

**Автоматизація  
нечіткого багатокритеріального вибору  
роботизованих механоскладальних технологій  
методом квазі-кращого випадку**

**Кирилович Валерій Анатолійович,**

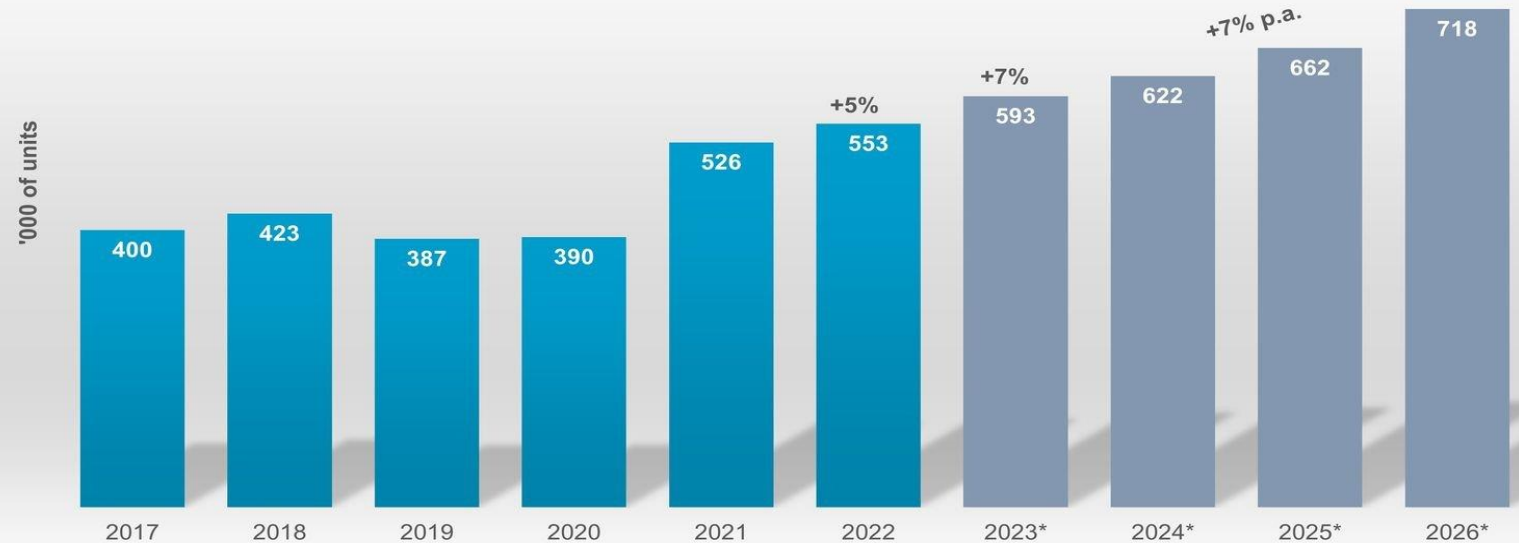
**д.т.н., проф. кафедри РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна**

# СУЧАСНИЙ СТАН ВИПУСКУ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Азія має найбільший ринок промислових роботів у світі. На сьогодні має місце змішана картина для трьох найбільших азіатських ринків: встановлення роботів у Китаї та Республіці Корея знизилися, а у Японії значно зросли порівняно з ними.

Встановлення промислових роботів на другому за величиною ринку, у Європі, зросли на 14% і досягають нового піку вже шостий рік поспіль. У США темпи зростання досягли на 20% більше, ніж за попередній рік, і також шостий рік поспіль відзначається новий рекордний рівень.

Annual installations of industrial robots 2017-2022 and 2023\*-2026\*



\*forecast

Source: International Federation of Robotics

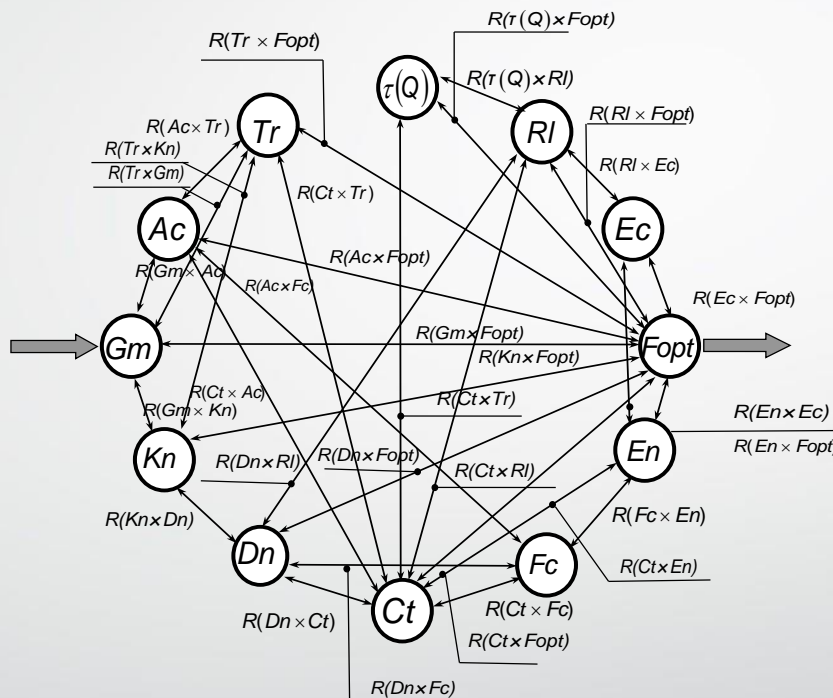
# СИСТЕМА ПРОЯВІВ РМСТ В ГВК ПРИ ЇХ АС

Фактори, що визначають РМСТ виготовлення  $d$ -го виробу в ГВК /вихідні дані/

Обчислювані складові РМСТ на ВТБ ГВК

Основні розрахункові показники спроектованої РМТ для  $OM^{d_g}$  /кінцеві дані/

ПР:  
 ТО:  $OTO \in (PP_t | t = \overline{1, T})$ :  
 = конструктивно-технологічні параметри;  
 = кількість;  
 – ДТО  
 $\in (PP_t | t = \overline{1, T})$ :  
 П<sub>р</sub>РП<sub>т</sub>  
 = конструктивно-технологічні параметри;  
 = кількість;  
 – конструктивно-технологічні параметри;  
 = кількість;  
 – конструктивно-технологічні параметри;  
 = кількість;  
 – ІМОМ<sup>d<sub>g</sub></sup>;  
 матеріал  $\forall d_g = \overline{1, D_g}, g = \overline{1, G}$



Продуктивність:  
 – циклова;  
 – середня партійна.  
 Собівартість:  
 – загальна;  
 – ПР-технологічна.  
 Коефіцієнти циклового використання //простоювання ТО.  
 Споживча потужність.  
 Ранжовані значення  $Fopt$ .

$$G^{d_g} = \left( \left( S^{d_g} = \left( S_{i_{SG}}^{d_g} | i_{SG} = \overline{1, n_{SG}^{d_g}} \right) \right); R_{jk}^{d_g} \left( S_j^{d_g}, S_k^{d_g} \right) \right)$$

$$S_{i_{SG}}^{d_g} \in (Gm, Kn, Dn, Ct, Fc, En, Tr, \tau(Q), Rl, Ec, Ac, Fopt)$$

$$S_j^{d_g} \neq S_k^{d_g} | j \neq k$$

$$R_{jk}^{d_g} \in (\rightarrow, \leftrightarrow, \Rightarrow, \dots)$$

# МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ЗНАЧЕННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

**Метою роботи** є підвищення ефективності роботизованих механоскладальних виробництв на етапі їх технологічної підготовки за рахунок автоматизації процесу нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ методом квазі-кращого випадку.

