

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# **СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ**

Методичні вказівки  
до виконання циклу практичних робіт «Метод аналізу ієрархій»  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія»  
та 125 «Кібербезпека»

Київ 2024

УДК 681.3.06 (075.8)

С34

Укладач: О.В. Ізмайлова, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Є.Є. Шабала канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Ю.І. Хлапонін д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри кібербезпеки та комп'ютерної інженерії, протокол №1 від 29 серпня 2024 року.*

В авторській редакції.

**Системний** аналіз [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання циклу практичних робіт «Метод аналізу ієрархій» / уклад. Ізмайлова О.В. – Київ : КНУБА, 2024. – 28 с.

Містять зміст, порядок оформлення і вказівки до виконання циклу практичних робіт «Метод аналізу ієрархій».

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія» та 125 «Кібербезпека».

© КНУБА, 2024

## ЗМІСТ

Загальні положення.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1. Загальна характеристика методу аналізу ієрархій.....	5
2. Теоретичні положення методу аналізу ієрархій та приклад практичної реалізації його етапів .....	7
2.1 Етапи реалізації методу аналізу ієрархій.....	7
2.2. Змістовна характеристика задачі, що обрана в якості прикладу реалізації етапів МАІ .....	7
2.3 Теоретичні положення МАІ та приклад реалізації його етапів .....	9
Контрольні запитання.....	18
3. Цикл практичних робіт «метод аналізу ієрархій».....	19
3.1 Склад практичних робіт циклу .....	19
3.2. Мета циклу практичних робіт.....	19
3.3. Зміст циклу практичних робіт .....	19
3.4. Приклади типів завдань.....	20
3.5. Оформлення звіту по виконанню циклу практичних робіт.....	22
Список джерел інформації .....	23
<i>Додаток</i> .....	24

## **Загальні положення**

В сучасних умовах розвитку можливостей нових інформаційних систем, постійного поширення сфери їх використання, глобальної комп'ютеризації та застосування інформаційно-обчислювальних мереж, сучасних можливостей та вимог хмарних обчислень, поширення нових джерел та видів загроз для всього інформаційного середовища стає все більш актуальним базування в практиці на основах сучасних методів системного аналізу, спрямованих на оптимізацію приймаємих рішень побудови захищених систем в умовах слабкої структуризації проблем і неповної визначеності даних [2-3]. Це стосується і розв'язання прикладних задач прийняття рішень у визначеній предметній області, і задач, зв'язаних з управлінням роботою самої комп'ютерної системи з метою аналізу станів системи, визначення її «слабких» місць, пошуку шляхів оптимізації функціонування та розвитку, прогнозування поведінки системи та очікуваних впливів зовнішнього середовища тощо.

У методології системного аналізу в якості однієї з найбільш вагомих складових розглядаються методи експертного оцінювання, які базуються на комплексному інтуїтивному та логічному мисленню експертів, формальній обробці кількісно та якісно визначених їх суджень. Обробка їх суджень дає змогу отримати показники для прийняття рішень та оцінки альтернатив підчас розв'язання слабо структурованих проблем системного аналізу [2-6].

У рамках цієї дисципліни студентам пропонується виконання циклу практичних робіт із застосуванням методів експертного оцінювання під час розв'язання задач системного аналізу та прийняття рішень у предметній області кібербезпеки та комп'ютерної інженерії. Практичні роботи базуються на застосуванні метода аналізу ієрархій (MAI).

# 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

Метод аналізу ієрархій (МАІ) – математичний інструмент системного підходу до складних проблем прийняття рішень. МАІ не наказує особі, що приймає рішення (ОПР), якого-небудь «правильного» рішення, а дає змогу їй в інтерактивному режимі знайти такий варіант (альтернативу), який найкращим чином узгоджується з його розумінням суті проблеми і вимогами до її вирішення.

Цей метод розроблений американським математиком Томасом Сааті, який написав про нього книги, розробив програмні продукти і протягом 20 років проводить симпозиуми ISANP (англ. International Symposium on

A  
n  
a  
l  
y  
t  
i  
c

H  
i

e  
r  
a  
r  
c  
h  
y

P  
r  
o  
c  
e  
s  
s

)

[  
1

]

- Метод аналізу ієрархій використовується у всьому світі для прийняття рішень в різноманітних ситуаціях: від управління на міждержавному рівні до вирішення галузевих і приватних проблем в бізнесі, промисловості, охороні здоров'я та освіті. Для комп'ютерної підтримки МАІ існують програмні продукти, розроблені різними компаніями. Наведемо окремі приклади:
- Вплив глобальної зміни клімату (*Fondazione Eni Enrico Mattei*).
- Кількісна оцінка загальної якості програмних систем (*Microsoft Corporation*).
- Вибір університетського факультета (*Bloomsburg University of Pennsylvania*).
- Вирішення питання про місцезнаходження офшорних виробництв (*Кембриджський університет*)

