробничого підприємства у процесі закупівель

Таким чином, виробниче підприємство характеризується ієрархічною організаційною структурою, циклічним процесом закупівель та складною системою інформаційних потоків.

## 2.2 Аналіз існуючого процесу вибору постачальників

Типова схема існуючого процесу вибору постачальників включає послідовність операцій від формування потреби до укладання договору, що має послідовну структуру (рисунок 2.3) [35-37].



Рисунок 2.3 – Типова схема існуючого процесу вибору постачальників

Аналіз даної схеми дозволяє виділити низку проблем та недоліків, які знижують ефективність прийняття рішень. Вони пов'язані з обмеженістю інформації, суб'єктивністю оцінок і значними витратами часу (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Аналіз проблем та недоліків, які знижують ефективність прийняття рішення у процесі закупівель

| Проблема                  | Прояв                                |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Суб'єктивність оцінювання | Залежність від досвіду працівника    |
| Обмеженість аналізу       | Врахування малої кількості критеріїв |
| Часові витрати            | Ручна обробка інформації             |
| Відсутність формалізації  | Неможливість повторного використання |
| Ризик помилок             | Некоректний вибір постачальника      |

Вимоги до СППР, що враховують виявлені недоліки та забезпечують підвищення якості оцінювання альтернатив, представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Вимоги до СППР

| Вимога                | Зміст                        |
|-----------------------|------------------------------|
| Автоматизація аналізу | Обробка даних постачальників |
| Багатокритеріальність | Врахування різних факторів   |
| Інтерактивність       | Зручний інтерфейс            |
| Збереження даних      | Накопичення інформації       |
| Формування звітів     | Відображення результатів     |

Сформовані вимоги визначають функціональні характеристики майбутньої системи та створюють основу для її подальшого проєктування.

## 2.3 Формалізація задачі та розроблення моделі прийняття рішення

Формалізація задачі прийняття рішення створює основу для програмної реалізації СППР. Вона передбачає визначення критеріїв оцінювання, встановлення вагових коефіцієнтів, побудову математичної моделі оцінювання постачальників та постановку технічного завдання на розроблення СППР.

Процес прийняття рішення можна представити у вигляді послідовності формалізованих дій, що включають нормалізацію показників та обчислення інтегральної оцінки (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Діаграма автоматизованого процесу прийняття рішення щодо вибору постачальників

Критерії оцінювання постачальників обираються з урахуванням логістичних, економічних та організаційних аспектів співпраці (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Критерії оцінювання постачальників

| Позначення | Критерій         | Зміст                                 |
|------------|------------------|---------------------------------------|
| C1         | Ціна             | Вартість закупівлі та супутні витрати |
| C2         | Якість           | Відповідність стандартам і вимогам    |
| C3         | Терміни поставки | Швидкість і стабільність виконання    |
| C4         | Надійність       | Виконання контрактних зобов'язань     |
| C5         | Ризики           | Ймовірність затримок або втрат        |

Для врахування різної важливості критеріїв використовуються вагові коефіцієнти (ваги критеріїв), які відображають їх вплив на кінцеве рішення і дозволяють врахувати пріоритетність критеріїв при оцінюванні альтернатив. Сума вагових коефіцієнтів усіх критеріїв повинна дорівнювати одиниці. Значення ваг встановлюються експертним шляхом або за допомогою аналітичних методів.

Математична модель прийняття рішення базується на адитивному методі зваженої суми критеріїв, згідно з яким для кожного постачальника обчислюється інтегральний показник [39-43]:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot r_{ij}, \quad (2.1)$$

де:  $S_i$  – інтегральна оцінка постачальника  $i$ ;  $w_j$  – ваговий коефіцієнт критерію  $j$ ;  $r_{ij}$  – нормалізоване значення оцінки постачальника  $i$  за критерієм  $j$ . Вибір постачальника здійснюється за максимальним значенням інтегральної оцінки.

У даній роботі експертне визначення вагових коефіцієнтів критеріїв здійснюється за допомогою МАІ на етапі передпроектного аналізу, а розроблене програмне забезпечення використовує отримані ваги в межах моделі (2.1) для розрахунку фінального рейтингу альтернатив (таблиця 2.6) [44].

Таблиця 2.6 – Вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання постачальників

| Позначення | Критерій         | Вага |
|------------|------------------|------|
| C1         | Ціна             | 0,30 |
| C2         | Якість           | 0,25 |
| C3         | Терміни поставки | 0,20 |
| C4         | Надійність       | 0,15 |
| C5         | Ризики           | 0,10 |

Завершальним етапом формалізації є постановка технічного завдання (ТЗ), яке визначає функціональні можливості програмного продукту, і є основою для подальшого проектування системи (таблиця 2.7).

Таблиця 2.7 – Функціональні можливості програмного продукту

| Розділ      | Зміст                             |
|-------------|-----------------------------------|
| Призначення | Підтримка вибору постачальників   |
| Функції     | Введення даних, аналіз, звітність |
| Дані        | Інформація про постачальників     |
| Інтерфейс   | Вебдоступ                         |
| Результат   | Ранжування альтернатив            |

Таким чином, формалізація задачі дозволила визначити критерії оцінювання, вагові коефіцієнти та математичну модель прийняття рішення, а також сформулювати технічні вимоги до системи.

## 2.4 Математична модель багатокритеріального оцінювання

Для практичного використання математичної моделі (2.1) необхідно визначити спосіб обчислення вагових коефіцієнтів критеріїв  $w_j$  та нормалізованих значень оцінок альтернатив  $r_{ij}$ .

Якщо експертами призначено для критеріїв оцінювання альтернатив бали  $a_j$ , то вагові коефіцієнти  $w_j$  критеріїв оцінювання альтернатив визначаються так:

$$w_j = \frac{a_j}{\sum a_j}, \quad (2.2)$$

де:  $a_j$  – експертна оцінка важливості критерію;  $\sum a_j$  – сума оцінок за всіма критеріями.

Отримані значення забезпечують виконання умови:  $\sum w_j = 1$ .

Нормалізація переводить значення показників  $r_{ij}$  у безрозмірний інтервал від 0 до 1, що приводить їх до єдиного масштабу і забезпечує коректність обчислення інтегральної оцінки альтернатив.

Для стимулюючих критеріїв, значення яких потрібно максимізувати (наприклад, якість або надійність), використовується формула [45, 46]:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i(x_{ij})}. \quad (2.3)$$

де:  $x_{ij}$  – значення  $j$ -го критерію для  $i$ -го постачальника;  $\max_i(x_{ij})$ , – максимальне значення показника  $x_{ij}$  серед усіх альтернатив.

Для дестимулюючих критеріїв, значення яких потрібно мінімізувати (наприклад, ціна або ризик), використовується формула:

$$r_{ij} = \frac{\min_i(x_{ij})}{x_{ij}}, \quad (2.4)$$

де:  $x_{ij}$  – значення  $j$ -го критерію для  $i$ -го постачальника;  $\min_i(x_{ij})$  – мінімальне значення показника  $x_{ij}$  серед усіх альтернатив.

Загальний алгоритм розрахунку інтегральної оцінки постачальників представлено у вигляді діаграми (рисунк 2.5).



Рисунок 2.5 – Алгоритм розрахунку інтегральної оцінки постачальників

Математична модель (2.1) – (2.4) базується на гібридному підході, який поєднує МАІ та метод адитивної лінійної згортки (метод зваженої суми). Ці методи інтегровані в єдиний комплекс і виконують різні функціональні ролі в архітектурі СППР. Метод аналізу ієрархій (МАІ) застосовується як зовнішній експертний інструмент. З його допомогою група експертів підприємства один раз (або ітераційно при зміні ринкової стратегії) здійснює парні порівняння критеріїв оцінювання (ціна, якість, терміни тощо), формує матриці сумісності та обчислює точні, математично обґрунтовані вектори пріоритетів (вагові коефіцієнти  $w_j$ ). Це дозволяє мінімізувати суб'єктивний підхід при призначенні важливості критеріїв. Метод адитивної згортки інтегрований безпосередньо у програмний код бекенду системи (модуль розрахунку на Flask) і працює в режимі реального часу. Він використовує вже обчислені за допомогою МАІ стабільні вагові коефіцієнти критеріїв із бази даних і перемножує їх на поточні бальні оцінки постачальників  $r_{ij}$ , введені менеджером закупівель.

Таким чином, МАІ використовується для обґрунтування параметрів моделі (ваг), тоді як лінійна згортка забезпечує високу швидкодію, низьку обчислювальну складність для бази даних і гнучкість при щоденному операційному оцінюванні великої кількості постачальників.

## РОЗДІЛ 3

### ПРОЄКТУВАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНОГО ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ

#### 3.1 Обґрунтування вибору технологій та проєктування бази даних системи

Для розроблення програмного прототипу СППР обрано стек технологій, що забезпечує високу швидкість розробки та валідації ідей (таблиця 3.1) [47-54].

Таблиця 3.1 – Характеристика програмних засобів реалізації системи

| Компонент           | Вибрана технологія                    | Обґрунтування вибору                                                                             |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Середовище розробки | Google Colab                          | Можливість швидкого прототипування, хмарне виконання та інтеграція з Google Drive.               |
| Мова програмування  | Python                                | Наявність потужних бібліотек для обробки даних та розробки вебсервісів.                          |
| Back-end фреймворк  | Flask                                 | Мікрофреймворк, що забезпечує високу продуктивність та гнучкість у налаштуванні маршрутизації.   |
| База даних          | SQLite3                               | Легковажна реляційна БД, що не потребує окремого сервера, забезпечує цілісність даних через SQL. |
| Front-end           | HTML5, CSS3 (Bootstrap 5), JavaScript | Створення сучасного, інтуїтивно зрозумілого та адаптивного інтерфейсу користувача.               |

Вибір хмарної платформи Google Colab як базового середовища для розгортання та первинної апробації розробленого прототипу СППР обумовлений концепцією швидкого інженерного прототипування (MVP).

Оскільки архітектура системи передбачає інтеграцію методів прийняття рішень (зокрема, обчислювальних алгоритмів оцінювання альтернатив), середовище Google Colab надає ізольовану інфраструктуру з попередньо встановленими математичними бібліотеками Python та гарантованою обчислювальною потужністю без необхідності складного локального адміністрування.

Використання інструментів тунелювання (наприклад, flask-ngrok [55] або localtunnel [56]) у межах Colab дозволяє згенерувати тимчасову публічну URL-адресу для віддаленого вебдоступу до інтерфейсу СППР з будь-якого пристрою під час демонстрації та тестування. Такий підхід є економічно та технологічно виправданим на етапі дослідження, оскільки дозволяє валідувати роботу алгоритмів та інтерфейсу перед фінальним деплоєм системи на комерційні хмарні платформи або локальні сервери підприємства [57].

Розроблена СППР реалізована за клієнт-серверним принципом та включає модулі введення даних, обробки інформації та формування рейтингу альтернатив. Цільовою СУБД для промислового впровадження системи визначено MySQL. Проте, на етапі створення, локального налагодження та верифікації дослідницького прототипу (MVP) СППР було використано СУБД SQLite. Це дозволило спростити конфігурацію середовища розробки, забезпечити мобільність додатка та прискорити тестування алгоритмів без зміни загальної логіки проектування реляційної бази даних та структури SQL-запитів, які є повністю сумісними з MySQL.

