МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з курсу

ОСНОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУ-ВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ

для студентів спеціальностей 7.080401, 7.080403
всіх форм навчання

Черкаси ЧІТІ 2000 рік

Проектування складних об'єктів і систем є багатоаспектною, наукоємкою технічною задачею. Для її розв'язку необхідне врахування значної кількості факторів, економічних, організаційних, технологічних і технічних аспектів. Багатопараметрична оптимізація процесів проектування здійснюється ітераційними способами з використанням процедур синтезу, аналізу і прийняття рішень. В останній час велика увага приділяється процесам прийняття рішень з використанням нечітких припущень і висновків.

Організація процесу проектування є складною тривалою процедурою. Складність завдань, різноманітність обмежень, виробничих процесів стають для проектувальників часто проблемою, що не має вирішення. Для структуризації процесу проектування необхідно використовувати логічну схему проектування, що реалізує рух "від цілей до засобів". Формалізованим елементом, зручним для використання у проектних колективах, є ячейка проектування, яка включає в себе декомпозовану задачу, модель, початкові дані, обмеження, методи розв'язку, одержані рішення та критерії їх оцінки. Однією з основних задач для інженера стає вміння формувати схему проектування та компонувати її ячейки.

Лабораторна робота № 1.

Тема: Методи нечіткого аналізу для розв'язку економічно-організаційних задач проектування

Мета: Навчитись аналізувати експертні нечіткі заключення з використанням апарату теорії невизначеності.

Перелік питань, які повинен знати студент перед виконанням лабораторної роботи:

Основні поняття теорії ймовірності, основні прийоми програмування на алгоритмічних мовах, вивід графічної інформації.

Теоретичні відомості

Відомо, що в фінансуванні проекта приймають участь 4 організації, про які відомо наступне:

Організація А - абсолютно надійна і стабільна, сума фінансування складе 100 од.

Організація В - стабільна, можливе фінансування проекта в сумі від 70 до 140 од., причому більш ймовірно від 100 до 120 од.

Організація С - стабільна, але ненадійна, найбільша впевненість в тому, що фінан-сування буде надано в сумі від 100 до 200 од., але може бути і повністю відсутнім.

Організація Д - ненадійна і нестабільна, мабуть проект не профінансує, а якщо профі-нансує, то в розмірі 20 - 30 од., із зменшенням впевненості в наданні коштів із ростом суми.

Необхідно встановити найбільш ймовірну суму фінансування, найменш ймовірну і т.п.

Різні джерела фінансування представимо за допомогою нечітких величин, які будемо інтерпретувати як нечіткі інтервали, задані п’ятіркою елементів (m_1, m_2, α , β, h) (порядок слідування важливий), де
m_1 - ліве модальне значення, m_2 - праве модальне значення,
α - лівий коефіцієнт зкошеності, β - правий коефіцієнт зкошеності,
h - висота.
Нечітку величину можна зобразити за допомогою функції належності (рис.1).

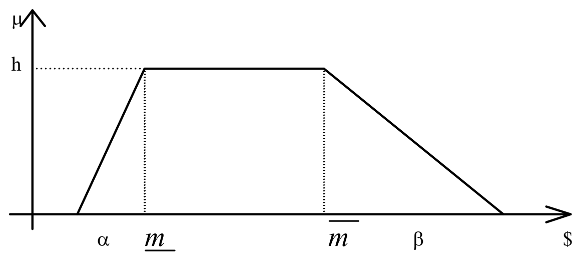


Рис. 1. Функція належності

Відмітимо, що нечітка величина $M_i \oplus M_j$, де M_i і M_j – два трапецієподібних нечітких інтервала, є також трапецієподібний інтервал $(\underline{m}, \overline{m}, \alpha, \beta, h)$,

де $$h = \min(h_i, h_j)\ ,\ \ \alpha = h\left(\frac{\alpha_i}{h_i} + \frac{\alpha_j}{h_j}\right)\ ,\ \ \beta = h\left(\frac{\beta_i}{h_i} + \frac{\beta_j}{h_j}\right),$$

$$\underline{m} = \underline{m}_i + \underline{m}_j - \alpha_i - \alpha_j + \alpha\ ,\ \ \overline{m} = \overline{m}_i + \overline{m}_j + \beta_i + \beta_j - \beta\,.$$

Постановка задачі

1. У відповідності з даними таблиць 1 і 2 вибрати свій варіант і відповідні п’ятірки A, B, C_1, C_2, D_1, D_2.
2. Побудувати графіки функцій належності для A, B, C_1, C_2, D_1, D_2.
3. Розрахувати чотири п’ятірки $S_1=A\oplus B\oplus C_1\oplus D_1$, $S_2=A\oplus B\oplus C_1\oplus D_2$, $S_3=A\oplus B\oplus C_2\oplus D_1$, $S_4=A\oplus B\oplus C_2\oplus D_2$.
4. Побудувати графіки функцій належності для S_1, S_2, S_3, S_4.

