

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЙНИЙ НІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра комп'ютерних наук

# МЕТОДИ ОБРОБКИ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

методичні вказівки  
для виконання лабораторної роботи з дисципліни  
**«Системний аналіз та моделювання систем»**  
для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 122  
«Комп'ютерні науки та інформаційні технології»

Мелітополь  
2018

**Методи обробки експертної інформації.** Методичні вказівки до лабораторної роботи з дисципліни «Системний аналіз та моделювання систем» для здобувачів ступеня вищої освіти Бакалавр зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018 – 17 с.

Розробили: д.т.н., проф. Малкіна В.М., ст. викл. Зінов'єва О.Г.

Рецензент: к.т.н., доц. Щербіна В.М.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри

«\_19\_» \_травня\_ 2018\_\_р. Протокол № \_19\_\_\_\_\_

Затверджено методичною комісією факультету ІКТ  
«\_31\_» \_травня\_ 2018\_\_р. Протокол № \_9\_

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Лабораторна робота .....	5
1.1 Порядок виконання роботи .....	5
1.2 Завдання для самопідготовки.....	5
1.3 Теоретичні відомості .....	5
1.4 Практична частина .....	8
1.4.1 Контрольний приклад.....	8
1.5 Завдання для самостійної роботи .....	16
1.6 Контрольні питання .....	17
Список літератури.....	18

## ВСТУП

Дані методичні вказівки є керівництвом для проведення лабораторних занять з курсу “Системний аналіз та моделювання систем” для студентів факультету Інженерії та комп’ютерних технологій очної форми навчання.

Метою методичних вказівок є самостійне вивчення студентами теоретичного матеріалу і придбання практичних навичок для розв’язання задач.

Необхідність написання даних методичних вказівок обумовлена дефіцитом довідкової і навчальної літератури по теорії прийняття рішень. В результаті студент повинен навчитися проводити математичну обробку результатів експертної інформації.

Лабораторна робота містить основні теоретичні відомості, контрольний приклад та задачі для самостійної роботи.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

**Тема:** Методи обробки експертної інформації

**Мета:** Навчити проводити математичну обробку експертної інформації

**Час:** 2 год.

**Література:**

## 1.1 Порядок виконання роботи

- Проробити практичну частину.
- Скласти програму для розрахунку на комп'ютері.
- Зробити звіт по виконаній роботі.
- Показати виконану роботу викладачеві

## 1.2 Завдання для самопідготовки

У процесі підготовки до заняття студент в обов'язковому порядку повинен виконати наступні завдання:

- а) вивчити конспект лекцій;
- б) опрацювати рекомендовану літературу: [1] с. 6-15;
- в) занести у зошит для практичних робіт такі матеріали:
  - 1) Методи обробки експертної інформації
- г) занести у звіт такі дані:
  - 1) номер лабораторної роботи;
  - 2) тему і ціль роботи;
  - 3) короткий конспект основних теоретичних відомостей
  - 4) результати виконаної роботи.

## 1.3 Теоретичні відомості

### 1.1.1 Нормування рангів

Ранжування – це розташування об'єктів в порядку убутання або зростання якоїсь властивості, притаманній цим об'єктам (наприклад, розташування підсистем АСК (автоматизованої системи керування) в

порядку убунання їх значення для поліпшення якості функціонування підприємства).

Нехай маються  $n$  об'єктів, які кожний з  $m$  експертів розташовує в порядку убунання (або зростання) степені володіння деякою властивістю. Позначимо через  $x_{ij}$  ранг (номер місця)  $j$ -го об'єкту ( $j=1,2,\dots,n$ ) в ранжировці  $i$ -го експерта ( $i=1,2,\dots,m$ ).

Якщо експерти утрудняються присвоїти всім об'єктам різні ранги, то двом чи більше об'єктам вони приписують однакові ранги, які називаються зв'язаними. Група однакових рангів називається зв'язком. Таку ранжировку необхідно привести до нормального виду, при якому сума рангів в ранжировці  $i$ -го експерта повинна відповідати умові

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 0,5n(n+1), \quad (1)$$

де  $n$  - кількість об'єктів.

