

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 1

Пороскун О.

Варіант 8

5.4. Завдання до розділу 5

Завдання 1

Обчислити значення виразу, використовуючи математичні функції MS Excel.

Таблиця 5.4 – Варіанти завдань

№ варіанта	Вираз	Значення аргументу
1	$y(x) = \sqrt[3]{2 \cdot x^2 + 3 \cdot x \cdot \cos(7 - 2 \cdot x)}$	$x \in [-2; 2]$
2	$y(x) = \sqrt[3]{\sin^2(4 \cdot x)} \cdot 5 \cdot x$	$x \in [-1.5; 1.5]$
3	$z(x) = 2\sqrt{x \cdot (x + 3)}$	$x \in [-2; 2]$
4	$z(x) = (1 - x) \cdot e^{3-x+1}$	$x \in [-1.5; 1.5]$
5	$y(x) = \sqrt[3]{\cos(3 \cdot x) - \ln(7 \cdot x)}$	$x \in [-1; 1]$
6	$y(x) = \sqrt{x \cdot \sqrt{\cos(x)}}$	$x \in [-5; 1.8]$
7	$z(x) = x \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}$	$x \in [-1; 1]$
8	$z(x) = (\log_2(x))^{\cos^2(x)}$	$x \in [-5; 1.8]$
9	$y(x) = \sqrt{(x+1)} \cdot \sin(3 \cdot x^2)$	$x \in [-2, 2.9]$
10	$y(x) = x^2 \cdot \sqrt{3 \cdot x - 2 \cdot x^2}$	$x \in [-3; 3]$
11	$z(x) = (5 \cdot x)^{2 \cdot \operatorname{tg}(x)}$	$x \in [-2, 2.9]$
12	$z(x) = (5 \cdot \sqrt[3]{x+2})^{x^2+1}$	$x \in [-3; 3]$
13	$y(x) = \frac{\sqrt[3]{x+1}}{\ln(x)}$	$x \in [-3.2; 4.3]$
14	$z(x) = (4 \cdot x + 1)^{\ln(x)}$	$x \in [0; 5]$
15	$z(x) = (\cos(x^2))^x$	$x \in [-3.2; 4.3]$

Отже, обчислені значення виразу знаходяться в комірках E7:E24.

	A	B	C	D	E
1	Пороскун О. ПМ-81				
2					
3	Розділ 5				
4	Завдання 1				
5					
6	x	$(\cos(x))^2$	$\log_2(x)$	$(\log_2(x))^2 \cdot (\cos(x))^2$	
7	-5,00	0,08	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
8	-4,60	0,01	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
9	-4,20	0,24	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
10	-3,80	0,63	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
11	-3,40	0,93	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
12	-3,00	0,98	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
13	-2,60	0,73	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
14	-2,20	0,35	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
15	-1,80	0,05	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
16	-1,40	0,03	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
17	-1,00	0,29	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
18	-0,60	0,68	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
19	-0,20	0,96	#ЧИСЛО!	#ЧИСЛО!	
20	0,20	0,96	-2,32	#ЧИСЛО!	
21	0,60	0,68	-0,74	#ЧИСЛО!	
22	1,00	0,29	0,00	0,00	
23	1,40	0,03	0,49	0,98	
24	1,80	0,05	0,85	0,99	
25					

	A	B	C	D	E
1	Пороскун О. ПМ-81				
2					
3	Розділ 5				
4	Завдання 1				
5					
6	x	$(\cos(x))^2$	$\log_2(x)$	$(\log_2(x))^2 \cdot (\cos(x))^2$	
7	-5	=СТЕПЕНЬ(COS(B7);2)	=LOG(B7;2)	=D7^C7	
8	=B7+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B8);2)	=LOG(B8;2)	=D8^C8	
9	=B8+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B9);2)	=LOG(B9;2)	=D9^C9	
10	=B9+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B10);2)	=LOG(B10;2)	=D10^C10	
11	=B10+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B11);2)	=LOG(B11;2)	=D11^C11	
12	=B11+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B12);2)	=LOG(B12;2)	=D12^C12	
13	=B12+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B13);2)	=LOG(B13;2)	=D13^C13	
14	=B13+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B14);2)	=LOG(B14;2)	=D14^C14	
15	=B14+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B15);2)	=LOG(B15;2)	=D15^C15	
16	=B15+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B16);2)	=LOG(B16;2)	=D16^C16	
17	=B16+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B17);2)	=LOG(B17;2)	=D17^C17	
18	=B17+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B18);2)	=LOG(B18;2)	=D18^C18	
19	=B18+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B19);2)	=LOG(B19;2)	=D19^C19	
20	=B19+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B20);2)	=LOG(B20;2)	=D20^C20	
21	=B20+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B21);2)	=LOG(B21;2)	=D21^C21	
22	=B21+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B22);2)	=LOG(B22;2)	=D22^C22	
23	=B22+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B23);2)	=LOG(B23;2)	=D23^C23	
24	=B23+0,4	=СТЕПЕНЬ(COS(B24);2)	=LOG(B24;2)	=D24^C24	
25					

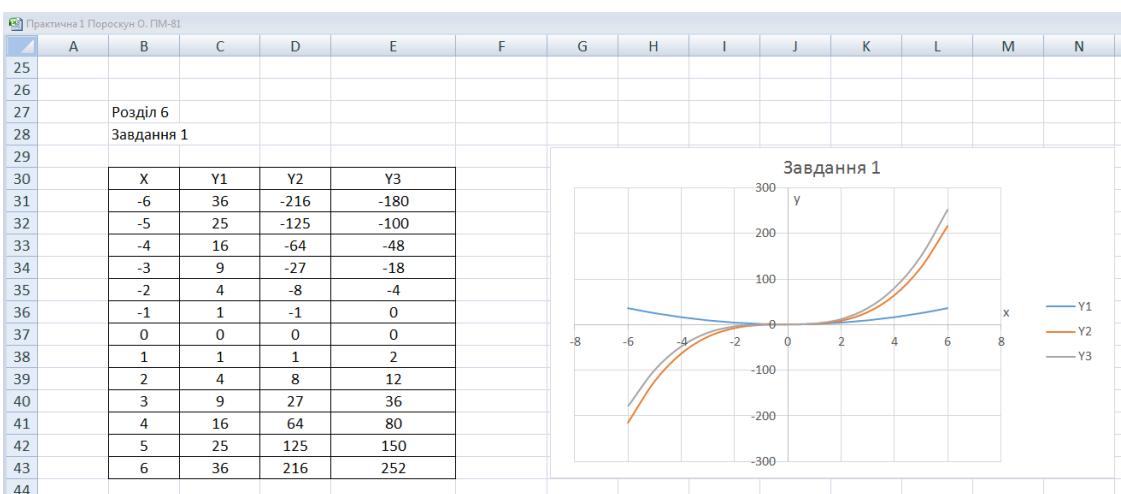
6.2. Завдання до розділу 6

Завдання 1

Побудувати графіки функцій $Y_1(x)$ - $Y_3(x)$ в одному графічному вікні відповідно до варіанту з табл. 6.3.

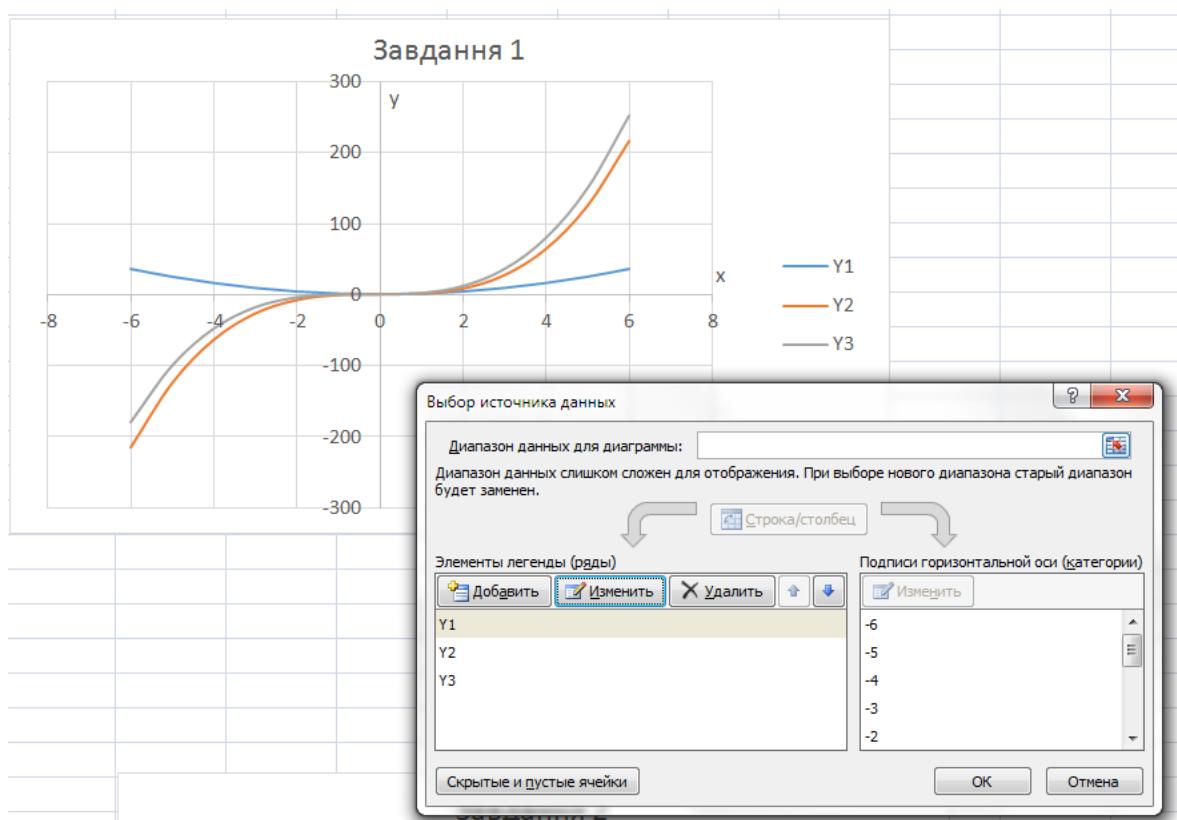
Таблиця 6.3 – Варіанти завдань

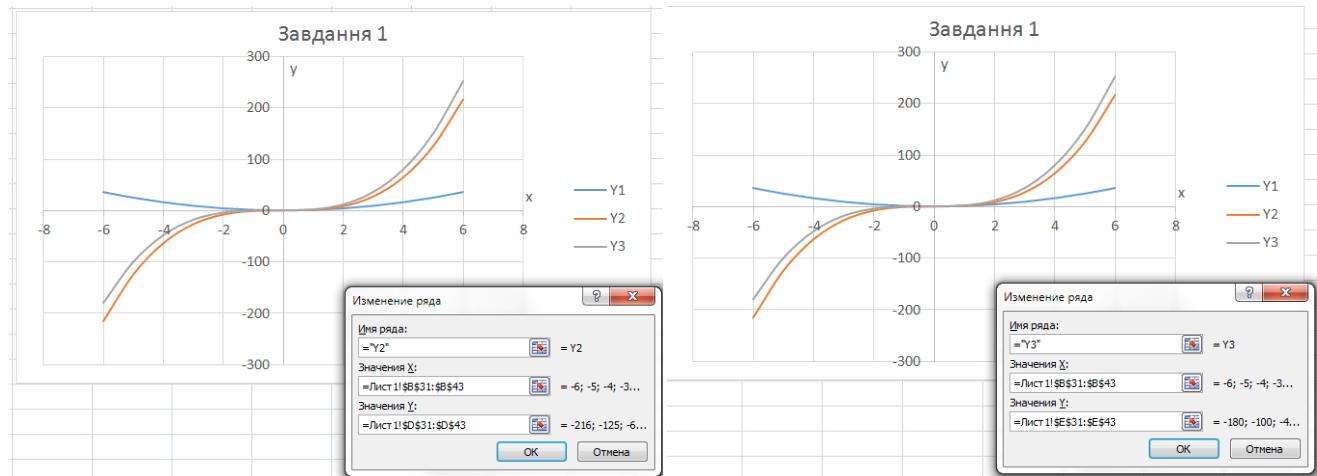
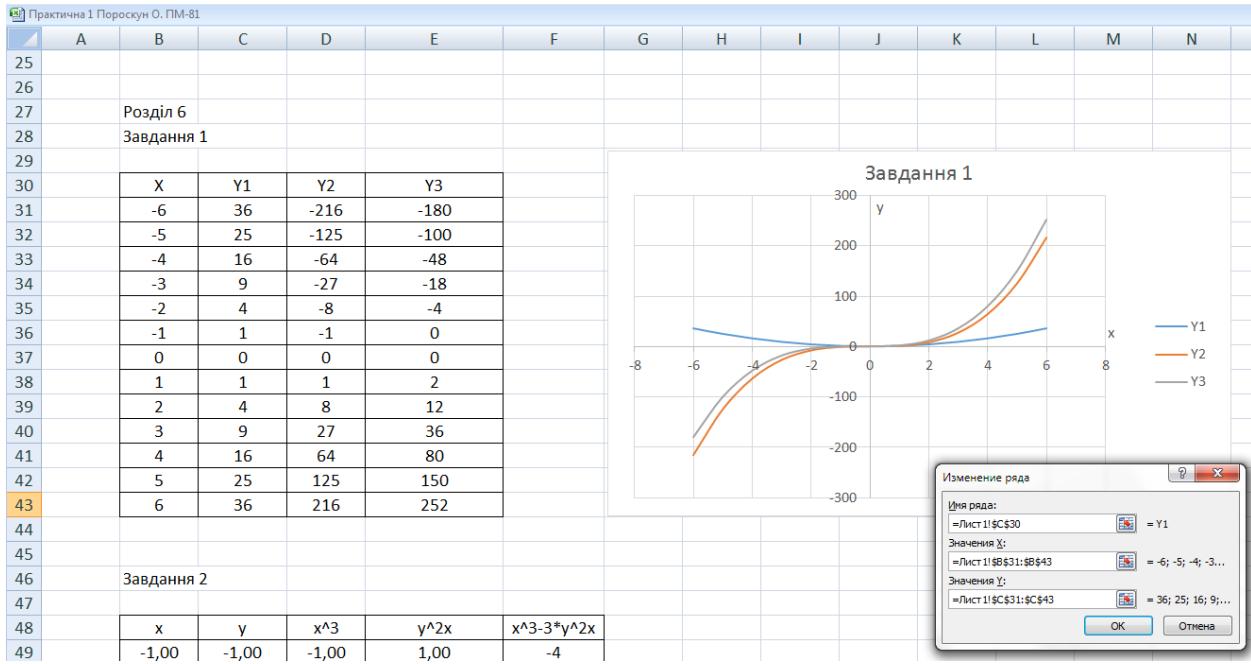
№	Функція Y ₁	Функція Y ₂	Функція Y ₃	Інтервал	Крок
1	$Y = e^x$	$Y = \sin x$	$Y = e^x * \sin x$	[0; 6,28]	0,2
2	$Y = x^2$	$Y = 4x$	$Y = x^2 + 4x$	[-5; +5]	1
3	$Y = x^2$	$Y = \sin x$	$Y = x^2 + \sin x$	[-3,14; +3,14]	0,398
4	$Y = \ln x$	$Y = \log_{10} x$	$Y = \ln x + \log_{10} x$	[1; 15]	1
5	$Y = 2^x$	$Y = (1/2)^x$	$Y = 2^x * (1/2)^x$	[-4; +4]	1
6	$Y = \sqrt{x}$	$Y = 1/\sqrt{x}$	$Y = \sqrt{x+1}/\sqrt{x}$	[0,4; 2]	0,2
7	$Y = \sqrt[3]{x}$	$Y = 1/\sqrt[3]{x}$	$Y = \sqrt[3]{x+1} - 1/\sqrt[3]{x}$	[4; 36]	2
8	$Y = x^2$	$Y = x^3$	$Y = x^2 + x^3$	[-6; 6]	1
9	$Y = x^2$	$Y = \sin x$	$Y = x^2 * \sin x$	[-3,14; +3,14]	0,262
10	$Y = e^x$	$Y = x^{1/3}$	$Y = e^x - x^{1/3}$	[0; 3]	0,3
11	$Y = x^2$	$Y = \ln x$	$Y = x^2 * \ln x$	[1; 5]	0,5
12	$Y = \sin 3x$	$Y = x$	$Y = \sin 3x + x$	[-3,14; +6,28]	0,785
13	$Y = \cos 2x$	$Y = x^2$	$Y = \cos 2x + x^2$	[-6,28; +3,14]	0,52
14	$Y = \ln x$	$Y = x^2$	$Y = \ln x + x^2$	[1; 5]	0,1
15	$Y = \ln 5x$	$Y = 2x$	$Y = 2x * \ln 5x$	[1; 7]	0,5



Практична 1 Пороскун О. ПМ-81 формул

A	B	C	D	E
26				
27	Розділ 6			
28	Завдання 1			
29				
30	X	Y1	Y2	Y3
31	-6	=B31^2	=B31^3	=C31+D31
32	=B31+1	=B32^2	=B32^3	=C32+D32
33	=B32+1	=B33^2	=B33^3	=C33+D33
34	=B33+1	=B34^2	=B34^3	=C34+D34
35	=B34+1	=B35^2	=B35^3	=C35+D35
36	=B35+1	=B36^2	=B36^3	=C36+D36
37	=B36+1	=B37^2	=B37^3	=C37+D37
38	=B37+1	=B38^2	=B38^3	=C38+D38
39	=B38+1	=B39^2	=B39^3	=C39+D39
40	=B39+1	=B40^2	=B40^3	=C40+D40
41	=B40+1	=B41^2	=B41^3	=C41+D41
42	=B41+1	=B42^2	=B42^3	=C42+D42
43	=B42+1	=B43^2	=B43^3	=C43+D43



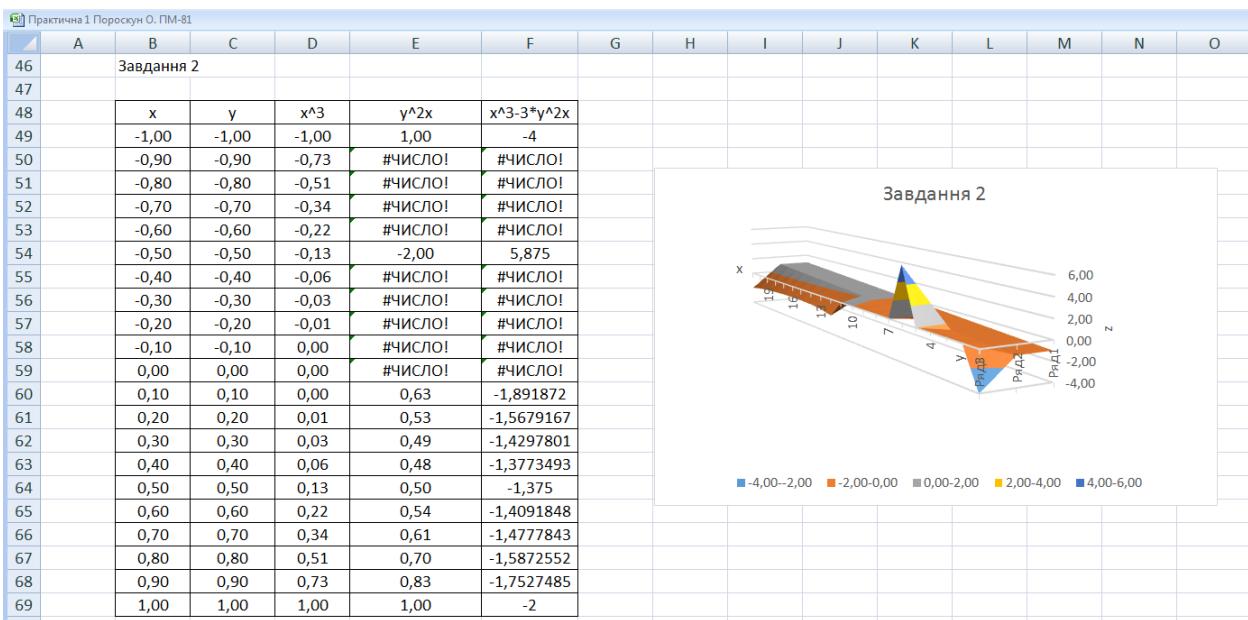


Завдання 2

Побудувати поверхню відповідно до варіанту з табл. 6.4.

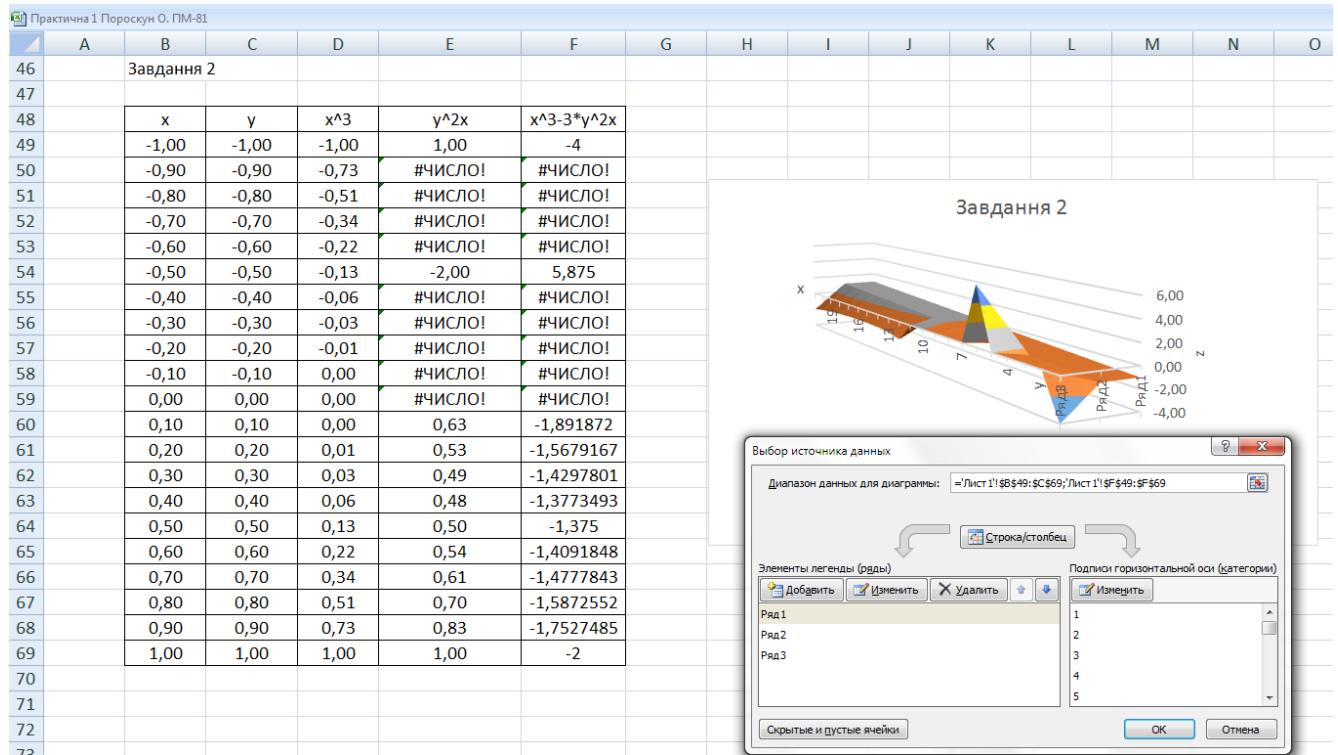
Таблиця 6.4 – Функції для побудови поверхні

1	$z = x^2 - 2y^2$	$x, y \in [-1,1]$
2	$z = 3x^3 - 2\sin^2(y)$	$x, y \in [-1,1]$
3	$z = 5x^2 \cos^2(y) - 2y$	$x, y \in [-1,1]$
4	$z = xe^{2x} - ye^{3y}$	$x, y \in [-1,1]$
5	$z = 2x^2 \cos^2(x) - 5y$	$x, y \in [-1,1]$
6	$z = x^2 - 2e^{0.2y} y$	$x, y \in [-1,1]$
7	$z = x^2 - 2e^{0.3y} y^2$	$x, y \in [-1,1]$
8	$z = x^3 - 3y^{2x}$	$x, y \in [-1,1]$
9	$z = 3x^2 \sin^2(x) - 5e^{2y} y$	$x, y \in [-1,1]$
10	$z = 3x^2 - \cos(y^2)$	$x, y \in [-1,1]$
11	$z = 3x^3 - 2\sin^2(y)$	$x, y \in [-1,1]$
12	$z = \sqrt[3]{\sin^2(4 \cdot x)} - y^e$	$x, y \in [-1,1]$
13	$z = \cos(x \cdot y) - x^2$	$x, y \in [-1,1]$
14	$z = xe^{2-y} - \sin(x^2)$	$x, y \in [-1,1]$
15	$z = x^3 - \sqrt{y^e}$	$x, y \in [-1,1]$

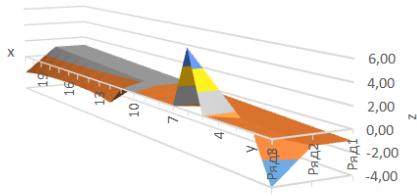


Отже, значення X, Y, Z для побудови поверхні знаходяться в комірках B49:B69, C49:C69, F49:F69 відповідно.

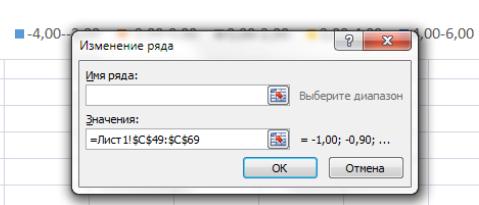
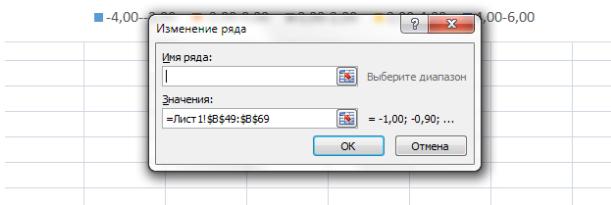
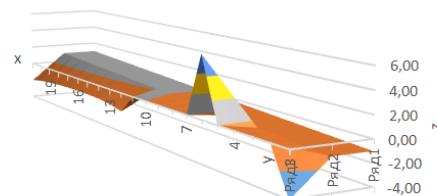
	A	B	C	D	E	F
44						
45						
46		Завдання 2				
47						
48	x	y	x^3	y^{2x}	$x^{3-3}y^{2x}$	
49	-1	-1	=B49^3	=C49^(2*B49)	=D49-3*E49	
50	=B49+0,1	=C49+0,1	=B50^3	=C50^(2*B50)	=D50-3*E50	
51	=B50+0,1	=C50+0,1	=B51^3	=C51^(2*B51)	=D51-3*E51	
52	=B51+0,1	=C51+0,1	=B52^3	=C52^(2*B52)	=D52-3*E52	
53	=B52+0,1	=C52+0,1	=B53^3	=C53^(2*B53)	=D53-3*E53	
54	=B53+0,1	=C53+0,1	=B54^3	=C54^(2*B54)	=D54-3*E54	
55	=B54+0,1	=C54+0,1	=B55^3	=C55^(2*B55)	=D55-3*E55	
56	=B55+0,1	=C55+0,1	=B56^3	=C56^(2*B56)	=D56-3*E56	
57	=B56+0,1	=C56+0,1	=B57^3	=C57^(2*B57)	=D57-3*E57	
58	=B57+0,1	=C57+0,1	=B58^3	=C58^(2*B58)	=D58-3*E58	
59	=B58+0,1	=C58+0,1	=B59^3	=C59^(2*B59)	=D59-3*E59	
60	=B59+0,1	=C59+0,1	=B60^3	=C60^(2*B60)	=D60-3*E60	
61	=B60+0,1	=C60+0,1	=B61^3	=C61^(2*B61)	=D61-3*E61	
62	=B61+0,1	=C61+0,1	=B62^3	=C62^(2*B62)	=D62-3*E62	
63	=B62+0,1	=C62+0,1	=B63^3	=C63^(2*B63)	=D63-3*E63	
64	=B63+0,1	=C63+0,1	=B64^3	=C64^(2*B64)	=D64-3*E64	
65	=B64+0,1	=C64+0,1	=B65^3	=C65^(2*B65)	=D65-3*E65	
66	=B65+0,1	=C65+0,1	=B66^3	=C66^(2*B66)	=D66-3*E66	
67	=B66+0,1	=C66+0,1	=B67^3	=C67^(2*B67)	=D67-3*E67	
68	=B67+0,1	=C67+0,1	=B68^3	=C68^(2*B68)	=D68-3*E68	
69	=B68+0,1	=C68+0,1	=B69^3	=C69^(2*B69)	=D69-3*E69	



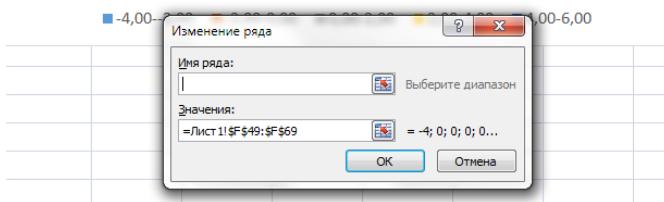
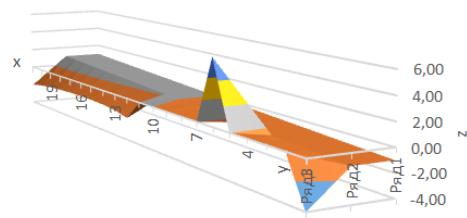
Завдання 2



Завдання 2



Завдання 2



Висновок

В ході виконання практичної роботи ознайомилися з елементарними прийомами роботи в MS Excel, серед яких математичні функції Excel(СТЕПЕНЬ (число; ступінь), LOG (число;основа)). Також працювали з діаграмами в MS Excel, де ми побудували графіки функцій та поверхню.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 2

Поросякун О.

Варіант 8

3.2. Завдання до розділу 3

Деяке підприємство виробляє чотири види продукції A, B, C, D, використовуючи для цього три види ресурсів. Норми витрат ресурсів на виробництво кожного виду продукції (в умовних одиницях) наведено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Норми витрат ресурсів на виробництво

Ресурси	Вид продукції				Об'єм ресурсів
	A	B	C	D	
Сировина, кг	8	6	4	2	70
Робоча сила, год.	36	12	15	25	420
Обладнання, год.	12	13	17	15	245
Прибуток на один. товару, у.о.	35	3	48	46	

Який вид продукції та скільки її одиниць потрібно випускати, щоб прибуток був максимальним?

Умова завдання подана у таблиці 4. Наступні показники залишаються незмінні:

- Прибуток на один. товару, у. о.;
- Об'єм ресурсів.

Таблиця 4 - Варіанти завдань

№ варіанту	Ресурси	Види продукції			
		A	B	C	D
1	Сировина, кг	13	11	9	7
	Робоча сила, год	41	17	20	30
	Обладнання, год	17	18	22	20
2	Сировина, кг	18	16	14	12
	Робоча сила, год	46	22	25	35
	Обладнання, год	22	23	27	25
3	Сировина, кг	23	21	19	17
	Робоча сила, год	51	27	30	40
	Обладнання, год	27	28	32	30
№ варіанту	Ресурси	Види продукції			
		A	B	C	D
4	Сировина, кг	28	26	24	22
	Робоча сила, год	56	32	35	45
	Обладнання, год	32	33	37	35
5	Сировина, кг	33	31	29	27
	Робоча сила, год	61	37	40	50
	Обладнання, год	37	38	42	40
6	Сировина, кг	38	36	34	32
	Робоча сила, год	66	42	45	55
	Обладнання, год	42	43	47	45
7	Сировина, кг	43	41	39	37
	Робоча сила, год	71	47	50	60
	Обладнання, год	47	48	52	50
8	Сировина, кг	48	46	44	42
	Робоча сила, год	76	52	55	65
	Обладнання, год	52	53	57	55
9	Сировина, кг	53	51	49	47
	Робоча сила, год	81	57	60	70
	Обладнання, год	57	58	62	60
10	Сировина, кг	58	56	54	52
	Робоча сила, год	86	62	65	75
	Обладнання, год	62	63	67	65

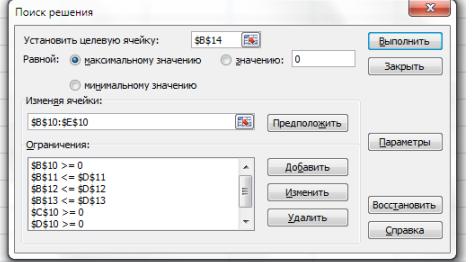
Практична 2 Пороскун О. ПМ-81

	A	B	C	D	E	F
1	Практична робота 2	Пороскун О. ПМ-81				
3	Ресурси		Види продукції			
4			A	B	C	D
5	Сировина, кг	48	46	44	42	70
6	Робоча сила, год	76	52	55	65	420
7	Обладнання, год	52	53	57	55	245
8	Прибуток на один. товару, у.о.	35	30	48	46	
9	Змінні	X1	X2	X3	X4	
10	Значення	0	0	0	1,66667	
11	Обмеження	70	<=	70		
12		108,333	<=	420		
13		91,6667	<=	245		
14	Цільова функція	76,6667				

Практична 2 Пороскун О. ПМ-81 формулами

	A	B	C	D	E	F
1	Практична робота 2	Пороскун О. ПМ-81				
3	Ресурси		Види продукції			
4			A	B	C	D
5	Сировина, кг	48		46	44	42
6	Робоча сила, год	76		52	55	65
7	Обладнання, год	52		53	57	55
8	Прибуток на один. товару, у.о.	35		30	48	46
9	Змінні	X1		X2	X3	X4
10	Значення	0		0	0	1,66666666666667
11	Обмеження	=B5*B\$10+C5*C\$10+D5*D\$10+E5*E\$10	<=	70		
12		=B6*B\$10+C6*C\$10+D6*D\$10+E6*E\$10	<=	420		
13		=B7*B\$10+C7*C\$10+D7*D\$10+E7*E\$10	<=	245		
14	Цільова функція	=B8*B\$10+C8*C\$10+D8*D\$10+E8*E\$10				

Практична 2 Пороскун О. ПМ-81

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Практична робота 2	Пороскун О. ПМ-81										
3	Ресурси		Види продукції									
4			A	B	C	D						
5	Сировина, кг	48	46	44	42	70						
6	Робоча сила, год	76	52	55	65	420						
7	Обладнання, год	52	53	57	55	245						
8	Прибуток на один. товару, у.о.	35	30	48	46							
9	Змінні	X1	X2	X3	X4							
10	Значення	0	0	0	1,66667							
11	Обмеження	70	<=	70								
12		108,333	<=	420								
13		91,6667	<=	245								
14	Цільова функція	76,6667										

Висновок

Значення змінних:

$$X1 = 0, X2 = 0, X3 = 0, X4 = 1,66667$$

Значення цільової функції(прибуток): 76,6667

Отже, потрібно випускати 1,66667 одиниць продукції виду D щоб прибуток був максимальним.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 5

Пороскун О.