Логічна модель даних побудована на основі реляційного підходу та включає сутності постачальників, критеріїв оцінювання, вагових коефіцієнтів та результатів ранжування. Взаємозв'язки між сутностями відображені у вигляді ER-діаграми, що забезпечує цілісність даних та масштабованість системи.

Структура бази даних системи забезпечує зберігання інформації про постачальників, критерії оцінювання, ваги критеріїв, оцінки постачальників, результат ранжування. Таблиці БД застосунку мають наступну структуру.

#### suppliers – Постачальники

| Поле           | Тип        | Опис          |
|----------------|------------|---------------|
| id             | INTEGER PK | Ідентифікатор |
| name           | TEXT       | Назва         |
| address        | TEXT       | Адреса        |
| contact_person | TEXT       | Контакт       |
| phone          | TEXT       | Телефон       |
| email          | TEXT       | Email         |

## materials – Матеріали/комплектуючі

| Поле        | Тип        |
|-------------|------------|
| id          | INTEGER PK |
| name        | TEXT       |
| description | TEXT       |

## criteria – Критерії оцінювання

| Поле        | Тип        |
|-------------|------------|
| id          | INTEGER PK |
| name        | TEXT       |
| description | TEXT       |

## weights – Ваги критеріїв

| Поле         | Тип        |
|--------------|------------|
| id           | INTEGER PK |
| criterion_id | FK         |
| weight       | REAL       |

## supplier\_material – Хто що постачає

| Поле        | Тип        |
|-------------|------------|
| id          | INTEGER PK |
| supplier_id | FK         |
| material_id | FK         |

## evaluations – Оцінки постачальників

| Поле         | Тип        |
|--------------|------------|
| id           | INTEGER PK |
| supplier_id  | FK         |
| criterion_id | FK         |
| score        | REAL       |

## ranking\_results – Результати розрахунку

| Поле          | Тип        |
|---------------|------------|
| id            | INTEGER PK |
| supplier_id   | FK         |
| total_score   | REAL       |
| rank          | INTEGER    |
| calculated_at | DATETIME   |

Взаємодія між таблицями БД здійснюється через визначені зв'язки:

- suppliers 1 – M evaluations;

- criteria 1 – M evaluations;
- criteria 1 – 1 weights;
- suppliers M – M materials;
- suppliers 1 – M ranking\_results.

Структура БД, представлена на ER-діаграмі, відповідає наведеній специфікації таблиць, типів полів, описів та бізнес-зв'язків у СППР з вибору постачальників (рисунок 3.1).

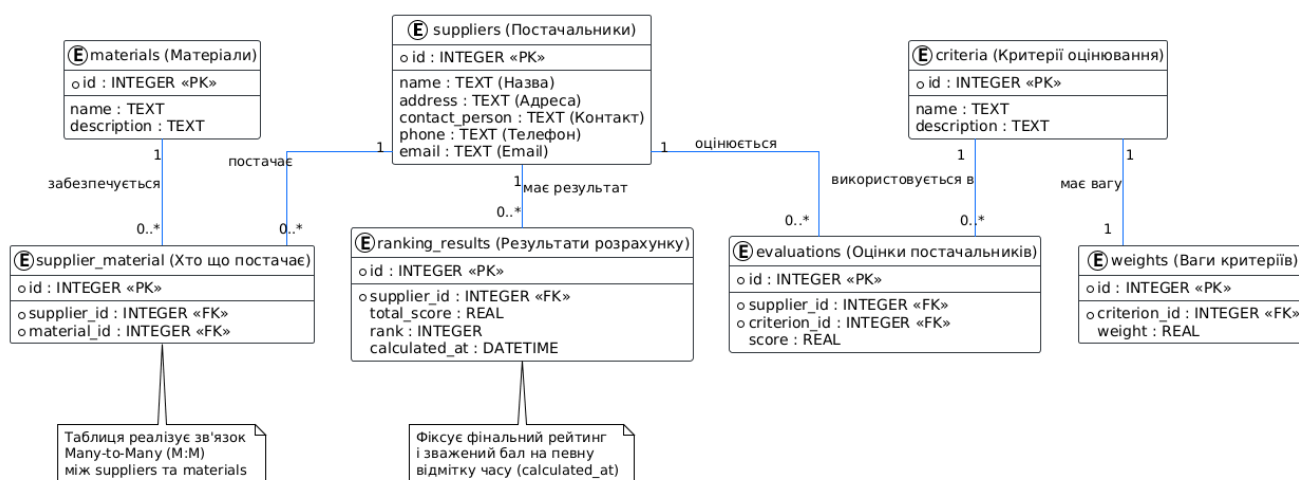


Рисунок 3.1 – Структура БД СППР з вибору постачальників

Основні функції системи включають введення та редагування інформації про постачальників, визначення критеріїв оцінювання, встановлення вагових коефіцієнтів, введення оцінок альтернатив та запуск алгоритму розрахунку інтегрального рейтингу. Результатом роботи системи є формування ранжованого списку постачальників.

Функціональні можливості розробленої СППР реалізовано через систему SQL-запитів.

1. Адміністрування (додавання та редагування). Дана група SQL-запитів використовується у панелі адміністратора або у формах додавання/редагування на сайті:

- додавання нового постачальника:

```
INSERT INTO suppliers (name, address, contact_person, phone, email)
```

```
VALUES ('Назва', 'Адреса', 'Контакт', 'Телефон', 'Email');
```

- оновлення контактних даних постачальників:

```
UPDATE suppliers SET phone = '+380,...', email = 'new@mail.com' WHERE  
id = 1;
```

- видалення застарілого матеріалу:

```
DELETE FROM materials WHERE id = 10;
```

## 2. Операційні запити (перегляд зв'язків):

- отримання списку всіх матеріалів конкретного постачальника:

```
SELECT m.name FROM materials m  
JOIN supplier_material sm ON m.id = sm.material_id  
WHERE sm.supplier_id = 1;
```

- пошук всіх постачальників для конкретного матеріалу:

```
SELECT s.name, s.phone FROM suppliers s  
JOIN supplier_material sm ON s.id = sm.supplier_id  
WHERE sm.material_id = 5;
```

- перегляд оцінок постачальника по всіх критеріях:

```
SELECT c.name, e.score FROM criteria c  
JOIN evaluations e ON c.id = e.criterion_id  
WHERE e.supplier_id = 1;
```

## 3. Аналітичні запити (розрахунки та рейтинги):

- розрахунок загального балу (інтегральної оцінки) для всіх постачальників:

```
SELECT s.name, ROUND(SUM(e.score * w.weight), 2) AS total_score  
FROM suppliers s  
JOIN evaluations e ON s.id = e.supplier_id  
JOIN weights w ON e.criterion_id = w.criterion_id  
GROUP BY s.id;
```

- пошук «найслабших місць» постачальника (найнижчі оцінки):

```
SELECT s.name, c.name AS criterion, e.score  
FROM evaluations e  
JOIN suppliers s ON e.supplier_id = s.id  
JOIN criteria c ON e.criterion_id = c.id  
ORDER BY e.score ASC LIMIT 5;
```

- рейтинг постачальників за конкретним матеріалом:

```
SELECT s.name, ROUND(SUM(e.score * w.weight), 2) AS score
FROM suppliers s
JOIN supplier_material sm ON s.id = sm.supplier_id
JOIN evaluations e ON s.id = e.supplier_id
JOIN weights w ON e.criterion_id = w.criterion_id
WHERE sm.material_id = 1 -- ID матеріалу
GROUP BY s.id ORDER BY score DESC;
```

#### 4. Контроль цілісності даних (пошук помилок):

- пошук матеріалів, для яких немає жодного постачальника:

```
SELECT name FROM materials
WHERE id NOT IN (SELECT material_id FROM supplier_material);
```

- пошук постачальників, яким не виставили оцінки за всіма критеріями:

```
SELECT s.name, COUNT(e.id) as scores_count
FROM suppliers s
LEFT JOIN evaluations e ON s.id = e.supplier_id
GROUP BY s.id HAVING scores_count < (SELECT COUNT(*) FROM criteria);
```

- перевірка суми ваг (має бути 1.0):

```
SELECT SUM(weight) FROM weights;
```

#### 5. Інтеграція у Flask.

Для кожного запиту створюється окремий маршрут @app.route. Наприклад:

- /suppliers – виводить список усіх компаній;
- /material/<id> – виводить рейтинг постачальників саме для цього матеріалу;
- /admin/add\_score – форма для оновлення оцінок.

### 3.2 Об'єктно-орієнтоване та функціональне моделювання системи

Основними функціями системи є:

- збереження інформації про постачальників, матеріали та зв'язки між ними;
- введення експертних оцінок постачальників за встановленими критеріями;

- розрахунок інтегрального показника рейтингу постачальника за кожним видом матеріалів;
- формування рейтингу постачальників.

Розроблена графічна модель системи побудована за принципом від високорівневого аналізу вимог до фізичної реалізації архітектури та включає [58]:

- діаграму варіантів використання (Use Case Diagram) – для визначення функціональних вимог та основних суб'єктів взаємодії із системою;
- діаграму діяльності (Activity Diagram) – для візуалізації бізнес-логіки та алгоритмів виконання ключових операцій;
- діаграму послідовності (Sequence Diagram) – для деталізації динамічної взаємодії об'єктів у часі під час розрахунку рейтингу постачальників;
- діаграму класів (Class Diagram) – для відображення статичної структури даних, об'єктної моделі та зв'язків між елементами системи;
- діаграму компонентів архітектури системи (Component Diagram) – для опису фізичного розгортання та модульної структури програмного забезпечення.

Діаграма варіантів використання відображає взаємодію користувача системи (менеджера закупівель) із СППР щодо вибору постачальників (рисунок 3.2).