- Оцінка ризику в процесі експлуатації міжнародних нафтопроводів (*Американське товариство цивільних інженерів*).
- Вирішення, як найкраще керувати вододілами США (*Міністерство сільського господарства США*).
- Визначення та оцінка найефективніших підходів до впровадження SAP (SAP Experts).
- Прискорене будівництво мостів – інструмент прийняття рішень, який допомагає визначити життєздатність прискореного будівництва мостів у порівнянні з традиційними методами будівництва та у виборі відповідних стратегій будівництва та укладання договорів для кожного конкретного випадку.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ТА ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ЙОГО ЕТАПІВ

### 2.1 Етапи реалізації методу аналізу ієрархій

Послідовність реалізації методу аналізу ієрархій включає такі етапи:

1. Побудова якісної моделі проблеми у вигляді ієрархії, що включає мету, альтернативні варіанти досягнення мети та критерії для оцінки якості альтернатив.
2. Визначення пріоритетів усіх елементів ієрархії з використанням методу експертного оцінювання на основі парних порівнянь.
3. Перевірка суджень експерта на узгодженість.
4. Синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійної згортки пріоритетів елементів на ієрархії.
5. Прийняття рішення на основі отриманих результатів

### 2.2. Змістовна характеристика задачі, що обрана в якості прикладу реалізації етапів МАІ

У прикладі розглядається задача оцінки якості (ефективності) існуючих варіантів програмного забезпечення (ПЗ) інформаційної системи. Якість програмного забезпечення в прикладі розглядається як комплексний показник, що визначає міру досягнення цілі максимальної відповідності ПЗ вимогам замовника. Комплексний показник якості ПЗ у нашому прикладі розглядається як набір властивостей продукту (сервісу або програм), що характеризують його здатність задовольнити встановлені або передбачувані потреби замовника. Для оцінки відповідності встановленим властивостям визначається ієрархічна структура критеріїв оцінювання.

Керуючись стандартом ISO 9126:2001, у нашому прикладі визначаємо таку ієрархію критеріїв оцінки ПЗ для досягнення поставленої мети:

**К1. Функціональність (functionality).** Здатність ПЗ у певних умовах вирішувати задачі, потрібні замовнику. Визначає, що саме робить ПЗ, які задачі воно вирішує.

К1.1. Функціональна придатність (suitability). Здатність вирішувати потрібний набір задач.

К1.2. Точність (accuracy). Здатність видавати потрібні результати.

К1.3. Здатність до взаємодії (interoperability). Здатність взаємодіяти з потрібним набором інших систем.

К1.4. Відповідність стандартам і правилам (compliance). Відповідність ПЗ наявним індустріальним стандартам, нормативним і законодавчим актам, іншим регулюючим нормам.

К1.5. Захищеність (security). Здатність запобігати неавторизованому, тобто без вказівки особи, що намагається його здійснити, і недозволеному доступу до даних і програм.

**К2. Надійність (reliability).** Здатність ПЗ підтримувати визначену працездатність у заданих умовах.

К2.1. Зрілість, завершеність (maturity). Величина, зворотна частоті відмов ПЗ. Зазвичай виміряється середнім часом роботи без збоїв і величиною, зворотною імовірності виникнення відмови за певний період часу.

К2.2. Стійкість до відмов (fault tolerance). Здатність підтримувати заданий рівень працездатності у разі відмов і порушень правил взаємодії з середовищем.

К2.3. Здатність до відновлення (recoverability). Здатність відновлювати визначений рівень працездатності та цілісність даних після відмови, необхідні для цього час і ресурси.

К2.4. Відповідність стандартам надійності (reliability compliance).

**К3. Зручність використання (usability) або практичність.** Здатність ПЗ бути зручним у навчанні та використанні, а також привабливим для користувачів.

К3.1. Зрозумілість (understandability). Показник, зворотний до зусиль, які затрачаються користувачами на сприйняття основних понять ПЗ та усвідомлення їх застосовності для розв'язання своїх задач.

К3.2. Зручність навчання (learnability). Показник, зворотний зусиллям, затраченим користувачами на навчання роботі з ПЗ.

К3.3. Зручність роботи (operability). Показник, зворотний зусиллям, що вживається користувачами для розв'язання своїх задач за допомогою ПЗ.

К3.4. Привабливість (attractiveness). Здатність ПЗ бути привабливим для користувачів. Цей атрибут доданий в 2001 році.

К3.5. Відповідність стандартам зручності використання (usability compliance).

**К4. Зручність супроводу (maintainability).** Зручність проведення всіх видів діяльності, пов'язаних із супроводом програм.

