

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ**

**МЕТОДИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання домашньої контрольної роботи  
для студентів спеціальності  
„Автоматизоване управління технологічними процесами”  
заочної форми навчання

Київ  
НТУУ „КПІ”  
2013

Інтелектуальні системи управління: Методи експертного оцінювання: Метод. вказівки до викон. домашньої контрольної роботи для студ. спеціальності „Автоматизоване управління технологічними процесами” заочної форм навчання/ Уклад.: Л. Д. Ярошук. – К. : НТУУ „КПІ”, 2013. – 16 с.

Навчальне видання

## МЕТОДИ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи з курсу „Інтелектуальні системи управління” для студентів спеціальності „Автоматизоване управління технологічними процесами” напряму „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” заочної форми навчання

Укладач: Ярошук Людмила Дем'янівна, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний

редактор А.І. Жученко, докт. техн. наук, проф.

Рецензент О.С. Жураковська, канд. техн. наук, доц.

Авторська редакція

## ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	4
Мета та завдання домашньої контрольної роботи, вимоги до оформлення.....	5
Завдання до домашньої контрольної роботи .....	6
Склад, обсяг і структура домашньої контрольної роботи.....	7
Пояснення та приклади виконання завдань.....	8
Порядок захисту та контрольні запитання.....	15
Список рекомендованої літератури.....	16

## ВСТУП

Задачі, які не можуть бути розв'язані виключно математичними методами без урахування знань фахівців, набутих ними в результаті тривалої роботи, а також їхньої інтуїції, належать до сфери інтелектуальних.

Метою вивчення дисципліни „Інтелектуальні системи управління” є ознайомлення студентів з різноманітними аспектами теорії та практики розробки і використання систем управління технологічними процесами, в основі яких - неформальні знання фахівців (експертів у певній предметній області).

У результаті вивчення цих дисциплін студенти повинні знати типи моделей знань, методи формалізації інформації, математичні методи, що використовуються в системах ШІ, методи створення систем, побудованих на моделях та алгоритмах штучного інтелекту, зокрема, в автоматизованих системах управління технологічними процесами.

## **Мета та завдання домашньої контрольної роботи, вимоги до оформлення**

Однією з важливих складових систем ШІ є база знань (БЗ). Її формування потребує навичок роботи з експертами та знання методів формалізації їхніх знань. Домашня контрольна робота охоплює частину першого розділу дисципліни “Основи штучного інтелекту”, а саме тему “Системи експертного оцінювання”.

Найбільш поширеними методами оцінювання впливу чинників (факторів) на певний критерій, який відображає функціонування хіміко – технологічної системи або системи іншого типу, є методи одночасного та попарного ранжування.

Метою виконання домашньої контрольної роботи є закріплення знань та набуття умінь з експертного оцінювання для предметної області, у якій працює студент заочної форми навчання.

Основні задачі домашньої контрольної роботи передбачають виконання наступних завдань:

- проведення експертного опитування для обох типів ранжування;
- визначення компетентності експертів;
- розрахунки відповідно до одночасного методу ранжування без та з врахуванням компетентності експертів;
- розрахунки відповідно до попарного методу ранжування без та з врахуванням компетентності експертів.

Опис предметної області, яку досліджує експерт (визначається в основному задачами роботи студента) не повинен перевищувати 4 сторінок.

Розрахунки можуть бути виконані за допомогою калькулятора або засобами *MS Excel* (це рекомендується).

При оформленні роботи керуватися наступним:

- властивості сторінки: папір А4, поля: ліве – 2,5 см, інші – 2;
- параметри форматування тексту: *Times New Roman*, 14 пт, 1,5 інтервали;
- нумерація сторінок наскрізна, знизу посередині, починаючи з 3-ї сторінки;
- нумерація рисунків, формул та таблиць за схемою: *N1.N2* (*N1*- номер розділу, *N2* - номер об'єкту в розділі), наприклад, табл.2.1 – перша таблиця в першому розділі, таким же чином для рисунку - рис.2.1, для формули (2.1);
- рисунки можуть бути виконані в *MS Word*, *MS Visio* або *MS Excel*.

### **Завдання до домашньої контрольної роботи**

Виконати ранжування технологічних змінних, спостереження за якими дозволить всебічно оцінити стан технологічної системи. Для цього виконати наступне:

- провести опитування експертів за методом одночасного ранжування;
- визначити компетентність експертів за 2 - 3 критеріями;
- виконати обробку думок експертів як без врахування, так і з врахуванням їхньої компетентності;
- подати графічні зображення результатів опитування;
- сформулювати висновки щодо найбільш важливих технологічних змінних;
- виконати дослідження методом попарного ранжування.