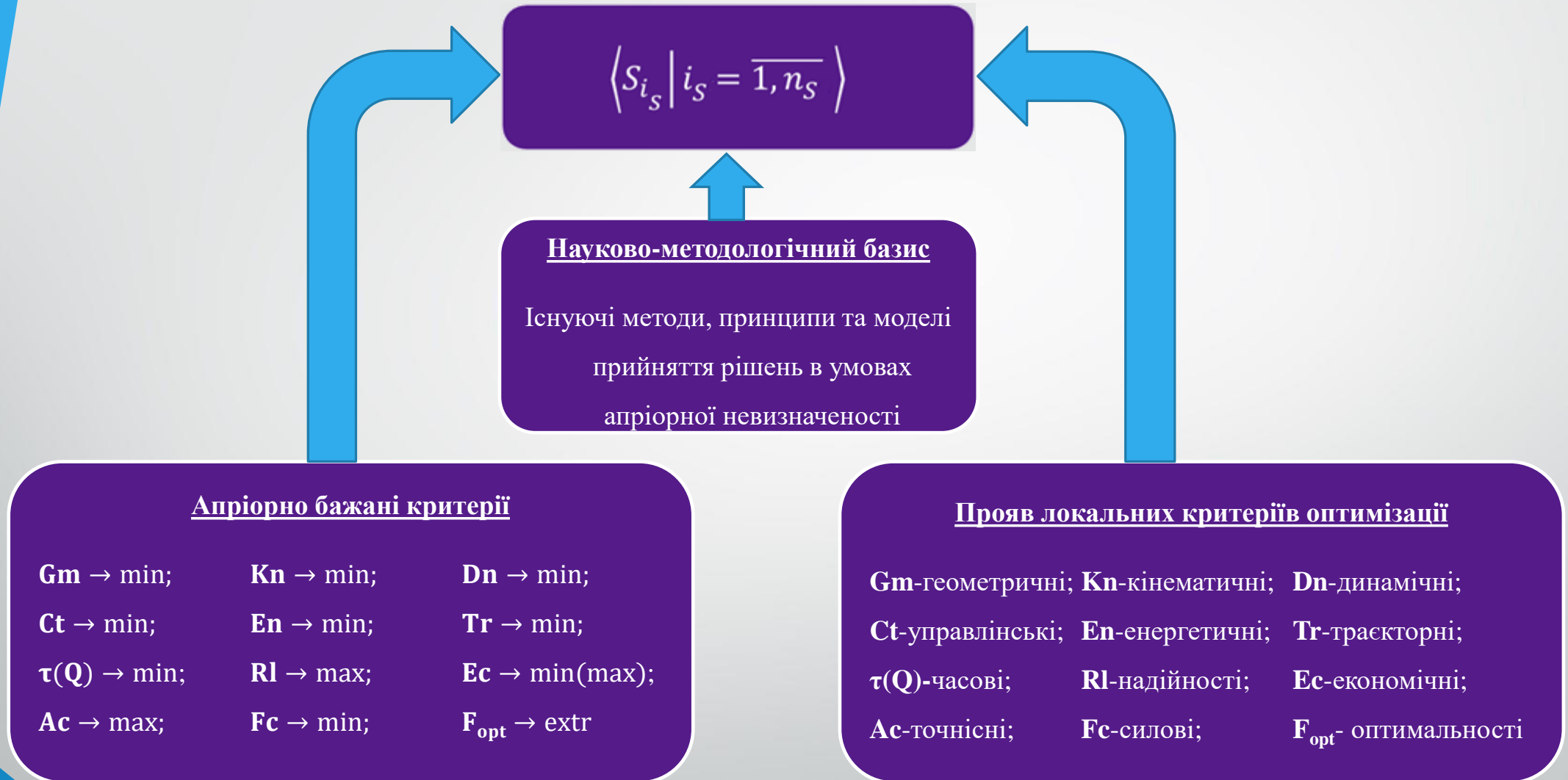
## **Завдання:**

1. На підставі змістовної сутності даної проблеми виділити фактори, що впливають на нечіткий багатокритеріальний вибір альтернатив та адаптувати останню до нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ з використанням методу квазі-кращого випадку.
2. Розробити алгоритмічне забезпечення реалізації методу квазі-кращого випадку.
3. Розробити програмний продукт “Fuzzy Multi-criteria Selection” для автоматизованої реалізації розробленого методу.
4. Продемонструвати працездатність розробленого ПП “Fuzzy Multi-criteria Selection” на ряді тестових прикладів.
5. Провести дослідження розробленого методу на множині відомих результатів.
6. Визначити напрямки подальших досліджень.

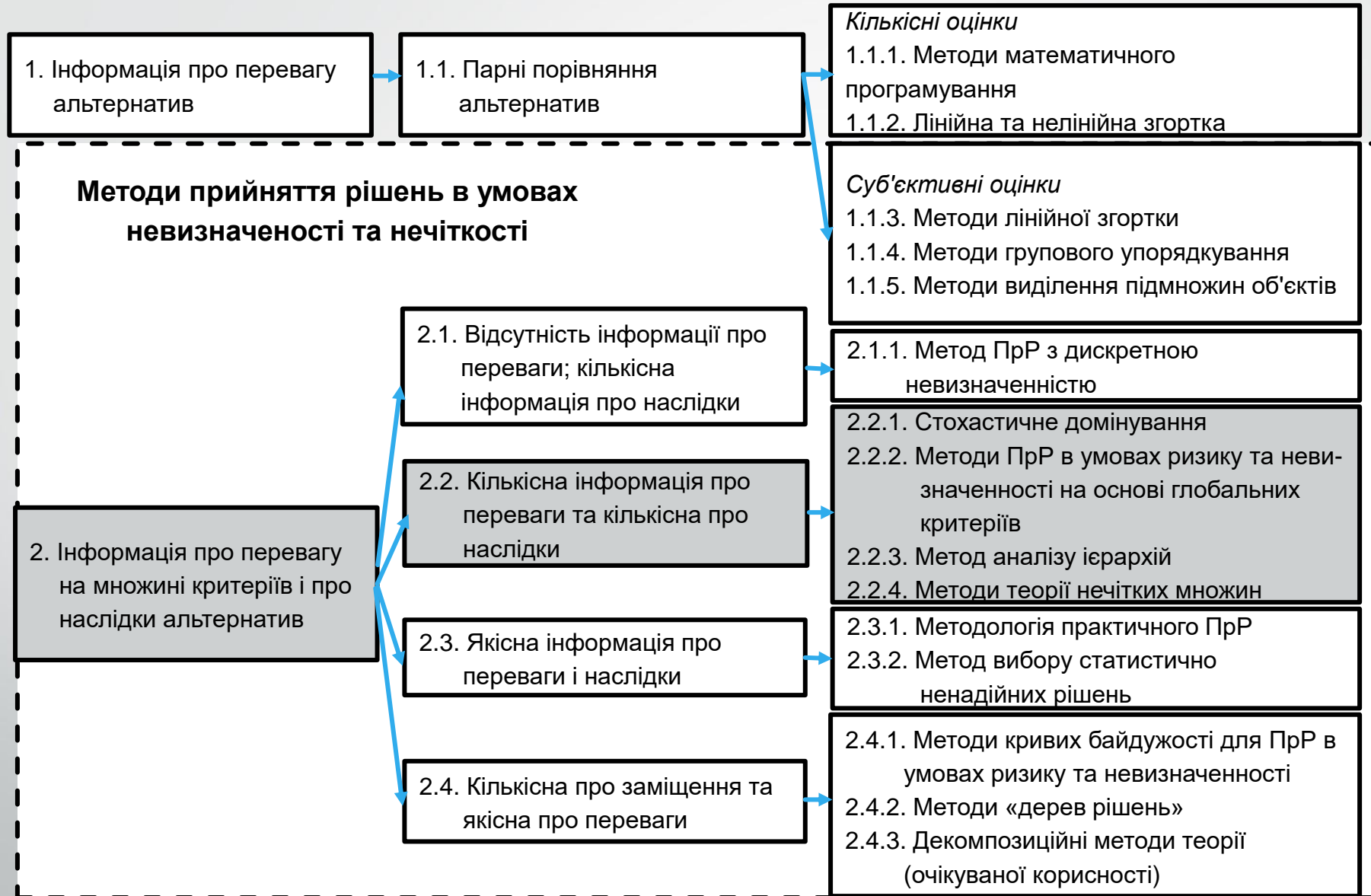
## **Практичне значення:**

Розроблено та програмно реалізовано метод квазі-кращого випадку, що дає практичну можливість на науково обґрунтованій основі автоматизовано розв’язувати задачі нечіткого багатокритеріального вибору альтернатив. Метод є інваріантним і не залежить від галузі предмету вибору, кількості експертів, кількості локальних критеріїв.

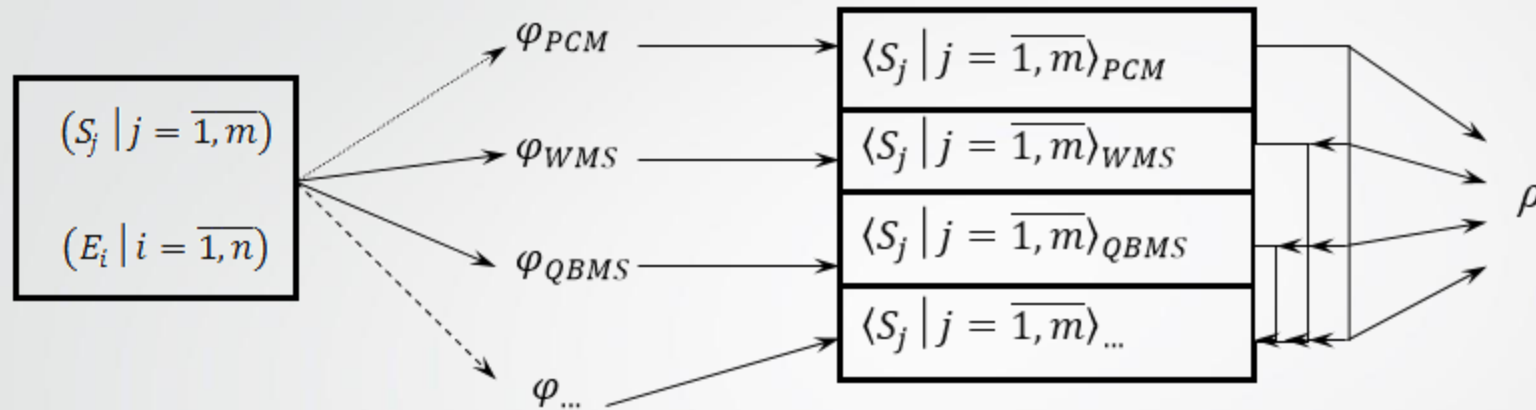
# ЧИННИКИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ПОСТАНОВКУ ЗАВДАНЬ



# МЕТОДИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА НАЯВНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ



# ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ПЕРСПЕКТИВ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НВА ТА ЇХ АНАЛІЗУ



Критерії порівняння результатів за коефіцієнтом кореляції Спірмена мають вигляд:

$$(\varphi_{ci} | i = \overline{1, n_c}) : (\langle S \rangle (\langle S \rangle_{WMS}, \langle S \rangle_{QBMS}, \langle S \rangle_{MPC})) \rightarrow \rho (\forall \langle S \rangle_i \subset (S); \langle S \rangle_j \subset (S))$$