Варіант 8

Метод аналізу ієрархій (MAI)

3.1. Задача 1

Постановка задачі

Відділ кадрів фірми звузив пошук майбутнього співробітника до трьох кандидатур: Стів (S), Джейн (J) і Маїса (M). Кінцевий відбір заснований на трьох критеріях: співбесіда (C), досвід роботи (O) і рекомендації (P). Відділ кадрів використовує матрицю А (обирати згідно варіанту) для порівняння трьох критеріїв. Після проведеної співбесіди з трьома претендентами, збору даних, що відносяться до досвіду їх роботи та рекомендацій, побудовані матриці Ac, Ao і Ap. Якого з трьох кандидатів слід прийняти на роботу? Оцініть узгодженість даних.

Таблиця 3 – Вхідні дані для задачі

Варіант 8

A=		C	O	P	Ac=		S	J	M	Ao=		S	J	M	Ap=		S	J	M	
A	=	C	O	P	A	c	S	J	M	A	a	S	J	M	A	p	S	J	M	
		1	3	1/5		s	1	1/3	1/2		a	1	3	6		p	1	1/2	1/4	
		1/3	1	1		j	3	1	2			1/3	1	1/3			j	2	1	1/3
		5	1	1		m	2	1/2	1			1/6	3	1			m	4	3	1

Хід роботи

- Запустити СППР «ВЫБОР». Для створення нового проекту необхідно виконати команду Файл - Создать, або на панелі інструментів натиснути піктограму Новый проект. В діалоговому вікні вибору типу проекту вибираємо тип проекту - «Проблема выбора» (рис. 3.1).

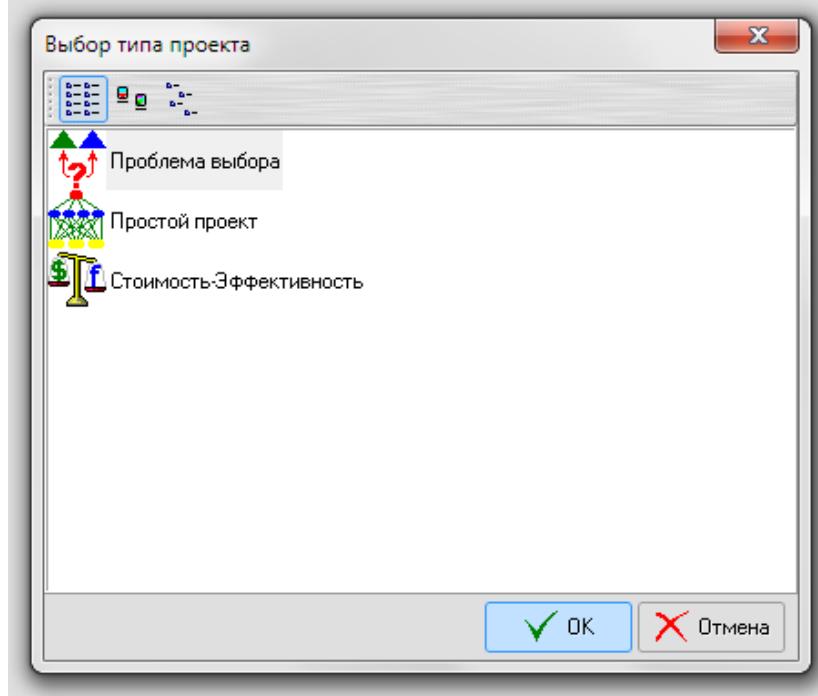


Рисунок 3.1 - Вибір типу проекта

2. Відреагувати шаблон проекту, задавши назви цілей, критеріїв та альтернатив (рис. 3.2).

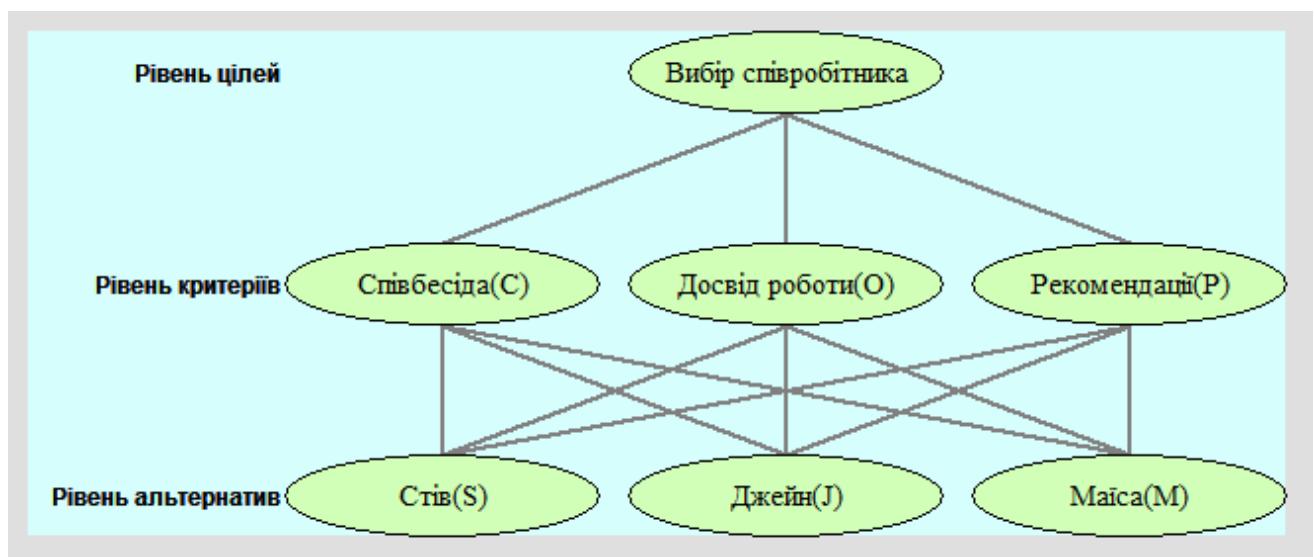


Рисунок 3.2 – Ієархія вибору співробітника

3. Для запису числових характеристик альтернатив необхідно викликати вікно «Получение матриц попарных сравнений». Оцінки критеріїв вказуються першому рівні ієархії відносно фактору цілі проєкту (рис. 3.3).

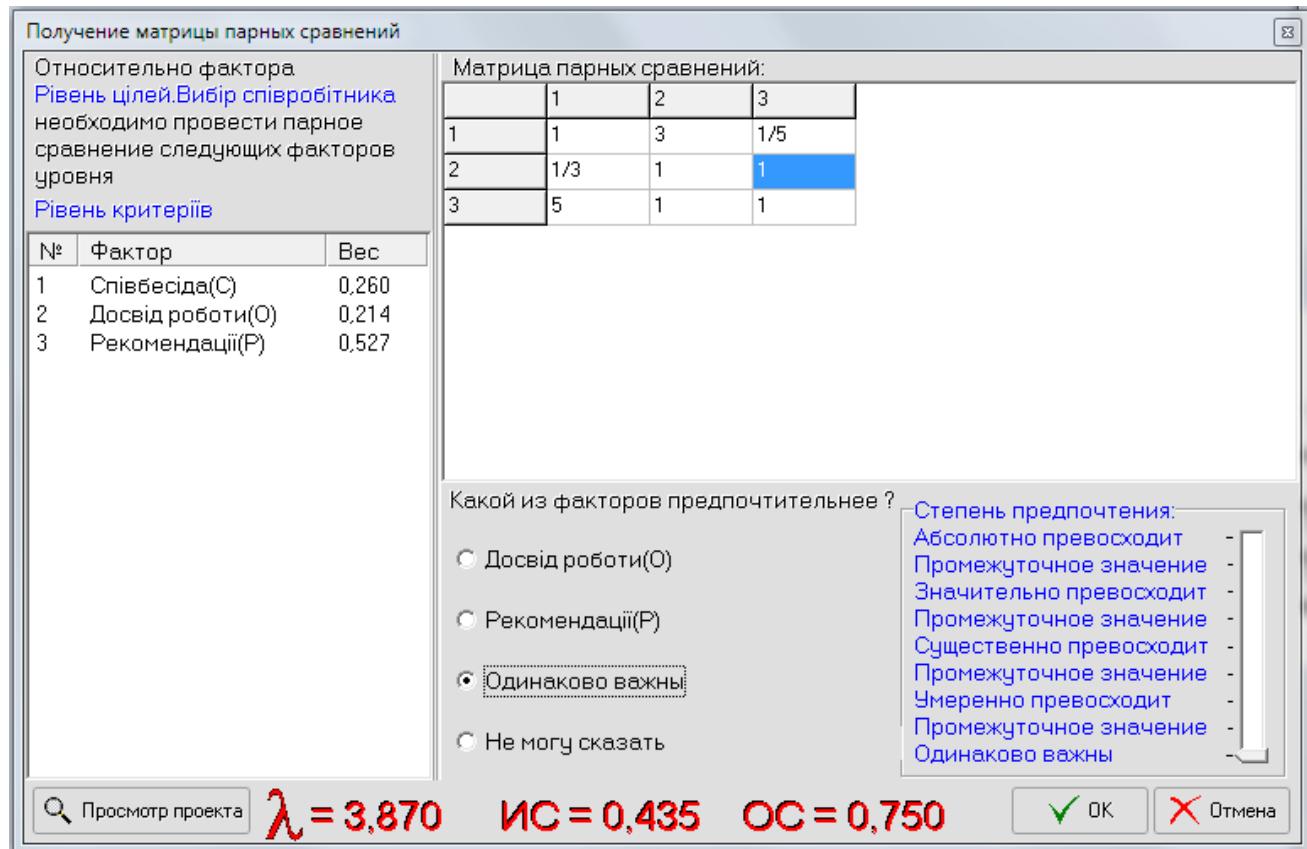


Рисунок 3.3 – Матриця парних порівнянь критеріїв оцінювання альтернатив

4. Аналогічним чином заповнюються дані матриць порівнянь для кандидатів у співробітники за кожним критерієм (рис. 3.4 - 3.6).

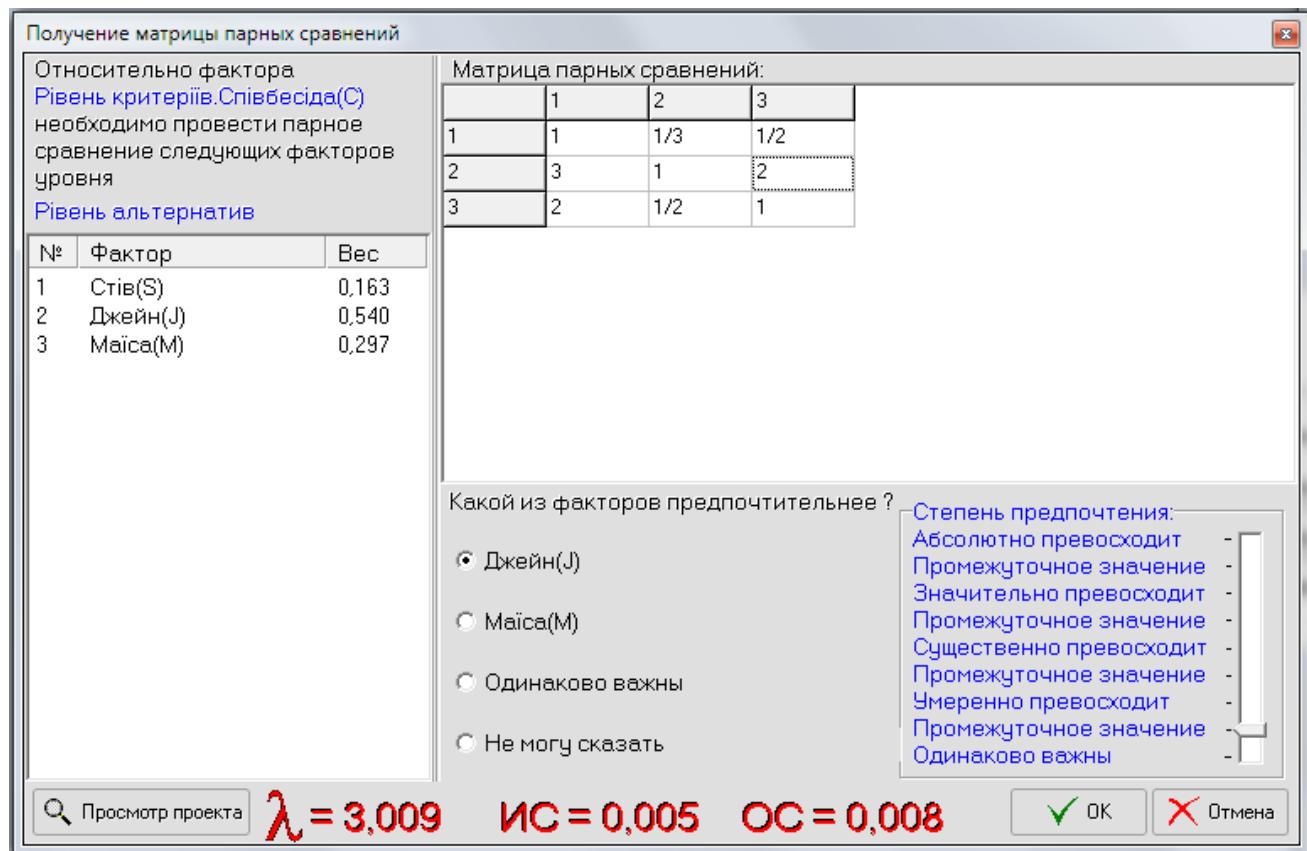


Рисунок 3.4 - Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм «Співбесіда»

Получение матрицы парных сравнений

Относительно фактора		
Рівень критеріїв.Досвід роботи(О)		
необходимо провести парное		
сравнение следующих факторов		
уровня		
Рівень альтернатив		
№	Фактор	Вес
1	Стів(S)	0,673
2	Джейн(J)	0,123
3	Майса(M)	0,204

Матрица парных сравнений:

	1	2	3
1	1	3	6
2	1/3	1	1/3
3	1/6	3	1

Какой из факторов предпочтительнее ?

Джейн(J)
 Майса(M)
 Однаково важны
 Не могу сказать

Степень предпочтения:
 Абсолютно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Значительно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Существенно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Умеренно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Однаково важны -

🔍 Просмотр проекта $\lambda = 3,364$ ИС = 0,182 ОС = 0,314 OK ✅ Отмена ✖️

Рисунок 3.5 - Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм «Досвід роботи»

Получение матрицы парных сравнений

Относительно фактора		
Рівень критеріїв.Рекомендації(Р)		
необходимо провести парное		
сравнение следующих факторов		
уровня		
Рівень альтернатив		
№	Фактор	Вес
1	Стів(S)	0,137
2	Джейн(J)	0,238
3	Майса(M)	0,625

Матрица парных сравнений:

	1	2	3
1	1	1/2	1/4
2	2	1	1/3
3	4	3	1

Какой из факторов предпочтительнее ?

Джейн(J)
 Майса(M)
 Однаково важны
 Не могу сказать

Степень предпочтения:
 Абсолютно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Значительно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Существенно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Умеренно превосходит -
 Промежуточное значение -
 Однаково важны -

🔍 Просмотр проекта $\lambda = 3,018$ ИС = 0,009 ОС = 0,015 OK ✅ Отмена ✖️

Рисунок 3.6 - Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм «Рекомендації»

5. Після того, як всі ієархії проекту правильно побудовані, необхідно провести обчислення. Для того, щоб запустити обчислення виберіть пункт меню Проект/Расчет. Результат розрахунку коефіцієнту узгодженості матриці представлений на рисунку 3.7.

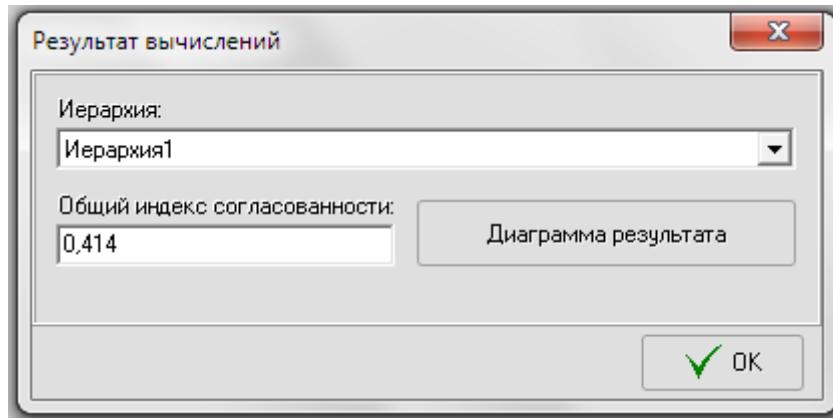


Рисунок 3.7 – Результат розрахунку коефіцієнту узгодженості

6. Для перегляду результату розрахунку в графічному вигляді необхідно викликати команду «Диаграмма результата» (рис. 3.8).

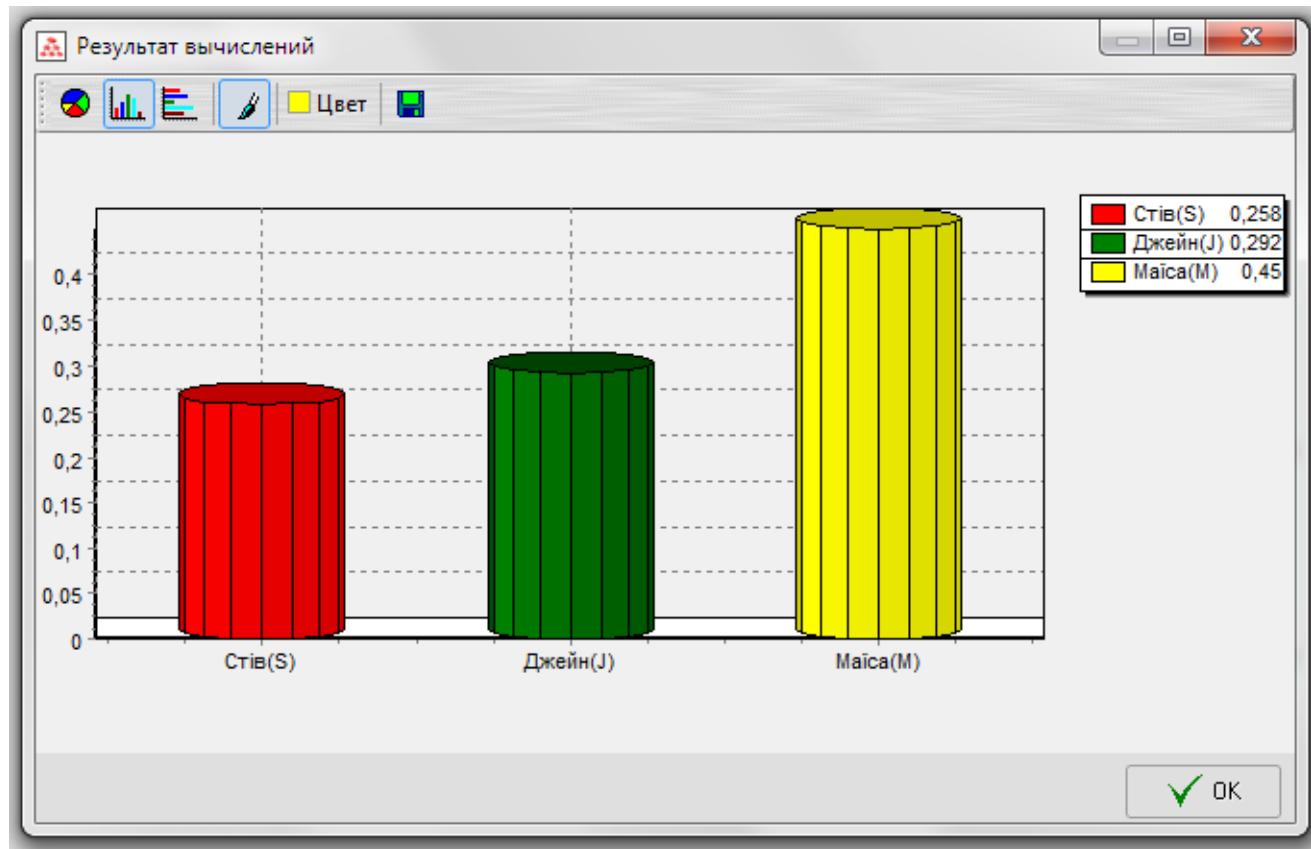


Рисунок 3.8 – Результати обчислень в графічному вигляді

Отже, з діаграми можна зробити висновок, що відділ кадрів повинен прийняти на роботу Маїсу.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 6

Пороскун О.

Варіант 8

Метод аналізу ієрархій (MAI)

Метод аналізу ієрархій (MAI) також заснований на використанні зважених середніх, проте в ньому застосовується більш надійний і узгоджений метод присвоєння оцінок і вагових коефіцієнтів. MAI ґрунтуються на попарному порівнянні альтернативних рішень за кожним критерієм. Потім проводиться аналогічний ряд порівнянь, щоб оцінити відносну важливість кожного критерію і таким чином визначити вагові коефіцієнти.

Основна процедура складається з наступних етапів:

1. Визначаються рейтинги альтернатив за кожним критерієм:

- 1.1. Створюється матриця попарних порівнянь за всіма критеріями;
- 1.2. Отримана матриця нормалізується;
- 1.3. Для отримання відповідних рейтингів усереднюються значення в кожному рядку;
- 1.4. Обчислюються і перевіряються коефіцієнти узгодженості;

2. Визначаються вагові коефіцієнти критеріїв:

- 2.1. Створюється матриця попарних порівнянь за всіма критеріями;
 - 2.2. Отримана матриця нормалізується;
 - 2.3. Для отримання вагових коефіцієнтів усереднюються значення в кожному рядку;
 - 2.4. Обчислюються і перевіряються коефіцієнти узгодженості;
3. Обчислюється зважений середній рейтинг дляожної альтернативи і вибирається рішення, яке набрало найбільшу кількість балів.

Постановка задачі

Продемонструємо застосування даної процедури на прикладі. Мережі кафе «Петровські кав'ярні» потрібно вибрати найкращий пакет програмного забезпечення для прийому замовлень із пропонованих декількома постачальниками. Це завдання було доручено завідувачу відділу обслуговування клієнтів Скобіну Миколі Петровичу. Він виділив трьох постачальників, пропоноване програмне забезпечення яких зможе задовольнити основні потреби компанії Reservation Technologies (RT), «IT – Техностар» (ITT) та «Норд-Консалтинг» (НК). Критерії, які він вважає важливими у виборі програмного забезпечення:

- А. Загальна вартість програмного пакету;
- Б. Наяvnість сервісного обслуговування протягом наступного року;
- В. Ергономічність графічних інтерфейсів користувача;
- Г. Можливість адаптації системи під бізнес-процес «Петровських кав'ярень».

Визначення рейтингу альтернатив за кожним критерієм

Перший крок процедури МАІ полягає в попарному порівнянні продавців за кожним критерієм. Для цього використовуємо стандартну шкалу порівняння, яку містить Таблиця 1.

Таблиця 1. Шкала порівняння альтернатив за критеріями

Ранг	Опис
1	Однакова перевага
3	Помірна перевага
5	Явна перевага
7	Очевидна перевага
9	Абсолютна перевага

Також можна присвоювати значення рейтингу 2, 4, 6 і 8, які визначаються як середні від найближчих рейтингів.

Почнемо з першого критерію (загальна вартість) і внесемо до аркуша «Вартість» робочої книги «Практична 6 Пороскун О. ПМ-81» дані (див. малюнок 1, малюнок 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Попарне порівняння				Пороскун О. ПМ-81				
3		RT	ITT	НК					
4	RT	1,000	4,000	0,500					
5	ITT	0,250	1,000	0,143					
6	НК	2,000	7,000	1,000					
7	Сума	3,250	12,000	1,643					
8									
9	Нормалізація								
10		RT	ITT	НК	Середнє	Міра узгодженості			
11	RT	0,308	0,333	0,304	0,315	3,002			
12	ITT	0,077	0,083	0,087	0,082	3,000			
13	НК	0,615	0,583	0,609	0,602	3,004			
14									
15	Узгодженість								
16	IY	IP	Коеф. узгодженості						
17	0,001	0,580	0,002						
18									
19									

Малюнок 1. Попарне порівняння щодо вартості

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1					Пороскун О. ПМ-81				
2	Попарне порівняння				Використання MAI. Порівняння альтернатив щодо вартості				
3		RT	ITT	НК					
4	RT	1	4	0,5					
5	ITT	=1/C4	1	=1/7					
6	НК	=1/D4	=1/D5	1					
7	Сума	=СУММ(B4:B6)	=СУММ(C4:C6)	=СУММ(D4:D6)					
8									
9	Нормалізація								
10		RT	ITT	НК	Середнє	Міра узгодженості			
11	RT	=B4/B\$7	=C4/C\$7	=D4/D\$7	=СУММ(B11:D11)/3	=МУМНОЖ(B4:D4; E\$11:E\$13)/E11			
12	ITT	=B5/B\$7	=C5/C\$7	=D5/D\$7	=СУММ(B12:D12)/3	=МУМНОЖ(B5:D5; E\$11:E\$13)/E12			
13	НК	=B6/B\$7	=C6/C\$7	=D6/D\$7	=СУММ(B13:D13)/3	=МУМНОЖ(B6:D6; E\$11:E\$13)/E13			
14									
15	Узгодженість								
16	IY	IP	Коеф. узгодженості						
17	=((CPЗНАЧ(F11:F13) - 3) / (3-1))	0,58	=A17/B17						
18									

Малюнок 2. Попарне порівняння щодо вартості (з формулами)

Обчислення коефіцієнта узгодженості складається з трьох етапів.

1. Обчислюється міра узгодженості для кожної альтернативи;
2. Визначається індекс узгодженості (ІУ).
3. Обчислюється коефіцієнт узгодженості, як відношення ІУ/ІР, де ІР - індекс раномізації.

Для обчислення індексу узгодженості визначається середня міра узгодженості всіх трьох альтернатив, з неї віднімається кількість альтернатив n і результат ділиться на $(n-1)$. Індекс узгодженості ІУ показує малюнок 1 в комірці A17, його значення дорівнює 0,001. Останній етап визначення коефіцієнта узгодженості

полягає в поділ ІУ на індекс рандомізації IP, значення якого для різних значень n обчислюються в методі MAI спеціальним чином, як індекс узгодженості для кососимметричних матриць. Значення для використання в роботі наведені в таблиці нижче (див. Таблиця 2).

Таблиця 2. Значення індексу рандомізації

n	Значення індексу рандомізації(IP)
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,51

Коефіцієнт узгодженості порівняння за критерієм вартості записаний в комірці C17 і дорівнює 0,002.

У разі абсолютної узгодженості переваг міра узгодженості буде дорівнює 3, отже, ІУ будуть рівні нулю, і коефіцієнт узгодженості також буде дорівнює нулю. Якщо цей коефіцієнт занадто великий (більше 0,10 за оцінкою Saatі), значить, менеджер був недостатньо послідовний в своїх оцінках, тому слід повернутися назад і переглянути результати попарних порівнянь (в більшості випадків виявляється елементарна помилка, і коефіцієнт узгодженості сигналізує про її наявність).

Після порівняння за вартістю аналогічні порівняння повинні бути зроблені за іншими трьома критеріями. Це можна зробити, тричі скопіювавши Робочий лист «Вартість», створивши тим самим три нових робочих листів, а потім треба просто змінити параметри попарних порівнянь (див. малюнок 3, малюнок 4, малюнок 5). У всіх випадках значення коефіцієнта узгодженості укладені в межах від 0 до 0,047, це означає, що Микола Петрович був досить послідовний в своїх оцінках. Крім того, можна помітити, що компанія ITT виявилася кращою за критерієм обслуговування, RT і ITT — кращі за критерієм складності, а ITT — найкраща за критерієм адаптованості.

Практична 6 Пороскун О. ПМ-81

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Попарне порівняння				Пороскун О. ПМ-81				
3		RT	ІТТ	НК					
4	RT	1,000	0,500	6,000					
5	ІТТ	2,000	1,000	8,000					
6	НК	0,167	0,125	1,000					
7	Сума	3,167	1,625	15,000					
8									
9	Нормалізація								
10		RT	ІТТ	НК	Середнє	Міра узгодженості			
11	RT	0,316	0,308	0,400	0,341	3,020			
12	ІТТ	0,632	0,615	0,533	0,593	3,032			
13	НК	0,053	0,077	0,067	0,065	3,003			
14									
15	Узгодженість								
16	IY	IP	Коеф. узгодженості						
17	0,009	0,580	0,016						
18									
19									

Використання МАІ. Порівняння альтернатив щодо обслуговування

Малюнок 3. Попарне порівняння щодо обслуговування

Практична 6 Пороскун О. ПМ-81

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Попарне порівняння				Пороскун О. ПМ-81				
3		RT	ІТТ	НК					
4	RT	1,000	1,000	5,000					
5	ІТТ	1,000	1,000	5,000					
6	НК	0,200	0,200	1,000					
7	Сума	2,200	2,200	11,000					
8									
9	Нормалізація								
10		RT	ІТТ	НК	Середнє	Міра узгодженості			
11	RT	0,455	0,455	0,455	0,455	3,000			
12	ІТТ	0,455	0,455	0,455	0,455	3,000			
13	НК	0,091	0,091	0,091	0,091	3,000			
14									
15	Узгодженість								
16	IY	IP	Коеф. узгодженості						
17	0,000	0,580	0,000						
18									
19									

Використання МАІ. Порівняння альтернатив щодо ергономічності

Малюнок 4. Попарне порівняння щодо ергономічності

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Попарне порівняння							Пороскун О. ПМ-81	
3		RT	ІТТ	НК					
4	RT	1,000	0,250	3,000					
5	ІТТ	4,000	1,000	6,000					
6	НК	0,333	0,167	1,000					
7	Сума	5,333	1,417	10,000					
8									
9	Нормалізація								
10		RT	ІТТ	НК	Середнє	Міра узгодженості			
11	RT	0,188	0,176	0,300	0,221	3,040			
12	ІТТ	0,750	0,706	0,600	0,685	3,109			
13	НК	0,063	0,118	0,100	0,093	3,013			
14									
15	Узгодженість								
16	IY	IP	Коеф. узгодженості						
17	0,027	0,580	0,047						
18									
19									
	Вагтість	Обслуговування	Ергономічність	Адаптованість	Вага	Вибр.			

Малюнок 5. Попарне порівняння щодо адаптованості

Визначення вагових коефіцієнтів критеріїв

На другому етапі повинні бути здійснені аналогічні попарні порівняння для визначення ваг критеріїв. Процес аналогічний порівнянні альтернатив за критеріями, проте в даному випадку порівнюються між собою критерії. Ці дії в розглянутому прикладі виконуються на робочому аркуші Ваги (див. малюнок 6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	Попарне порівняння							Пороскун О. ПМ-81	
3		Вартість	Обслуговування	Ергономічність	Адаптованість				
4	Вартість	1,000	6,000	0,500	3,000				
5	Обслуговування	0,167	1,000	0,125	0,333				
6	Ергономічність	2,000	8,000	1,000	5,000				
7	Адаптованість	0,333	3,000	0,200	1,000				
8	Сума	3,500	18,000	1,825	9,333				
9									
10	Нормалізація								
11		Вартість	Обслуговування	Ергономічність	Адаптованість	Середнє	Міра узгодженості		
12	Вартість	0,286	0,333	0,274	0,321	0,304	4,071		
13	Обслуговування	0,048	0,056	0,068	0,036	0,052	4,011		
14	Ергономічність	0,571	0,444	0,548	0,536	0,525	4,087		
15	Адаптованість	0,095	0,167	0,110	0,107	0,120	4,023		
16									
17	Узгодженість								
18	IY	IP	Коеф. узгодженості						
19	0,016	0,900	0,018						
20									
21									
	Вагтість	Обслуговування	Ергономічність	Адаптованість	Вага	Вибр.			

Малюнок 6. Коефіцієнт узгодженості для ваг критеріїв

Виявилося, що показник ергономічності має найбільшу вагу (0,525 в комірці F14), за ним йде вартість (0,304 в комірці F12). Міри узгодженості виявилися близькими до 4, тому індекс узгодженості і коефіцієнт узгодженості близькі до нуля.

Останній крок полягає в обчисленні зважених середніх оцінок для кожного варіанту рішення і застосуванні отриманих результатів для прийняття рішення про те, у якого постачальника буде куплено нове програмне забезпечення.

Підсумковий вибір альтернативи

Остаточні обчислення зроблені на аркуші Вибір (див. малюнок 7, малюнок 8). На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що компанія RT з показником 0,378 (комірка C8) дещо перевершує компанію ITT, що має показник 0,376 (комірка D8), а компанія НК від них помітно відстала, маючи показник 0,245(комірка E8).

