

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Здобувача вищої освіти _____ Ткаченка Андрія Валерійовича
академічної групи _____ 124-21-1
спеціальності _____ 124 Системний аналіз
за освітньо-професійною програмою _____ Системний аналіз
на тему: «Системний аналіз та оптимізація роботи підприємства Експерт+
працюючого на ринку нерухомості»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>доц.МалієнкоА.В.</i>			
розділів:	2			
Інформаційно- аналітичний	<i>доц.МалієнкоА.В.</i>			
Спеціальний розділ	<i>доц.МалієнкоА.В.</i>			
Рецензент	<i>д.т.н.,проф Алексєєв М.А.</i>			
Нормоконтролер	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.</i>			

Дніпро
2025

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри Системного аналізу та управління
(повна назва)

_____ к.т.н., доц. Желдак Т.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра
здобувачу вищої освіти Ткаченку А.В. академічної групи 124- 21-1
спеціальності: 124 Системний аналіз
за освітньо-професійною програмою Системний аналіз
на тему «Системний аналіз та оптимізація роботи підприємства Експерт+
працюючого на ринку нерухомості»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
05.05.2025 р. №336-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
1. Інформаційно аналітичний розділ	Провести аналіз предметної області. На основі аналізу сформувані дані про стан ринку нерухомості регіону , визначити методологію для оптимізації пошуку нерухомості.	10.05.2025р.
2. Спеціальний розділ	Провести розробку сучасної системи та запропонувати модель оптимізації. Запропонувати та побудова алгоритм реалізації методу оптимізації та сформувані практичну реалізації на основі сучасних методів програмування.	20.06.2025р.

Завдання видане _____ доц. Малієнко А.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 06.03.2025 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: _____

Прийнято до виконання _____ Ткаченко А.В.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 41 с., 3 рис., 1 табл., 3 додатків, 26 джерел.

Об'єктом дослідження в роботі є процес створення програми, котра оптимізує та автоматизує прийняття рішень щодо вибору об'єктів нерухомості.

Предметом дослідження є метод аналізу ієрархій, а також алгоритм роботи коду мовою програмування Python.

Метою роботи є розробка та впровадження моделі підтримки прийняття рішень задля вибору об'єктів нерухомості на основі MAI

Методи дослідження: метод аналізу ієрархій (MAI) для багатокритеріального вибору; методи системного аналізу — для формалізації задачі вибору нерухомості та структурування критеріїв; методи математичного моделювання — для побудови вагових коефіцієнтів та перевірки узгодженості; об'єктно-орієнтоване програмування мовою Python — для реалізації автоматизованого рішення.

У інформаційно-аналітичному розділі проаналізовано проблеми у процесі вибору нерухомості, визначено актуальні критерії вибору, сформульовано задачі дослідження та обрано методологію розв'язання.

У спеціальному розділі розроблено структуру ієрархії критеріїв вибору квартири, побудовано матриці парних порівнянь, здійснено перевірку узгодженості експертних оцінок, реалізовано програмний інструмент, що дозволяє проводити аналіз варіантів об'єктів нерухомості на основі введених даних.

Практична цінність роботи полягає в підвищенні обґрунтованості рішень щодо інвестування у нерухомість та можливості використання запропонованого програмного засобу для оперативного аналізу пропозицій на ринку.

Ключові слова: метод аналізу ієрархій (MAI), система підтримки прийняття рішень, нерухомість, експертні оцінки, узгодженість, Python, вагові коефіцієнти, оптимізація вибору.

ABSTRACT

Explanatory note: 41 p., 3 pic., 1 table, 3 appendices, 26 sources.

The object of research in the qualification work is the process of decision-making regarding the selection of real estate objects in market conditions.

The subject of research is the system of evaluation and selection of real estate based on the hierarchy analysis method, as well as the software implementation of this approach for the Expert+ company.

The aim of the work is to develop and implement a model for supporting decision-making on the selection of real estate objects based on MAI, taking into account the key criteria that influence the choice, as well as to create a tool for automating the assessment.

Research methods: hierarchical analysis method (HAM) for multi-criteria selection; system analysis methods — for formalizing the task of selecting real estate and structuring criteria; mathematical modeling methods — for constructing weight coefficients and checking consistency; object-oriented programming in Python — for implementing an automated solution.

The information and analytical section characterizes the activities of the Expert+ company, analyzes problems in the process of selecting real estate, identifies relevant selection criteria, formulates research tasks, and selects a solution methodology.

In a special section, the structure of the hierarchy of criteria for selecting an apartment is developed, matrices of pairwise comparisons are constructed, the consistency of expert assessments is verified, and a software tool is implemented that allows analyzing real estate options based on the entered data.

The practical value of the work lies in increasing the validity of decisions on investing in real estate and the possibility of using the proposed software tool for operational analysis of offers on the market.

Keywords: hierarchy analysis method (HAM), decision support system, real estate, expert assessments, consistency, Python, weight coefficients, selection optimization.

Зміст

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	1
1.1. Поняття багатокритеріального прийняття рішень	1
1.2. Метод аналізу ієрархій (МАІ): основи та етапи	3
1.3. Огляд застосування МАІ у задачах нерухомості	6
1.4. Сучасні програмні засоби для реалізації МАІ	8
1.5. Огляд ринку житлової нерухомості м. Дніпро	10
1.6. Визначення критеріїв і підкритеріїв вибору житла	14
1.7. Формування набору альтернатив (квартир)	16
1.8. Побудова ієрархічної структури прийняття рішення	17
РОЗДІЛ 2. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ МАІ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ НЕРУХОМОСТІ	19
2.1. Опис вихідних даних та програмної реалізації	19
2.2. Розрахунок матриць парних порівнянь	19
2.3. Перевірка узгодженості експертних оцінок	21
2.4. Реалізація алгоритму МАІ в Python	21
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
ДОДАТОК А. Відомості матеріалів кваліфікаційної роботи	
ДОДАТОК Б. Рецензія на кваліфікаційну роботу бакалавра	
ДОДАТОК В. Відгук на кваліфікаційну роботу бакалавр	
ДОДАТОК Г. Код мовою Python	

ВСТУП

Нинішній ринок нерухомості в Україні знаходиться в процесі безперервного перетворення через велику кількість зовнішніх і внутрішніх економічних, соціальних, політичних та технологічних чинників. Попри наявну нестабільність спостерігається динамічний розвиток, регіональні відмінності у вартості об'єктів, різноманітність пропозицій, а також підвищені вимоги з боку потенційних покупців і інвесторів. Маючи таку картину прийняття обґрунтованих рішень відносно вибору нерухомості, справді, потребує не лише серйозного знання ринку, але й наявності ефективних аналітичних інструментів. Для фахівців, які щодня працюють із великою кількістю варіантів квартир та будинків, надзвичайно важливим є застосування методів, що дозволяють систематизувати інформацію, порівняти об'єкти за низкою параметрів та врешті-решт отримати результат, що максимально відповідає потребам конкретного клієнта. Традиційний підхід, який базується на інтуїтивній оцінці або порівнянні за двома-трьома критеріями (наприклад, ціна, площа, розташування), вже не забезпечує достатнього рівня об'єктивності та точності у складних умовах ринку.

Саме через це виникає потреба у використанні методів системного аналізу, які дозволяють розглядати задачу вибору нерухомості як багатокритеріальну. За таких обставин у нагоді стане метод аналізу ієрархій (МАІ), розроблений Томасом Сааті.

Цей спосіб є дієвим інструментом для формалізації процесу прийняття рішень, коли треба зіставити альтернативи за низкою різноманітних критеріїв. Він дозволяє не тільки структурувати складне завдання у вигляді ієрархії цілей, критеріїв та альтернатив, але й здійснити парні зіставлення між ними, що забезпечує формування вагових коефіцієнтів на основі експертних оцінок. Однією з головних переваг МАІ є можливість перевірки узгодженості суджень, що суттєво збільшує надійність кінцевих результатів. У межах даної праці метод аналізу ієрархій використовується для побудови моделі прийняття рішень стосовно вибору об'єкта нерухомості з урахуванням таких важливих факторів,

як вартість квадратного метра, тип будинку, розташування, стан ремонту, площа кухні, наявність комунікацій тощо.

На основі розробленої моделі реалізовано програмний інструмент, який дозволяє автоматизувати процес аналізу пропозицій та формування рекомендацій. Таким чином, запропонований підхід поєднує глибокий системний аналіз з математичним моделюванням і сучасними засобами програмування, що дозволяє не тільки оптимізувати процес підбору нерухомості для клієнтів, але й збільшити ефективність роботи компанії, яка працює на цьому ринку — зокрема, підприємства «Експерт+».

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ

1.1 Поняття багатокритеріального прийняття рішень

Прийняття рішень є невід'ємною частиною будь-якої цілеспрямованої діяльності, особливо в економіці та управлінні. В умовах ринкової економіки суб'єкти господарювання постійно стикаються з необхідністю вибору найкращого варіанту дій з множини можливих альтернатив. У найпростіших випадках вибір може ґрунтуватися на одному критерії, наприклад, мінімізації витрат або максимізації доходу. Однак більшість реальних задач управління, зокрема на ринку нерухомості, мають складний, багатоаспектний характер. Рішення, що приймаються, повинні одночасно задовольняти цілій сукупності вимог та критеріїв, які часто є не тільки кількісними, але й якісними, а також можуть суперечити один одному. Саме для розв'язання таких задач і був розроблений науковий напрям, відомий як теорія прийняття рішень за багатьма критеріями (англ. *Multi-Criteria Decision Making*, MCDM) [1, с. 15].

Багатокритеріальне прийняття рішень (БПР) – це процес вибору найкращої альтернативи з доступної множини варіантів на основі їх оцінювання за двома або більше критеріями. Основна мета БПР полягає не стільки у знаходженні єдиного "оптимального" рішення, скільки у виявленні компромісного, найбільш збалансованого варіанту, який найкращим чином відповідає системі пріоритетів особи, що приймає рішення (ОПР) [2, с. 44].

Ключовими елементами будь-якої багатокритеріальної задачі є:

- Мета: бажаний стан системи або результат, якого прагне досягти ОПР. В контексті ринку нерухомості це може бути вибір найпривабливішого інвестиційного проєкту, визначення оптимальної стратегії розвитку девелоперської компанії тощо.

