

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АНАЛІТИЧНИХ МЕРЕЖ В СППР «DECISIONER»

Після авторизації в системі можна буде перейти за посиланням <http://decision.tg.ck.ua/experiment.php?id=5> та скористатись методом аналітичних мереж (МАН) (рис. 1).

На базовому шаблоні та шаблонах для процесів в ІТ-компанії за МАН можна скористатись вбудованою довідкою для того, щоб отримати інформацію про шкалу відношень за Т. Сааті під час розв'язування задачі без переходу на іншу сторінку.

У вікні з довідкою знаходяться посилання на теоретичну частину та інструкцію користувача, відповідно до обраного методу (рис. 1).

Decisioner

Перейти в особистий кабінет Шаблони Вийти (1)

Метод аналітичних мереж

для ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ НЕОБХІДНО ВВЕСТИ НАСТУПНІ ВХІДНІ ДАНІ:

МЕТА:

Введіть мету

#	Критерії	#	Ал
1	Критерій 1	1	Альтернатива 1
2	Критерій 2	2	Альтернатива 2

Обрати мережеву структуру задачі

Довідка

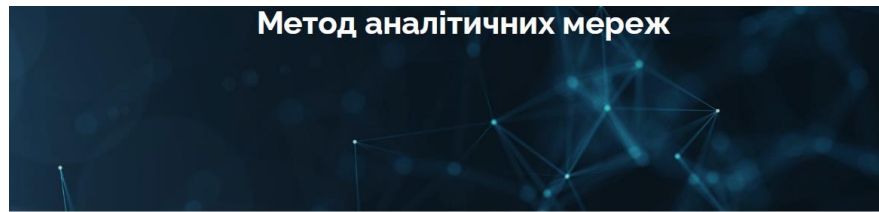
Допоміжні посилання:
[теорія та інструкція користувача](#)

Таблиця – Шкала відношень
(ступеня значимості дій)

Ступінь значимості	Визначення	Пояснення
1	Однакова значимість	Дві дії мають однаковий внесок у досягнення мети
3	Слабка значимість	Існують не достатньо переконливі міркування на користь переваги однієї з дій
5	Істотна значимість	Маються надійні дані для того, щоб показати перевагу однієї з дій

Рисунок 1 – Вигляд довідки для методу аналітичних мереж

До теоретичних відомостей з методу аналітичних мереж також можна отримати доступ з пункту меню «Методи прийняття рішень» або за посиланням <http://dss.tg.ck.ua/anp-help>, результат чого наведено на рисунку 2.



Структуру рішень багатьох проблем можна подати ієрархією, що включає мету, критерії та підкритерії і альтернативні варіанти вирішення проблеми. Існують численні приклади рішень, в яких елементи верхніх рівнів залежать від елементів нижніх рівнів. Крім того, елементи одного рівня можуть залежати один від одного (рис. 1). Такі структури рішень із залежністю між елементами і зворотними зв'язками вивчаються в методі аналітичних мереж (МАН).

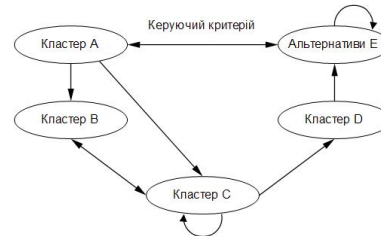


Рисунок 2 – Вигляд теоретичних відомостей з методу аналітичних мереж

Для базового шаблону методу аналітичних мереж необхідно задати вхідні дані, інакше перехід до наступного етапу за допомогою кнопки «Обрати мережеву структуру задачі» буде заблоковано. Вхідні дані задаються за допомогою кнопок «+» та «-». Необхідно заповнювати всі додані поля, включаючи мету. Мінімальна кількість альтернатив та варіантів зовнішніх умов, по 2 відповідно. Вхідні дані:

Мета – короткий опис завдання, який становить перший рівень ієрархії. Мета найчастіше починається словами: вибрати, знайти і т.д. Наприклад: вибір хостингу для розміщення сайту, знайти кращий варіант роботи. Максимальна довжина – 80 символів.

Критерії – кількісна або якісна характеристика, яка є істотною для судження про об'єкт. Критерії складають другий рівень ієрархії. У СППР «Decisioner» можна задавати від 2 до 15 критеріїв. Причиною такого обмеження є те, що таблиця середніх значень індексу однорідності містить значення тільки до матриці 15 розмірності. Максимальна довжина назви критерію – 20 символів.

Альтернативи – об'єкти, серед яких необхідно зробити вибір. Альтернативи складають третій рівень ієрархії. У СППР «Decisioner» можна задавати від 2 до 15 альтернатив, причина аналогічна ситуації з критеріями. Максимальна довжина назви альтернативи – 20 символів.

Важливо заповнити поле з метою, тому що в кінці розрахунків користувачу буде запропоновано зберегти результати в особистий кабінет. Назва форми для збережених розрахунків буде визначена введеною на початку метою.

Задача 1. Розглянемо розв’язок задачі вибору фахівців у галузі інформаційних технологій для роботи над новим проєктом за методом аналітичних мереж (рис. 3).