## **Склад, обсяг і структура домашньої контрольної роботи**

Домашня контрольна робота подається у вигляді пояснювальної записки, яка містить текстову частину з описом проблеми, матриці з результатами опитування експертів та обробкою цих опитувань, з даними про компетентність експертів, діаграми ранжування факторів, Обсяг роботи не повинен перевищувати 25 сторінок.

Згідно із наведеними вище завданнями на розрахункову роботу її структура повинна бути наступною:

Титульний листок

Завдання на розрахункову роботу

Зміст (*приклад наведено далі*)

1. ОПИС ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ
2. МЕТОД ОДНОЧАСНОГО РАНЖУВАННЯ ТА ВРАХУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ЕКСПЕРТІВ
3. МЕТОД ПОПАРНОГО РАНЖУВАННЯ

Список використаних джерел

Додатки (за необхідністю)

## Пояснення та приклади виконання завдань

### II. Розглянемо метод одночасного ранжування та врахування компетентності експертів

Спеціалістам пропонують ранжувати всі чинники, які включено в анкету, по ступеню їхнього впливу на певний показник. Найважливіший, з точки зору спеціаліста, чинник одержує ранг 1, менш суттєвий - ранг 2 і т.д. Якщо спеціаліст вважає два або більше чинників рівноважливими, він має право поставити їм однакові ранги.

Розглянемо приклад. Вісім експертів ( $NE=8$ ) залучені до оцінки ступеня впливу дев'ятох ( $K=9$ ) вхідних змінних на вихідну змінну об'єкта керування. У табл. II.1, яка називається *матрицею ранжування*, наведено результати роботи фахівців.

Треба визначити відносний ступінь впливу кожного з факторів на вихідну змінну об'єкта.

Таблиця II.1 Матриця ранжування

Експерти $i = \overline{1,8}$	Вхідні змінні (фактори), $j = \overline{1,9}$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	$K=9$
1	1	7	2	3	6	4	5	8	8
2	2	3	6	4	9	1	8	7	5
3	1	4	3	2	6	1	5	1	2
4	3	6	5	4	7	1	6	5	2
5	2	5	3	4	7	6	6	1	2
6	1	5	5	2	6	6	7	3	4
7	2	5	6	3	7	8	9	1	4
$NE=8$	1	3	4	2	5	1	6	1	2

Оскільки в матриці ранжування є ранги, що співпали (так звані „зв'язані”), то приведемо її спочатку до *нормального виду*. У нормальній матриці сума кожного рядка дорівнює  $K(K+1)/2$ .



Для цього змінним, що мають однакові ранги, надають ранг, що дорівнює середньому значенню тих місць, які ці змінні поділили між собою. Так, 8-й і 9-й вхідним змінним експертом 1 був наданий однаковий ранг - 8. При приведення матриці до нормального виду їм надається ранг  $(8+9)/2=8,5$ .

Наведемо в табл.П.2 нормальну матрицю ранжування.

Тепер за даними таблиці III.2 підрачуємо суми рангів  $\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$ , які набрав  $j$ -

й фактор після опитування усіх  $NE$  експертів. Ці суми будуть основними показниками сили впливу факторів на досліджувану властивість. З наведеного прикладу очевидно, що найбільший вплив на досліджувану вихідну змінну має 1-й фактор. Далі йдуть фактори 4, 8, 6, 9, 3, 2, 5, 7.

Таблиця П.2. Нормальна матриця ранжування

Експерти	Вхідні змінні										Повто- рення	$T_i$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	1	7	2	3	6	4	5	8,5	8,5	2	6	
2	2	3	6	4	9	1	8	7	5	-	-	
3	2	7	6	4,5	9	2	8	2	4,5	3;2	30	
4	3	7,5	5,5	4	9	1	7,5	5,5	2	2;2	12	
5	2,5	6	4	5	9	7,5	7,5	1	2,5	2;2	12	
6	1	5,5	5,5	2	7,5	7,5	9	3	4	2;2	12	
7	2	5	6	3	7	8	9	1	4	-	-	
8	2	6	7	4,5	8	2	9	2	4,5	3;2	30	
$\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$	15,5	47	42	30	64,5	33	63	30	35			

При проведенні опитувань доцільно враховувати компетентність спеціалістів, оскільки вони мають, як правило, різну кваліфікацію. Існують різноманітні способи оцінки компетентності.

У результаті опрацювання даних про експертів, одержують таблиці ранжування, аналогічні тим, що були при ранжуванні факторів.

Розглянемо приклад. Нехай вибрано два ( $KR=2$ ) документальні критерії компетентності експертів – стаж роботи та виробничий розряд. Дані про експертів занесені у табл. II.3.

Таблиця II.3 Критерії компетентності експертів

№ експерта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стаж роботи (років)	0,5	5	3,5	0,5	1,5	1	0,4	8	3	6
Виробничий розряд	5	6	6	4	5	4	3	5	6	5

Переведемо ці дані у ранги. Принцип такий - чим більший стаж роботи, або розряд, тим менший ранг.