- Альтернативи: множина можливих варіантів дій або об'єктів, з яких здійснюється вибір. Наприклад, це можуть бути конкретні земельні ділянки для забудови, різні типи житлових комплексів, інвестиційні фонди нерухомості.
- Критерії: показники, атрибути або властивості, за якими оцінюються та порівнюються альтернативи. Критерії відображають різні аспекти проблеми та інтереси ОПР. Вони можуть бути кількісними (ціна, площа, відстань до центру міста) та якісними (престижність району, архітектурний стиль, екологічна ситуація) [3, с. 91].
- Особа, що приймає рішення (ОПР): індивід або група осіб (експертів), відповідальних за здійснення вибору. Саме суб'єктивні уподобання та пріоритети ОПР відіграють центральну роль у процесі оцінювання.

Як зазначає Вітлінський В.В., характерною особливістю задач БПР є "конфліктність" критеріїв, що означає неможливість одночасного досягнення оптимальних значень за всіма критеріями. Покращення оцінки альтернативи за одним критерієм часто призводить до погіршення її оцінки за іншим. Наприклад, об'єкт нерухомості з найкращим місцезоташуванням (висока оцінка за критерієм "локація") зазвичай має найвищу ціну (низька оцінка за критерієм "вартість") [4, с. 112].

Всі методи БПР можна умовно поділити на дві великі групи [5, с. 7]:

1. Методи багатокритеріальної оптимізації (MODM - Multi-Objective Decision Making): застосовуються, коли множина альтернатив є неперервною та визначається системою обмежень (наприклад, задача математичного програмування з кількома цільовими функціями). Метою є знаходження так званої множини Парето-оптимальних рішень.
2. Методи багатокритеріального аналізу (MADM - Multi-Attribute Decision Making): застосовуються, коли множина альтернатив є дискретною, скінченною та відомою заздалегідь. Задачею є ранжування цих альтернатив або вибір найкращої з них.

Саме друга група методів (MADM) є найбільш релевантною для більшості задач, що виникають на ринку нерухомості, таких як вибір об'єкта для купівлі, оцінка інвестиційної привабливості проєктів, порівняльний аналіз девелоперських компаній.

До основних етапів розв'язання задачі БПР належать [1, с. 21-23; 6, с. 58]:

1. Структуризація проблеми: чітке формулювання мети, визначення множини альтернатив та релевантних критеріїв оцінювання.
2. Побудова моделі оцінювання: вибір конкретного методу БПР та визначення ваг (пріоритетів) для кожного критерію, що відображають їх відносну важливість для ОПР.
3. Оцінювання альтернатив: визначення оцінок кожної альтернативи за кожним критерієм.
4. Агрегування оцінок та отримання результату: застосування обраного математичного апарату для зведення часткових оцінок в єдину інтегральну оцінку для кожної альтернативи, на основі якої здійснюється їх ранжування або вибір найкращої.
5. Аналіз чутливості: дослідження стійкості отриманого результату до можливих змін у вхідних даних (вагах критеріїв, оцінках альтернатив).

Отже, багатокритеріальне прийняття рішень є потужною методологічною базою для системного аналізу складних проблем, що дозволяє формалізувати та структурувати процес прийняття рішень, враховувати як об'єктивні дані, так і суб'єктивні уподобання експертів, та знаходити обґрунтовані компромісні рішення в умовах суперечливих вимог. Одним із найвідоміших та найширше вживаних методів у цій галузі є метод аналізу ієрархій, який буде детально розглянуто в наступному підрозділі.

1.2 Метод аналізу ієрархій (MAI): основи та етапи

Метод аналізу ієрархій (MAI), або англійською *Analytic Hierarchy Process* (АНР), є одним із найбільш популярних та ефективних інструментів для розв'язання складних задач багатокритеріального вибору. Його було розроблено в 1970-х роках американським математиком Томасом Сааті і відтоді він знайшов широке застосування в різноманітних галузях, включаючи бізнес, державне управління, військову справу, медицину та, звичайно, управління нерухомістю [7, с. 5]. Популярність методу зумовлена його логічною прозорістю, можливістю поєднувати кількісні та якісні фактори, а також наявністю математично обґрунтованого апарату для перевірки узгодженості суджень експертів.

Основна ідея методу полягає у декомпозиції складної проблеми прийняття рішення на простіші складові частини та їх представленні у вигляді ієрархічної структури. Ця структура зазвичай має щонайменше три рівні [8, с. 145]:

1. Верхній рівень: головна мета (фокус) задачі.
2. Проміжний рівень (або рівні): основні критерії та підкритерії, що впливають на досягнення мети.
3. Нижній рівень: альтернативні варіанти, з яких необхідно зробити вибір.

Після побудови ієрархії ключовим етапом методу є встановлення пріоритетів для елементів кожного рівня. Це робиться за допомогою процедури попарних порівнянь. Експерт (або група експертів) послідовно порівнює між собою всі елементи одного рівня за їхнім внеском (важливістю) в елемент вищого рівня. Наприклад, критерії порівнюються між собою відносно головної мети, а альтернативи – відносно кожного з критеріїв.

Для виконання попарних порівнянь Т. Сааті запропонував фундаментальну шкалу відносної важливості (табл. 1.1), яка дозволяє переводити вербальні, суб'єктивні судження експерта у числові значення [7, с. 22; 9, с. 118].

Фундаментальна шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Два елементи роблять однаковий внесок у досягнення мети.
3	Помірна перевага	Досвід та судження вказують на незначну перевагу одного елемента над іншим.
5	Істотна або сильна перевага	Досвід та судження вказують на значну перевагу одного елемента над іншим.
7	Дуже сильна перевага	Перевага одного елемента над іншим є дуже сильною та підтверджена на практиці.
9	Абсолютна (екстремальна) перевага	Наявні докази, що підтверджують максимальну перевагу одного елемента над іншим.
2, 4, 6, 8	Проміжні значення	Використовуються для компромісних випадків.

Результати попарних порівнянь для n елементів заносяться у зворотно-симетричну квадратну матрицю A розмірності $n \times n$, яка називається матрицею попарних порівнянь [10, с. 95].

Після заповнення матриці попарних порівнянь розраховується вектор локальних пріоритетів (або ваг) для порівнюваних елементів. Теоретично, цей вектор є власним вектором матриці A , що відповідає її максимальному власному значенню. На практиці для знаходження компонент вектора w можуть використовуватися спрощені обчислювальні процедури, наприклад, метод середнього геометричного [8, с. 147].

Важливою перевагою методу МАІ є можливість оцінити ступінь узгодженості суджень експерта. Людські судження не завжди є ідеально послідовними. Наприклад, якщо експерт вважає, що критерій A в 3 рази важливіший за B , а B в 2 рази важливіший за C , то для повної узгодженості він мав би вважати, що A в 6 разів важливіший за C ($3 \times 2 = 6$). Якщо його пряма

оцінка цього співвідношення значно відрізняється від б, його судження є неузгодженими.

Для перевірки узгодженості Т. Сааті ввів спеціальні показники: індекс узгодженості (ІУ) та відношення узгодженості (ВУ).

де ВІУ – випадковий індекс узгодженості, що є середнім значенням ІУ для випадково згенерованих матриць тієї ж розмірності. Значення ВІУ наведені у спеціальних таблицях [7, с. 31].

Вважається, що судження експерта є достатньо узгодженими, якщо значення ВУ не перевищує 0.10 (або 10%). Якщо $ВУ > 0.10$, експерту рекомендується переглянути свої судження в матриці з найбільшою неузгодженістю [11, с. 205].

Процедуру попарних порівнянь та розрахунку ваг повторюють для всіх рівнів ієрархії. На завершальному етапі розраховуються глобальні пріоритети альтернатив шляхом синтезу (лінійної згортки) локальних пріоритетів по всій ієрархії. Глобальний пріоритет кожної альтернативи є сумою добутків її локального пріоритету за кожним критерієм на глобальний пріоритет цього критерію. Альтернатива з найвищим глобальним пріоритетом і вважається найкращим вибором [2, с. 51].

Таким чином, алгоритм застосування методу аналізу ієрархій можна представити у вигляді наступних етапів:

1. Декомпозиція проблеми: Побудова ієрархічної структури, що включає мету, критерії (та, можливо, підкритерії) і альтернативи.
2. Побудова матриць попарних порівнянь: Для кожного рівня ієрархії, крім найнижчого (альтернатив), експерти здійснюють попарні порівняння елементів за їх важливістю відносно елемента вищого рівня, використовуючи шкалу Т. Сааті.
3. Розрахунок локальних пріоритетів: Для кожної матриці попарних порівнянь обчислюється вектор локальних пріоритетів (ваг).

4. Перевірка узгодженості суджень: Для кожної матриці розраховується відношення узгодженості (ВУ). Якщо $ВУ > 0.10$, необхідно повернутися до етапу 2 і переглянути експертні оцінки.

5. Ієрархічний синтез: Розрахунок глобальних пріоритетів для кожної альтернативи шляхом зважування їх локальних пріоритетів на ваги відповідних критеріїв.

6. Прийняття рішення: Вибір альтернативи з найвищим значенням глобального пріоритету.

Метод аналізу ієрархій є потужним і гнучким інструментом системного аналізу, що дозволяє структурувати складні проблеми, враховувати різноманітні фактори та обґрунтовувати управлінські рішення, що є особливо цінним у такій багатофакторній сфері, як ринок нерухомості.

1.3 Огляд застосування МАІ у задачах нерухомості

Ринок нерухомості є класичним прикладом сфери, де прийняття рішень характеризується високим ступенем складності, наявністю багатьох якісних та кількісних критеріїв, а також значним впливом суб'єктивних факторів. Це створює сприятливі умови для ефективного застосування методу аналізу ієрархій. Завдяки своїй гнучкості МАІ дозволяє моделювати різноманітні задачі, що виникають перед усіма учасниками ринку: інвесторами, девелоперами, оцінювачами, рієлторами та кінцевими споживачами.

Аналіз наукових праць українських та закордонних вчених показує, що МАІ активно використовується для розв'язання наступних типових задач у сфері нерухомості:

1. Оцінка інвестиційної привабливості об'єктів та проєктів. Це одна з найпоширеніших областей застосування методу. Інвестору необхідно вибрати найкращий об'єкт для вкладення коштів з кількох альтернативних варіантів. За допомогою МАІ будується ієрархія, де метою є "максимізація інвестиційної

привабливості", критеріями виступають групи факторів (економічні, ринкові, технічні, юридичні, локаційні), а альтернативами – конкретні об'єкти нерухомості (квартири, офісні центри, земельні ділянки) [12, с. 88]. Наприклад, у роботі [13] запропоновано модель оцінки інвестиційної привабливості проєктів будівництва житлової нерухомості, де серед критеріїв виділено: фінансову ефективність (NPV, IRR), ризики проєкту, маркетинговий потенціал та надійність забудовника. MAI дозволяє зважити ці різні фактори та отримати інтегральну оцінку для кожного проєкту.