К4.1. Аналізованість (analyzability) або зручність проведення аналізу. Зручність проведення аналізу помилок, дефектів і недоліків, а також зручність аналізу необхідності змін і їх можливих наслідків.

К4.2. Зручність внесення змін (changeability). Показник, зворотний трудозатратам на виконання необхідних змін.

К4.3. Стабільність (stability). Показник, зворотний ризику виникнення несподіваних ефектів при внесенні необхідних змін.

К4.4. Зручність перевірки (testability). Показник, зворотний трудозатратам на проведення тестування і інших видів перевірки того, що внесені зміни привели до потрібних результатів.

К4.5. Відповідність стандартам зручності супроводу (maintainability compliance). Цей атрибут доданий в 2001 році.

**К5. Переносимість (portability).** Здатність ПЗ зберігати працездатність у разі перенесення з одного оточення в інше, включаючи організаційні, апаратні й програмні аспекти оточення.

К5.1. Адаптованість (adaptability). Здатність ПЗ пристосовуватися різним оточенням без проведення для цього дій, крім заздалегідь передбачених.

К5.2. Зручність установки (installability). Здатність ПЗ бути встановленим або розгорнутим у визначеному оточенні.

К5.3. Здатність до співіснування (coexistence). Здатність ПЗ співіснувати з іншими програмами у загальному оточенні, ділячи з ними ресурси.

У розглядаємому прикладі ставиться задача з застосуванням МАІ провести порівняльну оцінку якості п'яти альтернативних варіантів ПЗ: А, В, С, D, Е на основі критеріїв вищого рівня ієрархії:

- К1. Функціональність,
- К2. Надійність,
- К3. Зручність використання,
- К4. Зручність супроводу,
- К5. Переносимість.

## **2.3 Теоретичні положення МАІ та приклад реалізації його етапів**

Розглянемо головні теоретичні положення МАІ на основі характеристики етапів реалізації метода з ілюстрацією їх виконання на нашому прикладі.

**Етап 1. Побудова якісної моделі проблеми у вигляді ієрархії, що включає мету, альтернативні варіанти досягнення мети та критерії для оцінки якості альтернатив.** Аналіз проблеми прийняття рішень в МАІ починається з побудови ієрархічної структури, яка включає мету, критерії, альтернативи та інші аналізовані чинники, що впливають на вибір. Ієрархічна структура проблеми для нашого прикладу представлена на рис. 2.1.

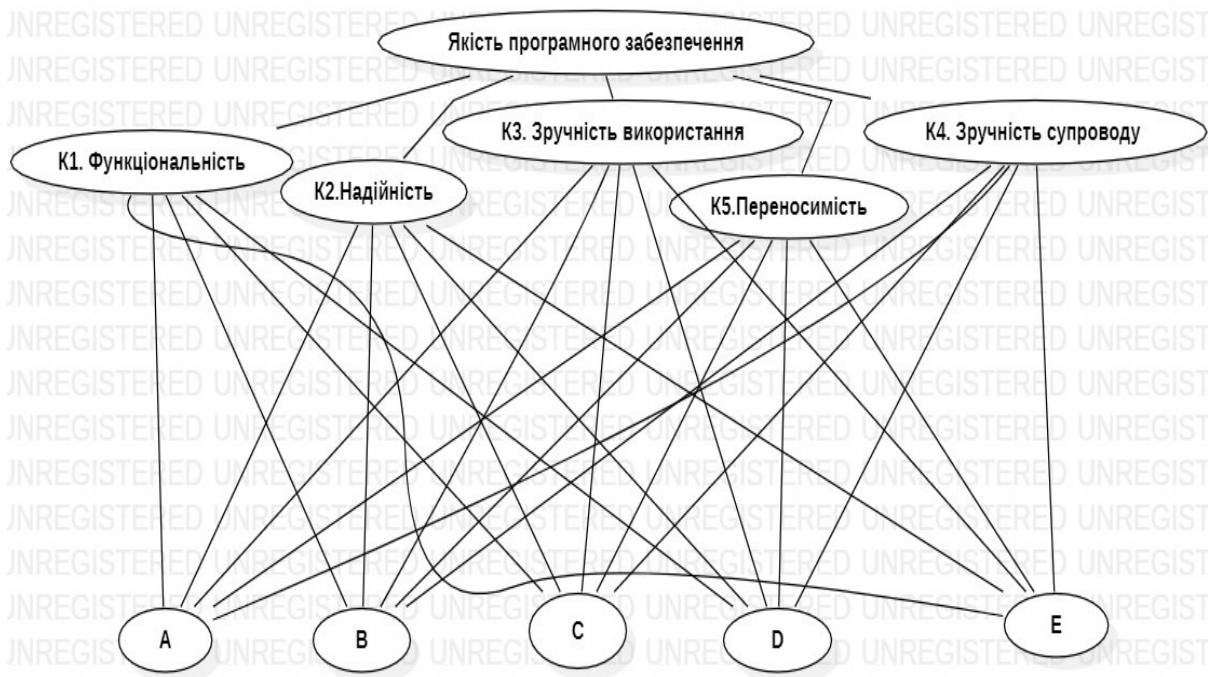


Рис.2.1. Ієрархічна структура проблеми прийняття рішень про оцінку альтернативних варіантів ПЗ