Коефіцієнт рангової кореляції **Спірмена**

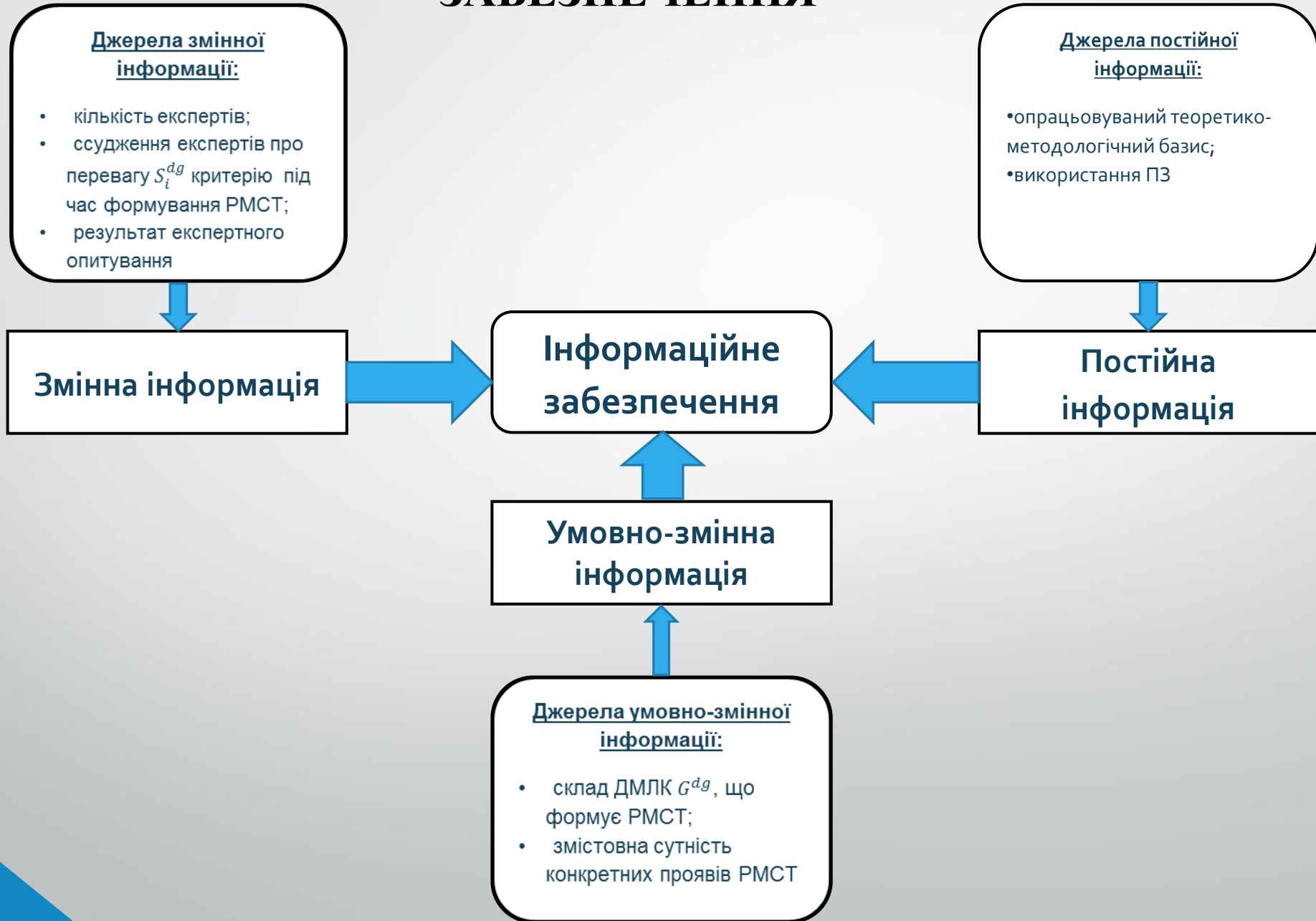
Це кількісна оцінка статистичного вивчення зв'язку між явищами, використовувана в непараметричних методах.

$$\rho = 1 - 6 \frac{\sum d^2}{n^3 - n}$$

Де  $d^2$  - квадратів різниць між рангами;

$n$  - кількість ознак, які брали участь в ранжируванні.

# СТРУКТУРА ПРОПОНОВАНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ





## АНАЛОГИ РОЗРОБЛЮВАННОГО МЕТОДУ

- **Метод попарного порівняння елементів ієрархії, запропонований Сааті (метод аналізу ієрархій - МАІ):**
- у цій модифікації методу розглядається ієрархія з однаковими числом і функціональним складом альтернатив. Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використовується шкала відношень. Ця шкала дозволяє експерту ставити у відповідність ступеням переваги одному порівнюваному об'єкту перед іншим – деяке число. Правомірність цієї шкали доведена практично при порівнянні з багатьма іншими. При використанні зазначеної шкали експерт, порівнюючи два об'єкти щодо досягнення цілі, розташованої на вищому рівні ієрархії, повинен поставити у відповідність цьому порівнянню число в інтервалі від 1 до 9 (1, 3, 6, 9), або обернене до нього. У тих випадках, коли важко розрізнити скільки є проміжних градацій від абсолютного до слабкої переваги або цього не потрібно в конкретній задачі, може використовуватися шкала з меншим числом градацій. Гранично шкала має дві оцінки: 1 – об'єкти рівнозначні; 2 – перевага одного об'єкта над іншим.
- **Метод найгіршого випадку (WMS):** метод, що заснований на ідеях Беллмана-Заде і Сааті і базується на простих розрахункових співвідношеннях, що містять порівняння з найгіршою альтернативою і найменш важливим критерієм. Має меншу трудомісткість порівняно з методом Сааті.

# АНКЕТА ПРОВЕДЕНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОПИТУВАННЯ

Експерти, $n = \overline{1, 10}$	Критерії, $m = \overline{1, 12}$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Gm	Kn	Dn	Ct	En	Tr	$\tau(Q)$	RI	Ec	Ac	Fc	F <sub>opt</sub>
Експерт 1	11	12	3	10	4	9	8	5	6	7	2	1
Експерт 2	5	4	2	3	7	6	10	9	11	8	1	12
Експерт 3	9	10	8	7	5	12	6	4	1	11	3	2
Експерт 4	5	9	10	12	6	4	7	3	8	1	11	2
Експерт 5	12	11	4	5	6	7	2	8	3	9	10	1
Експерт 6	3	8	4	2	12	5	11	7	9	10	6	1
Експерт 7	9	8	7	10	5	4	2	12	1	11	6	3
Експерт 8	7	10	6	5	12	11	9	3	2	8	1	4
Експерт 9	4	5	7	8	9	1	6	12	10	11	2	3
Експерт 10	9	12	3	5	7	11	10	2	6	8	4	1
$\sum_{i=1}^n x_{ij}$	74	89	54	67	73	70	71	65	57	84	46	30
$\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_{ij})^2$	81	576	121	4	64	25	36	0	64	361	361	1225

Тут:

$E = (E_i | i = \overline{1, 10})$  - множина експертів

$S = (S_j | j = \overline{1, 12})$  - множина локальних критеріїв вибору

Ранг ( $r_i$ ) 1 – найгірший

.

.

.

Ранг ( $r_i$ ) 12 - найкращий

# ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРТНОГО ОПИТУВАННЯ

Оцінка узгодженості думок експертів проводиться за допомогою коефіцієнта конкордації:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

де  $W$  – коефіцієнт конкордації;

$S$  – сума квадратів рангів, що розраховується за формулою;

$m$  – кількість експертів,  $m = m_j = 10$ ;

$n$  – кількість факторів,  $n = n_i = 12$ .

$$S = \sum_{i=1}^n r_{ij}^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n r_{ij})^2}{n},$$

де  $r_{ij}$  – розставлені ранги думок групи експертів.

За результатами експертного опитування (слайд 9) коефіцієнт конкордації має значення:

$$\frac{m(n+1)}{2} = \frac{10(12+1)}{2} = 65; \quad W = \frac{12[(74-65)^2 + (89-65)^2 + \dots + (30-65)^2]}{100(1728-12)} = 0.204$$

Значення коефіцієнтів конкордації поміщені на відрізку  $[0;1]$ . Збільшення коефіцієнта від 0 до 1 означає прояв більшої узгодженості думок. Якщо думки всіх експертів повністю збігаються, то  $W=1$ .