Метод аналітичних мереж
для вирішення задачі необхідно ввести наступні вхідні дані:

МЕТА:

Вибір фахівців у галузі інформаційних технологій для роботи над новим проєктом

#	Критерії	#	Альтернативи
1	Вік	1	Резюме 1
2	Досвід роботи в ІТ	2	Резюме 2
3	Освіта	3	Резюме 3
4	Практичні навички в ІТ		
5	Участь в ІТ-проєктах		
6	Заробітна платня		

-
+

-
+

Довідка

Рисунок 3 – Вигляд шаблону для вибору фахівців у галузі ІТ

Для обраної задачі прийняття рішення користувач може скористатись спеціальним демонстраційним шаблоном, який знаходиться за посиланням: http://decision.tg.ck.ua/cv_anp_template.php

Для використання *шаблону для вибору фахівців у галузі інформаційних технологій для роботи над новим проєктом* за МАР на початковій сторінці необхідно обрати необхідні критерії, які можна відредагувати, видалити непотрібні або додати до них інші. Подальші кроки в базовому шаблоні та шаблоні для вибору нових працівників на проєкт за методом аналітичних мереж – аналогічні.

Після натискання кнопки «Обрати мережеву структуру задачі» буде здійснено перехід до наступного етапу, який наведено на рисунку 4. В залежності від обраної мережі сформується шаблон для парного порівняння елементів мережі та шаблон для побудови суперматриці. В даній задачі вибору працівників на проєкт розглянуто класичну ієрархію, в якій альтернативи впливають на критерії, а критерії впливають на мету (рис. Б.13).

Крок 1

Оберіть мережеву структуру задачі:

- Критерії впливають на мету
- Критерії впливають на критерії
- Альтернативи впливають на мету
- Альтернативи впливають на критерії
- Альтернативи впливають на альтернативи

Побудувати матрицю порівнянь

Рисунок 4 – Етап обрання мережевої структури задачі

Після натискання кнопки «Побудувати матрицю порівнянь» буде здійснено перехід до наступного етапу, який складається із заповнення матриці парних порівнянь (МПП), тип якої залежить від обраної мережевої структури. В даному випадку наступним кроком буде парне порівняння критеріїв відносно мети.

Для заповнення матриці парних порівнянь слід використовувати шкалу Сааті (оцінки від 1 до 9, або їх обернені значення), якщо об'єкти порівнюються відносно якісної характеристики (наприклад, зручність, потужність та інше), як це наведено на рисунку 5 для шаблону задачі кадрового забезпечення.

Крок 2

Заповніть матрицю парних порівнянь критеріїв відносно мети:

#	Вік	Досвід роботи в ІТ	Освіта	Практичні навички в ІТ	Участь в ІТ-проектах	Заробітна платня
Вік	1	1/3	1/4	1/9	1/7	1/4
Досвід роботи в ІТ	3	1	1/3	1	1/2	1/3
Освіта	4	3	1	1/5	1/8	1/3
Практичні навички в ІТ	9	1	5	1	7	3
Участь в ІТ-проектах	7	2	8	1/7	1	2
Заробітна платня	4	3	3	1/3	1/2	1

#	Вага
Вік	0.0331
Досвід роботи в ІТ	0.0933
Освіта	0.0857
Практичні навички в ІТ	0.3941
Участь в ІТ-проектах	0.2242
Заробітна платня	0.1696

Dim	Lmax	Ю	ВО
6.0000	7.7470	0.3494	0.2818

Правило транзитивності порушено, оскільки $ВО > 0.1$. Будь ласка, змініть ваші оцінки.

Далі

Рисунок 5 – Приклад заповнення матриці порівнянь критеріїв відносно мети

Під час введення оцінок дзеркальні комірочки матриці будуть автоматично заповнюватись оберненими значеннями відносно вашої оцінки (рис. 6), а також буде відбуватись автоматичний розрахунок ваги критеріїв (рис. 7).

1	3	2
1/3	1	1/3
1/2	3	1

Рисунок 7 – Приклад автозаповнення дзеркальних комірок оберненими значеннями

#	Вага
Вік	0.0331
Досвід роботи в ІТ	0.0933
Освіта	0.0857
Практичні навички в ІТ	0.3941
Участь в ІТ-проектах	0.2242
Заробітна платня	0.1696

Рисунок 8 – Результат автоматичного розрахунку ваг для критеріїв

Також, на цьому етапі автоматично обраховується значення узгодженості оцінок експерта на основі наступних показників:

- 1) Dim (англ. dimension) – розмірність матриці парних порівнянь;
- 2) $L_{\max} (\lambda_{\max})$ – максимальне власне значення матриці парних порівнянь;
- 3) IO – індекс однорідності (узгодженості) матриці парних порівнянь;
- 4) VO – відношення однорідності (узгодженості) матриці парних порівнянь.