**Етап 2. Визначення пріоритетів всіх елементів ієрархії з використанням методу експертного оцінювання на основі парних порівнянь.** На кожному рівні ієрархії експертом проводиться порівняння в парах елементів структури, де уподобання особи, що приймає рішення, або експерта, виражаються за допомогою шкали відносних рівнів важливості Сааті. Шкала (табл. 2.1) містить 5 рівнів і 4 підрівні, які описують інтенсивність, з відповідними числовими значеннями в межах від 1 до 9.

Для порівняння на кожному рівні ієрархії об'єктів в результаті оцінювання експертів будується матриця парних порівнянь (табл. 2.2).

## Шкала парних порівнянь

Ступінь переваги важливості одного об'єкта над іншим	Міра важливості (значущість переваги)
Рівна важливість. Немає переваги	1
Слабка перевага по важливості Слабка перевага	3
Істотна або сильна перевага по важливості Сильна перевага	5
Дуже сильна або значна перевага важливості, Дуже сильна перевага	7
Абсолютна перевага по важливості	9
Проміжна оцінка міри переваги	2, 4, 6, 8

Таблиця 2.2.

## Матриця парних порівнянь

Об'єкт оцінювання	Об'єкт оцінювання				
	$W_1$	...	$W_q$	...	$W_n$
$W_1$	$\alpha_{11}$	...	$\alpha_{1q}$	...	$\alpha_{1n}$
...	...	...	...	...	...
$W_m$	$\alpha_{m1}$	...	$\alpha_{mq}$	...	$\alpha_{mn}$
...	...	...	...	...	...
$W_n$	$\alpha_{n1}$	...	$\alpha_{nq}$	...	$\alpha_{nn}$

Парні порівняння здійснюються в термінах визначення експертом ступенів переваги одного об'єкту  $W_m$  над іншим  $W_q$ . При цьому якісні інтуїтивні оцінки експерта перетворюються в кількісні, які виражаються в цілих числах. Якщо рівень  $W_m$  домінує над  $W_q$ , то елемент матриці, що відповідає стрічці  $W_m$  та стовбцю  $W_q$ , заповнюється цілим числом згідно з табл.2.1, при цьому елемент, що відповідає стрічці  $W_q$  та стовбцю  $W_m$  заповнюється оберненим числом, тобто дробом  $\alpha_{qm} = 1/\alpha_{mq}$ . Якщо об'єкт  $W_m$  не домінує над  $W_q$ , то відбувається зворотне. Якщо вважається, що об'єкти  $W_q$  і  $W_m$  однаково важливі, то в обидві позиції ставиться одиниця.

Ця матриця повинна володіти властивістю зворотної симетричності.

Позначимо як  $\beta^p = (\beta^p_{W_1}, \beta^p_{W_2}, \dots, \beta^p_{W_i}, \dots, \beta^p_{W_n})$  – вектор ваг альтернатив  $W_i$  в оцінках  $p$ -того експерта:

$$0 \leq \beta^p_{W_i} \leq 1, \sum_{i=1}^7 \beta^p_{W_i} = 1. \quad (2.1)$$

У табл. 2.3 – 2.7 для нашого прикладу наведені матриці парних порівнянь альтернативних варіантів ПЗ по критеріям вищого рівня ієрархії, у табл. 2.8 – порівняльна оцінки важливості (ваги) критеріїв.

Таблиця 2.3

**Порівняльна оцінка варіантів по критерію К1. Функціональність**

	A	B	C	D	E
A	1	1	10	1	1
B	1	1	1	1	1
C	0,1	1	1	1	1
D	1	1	1	1	1
E	1	1	1	1	1

Таблиця 2.4

**Порівняльна оцінка варіантів по критерію К2. Надійність**

	A	B	C	D	E
A	1	6	0,2	0,33	5
B	0,166667	1	0,33	0,2	2
C	5	3,030303	1	3	9
D	3,030303	5	0,333333	1	7,00
E	0,2	0,5	2	0,142857	1