2. Вибір найкращого місцезнаходження (локації). Вибір місця для будівництва житлового комплексу, торговельного центру або промислового об'єкта є стратегічно важливим рішенням. MAI допомагає структурувати цей процес. Метою є "вибір оптимальної локації". Критеріями можуть бути: транспортна доступність, розвиненість інфраструктури, щільність населення, екологічна ситуація, конкурентне середовище, вартість землі, наявність комунікацій [14]. Альтернативами виступають конкретні райони міста або земельні ділянки. Метод дозволяє врахувати не тільки об'єктивні показники (наприклад, відстань до метро), але й якісні характеристики (наприклад, престижність району).

3. Оцінка вартості нерухомості. Хоча для масової оцінки існують стандартні підходи (витратний, дохідний, порівняльний), MAI може використовуватися як допоміжний інструмент для врахування якісних факторів, які важко формалізувати. Наприклад, при порівнянні об'єкта-аналога з об'єктом оцінки, MAI може допомогти визначити коефіцієнти коригування ціни на такі фактори, як якість ремонту, вид з вікна, стан під'їзду, соціальний статус сусідів [15, с. 245].

4. Управління ризиками девелоперських проєктів. Реалізація будь-якого будівельного проєкту пов'язана з численними ризиками: ринковими, фінансовими, юридичними, будівельно-технологічними, адміністративними. MAI може бути використаний для ідентифікації, аналізу та ранжування цих ризиків. Побудувавши ієрархію ризиків, експерти за допомогою попарних

порівнянь можуть оцінити відносну важливість (комбінацію ймовірності та величини збитків) кожного ризику, що дозволяє сконцентрувати управлінські зусилля на найбільш критичних з них [16].

5. Вибір підрядника або постачальника. Для девелоперської компанії важливим є вибір надійних партнерів. МАІ дозволяє здійснити обґрунтований вибір генерального підрядника або постачальника будівельних матеріалів. Критеріями вибору можуть бути: ціна послуг/матеріалів, досвід роботи компанії, її репутація на ринку, наявність кваліфікованого персоналу та техніки, фінансова стійкість, запропоновані терміни виконання робіт [3, с. 93].

6. Аналіз найкращого та найбільш ефективного використання об'єкта нерухомості (Best and Highest Use). Це фундаментальне поняття в оцінці нерухомості. Для певної земельної ділянки може існувати кілька варіантів її використання (наприклад, будівництво житлового будинку, офісного центру, складу або залишення її в поточному стані). МАІ дозволяє порівняти ці альтернативи за критеріями юридичної допустимості, фізичної можливості, фінансової доцільності та максимальної продуктивності, щоб визначити найкращий варіант використання [12, с. 90].

Застосування МАІ у задачах нерухомості дозволяє підвищити прозорість та об'єктивність процесу прийняття рішень, залучити до аналізу досвід та інтуїцію експертів, структурувати складну проблему та врахувати велику кількість різномірних факторів. Метод перетворює складну задачу вибору на послідовність простих порівнянь, а вбудований механізм перевірки узгодженості підвищує довіру до отриманих результатів. Це робить МАІ цінним інструментом для системного аналізу та оптимізації діяльності на сучасному регіональному ринку нерухомості.

1.4 Сучасні програмні засоби для реалізації МАІ

Хоча математичний апарат методу аналізу ієрархій є логічно зрозумілим, його практична реалізація, особливо для складних ієрархій з великою кількістю критеріїв та альтернатив, пов'язана зі значним обсягом рутинних обчислень. Розрахунок власних векторів, максимальних власних значень, індексів та відношень узгодженості для десятків матриць попарних порівнянь вручну є вкрай трудомістким і неефективним процесом. Саме тому для практичного застосування МАІ широко використовуються спеціалізовані програмні продукти, які автоматизують усі етапи обчислень та надають зручний інтерфейс для моделювання.

Сучасні програмні засоби для реалізації МАІ можна класифікувати на кілька груп:

- Спеціалізоване комерційне програмне забезпечення. Це потужні пакети, розроблені спеціально для підтримки прийняття рішень на основі МАІ та його модифікацій.
- Надбудови для електронних таблиць (наприклад, MS Excel). Такі рішення поєднують обчислювальні можливості МАІ із звичним та гнучким інтерфейсом табличних процесорів.
- Онлайн-сервіси та веб-платформи. Дозволяють проводити аналіз безпосередньо у веб-браузері, що зручно для колективної роботи та не потребує встановлення ПЗ на комп'ютер користувача.
- Академічні та безкоштовні програми. Часто розробляються в університетах або ентузіастами для освітніх та дослідницьких цілей.

Розглянемо деякі з найбільш відомих та функціональних програмних продуктів.

1. Expert Choice Це, мабуть, найвідоміший та один з перших комерційних програмних продуктів для реалізації МАІ, розроблений за безпосередньої участі творців методу. Expert Choice надає повний цикл підтримки прийняття рішень: від візуального побудування ієрархії до проведення попарних порівнянь, синтезу

результатів та проведення всебічного аналізу чутливості [17]. Програма дозволяє використовувати різні способи введення оцінок (числовий, графічний, вербальний), підтримує групову роботу (збір та агрегацію думок кількох експертів) та генерує детальні звіти. Аналіз чутливості в Expert Choice дозволяє наочно побачити, як зміниться кінцевий результат (ранжування альтернатив) при зміні пріоритетів критеріїв, що є надзвичайно важливим для оцінки стійкості рішення.

2. Super Decisions Це безкоштовне програмне забезпечення, розроблене фондом Creative Decisions Foundation, який був заснований Томасом Сааті. Основною відмінністю Super Decisions є те, що програма реалізує не тільки класичний MAI, але і його узагальнення – метод аналітичних мереж (Analytic Network Process, ANP) [11, с. 208]. ANP дозволяє моделювати не тільки ієрархічні зв'язки, але й залежності між елементами одного рівня (внутрішньогрупові зв'язки) та зворотні зв'язки (вплив альтернатив на критерії). Це робить ANP потужнішим інструментом для аналізу дуже складних систем, де все взаємопов'язано. Super Decisions має дещо складніший інтерфейс порівняно з комерційними аналогами, проте його функціональність та безкоштовність роблять його популярним в академічному та дослідницькому середовищі.

3. MakeItRational (раніше – MAI-OS) Це приклад сучасного веб-орієнтованого програмного забезпечення для MAI. MakeItRational є онлайн-платформою, що дозволяє користувачам створювати моделі прийняття рішень, запрошувати інших учасників (експертів) для заповнення матриць порівнянь онлайн та спільно аналізувати результати [18]. Такий підхід значно спрощує організацію групової експертизи, оскільки експерти можуть перебувати в різних місцях і працювати в зручний для них час. Сервіс підтримує класичний MAI, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та базові інструменти для аналізу.

4. Надбудови для Microsoft Excel Існує низка комерційних та безкоштовних надбудов (add-ins), які інтегрують функціонал MAI безпосередньо в середовище MS Excel. Прикладом може слугувати MAI for Excel. Перевагою такого підходу є те, що користувач працює у знайомому середовищі, може легко

імпортувати дані для аналізу та експортувати результати, а також використовувати всі потужні можливості Excel для подальшої обробки та візуалізації даних [19]. Створення шаблону для розрахунків МАІ в Excel також є поширеною практикою у навчальному процесі та для розв'язання не надто складних задач [6, с. 60].

5. Інші програмні засоби Окрім вищезгаданих, існує багато інших інструментів, таких як Priority Estimation Tool (PriEsT), TransparentChoice, Decision Lens, кожен з яких має свої особливості. Деякі з них орієнтовані на великі корпорації та державні установи, пропонуючи комплексні платформи для управління портфелем проєктів, інші – на індивідуальних користувачів та невеликі команди.

Вибір конкретного програмного засобу залежить від складності задачі, необхідності залучення групи експертів, бюджету та вимог до аналізу чутливості й візуалізації результатів. Наявність такого широкого спектру програмних продуктів свідчить про високу практичну цінність та затребуваність методу аналізу ієрархій та значно спрощує його застосування для системного аналізу та оптимізації роботи на регіональному ринку нерухомості.

Після розгляду теоретичних основ багатокритеріального аналізу та методу аналізу ієрархій у попередньому розділі, наступним логічним кроком є застосування цього інструментарію до конкретної предметної області. Даний розділ присвячений глибокому аналізу регіонального ринку житлової нерухомості на прикладі міста Дніпро, що є одним з найбільших промислових, економічних та культурних центрів України. Ефективність будь-якої моделі прийняття рішень безпосередньо залежить від якості та повноти аналізу середовища, в якому ця модель буде застосовуватись.

Метою даного розділу є системний аналіз ринку житлової нерухомості м. Дніпро, ідентифікація ключових факторів, що впливають на прийняття рішень покупцями, та формування на основі цього аналізу повноцінної ієрархічної моделі для подальшої оцінки. Розв'язання цієї мети вимагає послідовного виконання кількох завдань: по-перше, необхідно здійснити детальний огляд

поточного стану та тенденцій ринку житла в місті, приділивши особливу увагу його територіальній структурі; по-друге, на основі аналізу визначити та обґрунтувати вичерпний набір критеріїв оцінки житла, що відповідають сучасним запитам покупців; по-третє, описати методологію формування набору альтернативних варіантів для аналізу.

Кінцевим результатом цього розділу стане побудова чіткої ієрархічної структури задачі вибору найкращої квартири в м. Дніпро. Ця структура послужить фундаментом для проведення експертного оцінювання, розрахунків та аналізу результатів у наступних розділах кваліфікаційної роботи. Саме детальний аналіз предметної області та коректне формування моделі є запорукою отримання адекватних та практично значущих висновків.

1.5 Огляд ринку житлової нерухомості м. Дніпро

Місто Дніпро, як великий мегаполіс та важливий економічний центр, має один з найактивніших регіональних ринків нерухомості в Україні. Його стан та динаміка є чутливим індикатором соціально-економічних процесів у країні та регіоні. В останні роки ринок зазнав значних трансформацій, зумовлених як загальнонаціональними економічними чинниками, так і безпосереднім впливом повномасштабного вторгнення, що перетворило Дніпро на один з ключових гуманітарних та логістичних хабів країни [20].