Перші три критерії використовуються для того, щоб знайти останній – відношення однорідності, який вказує на те, наскільки узгоджені судження про об'єкти порівняння. Значення VO вважається допустимим, якщо воно не перевищує 0,1. Відповідно до цього було створено поле для сповіщення користувача про значення VO. Коли користувач не почав заповнювати оцінками МПП, в спеціальному текстовому полі відображається повідомлення: «Почніть заповнювати матрицю парних порівнянь, щоб отримати розрахунок узгодженості оцінок» (рис. 9).

Dim	Lmax	IO	BO

Почніть заповнювати матрицю парних порівнянь, щоб отримати розрахунок узгодженості оцінок

Рисунок 9 – Відображення розрахунку узгодженості оцінок у стані спокою

У випадку гарної узгодженості оцінок в цьому полі буде виведено повідомлення: «Правило транзитивності не порушено, оскільки $BO \leq 0.1$. Оцінки змін не потребують» (рис. 10).

Dim	Lmax	IO	BO
3.0000	3.0536	0.0268	0.0462

Правило транзитивності не порушено, оскільки $BO \leq 0.1$. Оцінки змін не потребують.

Рисунок 10 – Приклад сповіщення користувача про гарну узгодженість оцінок

У протилежному випадку користувач отримає наступне повідомлення: «Правило транзитивності порушено, оскільки $BO > 0.1$. Будь ласка, змініть ваші оцінки» (рис. 11).

Dim	Lmax	IO	BO
3.0000	3.3674	0.1837	0.3168

Правило транзитивності порушено, оскільки $BO > 0.1$. Будь ласка, змініть ваші оцінки.

Рисунок 11 – Приклад сповіщення користувача про погану узгодженість оцінок

На наступному кроці виконуються аналогічні операції, але по відношенню до альтернатив, відповідно до обраної мережевої структури задачі. На цих етапах необхідно порівнювати альтернативи відносно до кожного критерію. Перехід здійснюється за допомогою кнопки «Далі». Приклад заповнення МПП по відношенню до альтернатив за першим та останнім критеріями наведено на рис. 12 та 13.

Крок 3

Порівняйте альтернативи попарно по відношенню до кожного критерію

3.1 Порівняння альтернатив по відношенню до критерію Вік:

#	Резюме 1	Резюме 2	Резюме 3
Резюме 1	1	2	6
Резюме 2	1/2	1	8
Резюме 3	1/6	1/8	1

#	Вага
Резюме 1	0.5514
Резюме 2	0.3823
Резюме 3	0.0663

Dim	Lmax	IO	BO
3.0000	3.1078	0.0539	0.0930

Правило транзитивності не порушено, оскільки $BO \leq 0.1$. Оцінки змін не потребують.

Далі

Рисунок 12 – Заповнення МПП альтернатив відносно критерію «Вік»

3.6 Порівняння альтернатив по відношенню до критерію Заробітна платня:

#	Резюме 1	Резюме 2	Резюме 3
Резюме 1	1	1/2	1/3
Резюме 2	2	1	4
Резюме 3	3	1/4	1

#	Вага
Резюме 1	0.1591
Резюме 2	0.5782
Резюме 3	0.2627

Dim	Lmax	IO	BO
3.0000	3.3674	0.1837	0.3168

Правило транзитивності порушено, оскільки $BO > 0.1$. Будь ласка, змініть ваші оцінки.

Розв'язати

Рисунок 13 – Заповнення МПП альтернатив відносно критерію «Заробітна платня»

Після натиснення на кнопку «Розв'язати» (рис. 13) користувач отримає розв'язок, який містить в собі початкову суперматрицю (рис. 14) та граничну суперматрицю (рис. 15). В лівому верхньому кутку граничної суперматриці вказано кінцеву степінь, до якої піднесена матриця (рис. 15).

Розв'язок

Початкова суперматриця

#	Вузел : 0	K1: Вік	K2: Досвід роботи в ІТ	K3: Освіта	K4: Практичні навички в ІТ	K5: Участь в ІТ-проектах	K6: Заробітна платня	A1: Резюме 1	A2: Резюме 2	A3: Резюме 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1: Вік	0.0331	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K2: Досвід роботи в ІТ	0.0933	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K3: Освіта	0.0857	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K4: Практичні навички в ІТ	0.3941	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K5: Участь в ІТ-проектах	0.2242	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K6: Заробітна платня	0.1696	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A1: Резюме 1	0	0.5514	0.1734	0.2437	0.2185	0.1811	0.1591	1	0	0
A2: Резюме 2	0	0.3823	0.0545	0.0692	0.0668	0.0653	0.5782	0	1	0
A3: Резюме 3	0	0.0663	0.772	0.6871	0.7147	0.7536	0.2627	0	0	1

Рисунок 14 – Початкова суперматриця задачі

Після блоку «Розв'язок» користувачу надається результат розрахунків у вигляді відсортованої за спаданням таблиці пріоритетів альтернатив, діаграми розподілу ваг у відсотках та відповідь з неокругленою вагою для оптимального рішення, як це продемонстровано на рисунку Б.24.