Градация рівня узгодженості за коефіцієнтом конкордації  $W$ :

(0,0...0,2) - думки практично неузгоджені

(0,2...0,4) - слабка узгодженість думок

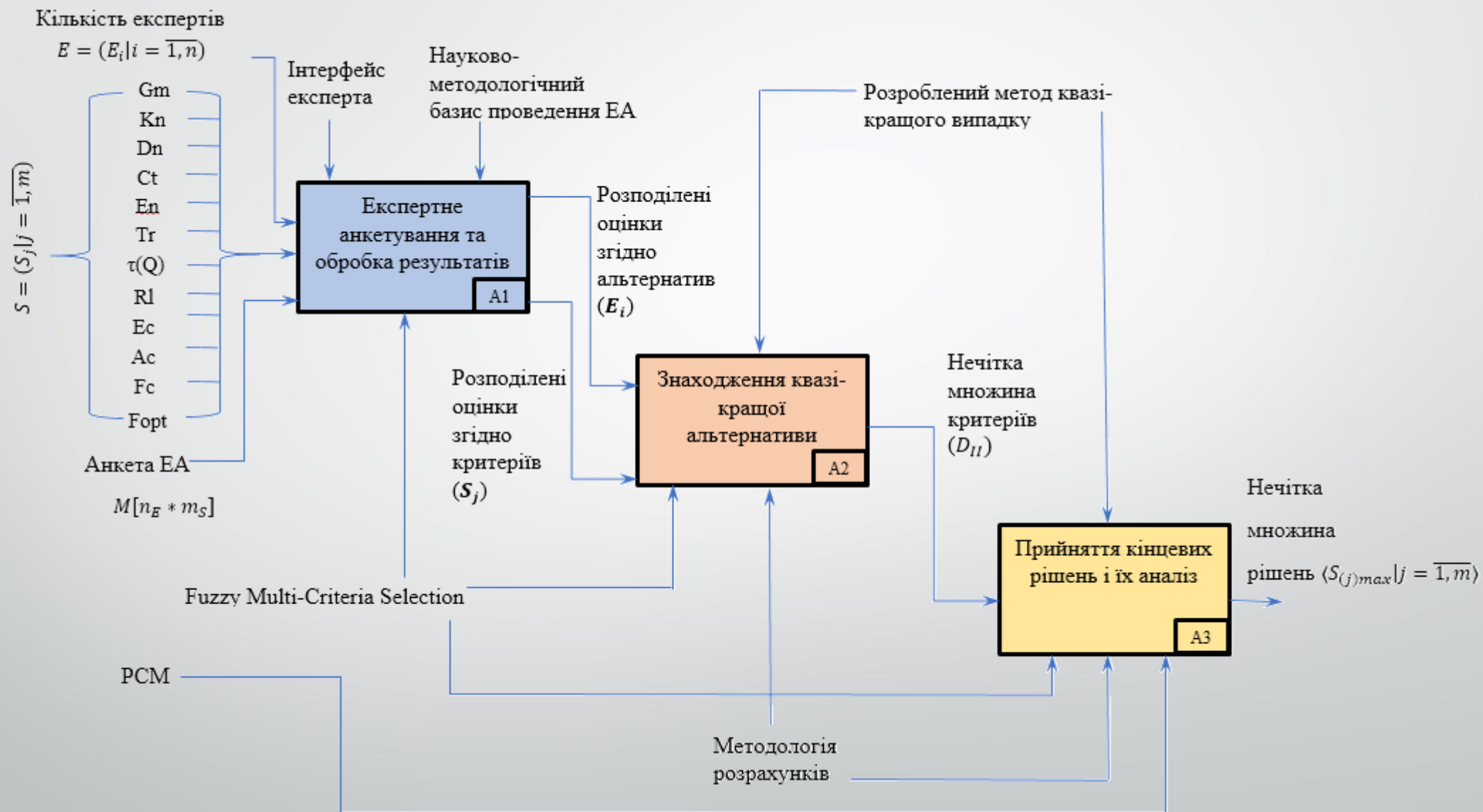
(0,4...0,6) - помітна узгодженість думок

(0,6...0,8) - хороша узгодженість думок

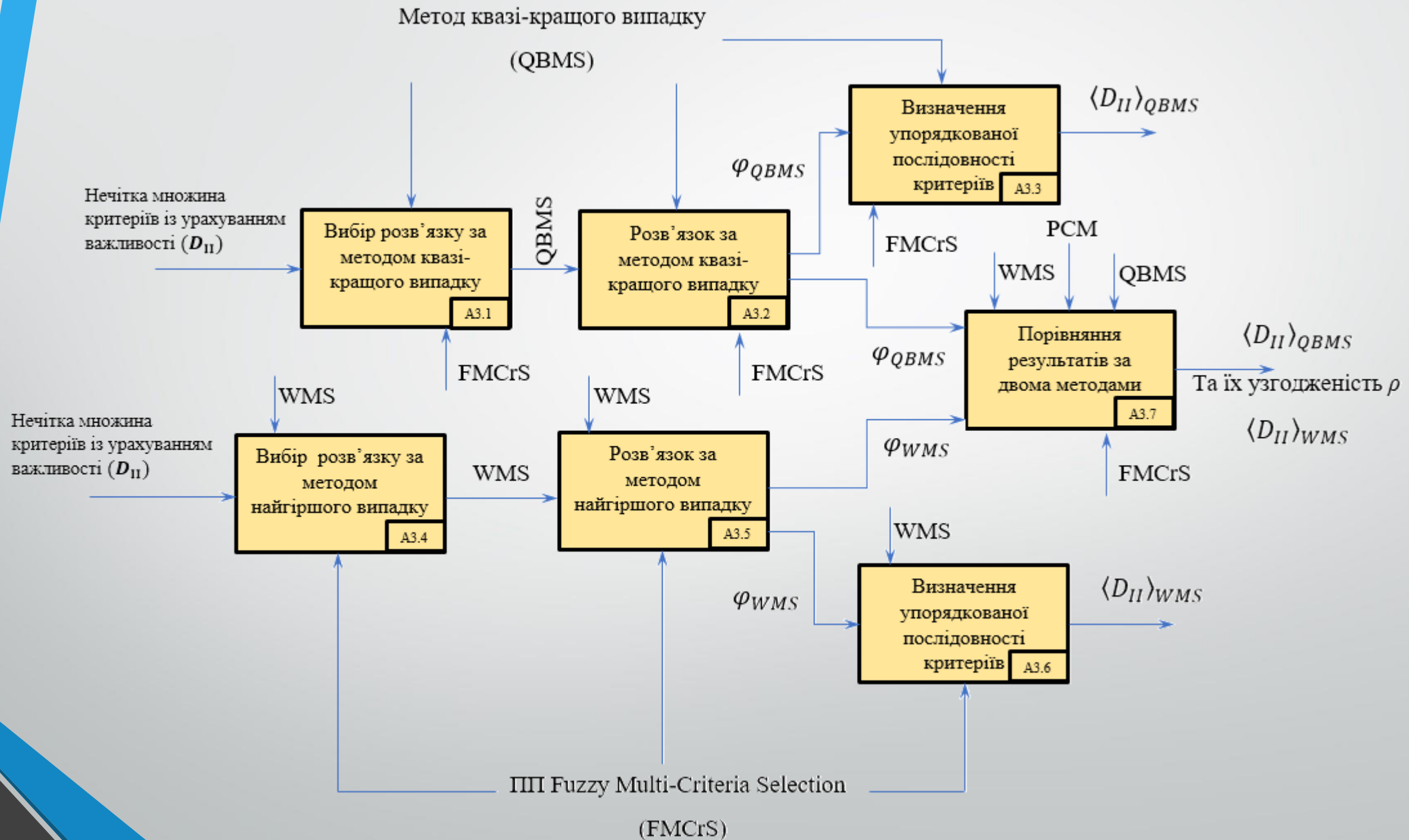
(0,8...0,9) - сильна узгодженість думок

(0,9... 1,0) - дуже висока узгодженість, думки практично співпадають.

# SADT-ДІАГРАМА ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



# SADT-ДІАГРАМА ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА БЛОКОМ А3 (слайд 12)



## ФОРМАЛІЗОВАНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ

$$\varphi : (E \times S) \rightarrow \langle S_{(j)max} \rangle$$

Тут  $\rightarrow$  – символ відображення вхідних даних, об'єднаних декартовим добутком (символ  $\times$ ), на відповідні обчислювані дані, що реалізується вказаною вище множиною обчислюваних процедур  $\varphi$ :