Практична 6 Пороскун О. ПМ-81								
1	A	B	C	D	E	F	G	H
2	<i>Результатами порівняння</i>					Пороскун О. ПМ-81		
3		Ваги	RT	ITT	НК			
4	Вартість	0,304	0,315	0,082	0,602			
5	Обслуговування	0,052	0,341	0,593	0,065			
6	Ергономічність	0,525	0,455	0,455	0,091			
7	Адаптованість	0,120	0,221	0,685	0,093			
8		Зважені оцінки	0,378	0,376	0,245			
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
	Вартість	Обслуговування	Ергономічність	Адаптованість	Ваги	Вибір		

Малюнок 7. Підсумковий вибір альтернативи

Практична 6 Пороскун О. ПМ-81					
1	A	B	C	D	E
2	<i>Результатами порівняння</i>				
3		Ваги	RT	ITT	НК
4	Вартість	=B4!F12	=Вартість!E11	=Вартість!E12	=Вартість!E13
5	Обслуговування	=B4!F13	=Обслуговування!E11	=Обслуговування!E12	=Обслуговування!E13
6	Ергономічність	=B4!F14	=Ергономічність!E11	=Ергономічність!E12	=Ергономічність!E13
7	Адаптованість	=B4!F15	=Адаптованість!E11	=Адаптованість!E12	=Адаптованість!E13
8		Зважені оцінки	=СУММПРОІЗВ(В4:B7;C4:C7)	=СУММПРОІЗВ(В4:B7;D4:D7)	=СУММПРОІЗВ(В4:B7;E4:E7)

Малюнок 8. Підсумковий вибір альтернативи (з формулами)

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 7

Пороскун О.

Варіант 8

Excel – реалізація задач багатокритеріальної оптимізації. Метод адитивної згортки.

Постановка задачі

Підприємство може випускати п'ять видів продукції А, В, С, D, Е. Для цього використовується три види ресурсів, витрата яких на виробництво одиниці продукції і їх запаси наведені у таблиці 1.

Всі вироби обробляються на верстатах чотирьох типів. Норма часу на обробку одного виробу і фонд часу роботи верстатів наведені в таблиці 2.

Прибуток та собівартість продукції відповідного типу наведено в таблиці 3.

Обсяг кожного виду продукції повинен бути не менше 100 і не більше 500 одиниць.

Мірою ефективності виробничої програми є наступні показники:

1. Прибуток підприємства - f1.
2. Собівартість продукції – f2.

Необхідно:

Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибравши вектор вагових коефіцієнтів рівним ($\alpha_1; \alpha_2$).

Варіанти завдань

Варіант 8

Таблиця 1 – Витрати на виробництво ресурсів

Ресурс	A	B	C	D	E	Запаси
B ₁	5	4	3	2	3	2500
B ₂	2	1	2	6	1	4000
B ₃	1	3	4	1	3	3500

Таблиця 2 - Норма часу на обробку одного виробу і фонд часу роботи верстатів

Вид станків	A	B	C	D	E	Фонд часу (ст/год)
Токарні	4	3	3	4	4	4000
Фрезерні	1	6	4	4	4	5000
Свердлильні	3	3	1	0	5	1500
Шліфувальні	5	0	7	4	2	3000

Таблиця 3 – Прибуток та собівартість одиниці продукції

	A	B	C	D	E
Прибуток	3	7	2	5	2
Собівартість	2	4	2	3	6

Значення вектору вагових коефіцієнтів: $a_1=0,2$ $a_2=0,8$.

Хід роботи

Позначимо через x_1 - кількість продукції А, x_2 - кількість продукції В, x_3 - кількість продукції С, x_4 - кількість продукції D, x_5 - кількість продукції Е.

Цільові функції будуть мати вигляд:

Прибуток: $f1 = 3x_1 + 7x_2 + 23x_3 + 5x_4 + 2x_5 \rightarrow \max$.

Собівартість: $f2 = 2x_1 + 4x_2 + 2x_3 + 5x_4 + 6x_5 \rightarrow \min$.

Обмеженнями завдання будуть:

- 1) По витраті ресурсів.
- 2) По фонду часу роботи обладнання.
- 3) За обсягом продукції, що випускається: $100 \leq x_j \leq 500$ $j = 1,5$.
- 4) Умова ціличисельності змінних: $x_j \in Z$, $j = 1,5$.

В MS Excel в листі «Прибуток» заповнюємо таблицю вихідних даних для вирішення задачі знаходження оптимального рішення по максимізації прибутку ЦФ1. Додатково вказуємо інформацію про обмеження (рис.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Пороскун О. ПМ-81						Метод адитивної згортки критеріїв		
2									
3							Продукція		
4		x1	x2	x3	x4	x5		Прибуток	Собівартість
5	ЦФ1						0		0
6									
7							Обмеження для прибутку		
8							При витраті ресурсів	Ліва частина	Знак
9	B1	5	4	3	2	3		0	\leq
10	B2	2	1	2	6	1		0	\leq
11	B3	1	3	4	1	3		0	\leq
12							По фонду часу роботи обладнання		
13	Токарні	4	3	3	4	4		0	\leq
14	Фрезерні	1	6	4	4	4		0	\leq
15	Свердлильні	3	3	1	0	5		0	\leq
16	Шліфувальні	5	0	7	4	2		0	\leq
17									
18							Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибралиши вектор вагових		
19							коєфіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$		
20									
21									
22									
23									
24									

Рисунок 1 – Вихідні дані для вирішення задачі максимізації прибутку

Внесемо формули у відповідні комірки колонки G та H(рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Пороскун О. ПМ-81						Метод адитивної згортки критеріїв		
2									
3							Продукція		
4		x1	x2	x3	x4	x5		Прибуток	Собівартість
5	ЦФ1						=3*B5+7*C5+2*D5+5*E5+2*F5	=2*B5+4*C5+2*D5+3*E5+6*F5	
6									
7							Обмеження для прибутку		
8							При витраті ресурсів	Ліва частина	Знак
9	B1	5	4	3	2	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B9:F9)		\leq
10	B2	2	1	2	6	1	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B10:F10)		\leq
11	B3	1	3	4	1	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B11:F11)		\leq
12							По фонду часу роботи обладнання		
13	Токарні	4	3	3	4	4	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B13:F13)		\leq
14	Фрезерні	1	6	4	4	4	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B14:F14)		\leq
15	Свердлильні	3	3	1	0	5	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B15:F15)		\leq
16	Шліфувальні	5	0	7	4	2	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B16:F16)		\leq
17									
18							Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибралиши вектор вагових		
19							коєфіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$		
20									

Рисунок 2 – Формули для розрахунку обмежень функції максимізації прибутку

Вирішення задачі пошуку оптимального рішення для ЦФ1 виконуємо з використанням інструменту **Поиск решения**. Для виклику процедури пошуку розв'язку необхідно вибрати команду **Сервис/Поиск решения** після чого

відкриється діалогове вікно “**Поиск решения**”. У вікні додаткових параметрів майстра пошуку рішення слід вибрати відмітки **Неотрицательные значения** і **Линейная модель**. Діалогове вікно інструменту з даними для пошуку оптимального рішення представлений на рисунку 3.

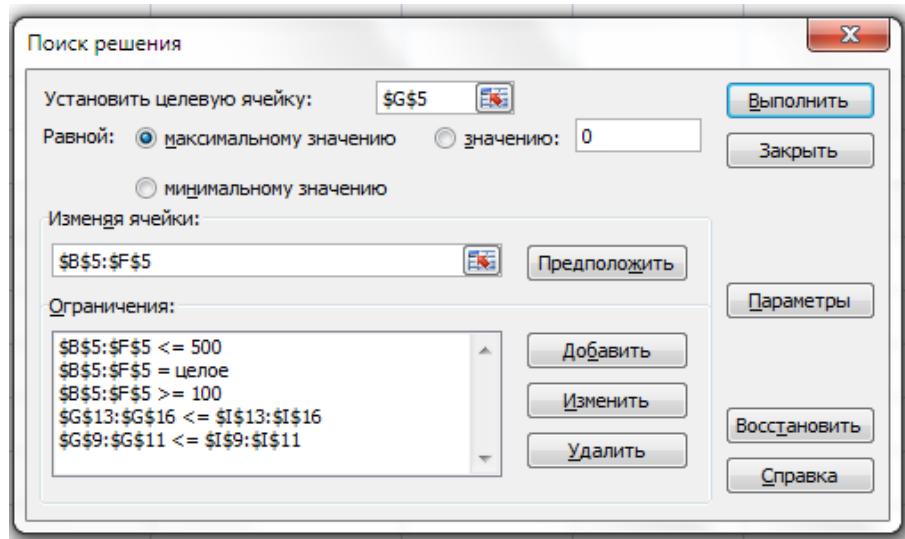


Рисунок 3 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФ1

Результат розрахунку задачі максимізації прибутку за допомогою інструменту **Поиск решения** представлений на рисунку 4.

Практична 7 Пороскун О. ПМ-81								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Пороскун О. ПМ-81		Метод адитивної згортки критеріїв					
2								
3	Продукція					Прибуток	Собівартість	
4	x1		x2	x3	x4	x5		
5	ЦФ1		100	150	100	400	100	3750
6								
7	Обмеження для прибутку							
8	При витраті ресурсів					Ліва частина	Знак	Права частина
9	B1	5	4	3	2	3	≤	2500
10	B2	2	1	2	6	1	≤	3050
11	B3	1	3	4	1	3	≤	1650
12	По фонду часу роботи обладнання							
13	Токарні	4	3	3	4	4	≤	3150
14	Фрезерні	1	6	4	4	4	≤	3400
15	Свердлильні	3	3	1	0	5	≤	1350
16	Шліфувальні	5	0	7	4	2	≤	3000
17								
18	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибрали вектор вагових коефіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$							
19								
20								
21								
22								
23								
24								
	Прибуток Собівартість Узагальнена ЦФ							

Рисунок 4 – Результат вирішення задачі максимізації прибутку

В MS Excel в листі «Собівартість» для вирішення задачі мінімізації собівартості ЦФ2 необхідно виконати операції, подібні до описаних раніше для максимізації прибутку ЦФ1(рис. 5 - 8).

Практична 7 Пороскун О. ПМ-81								
1	Метод адитивної згортки критеріїв							
2		Продукція					Прибуток	Собівартість
3		x1	x2	x3	x4	x5		
4	ЦФ1						0	0
5	Обмеження для прибутку							
6	При витраті ресурсів						Ліва частина	Знак
7	B1	5	4	3	2	3		\leq
8	B2	2	1	2	6	1		\leq
9	B3	1	3	4	1	3		\leq
10	По фонду часу роботи обладнання							
11	Токарні	4	3	3	4	4		\leq
12	Фрезерні	1	6	4	4	4		\leq
13	Свердлильні	3	3	1	0	5		\leq
14	Шліфувальні	5	0	7	4	2		\leq
15	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибрали вектор вагових коєфіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$							
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
	Прибуток	Собівартість	Узагальнена ЦФ					

Рисунок 5 – Вихідні дані для вирішення задачі мінімізації собівартості

Практична 7 Пороскун О. ПМ-81								
1	Метод адитивної згортки критеріїв							
2		Продукція					Прибуток	Собівартість
3		x1	x2	x3	x4	x5		
4	ЦФ1						=3*B5+7*C5+2*D5+5*E5+2*F5	=2*B5+4*C5+2*D5+3*E5+6*F5
5	Обмеження для прибутку							
6	При витраті ресурсів						Ліва частина	Знак
7	B1	5	4	3	2	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B9:F9)	\leq
8	B2	2	1	2	6	1	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B10:F10)	\leq
9	B3	1	3	4	1	3	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B11:F11)	\leq
10	По фонду часу роботи обладнання							
11	Токарні	4	3	3	4	4	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B13:F13)	\leq
12	Фрезерні	1	6	4	4	4	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B14:F14)	\leq
13	Свердлильні	3	3	1	0	5	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B15:F15)	\leq
14	Шліфувальні	5	0	7	4	2	=СУММПРОИЗВ(\$B\$5:\$F\$5;B16:F16)	\leq
15	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибрали вектор вагових коєфіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$							
16								
17								
18								
19								

Рисунок 6 – Формули для розрахунку обмежень функції мінімізації собівартості

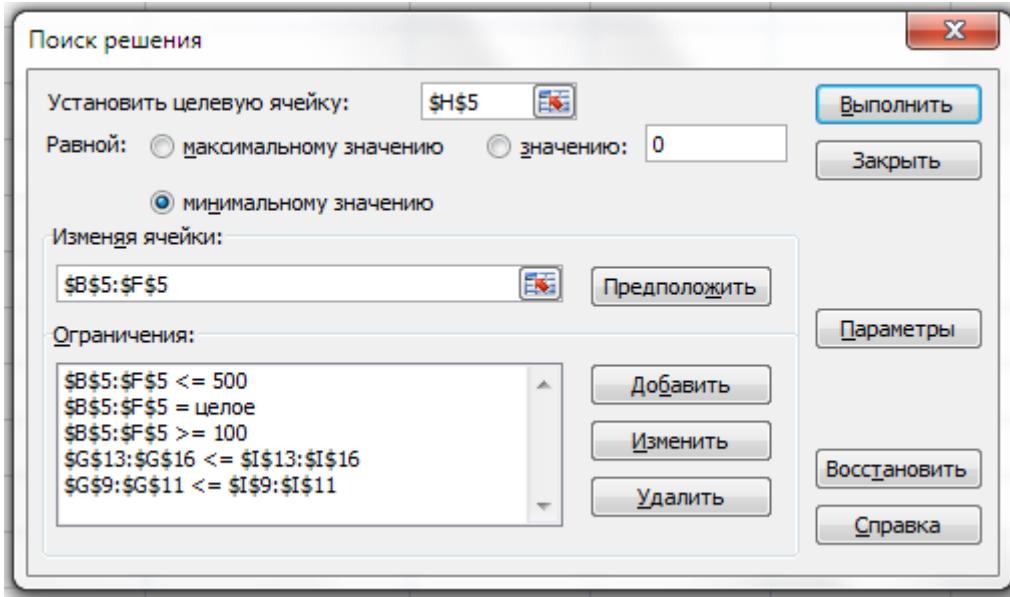


Рисунок 7 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФ2

Практична 7 Пороскун О. ПМ-81								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Пороскун О. ПМ-81	Метод адитивної згортки критеріїв						
2								
3		Продукція					Прибуток	Собівартість
4		x1	x2	x3	x4	x5		
5	ЦФ1	100	100	100	100	100	1900	1700
6								
7	Обмеження для прибутку							
8	При витраті ресурсів					Ліва частина	Знак	Права частина
9	B1	5	4	3	2	3	\leq	2500
10	B2	2	1	2	6	1	\leq	4000
11	B3	1	3	4	1	3	\leq	3500
12	По фонду часу роботи обладнання							
13	Токарні	4	3	3	4	4	\leq	4000
14	Фрезерні	1	6	4	4	4	\leq	5000
15	Свердлильні	3	3	1	0	5	\leq	1500
16	Шліфувальні	5	0	7	4	2	\leq	3000
17								
18	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибравши вектор вагових коефіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$							
19								

Рисунок 8 – Результат вирішення задачі мінімізації собівартості

Далі сформулюємо узагальнену цільову функцію з урахуванням вагових коефіцієнтів та нормування цільових функцій ЦФ1 і ЦФ2. В MS Excel в листі «Узагальнена ЦФ» аналогічно до попередніх кроків вирішимо задачу максимізації узагальненої цільової функції(рис. 9 - 13).

Рисунок 9 – Вихідні дані для вирішення задачі максимізації узагальненої цільової функції

Метод адитивної згортки критеріїв						
1	Поросун О. ПМ-81					І
	Продукція					
3	x1	x2	x3	x4	x5	
4	Прибуток		Собівартість		Узагальнена ЦФ	
5	ЦФ1				=3*B5+7*C5+2*D5+5*E5+2*F5	=2*B5+4*C5+2*D5+3*E5+6*F5 =K12*G5/Прибуток!G5 - L12*H5/Собівартість!H5
6	Обмеження для прибутку					
7	При витраті ресурсів			Ліва частина	Знак	Права частина
8	B1	5	4	3	≤	2500
9	B2	2	1	2	≤	4000
10	B3	1	3	4	≤	3500
11	По фонду часу роботи обладнання					
12	Токарні	4	3	3	≤	4000
13	Фрезерні	1	6	4	≤	5000
14	Свердлильні	3	3	1	≤	1500
15	Шліфувальні	5	0	7	≤	3000
16						
17	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибрали вектор вагових					
18	коefіцієнтів рівним $a_1=0,2$ $a_2=0,8$					
19						

	K	L	M
1			
2			
3	α_1	α_2	УЦФ
4	1	0	=K4*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L4*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
5	=K4-0,1	=L4+0,1	=K5*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L5*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
6	=K5-0,1	=L5+0,1	=K6*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L6*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
7	=K6-0,1	=L6+0,1	=K7*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L7*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
8	=K7-0,1	=L7+0,1	=K8*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L8*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
9	=K8-0,1	=L8+0,1	=K9*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L9*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
10	=K9-0,1	=L9+0,1	=K10*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L10*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
11	=K10-0,1	=L10+0,1	=K11*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L11*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
12	=K11-0,1	=L11+0,1	=K12*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L12*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
13	=K12-0,1	=L12+0,1	=K13*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L13*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
14	=K13-0,1	=L13+0,1	=K14*\$G\$5/Прибуток!\$G\$5 - L14*\$H\$5/Собівартість!\$H\$5
15			

Рисунок 10 - 11 – Формули для розрахунку обмежень функції максимізації узагальненої цільової функції

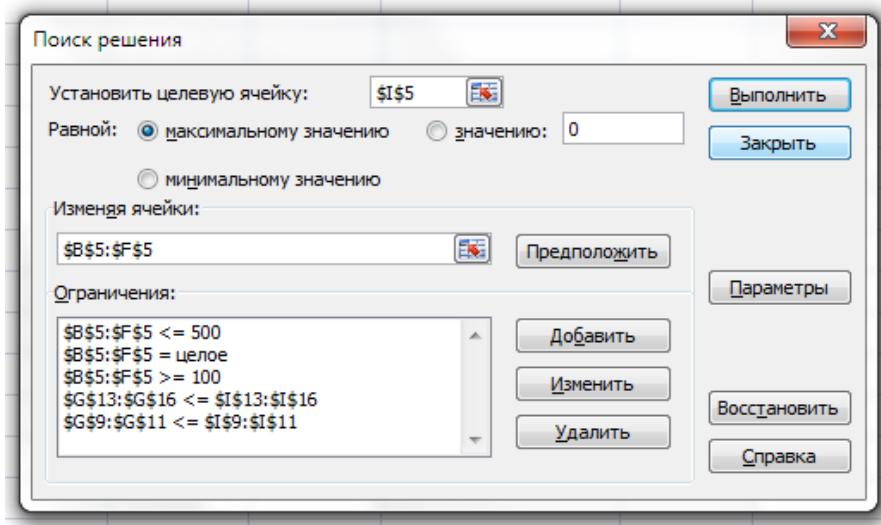


Рисунок 12 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення УЦФ

Практична 7 Пороскун О. ПМ-81																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M						
1	Пороскун О. ПМ-81	Метод аддитивної згортки критеріїв																	
2																			
3	Продукція					Прибуток	Собівартість	Узагальнена ЦФ											
4		x1	x2	x3	x4	x5			α1	α2	УЦФ								
5	ЦФ1	100	100	100	100	100	1900	1700	1	0	0,506666667								
6																			
7	Обмеження для прибутку																		
8	При витраті ресурсів					Ліва частина	Знак	Права частина											
9	B1	5	4	3	2	3	≤	2500											
10	B2	2	1	2	6	1	≤	4000											
11	B3	1	3	4	1	3	≤	3500											
12	По фонду часу роботи обладнання																		
13	Токарні	4	3	3	4	4	≤	4000											
14	Фрезерні	1	6	4	4	4	≤	5000											
15	Свердлильні	3	3	1	0	5	≤	1500											
16	Шліфувальні	5	0	7	4	2	≤	3000											
17																			
18	Вирішити задачу методом згортання критеріїв, вибрали вектор вагових коефіцієнтів рівним $\alpha_1=0,2 \alpha_2=0,8$																		
19																			

Рисунок 13 – Результат вирішення задачі максимізації узагальненої цільової функції

Тепер сформуємо таблицю з результатами розрахунків(табл. 4).

Величина	Прибуток → max	Узаг. ЦФ → max		Собівартість → min
		α1=0,2	α2=0,8	
Прибуток	3750		1900	1900
Собівартість	2800		1700	1700
Продукція А	100		100	100
Продукція В	150		100	100
Продукція С	100		100	100
Продукція D	400		100	100
Продукція Е	100		100	100

Таблиця 4 – Таблиця для заповнення результатів розрахунку

Результати розв'язання задачі методом адитивної згортки критеріїв для різних наборів вагових коефіцієнтів зображені на рис. 14.

α_1	α_2	УЦФ
1	0	0,506666667
0,9	0,1	0,356
0,8	0,2	0,205333333
0,7	0,3	0,054666667
0,6	0,4	-0,096
0,5	0,5	-0,246666667
0,4	0,6	-0,397333333
0,3	0,7	-0,548
0,2	0,8	-0,698666667
0,1	0,9	-0,849333333
0	1	-1

Рисунок 14 – Таблиця для заповнення результатів розрахунку

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 8

Пороскун О.

Варіант 8

Excel – реалізація задач багатокритеріальної оптимізації. Метод послідовних поступок

Постановка задачі

Підприємство може випускати п'ять видів продукції А, В, С, D, Е. Для цього використовується три види ресурсів, витрати яких на виробництво одиниці продукції і їх запаси наведені у таблиці 1.

Всі вироби обробляються на верстатах чотирьох типів. Норма часу на обробку одного виробу і фонд часу роботи верстатів наведені в таблиці 2.

Залежність основних показників виготовлення продукції відповідного типу наведено в таблиці 3.

Обсяг кожного виду продукції повинен бути не менше 100 і не більше 500 одиниць.

Мірою ефективності виробничої програми є наступні показники:

1. Прибуток підприємства - $f_1 \rightarrow \max$
2. Валовий обсяг випуску продукції у вартісному виразі - $f_2 \rightarrow \max$
3. Собівартість продукції - $f_3 \rightarrow \min$
4. Рівень завантаження обладнання - $f_4 \rightarrow \min$

Необхідно.

Вирішити задачу методом послідовних поступок, якщо поступку по кожному з критеріїв вважати рівною 10% від його оптимального значення.

Варіанти завдань

Варіант 8

Таблиця 1 – Витрати на виробництво ресурсів

Ресурс	A	B	C	D	E	Запаси
B ₁	2	5	3	2	0	2000
B ₂	5	5	4	4	2	3500
B ₃	3	1	1	0	1	2500

Таблиця 2 - Норма часу на обробку одного виробу і фонд часу роботи верстатів

Вид станків	A	B	C	D	E	Фонд часу (ст/год)
Токарні	2	3	5	4	5	5000
Фрезерні	1	2	6	3	2	1000
Свердлильні	3	4	7	1	4	3000
Шліфувальні	1	1	2	2	2	2000

Таблиця 3 - Показники ефективності виробництва на одиницю продукції

	A	B	C	D	E
Прибуток	910	9	8	14	9
Собівартість	4	8	9	12	6
Валовий обсяг	7	12	4	8	9
Рівень завантаження	5	10	9	5	8

Хід роботи

Позначимо через x_1 - кількість продукції A, x_2 - кількість продукції B, x_3 - кількість продукції C, x_4 - кількість продукції D, x_5 - кількість продукції E.

Цільові функції будуть мати вигляд:

Прибуток: $f_1 = 910x_1 + 9x_2 + 8x_3 + 14x_4 + 9x_5 \rightarrow \max$.

Валовий обсяг (у вартісному вираженні): $f_2 = 4x_1 + 8x_2 + 9x_3 + 12x_4 + 6x_5 \rightarrow \max$.

Собівартість: $f_3 = 7x_1 + 12x_2 + 4x_3 + 8x_4 + 9x_5 \rightarrow \min$.

Рівень завантаження обладнання: $f_4 = 5x_1 + 10x_2 + 9x_3 + 5x_4 + 8x_5 \rightarrow \min$

Обмеженнями завдання будуть:

- 1) По витраті ресурсів.
- 2) По фонду часу роботи обладнанню
- 3) За обсягом продукції, що випускається: $100 \leq x_j \leq 500$ $j = 1,5$.
- 4) Умова ціличисельності змінних: $x_j \in Z$, $j = 1,5$.

В MS Excel створюємо листи «Прибуток», «Валовий об'єм», «Собівартість», «Завантаженість».

В MS Excel в листі «Прибуток» заповнюємо таблицю вихідних даних. Важатимемо, що критерії розташовані в порядку зменшення важливості. Вирішуємо задачу знаходження оптимального рішення по максимізації прибутку ЦФ1. Додатково вказуємо інформацію про обмеження (рис.1).

Практична 8 Пороскун О. ПМ-81										Метод послідовних поступок	
		Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість	Уступок
		x1	x2	x3	x4	x5					
ЦФ1											
ЦФ2											
ЦФ3											
ЦФ4											
ЦФ1											
При витраті ресурсів							Ліва частина	Знак	Права частина		
B1	2	5	3	2	0		0	\leq	2000		
B2	5	5	4	4	2		0	\leq	3500		
B3	3	1	1	0	1		0	\leq	2500		
По фонду часу роботи обладнання											
Токарні	2	3	5	4	5		0	\leq	5000		
Фрезерні	1	2	6	3	2		0	\leq	1000		
Свердлильні	3	4	7	1	4		0	\leq	3000		
Шліфувальні	1	1	2	2	2		0	\leq	2000		

Рисунок 1 – Вихідні дані для вирішення задачі максимізації прибутку

Внесемо формули у відповідні комірки(рис. 2).

Практична 8 Пороскун О. ПМ-81										Метод послідовних поступок	
		Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість	Уступок
		x1	x2	x3	x4	x5					
ЦФ1							=910*C5+9*D5+8*E5+14*F5+9*G5	=4*C5+8*D5+9*E5+12*F5+6*G5	=7*C5+12*D5+4*E5+8*F5+9*G5	=5*C5+10*D5+9*E5+5*F5+8*G5	
ЦФ2											
ЦФ3											
ЦФ4											
ЦФ1											
При витраті ресурсів				Ліва частина	Знак	Права частина					
B1	2	5	3	2	0	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C13:G13)	\leq	2000			
B2	5	5	4	4	2	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C14:G14)	\leq	3500			
B3	3	1	1	0	1	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C15:G15)	\leq	2500			
По фонду часу роботи обладнання											
Токарні	2	3	5	4	5	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C17:G17)	\leq	5000			
Фрезерні	1	2	6	3	2	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C18:G18)	\leq	1000			
Свердлильні	3	4	7	1	4	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C19:G19)	\leq	3000			
Шліфувальні	1	1	2	2	2	=СУММПРОІЗВ(\$C\$5:\$G\$5;C20:G20)	\leq	2000			

Рисунок 2 – Формули для розрахунку обмежень функції максимізації прибутку

Вирішення задачі пошуку оптимального рішення для ЦФ1 виконуємо з використанням інструменту **Поиск решения**. Для виклику процедури пошуку розв'язку необхідно вибрати команду **Сервис/Поиск решения** після чого відкриється діалогове вікно “**Поиск решения**”. У вікні додаткових параметрів майстра пошуку рішення слід вибрати відмітки **Неотрицательные значения** і **Линейная модель**. Діалогове вікно інструменту з даними для пошуку оптимального рішення представлений на рисунку 3.

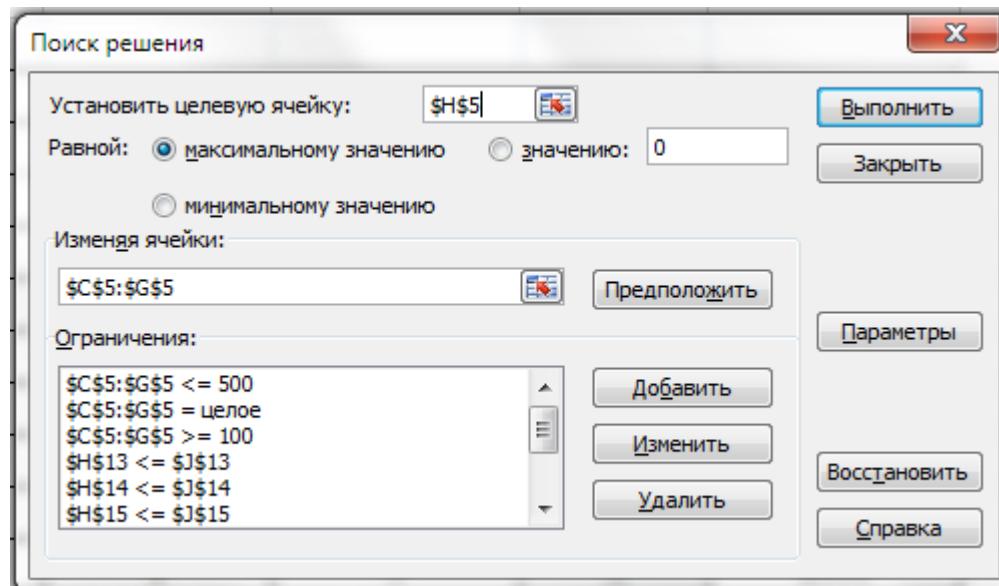


Рисунок 3 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФ1

Результат розрахунку задачі максимізації прибутку за допомогою інструменту **Поиск решения** представлений на рисунку 4.

Практична 8 Пороскун О. ПМ-81											
1	Пороскун О. ПМ-81										
2	Метод послідовних поступок										
3	ЦФ1	Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість	Уступок
4		x1	x2	x3	x4	x5					
5	ЦФ1	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700	
6	ЦФ2										
7	ЦФ3										
8	ЦФ4										
9											
10											
11	ЦФ1										
12	При витраті ресурсів					Ліва частина		Знак	Права частина		
13	B1	2	5	3	2	0	1200	\leq	2000		
14	B2	5	5	4	4	2	2000	\leq	3500		
15	B3	3	1	1	0	1	600	\leq	2500		
16	По фонду часу роботи обладнання										
17	Токарні	2	3	5	4	5	1900	\leq	5000		
18	Фрезерні	1	2	6	3	2	1400	\leq	1000		
19	Свердлильні	3	4	7	1	4	1900	\leq	3000		
20	Шліфувальні	1	1	2	2	2	800	\leq	2000		

Рисунок 4 – Результат вирішення задачі максимізації прибутку

Визначаємо величину поступок за першим критерієм:

$$\Delta_1 = 95000 * 0,1 = 9500.$$

Вводимо додаткове обмеження – $f_1 \geq 95000 - \Delta_1 = 85500$. Вирішуємо задачу для $f_2 \rightarrow \max$. В якості цільової комірки для інструменту пошуку рішення вказуємо I6. Додатково для комірки H6 необхідно задати обмеження, що $f_1 \geq 85500$ (рис. 5 - 6).

