

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до проведення практичних занять
із дисципліни

«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання спеціальності
126 – Інформаційні системи та технології)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2023

Методичні рекомендації до проведення практичних занять із дисципліни «Системний аналіз» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання спеціальності 126 – Інформаційні системи та технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. М. Штельма. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 28 с.

Укладач О. М. Штельма

Рецензент

О. Б. Костенко, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою комп'ютерних наук і інформаційних технологій,
протокол № 1 від 01.09.2022.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Побудова ієрархій (структуризація відносин).....	5
2 Побудова ієрархій для системи з циклами.....	12
3 Метод аналізу ієрархій. Вектор пріоритетів.....	14
4 Метод аналізу ієрархій. Розрахування локальних пріоритетів. Синтез пріоритетів.....	21
Список рекомендованої літератури.....	27

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Системний аналіз» є виробити навички системного мислення у здобувачів і підготувати їх до рішення практичних задач аналізу і синтезу систем.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Системний аналіз» є вивчення методології системного підходу, широко застосовуваного при вирішенні глобальних і спеціальних проблем, таких як екологічний моніторинг, керування технологічними процесами, промисловими і транспортними системами, наукові дослідження, технічне діагностування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

- знати парадигму імперативного об'єктно-орієнтованого логічного програмування; основи системного аналізу, моделювання систем;
- уміти аналізувати та вибирати обчислювальні методи розв'язання задач проектування за критеріями мінімізації обчислювальних витрат, стійкості, складності тощо; вибирати стратегії для планування життєвого циклу системи; визначати організаційну, економічну, технічну та операційну здійсненність проекту;
- отримати такі компетентності: аналізу організаційного оточення, існуючі системи, синтезу вимог до системи; розробки вимог та специфікації компонентів інформаційних систем і об'єктів професійної діяльності.

1 ПОБУДОВА ІЄРАРХІЙ (СТРУКТУРИЗАЦІЯ ВІДНОСИН)

Ієрархія – це система, що складається з об'єктів (елементів), згрупованих у незалежні підмножини (групи). Об'єкти i -ої групи знаходяться під впливом об'єктів $(i+1)$ групи i , у той же час, впливають на об'єкти $(i-1)$ групи. Ці групи, розташовані певним чином (над або під іншою групою), називаються рівнями (або кластерами). Вважається (для багатьох задач), що елементи одного рівня незалежні.

Припустимо, що мається деяка множина елементів, між якими існують визначені відносини.

Опис такої системи може бути реалізовано у двох взаємозалежних формах: у виді бінарної матриці й у виді спрямованого графа.

Бінарна матриця може бути представлена матрицею досяжності, що визначається по матриці залежності.

Матриця залежності B заповнюється в такий спосіб. Якщо множина вершин N визначена, то за допомогою бінарного відношення «залежить від» можна заповнити матрицю так, що відповіді «так» фіксують «одиницею», а відповіді «ні» фіксують «нулем», тобто елемент b_{ij} матриці дорівнює:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i \text{ залежить від } j, \\ 0, & \text{якщо } i \text{ не залежить від } j. \end{cases}$$

Побудувавши в такий спосіб матрицю, переходимо до формування матриці досяжності.

Для цього формуємо бінарну матрицю $(I + B)$, (де I – одинична матриця) і зводимо її у деякий ступінь k , такий що виконується умова: $(I + B)^k = (I + B)^{k+1}$. Матриця $(I + B)^k = (I + B)^{k+1}$ і буде матрицею досяжності.

Матриця досяжності може бути побудована і більш простим шляхом, безпосередньо по вихідному спрямованому графі. У цьому графі дуга виходить із залежного елемента. Заповнення матриці бінарними елементами здійснюється по рядку (ліворуч праворуч) за правилом:

$$d_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо з } i \text{ можливо пасти в } j, \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}$$

Наявність матриці досяжності дозволяє розділити множину вершин на підмножини рівнів.

Для цього вершини поділяють на досяжні й попередні.

Вершину h_j називають досяжною з вершини h_i , якщо в орієнтованому графі існує шлях із h_i до h_j . Позначимо підмножину вершин, досяжних із вершини h_i через $R(h_i)$. Вершину h_j називають попередній вершині h_i , якщо можливо досягнення h_i із h_j . Позначимо підмножину вершин, що передують вершині h_i через $A(h_i)$.

Множина тих вершин $A(h_i) = R(h_i) \cap A(h_i)$, для яких виконується умова недосяжності з кожної з h_i що залишились вершин множини N , може бути позначена як рівень ієрархії. Тобто, для структуризації деякої множини елементів N , зв'язаних визначеними відносинами залежності, необхідно виконати такі дії:

1. Скласти спрямований граф відносин між елементами множини N .
2. Сформуванати матрицю досяжності по спрямованому графі.
3. Сформуванати таблицю з елементами h_i , $R(h_i)$, $A(h_i)$ і $R(h_i) \cap A(h_i)$.

Для формування підмножини $R(h_i)$ з i -го рядка матриці досяжності виписуються номери тих елементів, що містять одиниці. Для формування підмножини $A(h_i)$ з i -го стовпця матриці досяжності виписуються номери тих елементів, що містять одиниці.

Підмножина $R(h_i) \cap A(h_i)$ формується як логічне перетинання (сполучення) елементів двох підмножин .