Гранична суперматриця задачі

$\wedge 2$	Вузел : 0	K1: Вік	K2: Досвід роботи в ІТ	K3: Освіта	K4: Практичні навички в ІТ	K5: Участь в ІТ-проєктах	K6: Заробітна платня	A1: Резюме 1	A2: Резюме 2	A3: Резюме 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вік	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Досвід роботи в ІТ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Освіта	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Практичні навички в ІТ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Участь в ІТ-проєктах	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Заробітна платня	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Резюме 1	0.209	0.551	0.173	0.244	0.218	0.181	0.159	1.000	0.000	0.000
Резюме 2	0.163	0.382	0.054	0.069	0.067	0.065	0.578	0.000	1.000	0.000
Резюме 3	0.628	0.066	0.772	0.687	0.715	0.754	0.263	0.000	0.000	1.000

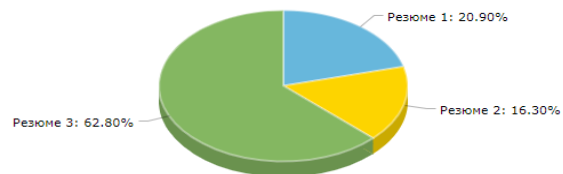
Рисунок 15 – Гранична суперматриця задачі

Результат

МЕТА: ВИБІР ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОБОТИ НАД НОВИМ ПРОЄКТОМ

#	Альтернативи	Вага
1	Резюме 1	0.209
2	Резюме 2	0.163
3	Резюме 3	0.628

JS chart by amCharts



Відповідь: Оптимальною є альтернатива А3 (0.628286771915582)

Зберегти та перейти в особистий кабінет

Рисунок 16 – Результат розрахунків за методом аналітичних мереж

Порівняння отриманих результатів з результатами в СКМ Mathcad, в якому реалізовано метод аналітичних мереж наведено на рисунках 17-19.

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ WGN_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & WK1N_1 & WK2N_1 & WK3N_1 & WK4N_1 & WK5N_1 & WK6N_1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & WK1N_2 & WK2N_2 & WK3N_2 & WK4N_2 & WK5N_2 & WK6N_2 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & WK1N_3 & WK2N_3 & WK3N_3 & WK4N_3 & WK5N_3 & WK6N_3 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{array}{c|cccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0.026 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0.104 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0.088 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0.419 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0.22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0.142 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0 & 0.551 & 0.173 & 0.244 & 0.218 & 0.181 & 0.159 & 1 & 0 & 0 \\ 9 & 0 & 0.382 & 0.055 & 0.069 & 0.067 & 0.065 & 0.578 & 0 & 1 & 0 \\ 10 & 0 & 0.066 & 0.772 & 0.687 & 0.715 & 0.754 & 0.263 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Рисунок 17 – Початкова суперматриця задачі

$$W_k := W^2 = \begin{array}{c|cccccccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & & \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8 & 0.208 & 0.5514 & 0.1734 & 0.2437 & 0.2185 & 0.1811 & 0.1591 & 1 & 0 & 0 \\ 9 & 0.1464 & 0.3823 & 0.0545 & 0.0692 & 0.0668 & 0.0653 & 0.5782 & 0 & 1 & 0 \\ 10 & 0.6456 & 0.0663 & 0.772 & 0.6871 & 0.7147 & 0.7536 & 0.2627 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

$$\text{eigenvals}(W) = \begin{array}{c|c} & 1 \\ \hline 1 & 1 \\ 2 & 1 \\ 3 & 1 \\ 4 & 0 \\ 5 & 0 \\ 6 & 0 \\ 7 & 0 \\ 8 & 0 \\ 9 & 0 \\ 10 & 0 \end{array}$$

$$S1 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,1} = 1 \quad S2 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,2} = 1 \quad S3 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,3} = 1 \quad S4 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,4} = 1 \quad S5 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,5} = 1$$

$$S6 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,6} = 1 \quad S7 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,7} = 1 \quad S8 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,8} = 1 \quad S9 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,9} = 1 \quad S10 := \sum_{i=1}^{10} Wk_{i,10} = 1$$

Рисунок 18 – Наближення до ненормованої граничної суперматриці задачі

$$Wk_{\text{apr},1} = \begin{array}{|c|} \hline 0.20801 \\ \hline 0.14637 \\ \hline 0.64563 \\ \hline \end{array}$$

Рисунок 19 – Наближення до вектору пріоритетів задачі

Як видно з рисунку 19 отримані значення співпали з СППР «Decisioner». Явною перевагою СППР «Decisioner» є можливість використання на будь-яких пристроях, на яких є доступ до мережі Інтернет. На основі відповідних обчислень за допомогою СППР «Decisioner» та СКМ Mathcad щодо оптимального вибору працівника за резюме можна зробити *висновок*, що найкращою альтернативою для керівника за наявних умов задачі, які задані критеріями є резюме працівника Р3 з пріоритетом 0,646.

Задача 2. Розглянемо розв'язок задачі вибору проекту із створення програмного продукту за методом аналітичних мереж (МАН) з випадками зворотного зв'язку. Для обраної задачі прийняття рішення користувач може скористатись спеціальним демонстраційним шаблоном, який знаходиться за посиланням: http://decision.tg.ck.ua/project_anp_template.php (рис. 20).