Попит та пропозиція. З початку 2022 року ринок нерухомості Дніпра характеризується кількома хвилями змін. Первинний шок призвів до майже повної зупинки угод у перші місяці. Проте, завдяки відносній стабільності та віддаленості від зони активних бойових дій (порівняно з іншими східними та південними регіонами), місто стало центром для значної кількості внутрішньо переміщених осіб (ВПО). Цей фактор сформував потужний відкладений, а згодом і реальний попит, в першу чергу на ринку оренди, а потім і на ринку купівлі-продажу [21, с. 45]. За даними аналітичного центру DOM.RIA, вже

наприкінці 2022 – на початку 2023 року Дніпропетровська область увійшла до трійки лідерів за кількістю угод купівлі-продажу житла, поступаючись лише Київській та Львівській областям [22].

Пропозиція на ринку також зазнала змін. Первинний ринок зіткнувся з низкою викликів: порушення логістичних ланцюгів постачання будівельних матеріалів, зростання їх собівартості, проблеми з робочою силою та загальна невизначеність. Частина будівельних проєктів була заморожена. Проте, великі системні забудовники змогли адаптуватися та продовжили роботу, хоча й з корекцією темпів будівництва. Станом на початок 2025 року спостерігається поступове відновлення активності на будівельних майданчиках. За даними порталу ЛУН, у Дніпрі та передмісті активно продаються квартири у понад 80 житлових комплексах, що свідчить про значну пропозицію [23]. Покупці на первинному ринку стали більш вимогливими, віддаючи перевагу проєктам на високій стадії готовності та забудовникам з перевіреною репутацією.

Вторинний ринок виявився більш гнучким. Він швидше відреагував на сплеск попиту з боку ВПО та тих, хто прагнув інвестувати кошти для їх збереження. Пропозиція тут представлена широким спектром житла: від радянського житлового фонду ("хрущовки", "чешки", "сталінки") до квартир у будинках, зведених у 2000-2010-х роках. Найбільшим попитом користуються готові для проживання квартири з ремонтом та меблями, що не потребують додаткових капіталовкладень [24].

Цінова динаміка. Ціни на житлову нерухомість у Дніпрі продемонстрували стійкість та тенденцію до зростання, особливо в гривневому еквіваленті. Медіанна ціна квадратного метра на первинному ринку міста, за даними ЛУН, на початок 2025 року становить близько 45 000 грн. При цьому спостерігається значна диференціація залежно від класу житла (економ, комфорт, бізнес, еліт) та району розташування. Найдорожчими традиційно є новобудови у центральних (Соборний, Центральний) та прилеглих до них районах [23]. На вторинному ринку медіанна вартість однокімнатної квартири, за даними агрегаторів оголошень, коливається в межах 35-45 тис. доларів США. Державні програми

пільгового іпотечного кредитування, зокрема "єОселя", стали додатковим стимулом для ринку [25].

Деталізована територіальна структура ринку м. Дніпро

Ринок нерухомості Дніпра є вкрай неоднорідним та чітко сегментованим за вісьмома адміністративними районами міста. Кожен район має унікальний набір характеристик, що визначає його привабливість, ціновий діапазон та цільову аудиторію покупців [26].

- **Соборний район (колишній Жовтневий)** Характеристика: Це беззаперечний лідер за престижністю та вартістю нерухомості. Район охоплює історичний та діловий центр міста, славетну Набережну, центральні проспекти (Дмитра Яворницького, Гагаріна), парк Шевченка. Тут зосереджені головні університети, елітні школи, преміальні ресторани, бутики та бізнес-центри. Житловий фонд: Дуже різноманітний. Представлений унікальними дореволюційними будинками ("катерининки"), монументальними "сталінками", цегляними будинками 70-80-х років для партійної еліти. Останні 15-20 років район є центром елітного будівництва: тут зведено найвідоміші житлові комплекси бізнес-та преміум-класу (напр., "Башти", "Амстердам", "Фестивальний"). Ціни: Найвищі в місті. Вартість квадратного метра як на первинному, так і на вторинному ринку може в 1.5-2 рази перевищувати середньоміські показники. Переваги: Максимальна концентрація інфраструктури, престиж, висока ліквідність, чудові рекреаційні зони. Недоліки: Висока ціна, значний трафік, проблеми з паркуванням, високий рівень шуму в центральній частині.

- **Центральний район (колишній Кіровський)** Характеристика: Разом із Соборним формує центральну частину міста. Охоплює проспект Олександра Поля, вул. Робочу, прилеглі до центру квартали. Це район контрастів, де ділова активність межує зі старими житловими кварталами. Житловий фонд: Переважають "сталінки" та "хрущовки" вздовж основних магістралей. Є значна кількість будинків пізньорадянського періоду та

відносно небагато сучасних новобудов, переважно у форматі клубних будинків. Ціни: Вище середнього, але дещо доступніші, ніж у Соборному районі. Переваги: Близькість до центру, чудова транспортна розв'язка, розвинена інфраструктура. Недоліки: Зношеність значної частини житлового фонду та комунікацій, екологічні проблеми через близькість до промислових зон та залізниці.

- Шевченківський район (колишній Бабушкінський)
Характеристика: Один з найбільших та найгустонаселеніших районів міста. Дуже неоднорідний: простягається від прицентральних кварталів (вул. Січових Стрільців) до величезних спальних масивів "Тополя-1, 2, 3" та "12-й квартал". Житловий фонд: Включає практично всі типи забудови: від приватного сектору до 9- та 16-поверхових панельних будинків. Останніми роками район став лідером за обсягами будівництва нового житла комфорт-класу. Ціни: Дуже диференційовані. У прицентральній частині ціни наближаються до Центрального району, а на ж/м "Тополя" є одними з найдоступніших на правому березі. Переваги: Добре розвинена внутрішня інфраструктура спальних масивів (школи, ринки, ТРЦ), великий вибір житла в різних цінових категоріях, активна забудова. Недоліки: Транспортні проблеми у години пік, віддаленість деяких масивів від центру, щільна забудова.

- Новокодацький (колишній Ленінський) та Чечелівський (колишній Красногвардійський) райони
Характеристика: "Промислове серце" Дніпра. На їх території розташовані великі підприємства. Це типові "робочі" райони з великими спальними масивами (Червоний Камінь, Покровський, Західний, ж/м Петровського). Житловий фонд: Переважає радянська панельна та цегляна забудова 9-16 поверхів. Є також значний приватний сектор. Нове будівництво ведеться, але не так активно, як в інших районах. Ціни: Одні з найнижчих у місті, що робить ці райони привабливими для покупців з обмеженим бюджетом. Переваги: Доступна вартість житла, хороша транспортна доступність (метро, трамваї),

близькість до Дніпра (для деяких масивів). Недоліки: Складна екологічна ситуація через промисловість, зношеність житлового фонду, подекуди депресивний вигляд територій, не найкраща репутація з точки зору безпеки.

- Амур-Нижньодніпровський (АНД), Індустріальний та Самарський райони Характеристика: Ці три райони займають усе Лівобережжя Дніпра. Історично вони вважалися менш престижними, ніж Правий берег. АНД район – найбільший за площею, включає старі квартали (Амур), приватний сектор та великі житлові масиви (Сонячний, Ломівський, Кам'янський). Індустріальний район – більш компактний, його ядром є проспект Слобожанський (колишній пр. Правди) та прилеглі квартали.

- Самарський район – найвіддаленіший, включає ж/м Придніпровськ та Ігрень. Житловий фонд: Дуже різноманітний. На Лівому березі багато "чешок" та 9-поверхових панельних будинків. Останнім часом тут активно розвивається нове будівництво, особливо вздовж проспекту Слобожанського та на ж/м Сонячний, який завдяки близькості до центру та набережній став дуже популярним. Ціни: В середньому нижчі, ніж на Правому березі, але мають стійку тенденцію до зростання, особливо на сучасне житло.

- Квартири на ж/м Сонячний за ціною можуть конкурувати з правобережними районами. Переваги: Більш спокійна атмосфера, менша щільність населення (окрім основних масивів), активно розвивається нова інфраструктура (ТРЦ "Караван", нові сквери), нижчі ціни. Недоліки: Транспортна проблема "мостів" (складно дістатися на Правий берег у години пік), віддаленість деяких масивів, недостатня кількість рекреаційних зон у глибинних кварталах.

1.6 Визначення та обґрунтування критеріїв вибору житла

- Для побудови адекватної моделі прийняття рішення за методом аналізу ієрархій ключовим етапом є правильна ідентифікація та структурування критеріїв оцінювання. На відміну від попереднього підходу, що базувався на узагальнених групах, для підвищення точності та практичності моделі сформулюємо набір більш конкретних та однозначних критеріїв, наданих для аналізу. Ці критерії відображають ключові питання, що постають перед середньостатистичним покупцем на сучасному ринку [27]. Для зручності подальшого аналізу згрупуємо їх у три логічні блоки: економічний, архітектурно-технічний та локаційний.

- Блок 1. Економічні критерії

- Ця група об'єднує ключові фінансові показники об'єкта нерухомості, які є визначальними для більшості покупців.

- К1. Загальна ціна квартири. Це абсолютний вартісний показник, що виражається в грошових одиницях (зазвичай в доларах США для вторинного ринку). Він є головним обмежуючим фактором для покупця, оскільки безпосередньо співвідноситься з його бюджетом. Для моделі цей критерій є оберненим – чим нижча ціна, тим привабливіша альтернатива.

- К2. Ціна за м². Цей відносний показник дозволяє проводити більш об'єктивне порівняння об'єктів різної площі та є важливим індикатором ринкової вартості та ліквідності нерухомості. Він дає змогу зрозуміти, чи не є ціна на об'єкт завищеною порівняно з аналогами в тому ж районі та класі. Як і загальна ціна, цей критерій є оберненим.

- Блок 2. Архітектурно-технічні критерії

- Цей блок описує фізичні характеристики самої будівлі та квартири, що безпосередньо впливають на комфорт та якість життя.

- К3. Клас будинку. Комплексний якісний критерій, що інтегрує в собі інформацію про технологію будівництва, якість матеріалів,

архітектурні рішення, інженерне оснащення та рівень інфраструктури будинку. Зазвичай виділяють класи: "економ", "комфорт", "бізнес" та "еліт" [23]. Цей критерій є прямим – чим вищий клас, тим краще.