Об'єктам з однаковим рангом приписується ранг, який дорівнює середньому значенню місць, які поділяють між собою ці об'єкти. Обчислення зв'язаних рангів виконується за формулою

$$x'_{ij} = l + \frac{t+1}{2}, \quad (2)$$

де  $l$  - кількість об'єктів, більш важливих, ніж група;

$t$  - кількість об'єктів в групі (довжина зв'язку).

### 1.1.2 Метод перетворених даних

За цим методом оцінку відносної вагомості експертів знаходять за формулою

$$\beta_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}^*}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}^*} \quad (3)$$

де  $x_{ij}^*$  - перетворений ранг  $j$ -го об'єкту в ранжировці  $i$ -го експерта. Перетворення полягає в приписуванні нуля об'єкту з максимальним рангом, одиниці – наступному за максимальним і т.д., тобто

$$x_{ij}^* = n - x'_{ij} \quad (4)$$

$$\text{Тому, } \sum_{i=1}^m x_{ij}^* = mn - \sum_{i=1}^m x'_{ij}; \quad \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^* = m \sum_{i=1}^{n-1} i = m \frac{(n-1)n}{2}$$

### 1.1.3 Метод, що використовує оцінку важливості найбільш суттєвого об'єкту

Оцінка відносної важливості:

$$\beta_i = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_i} \quad (5)$$

де  $V_j$  - важливість  $j$ -го об'єкту, яка визначається за формулою

$$V_j = 1 + \frac{x_\lambda - x_j}{x_\lambda - x_s} (V_s - V_\lambda) \quad (6)$$

де  $x_j$  - сума рангів  $j$ -го об'єкту;

$s$  - номер найбільш важливого об'єкту (за сумарною ранжировкою);

$\lambda$  - номер найменш важливого об'єкту;

$x_s$  - сума нормалізованих рангів найбільш важливого об'єкту;

$x_\lambda$  - сума нормалізованих рангів найменш важливого об'єкту;

$V_s$  - важливість найбільш суттєвого об'єкту, яка задається дослідником, (зазвичай 5, 10 або 100), при цьому припускається, що важливість найменш суттєвого об'єкту дорівнює одиниці  $V_\lambda = 1$ .

## 1.4 Практична частина

### 1.4.1 Контрольний приклад

#### Задача 1 (метод парних порівнянь)

При аналізі ситуації «Вибір програмного продукту» експертами у результаті обговорення трьома експертами (експерт 1 – студент, експерт 2 – гол. технолог, експерт 3 – гол. конструктор) удалося визначити 8 критеріїв, яким повинен задовольняти пакет:

1. *Математичне забезпечення*
2. *Функціональність*
3. *Інтерфейс*
4. *Складність побудови*
5. *Вартість придбання й супроводу*
6. *Простота освоєння*
7. *Підтримка вітчизняних стандартів*
8. *Якість інформаційної бази*

За методом парних порівнянь вибрати найбільш важливий критерій, за яким буде розглядатися вибір програмного пакету.

#### Розв'язання

Заповнимо таблицю парних порівнянь, щоб визначити відносну значимість обраних критеріїв.

При цьому:

- (i) > (j), якщо значимість критерію (i) більш важлива, ніж критерію (j);
- (i) < (j), якщо значимість критерію (i) менш важливий, ніж критерію (j);
- (i) ~ (j), якщо критерії мають рівну значимість або не підлягають парному порівнянню (непорівнянні).