Для використання *шаблону для вибору проєкту із створення програмного продукту* за МАМ на початковій сторінці необхідно обрати необхідні запропоновані критерії, які можна відредагувати, видалити непотрібні або додати до них інші.


[Перейти в особистий кабінет](#)
[Шаблони](#)
[Вийти \(1\)](#)

Метод аналітичних мереж

для вирішення задачі необхідно ввести наступні вхідні дані:

МЕТА:

Вибір проєкту зі створення програмного продукту

#	Критерії
1	Складність
2	Тривалість
3	Вартість
4	Обізнаність команди

#	Альтернативи
1	Проект 1
2	Проект 2
3	Проект 3



Довідка

Рисунок 20 – Вигляд шаблону для вибору проєкту із створення програмного продукту

Після натискання кнопки «Обрати мережеву структуру задачі» буде здійснено перехід до наступного етапу.

Випадок 1. Задача про вибір проєкту із зовнішньої залежністю. В даній задачі розглянуто структуру впливів, в якій альтернативи впливають на альтернативи, а критерії впливають критерії (рис. 21).

Крок 1

Оберіть мережеву структуру задачі:

- Критерії впливають на мету
- Альтернативи впливають на мету
- Альтернативи впливають на критерії
- Критерії впливають на критерії
- Критерії впливають на альтернативи
- Альтернативи впливають на альтернативи

Побудувати матриці порівнянь

Рисунок 21 – Етап обрання мережевої структури задачі

Після натискання кнопки «Побудувати матрицю порівнянь» буде здійснено перехід до наступного етапу, який складається із заповнення матриці парних порівнянь (МПП), тип якої залежить від обраної мережевої структури.

В даному випадку, на першому етапі проекти попарно порівнюються за кожним критерієм. При цьому ОНР (або експерт) відповідав на питання: Який з двох проектів є кращим за заданим критерієм і наскільки кращим (за шкалою Сааті)? Порівняння відбуваються за алгоритмом аналогічним до наведеного на рисунках 12 та 13.

На другому етапі проводяться парні порівняння критеріїв для кожного проекту. При цьому ОНР (або експерт) відповідав на питання: Який з двох критеріїв є більш характерним для даного проекту і наскільки більш характерним?

Після заповнення всіх необхідним матриць парних порівнянь та натиснення на кнопку «Розв'язати» користувач отримає розв'язок, який містить в собі початкову суперматрицю (рис. 22) та граничну суперматрицю (рис. 23).

Розв'язок

Початкова суперматриця

#	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
K1: Складність	0	0	0	0	0	0.4094	0.5103	0.2664
K2: Тривалість	0	0	0	0	0	0.1289	0.1529	0.2013
K3: Вартість	0	0	0	0	0	0.2709	0.1142	0.4438
K4: Обізнаність команди	0	0	0	0	0	0.1908	0.2225	0.0886
A1: Проект 1	0	0.7147	0.2969	0.3816	0.6153	0	0	0
A2: Проект 2	0	0.2185	0.6175	0.5415	0.2922	0	0	0
A3: Проект 3	0	0.0668	0.0856	0.0768	0.0925	0	0	0

Рисунок 22 – Суперматриця задачі для випадку 1

Для подальшої обробки за МАМ суперматрицю необхідно привести до стохастического вигляду. В даному випадку суми елементів кожного стовпця дорівнюють одиниці, тобто матриця є стохастичною. Пріоритети елементів знаходяться шляхом піднесення даної стохастичної матриці до граничного ступеня. Дана суперматриця при піднесенні до цілочисельного ступеня дає дві стабільні форми за степенем 100 та 101 (рис. 23).

Кінцевий результат обчислюється як середнє значення двох граничних матриць, результат чого продемонстровано на рисунку 24.

Гранична суперматриця задачі

^ 101	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
Складність	0.000	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218	0.218
Тривалість	0.000	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072
Вартість	0.000	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114
Обізнаність команди	0.000	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097
Проект 1	0.000	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
Проект 2	0.000	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182	0.182
Проект 3	0.000	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038

Рисунок 23 – Кінцевий результат розрахунків двох граничних матриць

Результат

МЕТА: ВИБІР ПРОЄКТУ ЗІ СТВОРЕННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ

#	Альтернативи	Вага
1	Проект 1	0.28
2	Проект 2	0.182
3	Проект 3	0.038

Відповідь: Опимальною є альтернатива A1 (0.2799294879030255)

[Зберегти та перейти в особистий кабінет](#)

Рисунок 24 – Результат розрахунків за методом аналітичних мереж

Порівняння отриманих результатів з результатами в СКМ Mathcad, в якому реалізовано метод аналітичних мереж наведено на рисунках 25 та 26.