У табл. II.4 наведено нормальну матрицю ранжування експертів за критеріями компетентності.

Таблиця II.4 Нормальна матриця ранжування експертів

№ ранжування $j = \overline{1, KR}$	№ експерта ( $i = \overline{1, NE}$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 (за стажем)	8,5	3	4	8,5	6	7	10	1	5	2
2 (за розрядом)	5,5	2	2	8,5	5,5	8,5	10	5,5	2	5,5
$\sum_{j=1}^{KR} y_{ji}$	14	5	6	17	11,5	15,5	20	6,5	7	7,5
Кінцевий ранг	7	1	2	9	6	8	10	3	4	5

Пропорційно сумі рангів, яку одержує той або інший спеціаліст, для кожного з них визначають „вагу” думки,  $\delta$ .

Того спеціаліста, який має найменшу суму рангів,  $(\sum_{j=1}^{KR} y_{ji})_{\min}$ , визнають найдосвідченішим, „вага” його думки становитиме  $\delta=2$ . Найменш досвідчений одержав найбільшу суму рангів,  $(\sum_{j=1}^{KR} y_{ji})_{\max}$ , „вага” його думки -  $\delta=1$ .

Для визначення „ваги“ думок інших спеціалістів використовують лінійне рівняння

$$\delta_i = a + b \sum_{j=1}^{KR} y_{ji}. \quad (\text{II.1})$$

Для розрахунку параметрів  $a$  і  $b$  розглядають систему рівнянь

$$\begin{cases} 2 = a + b \left( \sum_{j=1}^{KR} y_{ji} \right)_{\min} \\ 1 = a + b \left( \sum_{j=1}^{KR} y_{ji} \right)_{\max} . \end{cases}$$

З цієї системи визначають параметри  $a$  і  $b$  і підставляють їх у (II.1).

Для нашого прикладу

$$\begin{cases} 2 = a + b \cdot 5; \\ 1 = a + b \cdot 20. \end{cases}$$

Розв'язавши цю систему, отримуємо  $a=7/3$ ,  $b=-1/15$ .

Остаточно вагові коефіцієнти мають такі значення

$$\begin{array}{ll} \delta_1 = 1,40; & \delta_6 = 1,30; \\ \delta_2 = 2,00; & \delta_7 = 1,00; \\ \delta_3 = 1,93; & \delta_8 = 1,90; \\ \delta_4 = 1,20; & \delta_9 = 1,87; \\ \delta_5 = 1,57; & \delta_{10} = 1,83. \end{array}$$

Якщо ранжування факторів виконують з урахуванням компетентності спеціалістів, то висновок про ступінь впливу факторів на обраний критерій

роблять не по сумі  $\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$ , а по сумі  $\sum_{i=1}^{NE} (a_{ij} \cdot \delta_i)$ .

Діаграма може мати наступний вид (див. рис. П.1):

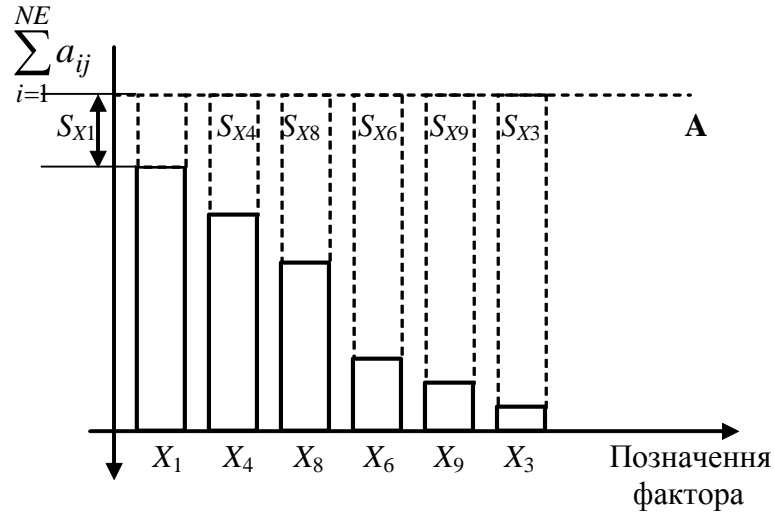


Рис.П.1. – Діаграма ранжування факторів

З цього рисунка видно, що суми  $\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$  відкладають не від нульового рівня, а від такого, який перевищує найбільшу з цих сум.

На рис.П.1 цей рівень позначено пунктирною лінією  $A$ , а значення суми для  $j$  – о фактора – виразом  $S_{X_j}$ .