Таблиця 1 -Експертні оцінки значимості критеріїв (парні порівняння)

(i)		(j)	(i)		(j)	(i)		(j)
(1)	~	(2)	(2)	>	(6)	(4)	>	(7)
(1)	>	(3)	(2)	>	(7)	(4)	>	(8)
(1)	~	(4)	(2)	>	(8)	(5)	>	(6)
(1)	<	(5)	(3)	<	(4)	(5)	>	(7)
(1)	>	(6)	(3)	<	(5)	(5)	>	(8)
(1)	>	(7)	(3)	~	(6)	(6)	<	(7)
(1)	>	(8)	(3)	<	(7)	(6)	<	(8)
(2)	>	(3)	(3)	<	(8)	(7)	>	(8)
(2)	~	(4)	(4)	~	(5)			
(2)	>	(5)	(4)	>	(6)			

Далі будується матриця  $A = a_{ij}$ , де:

$$a_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } x_i > x_j, \\ 1, & \text{якщо } x_i = x_j, \\ 0, & \text{якщо } x_i < x_j, \end{cases}$$

Тоді матриця парних порівнянь буде мати вигляд:

Таблиця 2 – Матриця парних порівнянь

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(1)	<b>1</b>	1	2	1	0	1	1	1
(2)	1	<b>1</b>	2	1	2	2	2	2
(3)	0	0	<b>1</b>	0	0	1	0	0
(4)	1	1	2	<b>1</b>	1	2	2	2
(5)	2	0	2	1	<b>1</b>	2	2	2
(6)	1	0	1	0	0	<b>1</b>	0	0
(7)	1	0	2	0	0	2	<b>1</b>	2
(8)	1	0	2	0	0	2	0	<b>1</b>

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 2 & 0 & 2 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Обчислимо вагові коефіцієнти:

$$p^k = Ap^{k-1}, \text{ де } p^0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix} \text{ (Добуток рядка матриці } A \text{ на стовпець}$$

матриці  $p^k$ )

Ітерована значимість першого порядку:

$$p_1^1 = 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 1 + 1 \cdot 1 = 8,$$

$$p_2^1 = 13,$$

$$p_3^1 = 2,$$

$$p_4^1 = 12,$$

$$p_5^1 = 12,$$

$$p_6^1 = 3,$$

$$p_7^1 = 8,$$

$$p_8^1 = 6$$

$$\Rightarrow P^1 = \begin{pmatrix} 8 \\ 13 \\ 2 \\ 12 \\ 12 \\ 3 \\ 8 \\ 6 \end{pmatrix}$$

Ітерована значимість другого порядку:

$$p_1^2 = 1 \cdot 8 + 1 \cdot 13 + 2 \cdot 2 + 1 \cdot 12 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 6 = 54, \dots$$

$$P^2 = \begin{pmatrix} 54 \\ 95 \\ 5 \\ 83 \\ 78 \\ 13 \\ 38 \\ 24 \end{pmatrix}, \quad P^3 = \begin{pmatrix} 317 \\ 548 \\ 18 \\ 470 \\ 429 \\ 72 \\ 176 \\ 114 \end{pmatrix}$$

Обчислення робимо до третьої ітерації.

Компоненти вектора  $P^k$  нормуємо шляхом ділення на суму.

Результати розрахунків представлені в таблиці:

	$P_i^1$	$\frac{P_i^1}{\sum P_i^1}$	$P_i^2$	$\frac{P_i^2}{\sum P_i^2}$	$P_i^3$	$\frac{P_i^3}{\sum P_i^3}$
1	8	0,125	54	0,138	317	0,1479
2	13	0,203	95	0,244	548	0,2556
3	2	0,031	5	0,013	18	0,0084
4	12	0,188	83	0,213	470	0,2192
5	12	0,188	78	0,200	429	0,2001
6	3	0,047	13	0,033	72	0,0336
7	8	0,125	38	0,097	176	0,0821
8	6	0,094	24	0,062	114	0,0532
$\Sigma$	64	1	390	1	2144	1

Значення  $P^k$ , обчислені на останній ітерації, дозволяють оцінити й розташувати розглянуті параметри по ступеню їх значимості. Значення виступають як коефіцієнти вагомості параметрів.