$$\underset{www}{W} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & WA1N_1 & WA2N_1 & WA3N_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & WA1N_2 & WA2N_2 & WA3N_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & WA1N_3 & WA2N_3 & WA3N_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & WA1N_4 & WA2N_4 & WA3N_4 \\ WK1N_1 & WK2N_1 & WK3N_1 & WK4N_1 & 0 & 0 & 0 \\ WK1N_2 & WK2N_2 & WK3N_2 & WK4N_2 & 0 & 0 & 0 \\ WK1N_3 & WK2N_3 & WK3N_3 & WK4N_3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0.409 & 0.51 & 0.266 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.129 & 0.153 & 0.201 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.271 & 0.114 & 0.444 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.191 & 0.223 & 0.089 \\ 0.715 & 0.297 & 0.382 & 0.615 & 0 & 0 & 0 \\ 0.218 & 0.618 & 0.542 & 0.292 & 0 & 0 & 0 \\ 0.067 & 0.086 & 0.077 & 0.093 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 25 – Суперматриця задачі для випадку 1

$$WF := \frac{W_k + W_{kN}}{2} = \begin{pmatrix} 0.218 & 0.218 & 0.218 & 0.218 & 0.218 & 0.218 & 0.218 \\ 0.072 & 0.072 & 0.072 & 0.072 & 0.072 & 0.072 & 0.072 \\ 0.114 & 0.114 & 0.114 & 0.114 & 0.114 & 0.114 & 0.114 \\ 0.097 & 0.097 & 0.097 & 0.097 & 0.097 & 0.097 & 0.097 \\ 0.28 & 0.28 & 0.28 & 0.28 & 0.28 & 0.28 & 0.28 \\ 0.182 & 0.182 & 0.182 & 0.182 & 0.182 & 0.182 & 0.182 \\ 0.038 & 0.038 & 0.038 & 0.038 & 0.038 & 0.038 & 0.038 \end{pmatrix}$$

apr := 5..7
WF_{apr,1} =

0.27993
0.18168
0.03839

Рисунок 26 – Кінцевий результат розрахунків двох граничних матриць
Як видно з рисунку 26 отримані значення співпали з СППР «Decisioner».

На основі відповідних обчислень за допомогою СППР «Decisioner» та СКМ Mathcad щодо вибору проекту із створення програмного продукту можна зробити *висновок*, що найкращою альтернативою для керівника за наявних умов задачі є проект П1, пріоритет якого з трьох альтернатив найбільший та дорівнює 0,279.

Випадок 2. Задача про вибір проекту із залежністю елементів від самих себе. Розглянемо, що станеться з суперматрицею задачі, коли буде додано до її структури два цикли незалежності по критеріям і по альтернативам (рис. 27).

Крок 1

Оберіть мережеву структуру задачі:

- Критерії впливають на мету
- Альтернативи впливають на мету
- Альтернативи впливають на критерії
- Критерії впливають на критерії
- Критерії впливають на альтернативи
- Альтернативи впливають на альтернативи

Побудувати матриці порівнянь

Рисунок 27 – Етап обрання мережевої структури задачі

Цикл незалежності відповідає ситуації, коли кожен елемент компонента залежить лише від самого себе. При цьому блок, що характеризує даний компонент і розташований на головній діагоналі суперматриці, являє собою одиничну матрицю.

Вихідна (незважена) суперматриця задачі W_0 зображена на рисунку 28.

Через додавання одиничних блоків, що відповідають залежності елементів від самих себе, суми стовпців суперматриці стають більше за одиницю. Однак умова стохастичності стовпців суперматриці гарантує збіжність і не повинно порушуватися. Тому необхідно визначити нормовані вагові коефіцієнти компонентів і помножити на

них відповідні блоки суперматриці. В даному прикладі прийємо ваги компонентів рівними 0.5, тоді значення діагональних елементів, що відповідають циклам, дорівнюватимуть 0.5 (рис. 29).

Розв'язок

Початкова суперматриця

#	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
K1: Складність	0	1	0	0	0	0.4094	0.5103	0.2664
K2: Тривалість	0	0	1	0	0	0.1289	0.1529	0.2013
K3: Вартість	0	0	0	1	0	0.2709	0.1142	0.4438
K4: Обізнаність команди	0	0	0	0	1	0.1908	0.2225	0.0886
A1: Проект 1	0	0.7147	0.2969	0.3816	0.6153	1	0	0
A2: Проект 2	0	0.2185	0.6175	0.5415	0.2922	0	1	0
A3: Проект 3	0	0.0668	0.0856	0.0768	0.0925	0	0	1

Рисунок 28 – Вихідна (незважена) суперматриця задачі W_0

Гранична суперматриця задачі

^ 100	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
Складність	0.000	0.2193	0.2195	0.2195	0.2193	0.2193	0.2193	0.2194
Тривалість	0.000	0.0723	0.0723	0.0723	0.0723	0.0723	0.0723	0.0723
Вартість	0.000	0.1147	0.1148	0.1148	0.1147	0.1147	0.1147	0.1147
Обізнаність команди	0.000	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983
Проект 1	0.000	0.2824	0.2827	0.2827	0.2824	0.2825	0.2824	0.2825
Проект 2	0.000	0.1833	0.1834	0.1834	0.1833	0.1833	0.1833	0.1834
Проект 3	0.000	0.0389	0.0389	0.0389	0.0389	0.0389	0.0389	0.0389