Таблиця 2.5

**Порівняльна оцінка варіантів по критерію К3. Зручність використання (usability) або практичність**

	A	B	C	D	E
A	0,1	1	3	7	5
B	1	1	0,33	0,5	3
C	0,142857	2	1	2	0,5
D	0,2	0,333333	0,5	B	0,30
E			0,1	3,333333	1

Таблиця 2.6

**Порівняльна оцінка варіантів по критерію К4.Зручність  
супроводу (maintainability)**

	A	B	C	D	E
A	1	1	1	0,2	0,2
B	1	1	0,15	0,2	0,2
C	1	6,666667	1	5	5
D	5	5	0,2	1	1,00
E	5	5	0,1	1	1

Таблиця 2.7

**Порівняльна оцінка варіантів по критерію К5.Продуктивність  
(efficiency) або ефективність**

	A	B	C	D	E
A	1	0,2	0,3	0,14	6
B	5	1	2	0,5	9
C	3,333333	0,5	1	0,2	7
D	7,142857	2	5	1	11,00
E	0,166667	0,111111	0,1	0,090909	1

Таблиця 2.8

**Порівняльна оцінка ваги критеріїв вищого рівня ієрархії**

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	0,33	1	2	1
K2	3,030303	1	3	1	1
K3	1	0,333333	1	0,33	0,33
K4	0,5	1	3,030303	1	1,00
K5	1	1	3	1	1

Після проведення всіх парних порівнянь для елементів сусідніх рівнів обчислюємо важливість (вага) об'єкта  $\beta^p_{w_i}$  таким чином:

- Визначаємо нормалізований вектор локальних пріоритетів:

$$OB_{w_m} = \sqrt[n]{\prod_{q=1}^n a_{mq}}; \quad (2.3)$$

- Нормуємо компоненти вектора шляхом ділення кожної компоненти на суму всіх компонент цього вектору (2.4.):

$$\beta_{w_m}^p = \frac{OB_{w_m}}{\sum_{m=1}^n OB_{w_m}}; \quad (2.4.)$$

У табл. 2.9. в якості прикладу наведені результати розрахунків за формулами 4.3 та 4.4 важливості варіантів ПЗ по критерію К2. Надійність (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.9

**Оцінка важливості варіантів ПЗ к критерію К2. Надійність**

	A	B	C	D	E	$OB_{w_m}$	$\beta_{w_m}^p$
A	1	6	0,2	0,33	5	1,146392	0,153399
B	0,166667	1	0,33	0,2	2	0,466106	0,06237
C	5	3,030303	1	3	9	3,329385	0,445506
D	3,030303	5	0,333333	1	7,00	2,040265	0,273008
E	0,2	0,5	2	0,142857	1	0,491119	0,065717
						7,473266	1

**Етап 3. Перевірка суджень експерта на узгодженість.** Повна узгодженість суджень експерта характеризується тим, що в матриці його оцінок зберігається кардинальна узгодженість:  $a_{ij} a_{jk} = a_{ik}$ . В умовах, коли експерту без додаткових розрахунків надається можливість інтуїтивно попарно порівняти всі об'єкти один з одним на основі встановленої якісної шкали, забезпечити кардинальну узгодженість є не тільки недосяжним і інколи і небажаним. Її порушення в рамках транзитивності думок експерта в рамках збереження підпорядкованої узгодженості уточнює оцінку експерта. У МАІ порушення узгодження розглядається як невід'ємна частина і цим МАІ відрізняється множини подібних методів. Але при цьому ставиться питання відокремлення порушення узгодження «уточнення» оцінки та алогічності проведених оцінок. Надійні рішення не можуть бути прийняті без достатнього рівня узгодженості і МАІ пропонує математичний апарат для встановлення ступеню надійності рішень, що приймаються.

При розгляданні умови кардинальної узгодженості думок експерта зберігається умова:

$$a_{mq} = \beta_m / \beta_q; \quad (2.5)$$

При цьому виконується таке відношення:

$$\sum_{q=1}^n a_{mq} \times \beta_q = \sum_{q=1}^n \beta_m / \beta_q \times \beta_q = n \times \beta_m; \quad (2.6)$$

У разі порушення узгодженості оцінок експерта умова (2.5) порушується:

$$a_{mq} \neq \beta_m / \beta_q \quad (2.7)$$

Так, в нашому прикладі (див. табл. 4.8):

$$a_{AC} \neq \beta_A / \beta_C; \quad 0.2 \neq 0,153399 / 0,445506;$$

При цьому на відміну від відношення 2.6 буде виконане таке відношення:

$$\sum_{q=1}^n a_{mq} \times \beta_q = \lambda_{max} \times \beta_m, \quad (2.8).$$