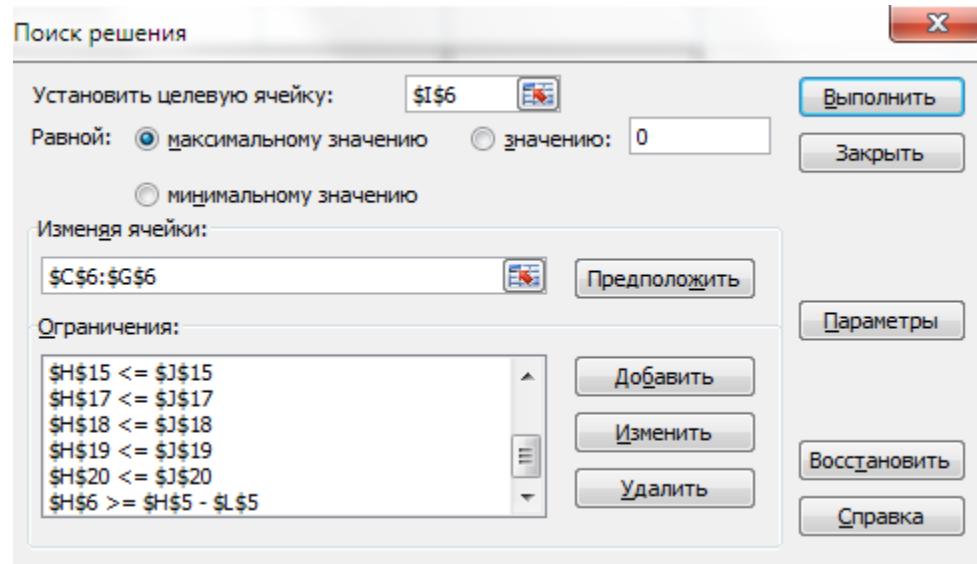


Рисунок 5 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФ2

Практична 8 Пороскун О. ПМ-81									
Метод послідовних поступок									
	Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість
	x1	x2	x3	x4	x5				
ЦФ1	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700
ЦФ2	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700
ЦФ3									
ЦФ4									
ЦФ2									
При витраті ресурсів					Ліва частина		Знак	Права частина	
B1	2	5	3	2	0	1200	\leq	2000	
B2	5	5	4	4	2	2000	\leq	3500	
B3	3	1	1	0	1	600	\leq	2500	
По фонду часу роботи обладнання									
Токарні	2	3	5	4	5	1900	\leq	5000	
Фрезерні	1	2	6	3	2	1400	\leq	1000	
Свердлильні	3	4	7	1	4	1900	\leq	3000	
Шліфувальні	1	1	2	2	2	800	\leq	2000	

Рисунок 6 – Результат вирішення задачі максимізації валового об’єму продукції

Визначаємо величину поступок за другим критерієм:

$$\Delta_2 = 3900 * 0,1 = 390.$$

Вводимо додаткове обмеження – $f_2 \geq 3900 - \Delta_2 = 3510$. Вирішуюмо задачу для $f_3 \rightarrow \min$. В якості цільової комірки для інструменту пошуку рішення вказуємо J7. Додатково для комірки I7 необхідно задати обмеження, що $f_2 \geq 3510$ (рис. 7.2)

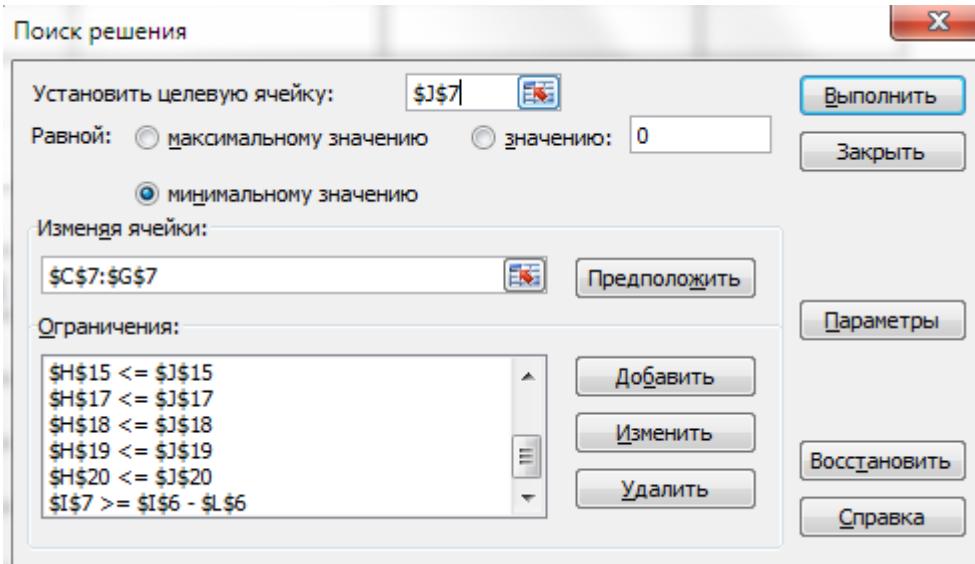


Рисунок 7.1 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФЗ

Практична 8 Пороскун О. ПМ-81									
Метод послідовних поступок									
	Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість
	x1	x2	x3	x4	x5				
ЦФ1	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700
ЦФ2	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700
ЦФ3	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700
ЦФ4									
ЦФЗ									
При витраті ресурсів						Ліва частина	Знак	Права частина	
B1	2	5	3	2	0	1200	\leq	2000	
B2	5	5	4	4	2	2000	\leq	3500	
B3	3	1	1	0	1	600	\leq	2500	
По фонду часу роботи обладнання									
Токарні	2	3	5	4	5	1900	\leq	5000	
Фрезерні	1	2	6	3	2	1400	\leq	1000	
Свердлильні	3	4	7	1	4	1900	\leq	3000	
Шліфувальні	1	1	2	2	2	800	\leq	2000	

Рисунок 7.2 – Результат вирішення задачі мінімізації собівартості продукції

Визначаємо величину поступок за третім критерієм:

$$\Delta_3 = 4000 * 0,1 = 400.$$

Вводимо додаткове обмеження – $f_3 \geq 4000 - \Delta_3 = 3600$. Вирішуюмо задачу для $f_4 \rightarrow \min$. В якості цільової комірки для інструменту пошуку рішення вказуємо K8. Додатково для комірки J8 необхідно задати обмеження, що $f_3 \geq 3600$ (рис. 8.2).

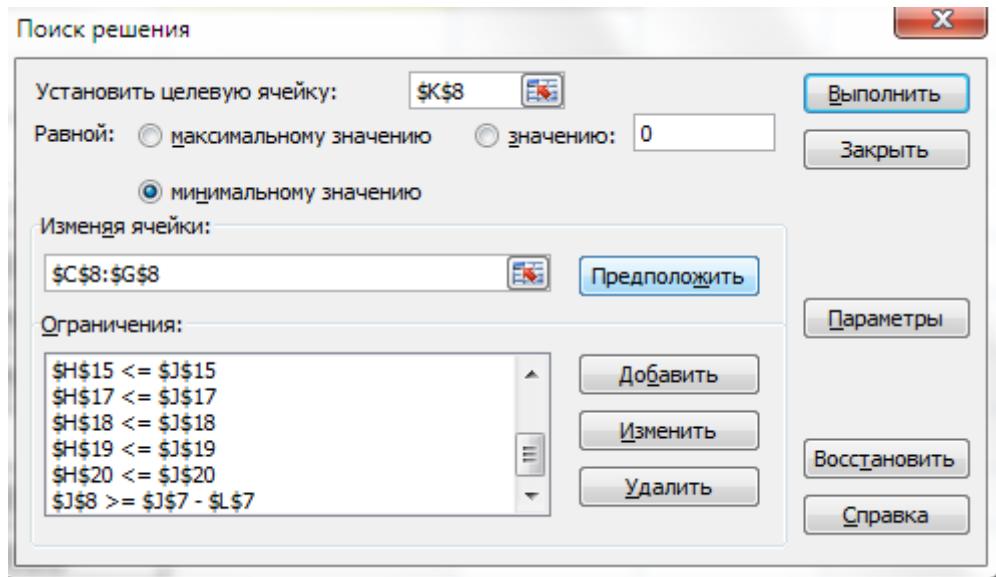


Рисунок 8.1 – Діалогове вікно для пошуку оптимального рішення ЦФ4

Практична 8 Поросун О. ПМ-81										
Метод послідовних поступок										
	Продукція					Прибуток	Валовий об'єм	Собівартість	Завантаженість	Уступок
	x1	x2	x3	x4	x5					
ЦФ1	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700	9500
ЦФ2	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700	390
ЦФ3	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700	400
ЦФ4	100	100	100	100	100	95000	3900	4000	3700	
Ітого										
Ітого										
ЦФ4										
При витраті ресурсів						Ліва частина	Знак	Права частина		
B1	2	5	3	2	0	1200	\leq	2000		
B2	5	5	4	4	2	2000	\leq	3500		
B3	3	1	1	0	1	600	\leq	2500		
По фонду часу роботи обладнання										
Токарні	2	3	5	4	5	1900	\leq	5000		
Фрезерні	1	2	6	3	2	1400	\leq	1000		
Свердлильні	3	4	7	1	4	1900	\leq	3000		
Шліфувальні	1	1	2	2	2	800	\leq	2000		

Рисунок 8.2 – Результат вирішення задачі мінімізації рівня завантаження обладнання

Економічна інтерпретація задачі:

При вирішенні задачі векторної оптимізації методом послідовних уступок маємо, що

- значення прибутку складає 95000 (грош. од.),
- значення валового об'єму продукту – 3900 (грош. од.),
- собівартість – 4000 (грош. од),
- завантаженість обладнання – 3700 (грош. од).

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 9

Пороскун О.

Варіант 8

ЗНАЙОМСТВО З ПАКЕТОМ MATLAB

ЕЛЕМЕНТАРНІ ПРИЙОМИ РОБОТИ

Завдання 1

Постановка задачі

Задача 1. 1. Побудувати графік функції згідно варіанту.

Задача 1.2. Побудувати три графіка функцій (N , $N - 1$, $N + 1$ де N - номер варіанта) в одному вікні.

Задача 1.3. Побудувати три графіка функцій (N , $N - 1$, $N + 1$ де N - номер варіанта) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні(в стовпчик і в рядочок).

Варіанти до завдання 1

Варіант	В и д ф у н к ц і ї	Вхідні дані					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>x_{поч}</i>	<i>x_{кін}</i>	<i>h</i>	
01	$z = 0.9x + 5 \sin x + a + 3b$	2.5	2	-10	10	0,01	
02	$p = -x + \sin 7x + a$		10	-	0	10	0,01
03	$z = 3x + \sin 5x$				0	10	0,01
04	$z = 0.33x + \sin x$				-10	10	0,01
05	$z = 5x + 0,5 \sin x + a$		10	-	-20	20	0,01
06	$z = 0.33x^2 + 0.77a \cos x^2$	3,4			0	10	0,01
07	$f = 0.75 x - a + 10a$	5	-	0	10	0,01	
08	$f = 0.77x + \sin x - b$			5,5	0	10	0,01
09	$q = ab + x - \sqrt{4a}$	2	3,6	-5	5	0,01	
10	$p = 0.33a + be^x$	5	2,8	0	10	0,01	
11	$z = 0.33x + 0.77a \cos x^2$	10	-	0	10	0,01	
12	$p = -x + a - b$	1	4	0	10	0,01	
13	$p = \cos x + 5e^x$	-	-	0	10	0,01	

Хід роботи

Код програми *Lab 9 Task 1.m*

```
% СА та ТПР Лаб 9 Пороскун О. ПМ-81
% Варіант 8

close all
clear all
clc

% Завдання 1
% Завдання 1.1 Побудувати графік функції згідно варіанту.

figure;
x8 = 0:0.01:10;
b8 = 5.5;
f8 = 0.77*x8 + sin(x8) - b8;
plot(x8, f8);
grid on;
title('Завдання 1.1');
legend('f = 0.77*x + sin(x) - b');

% Задача 1.2. Побудувати три графіка функцій (N, N - 1, N + 1 де N - номер варіанта) в одному вікні.

figure;
x7 = 0:0.01:10;
a7 = 5;
f7 = 0.75*abs(x7 - a7) + 10*a7;

x9 = -5:0.01:5;
a9 = 2;
b9 = 3.6;
q9 = a9*b9 + abs(x9) - sqrt(4*a9);
f9 = q9;

plot(x8, f8, x7, f7, x9, f9); % N, N - 1, N + 1 -> 8, 7, 9 вар.
grid on;

title('Завдання 1.2');
legend('f = 0.77*x + sin(x) - b', 'f = 0.75*abs(x - a) + 10*a', ...
       'q = a*b + abs(x) - sqrt(4*a)', 'location', 'Best');

% Задача 1.3. Побудувати три графіка функцій (N, N - 1, N + 1 де N - номер варіанта)
% на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (в стовпчик і в рядочок).

% в стовпчик
figure;
subplot(3, 1, 1);
plot(x8, f8); grid on;
legend('f = 0.77*x + sin(x) - b');
title('Завдання 1.3 (в стовпчик)');

subplot(3, 1, 2);
plot(x7, f7); grid on;
legend('f = 0.75*abs(x - a) + 10*a');

subplot(3, 1, 3);
plot(x9, f9); grid on;
```

```
legend('q = a*b + abs(x) - sqrt(4*a)');

% в рядочок
figure;
subplot(1, 3, 1);
plot(x8, f8); grid on;
legend('f = 0.77*x + sin(x) - b');

subplot(1, 3, 2);
plot(x7, f7); grid on;
legend('f = 0.75*abs(x - a) + 10*a');
title('Завдання 1.3(в рядочок)');

subplot(1, 3, 3);
plot(x9, f9); grid on;
legend('q = a*b + abs(x) - sqrt(4*a)');
```

Результати

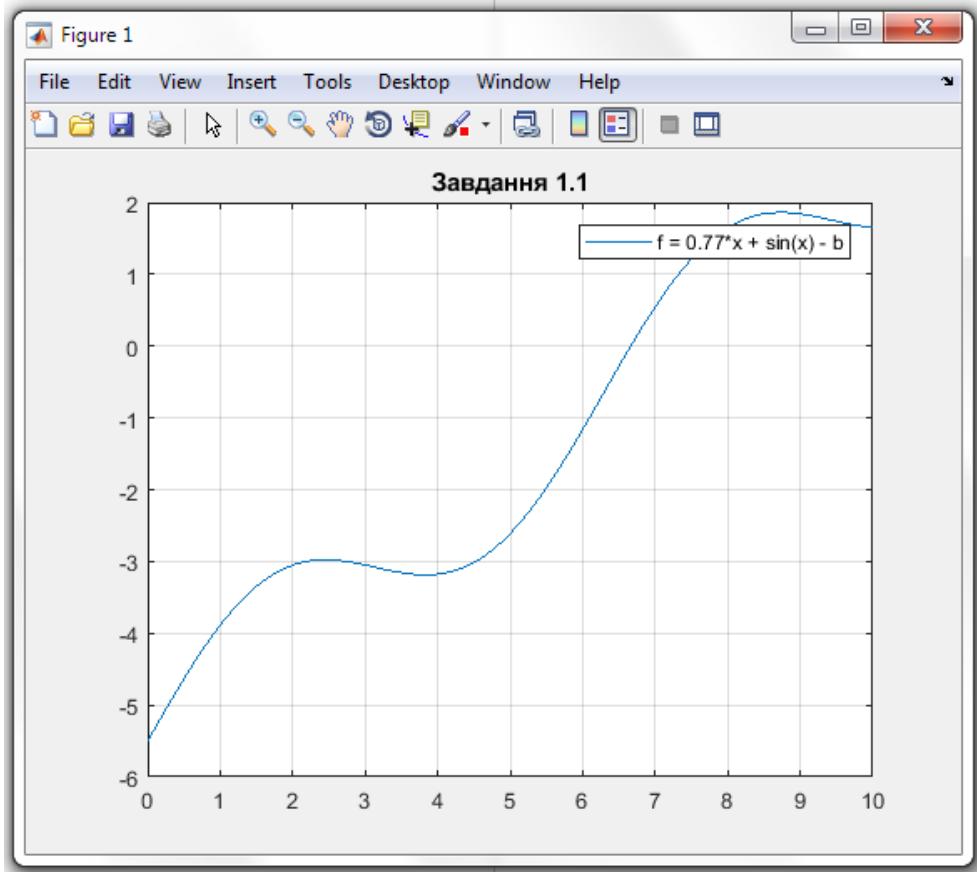


Рисунок 1.1 – Побудований графік функції згідно варіанту(8) для завдання 1.1.

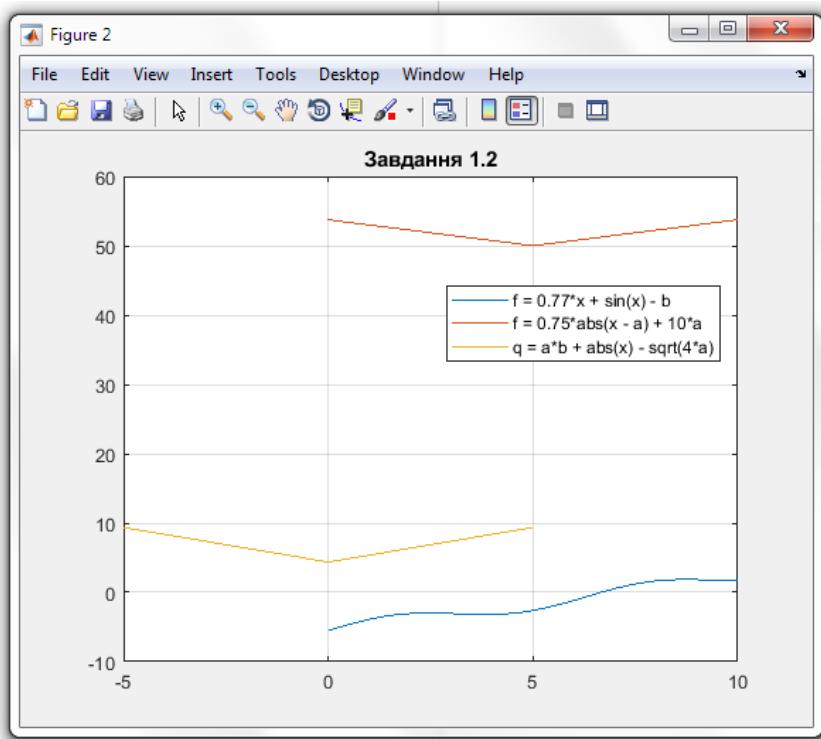


Рисунок 1.2 – Побудовані три графіка функцій ($N, N - 1, N + 1$ де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) в одному вікні для завдання 1.2.

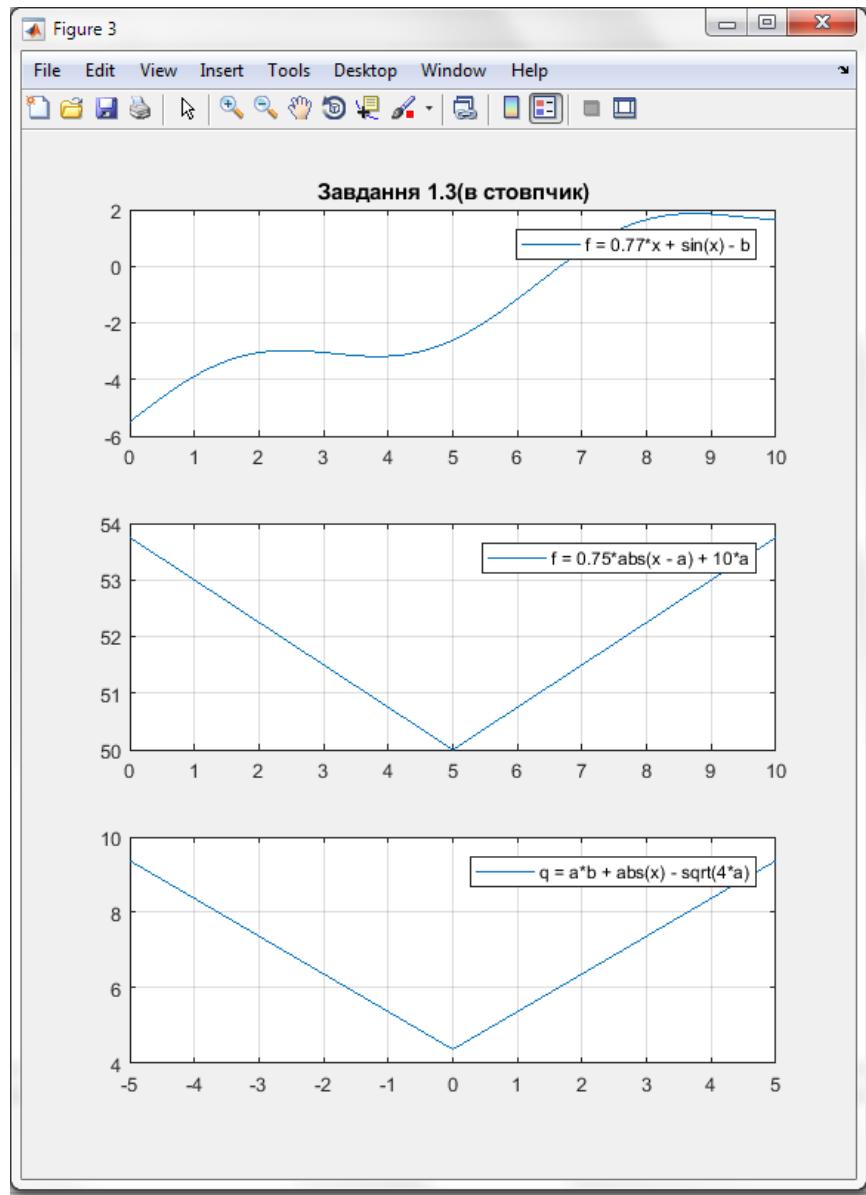


Рисунок 1.3 – Побудовані три графіка функцій ($N, N - 1, N + 1$ де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні(в стовпчик) для завдання 1.3.

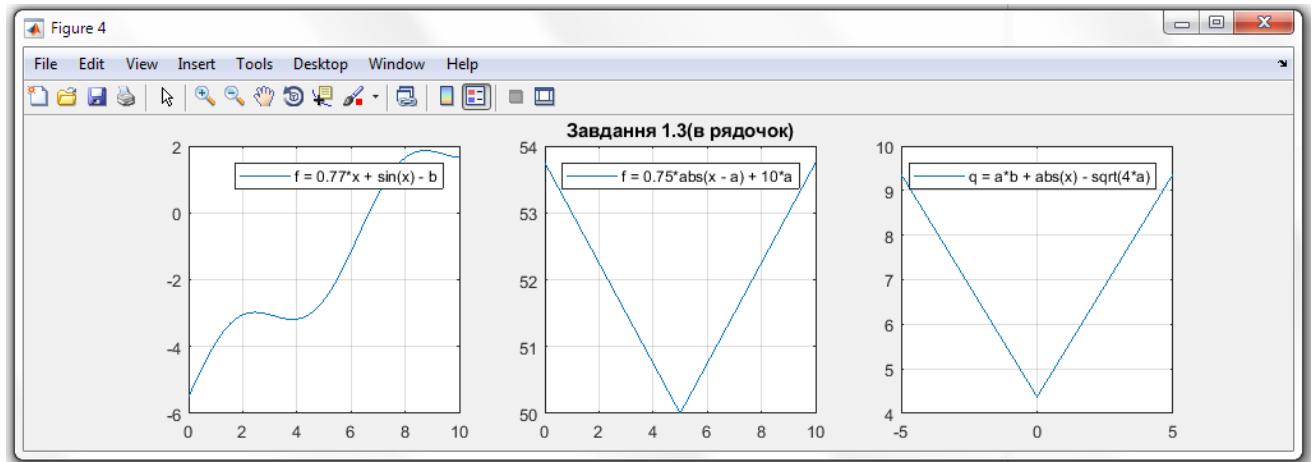


Рисунок 1.4 – Побудовані три графіка функцій ($N, N - 1, N + 1$ де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні(в рядочок) для завдання 1.3.

Завдання 2

Постановка задачі

Задача 2.1. Побудувати графік функції згідно варіанту.

Задача 2.2. Побудувати (різними кольорами) графіки функцій (N , $N - 1$, $N + 1$ де N - номер варіанта) в одному вікні. Передбачити необхідні оформлення графіків.

Задача 2.3. Побудувати три графіка функцій (N , $N - 1$, $N + 1$ де N - номер варіанта) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (в стовпчик і в рядочок).

Варіанти до завдання 2

Варіант	В и д ф у н к ц і ї	Вхідні дані				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>x_{пoch}</i>	<i>x_{кін}</i>	<i>h</i>
01	$y = \begin{cases} a^2 + b^2 & \text{при } x < ab \\ \frac{ax+b}{a+56} & \text{при } x \geq ab \end{cases}$	2.5	2	-10	10	0.01
02	$z = \begin{cases} \frac{a+100}{b+1} & \text{при } x < ab \\ x + \frac{a+5}{b+8} & \text{при } x \geq ab \end{cases}$	1	2.5	1.2	16.7	0.01
03	$f = \begin{cases} abx + 100 & \text{при } x \leq 0 \\ \frac{x+5a^2}{b+100} & \text{при } x > 0 \end{cases}$	0	1.5	-8	17	0.01
4	$p = \begin{cases} \frac{x^2 + 1}{5x + 10} & \text{при } x > 0 \\ a & \text{при } x \leq 0 \end{cases}$	-1	-	-10	10	0.01
05	$s = \begin{cases} x + 100 & \text{при } x < 0 \\ \frac{x^2 + \sin x}{abx + 5} & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$	1	2.4	-20	20	0.01
06	$r = \begin{cases} \frac{x + x^2 + 1}{100x + 1.5} & \text{при } x > 0 \\ \frac{1993a}{1993a} & \text{при } x \leq 0 \end{cases}$	10	-	-14	14	0.01
07	$p = \begin{cases} 0.33(x^2 + x + 1) & \text{при } x < 0 \\ 10 - x + a & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$	100	-	-6.8	16.2	0.01

Варіант	В и д ф у н к ц і ї	Вхідні дані				
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>x_{поч}</i>	<i>x_{кін}</i>	<i>h</i>
08	$s = \begin{cases} \frac{x+1}{1000+b} & \text{при } x \leq 0 \\ 100x + 5 & \text{при } x > 0 \end{cases}$	-	1.74	-15	15	0.01
09	$z = \begin{cases} b^3 & \text{при } x \leq -10 \\ x + 0.33x + \sin^2 x & \text{при } x > -10 \end{cases}$	-	-1.2	-25	15	0.01
10	$f = \begin{cases} 1-x^2 & \text{при } x < 0 \\ \frac{a+b}{a-b}x & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$	100	24.8	-19	49	0.01
11	$z = \begin{cases} 0.33x^2 + 0.77x^2 & \text{при } x \leq a \\ \frac{x+1}{a+b} & \text{при } x > a \end{cases}$	10	4.6	0	25	0.01
12	$p = \begin{cases} 1+x & \text{при } x < 0 \\ \frac{100x+1}{a+b} & \text{при } x \geq 0 \end{cases}$	1	16.8	-12	12	0.01
13	$f = \begin{cases} a+ x & \text{при } x \leq 0 \\ 0.77x^3 + \sin^2 x & \text{при } x > 0 \end{cases}$	5	-	-17	7	0.01

Хід роботи

Код програми *Lab 9 Task 2.m*

```
% СА та ТПР Лаб 9 Пороскун О. ПМ-81
% Варіант 8
```

```
close all
clear all
clc

% Завдання 2
% Задача 2.1. Побудувати графік функції згідно варіанту.

figure;
b8 = 1.74;
x8 = -15:0.01:15;

for i = 1:length(x8)
    if x8(i) <= 0
        s8(i) = (x8(i) + 1)/(1000 + b8);
    else
        s8(i) = 100*x8(i) + 5;
    end
end

plot(x8, s8);
grid on;
title('Завдання 2.1');
legend('s = (x + 1)/(1000 + b) або s = 100*x + 5');
```

% Задача 2.2. Побудувати (різними кольорами) графіки функцій (N , $N - 1$, $N + 1$ де N – номер варіанта)
% в одному вікні. Передбачити необхідні оформлення графіків.

```
figure;
```

```

a7 = 100;
x7 = -6.8:0.01:16.2;

for i = 1:length(x7)
    if x7(i) < 0
        p7(i) = 0.33*((x7(i)).^2 + x7(i) + 1);
    else
        p7(i) = abs(10 - x7(i)) + a7;
    end
end

b9 = -1.2;
x9 = -25:0.01:15;

for i = 1:length(x9)
    if x9(i) <= -10
        z9(i) = b9^3;
    else
        z9(i) = abs(x9(i)) + 0.33*x9(i) + (sin(x9(i)))^2;
    end
end

plot(x8, s8, 'g', x7, p7, 'c', x9, z9, '--m', 'lineWidth', 2); % N, N - 1, N + 1 -
> 8, 7, 9 вар.
grid on;
title('Завдання 2.2');
legend('s = (x + 1)/(1000 + b) або s = 100*x + 5', ...
       'p = 0.33*(x^2 + x + 1) або p = abs(10 - x) + a7', ...
       'z = b^3 або z = abs(x) + 0.33*x + (sin(x))^2', 'location', 'Best');

% Задача 2.3. Побудувати три графіка функцій (N, N - 1, N + 1 де N - номер
варіанта)
% на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (в стовпчик і в рядочок).

% в стовпчик
figure;
subplot(3, 1, 1);
plot(x8, s8); grid on;
legend('s = (x + 1)/(1000 + b) або s = 100*x + 5', 'location', 'Best');
title('Завдання 2.3(в стовпчик)');

subplot(3, 1, 2);
plot(x7, p7); grid on;
legend('p = 0.33*(x^2 + x + 1) або p = abs(10 - x) + a7', 'location', 'Best');

subplot(3, 1, 3);
plot(x9, z9); grid on;
legend('z = b^3 або z = abs(x) + 0.33*x + (sin(x))^2', 'location', 'Best');

% в рядочок
figure;
subplot(1, 3, 1);
plot(x8, s8); grid on;
legend('s = (x + 1)/(1000 + b) або s = 100*x + 5', 'location', 'Best');

subplot(1, 3, 2);
plot(x7, p7); grid on;
legend('p = 0.33*(x^2 + x + 1) або p = abs(10 - x) + a7', 'location', 'Best');
title('Завдання 2.3(в рядочок)');

subplot(1, 3, 3);
plot(x9, z9); grid on;
legend('z = b^3 або z = abs(x) + 0.33*x + (sin(x))^2', 'location', 'Best');

```

Результати

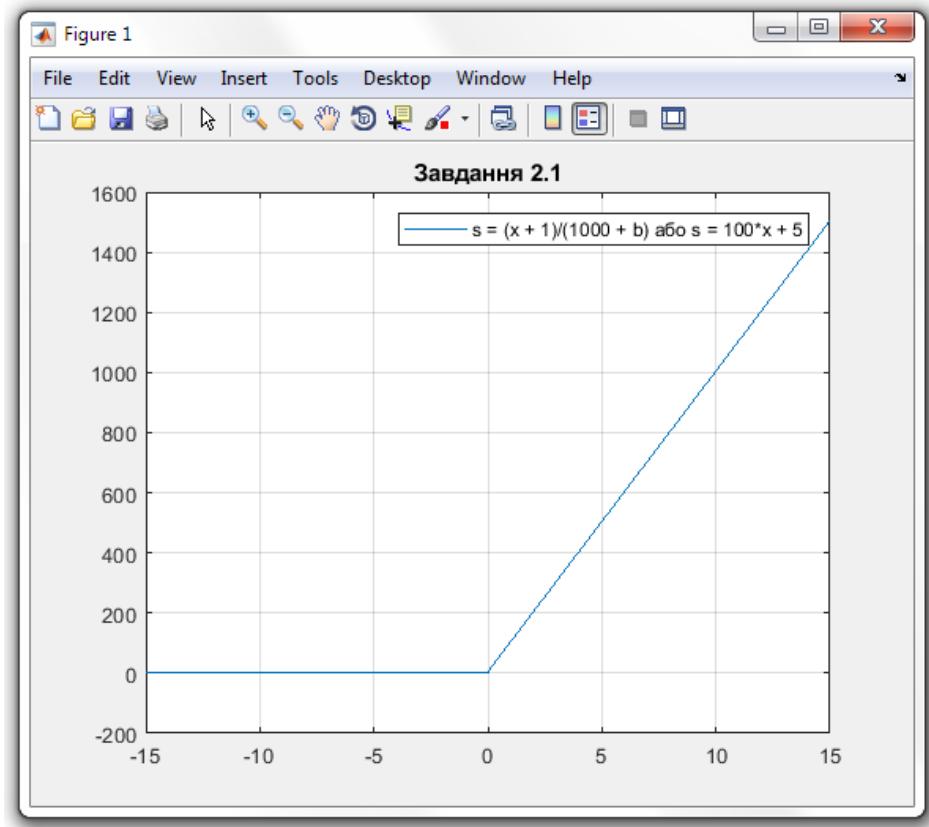


Рисунок 2.1 – Побудований графік функції згідно варіанту(8) для завдання 2.1.

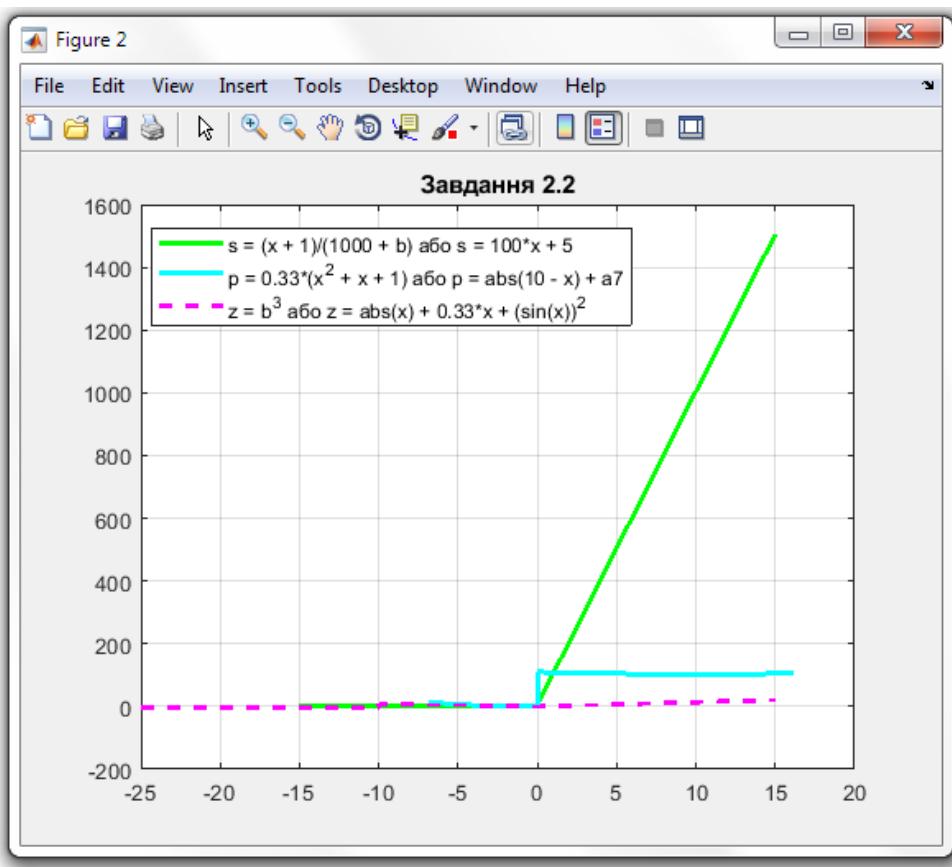


Рисунок 2.2 – Побудовані три графіка функцій (N, N - 1, N + 1 де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) в одному вікні для завдання 2.2.