Рисунок 29 – Стохастична суперматриця для випадку 2

Порівняння отриманих результатів з результатами в СКМ Mathcad, в якому реалізовано метод аналітичних мереж наведено на рисунках 30 та 31.

$$W2k := W2 \cdot 0.5 = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0.205 & 0.255 & 0.133 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0.065 & 0.077 & 0.101 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0.136 & 0.057 & 0.222 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.096 & 0.112 & 0.045 \\ 0.357 & 0.148 & 0.191 & 0.308 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.109 & 0.309 & 0.271 & 0.146 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0.034 & 0.043 & 0.039 & 0.047 & 0 & 0 & 0.5 \end{pmatrix}$$

Рисунок 30 – Зважена суперматриця для випадку 2

$$W2kN := W2k^{100} = \begin{pmatrix} 0.2193 & 0.2195 & 0.2195 & 0.2193 & 0.2193 & 0.2193 & 0.2194 \\ 0.0723 & 0.0723 & 0.0723 & 0.0723 & 0.0723 & 0.0723 & 0.0723 \\ 0.1147 & 0.1148 & 0.1148 & 0.1147 & 0.1147 & 0.1147 & 0.1147 \\ 0.0983 & 0.0983 & 0.0983 & 0.0983 & 0.0983 & 0.0983 & 0.0983 \\ 0.2824 & 0.2827 & 0.2827 & 0.2824 & 0.2825 & 0.2824 & 0.2825 \\ 0.1833 & 0.1834 & 0.1834 & 0.1833 & 0.1833 & 0.1833 & 0.1834 \\ 0.0389 & 0.0389 & 0.0389 & 0.0389 & 0.0389 & 0.0389 & 0.0389 \end{pmatrix}$$

apr := 5..7
W2kN_{apr,1} =

0.28243
0.18327
0.03887

$$S1F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,1} = 1.009 \quad S2F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,2} = 1.01 \quad S3F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,3} = 1.01 \quad S4F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,4} = 1.009$$

$$S5F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,5} = 1.009 \quad S6F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,6} = 1.009 \quad S7F := \sum_{i=1}^7 W2kN_{i,7} = 1.009$$

Рисунок 31 – Стохастична суперматриця для випадку 2

На основі відповідних обчислень за допомогою СППР «Decisioner» та СКМ Mathcad можна зробити *висновок*, що проект П1, пріоритет якого з трьох альтернатив найбільший та дорівнює 0,284 є кращим у даній ситуації. Наведена на рисунку 29 зважена суперматриця є стохастичною і примітивною, тому при її піднесенні до ступенів не виникає циклів. Гранична суперматриця має ідентичні стовпці, причому чотири перші елементи кожного стовпчика показують пріоритети критеріїв, а три останніх – пріоритети альтернатив.

Випадок 3. Задача про вибір проекту із взаємною залежністю критеріїв. Розглянемо, до чого призводить додавання циклів взаємної внутрішньої залежності елементів у компоненті.

Припустимо, що в розглянутій задачі існує взаємна залежність критеріїв один від одного (рис. 32). У цьому випадку потрібно провести парні порівняння критеріїв по кожному з них, керуючись головною метою задачі (вибрати оптимальний ІТ-проект). Порівняння відбуваються за алгоритмом аналогічним до наведеного на рисунках 12 та 13.

Крок 1

Оберіть мережеву структуру задачі:

- Критерії впливають на мету
- Альтернативи впливають на мету
- Альтернативи впливають на критерії
- Критерії впливають на критерії
- Критерії впливають на альтернативи
- Альтернативи впливають на альтернативи

Побудувати матриці порівнянь

Рисунок 32 – Етап обрання мережевої структури задачі

Вектори пріоритетів, що характеризують залежність критеріїв один від одного, записані на перетині чотирьох перших рядків з чотирма першими стовпцями суперматриці W , яка відповідає новій постановці завдання. При цьому блоки суперматриці були помножені на вагові коефіцієнти компонентів 0.5 з метою приведення матриці до стохастического вигляду (рис. 33). При піднесенні зваженої суперматриці W до ступенів отримаємо граничну суперматрицю W^∞ (рис. 34).