де  $\lambda_{max}$  – максимальне особисте число матриці, що визначається шляхом обчислення:

$$\lambda_{max} = \sum_{m=1}^7 \lambda_{max\ m} \times \beta^{p_{W_m}}, \quad (2.9)$$

$$\lambda_{max\ m} = \frac{\sum_{q=1}^7 a_{mq} \cdot \beta^{p_{W_q}}}{\beta^{p_{W_m}}} \quad (2.10)$$

Оцінка узгодженості проводиться на основі коефіцієнта узгодженості  $CR$ . Ознакою недопустимого рівня узгодженості оцінок експерта є умова  $CR > 0,1$ .

$$CR = CI / RI, \quad (2.11)$$

де  $CI$  – індекс узгодженості;

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1). \quad (2.12)$$

$RI$  – стохастичний коефіцієнт узгодженості. Його значення визначається на основі що залежить від розмірності матриці і враховує її обернену симетричну побудову (табл. 2.10) або розраховується за формулою:

$$RI = \frac{1.98 (n-2)}{n}; \quad (2.13)$$

Таблиця 2.10

### Стохастичний коефіцієнт узгодженості $RI$

Розмір матриці	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$RI$	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

У табл. 2.11 наведений приклад оцінки узгодженості думок експерта

з оцінки варіантів ПЗ за критерієм К2. Надійність (див. табл. 2.9) на основі ф. 2.8 відхиляється від порядку матриці, який у даному випадку дорівнює 5. Отримане значення  $CR = 0,181232$ , підтверджує, що в нашому прикладі спостерігається високий рівень неузгодженості оцінки експерта, тому недоцільне використання результатів оцінювання на наступному кроці реалізації. В цих умовах експерту пропонується проаналізувати свої оцінки, визначити помилки та внести відповідні правки.

Таблиця 2.11

**Оцінка узгодженості оцінок експерта по оцінці варіантів ПЗ за критерієм К2 Надійність**

n	5
$\lambda_{max}^a$	9,202445
$\lambda_{max}^b$	5,584893
$\lambda_{max}^c$	4,158489
$\lambda_{max}^d$	5,584893
$\lambda_{max}^e$	5,584893
$\lambda_{max}$	6,023123
CI	0,215304
RI	1,188
CR	0,181232

**Етап 4. Синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійної згортки пріоритетів елементів на ієрархії прийняття рішення на основі отриманих результатів.** Синтез глобальних пріоритетів альтернатив проводиться шляхом визначення показника  $V_i$ . Показник  $V_i$  надає порівняльну оцінку важливості (пріоритетності) варіантів на основі різних критеріїв з врахуванням їх ваги:

$$V_i = \sum_{j=1}^n v_{ij} \times \beta_j, \quad (2.14)$$

де  $v_{ij}$  – порівняльна оцінка важливості (пріоритетності)  $i$ -го варіанта на основі  $j$ -го критерію;  $\beta_j$  – порівняльна вага  $j$ -го критерію.

У табл. 2.12 наведений результат розрахунку показників варіантів ПЗ на основі даних, що наведені в табл. 2.3 – 2.8 і їх графічна інтерпретація (рис. 2.2).

Приклад розрахунку показника  $V_i$  при оцінці варіантів ПЗ

Варіанти ПЗ	Порівняльна оцінка важливості варіанта на основі встановлених критеріїв оцінювання ПЗ ( $v_{ij}$ )					$V_i$
	К1	К2	К3	К4	К5	
А	0,222	0,153399	0,65	0,05	0,07	0,153118
В	0,547	0,06237	0,08	0,05	0,227	0,25
С	0,057	0,445506	0,125	0,55	0,151	0,329376
Д	0,07	0,273008	0,076	0,187	0,483	0,270581
Е	0,102	0,065717	0,067	0,163	0,022	0,083656
Вага критеріїв ( $\beta_j$ )	0,09	0,273	0,09	0,273	0,273	