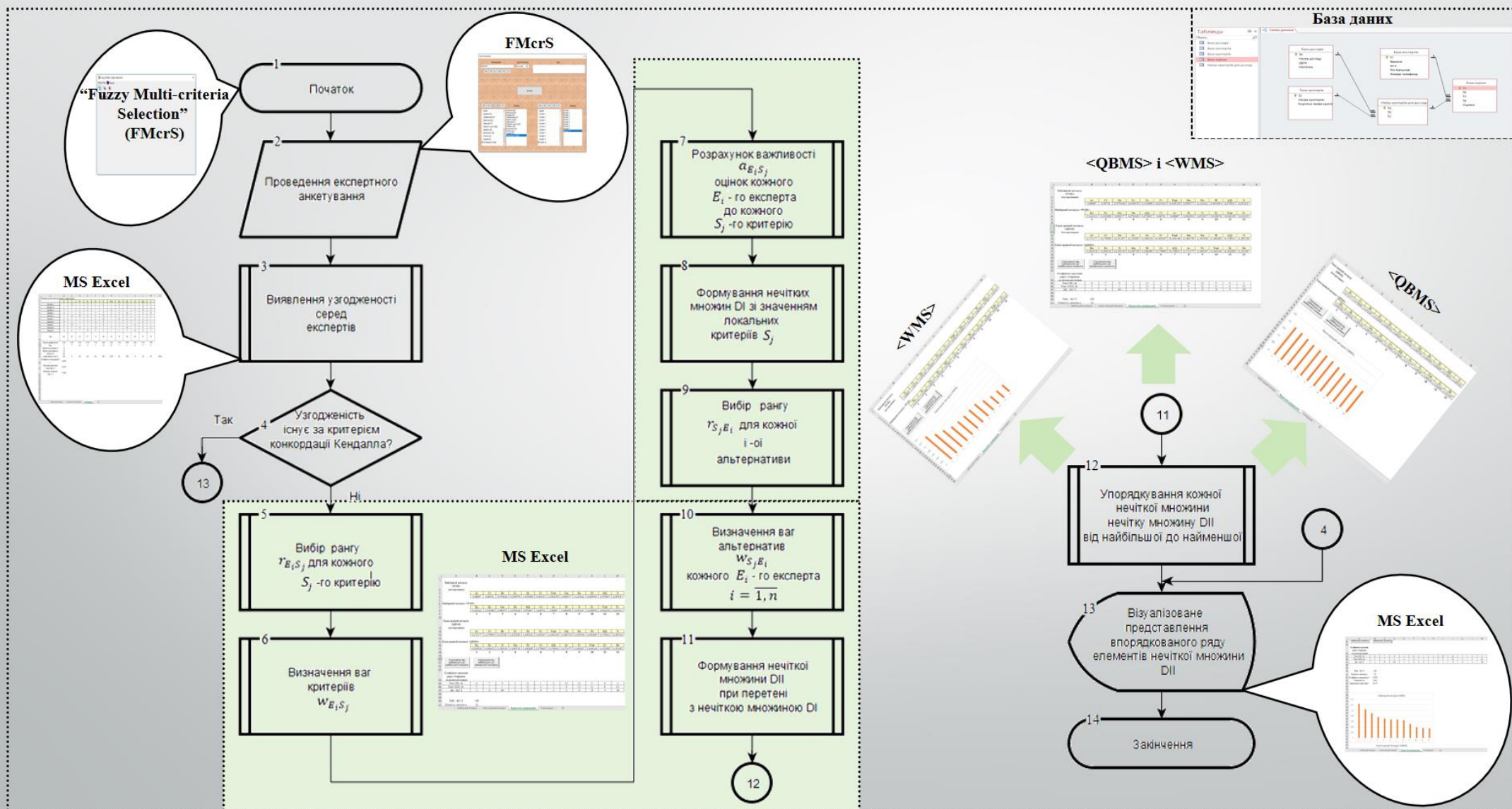
$$\varphi: \varphi = (\varphi_c, \varphi_w, \varphi_\alpha, \varphi_{Ew}, \varphi_{Ew^a}, \varphi_{(j)max}, \varphi_{<>})$$

Вираз набуває виду:

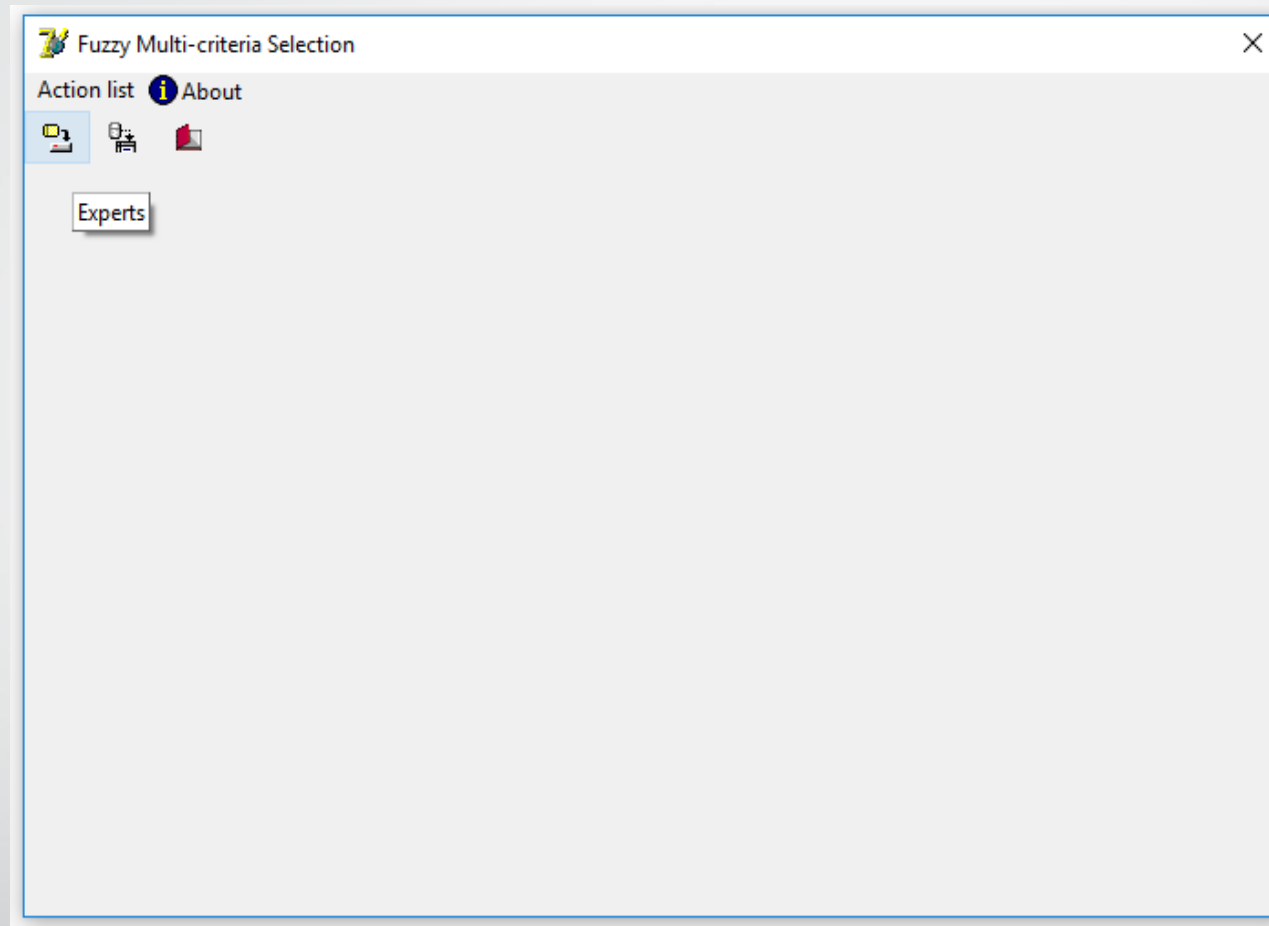
$$\begin{aligned} (\varphi = (\varphi_k | k = \overline{1, l})): & (((((((((E = (E_i | i = \overline{1, n})) \times (S = (S_j | j = \overline{1, m})) \xrightarrow{K1} \\ & \xrightarrow{K1} ((c_j) \subset M_c)) \xrightarrow{K2} ((w_j) \subset M_w)) \xrightarrow{K3} ((a_j) \subset M_a)) \xrightarrow{K4} ((Ew_j) \subset \\ & \subset M_{Ew} )) \xrightarrow{K5} ((w_j^{(\alpha_j)max}) \subset M_{Ew^a})) \xrightarrow{K6} (w_j^{a max}) \subset (S_{(j)max})) \xrightarrow{K7} \\ & \xrightarrow{K7} \langle S_{(j)max} \rangle | \forall i = \overline{1, n}; \forall j = \overline{1, m}. \end{aligned}$$

Тут K1, ..., K7 – позначення методично обумовлених кроків, що відповідають реалізації множини відповідних процедур  $\varphi = (\varphi_c, \varphi_w, \varphi_\alpha, \varphi_{Ew}, \varphi_{Ew^a}, \varphi_{(j)max}, \varphi_{<>})$

# СТРУКТУРНА СХЕМА ФУНКЦІЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ



# ГОЛОВНЕ ВІКНО РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ “Fuzzy Multi-criteria Selection”





# ВИХІДНІ ДАНІ ДОСЛІДЖЕННЯ (ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ РМСТ)

Card for data entry

№ of experiment: Вибір РМСТ

Date of the survey: 30.12.2019

Notes:

Set rating

All criteria:

Criteria	
Динаміка (Dn)	Геометрія (Gm)
Управлінський (Ct)	Кінематика (Kn)
Енергетика (En)	Динаміка (Dn)
Траєкторія (Tr)	Управлінський (Ct)
Тривалість циклу (t(Q))	Енергетика (En)
Надійність (Rl)	Траєкторія (Tr)
Економічність (Ec)	Тривалість циклу (t(Q))
Точність (Ac)	Надійність (Rl)
Силовий (Fc)	Економічність (Ec)
▶ Оптимальності (Fort)	Точність (Ac)
	Силовий (Fc)
	Оптимальності (Fort)