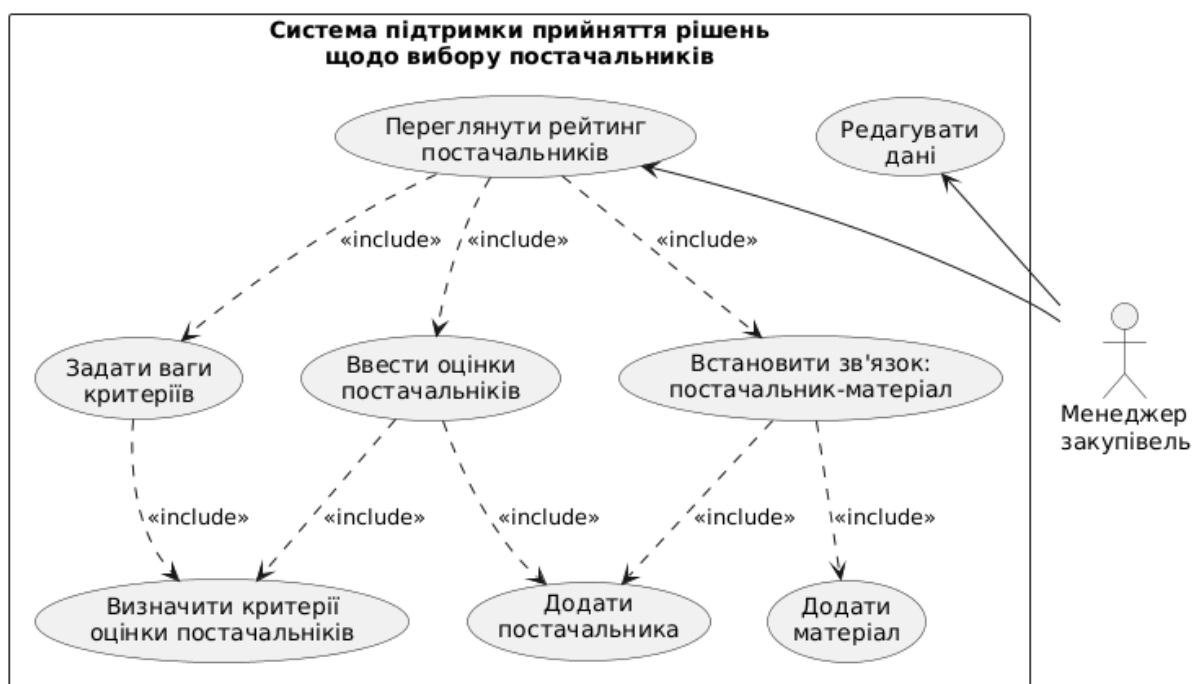


Рисунок 3.2 – Діаграма варіантів використання СППР

Діаграма діяльності відображає основні етапи роботи СППР: введення даних, нормалізацію показників, розрахунок інтегральних оцінок і формування рейтингу постачальників. Алгоритм функціонування СППР при виборі постачальників матеріалів і комплектуючих представлений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Алгоритм функціонування СППР

Робота з СППР починається з введення інформації про постачальників, критерії оцінювання та вагові коефіцієнти критеріїв. Після цього система виконує перевірку коректності введених даних.

У разі успішної перевірки користувач вводить оцінки постачальників за кожним критерієм. На наступному етапі система визначає мінімальні та максимальні значення показників, необхідні для нормалізації даних. Після нормалізації показників виконується обчислення інтегральної оцінки для кожного постачальника на основі зваженої суми критеріїв. Отримані результати використовуються для формування рейтингу постачальників, який відображається користувачеві системи.

Далі наведено діаграму послідовності розрахунку рейтингу постачальників, що описує взаємодію основних класів системи під час запуску алгоритму оцінювання. Ініціатором процесу виступає менеджер закупівель, який запускає процедуру оцінювання у системі (рисунок 3.4).

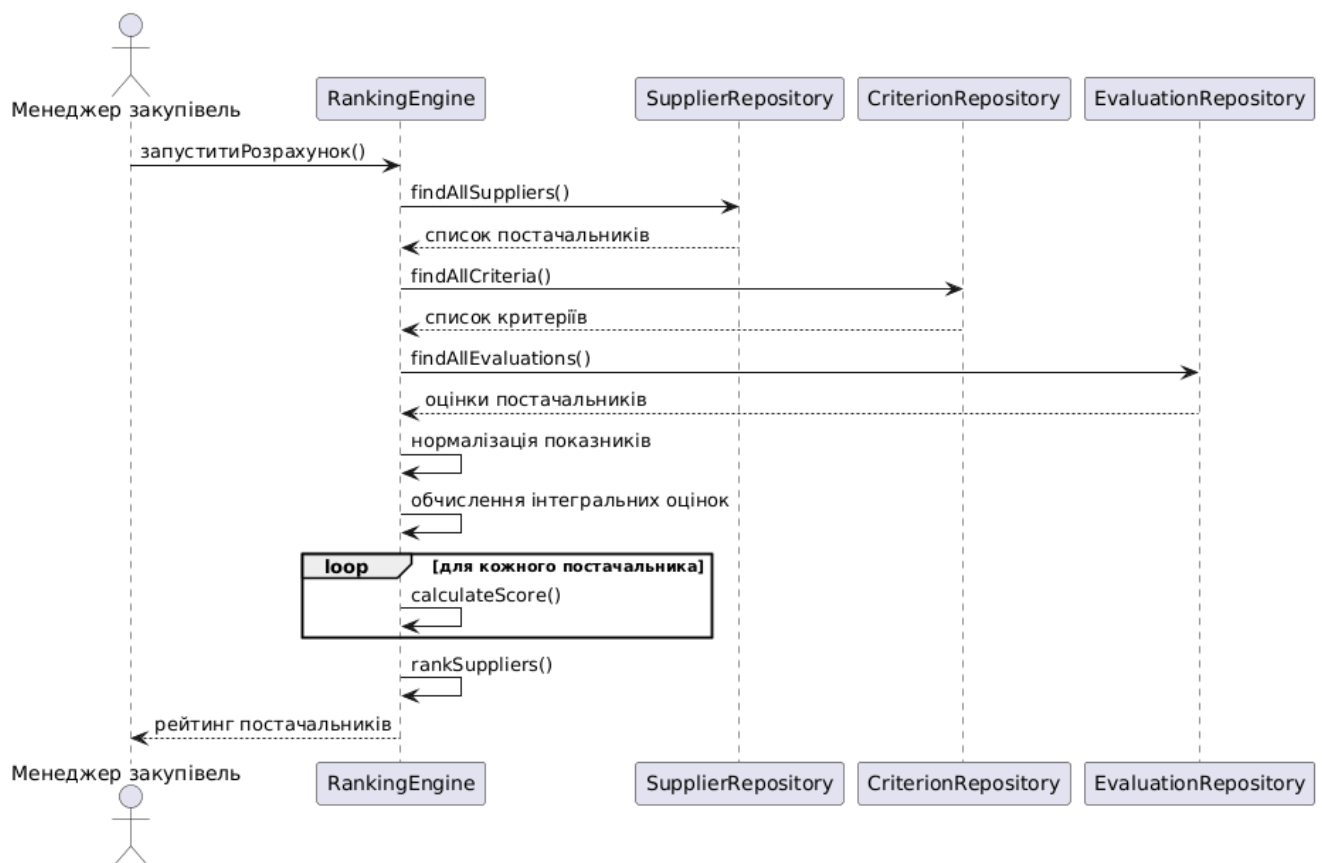


Рисунок 3.4 – Діаграма послідовності розрахунку рейтингу постачальників

Після отримання запиту модуль RankingEngine звертається до репозиторіїв даних для отримання необхідної інформації. Спочатку система отримує список

постачальників із `SupplierRepository`, після чого завантажує перелік критеріїв оцінювання з `CriterionRepository`. Далі виконується отримання оцінок постачальників за критеріями з `EvaluationRepository`.

Після отримання всіх необхідних даних модуль `RankingEngine` виконує нормалізацію показників та обчислення інтегральних оцінок для кожного постачальника. Цей процес повторюється для всіх альтернатив, що відображено на діаграмі у вигляді циклу.

На завершальному етапі система формує впорядкований список постачальників відповідно до значення інтегральної оцінки та повертає результат користувачеві. Таким чином, діаграма послідовностей демонструє логіку взаємодії компонентів системи та процес обробки даних під час прийняття рішення.

Діаграма класів відображає загальну структуру об'єктно-орієнтованої моделі СППР щодо вибору постачальників. Вона визначає основні класи системи, їх атрибути та взаємозв'язки між ними (рисунк 3.3).

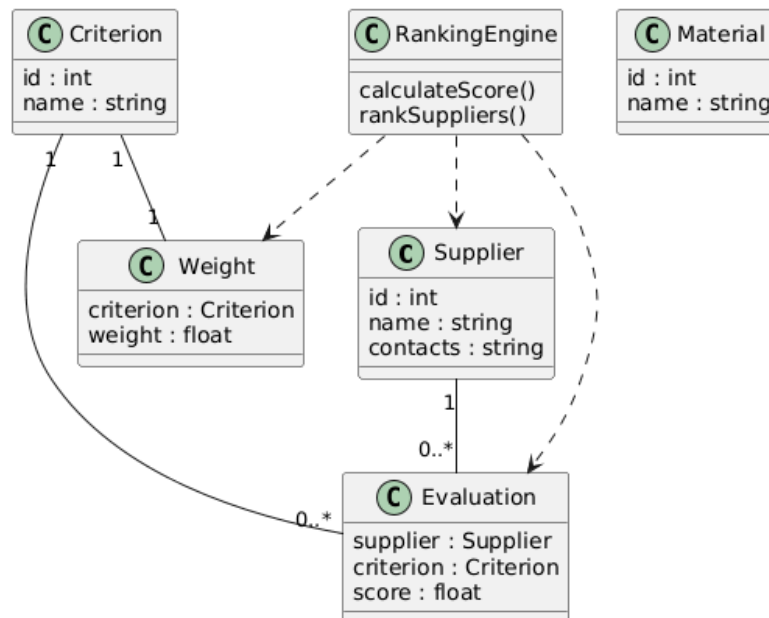


Рисунок 3.5 – Загальна структура об'єктно-орієнтованої моделі СППР

Клас `Supplier` представляє постачальника матеріалів або комплектуючих і містить ідентифікатор, назву та контактну інформацію. Об'єкти цього класу використовуються як альтернативи у процесі прийняття рішення.

Клас `Material` описує матеріали або комплектуючі, які закупаються підприємством. Атрибутами класу є унікальний ідентифікатор та назва матеріалу.

Клас `Criterion` визначає критерії оцінювання постачальників. Кожний критерій має ідентифікатор та назву, наприклад «ціна», «якість», «терміни поставки», «надійність».

Клас `Evaluation` використовується для збереження результатів оцінювання постачальників за певними критеріями. Він містить посилання на відповідного постачальника та критерій, а також числову оцінку.

Клас `Weight` зберігає вагові коефіцієнти критеріїв, що використовуються під час обчислення інтегральної оцінки.

Клас `RankingEngine` реалізує алгоритм оцінювання та ранжування постачальників. Метод `calculateScore()` виконує обчислення інтегрального показника для кожної альтернативи, а метод `rankSuppliers()` формує впорядкований список постачальників відповідно до отриманих значень.

Зв'язки між класами відображають логіку взаємодії об'єктів у системі. Зокрема, один постачальник може мати декілька оцінок за різними критеріями, а кожний критерій має відповідний ваговий коефіцієнт, який використовується при розрахунку рейтингу.

Наступна діаграма детально описує об'єктно-орієнтовану модель СППР для вибору постачальників матеріалів і комплектуючих. Модель складається з трьох логічних рівнів: рівня предметної області (`Domain Model`), сервісного рівня (`Service Layer`) та рівня доступу до даних (`Data Layer`).

Рівень предметної області (`Domain Model`) містить основні сутності системи. Клас `Supplier` представляє постачальників і включає їх ідентифікатор, назву та контактні дані. Клас `Material` описує матеріали або комплектуючі, які можуть постачатися підприємству. Клас `Criterion` визначає критерії оцінювання постачальників.

Для кожного критерію задається ваговий коефіцієнт, що представлений класом `Weight`. Клас `Evaluation` зберігає оцінки постачальників за конкретними критеріями (рисунк 3.6).