4. Знайти елементи в таблиці, для яких виконується умова: $A(h_i) = R(h_i) \cap A(h_i)$.

5. Ці елементи й утворять перший рівень.

6. Викреслити отримані на першій ітерації елементи і застосувати вищеописані процедури (пп. 1–4) знову. Ітерації повторюються доти, поки залишається більш одного елемента.

Описану вище методику структуризації продемонструємо на такому прикладі. Припустимо, що необхідно ієрархічно структурувати такі компоненти (елементи):

- економічна безпека (ЕНБ);
- військова безпека (ВБ);
- екологічна безпека (ЕЛБ);
- сільськогосподарський сектор економіки (СХ);
- сектор економіки, що робить електронну й обчислювальну техніку (ВТ);
- сектор машинобудування (МШ);
- сектор енергетичний (ЕН).

Матриця залежності для цих елементів має вигляд (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Матриця залежності

	1	2	3	4	5	6	7
	ЕНБ	ВБ	ЕЛБ	СХ	ВТ	МШ	ЕН
1	ЕНБ	0	0	0	1	1	1
2	ВБ	1	0	0	0	1	1
3	ЕЛБ	0	0	0	1	1	1
4	СХ	0	0	0	1	0	1
5	ВТ	0	0	0	0	1	0
6	МШ	0	0	0	0	1	1
7	ЕН	0	0	0	0	0	1

Спрямований граф відносин між елементами, розташованими довільним образом, показаний на рисунку 1.1. Напрямок стрілки дуги визначається спрямованістю залежності: стрілка вказує на елемент, від якого залежить елемент, із якого вона виходить.

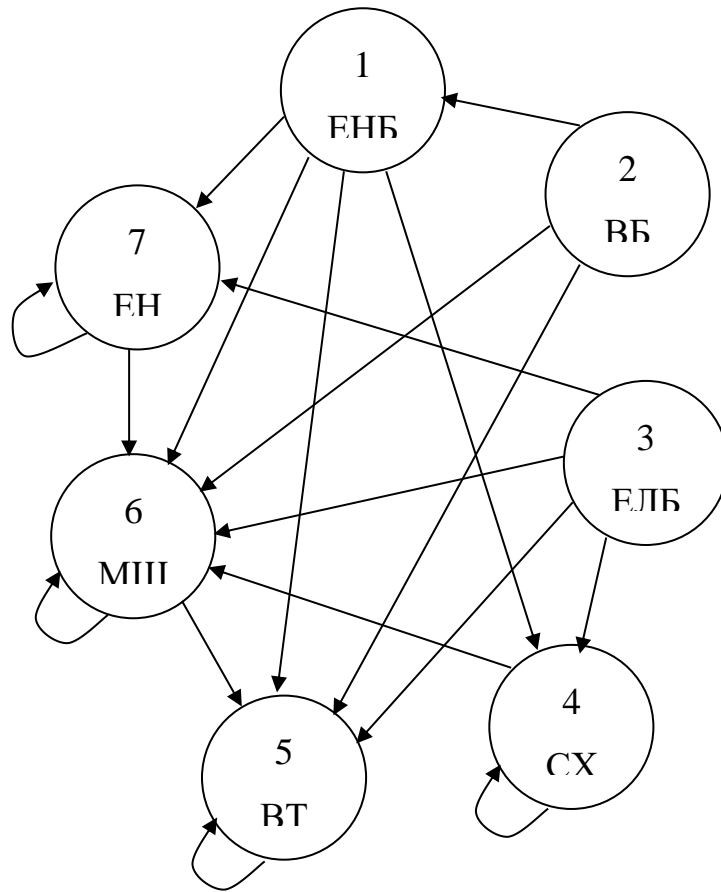


Рисунок 1.1 – Вихідний спрямований граф

Матриця досяжності має такий вигляд (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Матриця досяжності

	1	2	3	4	5	6	7	
1	ЕНБ	1	0	0	1	1	1	1
2	ВБ	1	1	0	1	1	1	1
3	ЕЛБ	0	0	1	1	1	1	1
4	СХ	0	0	0	1	1	1	0
5	ВТ	0	0	0	0	1	0	0
6	МШ	0	0	0	0	1	1	0
7	ЕН	0	0	0	0	1	1	1

Використовуючи матрицю досяжності, будуємо таблицю, що є першою ітерацією аналізу (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Перша ітерація аналізу

h_i	$R(h_i)$	$A(h_i)$	$R(h_i) \cap A(h_i)$
1	1, 4, 5, 6, 7	1, 2	1
2	1, 2, 4, 5, 6, 7	2	2
3	3, 4, 5, 6, 7	3	3
4	4, 5, 6	1, 2, 3, 4	4
5	5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	5
6	5, 6	1,2,3,4,6,7	6
7	5, 6, 7	1,2,3,7	7

З таблиці видно, що рівність $A(h_i) = R(h_i) \cap A(h_i)$ виконується для елементів 2 і 3. Отже, вони і є елементами першого рівня.

Викреслюючи з таблиці рядки з номерами 2 і 3, а також викреслюючи з усіх послідовностей цифри 2 і 3, одержуємо другу ітерацію, у якій критеріальна рівність виконується для елемента 1. Він і є елементом другого рівня.