- К4. Поверх. Раніше покупці уникали перших та останніх поверхів. Проте в сучасних умовах безпековий фактор вніс корективи: нижні та середні поверхи (до 5-6) стали більш популярними [21, с. 47]. Для моделі цей критерій можна оцінювати за шкалою привабливості (напр., "оптимальний", "допустимий", "небажаний").

- К5. Кількість кімнат. Прямо пов'язаний з потребами сім'ї покупця. Для нашої задачі (вибір 2-кімнатної квартири) цей критерій може здатися тривіальним, але в ширшому сенсі він відображає функціональність простору. В моделі він може слугувати для відсіювання невідповідних варіантів, або для порівняння "двокімнатних" та "євро-трикімнатних" (дві спальні + кухня-студія).

- К6. Площа квартири. Загальна площа є одним з ключових кількісних показників комфорту. Більша площа зазвичай є перевагою, але лише у поєднанні з функціональним плануванням. Критерій є прямим.

- К7. Площа кухні. Цей параметр виділяють окремо, оскільки для сучасної сім'ї кухня часто є не тільки місцем для приготування їжі, але й зоною для спілкування. Великі кухні або кухні-студії (понад 12-15 м²) значно підвищують привабливість квартири. Критерій є прямим.

- К8. Ремонт. Якісний показник, що має величезний вплив на фінальне рішення. Він прямо корелює з часовими та фінансовими витратами покупця після угоди. Градація може бути такою: "дизайнерський/капітальний", "косметичний/житловий стан", "радянський стан", "після будівельників". Чим кращий ремонт, тим привабливіший об'єкт.

- К9. Наявність комунікацій. В сучасних умовах цей критерій набув нового змісту. Окрім стандартних (світло, вода, газ, каналізація), надважливим став тип опалення. Автономне (індивідуальне) опалення є

величезною перевагою, оскільки дає незалежність від централізованих мереж та дозволяє суттєво економити. Цей критерій можна оцінювати як бінарний ("автономне" / "централізоване") або за шкалою пріоритетності.

- Блок 3. Локаційний критерій
- Цей критерій є одним з найважливіших, оскільки його неможливо змінити. Він визначає соціальне середовище, логістику та якість життя поза межами квартири.
- K10. Район міста (м. Дніпро). Комплексний якісний критерій, що враховує престижність, безпеку, екологію, транспортну доступність та розвиненість інфраструктури. Оцінка цього критерію базується на детальному аналізі, представленому в п. 2.1. Покупець на основі власних пріоритетів (напр., "ближче до роботи", "тихий спальний район", "центр міста") надає перевагу тому чи іншому району.
- Цей деталізований та структурований набір критеріїв є повним та адекватним для розв'язання поставленої задачі вибору квартири. Він ляже в основу ієрархічної моделі та дозволить провести всебічне та обґрунтоване порівняння альтернатив.

1.7 Методологія формування набору альтернатив

Для проведення практичної частини дослідження, а саме – системного аналізу та оптимізації вибору на ринку нерухомості за допомогою методу MAI, необхідний репрезентативний набір альтернативних варіантів. На відміну від наведення гіпотетичних прикладів, у даній роботі застосовано підхід, що базується на аналізі реальних ринкових пропозицій.

Сутність підходу полягає у формуванні бази даних, що складається з реальних об'єктів нерухомості, виставлених на продаж у м. Дніпро. Ця база даних є зовнішнім файлом (наприклад, у форматі MS Excel або CSV), що

служуватиме джерелом вхідної інформації для програмної реалізації моделі на мові Python. Такий підхід має кілька переваг:

1. Реалістичність: Аналіз проводиться на основі актуальних даних, що відображають реальний стан ринку, а не на абстрактних прикладах.
2. Гнучкість: Базу даних можна легко оновлювати та розширювати, додаючи нові об'єкти для аналізу.
3. Конфіденційність: Дозволяє уникнути розголошення конкретних адрес та посилань на оголошення в тексті кваліфікаційної роботи, зберігаючи при цьому всю необхідну для аналізу інформацію.

Процес формування набору альтернатив включав наступні етапи:

1. Моніторинг ринку: Було проведено систематичний моніторинг провідних українських порталів нерухомості (DOM.RIA, ЛУН, OLX Нерухомість) у першому кварталі 2025 року.
2. Визначення критеріїв відбору: Пошук здійснювався за ключовими параметрами, що відповідають запиту гіпотетичного покупця (сім'я, що шукає 2-кімнатну квартиру): "місто Дніпро", "купівля", "2 кімнати".
3. Формування вибірки: З усього масиву оголошень було відібрано n альтернативних варіантів (A_1, A_2, \dots, A_n). При відборі застосовувався принцип диверсифікації, щоб альтернативи представляли:
 - Різні райони міста (як центральні, так і спальні).
 - Різні типи забудови (новобудови та вторинний ринок різних періодів).
 - Різні цінові сегменти (від бюджетних до бізнес-класу).
 - Різний стан ремонту (від "після будівельників" до "з дизайнерським ремонтом").
4. Створення бази даних: Для кожної відібраної альтернативи A_i в окремий файл було внесено всю необхідну інформацію згідно з критеріями, визначеними у п. 2.2. Кожен рядок файлу відповідає одній

квартирі, а кожен стовпець – одному з критеріїв (Ціна за м², Загальна ціна, Клас будинку, Район і т.д.). Значення критеріїв представлені як у числовому (ціна, площа), так і в текстовому/категорійному форматі (клас, район, стан ремонту).

Таким чином, сформований набір альтернатив є об'єктивною та структурованою основою для подальшого застосування методу аналізу ієрархій. У наступних розділах ці альтернативи будуть оцінені експертами відносно кожного критерію ієрархічної моделі.

1.8 Побудова ієрархічної структури прийняття рішення

На основі детально обґрунтованих критеріїв (п. 2.2) та методології формування альтернатив (п. 2.3) будується фінальна ієрархічна модель задачі. Ієрархія є візуальним та логічним представленням проблеми, що розкладає складне рішення на серію простіших оцінок [7, с. 18]. Структура нашої моделі, адаптована під нові вимоги, матиме чотири рівні.

Рівень 1: Головна мета На вершині ієрархії знаходиться глобальна мета, яка визначає сенс усього аналізу.

- Мета: Вибір оптимальної квартири в м. Дніпро.

Рівень 2: Групи критеріїв (Блоки) На цьому рівні знаходяться узагальнені групи (блоки) критеріїв, що були виділені для логічного структурування моделі.

- Блок 1: Економічні критерії
- Блок 2: Архітектурно-технічні критерії
- Блок 3: Локаційний критерій

Рівень 3: Конкретні критерії оцінювання Кожен блок другого рівня розкривається через набір конкретних критеріїв, за якими безпосередньо буде проводитись оцінка.

- До Блоку 1 (Економічні):

- K1. Загальна ціна квартири
- K2. Ціна за м²
- До Блоку 2 (Архітектурно-технічні):
 - K3. Клас будинку
 - K4. Поверх
 - K5. Кількість кімнат
 - K6. Площа квартири
 - K7. Площа кухні
 - K8. Ремонт
 - K9. Наявність комунікацій
- До Блоку 3 (Локаційний):
 - K10. Район міста

Рівень 4: Альтернативи На найнижчому рівні ієрархії знаходиться множина альтернативних варіантів, відібраних з реального ринку та занесених до зовнішньої бази даних.

Побудована ієрархічна структура є повною, логічно завершеною та адаптованою до конкретних вимог даного дослідження. Вона декомпозує складну, неструктуровану проблему вибору квартири на послідовність чітких елементів та зв'язків між ними. Наступним кроком, який буде реалізовано в третьому розділі роботи, є проведення експертного оцінювання за допомогою процедури попарних порівнянь для всіх елементів ієрархії, розрахунок вагових коефіцієнтів та, зрештою, визначення найбільш пріоритетної альтернативи з набору реальних ринкових пропозицій.

Висновок

Проаналізувавши усю докладну інформацію з приводу сьогоденних непростих умов для ринку нерухомості, можна дійти висновку, що метод аналітичної ієрархії є дійсно актуальним рішенням проблеми вибору. Проте протягом

аналізу хоч і простежується ефективність даної методології, але стає зрозумілим, що ефективність буде в рази вища при застосуванні програмного забезпечення.

Кваліфікаційна робота НТУ "ДП"

2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Опис вихідних даних та програмної реалізації

Практичне вирішення проблеми вибору нерухомості, було втілити за допомогою програмного забезпечення Python. У свою чергу вибірка альтернатив(варіантів нерухомості) для методу була сформована на основі бази даних актуальних пропозицій продажу житла у м.Дніпро за перші півріччя 2025 року. База в свою чергу містить варіанти нерухомості із різних районів міста, типів забудови, класів будинків, цінних категорій та станів ремонту. Початкові дані було внесено до Excel-таблиці, де кожен рядок відповідає окремій квартирі, а стовпці складають ключові критерії такі як: ціна за м², загальна ціна, клас будинку, поверх, кількість кімнат, площа квартири, площа кухні, стан ремонту, тип комунікацій, район міста. Мова програмування дозволяє оптимізувати та автоматизувати усі розрахунки, що зекономить час та забезпечить надійність прийнятого рішення.

2.2 Розрахунок матриць парних порівнянь

Після того, як матриці парного порівняння були побудовані, метод аналізу ієрархій (АНР) використовується для встановлення пріоритетів серед цих різних критеріїв і/або альтернатив. Основний напрямок завдання:

Загальна ціна - це найважливіший фактор впливу, бо є клієнти з недостатніми економічними умовами.

Клас будівлі - оскільки це прямо впливає на комфорт, сучасні зручності (безпеку і відеоспостереження), енергоефективність, надійність комунікаційних систем та елементи безпеки, такі як озеленення та освітлення, а також тому, що самі будівлі в економічному сенсі зношуються.

Загальна площа - в принципі, більший простір значно полегшує наступні ремонти, можливість змін та утримання домашніх тварин.

Кількість кімнат - впливає на функціональність.

Якість ремонту - це безпосередньо впливає на те, чи може покупець житла одразу переїхати і відчувати себе комфортно чи ні.