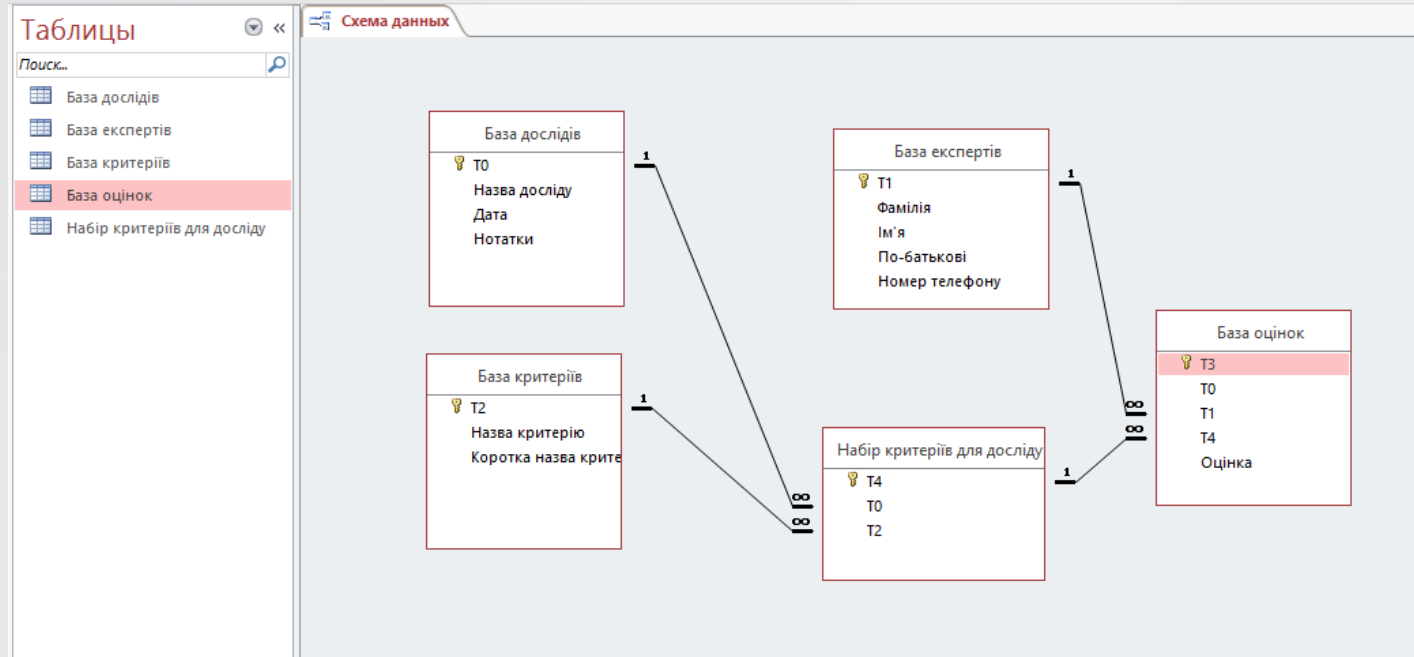
All experts:

Experts	
Експерт 1	Експерт 1
Експерт 2	Експерт 2
Експерт 3	Експерт 3
Експерт 4	Експерт 4
Експерт 5	Експерт 5
Експерт 6	Експерт 6
Експерт 7	Експерт 7
Експерт 8	Експерт 8
Експерт 9	Експерт 9
▶ Експерт 10	Експерт 10

# ЕКРАННА ФОРМА З РЕЗУЛЬТАТАМИ РОЗРАХУНКІВ ВІДНОСНОЇ ВАЖЛИВОСТІ СУДЖЕНЬ ЕКСПЕРТІВ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Матриця результатів експертного анкетування													
2		<i>A<sub>c</sub></i>	<i>C<sub>t</sub></i>	<i>D<sub>n</sub></i>	<i>E<sub>c</sub></i>	<i>E<sub>n</sub></i>	<i>F<sub>c</sub></i>	<i>F<sub>opt</sub></i>	<i>G<sub>m</sub></i>	<i>K<sub>n</sub></i>	<i>R<sub>l</sub></i>	<i>t(Q)</i>	<i>T<sub>r</sub></i>	
3	Експерт 1	7	10	3	6	4	2	1	11	12	5	8	9	
4	Експерт 10	8	5	3	6	7	4	1	9	12	2	10	11	
5	Експерт 2	8	3	2	11	7	1	12	5	4	9	10	6	
6	Експерт 3	11	7	8	1	5	3	2	9	10	4	6	12	
7	Експерт 4	1	12	10	8	6	11	2	5	9	3	7	4	
8	Експерт 5	9	5	4	3	6	10	1	12	11	8	2	7	
9	Експерт 6	10	2	4	9	12	6	1	3	8	7	11	5	
10	Експерт 7	11	10	7	1	5	6	3	9	8	12	2	4	
11	Експерт 8	8	5	6	2	12	1	4	7	10	3	9	11	
12	Експерт 9	11	8	7	10	9	2	3	4	5	12	6	1	
	Σ <i>x<sub>ij</sub></i>	84	67	54	57	73	46	30	74	89	65	71	70	
13														
14	Средне арифметичне	8,40	6,70	5,40	5,70	7,30	4,60	3,00	7,40	8,90	6,50	7,10	7,00	
15	Ранг	2	7	10	9	4	11	12	3	1	8	5	6	
16	Кількість експертів n=	12												
17	Кількість критеріїв m=	10												
18	$n*(m+1)/2$	65												
19	$(\text{сум}R - (n*(m+1)/2))^2$	361	4	121	64	64	361	1225	81	576	0	36	25	2918
20	Коефіцієнт конкордації W =	0,204												
21	Значення критичної точки $\chi^2 =$	22,45												
22	Критичне значення $\chi_{кр}^2 =$	19,68												
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														
35														
36														
37														
38														
39														
40														
41														
42														
43														

# МОЖЛИВІСТЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ УБД



Таблицы	База оцінок	База критеріїв
Поиск...	Т2	Назва критерію
База дослідів	1 Геометрія	Gm
База експертів	2 Кінематика	Kn
База критеріїв	3 Динаміка	Dn
База оцінок	4 Управлінський	Ct
Набір критеріїв для дослідів	5 Енергетика	En
	6 Траєкторія	Tr
	7 Тривалість циклу	t(Q)
	8 Надійність	RI
	9 Економічність	Ec
	10 Точність	Ac
	11 Силовий	Fc
	12 Оптимальність	Fort
	13 Якість знань	ЯК
	14 Мовні здібності	MЗ
	15 Комунікативні	КЗ
	16 Організованість	ОРГ
	17 Високий інтелект	ВІ
	18 Персональні	ПС
	19 Доброзичливість	ДОБ
	20 Уважність	УВ
	21 Перегляд своїх	ПСП
	22 Неконфліктність	НН
	23 Уміння запобігти	УЗК
	24 Чіткість при виборі	ЧПВ
	(№)	

Таблицы	База оцінок	База критеріїв	База експертів
Поиск...	Т1	Фамілія	Ім'я
База дослідів	1 Експерт 1		
База експертів	2 Експерт 2		
База критеріїв	3 Експерт 3		
База оцінок	4 Експерт 4		
Набір критеріїв для дослідів	5 Експерт 5		
	6 Експерт 6		
	7 Експерт 7		
	8 Експерт 8		
	9 Експерт 9		
	10 Експерт 10		
	11 Експерт 11		
	12 Студент 1		
	13 Студент 2		
	14 Студент 3		
	15 Студент 4		
	16 Студент 5		
	17 Студент 6		
	18 Студент 7		
	19 Студент 8		
	20 Студент 9		
	21 Студент 10		
	22 Студент 11		
	23 Студент 12		
	(№)		

# ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ ТЕСТОВОГО ПРИКЛАДУ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗРОБЛЕНОГО ПП “Fuzzy Multi-criteria Selection”

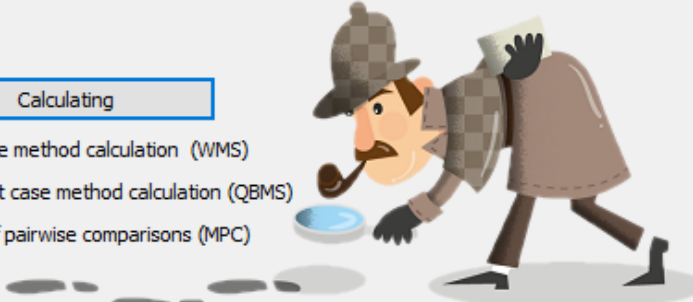
Set rating
✕

Experts
▶ Експерт 1
Експерт 2
Експерт 3
Експерт 4
Експерт 5
Експерт 6
Експерт 7
Експерт 8
Експерт 9
Експерт 10

Criteria	Rating
▶ Геометрія (Gm)	11
Кінематика (Kn)	12
Динаміка (Dn)	3
Управлінський (Ct)	10
Енергетика (En)	4
Траєкторія (Tr)	9
Тривалість циклу (t(Q))	8
Надійність (Rl)	5
Економічність (Ec)	6
Точність (Ac)	7

Calculating

Worst case method calculation (WMS)  
 Quasi-best case method calculation (QBMS)  
 Method of pairwise comparisons (MPC)



	Ac	Ct	Dn	Ec	En	Fc	Fopt	Gm	Kn	Rl	t(Q)	Tr
Експерт 1	7	10	3	6	4	2	1	11	12	5	8	9
Експерт 10	8	5	3	6	7	4	1	9	12	2	10	11
Експерт 2	8	3	2	11	7	1	12	5	4	9	10	6
Експерт 3	11	7	8	1	5	3	2	9	10	4	6	12
Експерт 4	1	12	10	8	6	11	2	5	9	3	7	4
Експерт 5	9	5	4	3	6	10	1	12	11	8	2	7
Експерт 6	10	2	4	9	12	6	1	3	8	7	11	5
Експерт 7	11	10	7	1	5	6	3	9	8	12	2	4
Експерт 8	8	5	6	2	12	1	4	7	10	3	9	11
▶ Експерт 9	11	8	7	10	9	2	3	4	5	12	6	1

# ТЕСТОВИЙ ПРИКЛАД ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНОГО III “Fuzzy Multi-criteria Selection”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Квазі-кращий випадок (QBMS) (несортоване)												
2													
3		Ac	Ct	Dn	Ec	En	Fc	Fopt	Gm	Kn	Rl	t(Q)	Tr
4		0,171177	0,179005	0,151387	0,152585	0,190152	0,165247	0,164148	0,180739	0,193538	0,180295	0,176031	0,185138
5													
6	Квазі-кращий випадок <QBMS>												
7		Kn	En	Tr	Gm	Rl	Ct	t(Q)	Ac	Fc	Fopt	Ec	Dn
8		0,193538	0,190152	0,185138	0,180739	0,180295	0,179005	0,176031	0,171177	0,165247	0,164148	0,152585	0,151387
9		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10													
11		Сортування від найменшого до найбільшого значення			Сортування від найбільшого до найменшого значення								
12													
13													
14													
15		Квазі-кращий випадок (QBMS)											
16													
17		0,25											
18													
19		0,2											
20													
21		0,15											
22													
23		0,1											
24													
25		0,05											
26													
27		0											
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													