Повторюючи ітерації, одержуємо остаточно п'ять рівнів елементів, що представлені на рисунку 1.2.

Таке представлення початкової моделі є більш наочним із погляду аналізу залежностей одних елементів від інших. Результат ієрархічної структуризації дозволяє зробити висновок, що з погляду забезпечення безпеки держави критичним є електронна і машинобудівна галузі економіки.

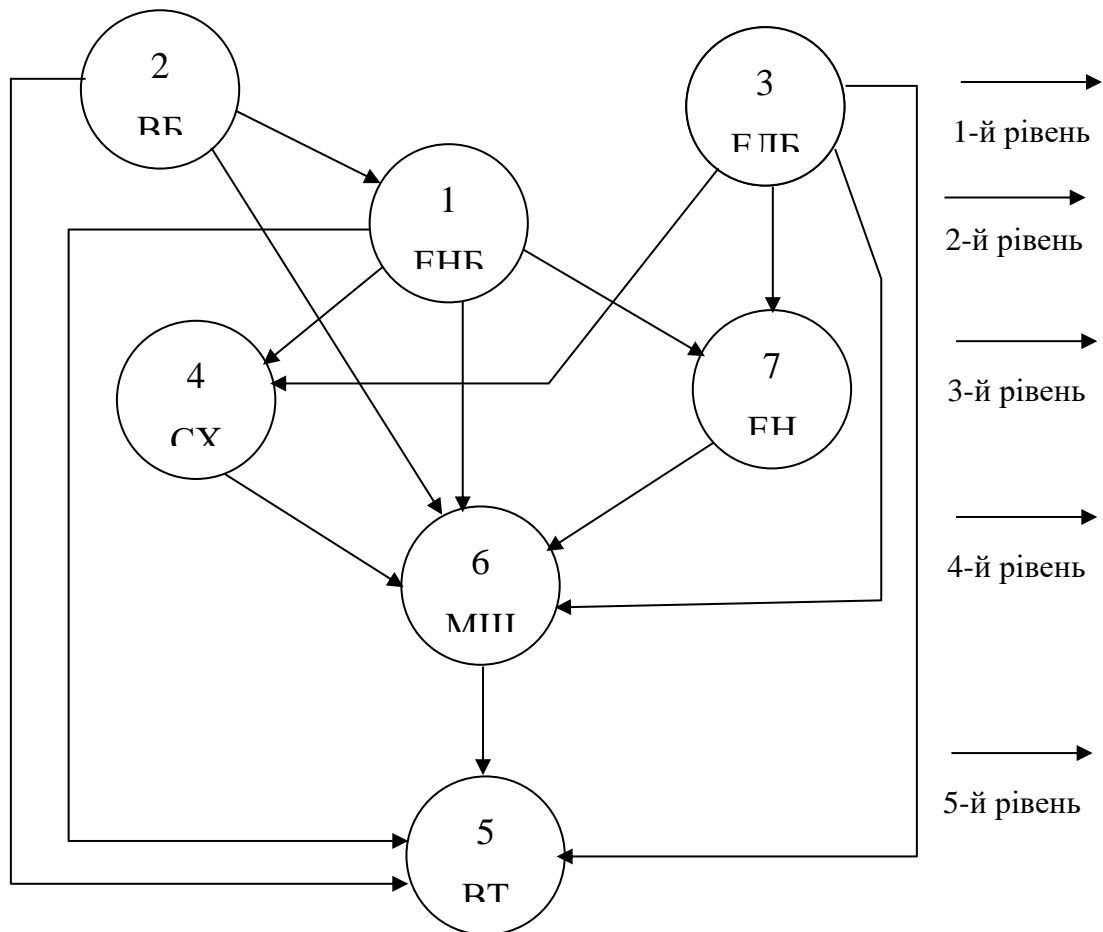


Рисунок 1.2 – Ієрархічна структура вихідного графа

Порядок виконання роботи

1. Для прикладу, розглянутого вище, побудувати таблиці для ітерацій 2–4. Порівняти отримані результати з результатами відображеними на рисунку 1.2.
2. Технологічний процес можна розглядати як систему, елементами якої є окремі операції. Їхній взаємозв'язок, представлений матрицею залежностей, наведено в таблиці 1.4.
3. Побудуйте вихідний спрямований граф для отриманої матриці залежності.
4. Використовуючи граф, побудуйте матрицю досяжності.
5. За даними матриці досяжності побудуйте рівні порядку проходження операцій по черговості. Для цього для кожної ітерації аналізу необхідно побудувати таблиці аналогічні, розглянутим у прикладі.
6. Підсумковий результат представити у виді рядкового графа.

Таблиця 1.4 – Матриця залежності технологічних операцій

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примітка 1. Значення 1 у клітці (і , j) таблиці (де і – рядок, j – стовпець) означає, що операція і залежить від операції j (тобто операція j передує операції і).

Примітка 2. Правило вибору індивідуального варіанта. Нехай n – номер студента в списку групи, m, k – цілі числа, що визначаються за формулами:

$$m = \begin{cases} n, & \text{якщо } n \leq 10 \\ n - 10, & \text{якщо } 10 < n \leq 20 \\ n - 20, & \text{якщо } 20 < n \leq 30 \\ n - 30, & \text{якщо } n > 30, \end{cases} \quad k = \begin{cases} 11, & \text{якщо } n \leq 10 \\ 12, & \text{якщо } 10 < n \leq 20 \\ 13, & \text{якщо } 20 < n \leq 30 \\ 14, & \text{якщо } n > 30. \end{cases}$$

Для одержання варіанта завдання варто викреслити m-й рядок і m-й стовпець, а також k-й рядок і k-й стовпець з вихідної матриці (рядки і стовпці, які залишились не перенумеровуються). Запишіть матрицю залежності для свого варіанта.