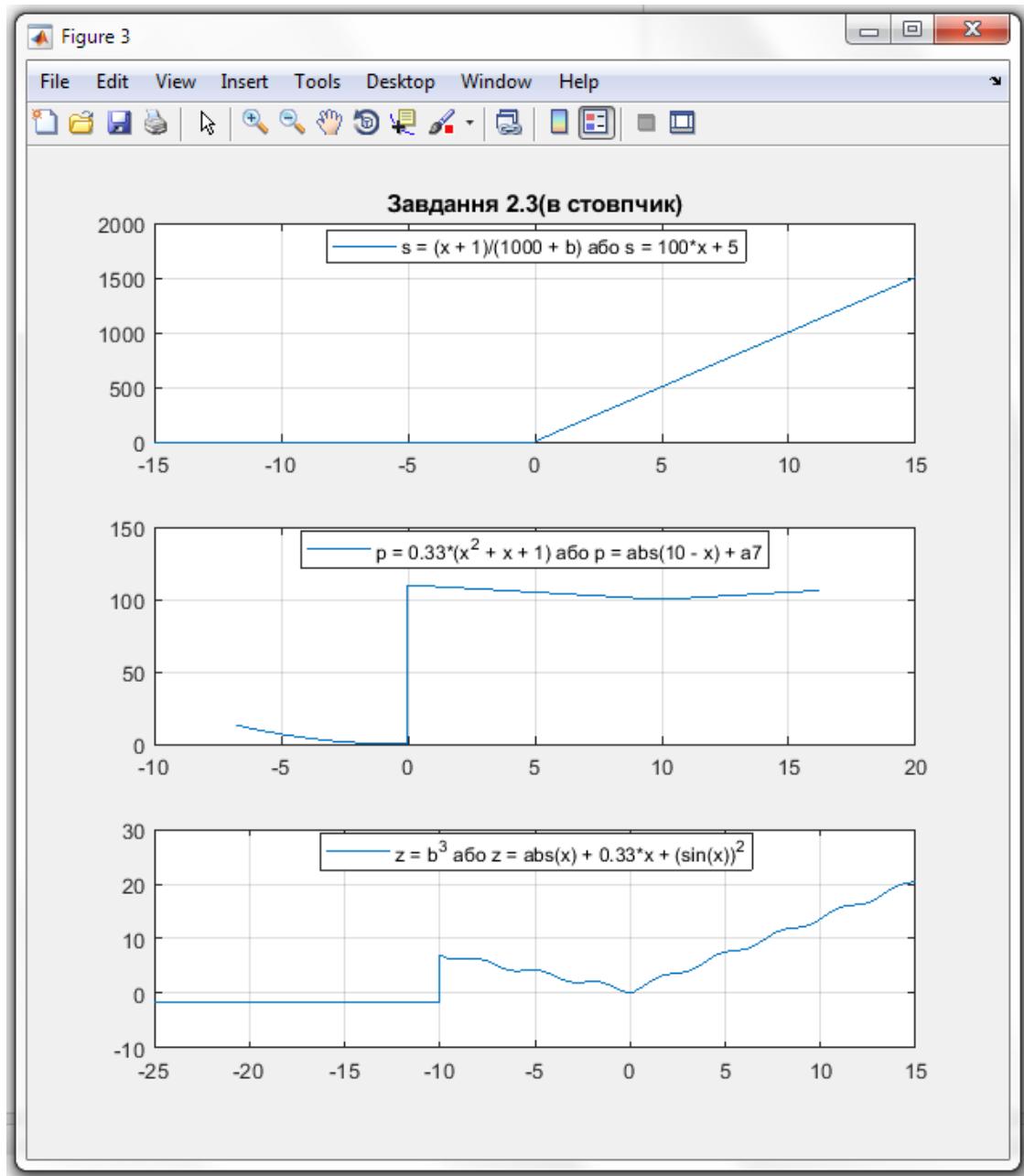


Рисунок 2.3 – Побудовані три графіка функцій ($N, N - 1, N + 1$ де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні(в стовпчик) для завдання 2.3.

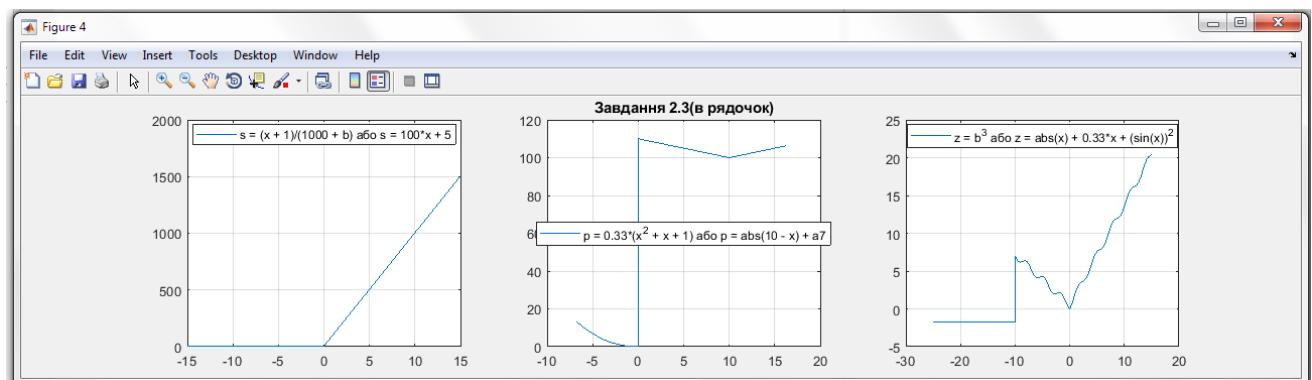


Рисунок 2.4 – Побудовані три графіка функцій ($N, N - 1, N + 1$ де N - номер варіанта – 8,7,9 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні(в рядочок) для завдання 2.3.

Завдання 3

Постановка задачі

Задача 3.1. Побудувати тривимірний графік функції 2-х змінних згідно варіанту.

Задача 3.2. Побудувати 4 графіка функцій (N , $N - 1$, $N + 1$, $N + 2$ де N – номер варіанта) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (матрицею 2×2).

Варіанти до завдання 3

Варіант	В и д ф у н к ц і ї
01	$z = 5 \sin x + a$
02	$p = -x + \sin 7x + a$
03	$z = ax + \sin 5x$
04	$z = 0.33ax + \sin x$
05	$z = a(5x + 100 \sin x)$
06	$z = 0.33x^2 + 25a \cos x^2$
07	$p = \cos x + ae^x$
08	$u = ax - 100 \cos x^2$
09	$r = x - a \cos x^2$
10	$p = 0.33ae^x$
11	$z = 0.33x + 0.77a \cos x^2$
12	$z = 3 \sin x + 7a$
13	$p = \cos x + 33ae^x$
14	$z = ax + \cos x^2 - b$
15	$p = 100 \cos x - 0.01ae^x$
16	$z = x^2 - 10a$
17	$z = ax + \sin 10x$
18	$u = ax - 15 \cos x^2$

Хід роботи

Код програми *Lab 9 Task 3.m*

```
% СА та ТПР Лаб 9 Пороскун О. ПМ-81
% Варіант 8

close all
clear all
clc

% Завдання 3
% Задача 3.1. Побудувати тривимірний графік функції 2-х змінних згідно варіанту.

figure;
[a8, x8] = meshgrid([-25:25]);
u8 = a8.*x8 - 100*cos(x8.^2);
surf(a8, x8, u8);
shading interp
colorbar
xlabel('a'); ylabel('x'); zlabel('u');
legend('u = a*x - 100*cos(x^2)');
title('Завдання 3.1');

% Задача 3.2. Побудувати 4 графіка функцій (N, N - 1, N + 1, N + 2 де N - номер
% варіанта) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (матрицею 2*2).

% N = 8
figure;
subplot(2, 2, 1);
%[a8, x8] = meshgrid([-25:25]);
%u8 = a8.*x8 - 100*cos(x8.^2);
surf(a8, x8, u8);
shading interp
colorbar
xlabel('a'); ylabel('x'); zlabel('u');
legend('u = a*x - 100*cos(x^2)');
title('Завдання 3.2');

% N - 1 = 7
subplot(2, 2, 2);
[a7, x7] = meshgrid([-25:25]);
p7 = cos(x7) + a7.*exp(x7);
surf(a7, x7, p7);
shading interp
colorbar
xlabel('a'); ylabel('x'); zlabel('p');
legend('p = cos(x) + a*exp(x)', 'location', 'best');

% N + 1 = 9
subplot(2, 2, 3);
[a9, x9] = meshgrid([-25:25]);
r9 = x9 - a9.*cos((x9).^2);
surf(a9, x9, r9);
shading interp
colorbar
xlabel('a'); ylabel('x'); zlabel('r');
legend('r = x - a*cos(x^2)');

% N + 2 = 10
subplot(2, 2, 4);
[a10, x10] = meshgrid([-25:25]);
p10 = 0.33*a10.*exp(x10);
surf(a10, x10, p10);
shading interp
colorbar
xlabel('a'); ylabel('x'); zlabel('p');
legend('p = 0.33*a*exp(x)');
```

Результати

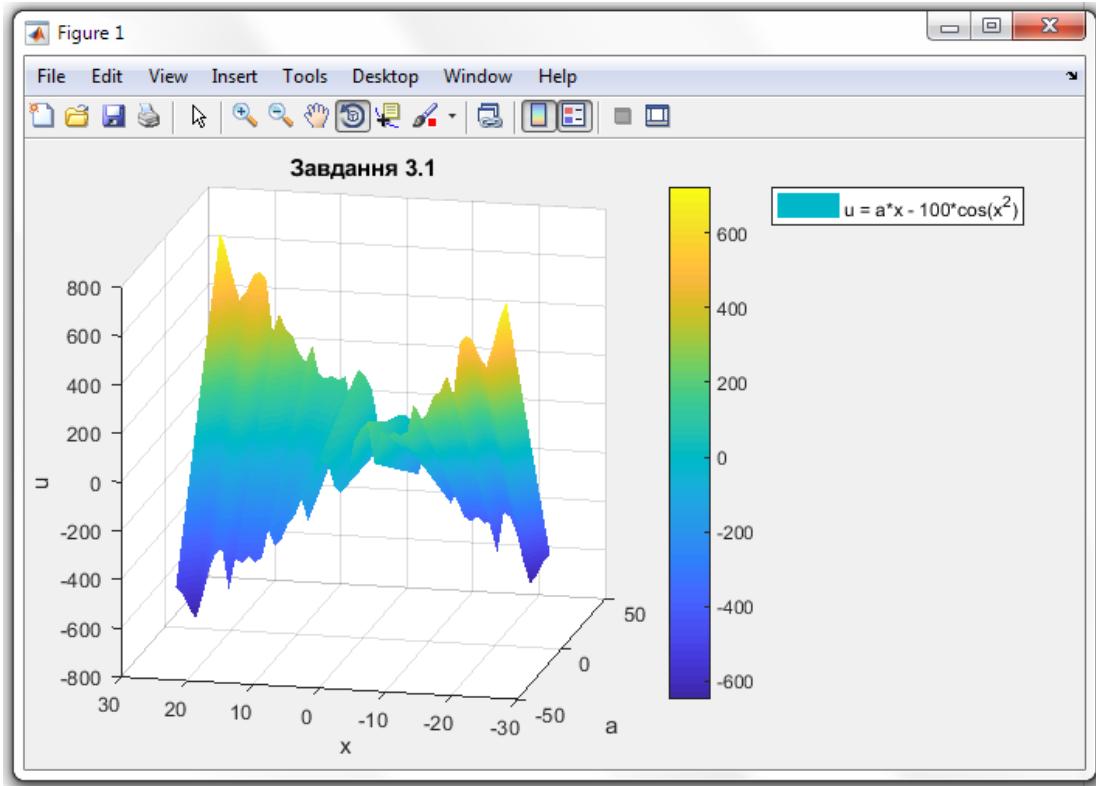


Рисунок 3.1 – Побудований тривимірний графік функції 2-х змінних згідно варіанту(8) для завдання 3.1.

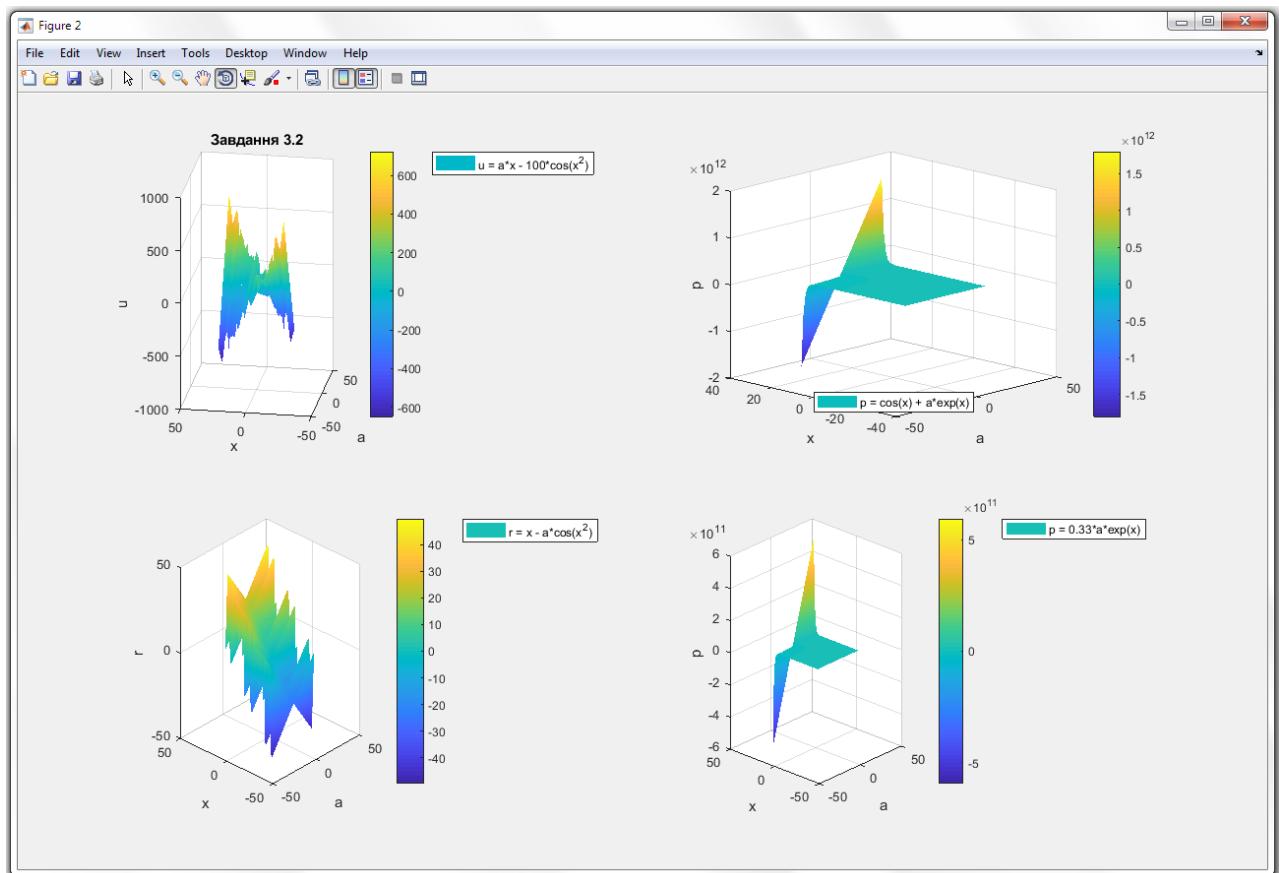


Рисунок 3.2 – Побудовані 4 графіка функцій ($N, N - 1, N + 1, N + 2$ де N - номер варіанта – 8,7,9,10 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (матрицею $2*2$) для завдання 3.2.

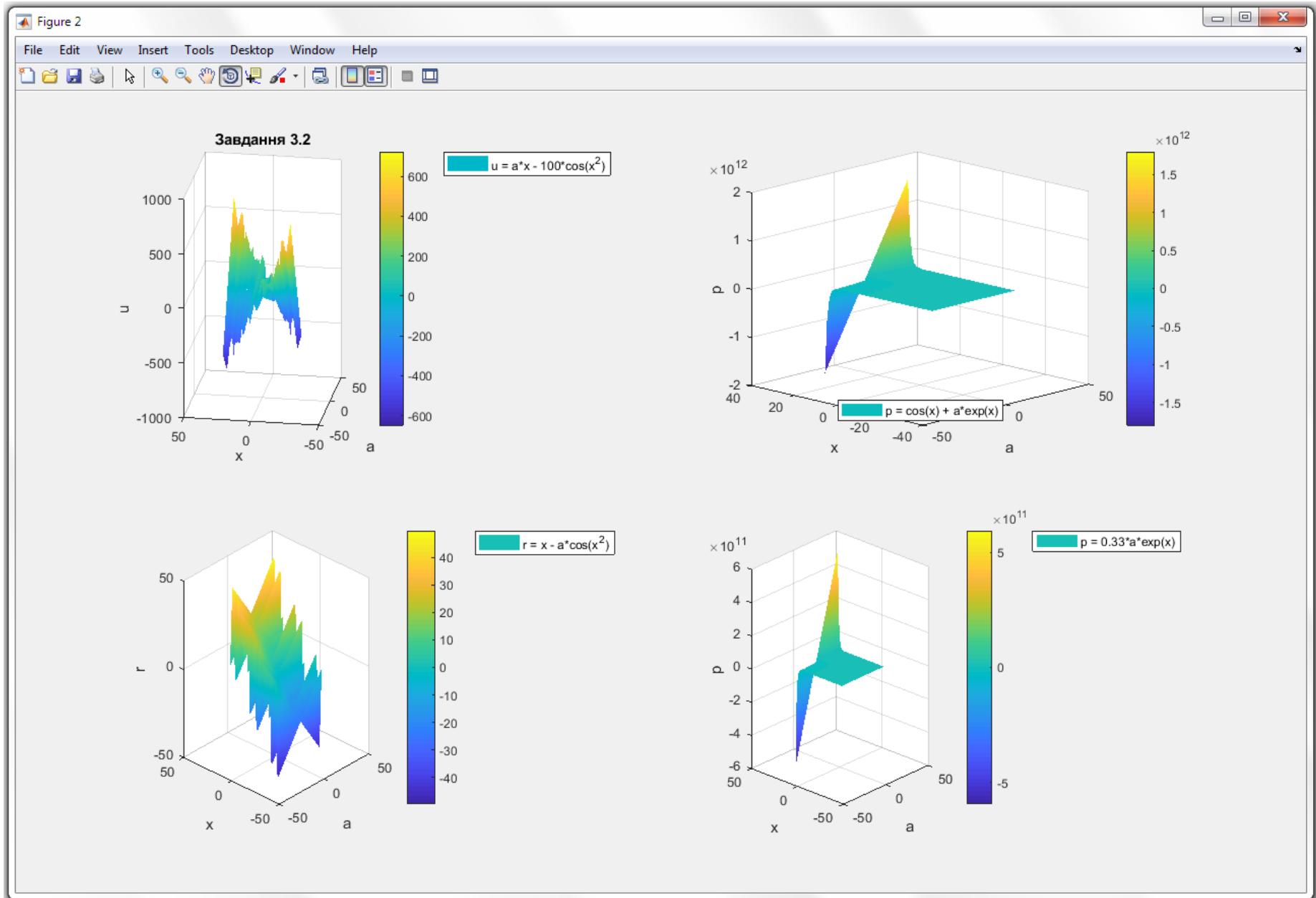


Рисунок 3.2 – Побудовані 4 графіка функцій ($N, N - 1, N + 1, N + 2$ де N - номер варіанта – 8,7,9,10 вар.) на одному рисунку, але кожен в окремому вікні (матрицею $2*2$) для завдання 3.2.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 10

Пороскун О.

Варіант 8

Побудова експертної системи типу Mamdanі в Fuzzy Logic Matlab

Постановка задачі

Розглянемо тепер методику побудови нечіткої експертної системи, яка повинна допомогти користувачеві з відповіддю на питання: скільки дати "на чай" офіціанту за обслуговування в ресторані? (Припустимо, мова йде про місця, де такі чайові прийнято давати, наприклад, в ресторанах Парижа або Ріо-де-Жанейро).

Грунтуючись на якихось усталених звичаях і інтуїтивних уявленнях, приймемо, що завдання про чайових може бути описана наступними пропозиціями.

1. Якщо обслуговування погане або їжа - підгоріла, то чайові - малі.
2. Якщо обслуговування хороше, то чайові - середні.
3. Якщо обслуговування відмінне або їжа - чудова, то чайові - щедрі.

Якість обслуговування та їжі будемо оцінювати за 10-балльною системою (0 - найгірша оцінка, 10 - найкраща).

Будемо припускати, далі, що малі чайові складають близько 5% від вартості обіду, середні - близько 15% і щедрі - приблизно 25%.

Зауважимо, що представленої інформації, в принципі, достатньо для проектування нечіткої експертної системи. Така система буде мати 2 входи (які умовно можна назвати "сервіс" і "їжа"), один вихід ("чайові"), три правила типу "якщо... то" (відповідно до трьох наведених речень) і по три значення (відповідно, 0 балів, 5 балів, 10 балів і 5%, 15%, 25%) для центрів функцій належності входів і виходу. Побудуємо дану систему, використовуючи алгоритм виведення Mamdani і, як в попередньому прикладі, описуючи необхідні дії по пунктах.

Хід роботи

Командою fuzzy запускаємо FIS - редактор. За замовчуванням, вихідний алгоритм виведення - типу Mamdani (про що говорить напис в центральному білому блоці) і тут ніяких змін не потрібно, але в системі має бути два входи, тому через пункт меню Edit/Add input додаємо в систему цей другий вхід (у вікні редактора з'являється другий жовтий блок з ім'ям input2). Роблячи, далі одноразове клацання лівою кнопкою миші по блоку input 1, міняємо в поле імені його ім'я на "сервіс", завершуячи введення нового імені натисканням клавіші Enter. Аналогічним чином встановлюємо ім'я "блоку input2 і "чайові" - вихідного блоку (справа вгорі) output1. Присвоїмо відразу ж і ім'я всій системі, "Lab 10" виконавши це через пункт меню File/Save to workspace as... (Зберегти в робочому просторі як...). Вид вікна редактора після зазначених дій наведено на рис. 1.

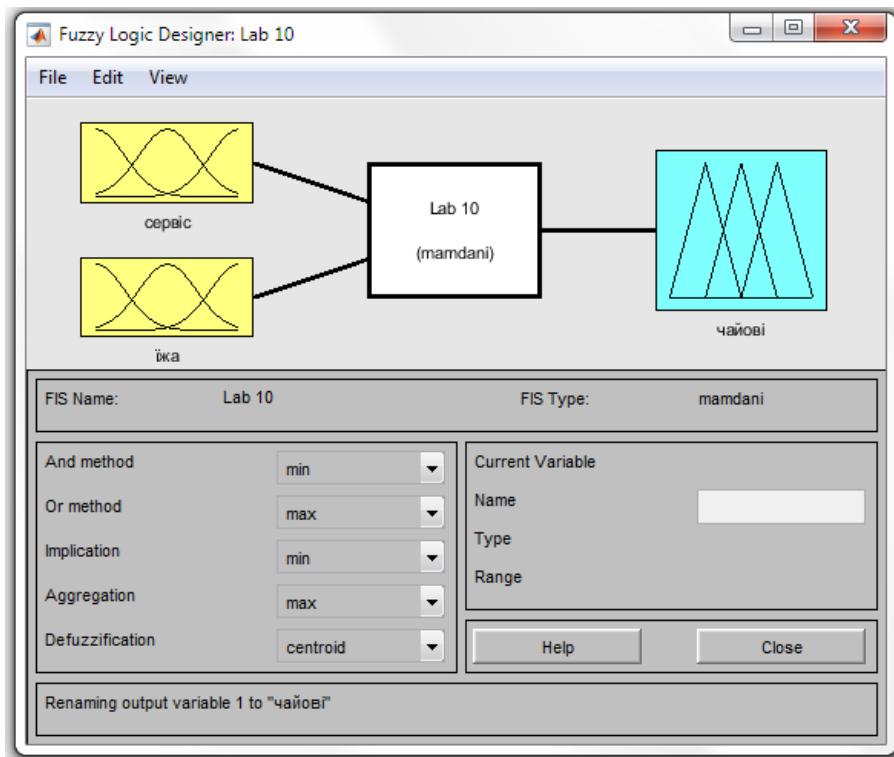


Рис. 1. Вид вікна FIS - редактора після завдання структури системи

Задамо тепер функції приналежності змінних. Нагадаємо, ще раз, що програму - редактор функцій приналежності можна відкрити трьома способами:

- через пункт меню View / Edit membership functions...,
- подвійним клацанням лівої кнопки миші по іконці, що відображає відповідну змінну,
- натисканням клавіш Ctrl + 2.

Будь-яким з наведених способів перейдемо до даної програми.

Завдання і редагування функцій приналежності почнемо зі змінної "сервіс". Спочатку в полях Range і Display Range встановимо діапазон зміни і відображення цієї змінної - від 0 до 10 (балів), підтверджуючи введення натисканням клавіші Enter. Потім через пункт меню Edit / Add MFs перейдемо до діалогового вікна і задамо в ньому функції приналежності гауссова типу (gaussmf) із загальним числом - 3. Натиснемо кнопку OK і повернемося у вікно редактора функцій приналежності. Не змінюючи розмах і положенням заданих функцій, замінимо тільки їх імена на "поганий", "хороший" і "відмінний" (як в пункті 5 попереднього прикладу).

Клацанням лівої кнопки миші по іконці "їжа" увійдемо у вікно редагування функцій приналежності для цієї змінної. Задамо спочатку діапазон її зміни від 0 до 10, а потім, поступаючи як раніше, задамо дві функції приналежності трапецієїдальної форми з параметрами, відповідно, [0 0 1 3] і [7 9 10 10] і іменами "підгоріла" і "чудова".

Для вихідної змінної "чайові" вкажемо спочатку діапазон зміни - від 0 до 30, потім задамо три функції приналежності трикутної форми з іменами "малі", "середні", "щедрі" так, як це представлено на рис. 2. Зауважимо, що можна, зрозуміло задати і будь - які інші функції або вибрати їх інші параметри.

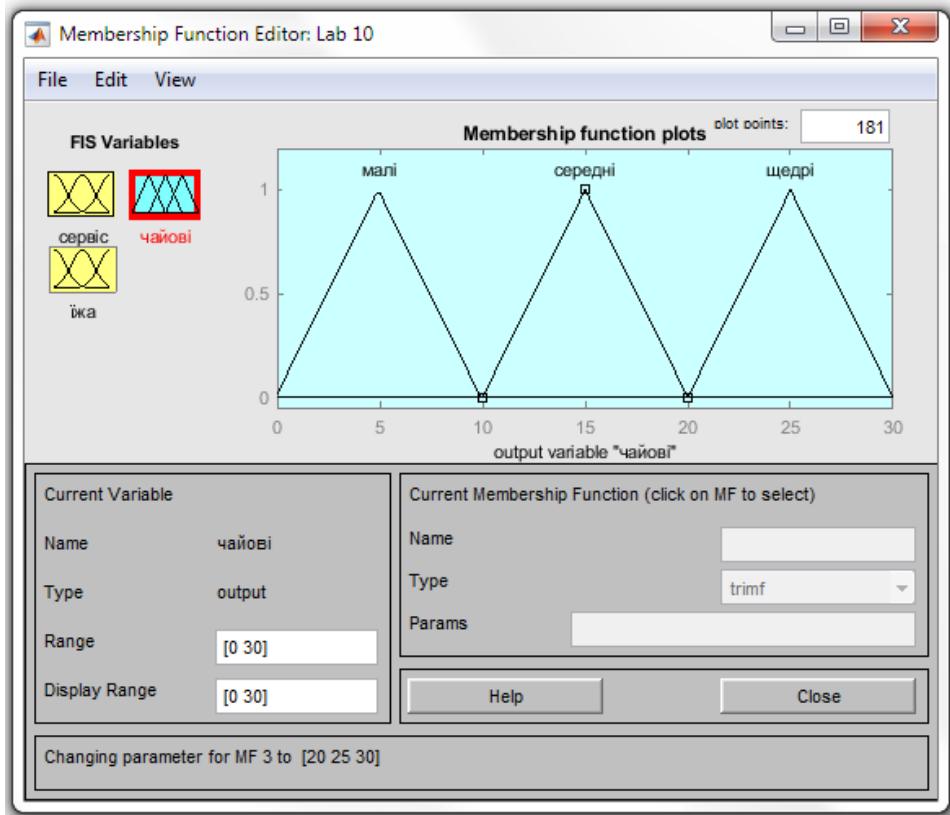


Рис. 2. Функції приналежності змінної "чайові"

Перейдемо до конструювання правил. Для цього виберемо пункт меню View / Edit rules... Далі введення правил проводиться відповідно до пропозицій, що описують завдання. Зауважимо, що в першому і третьому правилах в якості "зв'язки" в передумовах правила необхідно використовувати не "I" (and), АБО (or); при введенні другого правила, де відсутня змінна "їжа", для неї вибирається опція none. Підсумковий набір правил відображеній рис. 3 і виглядає наступним чином:

1. If (сервіс is поганий) or (їжа is підгоріла) then (чайові is Малі) (1)
2. If (сервіс is хороший) then (чайові is середні) (1)
3. If (сервіс is відмінний) або (їжа is чудова) then (чайові is щедрі) (1)

Така (докладна, verbose) запис представляється досить зрозумілою; одиниця в дужках після кожного правила вказує його "вагу" (Weight), тобто значимість правила. Дані ваги можна змінювати, використовуючи відповідне поле в лівій нижній частині вікна редактора правил. Правила представлені і в інших формах: символічної (symbolic) і індексної (indexed), при цьому перехід від однієї форми до іншої відбувається через опції пункту меню редактора правил Options/Format. Ось як виглядають розглянуті правила в символічній формі:

1. (сервіс == поганий) | (їжа == підгоріла) => (чайові = малі) (1)
2. (сервіс == хороший) => (чайові = середні) (1)
3. (сервіс == відмінний) | (їжа == чудова) => (чайові = щедрі) (1)

Мабуть, тут теж зрозуміло все.

Нарешті, самий стислий формат подання правил – індексний - є тим форматом, який насправді використовується програмою. У цьому форматі наведені правила виглядають так:

1 1, 1 (1): 2
2 0, 2 (1): 2
3 2, 3 (1): 2

Тут перша колонка відноситься до першої вхідної змінної(відповідно, перше, друге або третє можливе значення), друга - до другої, третя (після коми) - до вихідної змінної, цифра в дужках показує вагу правила і остання цифра (після двокрапки) - на тип "зв'язки" (1 для "і", 2 для "або").

На цьому, власне, конструювання експертної системи закінчено. Збережемо її на диску під обраному ім'ям.

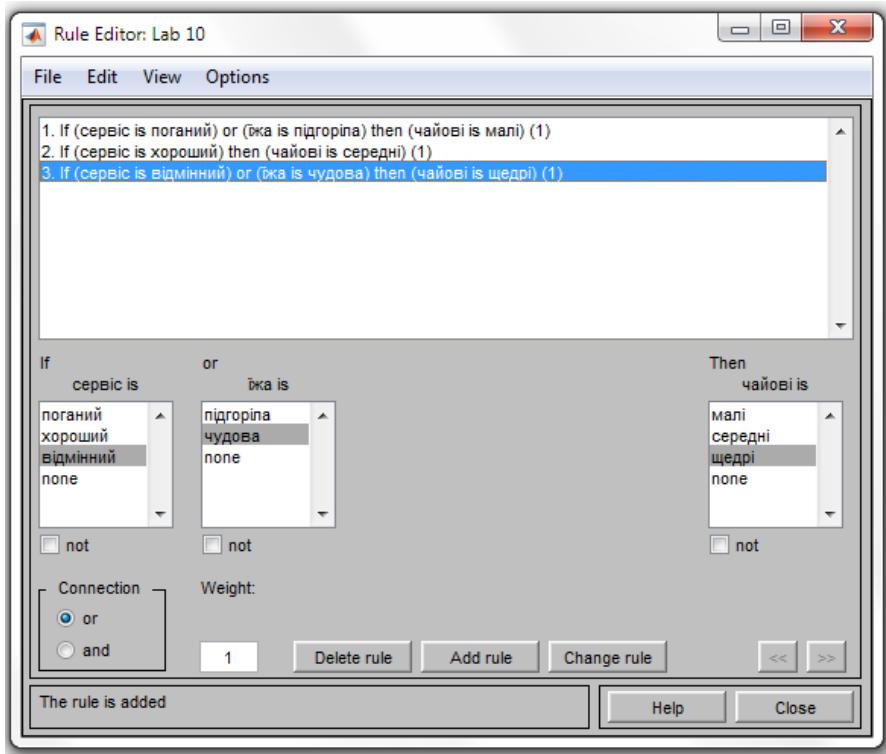


Рис. 3. Підсумковий набір правил у завданні про чайові

Саме час тепер перевірити систему в дії. Відкриємо (через пункт меню View / View rules...) вікно перегляду правил і встановимо значення змінних: сервіс = 0 (тобто нікуди не придатний), їжа = 10 (тобто чудова). Побачимо відповідь: чайові = 15 (тобто середні). Ну що ж, з системою не посперечашся, треба платити (рис. 4). Можна перевірити і інші варіанти. Зокрема (може бути, не без подиву), з'ясується, що нашою системою обслуговування цінується більше, ніж якість їжі: при наборі "сервіс = 10, їжа = 3" система радить визначити розмір чайових в 23.9%, в той час як набору "сервіс = 3, їжа = 10" розмір чайових за рекомендацією системи - 16.6% (від вартості обіду). Втім, нічого дивного тут немає: це ми самі (не особливо підозрюючи про це) заклали в систему відповідні знання у вигляді сукупності наведених правил.