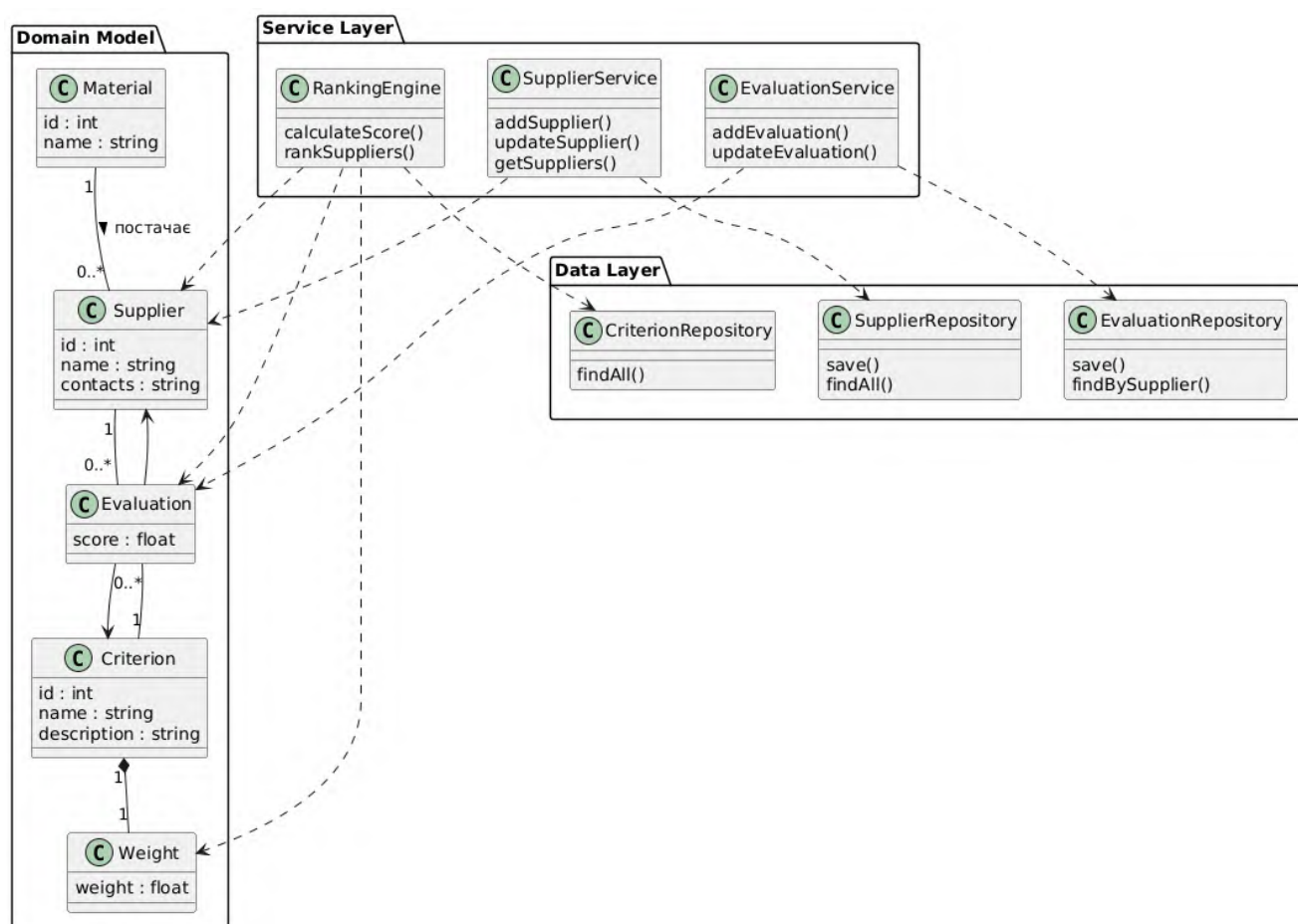


Рисунок 3.6 – Діаграма об'єктно-орієнтованої моделі СППР

Між класами встановлено асоціації, що відображають логіку предметної області. Один постачальник може мати декілька оцінок за різними критеріями, що реалізовано через зв'язок між класами **Supplier** та **Evaluation**. Кожний критерій має один відповідний ваговий коефіцієнт, що відображено композиційним зв'язком між класами **Criterion** та **Weight**.

Сервісний рівень (**Service Layer**) реалізує бізнес-логіку системи. Клас **RankingEngine** виконує основні операції обчислення інтегральних оцінок та ранжування постачальників. Класи **EvaluationService** та **SupplierService** забезпечують керування оцінками та інформацією про постачальників.

Рівень доступу до даних (**Data Layer**) представлений репозиторіями, які відповідають за збереження та отримання даних із бази даних. Зокрема, **SupplierRepository**, **CriterionRepository** та **EvaluationRepository** забезпечують роботу з відповідними сутностями.

Нижче наведено діаграму компонентів архітектури СППР для вибору постачальників матеріалів і комплектуючих. Архітектура системи побудована за багаторівневим принципом і включає користувацький рівень, сервер застосунку та рівень даних. Діаграма демонструє структуру програмного рішення: вебінтерфейс, серверну частину на Flask, модуль обчислення рейтингу та базу даних (рисунок 3.7).

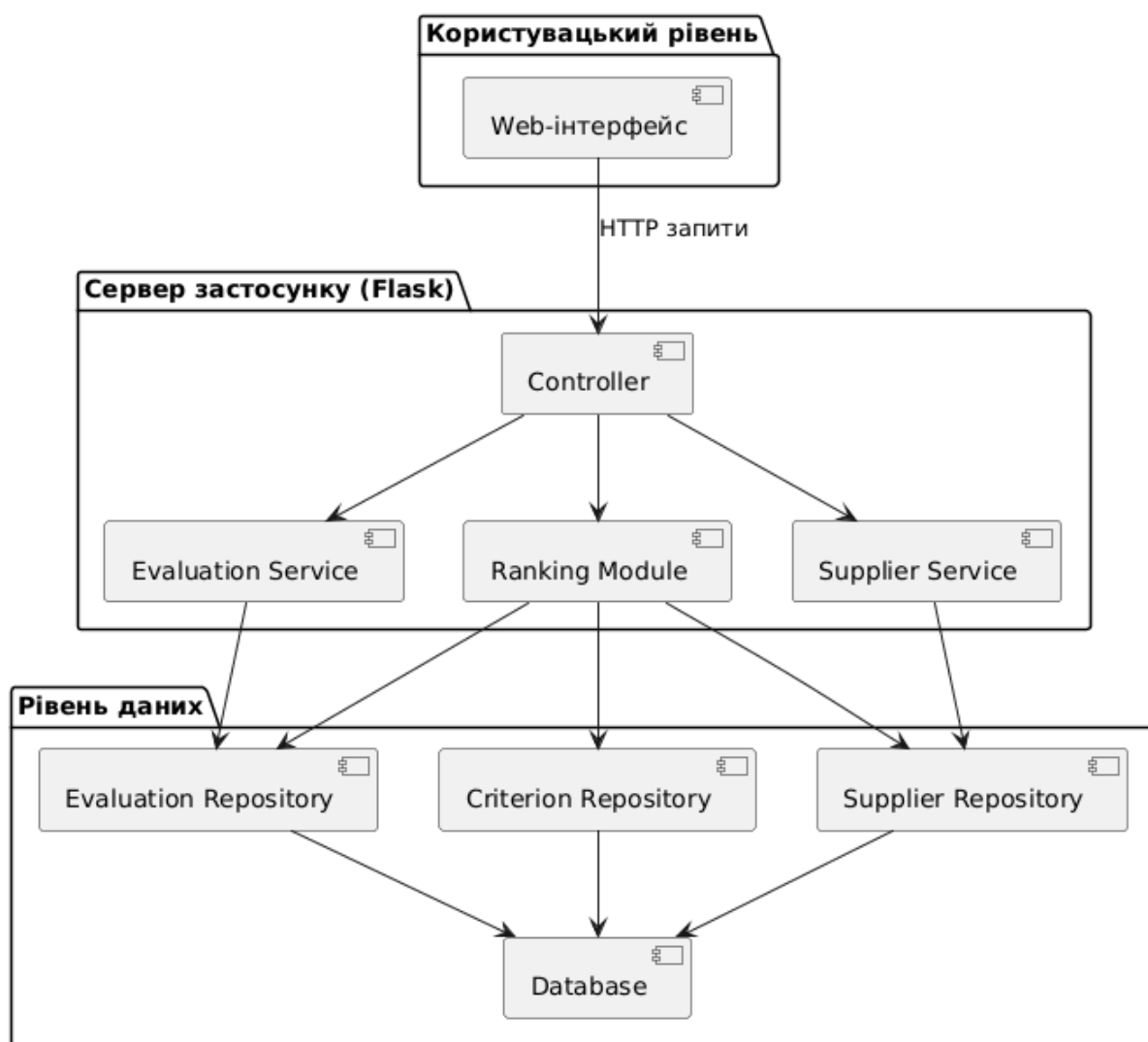


Рисунок 3.7 – Діаграма компонентів архітектури СППР

На користувацькому рівні розташований вебінтерфейс, через який менеджер закупівель взаємодіє із системою. Користувач може вводити дані про постачальників, задавати критерії оцінювання, вводити оцінки та запускати процедуру розрахунку рейтингу.

Сервер застосунку реалізований на основі вебфреймворку Flask і містить компоненти, що забезпечують обробку запитів користувача та виконання бізнес-логіки системи. Компонент Controller приймає HTTP-запити від вебінтерфейсу та передає їх відповідним сервісам. Компоненти Supplier Service та Evaluation Service відповідають за обробку даних постачальників і їх оцінювання. Компонент Ranking Module реалізує алгоритм обчислення інтегральної оцінки та формування рейтингу постачальників.

На рівні даних розташована БД, у якій зберігається інформація про постачальників, критерії оцінювання та результати оцінювання. Доступ до даних здійснюється через спеціалізовані репозиторії: Supplier Repository, Criterion Repository та Evaluation Repository.

ER-діаграма бази даних, яка відповідає розробленій об'єктній моделі та SQL-структурі СППР, представлена на рисунку 3.8.

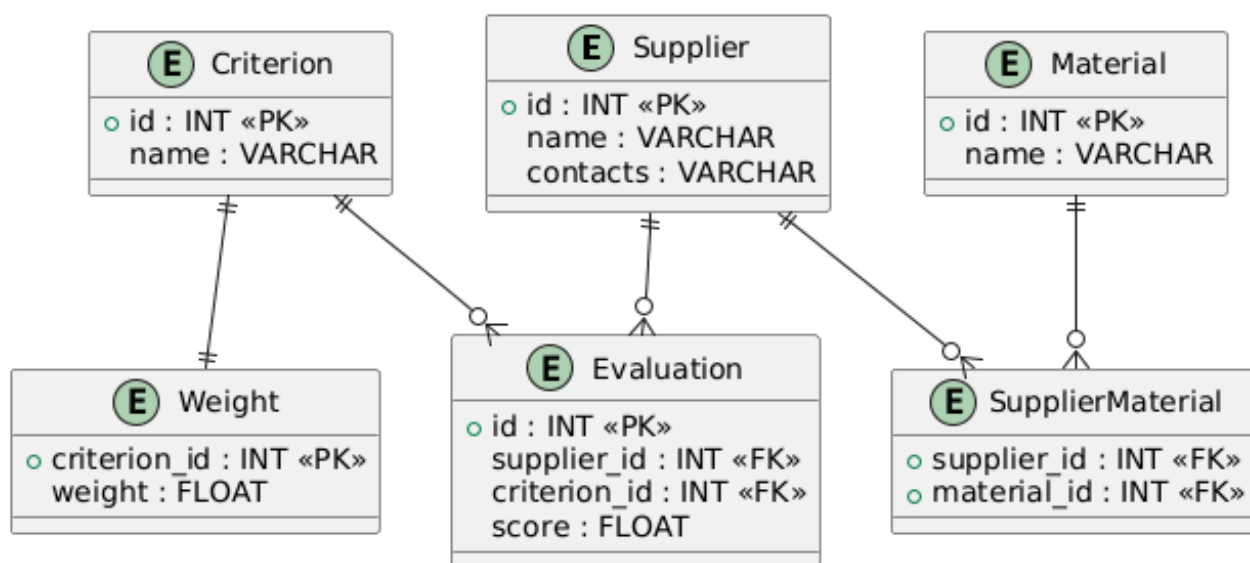


Рисунок 3.8 – ER-діаграма бази даних СППР

ER-діаграма відображає логічну структуру бази даних СППР для вибору постачальників матеріалів і комплектуючих. Вона визначає основні таблиці, їх атрибути, первинні ключі та зв'язки між сутностями.