Контрольні питання

1. Визначення складної системи.
2. Визначення ієрархії.

3. Види ієрархій.
4. Визначення домінантної ієрархії (повної і неповної).
5. Холархії.
6. Ієрархія виду «Китайська шкатулка».
7. Матриця залежності.
8. Матриця досяжності.
9. Побудова матриці досяжності з матриці залежності.
10. Побудова матриці досяжності по вихідному графі залежності.
11. Визначення множини досяжних вершин.
12. Визначення множини попередніх вершин.
13. Як формується множина досяжних вершин з використанням матриці досяжності.
14. Як формується множина попередніх вершин з використанням матриці досяжності.
15. Алгоритм побудови рівнів ієрархії.

2 ПОБУДОВА ІЄРАРХІЙ ДЛЯ СИСТЕМИ З ЦИКЛАМИ

Задача, розглянута в цій роботі багато в чому, аналогічна задачі розглянутої в попередній роботі, але її особливість полягає в тому, що аналізована система є більш складною й представлена графом з циклами. Тому для її рішення спочатку потрібно об'єднати елементи, зв'язані циклом, у групи (у класи еквівалентності).

Порядок виконання роботи

1. Побудувати матрицю залежностей для свого варіанта. Для одержання варіанта завдання варто викреслити m -й рядок і m -й стовпець, а також k -й рядок і k -й стовпець з вихідної матриці (рядки й стовпці, які залишились, не перенумеровуються).

Вихідна матриця залежностей має вигляд (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вихідна матриця залежностей

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1					1						
2							1				
3		1		1							
4			1								
5						1					
6	1						1				
7										1	
8	1								1		
9											1
10		1									
11	1								1		

Значення m і k вибираються з наступної таблиці відповідно до номера студента в списку журналу групи (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Значення m і k

№ п/п	m	k		№ п/п	m	k		№ п/п	m	k
1	1	2		19	1	4		37	4	9
2	2	3		20	2	5		38	5	10
3	3	4		21	3	6		39	6	11
4	4	5		22	4	7		40	1	7
5	5	6		23	5	8		41	2	8
6	6	7		24	6	9		42	3	9
7	7	8		25	7	10		43	4	10
8	8	9		26	8	11		44	5	11
9	9	10		27	1	5		45	1	8
10	1	3		28	2	6		46	2	9
11	2	4		29	3	7		47	3	10
12	3	5		30	4	8		48	4	11
13	4	6		31	5	9		49	1	9
14	5	7		32	6	10		50	2	10
15	6	8		33	7	11		51	3	11
16	7	9		34	1	6		52	1	10
17	8	10		35	2	7		53	2	11
18	9	11		36	3	8		54	1	11

2. Об'єднайте елементи, зв'язані циклом, у групи (у класи еквівалентності).

3. Побудуйте матрицю залежності класів еквівалентності.

4. Побудуйте спрямований граф для отриманої матриці залежності класів еквівалентності.

5. Використовуючи отриманий граф, побудуйте матрицю досяжності класів еквівалентності.

6. За даними матриці досяжності побудуйте рівні ієрархії класів еквівалентності. Для цього для кожної ітерації аналізу необхідно побудувати таблиці аналогічні тим, що розглядалися в попередній роботі.

7. Підсумковий результат представити у виді порядкового графа.

Контрольні питання

1. У якому випадку елементи x_i і x_j зв'язані циклом?

2. Як відбувається розбивка вихідної множини системи з циклами на класи еквівалентності?

3. Як перетворюється матриця залежності системи з циклами для побудови рівнів порядку?

4. Алгоритм побудови рівнів ієрархії для системи з циклами.

3 МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ. ВЕКТОР ПРІОРИТЕТІВ

Будь-яка проблема являє собою складний об'єкт, що має ієрархічну структуру. При аналізі такого об'єкта дослідник, звичайно, зіштовхується зі складною системою взаємодії компонент проблеми (ресурси, мети, впливові особи й групи, політичні, економічні й інші фактори), які потрібно проаналізувати.

Метод аналізу ієрархій (МАІ) є систематичною процедурою для ієрархічного представлення компонентів проблеми. Метод становить у декомпозиції проблеми на усе більш прості складові і подальшій обробці послідовності суджень особи, що приймає рішення (ЛПР), по парних порівняннях. У результаті може бути отриманий відносний ступінь

(інтенсивність) взаємодії (впливу) компонентів нижнього i -го рівня на компоненти верхнього $(i-1)$ -го рівня або i -го рівня на самий верхній (нульовий) рівень. Ці оцінки виражаються потім чисельно. МАІ включає процедури синтезу множинних суджень, одержання пріоритетності критеріїв і пошуку альтернативних рішень.

