

# РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУ СПІВВІДНОШЕНЬ В СППР «DECISIONER»

Після авторизації в системі можна буде перейти за посиланням <http://decision.tg.ck.ua/experiment.php?id=3> та скористатись методом аналізу співвідношень, як це наведено на рисунку 1. У вікні з довідкою знаходяться посилання на теоретичну частину та інструкцію користувача, відповідно до обраного методу (рис. 1).

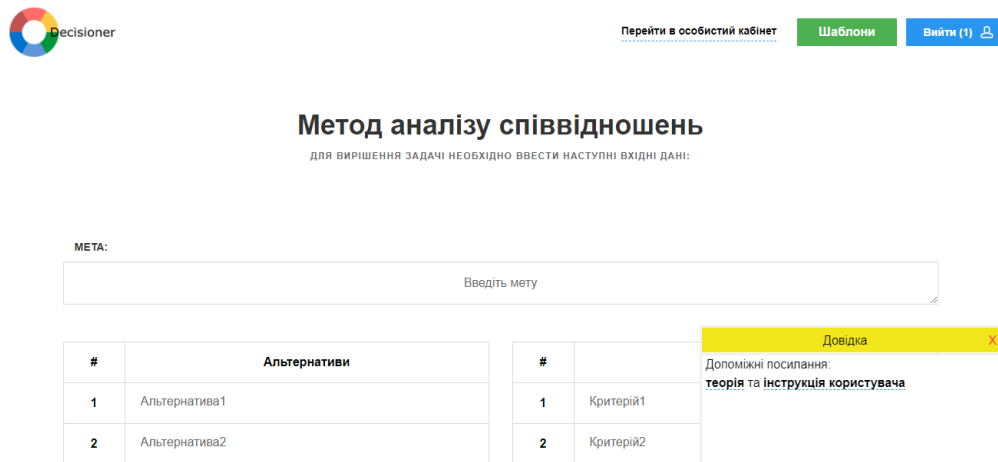
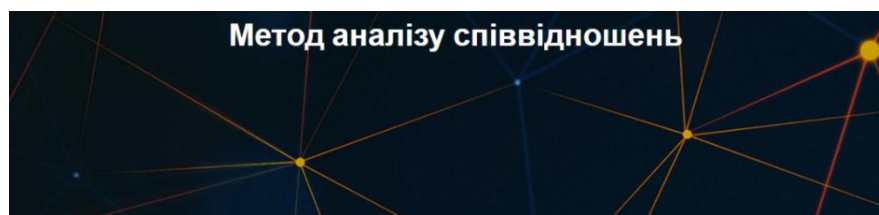


Рисунок 1 – Головне вікно методу аналізу співвідношень в СППР «Decisioner»

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



Метод аналізу співвідношень (англ. MOORA – Multiobjective Optimization On the basis of Ratio Analysis) запропонували В. Карел, М. Брауерс, Е. Завадскас, Ф. Пельдшус та С. Турскіс в роботі у 2008 році.

Метод аналізу співвідношень (MOORA) складається з двох частин:

- побудова системи співвідношень;
- обчислення наближення до точки відліку.

Значення показника метрики  $s$  вибирається в залежності від предметної області, до якої відноситься поставлена задача. На практиці використовуються значення  $s = 1, 2, \infty$ . Якщо значення  $s = 2$ , то маємо евклідовий  $m$ -вимірний метричний простір. Його обирають у випадках, коли критерії мають зміст відстані чи інших фізичних величин, для яких евклідова метрика є змістовною.

Визначимо відстань між точками  $u$  і  $a$  у метричних просторах  $R_n^m$  з показником метрики  $s \geq 1$ :

$$\rho_s(y, a) = \left( \sum_{i=1}^m |y_i - a_i|^s \right)^{1/s}.$$

Рисунок 2 – Вигляд теоретичних відомостей з методу аналізу співвідношень

Вхідні дані задаються за допомогою кнопок «+» та «-». Необхідно заповнювати всі додані поля, включаючи мету. Мінімальна кількість альтернатив та варіантів зовнішніх умов, по 2 відповідно. Максимальна довжина назв – 150 символів.