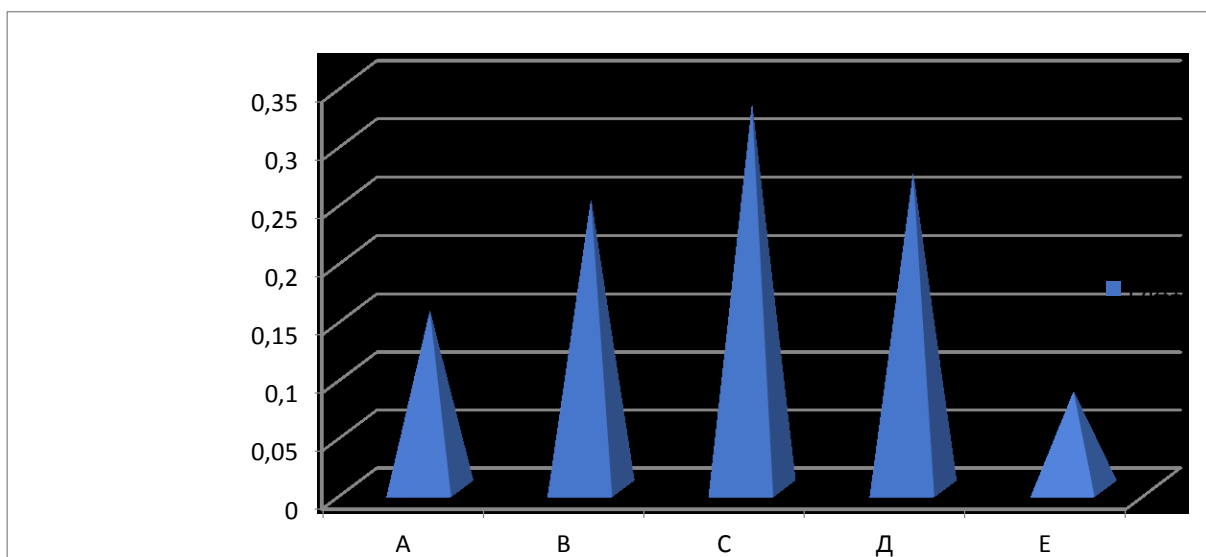


Рис. 2.2. Графічна інтерпретація результатів розрахунку

**Етап 5. Прийняття рішення на основі отриманих результатів.** Аналіз отриманих результатів проводить ОПР і приймає рішення про можливість їх застосування або визначає потребу про зміну умов оцінювання і проведення додаткових сеансів оцінювання

## Контрольні питання

1. У чому полягає суть методу аналізу ієрархій?
2. Які основні типи ієрархій розглядаються в МАІ?
3. Назвіть головні етапи реалізації МАІ.
4. Проаналізуйте проблеми побудови системи на основі МАІ.
5. МАІ при застосуванні метода аналізу цілей побудови системи.
6. В якій послідовності будуються матриці попарних порівнянь та та їх змістовна сутність?
7. В якій шкалі реалізуються парні порівняння?
8. Які змістовні градації є в шкалі порівняльної оцінки?
9. Чим пояснюється побудова матриць попарних порівнянь в МАІ?
10. Якими методами можуть бути обчислені значення локальних пріоритетів?
11. Що таке ієрархія критеріїв в МАІ?
12. Виходячи з яких міркувань визначається міра узгодженості?
13. Який змістовний сенс має відношення узгодженості?
14. Що є метою ієрархічного синтезу?

### 3. ЦИКЛ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ «МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ»

#### 3.1. Склад практичних робіт циклу

У табл. 3.1 наведено склад практичних робіт циклу та визначено етапи, які мають бути виконані в рамках окремої роботи.

Таблиця 3.1

Склад практичних робіт

Номер практичної роботи	Назва практичної роботи	Етапи МАІ
1.	М е т	1,2
2.	Перевірка суджень експертів на узгодженість.	3
3.	Синтез глобальних пріоритетів альтернатив шляхом лінійної згортки пріоритетів елементів на ієрархії та прийняття рішення на основі отриманих результатів	4,5

#### 3.2. Мета циклу практичних робіт

**Мета циклу робіт** – закріплення теоретичних знань та набуття навичок застосування методу аналізу ієрархій при розв’язанні задач оцінки рішень на різних етапах системного аналізу при побудові та модернізації інформаційних систем та технологій.

#### 3.3. Зміст циклу практичних робіт

**Студент отримує завдання на виконання циклу практичних робіт, в якому визначається:**

1. Змістовна постановка задачі оцінки альтернатив в обраній предметній області.
2. Множина критеріїв оцінки альтернатив.
3. Якісна або кількісна характеристика переваг критеріїв.
4. Якісна або кількісна характеристика переваг альтернатив в сенсі встановлених критеріїв.

### 3.4. Приклади типів завдань

Для виконання циклу робіт передбачені три типи завдань.

**Перший тип завдання.** Студент виконує етапи роботи на основі таких вхідних даних:

1. Змістовна постановка задачі оцінки альтернати в обраній предметній області.
2. Множина критеріїв оцінки альтернатив.
3. Якісна характеристика переваг критеріїв.
4. Якісна характеристика переваг альтернатив в сенсі встановлених критеріїв.

#### **Приклад завдання першого типу:**

**1. Змістовна постановка задачі:** Вибір інтернет провайдера з чотирьох альтернативних варіантів : А,В,С,Д.

**2. Множина критеріїв оцінки альтернатив:**

- Гарантія стабільної роботи і висока відмовостійкість мережі;
- Цілодобова кваліфікована техпідтримка;
- Найзручніші варіанти оплати;
- Кожному абоненту послуги Інтернет надається стартовий набір.