Випадок	Значення
1	0,193538
2	0,190152
3	0,185138
4	0,180739
5	0,180295
6	0,179005
7	0,176031
8	0,171177
9	0,165247
10	0,164148
11	0,152585
12	0,151387

Квазі-кращий випадок | **Результати розрахунків** | Конкордація | ⊕


# ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ІЗ РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ У ПП “Fuzzy Multi-criteria Selection”

Set rating

Experts	Criteria	Rating
▶ Експерт 1	▶ Геометрія (Gm)	11
Експерт 2	Кінематика (Kn)	12
Експерт 3	Динаміка (Dn)	3
Експерт 4	Управлінський (Ct)	10
Експерт 5	Енергетика (En)	4
Експерт 6	Траєкторія (Tr)	9
Експерт 7	Тривалість циклу (t(	8
Експерт 8	Надійність (Rl)	5
Експерт 9	Економічність (Ec)	6
Експерт 10	Точність (Ac)	7

Calculating

Worst case method calculation (WMS)  
 Quasi-best case method calculation (QBMS)  
 Method of pairwise comparisons (MPC)



	Ac	Ct	Dn	Ec	En	Fc	Fopt	Gm	Kn	Rl	t(Q)	Tr	
Експерт 1		7	10	3	6	4	2	1	11	12	5	8	9
Експерт 10		8	5	3	6	7	4	1	9	12	2	10	11
Експерт 2		8	3	2	11	7	1	12	5	4	9	10	6
Експерт 3		11	7	8	1	5	3	2	9	10	4	6	12
Експерт 4		1	12	10	8	6	11	2	5	9	3	7	4
Експерт 5		9	5	4	3	6	10	1	12	11	8	2	7
Експерт 6		10	2	4	9	12	6	1	3	8	7	11	5
Експерт 7		11	10	7	1	5	6	3	9	8	12	2	4
Експерт 8		8	5	6	2	12	1	4	7	10	3	9	11
▶ Експерт 9		11	8	7	10	9	2	3	4	5	12	6	1

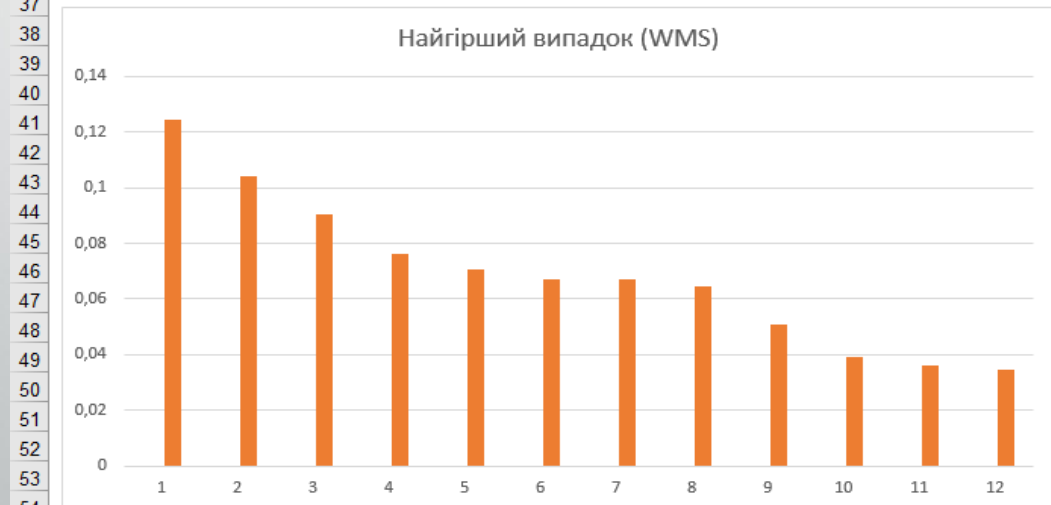
# ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ІЗ РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ У ПП “Fuzzy Multi-criteria Selection”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	Найгірший випадок (WMS) (несортоване)														
3	Ac	Ct	Dn	Ec	En	Fc	Fopt	Gm	Kn	Rl	t(Q)	Tr			
4	0,06697	0,06701	0,076428	0,039076	0,103988	0,034333	0,036159	0,090377	0,124321	0,064504	0,070847	0,051017			
6	Найгірший випадок <WMS>														
7	Kn	En	Gm	Dn	t(Q)	Ct	Ac	Rl	Tr	Ec	Fopt	Fc			
8	0,124321	0,103988	0,090377	0,076428	0,070847	0,06701	0,06697	0,064504	0,051017	0,039076	0,036159	0,034333			
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
11	Квазі-кращий випадок (QBMS) (несортоване)														
12	Ac	Ct	Dn	Ec	En	Fc	Fopt	Gm	Kn	Rl	t(Q)	Tr			
13	0,171177	0,179005	0,151387	0,152585	0,190152	0,165247	0,164148	0,180739	0,193538	0,180295	0,176031	0,185138			
15	Квазі-кращий випадок <QBMS>														
16	Kn	En	Tr	Gm	Rl	Ct	t(Q)	Ac	Fc	Fopt	Ec	Dn			
17	0,193538	0,190152	0,185138	0,180739	0,180295	0,179005	0,176031	0,171177	0,165247	0,164148	0,152585	0,151387			
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
20	Сортування від найменшого до найбільшого значення			Сортування від найбільшого до найменшого значення											
24	Коефіцієнт кореляції рангу Спірмена за двома методами														
25	Ранг НВ, dx	6	7	9	3	11	1	2	10	12	5	8	4		
26	Ранг ККВ, dy	5	7	1	2	11	4	3	9	12	8	6	10		
27	(dx - dy)^2	1	0	64	1	0	9	1	1	0	9	4	36		
30	$\Sigma(dx - dy)^2$	126													
31	Кількість значень n	12													
	Найгірший випадок	Квазі-кращий випадок	Результати розрахунків					Конкордація							

# ПОРІВНЯННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ІЗ РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ У ПП “Fuzzy Multi-criteria Selection”

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
22	найбільшого значення	найменшого значення											
23	Коефіцієнт кореляції рангу Спірмена за двома методами												
24	Ранг НВ, dx	6	7	9	3	11	1	2	10	12	5	8	4
25	Ранг ККВ, dy	5	7	1	2	11	4	3	9	12	8	6	10
26	$(dx - dy)^2$	1	0	64	1	0	9	1	1	0	9	4	36

28		
29		
30	$\Sigma(dx - dy)^2$	126
31	Кількість значень n	12
32	Коефіцієнт кореляції $\rho =$	0,559
33	Стюдент $t =$	1,812
34	Критична точка $T_{кр} =$	0,475



Квазі-кращий випадок (QBMS)	
Найгірший випадок	Квазі-кращий випадок



# РЕЗУЛЬТАТИ ОПИТУВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ТЕМУ “ВИКЛАДАЧ ОЧИМА СТУДЕНТІВ”

Card for data entry

№ of experiment: Викладач очима студентів

Date of the survey: 06.12.2019

Notes: Студенти оцінюють викладача за критеріями, що наведені нижче

Set rating

All criteria

Criteria	
Якість знань (ЯК)	Економічність (Ес)
Мовні здібності (МЗ)	Точність (Ас)
Комунікативні здібності (КЗ)	Силовий (Fc)
Організованість (ОРГ)	Оптимальності (Fort)
Високий інтелект (ВІ)	Якість знань (ЯК)
Персональна симпатія (ПС)	Мовні здібності (МЗ)
Доброзичливість (ДОБ)	Комунікативні здібності (КЗ)
Уважність (УВ)	Організованість (ОРГ)
Перегляд свої поглядів (ПСП)	Високий інтелект (ВІ)
Уміння запобігти конфлікти (УЗ)	Персональна симпатія (ПС)
	Доброзичливість (ДОБ)
	Уважність (УВ)
	Перегляд свої поглядів (ПСП)
	Неконфліктність (НН)
	Уміння запобігти конфлікти (УЗ)
	Чіткість при викладанні (ЧПВ)

All experts

Experts	
Студент 3	Експерт 8
Студент 4	Експерт 9
Студент 5	Експерт 10
Студент 6	Експерт 11
Студент 8	Студент 1
Студент 7	Студент 2
Студент 9	Студент 3
Студент 10	Студент 4
Студент 11	Студент 5
Студент 12	Студент 6
	Студент 7
	Студент 8
	Студент 9
	Студент 10
	Студент 11
	Студент 12