*Мета* – короткий опис завдання. Мета найчастіше починається словами: вибрати, знайти і т.д. Наприклад: вибір хостингу для розміщення сайту, знайти кращий варіант роботи.

*Зовнішні умови* – умови, які можуть впливати на середовище, в якій знаходиться об’єкт вибору з мети. Можна задати від 2 до 15 зовнішніх умов, так як не рекомендується працювати з більшими розмірностями матриці.

*Альтернативи* – об’єкти, серед яких необхідно зробити вибір. Можна задати від 2 до 15 альтернатив, так як не рекомендується працювати з більшими розмірностями матриці.

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 застосування методу аналізу співвідношень на прикладі вибору варіантів реінжинірингу інформаційної системи підприємства. Для наведеної задачі прийняття рішення користувач може скористатись спеціальним демонстраційним шаблоном, який знаходиться за посиланням: [http://decision.tg.ck.ua/reeng\\_moora\\_template.php](http://decision.tg.ck.ua/reeng_moora_template.php) (рис. 3).

## Метод аналізу співвідношень

для вирішення задачі необхідно ввести наступні вхідні дані:

МЕТА:

Реалізація проекту реінжинірингу інформаційної системи підприємства

#	Альтернативи
1	A1
2	A2
3	A3
4	A4



#	Критерії
1	Ціна проекту (млн. грн.)
2	Термін реалізації проекту (місяці)
3	Термін окупності проекту (місяці)
4	Можливість розширення системи (0-10)
5	Ефективність проекту (0-10)



Побудувати початкову матрицю

Рисунок 3 – Вигляд шаблону для вибору проекту реінжинірингу

Отже, розглянемо чотири можливі варіанти реалізації проекту реінжинірингу інформаційної системи підприємства.

*Варіант 1 (A1).* Використання готового проектного рішення інформаційної системи управління підприємством. Придбання програмного і апаратного забезпечення, його конфігурування і адаптування під потреби підприємства.

*Варіант 2 (A2).* Розробка і реалізація нового проекту реінжинірингу інформаційної системи із залученням для розробки програмного забезпечення ІТ-фахівців підприємства.

*Варіант 3 (A3).* Розробка і реалізація нового проекту реінжинірингу інформаційної системи підприємства з частковим залученням для розробки окремих компонентів системи розробників інших фірм.

*Варіант 4 (A4).* Залучення для розробки проекту реінжинірингу інформаційної системи підприємства консалтингової компанії, що має досвід проектування подібних систем, а також досвід реалізації власних проектів і готові для впровадження проектні рішення.

Кожен з варіантів реінжинірингу інформаційної системи підприємства оцінюється за п'ятьма критеріями (факторами, ознаками або атрибутами):

- $k_1$  – ціна проекту, що є одним з основних показників для реінжинірингу, включає в себе всі витрати на здійснення проекту (у млн. грн.) і який потрібно мінімізувати;
- $k_2$  – термін реалізації проекту, що вимірюється у місяцях і який потрібно мінімізувати;
- $k_3$  – термін окупності проекту, що вимірюється у місяцях і який потрібно мінімізувати;
- $k_4$  – можливість розширення системи, під яким розуміється властивість інформаційної системи комплектуватися додатковими модулями і підсистемами, що вимірюється у відносній шкалі від 0 до 10 і який потрібно максимізувати;
- $k_5$  – ефективність проекту, під яким розуміється здатність ОПР за допомогою ІС розв'язувати задачі управління підприємством, що вимірюється у відносній шкалі від 0 до 10 і який потрібно максимізувати.

На основі експертних оцінок будується матриця відношень різних альтернатив до критеріїв, результат чого наведено на рисунку 4, з якого видно що серед альтернатив немає такого варіанту, який був би найкращим за всіма критеріями.