Таблиця Supplier містить інформацію про постачальників. Основними атрибутами є унікальний ідентифікатор, назва постачальника та контактні дані.

Таблиця Material призначена для збереження інформації про матеріали або комплектуючі, які можуть постачатися підприємству.

Таблиця Criterion містить перелік критеріїв оцінювання постачальників, наприклад ціну, якість, терміни поставки або надійність.

Таблиця Weight зберігає вагові коефіцієнти критеріїв. Для кожного критерію визначається відповідна вага, яка використовується при обчисленні інтегральної оцінки постачальників.

Таблиця Evaluation містить результати оцінювання постачальників за певними критеріями. Вона включає посилання на постачальника та критерій, а також числове значення оцінки.

Для відображення зв'язку між постачальниками та матеріалами використовується проміжна таблиця SupplierMaterial, яка реалізує зв'язок типу «багато-до-багатьох».

Таким чином, структура бази даних застосунку забезпечує зберігання інформації про постачальників, критерії оцінювання та результати оцінювання, що дозволяє реалізувати алгоритм розрахунку рейтингу постачальників у СППР.

### **3.3 Опис функціонування та архітектура програмного прототипу**

В основі функціонування прототипу лежать три групи алгоритмів.

1. Алгоритм багатокритеріального оцінювання. Система використовує адитивну модель згортки критеріїв. Для кожного постачальника розраховується зважений бал за формулою (2.1). Результати обчислюються динамічно за допомогою SQL-запитів з використанням агрегатних функцій, і автоматично записуються до БД застосунку.

2. Алгоритм ранжування. Реалізований за допомогою віконних функцій SQL (RANK() OVER). Система групує постачальників за типом матеріалу та присвоює порядкові номери на основі розрахованих зважених балів у порядку спадання. Це дозволяє визначити лідера (переможця) для кожної категорії матеріалів.

3. Алгоритми фільтрації та пошуку реалізовані на стороні клієнта. Працюють за принципом посимвольного порівняння введеного тексту з вмістом рядків таблиць у реальному часі, що мінімізує кількість запитів до сервера та підвищує відгук інтерфейсу.

Технічна архітектура прототипу, базується на принципі розділення логіки збереження даних (БД), математичних розрахунків (бекенд) та візуалізації результатів (фронтенд). Вибір архітектури обумовлений необхідністю забезпечення централізованого доступу до БД постачальників та можливістю оперативного проведення аналітичних розрахунків [59].

Бекенд-частина системи відповідає за управління БД, реалізацію алгоритму багатокритеріального оцінювання та серверу додатку. Для забезпечення цілісності та збереження даних прототипу використовується інтеграція Google Colab з хмарним сховищем Google Диск, що дозволяє файлу бази даних SQLite зберігатися постійно, незалежно від тривалості поточної сесії Colab.

Основними етапами практичної реалізації серверної частини та роботи з даними у Google Colab є:

- підключення Google Диска – виконується за допомогою модуля `google.colab.drive` для монтування віртуальної файлової системи за шляхом `/content/drive`;
- активація SQL-інструментів – виконується за допомогою команди `%load_ext sql`, що дозволяє виконувати SQL-запити безпосередньо в комірках ноутбука;
- створення та заповнення БД. Файл БД `my_flask_db.db` ініціалізується на підключеному раніше Google Диску, після чого виконується розгортання структури таблиць та їх наповнення тестовими даними за запитом користувача. Передбачено механізм очищення таблиць та скидання лічильників ідентифікаторів перед повторним заповненням тестовими даними для підтримки коректності зв'язків;
- математичне забезпечення. Бекенд реалізує SQL-запити для агрегації даних, зокрема розрахунок зваженої суми балів для кожного постачальника за формулою (2.1);

- інтеграція з Flask. Основний файл сервера ініціалізує додаток та визначає маршрути (routes) для отримання даних про постачальників, матеріали та фінальні рейтинги;

- використання Pandas. На рівні бекенду бібліотека Pandas застосовується для трансформації сирих SQL-даних у датафрейми, що дозволяє швидко виконувати операції групування (groupby) та ранжування (rank).

Фронтенд прототипу реалізований як динамічний вебінтерфейс, що генерується на стороні сервера для демонстрації роботи системи як вебсервісу через мікрофреймворк Flask. Для формування фінального звітнього документа з рейтингом постачальників у розробленому ПЗ застосовується шаблонування даних із використанням мови розмітки HTML та каскадних таблиць стилів CSS.

Головні аспекти реалізації клієнтської частини прототипу:

- шаблонізація Jinja2. Flask використовує вбудований рушій шаблонів Jinja2 [60] для вставки результатів розрахунків бекенду в HTML-код, що дозволяє динамічно формувати списки постачальників та таблиці рейтингів;

- стилізація через Bootstrap. Для забезпечення сучасного вигляду, адаптивності та зручності аналізу підключено CSS-фреймворк Bootstrap 5 [53], Що дозволяє використовувати готові класи для стилізованих HTML-таблиць (table-striped, table-hover) та карток (card);

- генерація публічних посилань. Оскільки Google Colab працює у ізольованому середовищі, для доступу до динамічних вебсторінок використовується проксі-сервер Google Colab. За допомогою функції google.colab.output.eval\_js створюється тимчасова URL-адреса для перегляду результатів через браузер [61];

- формати виведення. Система підтримує виведення інформації у форматі JSON (через Flask-функцію jsonify [62]), так і у форматі HTML, куди передаються результати з бекенду.

Програмний прототип реалізує низку аналітичних запитів, що демонструють функціональність СППР:

- загальне ранжування – виведення топ-5 постачальників на основі інтегрального показника `total_score`;
- статистика асортименту – підрахунок кількості матеріалів, що закріплені за кожним контрагентом, з використанням агрегатних функцій `COUNT` та групування `GROUP BY`;
- зважене оцінювання по матеріалах – розрахунок рейтингу постачальників для кожного конкретного виду сировини за формулою суми добутоків оцінок на відповідні ваги критеріїв;
- використання віконних функцій – застосування функції `RANK()` для автоматичного визначення місця постачальника в розрізі кожної номенклатурної одиниці [63].

Основні компоненти програмного стеку прототипу представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні компоненти програмного стеку прототипу

| Компонент    | Технологія   | Призначення у проєкті                                     |
|--------------|--------------|-----------------------------------------------------------|
| Database     | SQLite3      | Зберігання інформації про контрагентів, критерії та бали. |
| Server/API   | Flask        | Обробка HTTP-запитів та маршрутизація даних.              |
| Logic/Math   | Pandas / SQL | Розрахунок інтегральних показників та ранжування.         |
| UI Framework | Bootstrap 5  | Візуальне оформлення та структура вебсторінок.            |
| Deployment   | Colab Proxy  | Забезпечення доступу до вебінтерфейсу через хмару.        |

Запропонована архітектура дозволила створити повноцінний прототип СППР, який поєднує можливості SQL-запитів для управління і аналізу даних та зручність вебінтерфейсу для кінцевого користувача.

Розроблений комплекс технологічних рішень забезпечує гнучкість системи до масштабування та потенційної міграції на потужніші СУБД без зміни логіки ядра. Створене програмне забезпечення повністю виконує поставлені завдання автоматизації, мінімізуючи час на обробку аналітичних даних та ухвалення обґрунтованих управлінських рішень.

Оптимізація внутрішніх процесів взаємодії компонентів також дозволяє суттєво знизити обчислювальне навантаження під час генерації складних звітів.

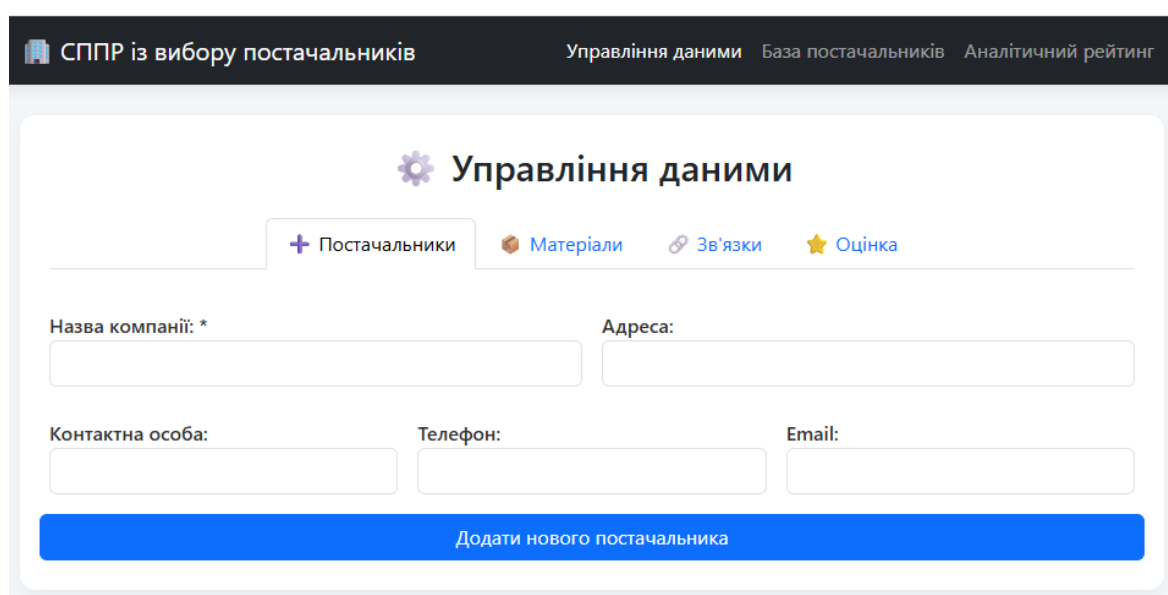
### 3.4 Практична реалізація і апробація програмного прототипу системи

Практична реалізація і апробація прототипу СППР виконана у хмарному середовищі Google Colab. Таке рішення дозволило поєднати виконання програмного коду на мові Python, роботу з базами даних та запуск легковагових вебдодатків в одній інтерактивній хмарній платформі [64].

Програмна реалізація прототипу СППР виконана у формі веборієнтованого застосунку. Програмний прототип реалізовано мовою Python із використанням СУБД SQLite. Програмні коди наведено у додатках А-В.