Метод аналізу ієрархій включає наступні основні етапи:

- декомпозиція проблеми;
- побудова ієрархічної структури моделі проблеми;
- експертне оцінювання переваг;
- побудова локальних пріоритетів;
- оцінка погодженості суджень;
- синтез локальних пріоритетів;
- висновки й пропозиції для прийняття рішень.

Приклад побудови вектора пріоритетів. Нехай існує проблема покупки будинку. Виділено наступні фактори, що впливають на рішення цієї проблеми: розміри будинку, зручність сполучення, околиці, вік будинку, двір, упорядженість, загальний стан, фінансові умови покупки. Необхідно побудувати вектор пріоритетів цих факторів. Нижче приведена матриця парних порівнянь для розглянутих восьми факторів, заповнена судженнями експерта по шкалі Сааті, на основі яких і проведені відповідні обчислення (табл. 3.1).

Слід зазначити, що відношення погодженості даної матриці трохи більше рекомендованого рівня ($ВП > 0,1$), однак, для задач використовуваного типу його можна прийняти.

У загальному випадку рівень погодженості повинний відповідати тому ризику, що супроводжує роботі з неузгодженими даними.

Наприклад, при порівнянні впливу лік на організм необхідно мати дуже високий рівень погодженості.

Таблиця 3.1 – Матриця парних порівнянь

Загальне задоволення будинком	Розміри будинку	Зручність сполучення	Околиці	Вік будинку	Двір	Упорядженість	Загальний стан	Фінансові умови покупки	Головний власний вектор	Вектор пріоритетів
Розміри будинку	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4	2,053	0,175
Зручність сполучення	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7	0,736	0,063
Околиці	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5	1,746	0,149
Вік будинку	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8	0,227	0,019
двір	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6	0,418	0,036
Упорядженість	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6	0,497	0,042
Загальний стан	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2	1,961	0,167
Фінансові умови покупки	4	7	5	8	6	6	2	1	4,105	0,350
Сума елементів стовпця	9,010	21,867	10,250	41,000	26,333	25,750	10,076	2,551	11,742	1,000

$$\lambda_{\max} = 9,863; \quad \text{ІІ} = 0,266; \quad \text{ВІ} = 1,410; \quad \text{ВП} = 0,189.$$

Порядок виконання роботи

1. Для приклада, приведеного вище, обчислити головний власний вектор, вектор пріоритетів, λ_{\max} , ІІ, ВІ і порівняти з результатами, приведеними в таблиці.

2. Визначити з таблиці 3.2 параметри свого варіанта, що задаються парою чисел m і k . Значення m і k вибираються з цієї таблиці відповідно до номера студента в списку журналу групи.

3. Визначити з таблиці 3.3 проблему й список критеріїв для свого варіанта. Номер проблеми визначає значення m . Для визначення списку критеріїв необхідно з вихідного списку, зазначеного в таблиці для даної проблеми викреслити критерій зі значенням k .

4. Побудувати матрицю парних порівнянь для розглянутих восьми факторів, заповнивши її експертними оцінками по шкалі Сааті.

5. Обчислити головний власний вектор, вектор пріоритетів, λ_{\max} , ІІ, ВІ. Якщо значення ВІ буде більше 0,3 скорегувати експертні оцінки.

Таблиця 3.2 – Значення m і k

№ п/п	m	k		№ п/п	m	k		№ п/п	m	k
1	1	5		19	1	7		37	1	9
2	2	5		20	2	7		38	2	9
3	3	5		21	3	7		39	3	9
4	4	5		22	4	7		40	4	9
5	5	5		23	5	7		41	5	9
6	6	5		24	6	7		42	6	9
7	7	5		25	7	7		43	7	9
8	8	5		26	8	7		44	8	9
9	9	5		27	9	7		45	9	9
10	1	6		28	1	8		46	1	4
11	2	6		29	2	8		47	2	4
12	3	6		30	3	8		48	3	4
13	4	6		31	4	8		49	4	4
14	5	6		32	5	8		50	5	4
15	6	6		33	6	8		51	6	4
16	7	6		34	7	8		52	7	4
17	8	6		35	8	8		53	8	4
18	9	6		36	9	8		54	9	4

Таблиця 3.3 – Проблема й список критеріїв

m	Проблема; варіанти її рішення (множина альтернатив)	Список критеріїв
1	2	3
1	Покупка автомобіля; варіанти: 1) престижна іномарка; 2) економічна малолітражка; 3) порівняно новий автомобіль підвищеної прохідності	1) місткість, 2) потужність двигуна, 3) комфорт, 4) забезпеченість запчастинами, 5) ціна, 6) рік випуску, 7) надійність, 8) економічність, 9) дизайн
2	Вибір вимірювального приладу; варіанти: 1) цифровий малогабаритний; 2) високоточний стрілочний; 3) багатофункціональний з виходом на ЕОМ	1) вартість; 2) рівень автоматизації; 3) продуктивність (час на один вимір); 4) точність; 5) діапазон вимірів; 6) універсальність; 7) габарити; 8) надійність; 9) зручність експлуатації
3	Оцінка якості промислової продукції; варіанти: 1) вітчизняна; 2) західноєвропейська; 3) японська	1) функціональні (споживчі) характеристики; 2) особиста безпека; 3) економічність; 4) надійність; 5) вартість; 6) дизайн; 7) зручність експлуатації; 8) довговічність; 9) забезпеченість запчастинами
4	Вибір місця роботи; варіанти: 1) приватна фірма; 2) державне підприємство; 3) навчальний інститут	1) оклад; 2) самостійність; 3) професійний інтерес; 4) можливості одержання житлоплощі; 5) додаткові навантаження; 6) додаткові вигоди; 7) необхідність перенавчання; 8) далекість від будинку; 9) психологічний клімат