Заповніть початкову матрицю:

#	Ціна проекту (млн. грн.)	Термін реалізації проекту (місяці)	Термін окупності проекту (місяці)	Можливість розширення системи (0-10)	Ефективність проекту (0-10)
min/max	min	min	min	max	max
A1	3	18	36	5	3
A2	1.1	48	48	9	5
A3	2.1	30	48	8	6
A4	2.3	24	36	9	7

Розв'язати

#### Рисунок 4 – Результат заповнення початкової матриці

Результати обчислення квадратів для відношення альтернатив до критеріїв, їх суми та квадратних коренів з них наведено на рисунку 5.

#### Розв'язок

Обчислення допоміжних величин для нормування

#	Ціна проекту (млн. грн.)	Термін реалізації проекту (місяці)	Термін окупності проекту (місяці)	Можливість розширення системи (0-10)	Ефективність проекту (0-10)
min/max	min	min	min	max	max
A1	9.000	324.000	1296.000	25.000	9.000
A2	1.210	2304.000	2304.000	81.000	25.000
A3	4.410	900.000	2304.000	64.000	36.000
A4	5.290	576.000	1296.000	81.000	49.000
Сума квадратів	19.910	4104.000	7200.000	251.000	119.000
Корінь з суми квадратів	4.462	64.062	84.853	15.843	10.909

#### Рисунок 5 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку

Результати ділення відношення альтернатив до критеріїв  $x_{ij}$  на корінь квадратний з суми квадратів цих відношень, тобто обрахування безрозмірних величин  $x_{ij}^*$ , що являють собою нормоване відношення альтернативи  $i$  ( $i = \overline{1,4}$ ) до критерію  $j$  ( $j = \overline{1,5}$ ), а

також координати  $r_j$  вектору відліку  $r$ , що підібрані до значень однієї з альтернатив і характеру критерію наведено на рисунку 6.

Нормовна матриця відношень альтернатив до критеріїв

#	Ціна проекту (млн. грн.)	Термін реалізації проекту (місяці)	Термін окупності проекту (місяці)	Можливість розширення системи (0-10)	Ефективність проекту (0-10)
min/max	min	min	min	max	max
A1	0.672	0.281	0.424	0.316	0.275
A2	0.247	0.749	0.566	0.568	0.458
A3	0.471	0.468	0.566	0.505	0.550
A4	0.515	0.375	0.424	0.568	0.642
Вектор точок відліку	0.247	0.281	0.424	0.568	0.642

Рисунок 6 – Обчислення нормованої матриці

Результати знаходження відхилень по модулю безрозмірних величин  $x_{ij}^*$  від координат точки відліку  $r$ , знаходження суми відхилень альтернатив  $A_i$  від критеріїв і ранжування альтернатив  $A_i$  за мінімальним відхиленням від критеріїв наведено на рисунку 7. Для більш точного відображення результатів розрахунків створена можливість показу вектору суми відхилень без заокруглення (рис. 7).

Матриця відхилень від точок відліку

#	Ціна проекту (млн. грн.)	Термін реалізації проекту (місяці)	Термін окупності проекту (місяці)	Можливість розширення системи (0-10)	Ефективність проекту (0-10)	Вектор суми відхилень	Ранг альтернатив
min/max	min	min	min	max	max		
A1	0.426	0.000	0.000	0.252	0.367	1.045	4
A2	0.000	0.468	0.141	0.000	0.183	0.793	3
A3	0.224	0.187	0.141	0.063	0.092	0.708	2
A4	0.269	0.094	0.000	0.000	0.000	0.363	1

Відповідь: Найкраща альтернатива відповідає варіанту з рейтингом "1"

Рисунок 7 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку

Порівняння отриманих результатів з результатами в шаблоні Excel, в якому реалізовано метод аналізу співвідношень наведено в таблицях 1-3.