Район міста - це один з найбільш важливих критеріїв. Він включає безпеку, розваги, транспортні зв'язки. Побудова матриці порівняння критеріїв:

Матриця $A = [a_{ij}]$, де a_{ij} — оцінка важливості критерію i над критерієм j ,

$$\text{а } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (2.1)$$

Власний вектор матриці визначає вагові коефіцієнти:

Нормуємо матрицю:

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (2.2)$$

Обчислюємо середнє по рядках:

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \quad (2.3)$$

Спеціально для кожної альтернативи створюємо відповідні матриці, згідно критеріїв

Ціна: $a_{ij} = \text{Ціна } j / \text{Ціна } i$.

Площа: $a_{ij} = \text{Площа } i / \text{Площа } j$

Кімнати: $a_{ij} = \text{Кімнати } i / \text{Кімнати } j$

Використовуємо числові значення

Житло підвищеного комфорту (еліт): 5

Масова сучасна забудова (економ): 4

Масова забудова радянських часів: 3

Стара забудова (дореволюційні): 2

Якість ремонту

Дизайнерський ремонт, Євроремонт, Чудовий стан: 5

Косметичний ремонт, Хороший стан: 4

Задовільний стан, Житлове: 3

Потрібен ремонт, Чорнова штукатурка: 2

Від будівельників: 1

Район

Шевченківський, Соборний: 5

Центральний, Самарський: 4

Індустріальний, Амур-Нижньодніпровський: 3

Чечелівський, Новокодацький: 2

Для категоріальних критеріїв: a_{ij} = Оцінка і / Оцінка j

2.3 Перевірка узгодженості експертних оцінок

Для забезпечення надійності матриць обчислюємо:

Максимальне власне значення λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(A-\omega)_i}{\omega_i} \quad (2.4)$$

ω - власний вектор

Індекс узгодженості

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт узгодженості

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.6)$$

Якщо $CR \leq 0.1$, матриця узгоджена.

2.4 Реалізація алгоритму МАІ в Python

Код реалізує МАІ для випадкової вибірки 10 квартир із Excel-файлу. Використовуються бібліотеки `pandas`, `numpy` та `matplotlib`. Код оптимізований для PyCharm із чіткою структурою.

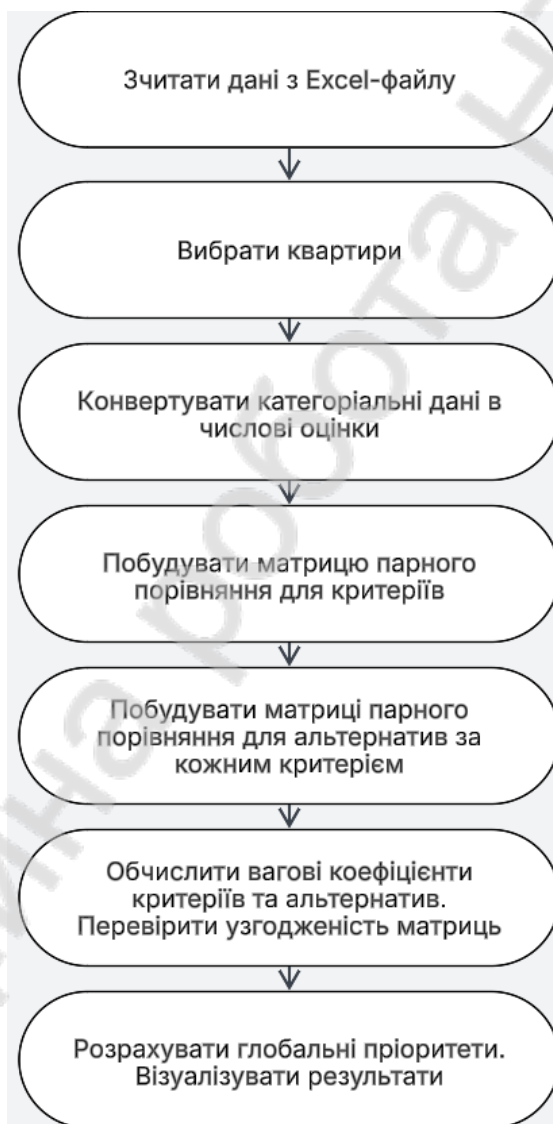


Рисунок 2.1 – Алгоритм роботи коду

Результати роботи коду

Ваги критеріїв:

[0.31849279 0.1291425 0.05236472 0.05236472 0.1291425 0.31849279]

Коефіцієнт узгодженості критеріїв: 0.012422932438119367

Рейтинг квартир:

Квартира 30897855: 0.0780

Квартира 856871247: 0.1029

Квартира 1153027727: 0.0947

Квартира 11371574: 0.1000

Квартира 850761012: 0.0914

Квартира 11500696: 0.0974

Квартира 11495817: 0.1209

Квартира 1424178713: 0.0950

Квартира 31080262: 0.1099

Квартира 562320100: 0.1098

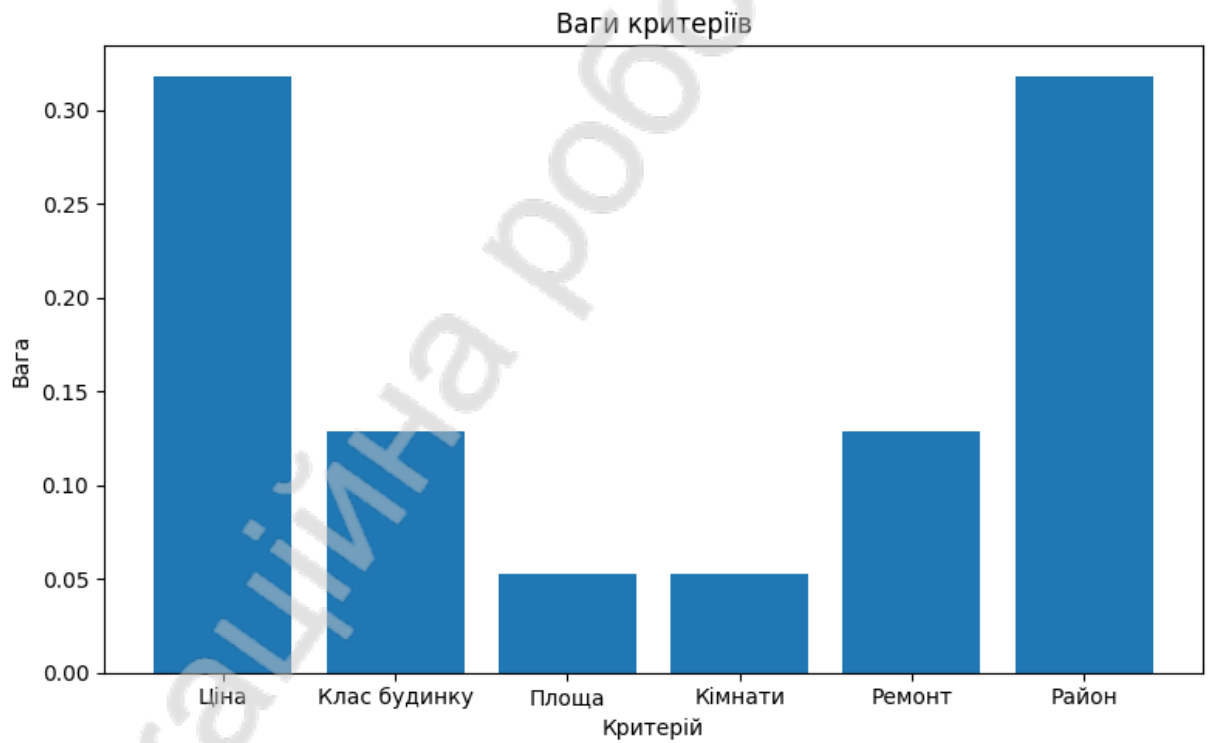


Рисунок 2.2 – Ваги критеріїв

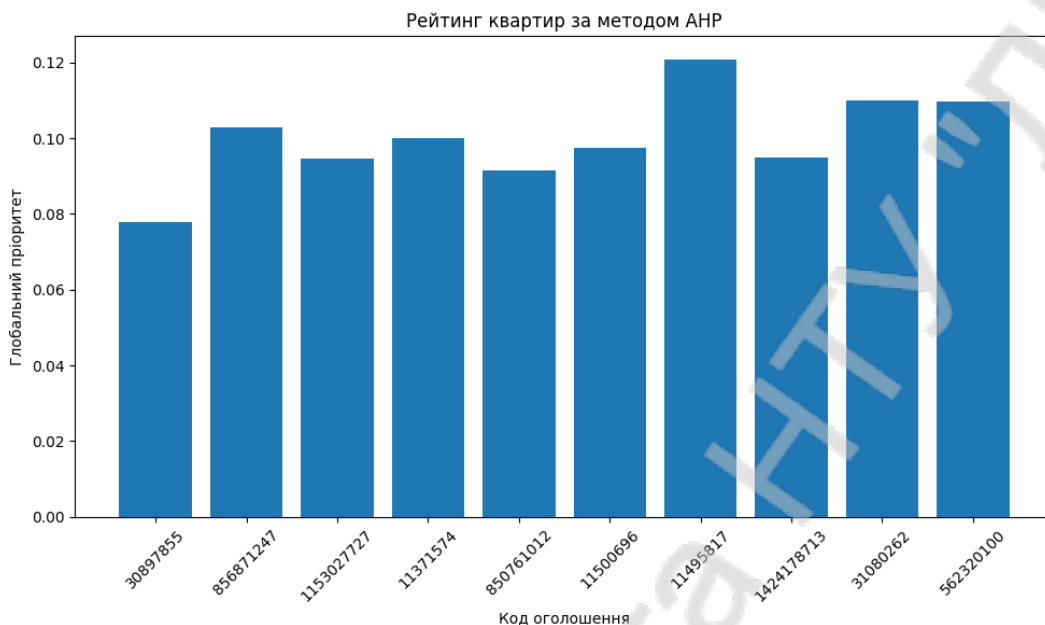


Рисунок 2.3 – Рейтинг квартир

З результатів ми можемо бачити, який варіант вважається найкращим серед усіх. Його оптимальність вказана квартирою номер 11495817, тоді як протилежний край за пріоритетом займає квартира номер 30897855. Це пояснюється її відносно високою ціною, розташуванням у менш безпечному районі та поганим ремонтом.

Перша діаграма показує розподіл ваг, з якої ми можемо побачити, що ціна та площа відіграють вирішальні ролі. Друга діаграма ілюструє глобальні пріоритети квартир, щоб порівняння ставало легшим.