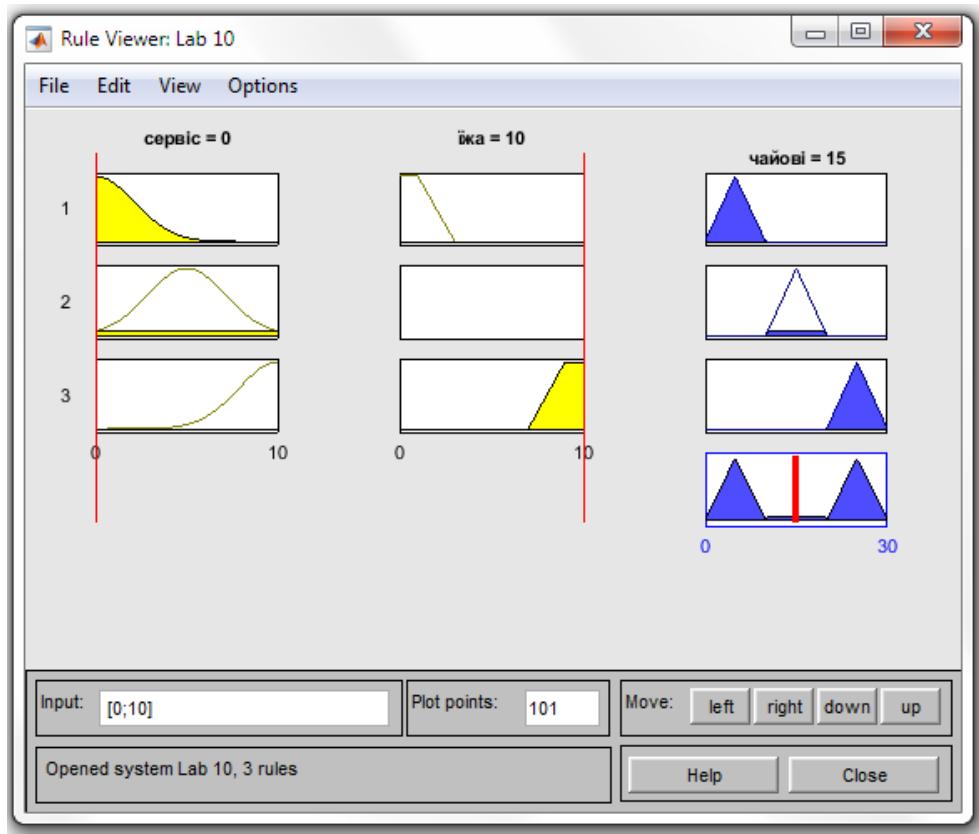


Рис. 4. Вікно перегляду правил у завданні про чайові

Підтвердженням зазначененої залежності вихідної змінної від входних може служити вид поверхні відгуку, який представляється при виборі пункту меню View / View surface (рис. 5); зверніть увагу, що за допомогою мишки графік можна повертати на всі боки.

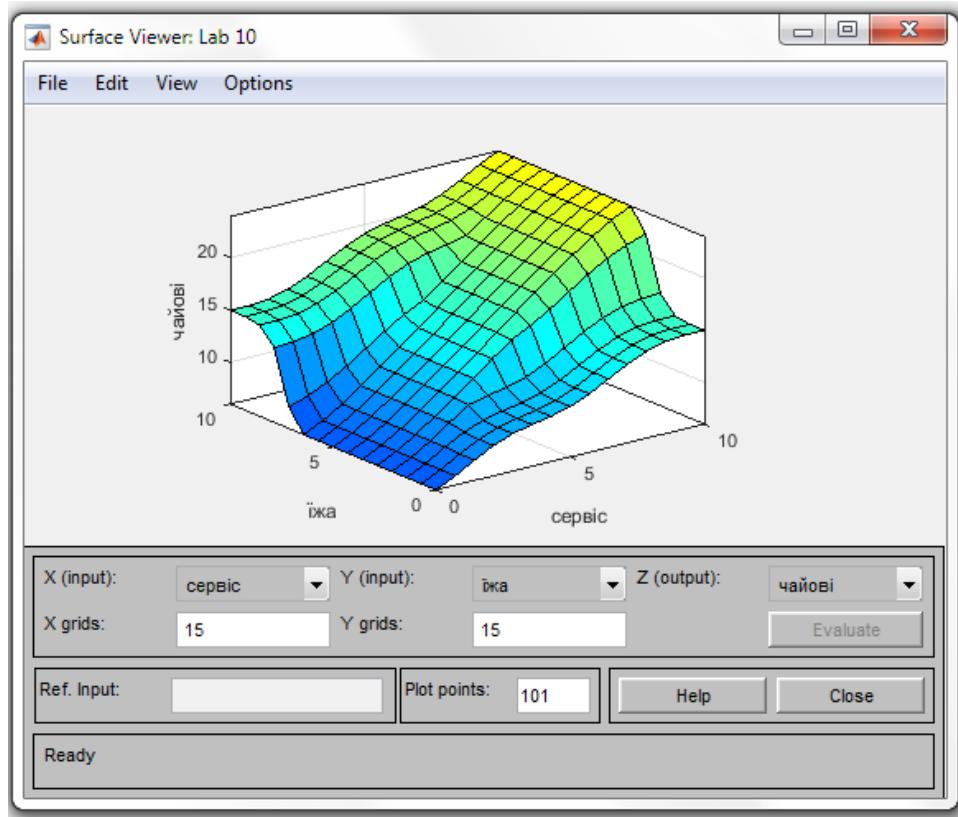


Рис. 5. Графічний вид залежності вихідної змінної від входних

У вікні, змінюючи імена змінних в полях введення (X (input) і Y(input)) можна задати і перегляд одновимірних залежностей, наприклад "чайових" від "їжі" (рис. 6).

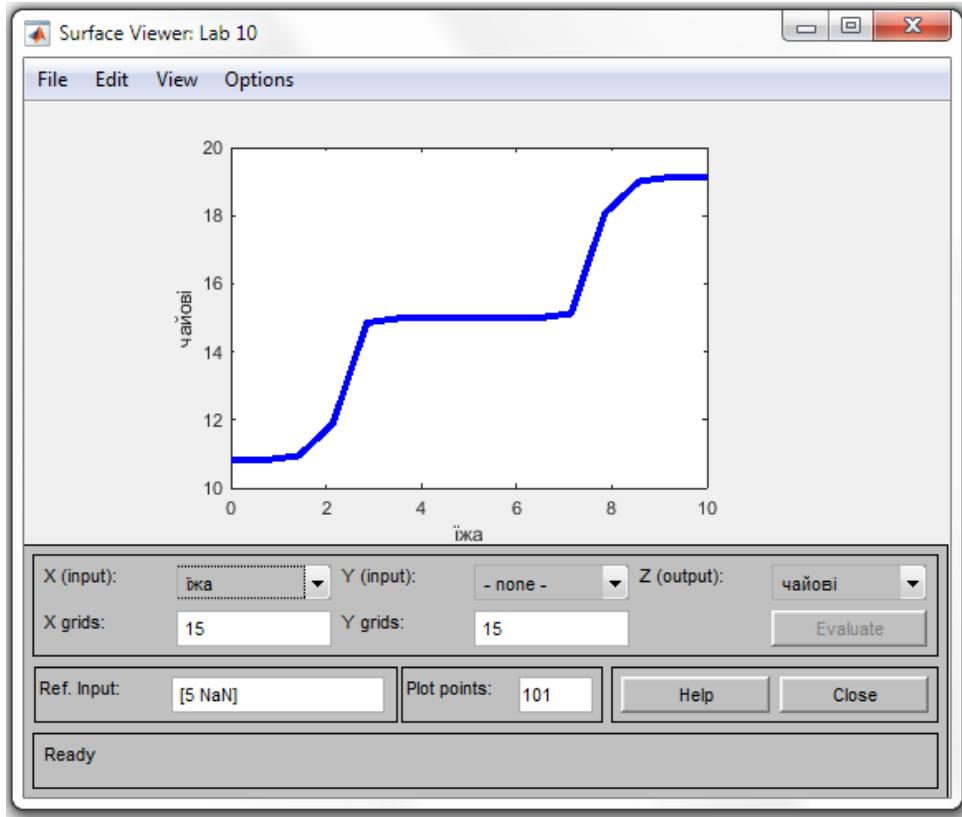


Рис. 6. Одновимірна залежність розміру чайових від якості їжі

Експорт та імпорт результатів

Коли ви зберігаєте створену вами нечітку систему, використовуючи пункт меню File / Save to disk або File/Save to disk as..., на диску створюється текстовий (ASCII) файл досить простого формату з розширенням .fis, який можна переглядати, при необхідності – редагувати - поза системою MATLAB, а також використовувати повторно при наступних сеансах роботи з системою. Однак збереження з використанням пунктів File/Save to workspace або File / Save to workspace as... насправді тільки "легалізує" створену вами систему (під яким-небудь ім'ям) в середовищі MATLAB протягом поточного сеансу роботи і не допускає її повторного використання в інших сеансах.

Створена в даній лабораторній роботі нечітка система збережена як файл Lab 10.fis.

Результат

Встановивши значення змінних: *сервіс* = 0 (тобто нікуди не придатний), *їжа* = 10 (тобто чудова), побачимо **відповідь: чайові = 15** (тобто середні).

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 11

Пороскун О.

Варіант 8

Побудова експертної системи типу Мамдані в Fuzzy Logic Matlab

Завдання 1

Розробити систему побудови рейтингу студентів на основі даних про відвідування ними лекцій, прочитанні книг і здачі лабораторних робіт. Вхідні дані описати за допомогою векторів лінгвістичних змінних.

Дані про відвідування лекцій записати у відсотках від 0% до 100%. Вказати наступні дані про відвідування лекцій:

- «низьке» відвідування лекцій 10 - 30% (0%, 10%, 30%, 50%);
- «середнє» відвідування лекцій 50 - 70% (30%, 50%, 70%, 80%);
- «високе» відвідування лекцій 90 - 100% (70%, 90%, 100%, 100%).

Для даних про прочитання книг записати в одиницях від 0 до 10:

- «Не читалися» (0, 0, 1);
- «Трохи» (0, 2, 4);
- «Досить» (1, 4, 9);
- «Багато» (5, 10, 10)}.

Для даних про здачу лабораторних робіт змінюються в одиницях від 0 до 8:

- «Кілька» (0, 2, 4);
- «Майже всі» (2, 5, 8);
- «Всі» (6, 8, 8)}.

Вихідну змінну опишіть за допомогою вектора лінгвістичних змінних:

- ✓ рейтинг (в балах від 0 до 10):

{ «низький» (0, 0, 2, 3); «Середній» (1, 3, 4, 6); «Високий» (5, 6, 7, 9); «Дуже високий» (8, 9, 10, 10)}.

Побудуйте наступні правила «Якщо - ТО»:

1. якщо відвідування лекцій низьке, І книги не читалися, І лабораторних робіт здано кілька, ТО рейтинг низький;
2. якщо відвідування лекцій середнє, І книг прочитано трохи, І лабораторні роботи здані майже всі, ТО рейтинг середній;
3. якщо книг прочитано досить І лабораторні роботи здані всі, ТО рейтинг високий;
4. якщо відвідування лекцій високе, І книг прочитано багато, І лабораторні роботи здані всі, ТО рейтинг дуже високий.

Визначити рейтинг для студентів за вказаними в таблиці 1 даними. При цьому процес дефазифікації провести з використанням метод пошуку центра ваги.

У даній лабораторній роботі пропонується розробити систему підтримки прийняття рішень, засновану на нечіткій логіці.

Варіанти завдань

Таблиця 1

№ Варіанта	Відвідувань лекцій	Прочитано книг	Здано лабораторних
1	40%	3	3
2	80%	6	4
3	50%	4	5
4	30%	7	2
5	10%	5	0
6	60%	3	8
7	70%	9	6
8	50%	6	5
9	90%	9	7
10	20%	0	1

Завдання 2:

Для побудованої системи визначення рейтингу студента, необхідно розширити нечітку базу знань «ЯКІЦО - ТО» для того щоб система працювала більш коректно.

На основі виконаних завдань оформити звіт.

Хід роботи

Задамо структуру системи в Fuzzy Logic Matlab.

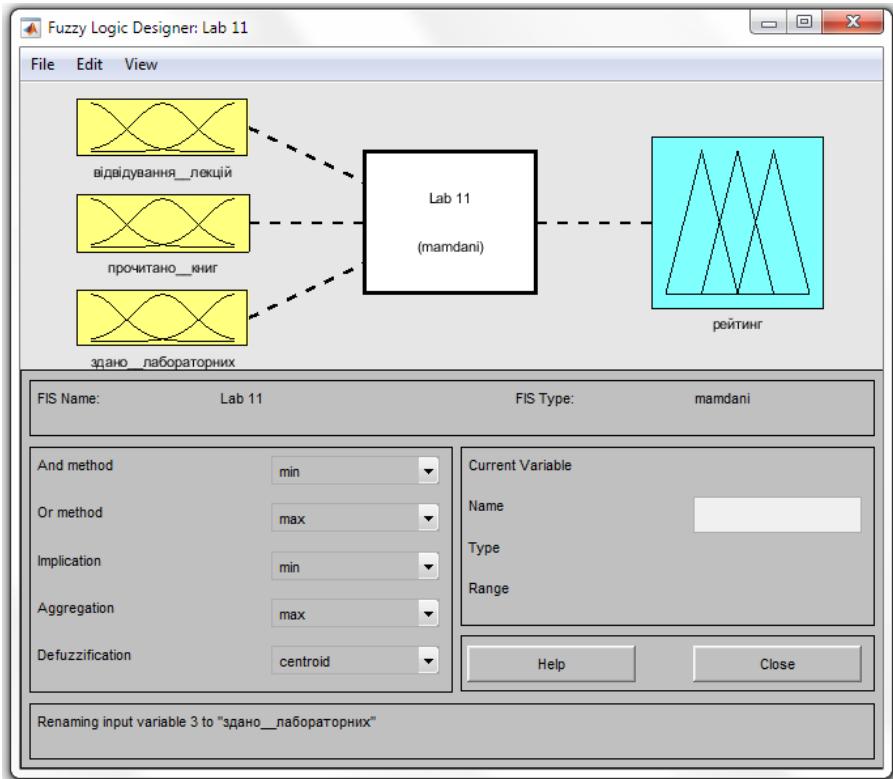


Рис. 1. Вид вікна FIS - редактора після завдання структури системи

Задамо тепер функції принадлежності змінних.

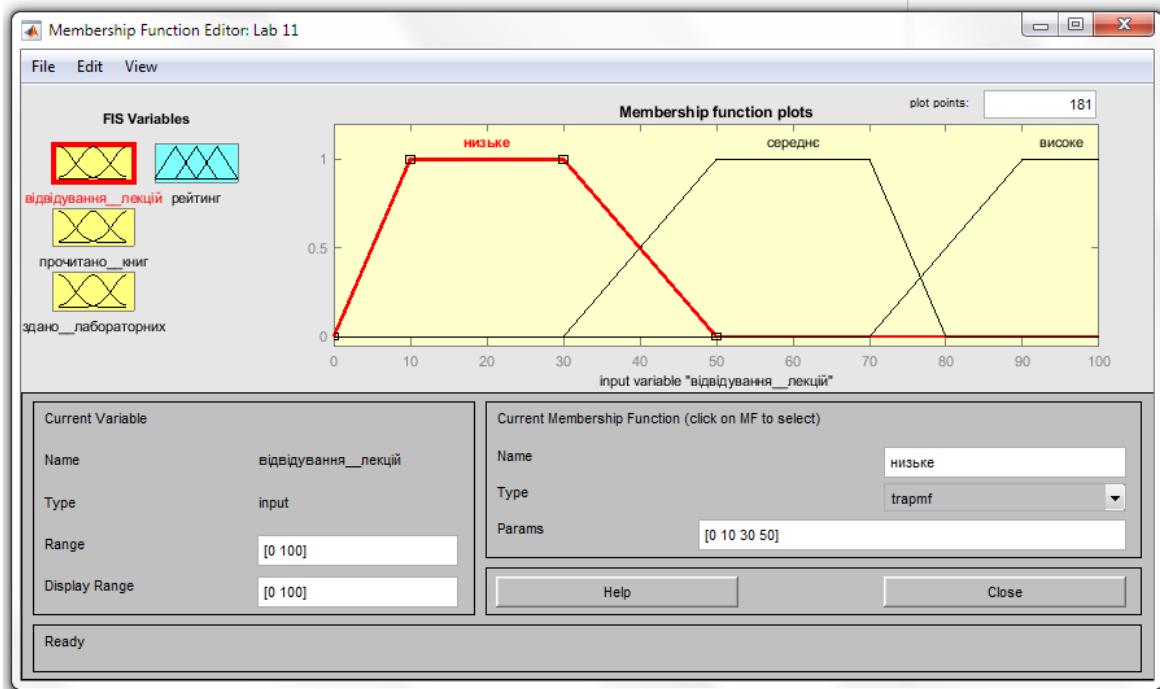


Рис. 2. Функції принадлежності змінної "відвідування лекцій"

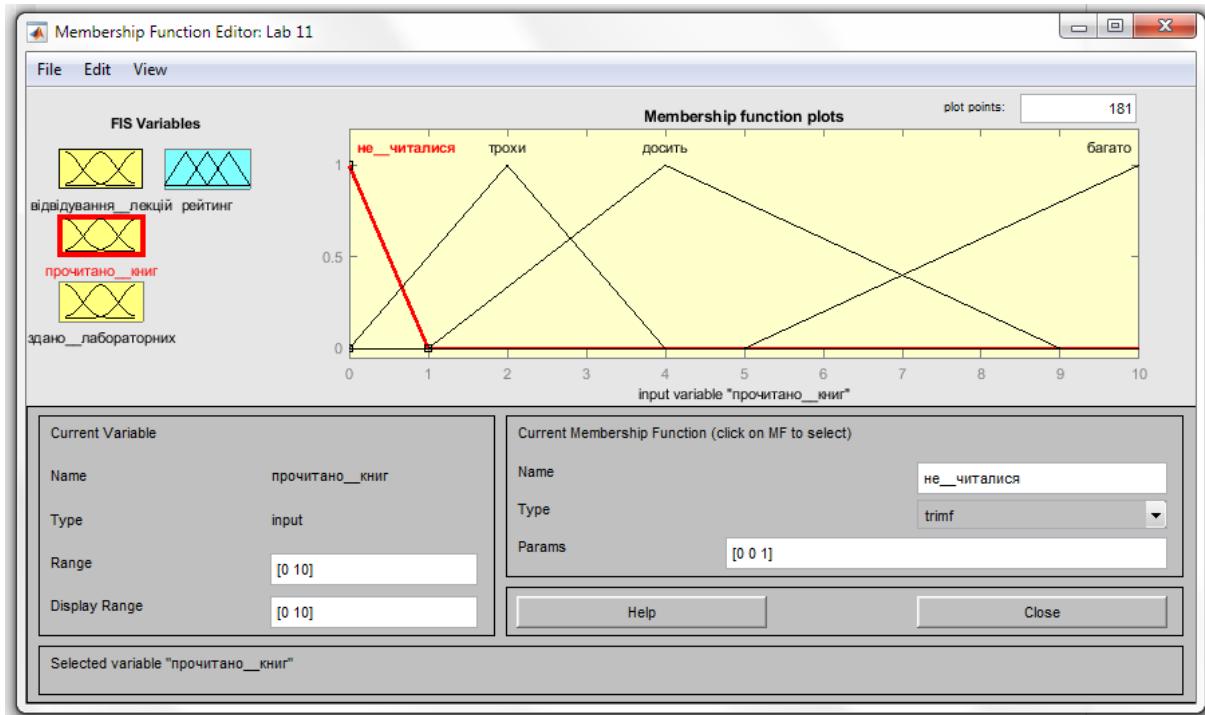


Рис. 3. Функції приналежності змінної "прочитано книг"

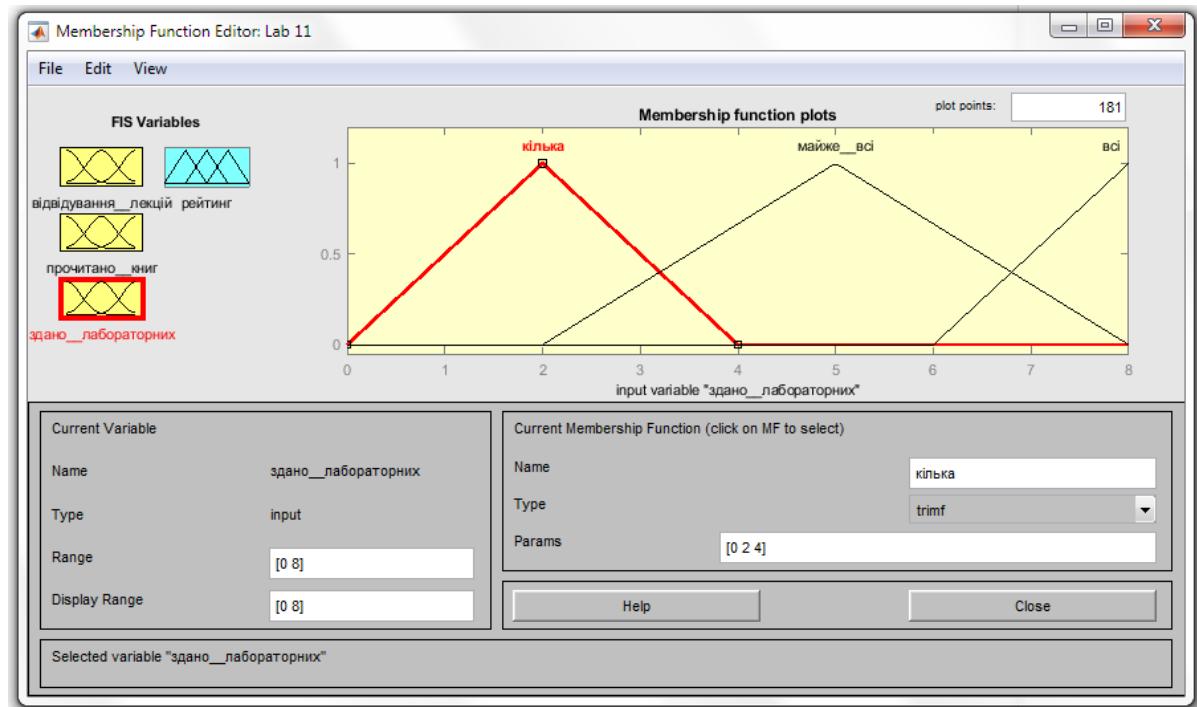


Рис. 4. Функції приналежності змінної "здано лабораторних"

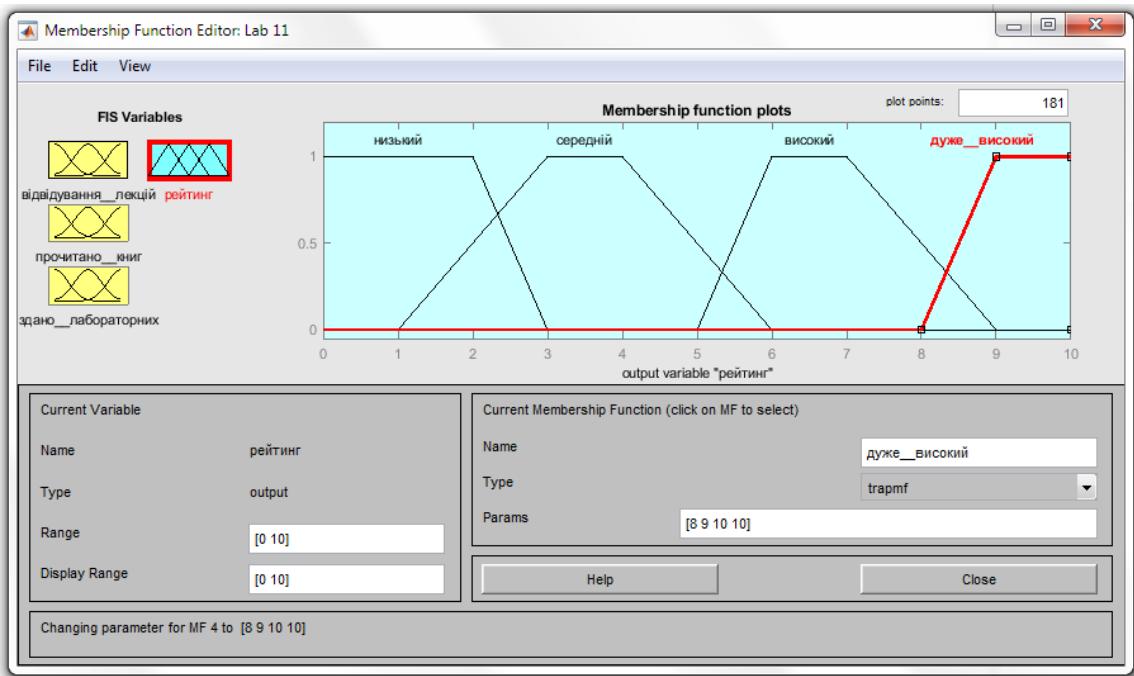


Рис. 5. Функції принадлежності змінної "рейтинг"

Перейдемо до конструювання правил.

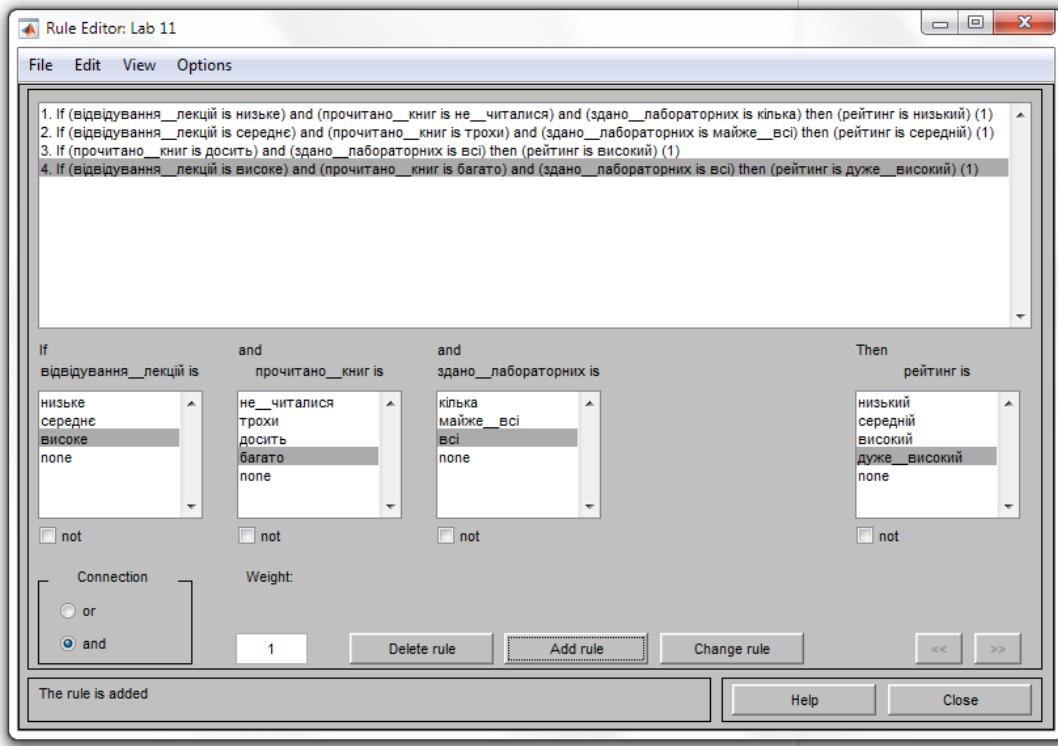


Рис. 6. Підсумковий набір правил у завданні про побудову рейтингу студентів

Тепер встановимо значення змінних згідно варіанту(8):

- відвідувань лекцій = 50 (тобто середнє),
- прочитано книг = 6 (тобто досить).
- здано лабораторних = 5 (тобто майже всі).

Побачимо **відповідь**: $рейтинг = 5$ (тобто середній).

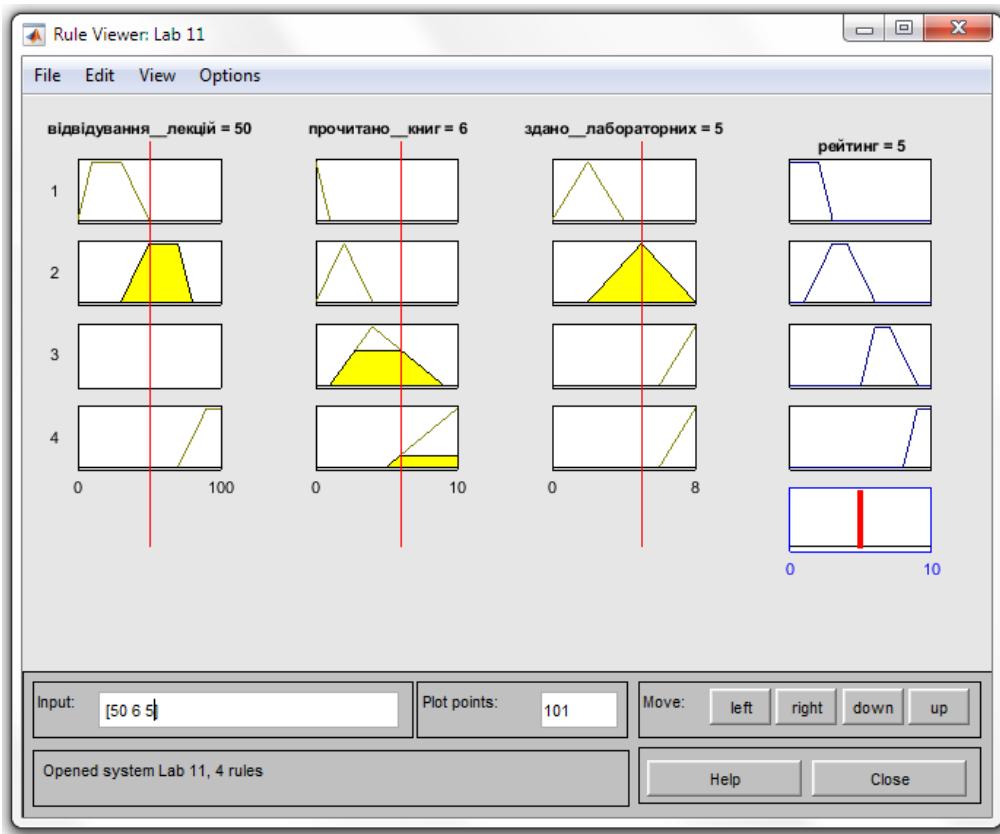


Рис. 7. Вікно перегляду правил у завданні про побудову рейтингу студентів

Підтвердженням зазначеної залежності вихідної змінної від входних може служити вид поверхні відгуку.

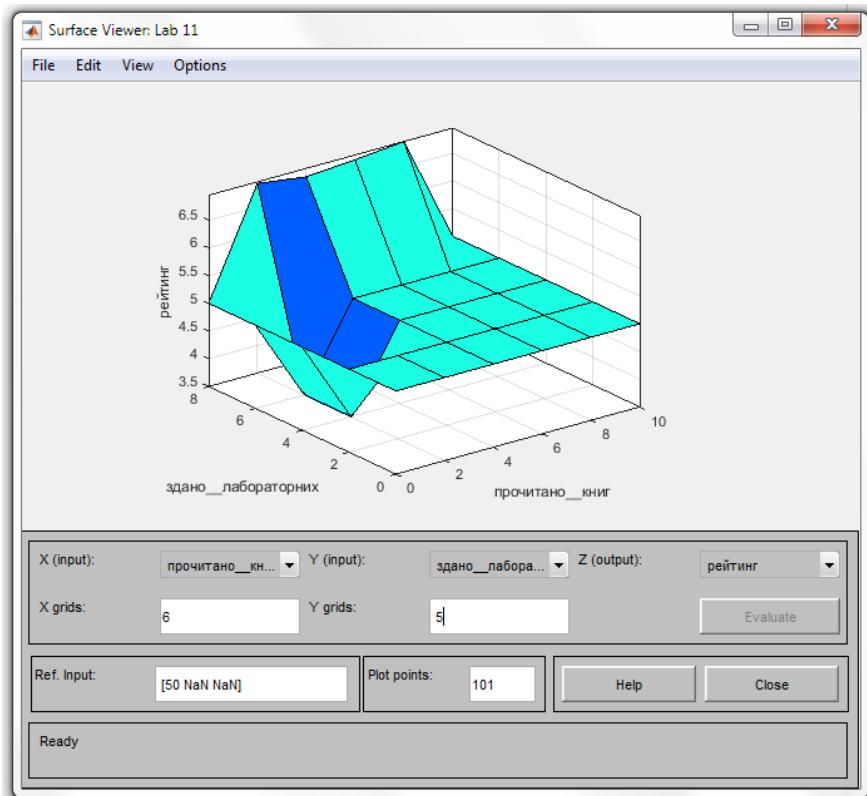


Рис. 8. Графічний вид залежності вихідної змінної від входних

Згідно з завданням 2 для побудованої системи визначення рейтингу студента, необхідно розширити нечітку базу знань «ЯКЩО - ТО» для того щоб система працювала більш коректно.

Додамо ще декілька:

5. якщо відвідування лекцій низьке, або книг прочитано трохи, або лабораторних робіт здано кілька, ТО рейтинг низький;
6. якщо відвідування лекцій середнє, або книг прочитано багато, або лабораторні роботи здані майже всі, ТО рейтинг середній;
7. якщо відвідування лекцій середнє I лабораторні роботи здані всі, ТО рейтинг високий;
8. якщо відвідування лекцій високе, I лабораторні роботи здані всі, ТО рейтинг дуже високий.