5. Побудувати результуючий графік і дати його текстову інтепретацію.
6. Пункти 2-5 виконати за допомогою ПК.

Таблиця 1

Номер вар.	A	B	C_1	C_2	D_1	D_2
1	1	10	2	9	1	6
2	2	9	4	7	4	9
3	3	8	6	5	7	3
4	4	7	8	3	10	8
5	5	6	10	1	2	5
6	6	5	1	10	5	2
7	7	4	3	8	8	10
8	8	3	5	6	3	7
9	9	2	7	4	9	4
10	10	1	9	2	6	1

Таблиця 2

№	A	B	C_1
1	(120,120,0,0,1)	(150,170,30,0,1)	(120,160,10,10,0.8)
2	(130,130,0,0,1)	(160,180,40,10,1)	(120,170,20,20,0.8)
3	(140,140,0,0,1)	(170,190,50,20,1)	(120,180,30,30,0.8)
4	(150,150,0,0,1)	(180,200,60,30,1)	(120,190,40,40,0.8)
5	(160,160,0,0,1)	(190,210,70,40,1)	(120,200,50,50,0.8)
6	(170,170,0,0,1)	(200,220,80,50,1)	(120,210,60,60,0.8)
7	(180,180,0,0,1)	(210,230,90,60,1)	(120,220,70,70,0.8)
8	(190,190,0,0,1)	(220,240,100,70,1)	(120,230,80,80,0.8)
9	(200,200,0,0,1)	(230,250,110,80,1)	(120,240,90,90,0.8)
10	(210,210,0,0,1)	(240,260,120,90,1)	(120,250,10,10,0.8)
№	C_2	D_1	D_2
1	(0,0,0,0,0.2)	(20,20,0,10,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
2	(0,0,0,0,0.2)	(30,30,0,20,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
3	(0,0,0,0,0.2)	(40,40,0,30,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
4	(0,0,0,0,0.2)	(50,50,0,40,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
5	(0,0,0,0,0.2)	(60,60,0,50,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
6	(0,0,0,0,0.2)	(70,70,0,60,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
7	(0,0,0,0,0.2)	(80,80,0,70,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
8	(0,0,0,0,0.2)	(90,90,0,80,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
9	(0,0,0,0,0.2)	(100,100,0,90,0.3)	(0,0,0,0,0.7)
10	(0,0,0,0,0.2)	(110,110,0,90,0.3)	(0,0,0,0,0.7)

Приклад розв'язку задачі

Нечіткі величини, що відповідають початковій задачі представимо у вигляді:
$A=(100,100,0,0,1)$; $B=(100,120,30,20,1)$;
$C=C_1 \cup C_2=(100,200,0,0,0.8) \cup (0,0,0,0,0.2)$;
$D=D_1 \cup D_2=(0,0,0,0,0.2) \cup (20,20,0,10,0.8)$.
Відповідні графіки функцій належності мають вигляд (рис. 2-5):

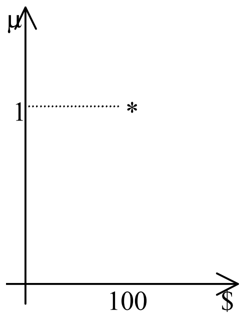


Рис. 2.

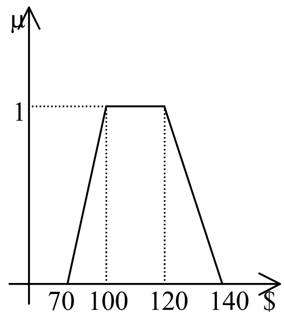


Рис.3.

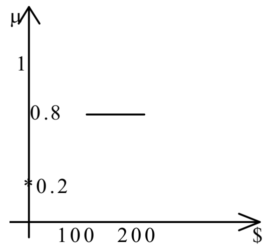


Рис. 4.

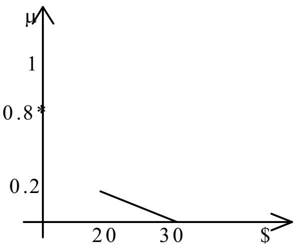


Рис. 5.

Можливі чотири варіанти фінансування:
$S_1=A\oplus B\oplus C_1\oplus D_1$, $S_2=A\oplus B\oplus C_1\oplus D_2$, $S_3=A\oplus B\oplus C_2\oplus D_1$, $S_4=A\oplus B\oplus C_2\oplus D_2$.
Розрахувавши за вищенаведеними формулами значення S_1, S_2, S_3, S_4, наносимо їх у єдиному масштабі на графік, причому внутрішні лінії витираємо. Наприклад, на рис. 6 зображений графік суми $S=(250,280,10,30,1)\cup(145,185,5,15,0.5)\cup$
$\cup(165,209,5,21,0.5)\cup(268,306,8,34,0.8)$.