Кодування для знаходження нерухомості за допомогою АНР просте, ефективне та дуже перспективне. Воно не тільки здійснює імпорт даних з Excel-файлів, але й проводить аналіз АНР, надає ґрунтовний рейтинг квартир і забезпечує ефективну візуалізацію. Що важливіше, воно має дуже хороший коефіцієнт консистенції, якщо подивитися на нижній кінець. Ваги критеріїв відповідають реаліям ринку, таким чином, ухвалення рішень може бути автоматизоване, якість консультацій підвищена, і також є потенціал інтегрувати інструмент у бізнес-процеси агентств з нерухомості.

Висновки

При виконанні кваліфікаційної роботи з розробки та впровадження процесу аналітичної ієрархії під час вибору нерухомості в Дніпрі слід базуватися на наступних висновках. Питання вибору нерухомості є актуальним в умовах сучасних економічних та соціальних умов, зокрема в Україні, де фінансові обмеження, ризики безпеки та різноманітні приміщення ускладнюють прийняття рішень.

На відміну від цього, методи, такі як інтуїтивний вибір або прості системи рейтингування, є суб'єктивними і, як правило, занадто грубими з точки зору складності критеріїв, коли беруться до уваги ціна, безпека району, якість ремонту будівлі, клас будівлі, житлова площа та кількість кімнат.

Метод MAI, розроблений Т. Сааті, є широко використовуваним інструментом для вирішення багатокритеріальних завдань. Тим не менш, при застосуванні цього потужного інструменту на нашому місцевому ринку нерухомості та в умовах Дніпра, Україна, ми повинні спочатку адаптувати його до місцевих умов. Це включає врахування безпеки району з точки зору рівня злочинності та можливих впливів обстрілів. Аналіз літератури показує, що дослідження такого типу в Україні є рідкісними, що підкреслює новизну в науці.

Пропонується алгоритм, адаптований для прийняття рішень про нерухомість, який включає шість критеріїв: наприклад, поєднання ціни та класу, загальна площа, кількість кімнат, якість оздоблення, безпека району.

Під час запуску алгоритму ми використовували програмне забезпечення на Python та різні бібліотеки, такі як Pandas, NumPy та Matplotlib. Код читає дані з Excel, переводить категорії у числа, будує таблиці парних порівнянь, обчислює комбінації ваг відбору для альтернатив і критеріїв, перевіряє альтернативи та критерії. Випадкова вибірка з десяти квартир також надає гнучкість в аналізі; подача результатів (тобто графічні зображення, що показують ваги кожного критерію, і впорядковані списки згідно з цими вагами) полегшує інтерпретацію

висновків. Багатошарові вкладені композиції з об'єктивним та суб'єктивним відображенням використовуються в оцінці безпеки району.

Одним із таких елементів вкладеного картування є рівень злочинності, а іншим може бути ризик від військових дій.

Практичний аналіз та порівняння з існуючими рішеннями.

Тестування на реальних даних з ринку нерухомості Дніпра дозволило алгоритму отримати такі результати. Ваги, що стосуються певних альтернатив (ціна з безпекою району: 0,318; клас будівлі з оздобленням: 0,129; площа і кількість кімнат: 0,052), виражають уподобання потенційних покупців у учасних умовах. (0,0124) для показника консистентності матриці критеріїв показує, що оцінки мають високий ступінь надійності.

На відміну від традиційних методів, таких як відсіювання на основі переваг ціни або інтуїтивне обрання, оцінка, надана АПП, є об'єктивною і комплексною їжею для роздумів. Найпріоритетнішим застосуванням, за набором критеріїв, стало житло під номером 11495817, йшло до звичайних споживачів. Інша перевага розробленого коду полягає в тому, що комерційні платформи (такі як DOM.RIA) лише надають опцію відсіювання лише для обраних даних, а цей код показує, що увійшло першим, і, таким чином, спрощує прийняття рішень.

Підсумовуючи якісні та кількісні показники.

Автоматизація процесу вибору нерухомості, прозорість оцінок, потенціал інтеграції системи в бізнес-процеси агенції з нерухомості. Кількісні показники: низька консистентність ($0,1244 < 0,1$), різниця у пріоритетах регіонів квартир (0,1209-0,0780), що показує чіткий рейтинг, та швидкість виконання коду (обробка 10 об'єктів протягом секунд). Візуалізація результатів (графічне представлення ваг та рейтингу) полегшує сприйняття. Надійність результатів більш підтверджена математикою, що використовується в АПП, тестами на консистентність та адаптацією до реальних даних.

Оцінка результатів та недоліки.

Розроблений код є ефективним інструментом для вибору нерухомості. У порівнянні із суб'єктивними методами, він у два рази кращий для обліку об'єкт-

часу та призначення зустрічей, успішно ранжує квартири за важливими критеріями і може бути корисний як агентам з нерухомості, так і покупцям та інвесторам. Проте є недоліки: ваги критеріїв та жорстке картування знижують гнучкість; випадкова вибірка обмежує репрезентативність; відсутність економічного аналізу (наприклад, ROI) зменшує цінність для інвесторів. Крім того, суб'єктивні відображення безпеки району можуть вплинути на точність результатів, якщо дані не оновлюються.

Розроблений алгоритм і код самі по собі можуть стати предметом подальших досліджень; наприклад, інтеграція з геоаналітичними системами, невеликі налаштування можуть призвести до регулярної розсилки цін на товари поштою людям у різних містах одночасно і масовим виробництвом у той же день. Практичні роботи включають автоматизацію вибору нерухомості, яка заощадить час і поліпшить якість порад агенцій з нерухомості.

Вихідний код може бути підключений до CRM-систем або веб-додатків для досягнення найкращих результатів на ринку

Задля підвищення ефективності коду:

Дозволити користувачеві встановлювати пріоритети для критеріїв на екрані, якими можна безпосередньо маніпулювати.

Використовувати актуальні дані для побудови карт безпеки (наприклад, статистика Міністерства внутрішніх справ і карти ризиків).

Інтегрувати економічний аналіз (математика рентабельності інвестицій).

Розширити можливість налаштування фільтрів даних (наприклад, за витратами, місцем розташування, статистичною кількістю кімнат).

Подальше уточнення коду для можливості його використання на великих наборах даних та інтеграції з API сайтів нерухомості для автоматичного оновлення даних.

Список використаних джерел

1. Трофимчук О. М., Козак В. Р. *Моделі та методи прийняття рішень*. Київ: НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, 2017. 120 с.
2. Бродецький О. В. Системний аналіз та теорія прийняття рішень. *Навчальний посібник*. Київ: КНЕУ, 2019. 186 с.
3. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. *Підручник*. 8-е вид. Київ: ЗАТ «ВПОЛ», 2015. 688 с.
4. Вітлінський В. В., Скіцько В. І. Моделювання економіки. *Навчальний посібник*. Київ: КНЕУ, 2016. 208 с.
5. Волошин О. Ф., Мащенко С. О. *Моделі та методи прийняття рішень*. Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2018. 144 с.
6. Герасименко Т. О., Попова Н. В. Застосування методу аналізу ієрархій для оцінки ефективності інвестиційних проектів. *Економіка та суспільство*. 2021. № 25. С. 56–62.
7. Саати Т. Л. *Принятие решений. Метод анализа иерархий*. Москва: Радио и связь, 1993. 278 с.
8. Макарова І. В., Постнікова О. С. Застосування методу аналізу ієрархій для вибору оптимальної стратегії розвитку підприємства. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. № 65. С. 144–151.
9. Ларичев О. И. *Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах*. Москва: Логос, 2008. 392 с.
10. Андрейчикова А., Андрейчиков О. *Анализ, синтез, планирование решений в экономике*. Москва: Финансы и статистика, 2013. 464 с.
11. Трифонова О. В. Удосконалення методичного підходу до оцінки інвестиційної привабливості об'єктів нерухомості. *Ефективна економіка*. 2020. № 4. С. 87–93.

- 12.Іванов С. М., Петренко К. В. Модель багатокритеріальної оцінки інвестиційної привабливості проектів житлового будівництва. *Управління розвитком складних систем*. 2021. № 45. С. 135–142.
- 13.Павловська А. С. Використання методу аналізу ієрархій для обґрунтування вибору місцезоташування торговельного підприємства. *Науковий вісник Полісся*. 2018. № 2(14). Ч. 1. С. 150–156.
- 14.Дорош І. В. Застосування методу аналізу ієрархій в оціночній діяльності. *Інвестиції: практика та досвід*. 2019. № 18. С. 243–248.
- 15.Кобилянський О. В. Моделювання процесу управління ризиками девелоперських проектів на основі методу аналітичних мереж. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 43. С. 67–75.
- 16.*Expert Choice Software*. URL: <https://expertchoice.com/> (дата звернення: 21.06.2025).
- 17.*MakeItRational: MAI Online Software*. URL: <https://www.makeitrational.com/> (дата звернення: 21.06.2025).
- 18.Goepel, K. D. *MAI for Excel, Version 2018.06.18*. BPMSG. URL: <https://bpmsg.com/MAI-excel-template/> (дата звернення: 21.06.2025).
- 19.Куш П. Дніпро: як війна змінила життя та економіку міста-мільйонника. *Forbes Україна*. 2023. URL: <https://forbes.ua/lifestyle/dnipro-yak-viyna-zminila-zhittya-ta-ekonomiku-mista-milionnika-21072023-14981> (дата звернення: 22.06.2025).
- 20.Ковальчук О. А., Петрова І. В. Трансформація ринку житлової нерухомості великих міст України в умовах воєнного стану. *Економіка та держава*. 2023. № 5. С. 44–49.
- 21.Ринок нерухомості Дніпра: ціни, попит та прогнози 2024. *Аналітичний центр DOM.RIA*. 2024. URL: <https://dom.ria.com/uk/news/rynok-nedvyzhymosty-dnipro-tseny-popyt-y-prohnozy-256789.html> (дата звернення: 22.06.2025).