Продовження таблиці 3.3

1	2	3
5	Добір на посаду; варіанти: 1) молодий фахівець; 2) досвідчений працівник середнього віку; 3) колишній офіцер, що пройшов перенавчання	1) ділова кваліфікація; 2) досвід роботи; 3) стать; 4) вік; 5) почуття відповідальності; 6) освіта; 7) місце проживання кандидата; 8) організаторські здібності; 9) психологічна сумісність
6	Упровадження нового технологічного методу (устаткування); варіанти: 1) дуже нова закордонна розробка; 2) остання вітчизняна розробка; 3) апробована вітчизняна розробка	1) вартість; 2) безпека; 3) ступінь автоматизації; 4) продуктивність; 5) експлуатаційні витрати; 6) універсальність; 7) надійність; 8) технологічна сумісність; 9) забезпеченість сировиною
7	Вибір виду транспорту для поїздки; варіанти: 1) літак; 2) потяг; 3) автобус	1) вартість квитка; 2) надійність; 3) комфортабельність; 4) час у дорозі; 5) безпека; 6) труднощі придбання квитка; 7) зручність розкладу; 8) індивідуальна пристосованість; 9) припустима вага багажу без додаткової оплати
8	Вибір принтера для персонального комп'ютера; варіанти: 1) матричний; 2) струминний; 3) лазерний	1) вартість; 2) якість печатки; 3) швидкість печатки; 4) додаткові можливості (графіка, колір); 5) простота й зручність обслуговування; 6) наявність українських букв; 7) надійність; 8) кількість шрифтів; 9) забезпеченість запчастинами

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3
9	Оцінка якості життя; варіанти: 1) великий промисловий центр; 2) провінційне мале місто; 3) пригород столичного міста	1) суспільна безпека; 2) стан навколишнього середовища; 3) можливості для дозвілля й розваг; 4) можливості підвищення кваліфікації й одержання роботи; 5) медичне обслуговування; 6) вартість життя; 7) житлові умови; 8) рівень доходів; 9) РИТМ ЖИТТЯ

Контрольні питання

1. Матриця Сааті.
2. Метод парних порівнянь. Матриця парних порівнянь.
3. Повна погодженість.
4. Порядкова погодженість.
5. Кардинальна погодженість.
6. Умова погодженості зворотно симетричної матриці.
7. Індекс погодженості.
8. Випадковий індекс.
9. Відношення погодженості.
10. Діапазон гарного ступеня погодженості.
11. Діапазон прийняттого ступеня погодженості.
12. Точний спосіб обчислення головного власного вектора матриці парних порівнянь.
13. Наближений спосіб обчислення головного власного вектора матриці парних порівнянь.
14. Визначення наближених значень компонент вектора пріоритетів.
15. Визначення наближеного значення λ_{\max} .

4 МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ. РОЗРАХУНОК ЛОКАЛЬНИХ ПРІОРИТЕТІВ. СИНТЕЗ ПРІОРИТЕТІВ

Розглянемо проблему: «Вибір і покупка будинку із заданим рівнем якості або покупка такого будинку, який би викликав загальне задоволення».

Як альтернативні варіанти розглядаємо три будинки (А, Б, В) із наступними характеристиками.

Будинок А – найбільший будинок (із трьох), гарні околиці, інтенсивний рух транспорту, податки на будинок не великі. Двір більше, ніж у будинків Б і В. Загальний стан не дуже гарний, потрібна ґрунтовне лагодження й проведення малярських робіт. Будинок фінансується банком із високою процентною ставкою, тому фінансові умови можна вважати незадовільними.

Будинок Б – небагато менше будинку А, розташований далеко від автобусних зупинок. Навколо інтенсивний рух транспорту. У будинку відсутні сучасні зручності, але загальний стан будинку дуже гарний. Крім того, на будинок можна одержати заставну з досить низькою процентною ставкою, тобто фінансові умови цілком задовільні.

Будинок В – маленький і без сучасних зручностей. Околиці досить привабливі, але податки високі, однак, будинок у гарному стані і досить безпечний. Двір більше, ніж у будинку Б, однак, значно менше, ніж у будинку А. Обсяг відновно-ремонтних робіт дуже малий. Фінансові умови набагато краще, ніж для будинку А, але не так гарні, як для будинку Б.

Ієрархічна модель рішення проблеми для розглянутого приклада має такий вигляд (рис. 4.1).