### III. Розглянемо метод попарного ранжування

При використанні цієї методики фахівцям пропонують порівнювати чинники попарно для того, щоб визначити у кожній парі найбільш важливий (значущий). Експерта просять заповнити таблицю попарних порівнянь таким чином: якщо фактор  $i$  (у рядку) більш значущий ніж фактор  $j$  (у стовпці), то у комірці  $ij$  треба записати 1, інакше – треба записати 0. У комірках головної діагоналі таблиці проставляють прочерки. Наведемо приклад заповнення таблиці ранжування (табл. III.1).

Табл. III.1. Таблиця попарних порівнянь одного з експертів

	$x_1$ ( $j=1$ )	$x_2$ ( $j=2$ )	$x_3$ ( $j=3$ )	$x_4$ ( $j=4$ )
$x_1$ ( $i=1$ )	-	1	1	0
$x_2$ ( $i=2$ )	0	-	1	0
$x_3$ ( $i=3$ )	0	0	-	0
$x_4$ ( $i=4$ )	1	1	1	-

Після того, як всі фахівці заповнять свої таблиці, організатори експертизи створюють підсумкову таблицю. У кожній  $ij$ -й комірці останньої записують число, яке є сумою чисел відповідних комірок усіх таблиць фахівців.

Далі підсумовують ранги в кінцевій таблиці окремо по рядках, окремо по стовпцях. Отримані суми рангів  $i$  визначають результат. Можна використовувати суми тільки по рядках, або тільки по стовпцях. Визначають обидві суми тільки заради перевірки результату.

Якщо порівнювати суми по рядках, то 1-е місце отримує той фактор, який набрав найбільшу суму рангів, а якщо порівнювати по стовпцях – найменшу.

Розглянемо приклад. Десять експертів ( $NE=10$ ) ранжують 5 ( $K=5$ ) факторів. Треба визначити відносний ступінь впливу кожного з факторів на вихідну змінну об'єкта. У таблиці III.2 подамо підсумкову таблицю ранжування для десяти експертів.

Таблиця III.2. Підсумкова таблиця ранжування

Номери факторів	1	2	3	4	5	Суми
1	-	10	7	6	1	24
2	0	-	3	5	2	10
3	3	7	-	8	3	21
4	4	5	2	-	2	13
5	9	8	7	8	-	32
Суми	16	30	19	27	8	100

Отже, згідно з даними остаточної матриці ранжування, найсуттєвішим слід визнати 5-й фактор, а далі за ступенем убавання впливу: 1 – й, 3 – й, 4 – й, 2 – й.

Якщо ранжування факторів виконують з урахуванням компетентності спеціалістів, то висновок про ступінь впливу факторів на обраний критерій

роблять не по сумі  $\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$ , а по сумі  $\sum_{i=1}^{NE} (a_{ij} \cdot \delta_i)$ .

У випадку *попарного ранжування* на ваговий коефіцієнт думки  $i$  – о експерта помножують кожний елемент матриці цього  $i$  – о експерта. Загальну матриці будують таким же методом, як і без врахування компетентності.

Для аналізу результатів ранжування будують діаграми рангів з осями  $\sum_{i=1}^{NE} a_{ij}$  або  $\sum_{i=1}^{NE} (a_{ij} \cdot \delta_i)$  по вертикалі та позначенням номера фактора по горизонталі.

### **Порядок захисту та контрольні запитання**

Захист розрахункової роботи відбувається після виконання усіх розділів завдання.

Студент підтверджує виконання завдань, наводячи відповідні дослідження та розрахунки з пояснювальної записки.

Для захисту розрахункової роботи студент повинен знати відповіді на наступні запитання:

1. Коли слід застосовувати експертні знання?
2. Які існують способи роботи з експертами?
3. В чому полягає метод Дельфи?
4. Для чого використовують системи експертного оцінювання у загальному випадку і при автоматизації процесів зокрема?
5. Які ви знаєте системи ранжування?
6. Назвіть загальні методи оцінки компетентності експертів.
7. Як визначити узгодженість роботи експертів?
8. Як використовують дані про компетентність експертів в системах ранжування?
9. Як графічно подати результати опитувань?
10. Які можуть бути подальші дії при неузгодженості роботи експертів?

## Список рекомендованої літератури

1. Технології штучного інтелекту – 2. Інтелектуальні системи управління: Отримання та використання експертних знань у системах управління: Методичні вказівки до викон. лабор. робіт для студ. спец. „Автоматизоване управління технологічними процесами” / Уклад.: Л.Д. Ярощук, Ковалюк Д.О., Ярощук І.В.. – К.: НТУУ ”КПІ“, 2011. - 68 с.
2. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.:Статистика, 1980. – 263 с.
3. Дьякова Н.С., Круг Г.К. Применение методов ранговой корреляции для обработки качественной информации//Труды МЭИ.-1966.-Вып.67.с.7-28.
4. Статистические методы анализа экспертных оценок. М.:Наука, 1977. – 158с.