Інтерфейс системи розроблено за принципами адаптивного дизайну з використанням CSS-фреймворку Bootstrap. Він складається з трьох основних функціональних модулів: «Управління даними», «База постачальників» та «Аналітичний рейтинг» (рисунки 3.9 – 3.12).

Панель «Управління даними» (рисунок 3.9) реалізована за допомогою вкладок «Постачальники», «Матеріали», «Зв'язки», «Оцінка». Вона дозволяє адміністратору або менеджеру із закупівель вводити нові дані про постачальників, номенклатуру матеріалів, встановлювати логічні зв'язки між ними, виставляти бальні оцінки постачальників за встановленими критеріями, редагувати вміст



The screenshot displays a web application interface for 'СППР із вибору постачальників' (SPSS for supplier selection). The top navigation bar includes links for 'Управління даними' (Data Management), 'База постачальників' (Supplier Database), and 'Аналітичний рейтинг' (Analytical Rating). The main content area is titled 'Управління даними' (Data Management) and features four tabs: 'Постачальники' (Suppliers), 'Матеріали' (Materials), 'Зв'язки' (Relationships), and 'Оцінка' (Rating). The 'Постачальники' tab is active, showing a form for adding a new supplier. The form includes input fields for 'Назва компанії: \*' (Company Name), 'Адреса:' (Address), 'Контактна особа:' (Contact Person), 'Телефон:' (Phone), and 'Email:'. A blue button at the bottom is labeled 'Додати нового постачальника' (Add new supplier).

Рисунок 3.9 – Панель Управління даними – Постачальники. Використовується для додавання нових постачальників у БД системи

СППР із вибору постачальників
Управління даними
База постачальників
Аналітичний рейтинг

Управління даними

+ Постачальники
Матеріали
Зв'язки
Оцінка

Назва нового матеріалу:

Опис матеріалу:

Додати новий матеріал

Швидкий пошук у списку матеріалів:

|             |          |
|-------------|----------|
| Алюміній Л1 | Видалити |
| Алюміній Л2 | Видалити |
| Бетон Б1    | Видалити |

Рисунок 3.10 – Панель Управління даними – Матеріали. Використовується для редагування списку матеріалів у БД системи (додавання/видалення)

СППР із вибору постачальників
Управління даними
База постачальників
Аналітичний рейтинг

Управління даними

+ Постачальники
Матеріали
Зв'язки
Оцінка

Постачальник:
Матеріал:
Зберегти зв'язок

Фільтр зв'язків...

|                          |   |
|--------------------------|---|
| Альфа Груп → Пластик П1  | × |
| Альфа Груп → Гума Г2     | × |
| Альфа Груп → Алюміній Л2 | × |
| Альфа Груп → Гума Г1     | × |
| Альфа Груп → Тканина Т2  | × |

Рисунок 3.11 – Панель Управління даними – Зв'язки. Призначена для редагування зв'язків Постачальник-Матеріал (створення/видалення)

СППР із вибору постачальників    Управління даними    База постачальників    Аналітичний рейтинг

### Управління даними

+ Постачальники    Матеріали    Зв'язки    ★ Оцінка

Постачальник: Альфа Груп    Критерій оцінювання: Ціна    Оцінка (0-10):

Зберегти / Оновити оцінку

Рисунок 3.12 – Панель Управління даними – Оцінка. Призначена для редагування оцінок Постачальників (додавання/оновлення) за встановленими критеріями

«База постачальників» – це реєстр з можливістю багатопараметричної фільтрації (за назвою, адресою, контактами). Також дозволяє видаляти постачальників з БД системи (рисунок 3.13);

СППР із вибору постачальників    Управління даними    База постачальників    Аналітичний рейтинг

### База постачальників

| Компанія       | Адреса    | Контакт | Телефон | Дія      |
|----------------|-----------|---------|---------|----------|
| Пошук...       | Місто...  |         |         |          |
| Альфа Груп     | Київ      | Олексій | 050-111 | Видалити |
| Бета Про       | Львів     | Марія   | 067-222 | Видалити |
| Гамма Логістик | Одеса     | Ігор    | 063-333 | Видалити |
| Дельта Снаб    | Дніпро    | Анна    | 095-444 | Видалити |
| Епсилон Трейд  | Харків    | Олег    | 099-555 | Видалити |
| Ета Ресурс     | Вінниця   | Олена   | 073-777 | Видалити |
| Зета Індастрі  | Запоріжжя | Віктор  | 068-666 | Видалити |

Рисунок 3.13 – Панель «База постачальників». Призначена для пошуку реквізитів Постачальників, а також для видалення Постачальників з БД системи

Модуль «Аналітичний рейтинг» – центральна частина СППР, де відображаються результати. Рядки з постачальниками, що посіли перше місце за певним матеріалом, візуально виділяються, що спрощує прийняття рішення (рисунок 3.14).

| СППР із вибору постачальників                             |             |                |     |         |
|-----------------------------------------------------------|-------------|----------------|-----|---------|
| Управління даними База постачальників Аналітичний рейтинг |             |                |     |         |
| Аналітичний рейтинг                                       |             |                |     |         |
| Місце                                                     | Матеріал    | Постачальник   | Бал | Контакт |
| #                                                         | Пошук...    | Компанія...    | ... |         |
| 1                                                         | Алюміній Л1 | Альфа Груп     | 8.8 | Олексій |
| 2                                                         | Алюміній Л1 | Зета Індастрі  | 8.6 | Віктор  |
| 3                                                         | Алюміній Л1 | Ета Ресурс     | 8.2 | Олена   |
| 1                                                         | Алюміній Л2 | Альфа Груп     | 8.8 | Олексій |
| 2                                                         | Алюміній Л2 | Бета Про       | 8.6 | Марія   |
| 3                                                         | Алюміній Л2 | Ета Ресурс     | 8.2 | Олена   |
| 1                                                         | Бетон Б1    | Альфа Груп     | 8.8 | Олексій |
| 1                                                         | Бетон Б1    | Епсилон Трейд  | 8.8 | Олег    |
| 3                                                         | Бетон Б1    | Дельта Снаб    | 8.4 | Анна    |
| 4                                                         | Бетон Б1    | Гамма Логістик | 8.2 | Ігор    |

Рисунок 3.14 – Панель «Аналітичний рейтинг». Відображає результати ранжування Постачальників за групами матеріалів, що забезпечує підтримку прийняття рішень щодо вибору постачальників

Покрокова інструкція для користувачів системи представлена у додатку Г.

### 3.5 Оцінка економічної ефективності впровадження розробленої системи

Економічний ефект від упровадження системи досягається за рахунок [65]:

- скорочення часу на аналіз та оцінювання постачальників;
- зменшення витрат на ручну обробку інформації;
- підвищення об'єктивності прийняття рішень;

- зниження ризику помилкового вибору постачальника;
- оптимізації закупівельних процесів;
- скорочення витрат, пов'язаних із ненадійними поставками.

Для проведення економічної оцінки використано модельні дані підприємства виробничого типу.

У межах існуючого процесу вибору постачальників працівники відділу закупівель витрачають у середньому 4 години на день на аналіз альтернатив, обробку інформації та формування звітності. Після впровадження СППР цей показник зменшується до 1,5 години на день. Середня погодинна оплата праці фахівця із закупівель становить 220 грн/год [66].

Річна економія робочого часу визначається за формулою [67]:

$$T_e = (T_1 - T_2) \cdot D, \quad (3.1)$$

де:  $T_1$  – витрати часу до впровадження системи, год/день;

$T_2$  – витрати часу після впровадження системи, год/день;

$D$  – кількість робочих днів у році.

Підставимо значення у формулу (3.1):  $T_e = (4 - 1.5) \cdot 250 = 625$  год. Отже, річна економія робочого часу становить 625 годин.

Річний економічний ефект від скорочення трудових витрат визначається за формулою [68]:

$$E_1 = T_e \cdot C_h, \quad (3.2)$$

де:  $T_e$  – річна економія часу, год;

$C_h$  – середня погодинна оплата праці, грн/год.

Підставимо значення у формулу (3.2):  $E_1 = 625 \cdot 220 = 137500$  грн.

Таким чином, очікуваний економічний ефект від скорочення трудових витрат становить 137500 грн на рік.

Додатковий економічний ефект досягається за рахунок зменшення втрат, пов'язаних із помилковим вибором постачальників та затримками поставок. За оцінками підприємства, середньорічні втрати від неефективних закупівель до впровадження системи становили близько 80000 грн, використання СППР дозволяє знизити ці витрати на 35%.

Розрахунок додаткового економічного ефекту здійснюється за формулою:

$$E_2 = V \cdot k, \quad (3.3)$$

де:  $V$  – річні втрати від неефективних закупівель, грн;

$k$  – коефіцієнт скорочення витрат.

Підставимо значення у формулу (3.3):  $E_2 = 80000 \cdot 0,35 = 28000$  грн. Отже, додатковий економічний ефект від зниження втрат становить 28000 грн на рік.

Загальний річний економічний ефект визначається як сума отриманих вище результатів:

$$E = E_1 + E_2. \quad (3.4)$$

За формулою (3.4) знайдемо:  $E = 137500 + 28000 = 165500$  грн. Таким чином, загальний річний економічний ефект від упровадження СППР становить 165500 грн.

Для реалізації системи необхідні витрати на розроблення, тестування, налаштування та навчання персоналу [69]. Загальні витрати наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати на розроблення та впровадження СППР

| Стаття витрат                        | Вартість, грн |
|--------------------------------------|---------------|
| Розроблення програмного забезпечення | 60000         |
| Проектування бази даних              | 12000         |
| Тестування системи                   | 10000         |
| Налаштування серверного середовища   | 8000          |
| Навчання персоналу                   | 5000          |
| Інші витрати                         | 5000          |
| Загальні витрати                     | 100000        |

Термін окупності системи визначається за формулою [70]:

$$T_{ok} = \frac{K}{E}, \quad (3.5)$$

де:  $K$  – витрати на впровадження системи;

$E$  – річний економічний ефект.

Підставимо значення у формулу (3.5):  $T_{ok} = \frac{100000}{165500} \approx 0,60$ . Отже, термін окупності СППР становить приблизно 0,60 року, або близько 7 місяців.

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою [71]:

$$K_{ef} = \frac{E}{K}. \quad (3.6)$$

Підставимо значення у формулу (3.6):  $K_{ef} = \frac{165500}{100000} = 1,655$ . Оскільки отримане значення  $K_{ef} > 1$ , впровадження СППР є економічно доцільним [72].

Для більш повної оцінки ефективності проєкту визначимо показник рентабельності інвестицій ROI, який характеризує співвідношення отриманого економічного ефекту до витрат на впровадження системи і розраховується за формулою [73]:

$$ROI = \frac{E - K}{K} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

де:  $E$  – річний економічний ефект, грн;

$K$  – загальні витрати на впровадження системи, грн.

Підставимо значення у формулу (3.7), отримаємо:

$$ROI = \frac{165500 - 100000}{100000} \cdot 100\% = 0,655 \cdot 100\% = 65,5\%.$$

Рентабельність інвестицій у впровадження СППР становить 65,5%, що свідчить про високий рівень ефективності розробленої системи.