Розв`язок

Початкова суперматриця

#	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
K1: Складність	0	0.094	0.123	0.123	0.125	0.4094	0.5103	0.2664
K2: Тривалість	0	0.166	0.105	0.105	0.125	0.1289	0.1529	0.2013
K3: Вартість	0	0.12	0.149	0.149	0.125	0.2709	0.1142	0.4438
K4: Обізнаність команди	0	0.12	0.123	0.123	0.125	0.1908	0.2225	0.0886
A1: Проект 1	0	0.357	0.148	0.191	0.308	0	0	0
A2: Проект 2	0	0.109	0.309	0.271	0.146	0	0	0
A3: Проект 3	0	0.033	0.043	0.038	0.046	0	0	0

Рисунок 33 – Зважена суперматриця задачі для випадку 3

Гранична суперматриця задачі

^ 100	Вузол : 0	K1: Складність	K2: Тривалість	K3: Вартість	K4: Обізнаність команди	A1: Проект 1	A2: Проект 2	A3: Проект 3
Мета	0	0	0	0	0	0	0	0
Складність	0.000	0.2218	0.2218	0.2218	0.2218	0.2218	0.2218	0.2218
Тривалість	0.000	0.1343	0.1343	0.1343	0.1343	0.1343	0.1343	0.1343
Вартість	0.000	0.1637	0.1637	0.1637	0.1637	0.1637	0.1637	0.1637
Обізнаність команди	0.000	0.1468	0.1468	0.1468	0.1468	0.1468	0.1468	0.1468
Проект 1	0.000	0.1756	0.1756	0.1756	0.1756	0.1756	0.1756	0.1756
Проект 2	0.000	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315	0.1315
Проект 3	0.000	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262	0.0262

Рисунок 34 – Гранична суперматриця задачі для випадку 3

Порівняння отриманих результатів з результатами в СКМ Mathcad, в якому реалізовано метод аналітичних мереж наведено на рисунках 35 та 36.

$$W_{3k} := \begin{pmatrix} WKM1N_{1-0.5} & WKM2N_{1-0.5} & WKM3N_{1-0.5} & WKM4N_{1-0.5} & WA1N_1 & WA2N_1 & WA3N_1 \\ WKM1N_{2-0.5} & WKM2N_{2-0.5} & WKM3N_{2-0.5} & WKM4N_{2-0.5} & WA1N_2 & WA2N_2 & WA3N_2 \\ WKM1N_{3-0.5} & WKM2N_{3-0.5} & WKM3N_{3-0.5} & WKM4N_{3-0.5} & WA1N_3 & WA2N_3 & WA3N_3 \\ WKM1N_{4-0.5} & WKM2N_{4-0.5} & WKM3N_{4-0.5} & WKM4N_{4-0.5} & WA1N_4 & WA2N_4 & WA3N_4 \\ WK1N_{1-0.5} & WK2N_{1-0.5} & WK3N_{1-0.5} & WK4N_{1-0.5} & 0 & 0 & 0 \\ WK1N_{2-0.5} & WK2N_{2-0.5} & WK3N_{2-0.5} & WK4N_{2-0.5} & 0 & 0 & 0 \\ WK1N_{3-0.5} & WK2N_{3-0.5} & WK3N_{3-0.5} & WK4N_{3-0.5} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.094 & 0.123 & 0.123 & 0.125 & 0.409 & 0.51 & 0.266 \\ 0.166 & 0.105 & 0.105 & 0.125 & 0.129 & 0.153 & 0.201 \\ 0.12 & 0.149 & 0.149 & 0.125 & 0.271 & 0.114 & 0.444 \\ 0.12 & 0.123 & 0.123 & 0.125 & 0.191 & 0.223 & 0.089 \\ 0.357 & 0.148 & 0.191 & 0.308 & 0 & 0 & 0 \\ 0.109 & 0.309 & 0.271 & 0.146 & 0 & 0 & 0 \\ 0.033 & 0.043 & 0.038 & 0.046 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 35 – Зважена суперматриця задачі для випадку 3

$$W_{3kN} := W_{3k}^{100} = \begin{pmatrix} 0.2218 & 0.2218 & 0.2218 & 0.2218 & 0.2218 & 0.2218 & 0.2218 \\ 0.1343 & 0.1343 & 0.1343 & 0.1343 & 0.1343 & 0.1343 & 0.1343 \\ 0.1637 & 0.1637 & 0.1637 & 0.1637 & 0.1637 & 0.1637 & 0.1637 \\ 0.1468 & 0.1468 & 0.1468 & 0.1468 & 0.1468 & 0.1468 & 0.1468 \\ 0.1756 & 0.1756 & 0.1756 & 0.1756 & 0.1756 & 0.1756 & 0.1756 \\ 0.1315 & 0.1315 & 0.1315 & 0.1315 & 0.1315 & 0.1315 & 0.1315 \\ 0.0262 & 0.0262 & 0.0262 & 0.0262 & 0.0262 & 0.0262 & 0.0262 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{l} apr := 5..7 \\ W_{3kN}_{apr,1} = \\ \begin{array}{|c|} \hline 0.17562 \\ \hline 0.13148 \\ \hline 0.02624 \\ \hline \end{array} \end{array}$$

Рисунок 36 – Гранична суперматриця задачі для випадку 3

Як і слід було очікувати, при наявності залежності між критеріями співвідношення граничних пріоритетів критеріїв і альтернатив змінюються в порівнянні з обчисленими раніше. На основі відповідних обчислень за допомогою СППР «Decisioner» та СКМ Mathcad можна зробити висновок, що проект П1, пріоритет якого з трьох альтернатив найбільший та дорівнює 0,176 є кращим у даній ситуації. Але цей факт не слід трактувати як закономірність.