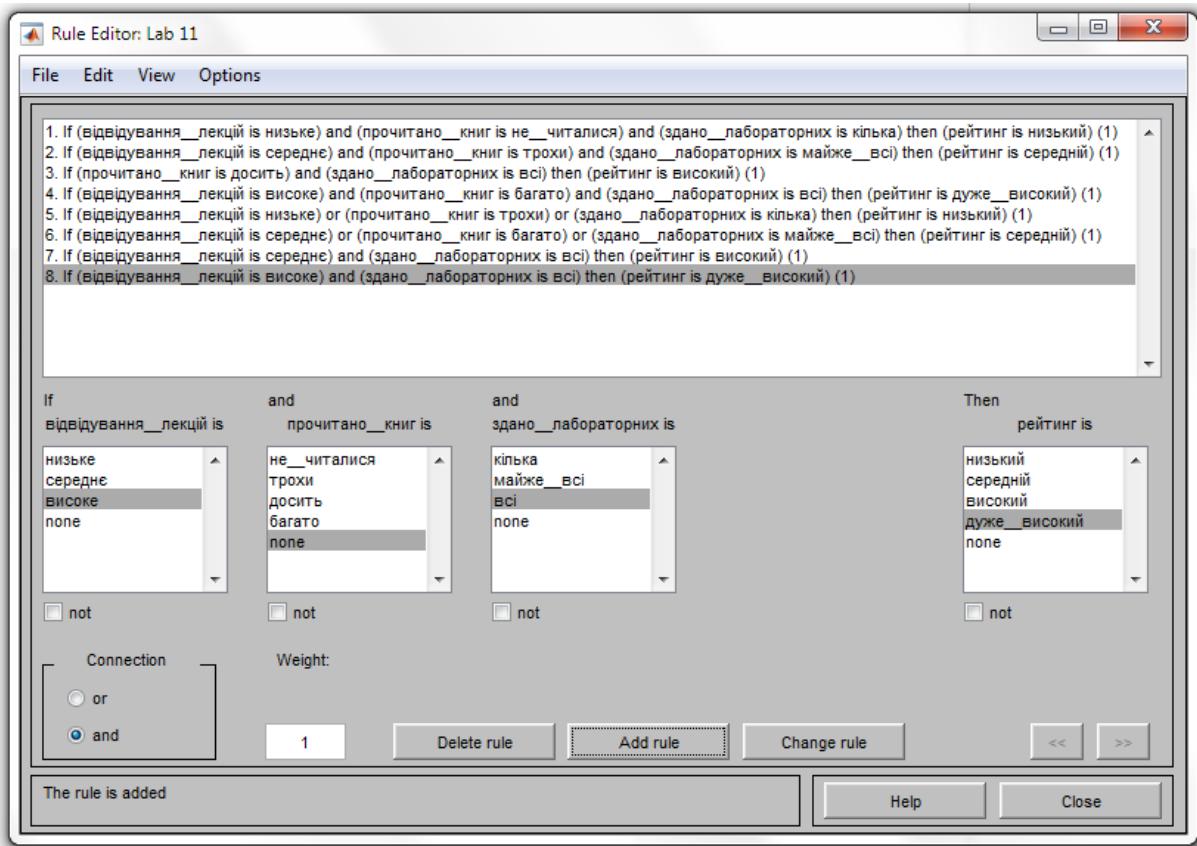


Рис. 9. Підсумковий набір правил у завданні про побудову рейтингу студентів

Тепер встановимо значення змінних згідно варіанту(8):

- відвідувань лекцій = 50 (тобто середнє),
- прочитано книг = 6 (тобто досить).
- здано лабораторних = 5 (тобто майже всі).

Побачимо *відповідь*: $рейтинг = 3.5$ (тобто середній).

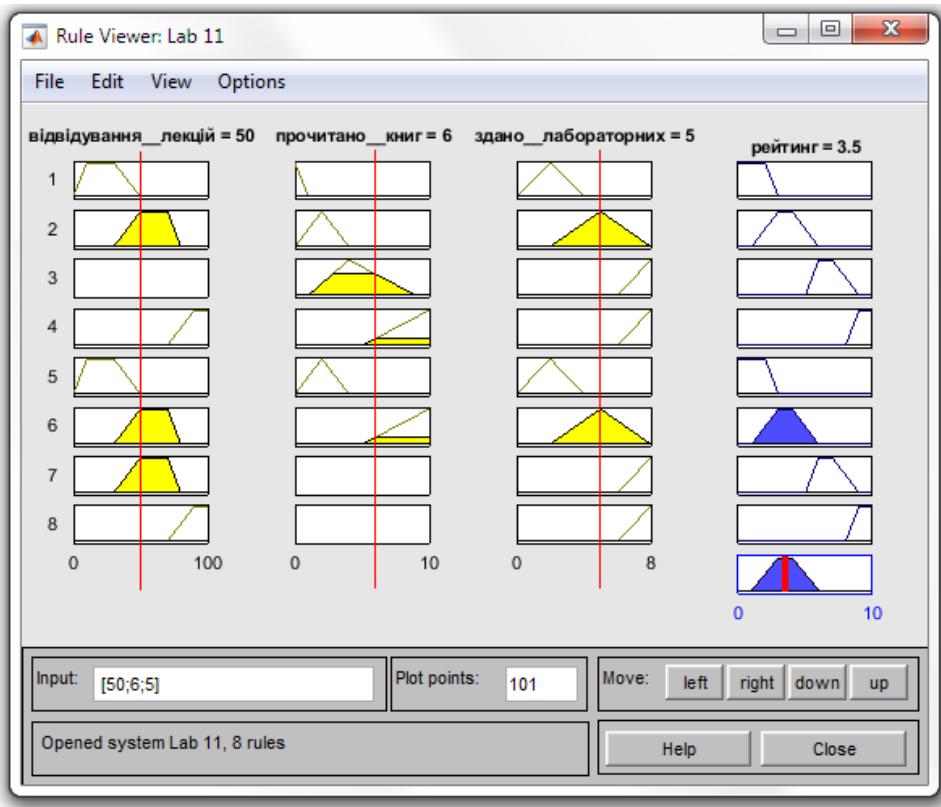


Рис. 10. Вікно перегляду правил у завданні про побудову рейтингу студентів

Створена в даній лабораторній роботі нечітка система збережена як файл Lab 11.fis.

Результат

Встановивши значення змінних: відвідувань лекцій = 50 (тобто середнє), прочитано книг = 6 (тобто досить), здано лабораторних = 5 (тобто майже всі), побачимо **відповідь**: рейтинг = 5 (тобто середній) у першому випадку та рейтинг = 3.5 (тобто середній) у другому.

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 12

Пороскун О.

Варіант 8

Вирішення найпростіших задач з використанням графічного інтерфейсу пакету
Fuzzy Logic Toolbox

Завдання

Побудувати і детально описати нечіткі апроксимуючі системи.

Варіанти завдань

Табл. 1

Варіант	В и д ф у н к ц і ї
01	$z = 5 \sin x + a$
02	$p = -x + \sin 7x + a$
03	$z = ax + \sin 5x$
04	$z = 0.33ax + \sin x$
05	$z = a(5x + 100 \sin x)$
06	$z = 0.33x^2 + 25a \cos x^2$
07	$p = \cos x + ae^x$
08	$u = ax - 100 \cos x^2$
09	$r = x - a \cos x^2$
10	$p = 0.33ae^x$
11	$z = 0.33x + 0.77a \cos x^2$
12	$z = 3 \sin x + 7a$
13	$p = \cos x + 33ae^x$
14	$z = ax + \cos x^2 - b$
15	$p = 100 \cos x - 0.01ae^x$
16	$z = x^2 - 10a$
17	$z = ax + \sin 10x$
18	$u = ax - 15 \cos x^2$

Приклад

Спробуємо сконструювати нечітку систему, що відображає залежність між змінними x і y , задану за допомогою табл. А (легко бачити, що представлені в таблиці дані відображають залежність $y = x^2$).

Таблиця А

Значення x та y

x	-1	-0.6	0	0.4	1
y	1	0.36	0	0.16	1

Хід роботи

Командою (функцією) Fuzzy з режиму командного рядка запускається основна інтерфейсна програма пакету Fuzzy Logic-редактор нечіткої системи виводу (Fuzzy Inference System Editor, FIS Editor, FIS-редактор). Вид вікна наведено на рис. 1.1.

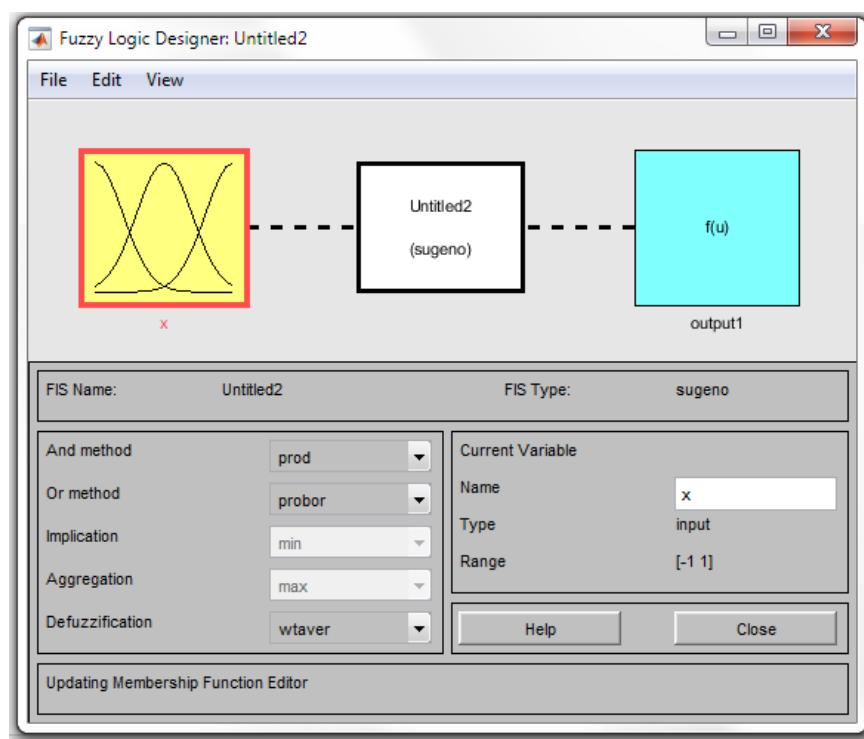


Рис. 1.1. Вид вікна Fis Editor

Необхідні дії відобразимо наступними пунктами.

- 1) У позиції меню File вибираємо опцію New Sugeno FIS (нова система типу Sugeno), при цьому в блоці, що відображається білим квадратом у верхній частині вікна редактора з'явиться напис Untitled2 (sugeno).

2) Клацнемо лівою кнопкою миші по блоку, названому input1 (вхід1). Потім в правій частині редактора в поле, названому Name (Ім'я) замість input1 введемо позначення нашого аргументу, тобто x. звернемо увагу, що якщо тепер зробити де-небудь (поза блоків редактора) одноразовий клацання миші, то ім'я зазначеного блоку зміниться на x; те ж досягається натисканням після введення клавіші Enter.

3) Двічі клацнемо по цьому блоку. Перед нами відкриється вікно редактора функцій принадлежності-Membership Function Editor. Увійдемо в позицію меню Edit даного редактора і виберемо в ньому опцію Add MFs (Add Membership Funcions - Додати функції принадлежності). При цьому з'явиться діалогове вікно, дозволяє задати тип (MF type) і кількість (Number of MFs) функцій принадлежності (в даному випадку все відноситься до вхідного сигналу, тобто до змінної x). Виберемо гаусові функції принадлежності(gaussmf), а їх кількість задамо, рівним п'яти - по числу значень аргументу в табл. А. підтвердимо введення інформації натисканням кнопки OK, після чого відбудеться повернення до вікна редактора функцій принадлежності.

4) В полі Range (діапазон) встановимо діапазон зміни x від -1 до 1, тобто діапазон, відповідний табл. А. клацнемо потім лівою кнопкою миші де-небудь в поле редактора (або натиснемо клавішу введення Enter). Звернемо увагу, що після цього відбудеться відповідна зміна діапазону в поле Display Range (діапазон дисплея).

5) Звернемося до графіків заданих нами функцій принадлежності, зображенім у верхній частині вікна редактора функцій принадлежності. Зауважимо, що для успішного вирішення поставленого завдання необхідно, щоб ординати максимумів цих функцій збігалися із заданими значеннями аргументу x. для лівої, Центральної і правої функцій така умова виконана, але дві інших необхідно "посунути" уздовж осі абсцис. "Пересувка" робиться досить просто: підводимо курсор до потрібної кривої і клацаємо лівою кнопкою миші. Крива вибирається, фарбуєчись в червоний колір, після чого за допомогою курсору її і можна посунути в потрібну сторону (більш точну установку можна провести, змінюючи числові значення в поле Params (параметри) - в даному випадку кожної функції принадлежності відповідають два параметри, при цьому перший визначає розмах кривої, а другий - положення її центру). Для обраної кривої, крім цього в поле Name можна змінювати ім'я (завершивши введення кожного імені натисканням клавіші Enter). Проробимо необхідні переміщення кривих і задамо всім п'яти кривим нові імена, наприклад:

- самої лівої - bn,
- наступної - n,
- центральної - z,
- наступною за нею праворуч - p,
- самої правої - bp.

Маємо наступні графіки (рис. 1.2):

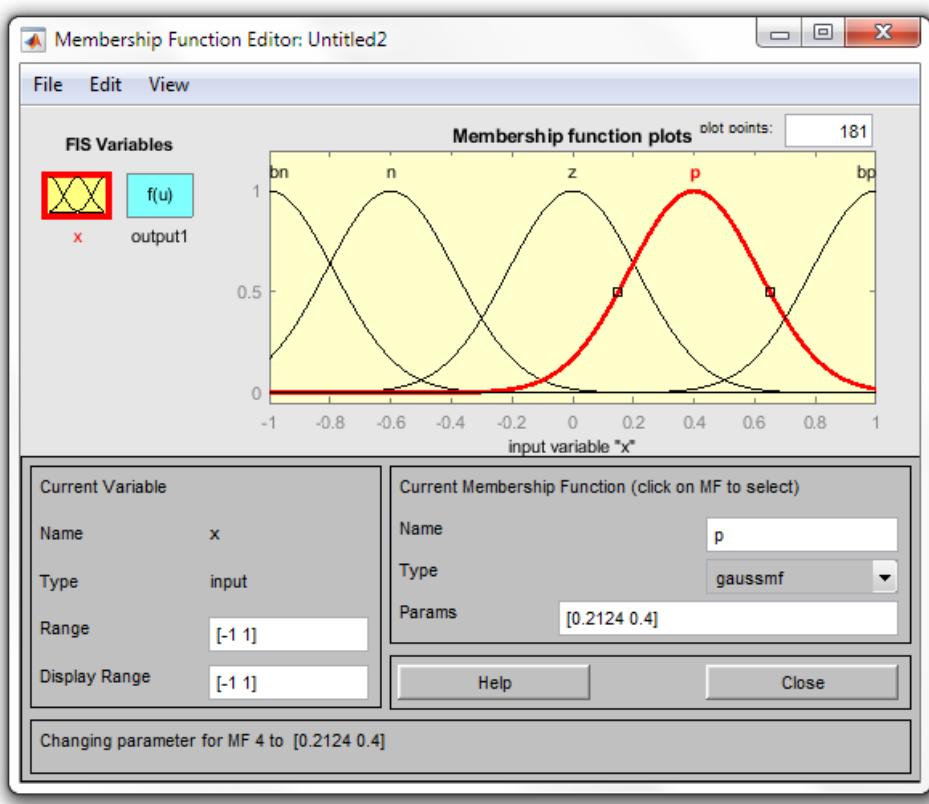


Рис. 1.2. Вікно редактора функцій приналежності

Натиснемо кнопку Close і вийдемо з редактора функцій приналежності, повернувшись при цьому у вікно редактора нечіткої системи (FIS Editor).

- 6) Зробимо одноразове клацання лівою кнопкою миші по блакитному квадрату (блоку), названому output1 (виході1). У віконці Name замінимо ім'я output1 на у (як в пункті 2).
- 7) Двічі клацнemo по зазначеному блоку і перейдемо до програми - редактора функцій приналежності. У позиції меню Edit виберемо опцію Add MFs. З'являється потім діалогове вікно, воно дозволяє задати тепер в якості функцій приналежності тільки лінійні (linear) або постійні (constant) - в залежності від того який алгоритм Sugeno (1-го або 0-го порядку) ми вибираємо. У даній задачі необхідно вибрати постійні функції приналежності із загальним числом 4 (по числу різних значень у в табл. А). Підтвердимо введені дані натисканням кнопки OK, після чого відбудеться повернення у вікно редактора функцій приналежності.
- 8) Звернемо увагу, що тут діапазон (Range) зміни, що встановлюється за замовчуванням - [0,1], змінювати не потрібно. Змінимо лише імена функцій приналежності (їх графіки при використанні алгоритму Sugeno для вихідних змінних не наводяться), наприклад, задавши їх як відповідні числові значення у, тобто 0, 0.16, 0.36, 1; одночасно ці ж числові значення введемо в поле Params (рис. 1.3). Потім закриємо вікно натисканням кнопки Close і повернемося у вікно FIS-редактора.

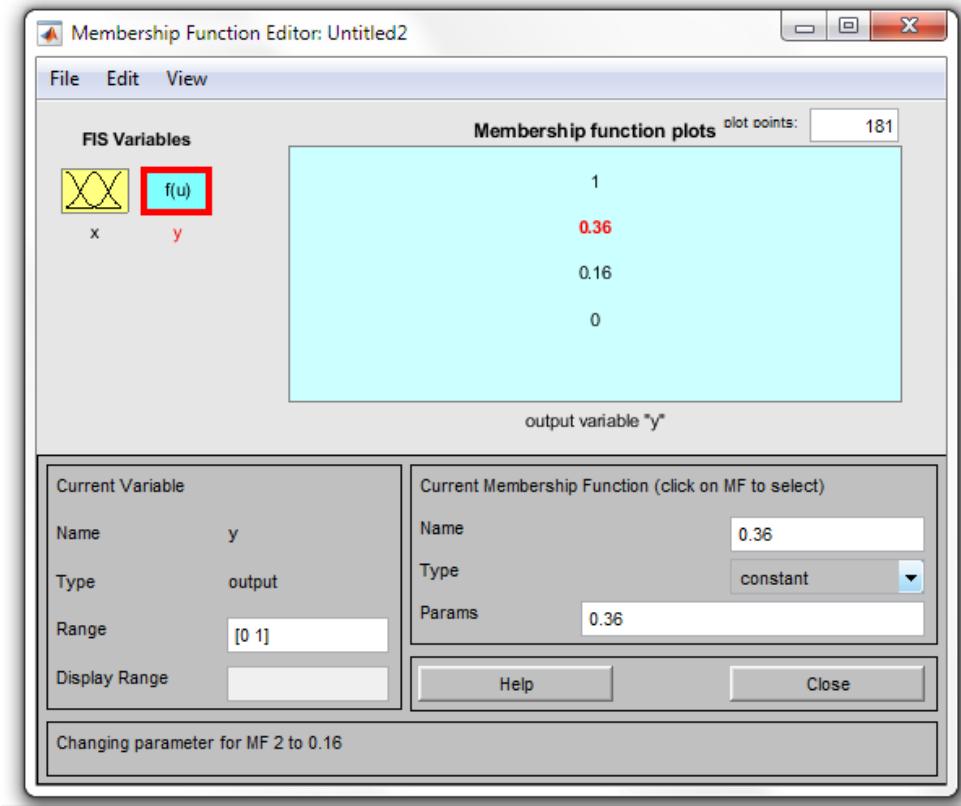


Рис. 1.3. Параметри функцій приналежності змінної у

9) Двічі класнемо лівою кнопкою миші по середньому (білому) блоку, при цьому розкриється вікно ще однієї програми - редактора правил (Rule Editor). Введемо відповідні правила. При введенні кожного правила необхідно позначити відповідність міжожною функцією приналежності аргументу x і числовим значенням y . Крива, позначена нами b_n відповідає $x = -1$, тобто $y = 1$. Виберемо, тому в лівому полі (з заголовком x is) b_n , а в правому 1 і натиснемо кнопку Add rule (Додати правило). Введене правило з'явиться у вікні правил і буде являти собою запис: 1. If (x is b_n) then (y is 1) (1). Аналогічно зробимо для всіх інших значень x , в результаті чого сформується набір з 5 правил (див. рис. 1.4). Закриємо вікно редактора правил і повернемося у вікно FIS-редактора. Побудова системи закінчено і можна почати експерименти по її дослідженню. Зауважимо, що більшість опцій вибиралося нами за замовчуванням.

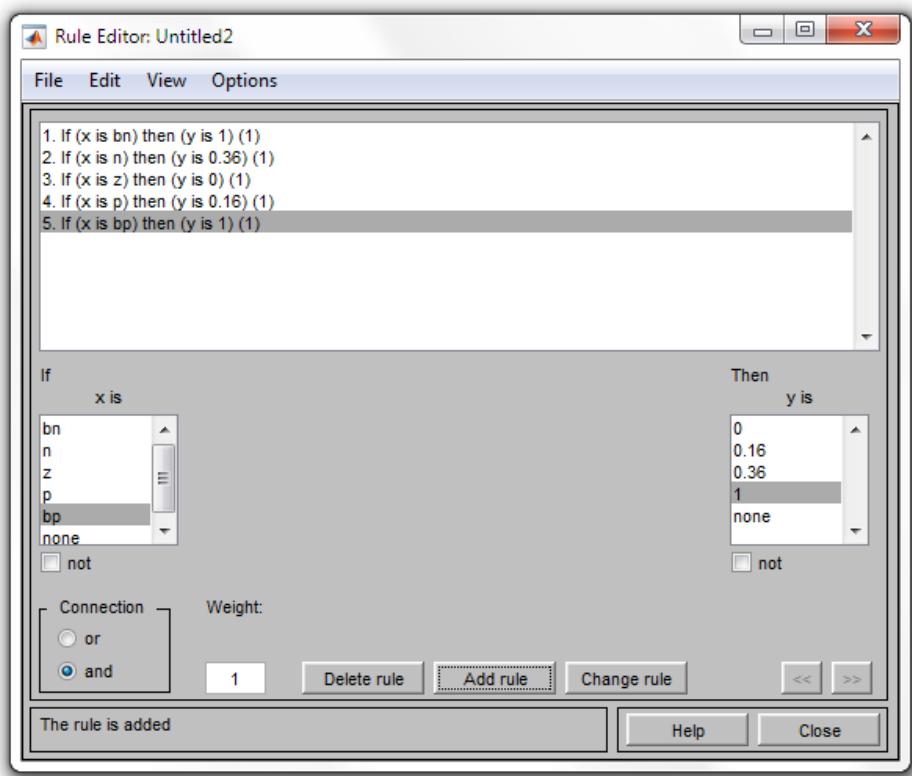


Рис. 1.4. Вікно редактора правил

10) Попередньо збережемо на диску (використовуючи пункти меню File/Save to disk as...) створену систему під яким-небудь ім'ям, наприклад, Lab 12 Example) виберемо позицію меню View. Як видно з випадаючого при цьому підменю, за допомогою пунктів Edit membership functions і Edit rules можна зробити перехід до двох вище розглянутим програмам - редакторам функцій приналежності і правил (те ж можна зробити і натисканням клавіш Ctrl+2 або Ctrl+3), але зараз нас будуть цікавити два інших пункти - View rules (перегляд правил) і View surface (перегляд поверхні). Виберемо пункт View rules, при цьому відкриється вікно ще однієї програми - перегляду правил (Rule Viewer).

12) У правій частині вікна в графічній формі представлені функції приналежності аргументу x , в лівій - змінної виходу у з поясненням механізму прийняття рішення. Червона вертикальна риса, що перетинає графіки в правій частині вікна, яку можна переміщати за допомогою курсору, дозволяє змінювати значення змінної входу (це ж можна робити задаючи числові значення в поле Input (вхід)), при цьому відповідно змінюються значення у в правій верхній частині вікна. Задамо, наприклад, $x=0.5$ в поле Input і натиснемо потім клавішу введення (Enter). Значення у відразу зміниться і стане рівним 0.202(див. рис. 1.5). Таким чином, за допомогою побудованої моделі і вікна перегляду правил можна вирішувати задачу інтерполяції, тобто завдання, рішення якої і потрібно знайти. Зміна аргументу шляхом переміщення червоної вертикальної лінії дуже наочно демонструє, як система визначає значення виходу.

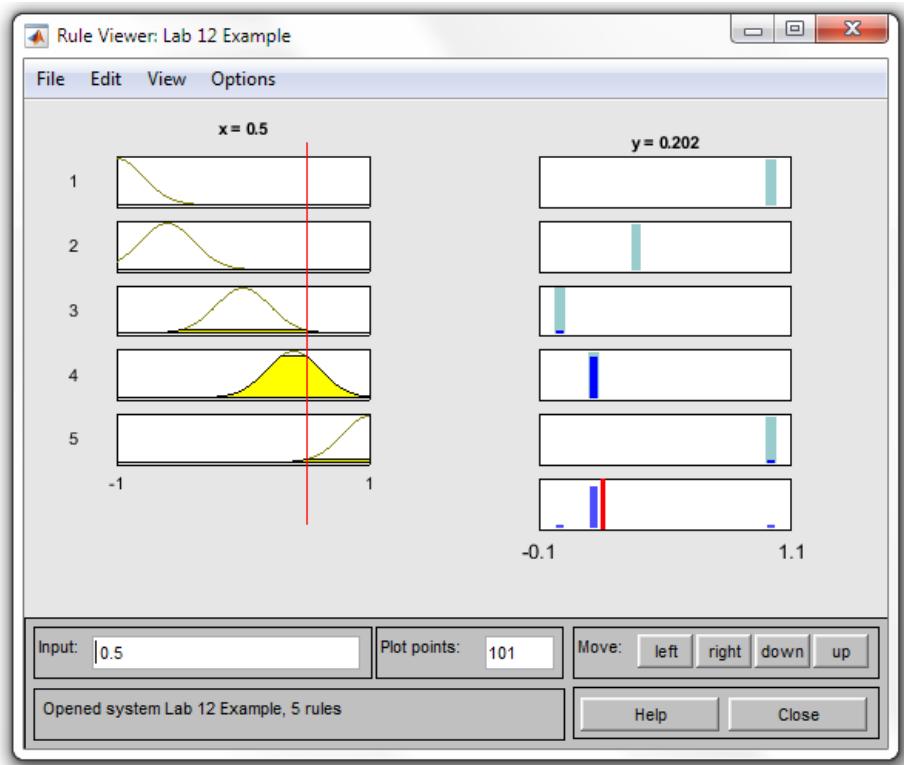


Рис. 1.5. Вікно перегляду правил

13) Закриємо вікно перегляду правил і вибором пункту меню View/View surface перейдемо до вікна перегляду поверхні відгуку (виходу), в нашому випадку - до перегляду кривої $y(x)$ (див. рис. 1.6). Видно, що змодельоване системою по таблиці даних (табл. А) відображення не дуже - то нагадує функцію x^2 . Ну що ж, нічого дивного в цьому немає: число експериментальних точок невелика, та й параметри функцій приналежності (для x) обрані, швидше за все, неоптимальним чином.

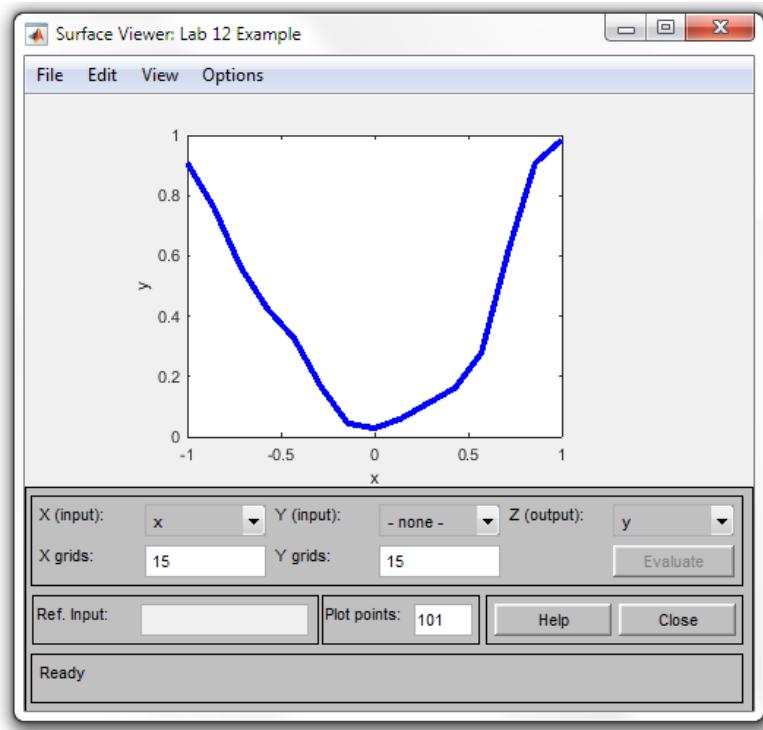


Рис. 1.6. Вікно перегляду поверхні відгуку

Завдання по варіанту

Побудувати і детально описати нечіткі апроксимуючі системи.

Варіанти завдань

Табл. 1

Варіант	В и д ф у н к ц і ї
01	$z = 5 \sin x + a$
02	$p = -x + \sin 7x + a$
03	$z = ax + \sin 5x$
04	$z = 0.33ax + \sin x$
05	$z = a(5x + 100 \sin x)$
06	$z = 0.33x^2 + 25a \cos x^2$
07	$p = \cos x + ae^x$
08	$u = ax - 100 \cos x^2$
09	$r = x - a \cos x^2$
10	$p = 0.33ae^x$
11	$z = 0.33x + 0.77a \cos x^2$
12	$z = 3 \sin x + 7a$
13	$p = \cos x + 33ae^x$
14	$z = ax + \cos x^2 - b$
15	$p = 100 \cos x - 0.01ae^x$
16	$z = x^2 - 10a$
17	$z = ax + \sin 10x$
18	$u = ax - 15 \cos x^2$

Хід роботи

Спробуємо сконструювати нечітку систему, що відображає залежність між змінними x і y , задану за допомогою табл. 1.

За допомогою пакету MATLAB розрахуємо значення функції заданої по варіанту(8).

Файл *Lab 12 Task 1.m*

```
% СА та ТПР Лаб 12 Пороскун О. ПМ-81
% Варіант 8
```

```
close all
clear all
clc

a = 8;
```

```

x = -2:2;
u = a*x - 100*cos(x.^2);

fprintf('Функція u(x) = a*x - 100*cos(x^2)\n');
fprintf('a = %s\n', num2str(a));
fprintf('x\tu(x)\n');
for k = 1:length(u)
    fprintf('%s\t', num2str(x(k)));
    fprintf('%s\n', num2str(u(k)));
end
fprintf('\n');

```

Результат роботи програми:

```

Command Window
Функція u(x) = a*x - 100*cos(x^2)
a = 8
x   u(x)
-2  49.3644
-1  -62.0302
0   -100
1   -46.0302
2   81.3644

fx >>

```

Отже, маємо наступну таблицю зі значеннями x та $u(x)$:

Таблиця Б

Значення x та $u(x)$

x	$u(x)$
-2	49.3644
-1	-62.0302
0	-100
1	-46.0302
2	81.3644

Необхідні дії далі виконуємо аналогічно до прикладу.

Командою (функцією) Fuzzy з режиму командного рядка запускаємо основну інтерфейсну програму пакету Fuzzy Logic-редактор нечіткої системи виводу. Вибираємо опцію New Sugeno FIS, маємо вид вікна наведено на рис. 2.1

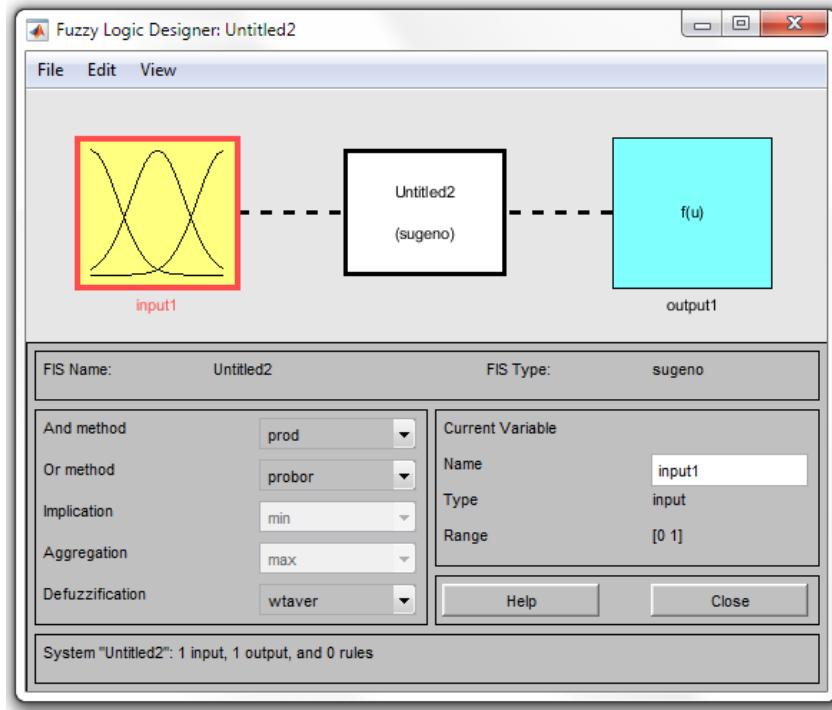


Рис. 2.1. Вид вікна Fis Editor

Тепер задаємо функціїй приналежності вхідної змінної x . Виберемо гауссові функціїй приналежності(gaussmf), а їх кількість задамо, рівним п'яти - по числу значень аргументу в табл. Б. Встановимо діапазон зміни x від -2 до 2, тобто діапазон, відповідний табл. Б. Проробимо необхідні переміщення кривих і задамо всім п'яти кривим нові імена, наприклад:

- самої лівої - b_1 ,
- наступної - n ,
- центральної - z ,
- наступною за нею праворуч - p ,
- самої правої - b_p .