**Висновок.** Застосувавши метод парних порівнянь, виявлено, що на думку експертів основним фактором при виборі програмного продукту є функціональність. Другим по значимості є критерій складності побудови. Найменш значимим фактором є інтерфейс

## Задача 2

Потрібно визначити послідовність розробки задач створення програмного проекту

Розв'язання

Результати оцінок експертів наведені в матриці:

Таблиця 1 – Матриця рангів

№ задач	Задачі	Експерти				
		1	2	3	4	5
1	Розробка структури БД	2	3	1	2	3
2	Визначення архітектури системи	2	2	3	1	2
3	Розробка відео форм	3	3	4	2	3
4	Розробка плану атестації	5	4	4	4	5
5	Визначення ризиків	1	1	1	3	1
6	Визначення архітектури технічних засобів	4	4	4	5	4

При виставленні оцінок експерти:

- Можуть деяким задачам проставити однакові оцінки (ранги);
- Максимальне значення ранга відповідає числу задач (в даному випадку 6);
- Мінімальне значення рангу відповідає найбільш важливій (першочерговій) задачі.

### 1. Складаємо таблицю нормованих рангів

Так як деякі експерти проставили однакові ранги деяким задачам, то проводимо нормалізацію рангів за формулою

$$x'_{ij} = l + \frac{t+1}{2},$$

де  $l$  - кількість об'єктів більш важливих, ніж група однакових рангів;

$t$  - кількість об'єктів в групі (довжина зв'язку)

Таблиця 2 – Таблиця нормованих рангів

№ задач	Експерти					$\sum x_{ij}$
	1	2	3	4	5	
1	2,5	3,5	1	2	3	
2	2,5	2	3	1	2	
3	3	3	4	2	3	
4	5	4	4	4	5	
5	1	1	1	3	1	
6	4	4	4	5	4	

Алгоритм нормалізації:

- а) записати послідовність цілих чисел:  $1, 2, 3, \dots, n$ , де  $n$  - кількість альтернатив, що розглядаються (в нашому випадку, задач);
- б) визначити альтернативи, яким виставлені найменші ранги;
- в) на послідовності чисел вибрати стільки найменших чисел, скільки альтернатив мають найменший ранг. Суму чисел поділити на кількість альтернатив. Отримані значення записати в матрицю нормованих рангів замість вибраних;
- г) пункти а), б), в) повторювати до тих пір, доки не будуть пронормованими усі ранги.

Наприклад, пронормуємо ранги, що виставлені першим експертом.

Задачі 5 присвоєно найменший ранг, який дорівнює 1. Із послідовності  $1, 2, 3, 4, 5, 6$  вибираємо перше число (тобто 1). В нормований матриці задачі 5 переписується ранг 1. Задачам 1 та 2 в вихідній матриці присвоєно ранг 2. Вибираємо перші два числа з послідовності, яка залишилася  $2, 3, 4, 5, 6$  (тобто 2 та 3). Тоді ранг задач 1 та 2 визначиться значенням  $2,5 \left( \frac{2+3}{2} = 2,5 \right)$ . Задачі 3 в вихідній матриці присвоєно ранг 3. Із послідовності, що залишилася

(4,5,6) вибираємо перше число (4) та заносимо його в нормовану матрицю в якості ранга задачі 3 і т.д.

Аналогічно нормуються ранги для всіх експертів.

## 2. Метод перетворених рангів

Матриця перетворених даних, отриманих за формулою (4), наведена в таблиці 3

Таблиця 3 – Матриця перетворених даних

№ задач	Експерти					$\sum x_{ij}^*$
	1	2	3	4	5	
1	3,5	2,5	5	4	3	18
2	3,5	4	3	5	4	19,5
3	3	3	2	4	3	15
4	1	2	2	2	1	8
5	5	5	5	3	5	23
6	2	2	2	1	2	9

Сума всіх перетворених даних повинна бути

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^* = m \frac{(n-1)n}{2} = 5 \frac{(6-1)6}{2} = 75$$

Коефіцієнти відносної важливості розраховуються за формулою (3)

$$\beta_1 = \frac{18}{75} = 0,24$$

Аналогічно розраховуються коефіцієнти відносної важливості для всіх задач. Результати наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Коефіцієнти відносної важливості

	№ задач					
	1	2	3	4	5	6
Відносна важливість $\beta_j$	0,24	0,26	0,2	0,107	0,307	0,12

3. Метод, який використовує оцінку важливості найбільш суттєвого об'єкта

Важливість найменш суттєвого об'єкту  $V_\lambda = 1$  ( $\lambda = 4$ ). Задамо оцінку важливості найбільш суттєвого об'єкту  $V_s$ , де  $s = 5$ . Нехай  $V_5 = 5$ .