Таблиця 1 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку в Excel

Критерії	f1	f2	f3	f4	f5
Альтернативи	min	min	min	max	max
A1	9	324	1296	25	9
A2	1,21	2304	2304	81	25
A3	4,41	900	2304	64	36
A4	5,29	576	1296	81	49
Сума квадратів	19,91	4104	7200	251	119
Корінь з суми квадратів	4,4620623	64,0624695	84,8528137	15,8429795	10,9087121

Таблиця 2 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку в Excel

Критерії	f1	f2	f3	f4	f5
Альтернативи	min	min	min	max	max
A1	0,67233485	0,28097574	0,42426407	0,3155972	0,27500955
A2	0,24652278	0,74926865	0,56568542	0,56807496	0,45834925
A3	0,4706344	0,46829291	0,56568542	0,50495552	0,5500191
A4	0,51545672	0,37463432	0,42426407	0,56807496	0,64168895
tj	0,24652278	0,28097574	0,42426407	0,56807496	0,64168895

Таблиця 3 – Результат обрахунку в Excel

Критерії	f1	f2	f3	f4	f5	Вектор суми відхилень	Результат з рангом альтернатив
Альтернативи	min	min	min	max	max		
A1	0,42581207	0	0	0,25247776	0,3666794	1,044969233	4
A2	0	0,46829291	0,14142136	0	0,1833397	0,793053961	3
A3	0,22411162	0,18731716	0,14142136	0,06311944	0,09166985	0,707639426	2
A4	0,26893394	0,09365858	0	0	0	0,362592522	1

Як видно з таблиці 3 отримані значення співпали з СППР «Decisioner».

Виходячи з результатів в СППР «Decisioner» та СКМ Mathcad, кращим варіантом проекту реінжинірингу інформаційної системи підприємства з числа запропонованих альтернатив є проект з варіанту 4 (альтернатива A4), що передбачає залучення для розробки проекту реінжинірингу інформаційної системи ІТ-компанії, що має досвід проектування подібних систем, а також досвід реалізації власних проектів і готові для впровадження проектних рішень. При цьому:

- ціна проекту дорівнює 2.3 млн. грн.;
- термін реалізації проекту дорівнює 24 місяці;
- термін окупності проекту дорівнює 36 місяців;
- можливість розширення системи оцінена у 9 балів;
- ефективність проекту оцінена у 7 балів.

*Задача 2.* Розглянемо застосування методу аналізу співвідношень на прикладі вибору системи управління базами даних. Для обраної задачі прийняття рішення користувач може скористатись спеціальним демонстраційним шаблоном, який знаходиться за посиланням: [http://decision.tg.ck.ua/tech\\_moora\\_template.php](http://decision.tg.ck.ua/tech_moora_template.php) (рис. 8).

## Метод аналізу співвідношень

для вирішення задачі необхідно ввести наступні вхідні дані:

МЕТА:

Вибір системи управління базами даних (СУБД)

#	Альтернативи
1	MySQL
2	PostgreSQL
3	Microsoft Access
4	Oracle Database



#	Критерії
1	Вартість ПЗ (тис. \$)
2	Обсяг дискового простору після інсталяції (Гб)
3	Швидкість виконання транзакцій (мкс)
4	Рівень забезпечення цілісності БД (0-10)
5	Рівень захищеності даних у БД (0-10)



Побудувати початкову матрицю

Рисунок 8 – Вигляд шаблону для вибору системи управління базами даних

Розглянемо чотири можливі варіанти вибору СУБД для організації і управління баз даних в межах ІТ-проекту.

*Варіант 1* (A1). Використання СУБД MySQL (версія 5.7).

*Варіант 2* (A2). Використання СУБД PostgreSQL (версія 9.6).

*Варіант 3* (A3). Використання СУБД Microsoft Access (версія 2016).

*Варіант 4* (A4). Використання СУБД Oracle Database (версія 12.2.0.1).

Визначимо критерії, за якими оцінюються СУБД для організації і управління баз даних в межах ІТ-проекту.