# АНКЕТА РЕЗУЛЬТАТІВ ОПИТУВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ТЕМУ “ВИКЛАДАЧ ОЧИМА СТУДЕНТІВ”

	<i>Якість знань з дисципліни</i>	<i>Мовні здібності</i>	<i>Комунікативні здібності зі студентами</i>	<i>Організованість</i>	<i>Високий інтелект</i>	<i>Персональна симпатія</i>	<i>Доброзичливість</i>	<i>Уважність</i>	<i>Готовність до перегляду своїх поглядів</i>	<i>Неконфліктність</i>	<i>Уміння налагодити відносини</i>	<i>Чіткість</i>
<b>Експерт 1</b>	7	8	6	4	10	1	12	2	11	5	9	3
<b>Експерт 2</b>	12	9	11	7	6	1	2	5	10	3	4	8
<b>Експерт 3</b>	12	7	8	5	11	1	2	6	9	4	3	10
<b>Експерт 4</b>	12	9	10	11	8	1	2	3	5	4	6	7
<b>Експерт 5</b>	12	10	11	2	7	3	6	8	1	5	4	9
<b>Експерт 6</b>	12	2	11	3	10	1	8	4	5	7	9	6
<b>Експерт 7</b>	12	11	1	9	10	12	3	4	8	7	6	5
<b>Експерт 8</b>	11	10	9	8	12	1	3	7	4	6	2	5
<b>Експерт 9</b>	12	6	11	5	4	10	3	2	8	1	7	9
<b>Експерт 10</b>	11	12	9	10	1	6	2	3	7	4	8	5
<b>Експерт 11</b>	11	12	8	9	7	1	3	6	10	2	4	5
<b>Експерт 12</b>	12	7	9	8	10	5	4	1	6	3	2	11

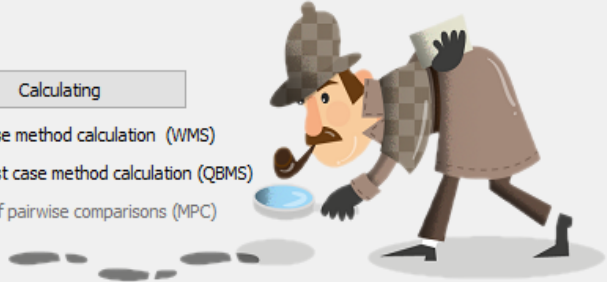
# РЕЗУЛЬТАТИ ОПИТУВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ТЕМУ “ІДЕАЛЬНИЙ ВИКЛАДАЧ ОЧИМА СТУДЕНТІВ”

Set rating

Experts	Criteria	Rating
▶ Студент 1	▶ Якість знань (ЯК)	7
Студент 2	Мовні здібності (МЗ)	8
Студент 3	Комунікативні здібності	6
Студент 4	Організованість (ОРГ)	4
Студент 5	Високий інтелект (ВІ)	10
Студент 6	Персональна симпатія	1
Студент 7	Доброчливість (ДОБ)	12
Студент 8	Уважність (УВ)	2
Студент 9	Перегляд свої погляд	11
Студент 10	Уміння запобігти кон	5

Calculating

Worst case method calculation (WMS)  
 Quasi-best case method calculation (QBMS)  
 Method of pairwise comparisons (MPC)



	ВІ	ДОБ	КЗ	МЗ	НН	ОРГ	ПС	ПСП	УВ	УЗК	ЧПВ	ЯК
▶ Студент 1	10	12	6	8	9	4	1	11	2	5	3	7
Студент 10	1	2	9	12	8	10	6	7	3	4	5	11
Студент 11	7	3	8	12	4	9	1	10	6	2	5	11
Студент 12	10	4	9	7	2	8	5	6	1	3	11	12
Студент 2	6	2	11	9	4	7	1	10	5	3	8	12
Студент 3	11	2	8	7	3	5	1	9	6	4	10	12
Студент 4	8	2	10	9	6	11	1	5	3	4	7	12
Студент 5	7	6	11	10	4	2	3	1	8	5	9	12
Студент 6	10	8	11	2	9	3	1	5	4	7	6	12
Студент 7	10	3	1	11	6	9	12	8	4	7	5	12
Студент 8	12	3	9	10	2	8	1	4	7	6	5	11
Студент 9	4	3	11	6	7	5	10	8	2	1	9	12

# РЕЗУЛЬТАТИ ОПИТУВАННЯ СТУДЕНТІВ НА ТЕМУ “ВИКЛАДАЧ ОЧИМА СТУДЕНТІВ”

ВІ	ДОБ	КЗ	МЗ	НН	ОРГ	ПС	ПСП	УВ	УЗК	ЧПВ	ЯК
0,06447	0,075457	0,068082	0,092072	0,075457	0,084421	0,046276	0,052885	0,046276	0,046276	0,119214	0,20727

ЯК	ЧПВ	МЗ	ОРГ	ДОБ	НН	КЗ	ВІ	ПСП	ПС	УВ	УЗК
0,20727	0,119214	0,092072	0,084421	0,075457	0,075457	0,068082	0,06447	0,052885	0,046276	0,046276	0,046276

ВІ	ДОБ	КЗ	МЗ	НН	ОРГ	ПС	ПСП	УВ	УЗК	ЧПВ	ЯК
0,186047	0,176258	0,177587	0,188655	0,14084	0,181295	0,15257	0,163263	0,127347	0,112114	0,169264	0,195582

ЯК	МЗ	ВІ	ОРГ	КЗ	ДОБ	ЧПВ	ПСП	ПС	НН	УВ	УЗК
0,195582	0,188655	0,186047	0,181295	0,177587	0,176258	0,169264	0,163263	0,15257	0,14084	0,127347	0,112114

Ранг НВ, dx	Ранг ККВ, dy	(dx - dy)^2
5	7,5	0,25
10	7	0,25
25	8	4
10	11	1
2	9	0
4	4	4
2	5	1
2	2	0
11	6	1
12	12	0

Σ(dx - dy)^2 = 81,5  
 Кількість значень n = 12

Сортування від найменшого до найбільшого значення

Сортування від найбільшого до найменшого значення

Коефіцієнт кореляції рангу Спірмена за двома методами

Σ(dx - dy)^2 = 81,5  
 Кількість значень n = 12

ВІ	ДОБ	КЗ	МЗ	НН	ОРГ	ПС	ПСП	УВ	УЗК	ЧПВ	ЯК
10	12	6	8	9	4	1	11	2	5	3	7
1	2	9	12	8	10	6	7	3	4	5	11
7	3	8	12	4	9	1	10	6	2	5	11
4	9	7	2	8	5	6	1	3	11	12	
6	2	11	9	4	7	1	10	5	3	8	12
11	2	8	7	3	5	1	9	6	4	10	12
8	2	10	9	6	11	1	5	3	4	7	12
7	6	11	10	4	2	3	1	8	5	9	12
10	8	11	2	9	3	1	5	4	7	6	12
10	3	1	11	6	9	12	8	4	7	5	12
12	3	9	10	2	8	1	4	7	6	5	11
4	3	11	6	7	5	10	8	2	1	9	12

Σij	96	50	104	103	64	81	43	84	51	51	83	136
Средне арифметичне	8,00	4,17	8,67	8,58	5,33	6,75	3,58	7,00	4,25	4,25	6,92	11,33
Ранг	4	11	2	3	8	7	12	5	9	9	6	1
Кількість експертів m =	12											
Кількість критеріїв n =	12											
n*(m+1)/2	78											
(сумR-(n*(m+1)/2))^2	324	784	676	625	196	9	1225	36	729	729	25	3364
Коефіцієнт конкордації W =	0,424											
Значення критичної точки Хф^2 =	55,91											
Критичне значення Хкр^2 =	19,68											

Найгірший випадок    Квазі-крайний випадок    Результати розрахунків    Конкордація    Найгірший випадок    Квазі-крайний випадок    Результати розрахунків    Конкордація

Ранг НВ, dx	Ранг ККВ, dy	(dx - dy)^2
5	7,5	0,25
10	7	0,25
25	8	4
10	11	1
2	9	0
4	4	4
2	5	1
2	2	0
11	6	1
12	12	0

Σ(dx - dy)^2 = 81,5  
 Кількість значень n = 12  
 Коефіцієнт кореляції ρ = 0,715  
 Ст'юдент t = 1,812  
 Критична точка Ткр = 0,401

## НАПРЯМКИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Розробка нового методу багатокритеріального вибору альтернатив з урахуванням “серединних” точок зору експертів (“серединних” альтернатив).
2. Розширення програмного продукту для автоматизованої реалізації методу за п.1.
3. Розширення інтегрованого програмного продукту, що автоматизовано реалізує методи квазі-кращого, найгіршого та “серединного” випадків.
4. Проведення поглиблених досліджень результатів функціонування методів за п. 3.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі змісту нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ та доцільності розробки методу квазі-кращого вибору визначено чинники, які визначають нечіткий багатокритеріальний вибір альтернатив, що принципово не протирічить його автоматизованій реалізації.
2. Розроблено методику нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ методом квазі-кращого випадку, що структуровано представлена в вигляді розроблених SADT –діаграм, а також та виконано формалізацію діаграми, що є методично-науковою основою прийняття рішень при реалізації розробленого методу.
3. Розроблено інформаційне забезпечення, що враховує зміст нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ методом квазі-кращого випадку та передбачає його використання при подальшій алгоритмізації та програмній реалізації.
4. Розроблено алгоритмічне забезпечення, що базується на розробленому інформаційному забезпеченні, змісті пропонованого методу та передбачає його програмну реалізацію.
5. Продемонстровано працездатність програмного продукту за результатами наявного ПП при автоматизованих розрахунках, а саме при розв’язуванні задач нечіткого багатокритеріального вибору РМСТ та визначення ідеального викладача “очима” студентів.
6. Визначено напрямки подальших досліджень, які передбачають розробку нових методів багатокритеріального вибору РМСТ та розробку автоматизованої реалізації кожного з методів та інтегрованого програмного представлення, що є інваріантним щодо сутності та розмірності розв’язуваних задач.

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**