**3. Якісна характеристика переваг критеріїв:** При прийнятті рішень експерт вважає найбільш вагомим критерій «Ізоляція вірусного та іншого шкідливого коду в мережі ІТ», незначно йому уступає критерій «Гарантія стабільної роботи і висока відмовостійкість мережі», суттєво менший вплив мають критерії «Цілодобова кваліфікована техпідтримка» та «Найзручніші варіанти оплати».

**4. Якісна характеристика переваг альтернатив по встановленим критеріям:**

**Гарантія стабільної роботи і висока відмовостійкість мережі:** найбільша – у «А», трохи менше – у «С», набагато менше – у «В», найменша – у «D».

**Цілодобова кваліфікована техпідтримка:** найвищий рівень – «В», трохи менше – у «D», ще менше – у «А», найменший – «С».

**Найзручніші варіанти оплати:** найзручніша – у «А», трохи гірше – у «С» і « D», найгірша – у «В».

**Ізоляція вірусного та іншого шкідливого коду в мережі ІТ:** найкраща якість – у «А», трохи гірше – у «С», ще гірше – у «В», найнеякісніші – у «D».



### **Приклад завдання третього типу**

**Змістовна постановка задачі.** Визначається інформаційний актив компанії, тип існуючої загрози за аспектом інформаційної безпеки (конфіденційність, цілісність, доступність). Треба самостійно в якості експерта провести порівняльну оцінку очікуваних наслідків реалізації загрози для інформаційного активу по критеріях очікуваного збитку за визначеним аспектом інформаційної безпеки. Склад критеріїв визначає студент. Наведемо як приклад такий склад критеріїв:

- Розголошення персональних даних.
- Розголошення комерційних даних.
- Порушення вимог правозахисних органів.
- Фінансові втрати.

### **3.5. Оформлення звіту про виконання циклу практичних робіт**

Результати виконання циклу практичних робіт мають бути подані у вигляді звіту, який включає:

- титульну сторінку (див. додаток);
- завдання на виконання роботи;
- математична постановка та реалізація етапів 1-5. Розрахункову частину рекомендується виконати з застосуванням Microsoft Excel або інших мов програмування;
- висновки по роботі.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. Front Cover. Thomas L. Saaty. McGraw-Hill International Book Company, 1980. – 287 p.

2. Системний аналіз та прийняття рішень в інформаційній безпеці: підручник. / В.Л. Бурячок, С.В.Толюпа, А.О. Аносов та ін. – Київ :ДУТ, 2015. – 345 с.

3. Катренко А.В. Системний аналіз : підручник / А.В. Катренко, В.В. Пасічник. – Львів : Новий світ-2000, 2020. – 396 с.

4. Izmailova O. Assessing the Variety of Expected Losses upon the Materialisation of Threats to Banking Information /O.Izmailova, H. Krasovska, K. Krasovska ,V. Zaslavskiy// *Information & Security: An International Journal* , vol. 45 (2020): 89-118 <https://doi.org/10.11610/isij.450>

5. Yurii Khlaponin, Olha Izmailova, Nameer Hashim Qasim, Hanna Krasovska, Kateryna Krasovska. Management risks of dependence on key employees: identification of personnel. Workshop on "Cybersecurity Providing in Information and elecommunication Systems" (CPITS 2021) [http://sec.picst.org/January 28, 2021 pp 295-308](http://sec.picst.org/January%2028,%202021%20pp%20295-308) <http://ceur-ws.org/Vol-2923/paper33.pdf>. Scopus

6. Khlaponin Y., Izmailova O., Krasovska H., Krasovska K., Bodnar N., Abbas S.Q. Base of models of the information security risks assessment systemBase of models of the information security risks assessment systemProceedings of FRUCT'35Tampere, Finland, 24-26 April 2024 Oy, Finland, ISSN 2305-7254, ISBN 978-952-65246-1-0,Issue 1, p.352-366 Scopus <https://fruct.org/publications/volume-35/fruct35/files/Khl.pdf>

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**автоматизації і інформаційних технологій  
(факультет)**

**кібербезпеки та комп'ютерної інженерії  
(кафедра)**

**Цикл практичних робіт «Метод аналізу ієрархій»  
з дисципліни «Системний аналіз»**

---

(назва теми)

Виконав: студент \_\_\_3 курсу\_\_\_\_\_,  
групи \_\_\_\_\_  
Спеціальності: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Київ \_\_\_(рік)

Навчально-методичне видання

# СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

Методичні вказівки  
до виконання циклу практичних робіт «Метод аналізу ієрархій»  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія»  
та 125 «Кібербезпека»

Укладач **Ізмайлова** Ольга Василівна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1?39. Обл.-вид. арк. 1,5  
Електронний документ. Вид № 48/V-24.

Виконавець і виготовлювач  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р