$f_1(x)$  – вартість ПЗ (вимірюється у тис.\$ і яку потрібно мінімізувати).

$f_2(x)$  – обсяг дискового простору, що займає продукт після інсталяції (вимірюється у гігабайтах (Гб) і який потрібно мінімізувати).

$f_3(x)$  – швидкість виконання транзакцій (вимірюється у мікросекундах і яку потрібно мінімізувати).

$f_4(x)$  – рівень забезпечення цілісності БД (вимірюється у відносній шкалі від 0 до 10 і який потрібно максимізувати).

$f_5(x)$  – рівень захищеності даних у БД (вимірюється у відносній шкалі від 0 до 10 і який потрібно максимізувати).

На основі експертних оцінок будується матриця відношень різних альтернатив до критеріїв, результат чого наведено на рисунку 9, з якого видно що серед альтернатив немає такого варіанту, який був би найкращим за всіма критеріями.

Заповніть початкову матрицю:

#	Вартість ПЗ (тис. \$)	Обсяг дискового простору після інсталяції (Гб)	Швидкість виконання транзакцій (мкс)	Рівень забезпечення цілісності БД (0-10)	Рівень захищеності даних у БД (0-10)
min/max	min	min	min	max	max
MySQL	2	3	12	8	8
PostgreSQL	1.2	5	15	9	9
Microsoft Access	0.15	4	22	6	7
Oracle Database	1	7	10	9	6

Розв'язати

Рисунок 9 – Результат заповнення початкової матриці

Обчислення допоміжних величин для нормування та обчислення нормованої матриці відношень альтернатив до критеріїв виконується аналогічним способом як в попередній задачі вибору системи управління базами даних (рис. 5 та 6). Результати обчислення матриці відхилень від точок відліку наведено на рисунку 10.

Матриця відхилень від точок відліку

#	Вартість ПЗ (тис. \$)	Обсяг дискового простору після інсталяції (Гб)	Швидкість виконання транзакцій (мкс)	Рівень забезпечення цілісності БД (0-10)	Рівень захищеності даних у БД (0-10)	Вектор суми відхилень	Ранг альтернатив
min/max	min	min	min	max	max		
MySQL	0.728	0.000	0.065	0.062	0.066	0.920	3
PostgreSQL	0.413	0.201	0.162	0.000	0.000	0.776	1
Microsoft Access	0.000	0.101	0.389	0.185	0.132	0.806	2
Oracle Database	0.334	0.402	0.000	0.000	0.198	0.934	4

Рисунок 10 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку



Порівняння отриманих результатів з результатами в шаблоні Excel, в якому реалізовано метод аналізу співвідношень наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 – Обчислення матриці R відхилень від точок відліку в Excel

Критерії	f1	f2	f3	f4	f5	Вектор суми відхилень	Результат з рангом альтернатив
Альтернативи	min	min	min	max	max		
A1	0,72773196	0	0,06478635	0,06178021	0,06593805	0,920236572	3
A2	0,41303706	0,20100756	0,16196589	0	0	0,77601051	1
A3	0	0,10050378	0,38871813	0,18534062	0,13187609	0,806438624	2
A4	0,33436333	0,40201513	0	0	0,19781414	0,934192603	4

Як видно з таблиці 4 отримані значення співпали з СППР «Decisioner».

Виходячи з результатів використання методу аналізу співвідношень, кращим варіантом СУБД для організації і управління баз даних підприємства з числа запропонованих альтернатив є СУБД PostgreSQL (альтернатива A<sub>2</sub>). При цьому:

- вартість ПЗ дорівнює 1.2 тис. \$;
- обсяг дискового простору, що займає продукт після інсталяції дорівнює 5 Гб;
- швидкість виконання транзакцій дорівнює 15 мікросекунд;
- рівень забезпечення цілісності БД оцінений у 9 балів;
- рівень простоти використання БД оцінений у 9 балів.