Узагальнення результатів економічної оцінки наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Показники економічної ефективності впровадження СППР

| Показник                            | Значення   |
|-------------------------------------|------------|
| Річна економія часу                 | 625 год    |
| Економія трудових витрат            | 137500 грн |
| Ефект від зниження витрат           | 28000 грн  |
| Загальний річний економічний ефект  | 165500 грн |
| Загальні витрати на впровадження    | 100000 грн |
| Термін окупності                    | 0,60 року  |
| Коефіцієнт економічної ефективності | 1,655      |
| ROI                                 | 65,5%      |

Отримані результати свідчать про економічну доцільність упровадження розробленої СППР із вибору постачальників матеріалів і комплектуючих. Розраховані показники терміну окупності, коефіцієнта економічної ефективності та ROI підтверджують ефективність використання розробленої системи у діяльності виробничого підприємства.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розв'язано актуальну практичну задачу з проєктування та програмної реалізації спеціалізованої СППР для оптимізації процесів матеріально-технічного забезпечення підприємств виробничого типу.

Основні результати роботи:

1. Проведено аналіз предметної області, що дозволив обґрунтувати необхідність автоматизації процедур відбору контрагентів. Сформовано класифікацію критеріїв оцінювання постачальників, серед яких основними визначено вартість матеріалів, рівень якості продукції, надійність логістичних ланцюгів доставки. Розглянуто існуючі альтернативи СППР та визначено їхні архітектурні й економічні обмеження;

2. Обґрунтовано вибір математичного апарату для аналітичного ядра системи. Теоретичний аналіз методів багатокритеріального аналізу довів доцільність комбінованого підходу: використання методу аналізу ієрархій (MAI) для визначення вагових коефіцієнтів локальних критеріїв експертним шляхом та застосування лінійної адитивної моделі (методу зваженої суми) для безпосереднього розрахунку інтегрального рейтингу альтернатив;

3. Розроблено архітектуру ІС з використанням сучасних методологій об'єктно-орієнтованого аналізу. За допомогою UML побудовано комплекс проєктних діаграм, що описують функціональні вимоги до системи та логіку взаємодії користувача (ОПР) із програмним комплексом;

4. Спроектовано локальну реляційну базу даних. На основі побудованої діаграми «сутність-зв'язок» (ERD) визначено оптимальну структуру збереження даних, яка включає сутності постачальників, критеріїв оцінювання, вагових коефіцієнтів та матриць експертних оцінок. Логічну схему БД нормалізовано до третьої нормальної форми (3NF), що гарантує цілісність інформації та мінімізує її надмірність;

5. Здійснено програмну реалізацію діючого зразка (MVP) СППР. Розробку виконано мовою програмування Python із використанням СКБД SQLite та мікрофреймворку Flask. Для побудови адаптивного інтерфейсу користувача

(UI/UX) застосовано шаблонізацію на основі технологій HTML5 та CSS3 (Bootstrap 5). Створений програмний комплекс демонструє стабільність функціонування, коректність обчислення лінійних моделей ранжування та гнучкість при роботі з тестовими наборами даних;

6. Розраховано показники економічної ефективності впровадження розробленого рішення. Результати підтверджують, що централізація бази даних постачальників і автоматизація обчислень дозволяють суттєво (більш ніж у 2,5 раза) скоротити часові витрати на аналіз комерційних пропозицій та мінімізувати ризики впливу суб'єктивного фактору під час ухвалення управлінських рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у:

- удосконаленні процесу автоматизації багатокритеріального аналізу контрагентів шляхом інтеграції експертних оцінок, отриманих на основі MAI, у гнучку структуру реляційної БД локального розгортання, що дозволило забезпечити високу швидкість перерахунку лінійних моделей зваженої суми при динамічній зміні пріоритетів критеріїв;

- адаптації класичних математичних методів теорії прийняття рішень під специфіку логістичної діяльності підприємств виробничого типу в межах єдиного архітектурного рішення на базі мікрофреймворку Flask, що знижує обчислювальну складність рутинних операцій ОПР.

Перспективи подальших досліджень:

- інтеграція модулів інтелектуального аналізу – розширення аналітичного ядра системи алгоритмами машинного навчання, наприклад, для прогнозування ризиків зриву постачань та динаміки коливання цін;

- перехід до хмарної архітектури – міграція бази даних із SQLite на потужніші промислові СКБД (наприклад, PostgreSQL) та розгортання СППР як хмарного SaaS-сервісу із багатокористувацьким режимом доступу та розмежуванням прав (менеджер, експерт, керівник);

- модульна інтеграція з ERP – розробка спеціалізованих API-інтерфейсів для безшовної інтеграції СППР із діючими на підприємствах системами ERP та SCM з метою автоматичного імпорту первинних даних про діяльність постачальників у реальному часі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бідюк П. І., Тимощук О. Л., Коваленко А. Є., Коршевнік Л. О. Системи і методи підтримки прийняття рішень : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 612 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/6958f683-fbac-4506-9c85-5115c8f8b4c6/content> (дата звернення: 11.08.2025).
2. Нестеренко О.В., Савенков О.І., Фаловський О.О. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. посібник. Київ: Національна академія управління, 2016. 188 с. URL: <https://nam.kyiv.ua/files/publications/978-966-8406-94-2-pos.pdf> (дата звернення: 11.08.2025).
3. Fernando J. G., Baldelovar M. Decision Support System: Overview, Different Types and Elements. *Technoarete Transactions on Intelligent Data Mining and Knowledge Discovery (TTIDMKD)*. 2022 May; 2(2). *Open Access Journal*, 2022. С. 13-18. DOI: <https://doi.org/10.36647/TTIDMKD/02.02.A003>
4. What is a Decision Support System (DSS)? *Mezesoft*: вебсайт. URL: <https://mezesoft.com/en/what-is-decision-support-system-dss-in-which-sectors-is-it-used/> (дата звернення: 11.08.2025).
5. Вдосконалення взаємовідносин із постачальниками. *Bpi-group*: вебсайт. URL: <https://bpi-group.com.ua/blog/vdoskonalennya-vza%D1%94movidnosin-iz-postachalnikami/> (дата звернення: 11.08.2025).
6. Tepluk M.A., Liezina A.V., Zavyalova M.V., Lysenko N.S., Yavorska A.F. Ціннісні аспекти в процесі управління підприємством (Valuable aspects in the enterprise management process). *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2021. 1(32). Р. 206–212. DOI: <https://doi.org/10.18371/fcaptp.v1i32.200371>.
7. Критерії оцінки постачальників: навіщо, як і коли це треба робити. *Zakupivli*: вебсайт. URL: <https://blog.zakupivli.pro/kryteriyi-oczinky-postachalnykiv-navishho-yak-i-koly-cze-treba-robyty/> (дата звернення: 11.08.2025).
8. Supplier Evaluation and Selection Criteria Guid. *Ism*: вебсайт. URL: <https://www.ism.ws/logistics/supplier-evaluation/> (дата звернення: 11.12.2025).

9. ISO 9001 Supplier Evaluation: Criteria, Forms & Scorecards. *Isocertificationgroup*: вебсайт. URL: <https://isocertificationgroup.com.au/blog/iso-9001-supplier-evaluation-criteria-forms-scorecards/> (дата звернення: 29.01.2025).

10. Supplier Evaluation Criteria: A Weighted Scoring Framework. *Wicely*: вебсайт. URL: <https://wicely.com/resources/supplier-evaluation-criteria-weighted-scoring> (дата звернення: 17.11.2025).

11. Supplier Evaluation: Key Criteria and How To Perform One. *Indeed*: вебсайт. URL: <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/supplier-evaluation> (дата звернення: 11.12.2025).

12. The Best Criteria for Supplier Evaluation and Selection 2026. *Excellement*: вебсайт. URL: <https://excellement.com/the-best-criteria-for-supplier-evaluation/> (дата звернення: 25.02.2026).

13. 5 Key Factors to Consider when Evaluating Supplier Performance. *Netstock*: вебсайт. URL: <https://www.netstock.com/blog/5-key-factors-to-consider-when-evaluating-supplier-performance/> (дата звернення: 11.12.2025).

14. Supplier evaluation. *Cips*: вебсайт. URL: <https://www.cips.org/intelligence-hub/managing-suppliers/supplier-evaluation> (дата звернення: 11.12.2025).

15. Explanation of the evaluation criteria for supplier rating. *Burger-group*: вебсайт. URL: [https://www.burger-group.com/fileadmin/user\\_upload/59\\_Downloads/BURGER\\_GROUP/Explanation\\_of\\_the\\_evaluation\\_criteria.pdf](https://www.burger-group.com/fileadmin/user_upload/59_Downloads/BURGER_GROUP/Explanation_of_the_evaluation_criteria.pdf) (дата звернення: 14.07.2025).

16. Del Grande C., Kaczorowski J. Rating versus ranking in a Delphi survey: a randomized controlled trial. *Trials*. 2023. Vol. 24 (543). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-023-07442-6>.

17. Kryshchanovych M., Kryshchanovych S., Pachomova T., Bosak A., Hrodz N., Slobodzianyk R. Mathematical modeling of the hierarchical ordering of the most significant cybersecurity threats in the public administration system: pairwise and comparative analysis. *Mathematical Modeling and Computing*. 2025. Vol. 12, No. 3. P. 1023–1031. DOI: <https://doi.org/10.23939/mmc2025.03.1023>.

18. Hasson F., Keeney S., McKenna H. Revisiting the Delphi technique - Research thinking and practice: A discussion paper. *International Journal of Nursing Studies*. 2025. Vol. 168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2025.105119>.

19. What is the Analytic Hierarchy Process (AHP)? *1000minds*: вебсайт. URL: <https://www.1000minds.com/decision-making/analytic-hierarchy-process-ahp> (дата звернення: 14.01.2026).

20. Saaty T. L. How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process (ahp) part 1. Examples and applications. *Системні дослідження та інформаційні технології : міжнародний науково-технічний журнал*. 2002. №1. С. 95-108. URL: <https://journal.iasa.kpi.ua/article/view/176738> (дата звернення: 14.01.2026).

21. Верес О. М. Види архітектури систем підтримки прийняття рішень. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика»*, 2010. № 685. С. 190–197. URL: <https://science.lpnu.ua/uk/cds-archive/vsi-vypusky/nomer-685-2010/vydy-arhitektury-system-pidtrymky-pryynyattya-rishen> (дата звернення: 16.01.2026).

22. Яловець А.Л. Архітектура та функціональні можливості системи підтримки прийняття рішень СПОР. *Проблеми програмування. Експертні та інтелектуальні інформаційні системи*. 2023. №2. DOI: <http://doi.org/10.15407/pp2023.02.003>.

23. Schubert G., Bratov I., Petzold F. Decision Support Systems in Architectur – A Future Perspective. *Buildings*. 2023. 13(8):1952. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13081952>.

24. Доценко С. І. Організація та системи керування базами даних: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2023. 117 с. URL: [http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/13596/1/Навчальний посібник.pdf](http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/13596/1/Навчальний%20посібник.pdf) (дата звернення: 22.01.2026).

25. Ткачук І. Типи баз даних: особливості, відмінності та приклади. *Dou*: вебсайт. URL: <https://dou.ua/lenta/articles/types-of-databases/> (дата звернення: 22.01.2026).

26. Web technology for developers. *Mozilla*: вебсайт. URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web> (дата звернення: 29.01.2026).