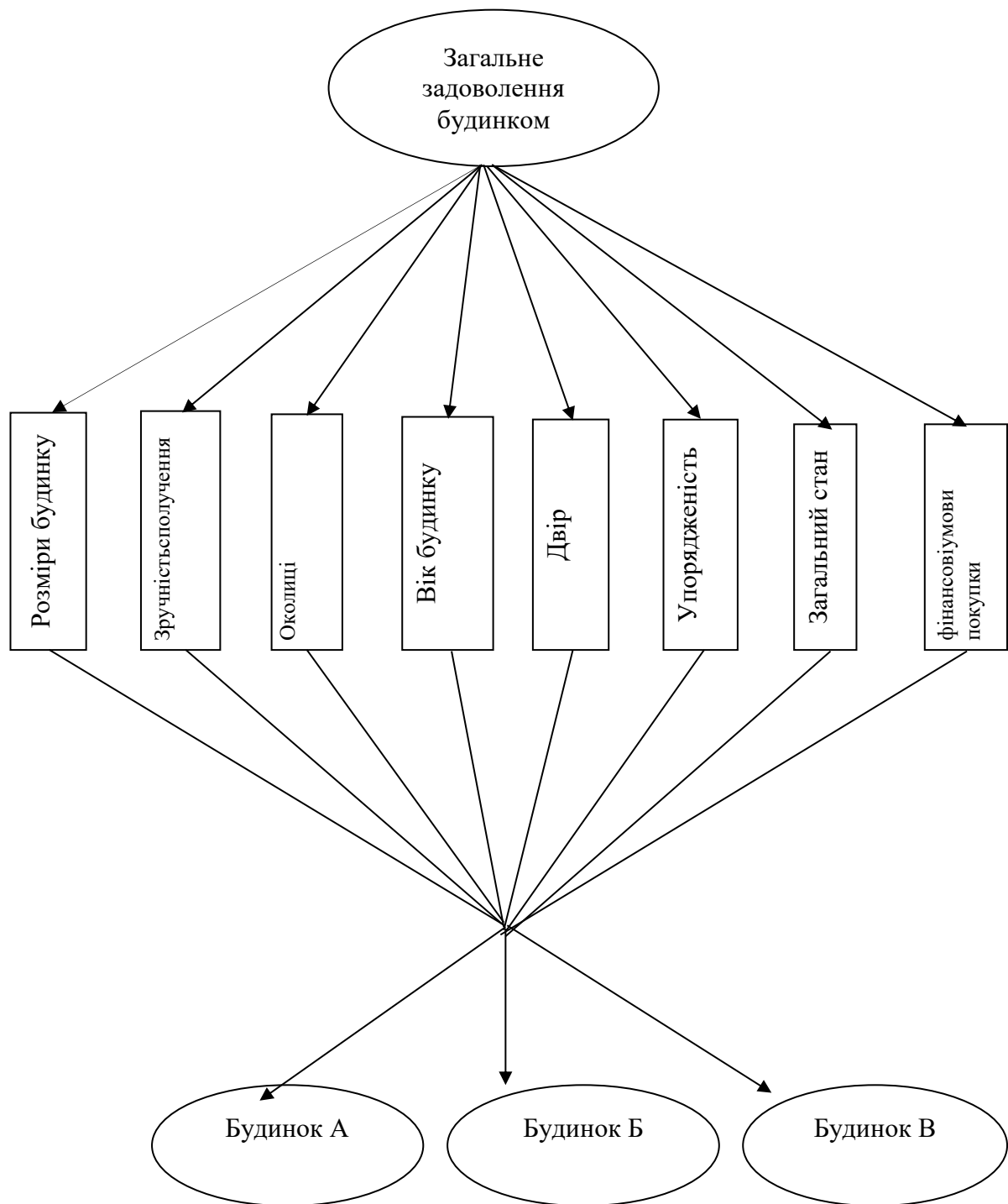


Рисунок 4.1 – Ієрархічна модель рішення проблеми: вибір і покупка будинку

Для того щоб прийняти обґрунтоване рішення на вибір будинку необхідно, виконати наступне. Після побудови ієрархічної моделі проблеми починаємо перший етап аналізу, що складається в дослідженні ступеня впливу показників властивостей якості будинку на загальне задоволення будинком. У формальному виді цей етап складається в аналізі впливу факторів першого рівня ієрархії на

мету аналізу – нульовий рівень. Цей етап був виконаний у попередній роботі. Була представлена матриця парних порівнянь для восьми факторів 1-го рівня, заповнена судженнями експерта по шкалі Сааті. На підставі цих даних були визначені вектор пріоритетів, λ_{max} , ІІ, ВІ.

На другому етапі переходимо до розгляду впливу факторів другого рівня на фактори першого рівня, тобто до аналізу «ваги» (переваги) кожного з розглянутих будинків (А, Б, В) стосовно кожного фактора першого рівня. Для цього необхідно сформулювати й обробити вісім експертних матриць парного порівняння. Самі матриці й результати їхньої обробки у виді векторів пріоритетів і мір узгодженості представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вісім експертних матриць парного порівняння

Розміри будинку	А	Б	В	Вектор пріоритетів	Зручність сполучення	А	Б	В	Вектор пріоритетів
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А	1	6	8	0,754	А	1	5	4	0,233
Б	1/6	1	4	0,181	Б	1/5	1	1/3	0,054
В	1/8	1/4	1	0,065	В	1/4	3	1	0,712
				$\lambda_{max}=3,136$ ІІ=0,068 ВІ=0,117					$\lambda_{max}=3,247$ ІІ=0,123 ВІ=0,213
Околиці	А	Б	В	Вектор пріоритетів	Вік будинку	А	Б	В	Вектор пріоритетів
А	1	8	6	0,754	А	1	1	1	0,333
Б	1/8	1	1/4	0,065	Б	1	1	1	0,333
В	1/6	4	1	0,181	В	1	1	1	0,333
				$\lambda_{max}=3,136$ ІІ=0,068 ВІ=0,117					$\lambda_{max}=3,000$ ІІ=0,000 ВІ=0,000
Двір	А	Б	В	Вектор пріоритетів	Упорядженість	А	Б	В	Вектор пріоритетів
А	1	5	4	0,674	А	1	8	6	0,747
Б	1/5	1	1/3	0,101	Б	1/8	1	1/5	0,060
В	1/4	3	1	0,226	В	1/6	5	1	0,193
				$\lambda_{max}=3,086$ ІІ=0,043 ВІ=0,074					$\lambda_{max}=3,197$ ІІ=0,099 ВІ=0,170