Тоді за формулою (6):

$$V_1 = 1 + \frac{x_4 - x_1}{x_4 - x_5} (V_5 - V_1) = 1 + \frac{22 - 12}{22 - 7} (5 - 1) = 3,67;$$

$$V_2 = 1 + \frac{x_4 - x_2}{x_4 - x_5} (V_5 - V_1) = 1 + \frac{22 - 10,5}{22 - 7} (5 - 1) = 4,067;$$

$$V_3 = 2,87;$$

$$V_4 = 1;$$

$$V_5 = 5;$$

$$V_6 = 1,27.$$

$$\sum_{i=1}^n V_i = 17,87$$

Нормуючи отримані значення коефіцієнтів  $V_1 - V_6$  за формулою (5) знаходимо коефіцієнти відносної важливості (таблиця 5)

Таблиця 5 – Коефіцієнти відносної важливості

	№ задач					
	1	2	3	4	5	6
Відносна важливість $\beta_j$	0,205	0,228	0,16	0,056	0,28	0,071

**Висновок:** Таким чином, експерти рекомендують почати з визначення ризиків (задача 5), далі визначити архітектуру системи (задача 2) і т.д. Найменш суттєвою за першочерговістю є розробка плану атестації (задача 4). Розрахунок за двома методами дає приблизно однакову оцінку коефіцієнтів відносної важливості.

## 1.5 Завдання для самостійної роботи

### Задача 1.

1) З таблиці 7 вибрати у відповідності з варіантом номера 12 задач, першочерговість виконання яких визначають 9 експертів.

Таблиця 7 – Варіанти для виконання самостійної роботи

Варіант	Задачі
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
2	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13
3	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14
4	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15
5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16
6	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 17
7	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13
8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14
9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 15
10	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 16
11	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 17
12	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14
13	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15
14	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
15	3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
16	1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17
17	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17
18	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15,



	16, 17
19	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16
20	1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17
21	1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
22	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17
23	1, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 17
24	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17
25	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
26	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
27	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16

2) З таблиці 8 вибрати значення рангів для даних задач та сформувати таблицю результатів опитування

Таблиця 8 – Значення рангів

№ задач	Експерти								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1	1	2	1	3	1	2	1
2	2	1	1	2	1	2	2	1	2
3	5	5	6	5	6	6	5	6	6
4	4	4	2	2	2	4	4	4	5
5	4	4	5	5	5	6	5	6	4
6	5	5	6	5	5	5	5	6	5
7	5	5	5	5	4	6	5	4	5
8	3	2	3	2	3	3	2	4	2
9	3	3	4	4	4	2	3	4	2
10	3	3	4	3	4	4	3	5	3
11	1	1	1	2	1	2	2	2	1
12	4	2	5	5	1	5	5	3	2
13	2	1	2	2	2	2	1	3	1
14	2	4	5	5	5	2	5	6	2
15	2	2	3	2	2	3	3	2	2
16	2	4	5	5	5	2	2	5	3
17	2	1	1	2	1	2	2	2	2

3) Провести математичну обробку результатів експертизи

## 1.6 Контрольні питання

- 1 В яких випадках використовується експертне опитування?
- 2 Хто може бути екпертом?
- 3 Яким може бути максимальне значення коефіцієнта конкордації?
- 4 Що визначає коефіцієнт рангової кореляції Спірмена?
- 5 Що таке медіана Кемені?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Ларичев О.И. Количественные методы принятия решений/О.И.Ларичев, Е.Н. Мошкович.– М.: Физматлит, 1996.
- 2 Волошин О.Ф.Моделі та методи прийняття рішень: Навчальний посібник/ О.Ф. Волошин, С.О. Машенко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2006.
- 3 Орлов А.И.Теория принятия решений. Учебное пособие / А.И.Орлов.- М.: Издательство «Экзамен», 2005.