27. Web Development Technologies. *Geeksforgeeks*: вебсайт. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/web-tech/web-technology/> (дата звернення: 16.05.2026).

28. Top Web Technologies for Web Development in 2025: A Complete Guide. *Devtrios*: вебсайт. URL: <https://devtrios.com/blog/top-web-technologies-for-web-development/> (дата звернення: 13.12.2026).

29. Каличева Н. Є., Маслова В. О., Єрошкін Д. Г. Управлінські аспекти організації виробництва в умовах трансформації бізнес-середовища. *Вісник економіки транспорту і промисловості. Економіка підприємства*. 2021. № 75. С. 81-86. DOI: <https://doi.org/10.18664/btie.75.281251>.

30. Wolniak R. Main functions of operation management. *Production engineering archives*, 2020. 26(1). Р. 11-14. URL: <https://reference-global.com/download/article/10.30657/pea.2020.26.03.pdf> (дата звернення: 13.12.2026).

31. Functions of Production Management: An Essential Guide. *Theknowledgeacademy*: вебсайт. URL: <https://www.theknowledgeacademy.com/blog/functions-of-production-management/> (дата звернення: 05.03.2026).

32. Алгоритми проведення закупівель та їх особливості. Радник у сфері публічних закупівель. *Radnuk*: вебсайт. URL: <https://radnuk.com.ua/books/alhorytmy-provedennia-zakupivel-ta-ikh-osoblyvosti/> (дата звернення: 13.04.2026).

33. Планування закупівель. *E-tender*: вебсайт. URL: <https://e-tender.ua/news/planuvannya-zakupivel-1448> (дата звернення: 13.02.2026).

34. Саух О. Основні етапи процесу закупівель у НПО. *Ednannia*: вебсайт. URL: <https://home.ednannia.ua/online-studio/articles/osnovni-etapy-protsesu-zakupivel-u-pro> (дата звернення: 13.02.2026).

35. Попко О., Сліпецький О., Кузьо Н., Білик І., Гринів Н., Демко М. Вибір постачальників в умовах невизначеності як складова маркетингу закупівель. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2024. 4(57). С. 433–444. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptp.4.57.2024.4485>.

36. Duica M. C., Florea N. V., Duica A. Selecting the Right Suppliers in Procurement Process along Supply Chain-a Mathematical Modeling Approach. *Valahian Journal of Economic Studies*, 2018. 9(1). С. 47-58. DOI: <https://doi.org/10.2478/vjes-2018-0005>.

37. Yao T., Hou H., Yang J., Yang X., Liu X., Li D., Ren H., Wang Y., Li X. Supplier selection based on information visualization tools – Taking Z agricultural machinery company as an example. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 2020. 782(3):032031. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/782/3/032031>

38. Прийняття рішень методом зважених оцінок. *Qatestlab*: вебсайт. URL: <https://training.qatestlab.com/blog/technical-articles/weighted-scoring-by-the-method-of-weighted-estimates/> (дата звернення: 13.02.2026).

39. Метод зважених оцінок: що це, як ухвалюються рішення? *Lemon*: вебсайт. URL: <https://lemon.school/blog/metod-zvazhenyh-otsinok-shho-tse-yak-uhvalyuyutsya-rishennya> (дата звернення: 13.02.2026).

40. Weighted Sum Method – Multi Criteria Decision Making. *Geeksforgeeks*: вебсайт. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/dsa/weighted-sum-method-multi-criteria-decision-making/> (дата звернення: 13.02.2026).

41. Weighted sum model: Simple explanation and example. Munich Business School. *Munich-business-school*: вебсайт. URL: <https://www.munich-business-school.de/en/l/business-studies-dictionary/weighted-sum-model> (дата звернення: 13.02.2026).

42. Weighted Scoring Model: Guide, Example & Template. *Dectrack*: вебсайт. URL: <https://dectrack.com/en/blog/weighted-scoring-model> (дата звернення: 13.03.2026).

43. Weighted Sum. *Sciencedirect*: вебсайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/mathematics/weighted-sum> (дата звернення: 13.02.2026).

44. Туманевич О.Л. Методи багатокритеріального оцінювання в системах підтримки прийняття рішень при виборі постачальників. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції пам'яті професора Володимира Юрженка «Інтернаціоналізація технологічної, математичної та професійної освіти: досвід та перспективи», 14-15 квітня 2026 року*. Переяслав: Ун-т Григорія Сковороди в Переяславі, 2026.

45. Пономаренко І.О., Ковальов Б.Л. Аналіз методичних підходів до оцінювання інновацій: міжнародний досвід. *Наукові праці Міжрегіональної*

*Академії управління персоналом. Економічні науки.* 2025. № 3(79). DOI: <https://doi.org/10.32689/2523-4536/79-10>.

46. Холодков Є. М. *Методичний підхід до оцінювання корпоративної культури в парадигмі ESG управління. Економіка транспортного комплексу.* Вип. 47, 2026. С. 443-475. DOI: <https://doi.org/10.30977/ЕТК.2225-2304.2026.47.443>.

47. Google Colab. *Google:* вебсайт. URL: <https://colab.research.google.com/> (дата звернення: 30.05.2026).

48. Python 3.14.5 documentation. *Python:* вебсайт. URL: <https://www.python.org/> (дата звернення: 30.05.2026).

49. Flask's documentation. *Palletsprojects:* вебсайт. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/> (дата звернення: 30.05.2026).

50. SQL database engine. *Sqlite:* вебсайт. URL: <https://sqlite.org/> (дата звернення: 30.05.2026).

51. HTML5. *W3schoolsua:* вебсайт. URL: [https://w3schoolsua.github.io/html/html5\\_intro.html](https://w3schoolsua.github.io/html/html5_intro.html) (дата звернення: 30.05.2026).

52. CSS Підручник. *W3schoolsua:* вебсайт. URL: <https://w3schoolsua.github.io/css/index.html> (дата звернення: 30.05.2026).

53. Get started with Bootstrap. *Getbootstrap:* вебсайт. URL: <https://getbootstrap.com/docs/5.3/getting-started/introduction/> (дата звернення: 30.05.2026).

54. JavaScript Tutorial. *W3schools:* вебсайт. URL: <https://www.w3schools.com/JS/Default.Asp> (дата звернення: 30.05.2026).

55. Using ngrok with Flask. *Ngrok:* вебсайт. URL: <https://ngrok.com/docs/using-ngrok-with/flask> (дата звернення: 30.05.2026).

56. Localtunnel. *Theboroer:* вебсайт. URL: <https://theboroer.github.io/localtunnel-www/> (дата звернення: 30.05.2026).

57. Туманевич О. Адресація в Інтернет: URL, URI, доменні імена, IP-адреси, протоколи дозволу доменних імен. *Матеріали науково-практичної конференції за підсумками проходження виробничих практик здобувачів вищої освіти спеціальності 126 Інформаційні системи та технології, кафедра інформаційних*

*систем та технологій Полтавського державного аграрного університету, 22 жовтня 2025 р. Вип. XI. Полтава: ПДАУ. С. 39-41.*

58. Флегантов Л.О., Туманевич О.Л. Моделювання бізнес-процесів вибору постачальників комплектуючих за допомогою UML-діаграм. *Менеджмент XXI століття : глобалізаційні виклики : матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції*, 23 квітня 2026 р. Полтава: ПДАУ, 2026. С. 519-521.

59. Туманевич О. Розробка програмного прототипу СППР для автоматизації логістичного вибору на базі Flask. *Матеріали XXI щорічної студентської наукової конференції «Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики в економіці, менеджменті та бізнесі»*. Полтава: ПДАУ, 22 квітня 2026 р. Полтава: ПДАУ, 2026. С. 57-58.

60. Jinja2 3.1.6. *Pypi*: вебсайт. URL: <https://pypi.org/project/Jinja2/> (дата звернення: 30.05.2026).

61. Google Colab Output Handling. *Google*: вебсайт. URL: [https://colab.research.google.com/notebooks/snippets/advanced\\_outputs.ipynb](https://colab.research.google.com/notebooks/snippets/advanced_outputs.ipynb) (дата звернення: 30.05.2026).

62. Mudadla S. Jsonify method in Flask. *Medium*: вебсайт. URL: <https://medium.com/@sujathamudadla1213/jsonify-method-in-flask-ecfa5e483c29> (дата звернення: 30.01.2026).

63. Рассоха І.В., Рендюк С.П., Рассоха О.В. Практичні аспекти застосування віконних функцій при роботі з базами даних. *XIX Міжнародна конференція «Стратегія якості в промисловості і освіті» 2-5 червня 2025 р.*, Технічний університет м. Варна (Болгарія). 2025. С. 341-245. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/files/original/17/16906/2e6f5c20bd1a137c06eb002f7abbc97f4531a2e3.pdf> (дата звернення: 30.01.2026).

64. Туманевич О.Л. Тестова реалізація СППР із вибору постачальників і комплектуючих у середовищі Google Colab. *Colab.research.google*: вебсайт. URL: [https://colab.research.google.com/drive/1Rg1M2cSXCF8caMav9Qc\\_vQtpDixy4lgO?usp=sharing](https://colab.research.google.com/drive/1Rg1M2cSXCF8caMav9Qc_vQtpDixy4lgO?usp=sharing) (дата звернення: 30.05.2026).

65. Методичні рекомендації щодо виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти Інформаційні управляючі системи спеціальності 126 Інформаційні системи та технології галузі знань 12 Інформаційні технології

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (2022 рік набору) / О. П. Копішинська, Ю. В. Уткін, О. Д. Дивнич. Полтава: ПДАУ, 2021. 64 с.

66. Статистика зарплат в Україні. *Work.ua*: вебсайт. URL: <https://www.work.ua/salary-фахівець+з+закупівель> (дата звернення: 30.04.2026).

67. Нормування праці. *Buklib*: вебсайт. URL: <https://buklib.net/books/24940/> (дата звернення: 12.05.2026).

68. Гуцан О.М. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Мотивування персоналу» для студентів спеціальності 051 «Економіка». Харків : НТУ «ХПІ», 2025. 64 с.

69. Зарплати в ІТ. *Dou*: вебсайт. URL: <https://jobs.dou.ua/salaries/> (дата звернення: 12.05.2026).

70. Методика відбору конкурентоспроможних проектів з розвитку експортного потенціалу України. Затверджено Наказом Міністерства економіки та з питань європейської інтеграції України 15 січня 2002 р. №13. *Rada*: вебсайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0013569-02> (дата звернення: 12.05.2026).

71. Як розрахувати економічну ефективність проектів та підвищити ефективність використання бюджетних коштів. *Flexi-project*: вебсайт. URL: <https://flexi-project.com/uk/як-розрахувати-економічну-ефективні/> (дата звернення: 12.05.2026).

72. Оцінка ефективності виробничих інвестицій. *Vntu*: вебсайт. URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/18nikiforova\\_ekonomika\\_organizaciya\\_vyrobniictva/p8.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/18nikiforova_ekonomika_organizaciya_vyrobniictva/p8.html) (дата звернення: 12.05.2026).

73. Що таке ROI, та де порахувати рентабельність інвестицій. *Netpeak*: вебсайт. URL: <https://netpeak.net/uk/blog/shcho-take-roi-ta-de-porakhuvati-rentabelnist-investitsiy/> (дата звернення: 12.05.2026).