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1	1/2	1/2	0,200	A	1	1/7	1/5	0,072
Б	2	1	1	0,400	Б	7	1	3	0,649
В	2	1	1	0,400	В	5	1/3	1	0,279
				$\lambda_{max}=3,000$ ПІ=0,000 ВІ=0,000					$\lambda_{max}=3,065$ ПІ=0,032 ВІ=0,056

На третьому етапі здійснюється синтез локальних пріоритетів або оцінка узагальнених (глобальних) пріоритетів. У нашій прикладі мова йде про одержання вектора глобальних пріоритетів будинків (А, Б, В,) стосовно мети верхнього рівня – загального задоволення будинком.

Для цього матрицю локальних пріоритетів 2 рівня (табл. 4.2), складену за результатами аналізу, представлено в приведеній вище таблиці, множать на вектор локальних пріоритетів 1 рівня, отриманий у роботі 3 (табл. 4.3).

Таблиця 4.2 – Матриця локальних пріоритетів 2-го рівня

	Розміри будинку	Зручність сполучення	Околиці	Вік будинку	Двір	Упорядженість	Загальний стан	Фінансові умови покупки
A	0,754	0,233	0,754	0,333	0,674	0,747	0,200	0,072
Б	0,181	0,054	0,065	0,333	0,101	0,060	0,400	0,649
В	0,065	0,712	0,181	0,333	0,226	0,193	0,400	0,279

Таблиця 4.3 – Вектор локальних пріоритетів 1-го рівня

Розміри будинку	0,175
Зручність сполучення	0,063
Околиці	0,149
Вік будинку	0,019
Двір	0,036
Упорядженість	0,042
Загальний стан	0,167
Фінансові умови покупки	0,350

У результаті одержуємо узагальнений (глобальний) вектор пріоритетів будинків (А, Б, В) стосовно кінцевої мети – покупці будинку. Цей вектор має вигляд (табл. 4.4):

Таблиця 4.4. – Глобальний вектор пріоритетів

Будинок	Вектор пріоритетів
А	0,379
Б	0,351
В	0,270

Таким чином, з обліком усіх розглянутих факторів, перевага при покупці віддається будинку А.

Порядок виконання роботи

1. Для приклада, розглянутого вище, обробити вісім експертних матриць парного порівняння: для кожної матриці обчислити головний власний вектор, вектор пріоритетів, λ_{max} , ІП, ВП. Побудувати матрицю локальних пріоритетів 2-го рівня й узагальнений (глобальний) вектор пріоритетів будинків (А, Б, В) стосовно кінцевої мети – покупки будинку. Отримані результати порівняти з результатами, приведеними в описі роботи.

2. Для проблеми, обраної в роботі 3 виписати з таблиці, приведеної в цій роботі, варіанти її рішення.
3. Заповнити вісім експертних матриць парного порівняння.
4. Для кожної матриці обчислити головний власний вектор, вектор пріоритетів, λ_{\max} , ІІ, ВІІ.
5. Побудувати матрицю локальних пріоритетів 2-го рівня.
6. Використовуючи вектор локальних пріоритетів 1-го рівня, отриманий у роботі 3, і матрицю локальних пріоритетів 2-го рівня, отриману в даній роботі, обчислити узагальнений (глобальний) вектор пріоритетів стосовно кінцевої мети.
7. Прийняти рішення по проблемі.

Контрольні питання

1. Три етапи прийняття обґрунтованого рішення проблеми.
2. Як побудувати матрицю локальних пріоритетів 2-го рівня?
3. Як побудувати вектор глобальних пріоритетів?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Швець С. В. Основи системного аналізу : навч. посіб. / С. В. Швець, У. С. Швець. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 126 с.
2. Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посіб. / Т. О. Прокопенко ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 139 с.
3. Шамровський О. Д. Системний аналіз : математичні методи та застосування : навч. посіб. / О. Д. Шамровський. – Львів : Магнолія, 2006. – 275 с.
4. Добротвор І. Г. Системний аналіз : навч. посіб. / І. Г. Добротвор, А. О. Саченко, Л. М. Буяк. – Тернопіль : ТНЕУ, 2019. – 200 с.

Електронне навчальне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до проведення практичних занять
із дисципліни

«СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання спеціальності
126 – Інформаційні системи та технології)*

Укладач **ШТЕЛЬМА** Ольга Миколаївна

Відповідальний за випуск *М. В. Булаєнко*
За авторською редакцію

Комп'ютерне верстання *О. М. Штельма*

План 2023, поз. 235М

Підп. до друку 06.06.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 1,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса : office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.