Маємо наступні графіки (рис. 2.2):

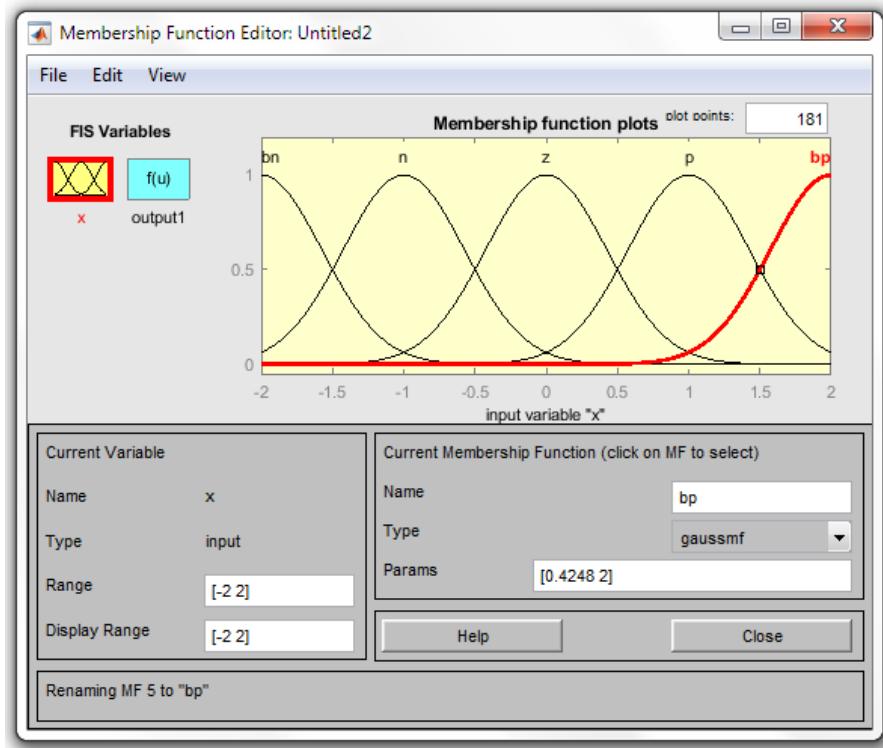


Рис. 2.2. Вікно редактора функцій приналежності

Тепер задаємо функції приналежності вихідної змінної u . Вибираємо постійні функції приналежності із загальним числом 5 (по числу різних значень u в табл. Б). Діапазон (Range) зміни, що встановлюється за замовчуванням - $[0,1]$, змінювати не потрібно. Змінимо лише імена функцій приналежності, наприклад, задавши їх як відповідні числові значення u , тобто $-100, -62.0302, -46.0302, 49.3644, 81.3644$; одночасно ці ж числові значення введемо в поле Params (рис. 2.3).

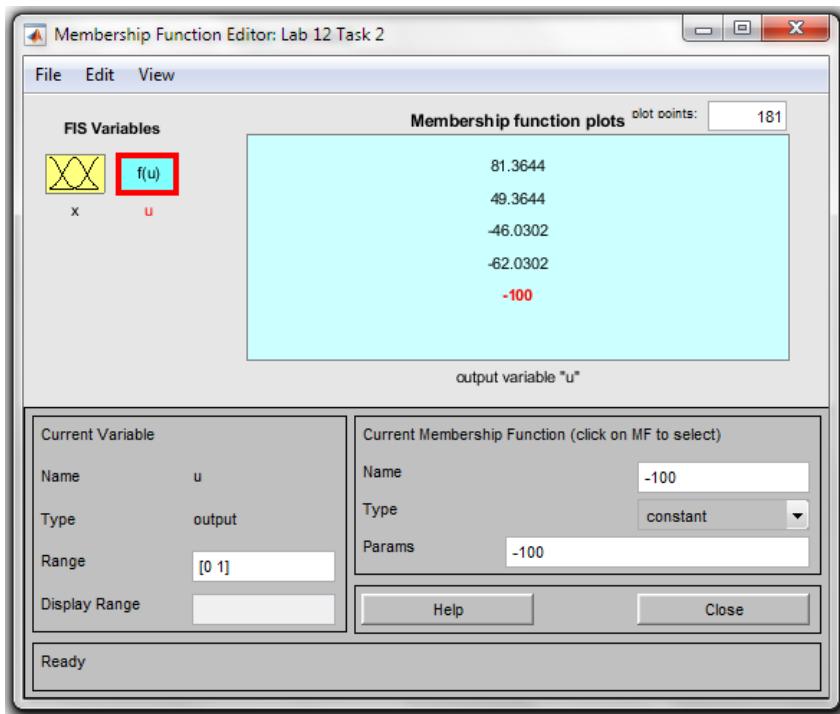


Рис. 2.3. Параметри функцій приналежності змінної u

Відкриваємо редактор правил (Rule Editor). Введемо відповідні правила(рис. 2.4).

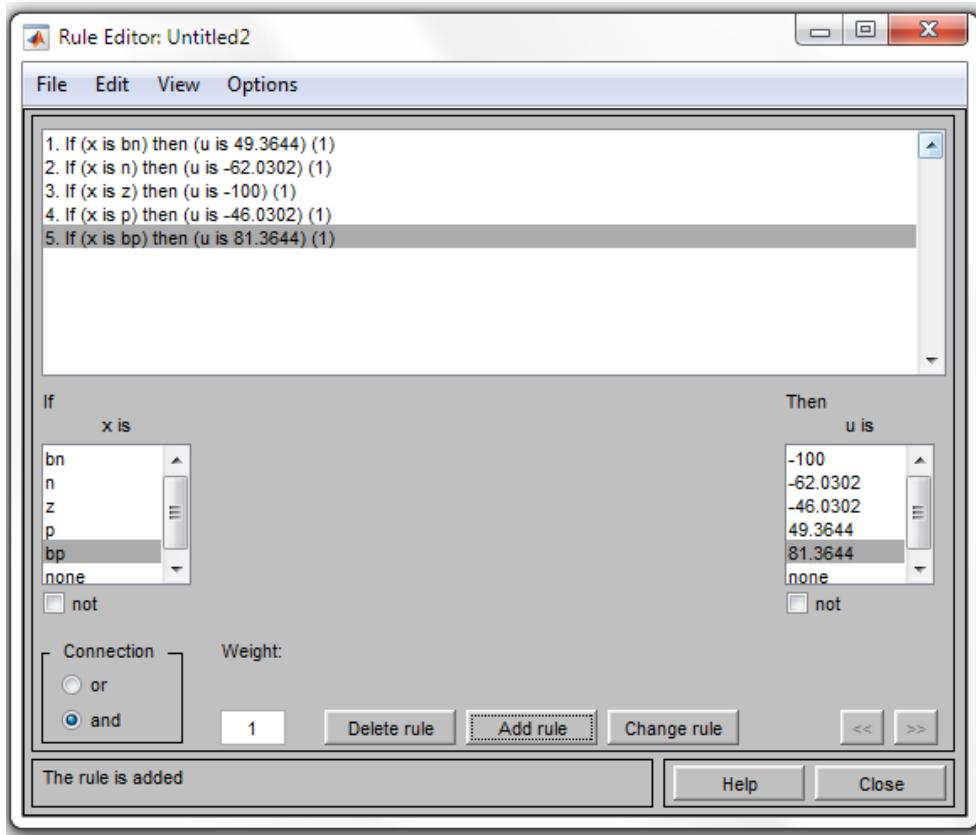


Рис. 2.4. Вікно редактора правил

Попередньо збережемо створену систему під ім'ям, Lab 12 Task 2.

Виберемо пункт View/View rules. Задамо, наприклад, $x=1.8$ в поле Input. Значення u стане рівним 61 (див. рис. 2.5). Таким чином, за допомогою побудованої моделі і вікна перегляду правил можна вирішувати задачу інтерполяції, тобто завдання, рішення якої і потрібно знайти. Зміна аргументу шляхом переміщення червоної вертикальної лінії дуже наочно демонструє, як система визначає значення виходу.

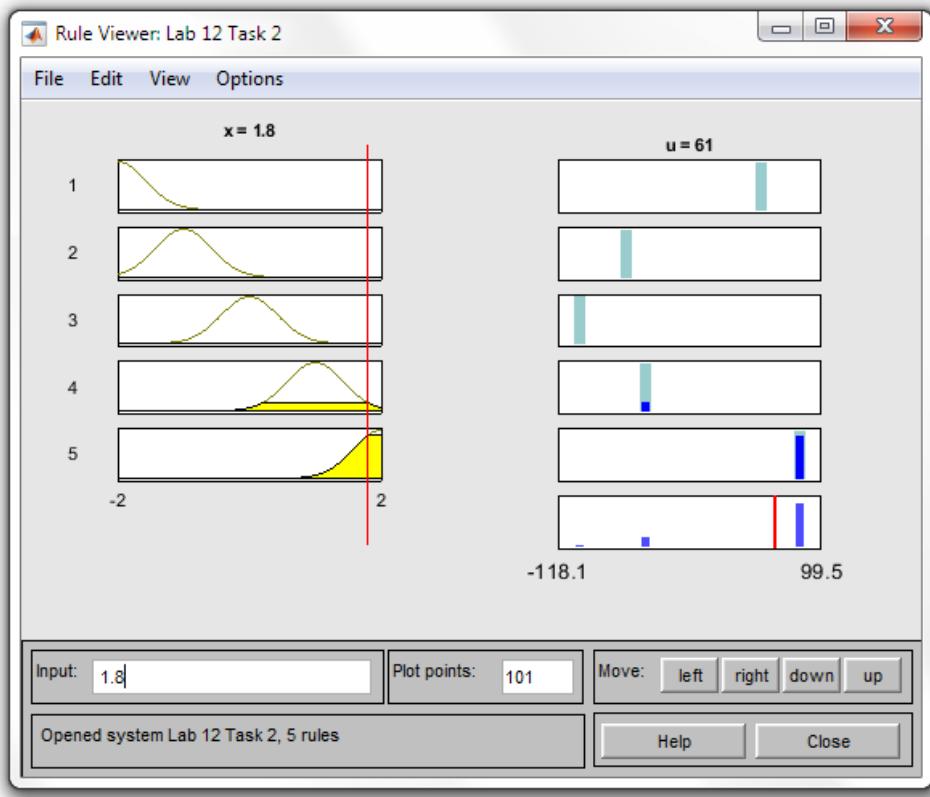


Рис. 2.5. Вікно перегляду правил

Тепер оберемо пункт меню View/View surface та перейдемо до вікна перегляду поверхні відгуку (виходу), в нашому випадку - до перегляду кривої $u(x)$ (див. рис. 2.6). Видно, що змодельоване системою по таблиці даних (табл. Б) відображення не дуже - то нагадує функцію з табл. Б. Ну що ж, нічого дивного в цьому немає: число експериментальних точок невелика, та й параметри функцій приналежності (для x) обрані, швидше за все, неоптимальним чином.

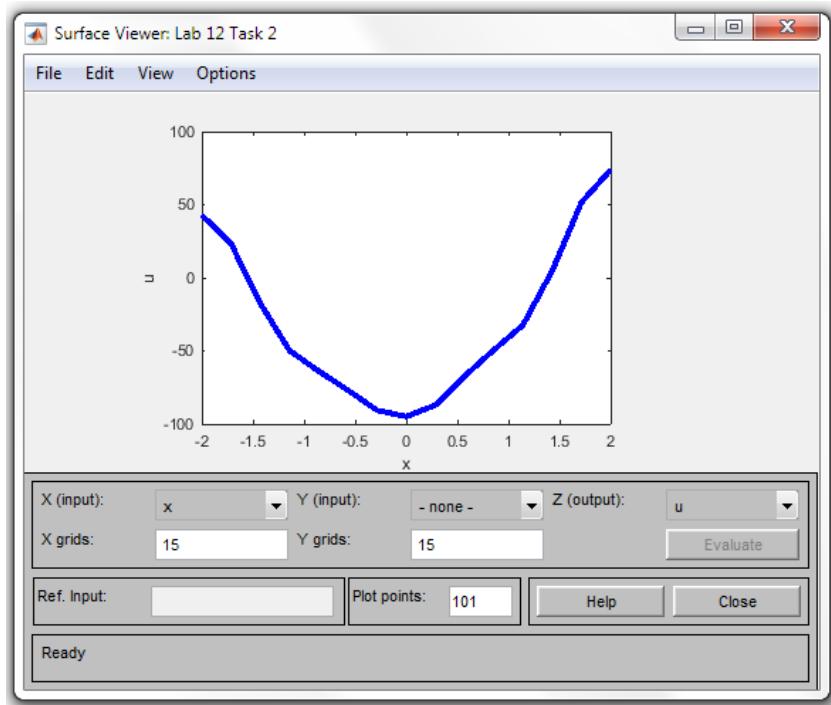


Рис. 2.6. Вікно перегляду поверхні відгуку

Системний аналіз та теорія прийняття рішень

Практична робота 13

Пороскун О.

Варіант 8

Настройка нечіткого регулятора

Завдання

Спроектувати систему типу Мамдані в залежності від свого номеру варіанту. Проектування системи нечіткого логічного висновку будемо проводити на основі графічного зображення зазначененої залежності.

Варіанти індивідуальних завдань

№	Вид залежності	Диапазон зм.
1.	$Z = x.^2 - y.^2$	x,y [-1 1]
2.	$Z = x.^3 + y.^2$	x,y [-1 1]
3.	$Z = \exp(-x.^2 - y.^2)$	x,y [-1 1]
4.	$Z = \exp(-x.^2 + y.^2)$	x,y [-2 2]
5.	$Z = x * y * \sin(x^2 + y^2)$	x,y [-2 2]
6.	$Z = x.^2 * \sin(y - 1)$	x,y [-2 2]
7.	$Z = y.^2 * \sin(x)$	x,y [-2 2]
8.	$Z = y.^2 * \cos(x)$	x,y [-2 2]
9.	$Z = y.^2 * \cos(x)^2$	x,y [-1, 1]
10.	$Z = 4 * \cos(x) / y$	x,y [0.5 3.14]
11.	$Z = (x - y) / (x + y)$	x,y [1 10]
12.	$Z = \exp(-x.^2) + \exp(-y.^2)$	x,y [-1, 1]
13.	$Z = x.^2 + y.^2$	x,y [-1, 10]
14.	$Z = 5 * x.^2 * \cos(y)$	x,y [-1, 1]
15.	$Z = -x * y + y.^2$	x,y [0, 5]
16.	$Z = 5 * x.^2 * \sin(y)$	x,y [-1, 1]
17.	$Z = y.^2 * \sin(x).^2$	x,y [-1, 1]
18.	$Z = 2 * x.^2 - (y - 1).^2$	x,y [-1, 1]
19.	$Z = y.^2 * \cos(x)$	x,y [-2, 2]
20.	$Z = x.^3 + y.^2$	x,y [-1, 1]

Хід роботи

Для побудови тривимірного зображення функції $Z = y^2 \cos(x)$ в області $x, y \in [-2, 2]$ складемо наступну програму:

Lab 13 Task.m

```
% СА та ТПР Лаб 13 Пороскун О. ПМ-81
% Варіант 8

close all
clear all
clc

% Побудова графіка функції Z = y.^2*cos(x)
% В області x, y ∈ [-2, 2] .

n = 15;
x = -2 : (2-(-2)) / (n-1) : 2;
y = x;
Z = zeros (n, n);

for j = 1:n
    Z(j, :) = y.^2 * cos(x(j));
end

surf (x, y, Z)
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('Z')
title('Target');
```

В результаті виконання програми отримаємо графічне зображення, наведене на рис. 1.

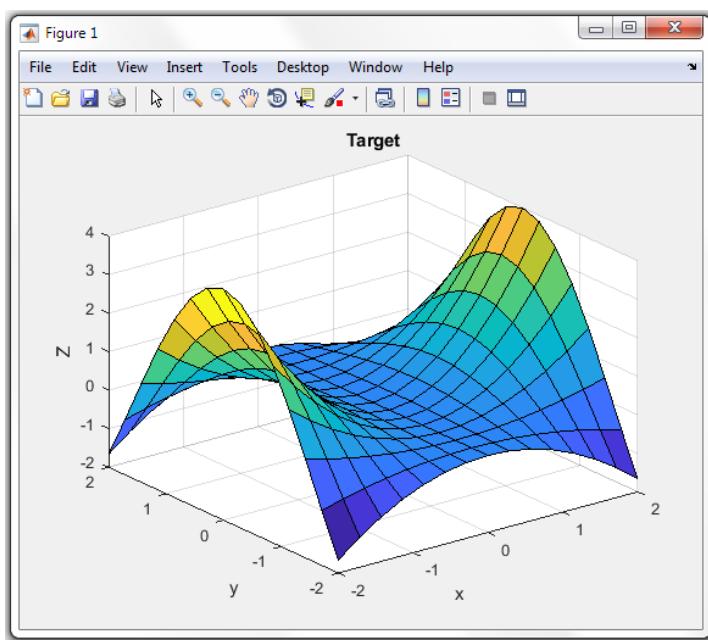


Рис.1. Еталонна поверхня

Процес проектування системи нечіткого логічного висновку, що відповідає наведеним графіком, наведений далі.

Командою (функцією) Fuzzy з режиму командного рядка запускається основна інтерфейсна програма пакету Fuzzy Logic-редактор нечіткої системи виводу.

Проектуємо систему типу Мамдані. Тепер задаємо функцій приналежності вхідних змінних x та y . Маємо наступні графіки (рис. 2):

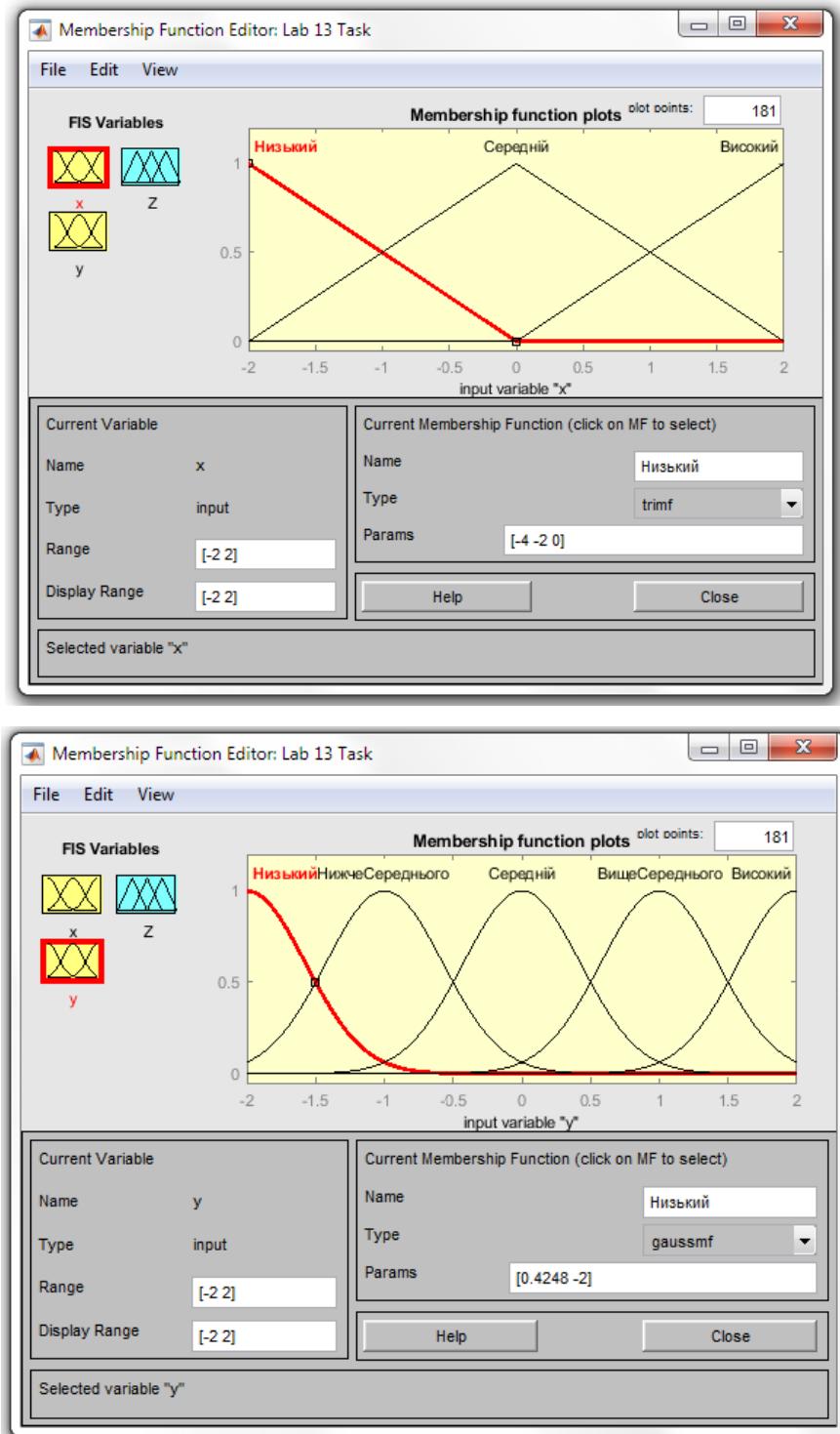


Рис. 2. Функції приналежності змінних x та y

Задамо функції належності змінної Z (рис.3):

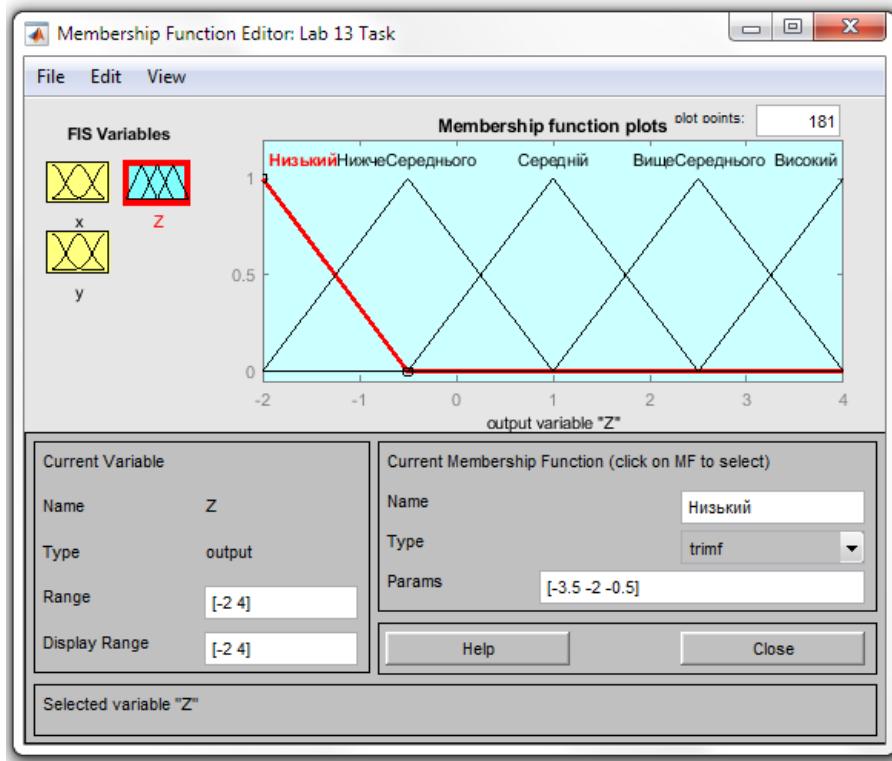


Рис. 3. Функції приналежності змінної Z

Відкриваємо редактор правил (Rule Editor). На основі візуального спостереження за графіком, зображеним на рис. 1 сформулюємо наступні дев'ять правил:

1. Якщо $x = \text{Середній}$, то $Z = \text{Нижче Середнього}$;
2. Якщо $x = \text{Низький}$ і $y = \text{Низький}$, то $Z = \text{Низький}$;
3. Якщо $x = \text{Низький}$ і $y = \text{Високий}$, то $Z = \text{Низький}$;
4. Якщо $x = \text{Низький}$ і $y = \text{Середній}$, то $Z = \text{Високий}$;
5. Якщо $x = \text{Високий}$ і $y = \text{Низький}$, то $Z = \text{Низький}$;
6. Якщо $x = \text{Високий}$ і $y = \text{Високий}$, то $Z = \text{Низький}$;
7. Якщо $x = \text{Високий}$ і $y = \text{Середній}$, то $Z = \text{Високий}$;
8. Якщо $x = \text{Низький}$ і $y = \text{Нижче Середнього}$, то $Z = \text{Вище Середнього}$;
9. Якщо $x = \text{Високий}$ і $y = \text{Нижче Середнього}$, то $Z = \text{Вище Середнього}$.

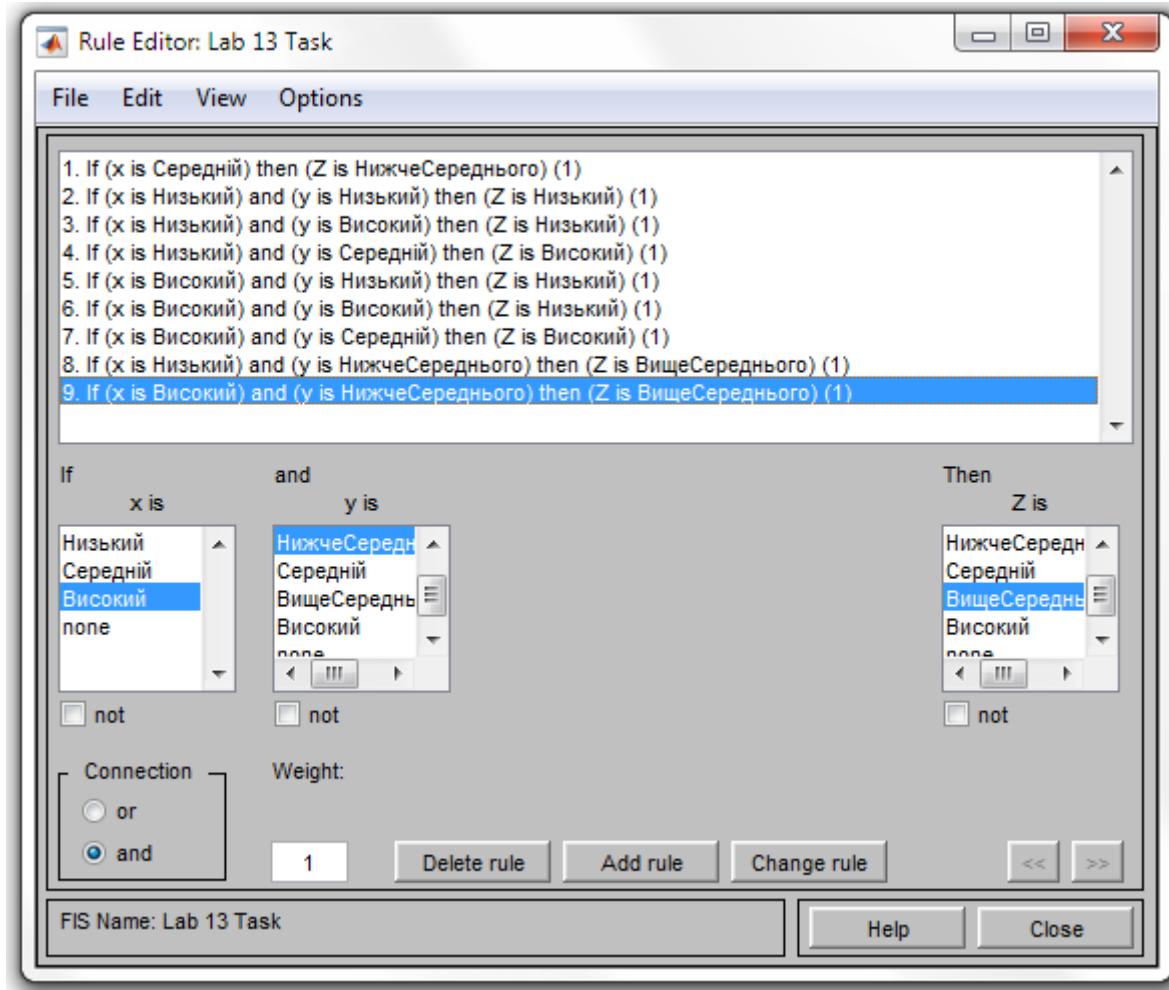


Рис. 4. База знань в RuleEditor

Попередньо збережемо створену систему під ім'ям, *Lab 13 Task.fis*.

Виберемо пункт View/View rules. Задамо, наприклад, $x = -2$, $y = -1$ в поле Input. Значення Z стане рівним 2,29 (див. рис. 5). Таким чином, за допомогою побудованої моделі і вікна перегляду правил можна вирішувати задачу інтерполяції, тобто завдання, рішення якої і потрібно знайти. Зміна аргументу шляхом переміщення червоної вертикальної лінії дуже наочно демонструє, як система визначає значення виходу.

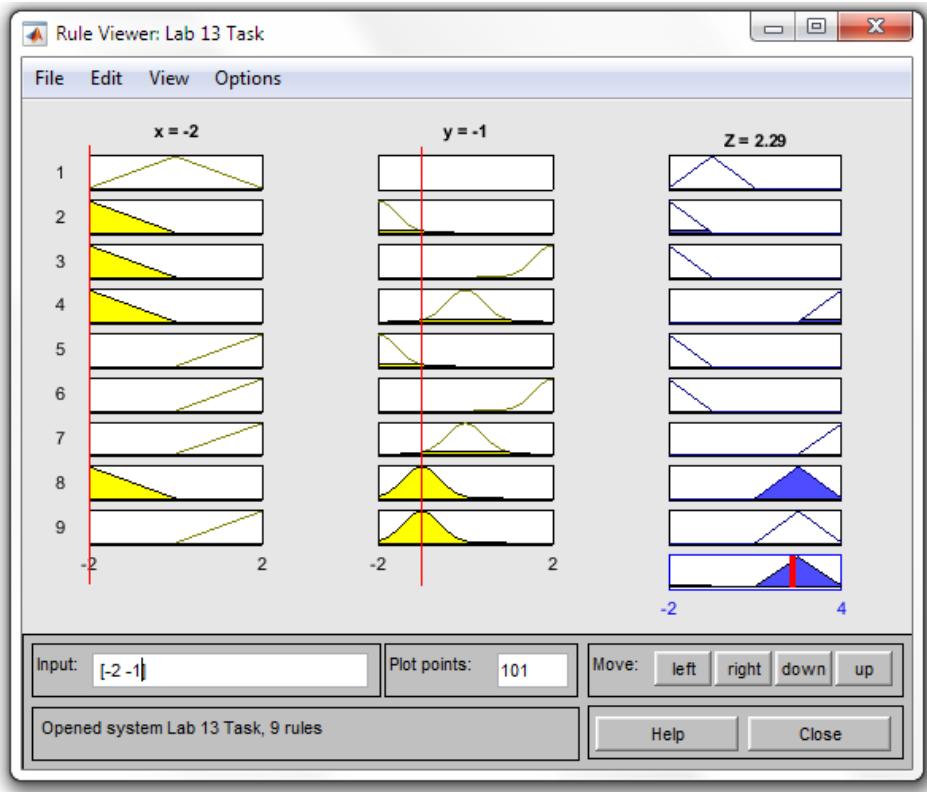


Рис. 5. Візуалізація нечіткого логічного висновку в RuleViewer

Тепер оберемо пункт меню View/View surface та перейдемо до вікна перегляду поверхні відгуку (виходу), в нашому випадку - до перегляду кривої $Z(x, y)$ (див. рис. 6). На рис. 6 приведена поверхня "входи-вихід", відповідна синтезованої нечіткої системі.

Порівнюючи поверхні на рис. 1 і на рис. 6 можна зробити висновок, що нечіткі правила досить добре описують складну нелінійну залежність.

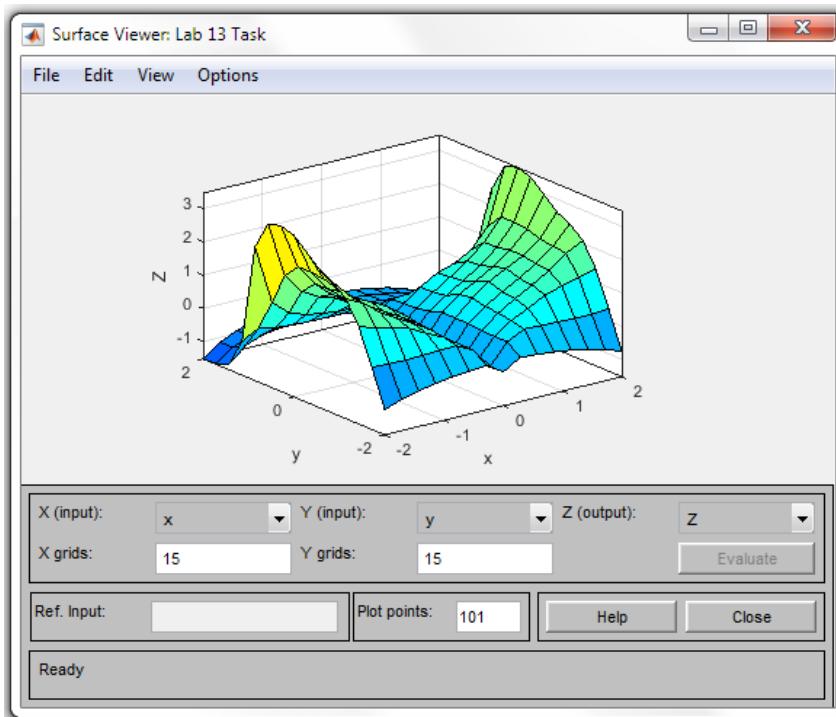


Рис. 6. Поверхня "вхід-вихід" у вікні SurfaceViwer

Тепер порівняємо числові значення системи заданої функцією та нечіткою логікою.

Таблиця 1

Значення x	Значення у	Значення Z_1 (визначене функцією)	Значення Z_2 (визначене нечіткою логікою)
-2	-1	-0.416	2.29
2	2	-1.664	-1.52
0	0	0	-0.5

Отже, по значенням з таблиці 1 можна зробити висновок, що нечіткі правила досить добре описують складну нелінійну залежність.