22. ЛУН. Новобудови Дніпра. *Статистика ринку*. 2025. URL: <https://lun.ua/uk/статистика-нерухомості-дніпро> (дата звернення: 22.06.2025).
23. Яке житло купують у Дніпрі: аналіз вторинного ринку. *Інформатор*. 2024. URL: <https://dp.informator.ua/uk/yake-zhitlo-kupuyut-u-dnipri-analiz-vtorinnogo-rinku> (дата звернення: 22.06.2025).
24. "єОселя": як державна програма вплинула на ринок нерухомості. *Економічна правда*. 2024. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2024/02/15/709955/> (дата звернення: 22.06.2025).
25. Огляд районів Дніпра: де краще жити? *Блог OLX*. 2023. URL: <https://blog.olx.ua/oglyad-rajoniv-dnipra-de-krasche-zhiti> (дата звернення: 22.06.2025).
26. Лех І. І. Критерії вибору житла на первинному та вторинному ринках нерухомості. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. Серія: Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. 2019. № 2(90). С. 112–118.
27. Мельник В. І. Вплив безпекових факторів на формування вартості житлової нерухомості в умовах сучасних викликів. *Інфраструктура ринку*. 2022. № 68. С. 55-61.

ВІДГУК
на кваліфікаційну роботу бакалавра
на тему: «Системний аналіз та оптимізація роботи підприємства Експерт+
працюючого на ринку нерухомості»
Студента Ткаченка Андрія Валерійовича академічної групи 124-21-1

Обсяг кваліфікаційної роботи 41 стор.

Мета кваліфікаційної роботи – розробка та впровадження моделі підтримки прийняття рішень задля вибору об'єктів нерухомості на основі МАІ.

Актуальність теми обумовлена значенням застосування управління в стратегій розвитку та вдосконалення методології вибору нерухомості в умовах економіки України. При цьому використання актуальний математичний апарату на основі сучасних методів та з використанням сучасних мов програмування є актуальними.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки в роботі проведений аналіз та розроблено алгоритм, адаптований для прийняття рішень про нерухомість, який включає шість критеріїв: наприклад, поєднання ціни та класу, загальна площа, кількість кімнат, якість оздоблення, безпека району .

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра.

Практична цінність отриманих результатів полягає в розробці ефективного алгоритму та коду інтеграція з геоаналітичними системами, невеликі налаштування можуть призвести до регулярної розсилки цін на товари поштою людям у різних містах одночасно і масовим виробництвом у той же день.

Практичні роботи включають автоматизацію вибору нерухомості, яка заощадить час і поліпшить якість порад агенцій з нерухомості.

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в умовах сучасного підприємства.

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами але мають зауваження.

Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі

У роботі відзначено такі недоліки:

1. Відсутній аналіз ринку нерухомості регіону, конкурентів та немає аналізу сучасних методів як альтернатив оцінки нерухомості..
2. Відсутнє представлення реальних даних підприємства та його аналіз.
3. Відсутні розрахункові дані при впровадженні системи підприємства.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: задовільно (60 бали) при відповідному захисті.

З урахуванням висловлених зауважень автор заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Науковий керівник

К.т.н. доц. кафедри СА і У

Малієнко А.В.

Рецензія

на кваліфікаційну роботу бакалавра
Студента Ткаченка Андрія Валерійовича академічної групи 124-21-1

Тема кваліфікаційної роботи:

Обсяг кваліфікаційної роботи: 41 стор.

Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню та освітньо-професійній програмі спеціальності кваліфікаційна робота відповідає перевірці знань та рівня підготовки виконавця за фахом спеціальності 124 Системний аналіз

Загальна характеристика кваліфікаційної роботи, актуальні задачі які не повністю розкриті, але питання які розглянуті є перспективним до економіки України. Ступінь використання літератури показує відповідне орієнтування студента в темі роботи..

Зміст роботи частково відповідає виданому завданню, але не розкритий в повній мірі та потребує подальшого доопрацювання в наступній роботі..

Матеріал у роботі викладені згідно тематики дослідження. Висновки в кінці розділів відповідають аналізу теми але не розкривають питання в повній мірі.

Позитивні сторони кваліфікаційної роботи: простежується аналіз матеріалу сучасного стану питання. В роботі частково розкрита тема та вирішені завдання. Також зазначені певні рекомендації на основі результатів, які можуть мати практичну значимість для підприємств України.

Основні недоліки кваліфікаційної роботи:

1. В кваліфікаційній роботі не зрозуміло, які існують додаткові методи аналізу питання та їх практичне застосування. Не наведений реальний стан та приклад аналізу ринку в регіоні.
2. Відсутня інформація про можливі впровадження хоча є програмна реалізація.

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: задовільно -60 балів.

З урахуванням висловлених зауважень автор заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Рецензент,

Код мовою Python

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

def load_data(file_path, sheet_name='Sheet1', header=0):
    df = pd.read_excel(file_path, sheet_name=sheet_name, header=header)
    print("Назви стовпців у DataFrame:", df.columns.tolist()) # Діагностика
    # Випадкова вибірка 10 квартир
    df = df.sample(n=10, random_state=42) # random_state для відтворюваності
    return df

class_mapping = {
    'Житло підвищеної комфортності (еліт)': 5,
    'Масова сучасна забудова (економ)': 4,
    'Масова забудова радянських часів': 3,
    'Стара забудова (дореволюційні)': 2
}

repair_mapping = {
    'Дизайнерський ремонт': 5,
    'Євроремонт': 5,
    'Чудовий стан': 5,
    'Хороший стан': 4,
    'Косметичний ремонт': 4,
    'Задовільний стан': 3,
    'Житлове': 3,
    'Потрібен косметичний ремонт': 2,
    'Потрібен капітальний ремонт': 2,
    'Чорнова штукатурка': 2,
    'Від будівельників': 1
}

district_mapping = {
    'Шевченківський район': 5,
    'Соборний район': 5,
    'Центральний район': 4,
    'Самарський район': 4,
    'Індустріальний район': 3,
    'Амур-Нижньодніпровський район': 3,
    'Чечелівський район': 2,
    'Новокодацький район': 2
}

def preprocess_data(df):
    # Очікувані назви стовпців (оновлені відповідно до Excel-файлу)
    required_columns = {
        'Ціна,$/об'єкт': 'Ціна,$/об'єкт',
        'Клас будинку': 'Клас будинку',
        'Площа,м²': 'Площа,м²',
        'Кімнат': 'Кімнат',
        'Ремонт': 'Ремонт',
        'Район міста': 'Район міста'
    }

    # Перевірка наявності стовпців
    for expected, actual in required_columns.items():
        if actual not in df.columns:
            raise KeyError(f'Стовпець '{actual}' відсутній у DataFrame. Доступні стовпці: {df.columns.tolist()}")
```

```

df['Клас будинку оцінка'] = df['Клас будинку'].map(class_mapping).fillna(3)
df['Ремонт оцінка'] = df['Ремонт'].map(repair_mapping).fillna(3)
df['Район оцінка'] = df['Район міста'].map(district_mapping).fillna(3)
return df

def get_eigenvector(matrix):
    eigenvalues, eigenvectors = np.linalg.eig(matrix)
    max_eig_idx = np.argmax(np.abs(eigenvalues))
    eigenvector = np.abs(eigenvectors[:, max_eig_idx])
    return eigenvector / np.sum(eigenvector)

def check_consistency(matrix):
    n = matrix.shape[0]
    eigenvalues, _ = np.linalg.eig(matrix)
    lambda_max = np.max(np.abs(eigenvalues))
    CI = (lambda_max - n) / (n - 1)
    RI = {1: 0, 2: 0, 3: 0.58, 4: 0.90, 5: 1.12, 6: 1.24, 7: 1.32, 8: 1.41, 9: 1.45, 10: 1.49}
    CR = CI / RI[n] if n in RI else np.inf
    return CI, CR, lambda_max

criteria_matrix = np.array([
    [1, 3, 5, 5, 3, 1],
    [1 / 3, 1, 3, 3, 1, 1 / 3],
    [1 / 5, 1 / 3, 1, 1, 1 / 3, 1 / 5],
    [1 / 5, 1 / 3, 1, 1, 1 / 3, 1 / 5],
    [1 / 3, 1, 3, 3, 1, 1 / 3],
    [1, 3, 5, 5, 3, 1]
])

# 7. Обчислення ваг критеріїв
criteria_weights = get_eigenvector(criteria_matrix)
criteria_ci, criteria_cr, _ = check_consistency(criteria_matrix)

def build_comparison_matrix(values, inverse=False):
    n = len(values)
    matrix = np.ones((n, n))
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            if i != j:
                if inverse:
                    matrix[i, j] = values[j] / values[i]
                else:
                    matrix[i, j] = values[i] / values[j]
    return matrix

def MAI_analysis(df):
    n_alternatives = len(df)
    criteria = ["Ціна,$/об'єкт", 'Клас будинку оцінка', 'Площа,м²', 'Кімнат', 'Ремонт оцінка', 'Район оцінка']
    alternative_weights = np.zeros((n_alternatives, len(criteria)))

    for idx, criterion in enumerate(criteria):
        values = df[criterion].values
        inverse = (criterion == "Ціна,$/об'єкт") # Нижча ціна краща
        matrix = build_comparison_matrix(values, inverse)
        weights = get_eigenvector(matrix)
        alternative_weights[:, idx] = weights

    # Глобальні пріоритети
    global_priorities = alternative_weights @ criteria_weights

    return global_priorities, alternative_weights

def visualize_results(df, global_priorities, criteria_weights):

```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.bar(df['Код оголошення на сайті'].astype(str), global_priorities)
plt.xlabel('Код оголошення')
plt.ylabel('Глобальний пріоритет')
plt.title('Рейтинг квартир за методом MAI')
plt.xticks(rotation=45)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(8, 5))
plt.bar(['Ціна', 'Клас будинку', 'Площа', 'Кімнати', 'Ремонт', 'Район'], criteria_weights)
plt.xlabel('Критерій')
plt.ylabel('Вага')
plt.title('Ваги критеріїв')
plt.tight_layout()
plt.show()
```

```
file_path = r"C:\Users\Asus\PycharmProjects\PythonProject3\APM Аналітика.xlsx" # Перевірте шлях
df = load_data(file_path, sheet_name='Sheet1', header=0)
df = preprocess_data(df)
global_priorities, alternative_weights = MAI_analysis(df)
visualize_results(df, global_priorities, criteria_weights)
print("Ваги критеріїв:", criteria_weights)
print("Коефіцієнт узгодженості критеріїв:", criteria_cr)
print("\nРейтинг квартир:")
for idx, priority in enumerate(global_priorities):
    print(f"Квартира {df['Код оголошення на сайті'].iloc[idx]}: {priority:.4f}")
```

кваліфікаційна робота НТУ "ДГ" "ДГ"