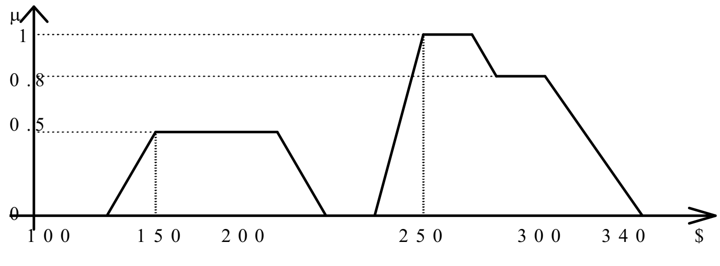


Рис. 6.

У відповідності з одержаним результатом область найбільш ймовірного фінансування знаходиться в діапазоні 250-280 од.; перевищення суми в 280 од. можливе, але менш ймовірно (рівень 0.8); малоймовірно і те, що надходження не складуть більш 150-200 од. (рівень 0.5); в будь-якому випадку вони не можуть опуститись нижче 140 од. і піднятись вище 340 од.

Контрольні питання.

1. Життєві цикли складних систем.
2. Автоматизовані системи.
3. Характерні особливості САПР.
4. Декомпозиція в застосуванні до САПР.
5. САПР, визначення, види САПР.
6. Типи пректних задач.
7. Переваги та недоліки сучасних САПР.
8. Етапи пректування.
9. Підсистеми САПР.
10. Принципи будови САПР.
11. Програмне забезпечення САПР, вимоги до нього, класи ПО, способи описання ПО.
12. Лінгвістичне забезпечення САПР, мови проектування, формальні граматики.
13. Інформаційне забезпечення САПР, класифікація банків даних, нормалізація баз даних.
14. Елементи теорії нечітких множин, формальна сума.

Література

1. Норенков И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. - М.: Высш. школа, 1980.
2. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования.- К.: Техніка, 1982.
3. Дюбуа Р., Прад П. Теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1990.

Лабораторна робота №2

Тема: Ідентифікація і факторний аналіз на прикладі трехфакторної моделі другого порядку.

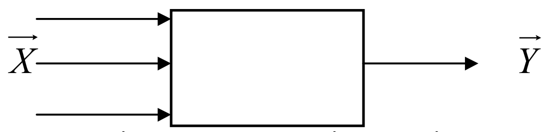
Мета: Навчитись ідентифікувати табличні залежності і проводити факторний аналіз.

Перелік питань, які повинен знати студент перед виконанням лабораторної роботи:

Власні числа та вектори, зведення рівнянь другого порядку до канонічного виду, метод найменших квадратів, метод Гауса розв’язку систем лінійних рівнянь, визначники, знаходження оптимуму функції однієї та багатьох змінних.

<u>Теоретичні відомості</u>

Нехай є деякий технічний пристрій, що має три входи і одну вихідну характеристику. Завдання полягає у визначенні зміни вихідної характеристики в залежності від зміни вхідних параметрів.



Будемо вважати, що існують номінальні значення вхідних параметрів $x_1^н$, $x_2^н$, $x_3^н$. Без обмеження загальності, для спрощення обчислень задамо симетричну область експерименту, тобто нехай значення вхідних параметрів змінюються на ± 5 одниць від номіналу. Проводимо експерименти, визначаючи значення вихіної характеристики і фіксуючи один із параметрів на номінальному значенні, а два інших змінюючи на ± 5 одиниць. Вважаємо, що значення вихідної характеристики при номінальних значеннях вхідних параметрів $Y_н = 100$ одиниць. Одержимо таблицю трьохфакторного експерименту:

Таблиця 3

		x_2				x_2				x_3	
x_1		-5	+5	x_3		-5	+5	x_1		-5	+5
	-5	70	110		-5	65	130		-5	75	95
	+5	90	130		+5	90	150		+5	95	120

Якщо задати номінальні значення параметрів $x_1^н = 30$, $x_2^н = 40, x_3^н = 50$, то вхідні дані можна представити у вигляді таблиці 4:

Таблиця 4

		x_2				x_2				x_3	
x_1		35	45	x_3		35	45	x_1		45	55
	25	70	110		45	65	130		25	75	95
	35	90	130		55	90	150		35	95	120

а потім у вигляді таблиці 5

Таблиця 5

x_1	25	25	25	25	35	35	35	35	30	30	30	30
x_2	35	45	40	40	35	45	40	40	35	45	35	45
x_3	50	50	45	55	50	50	45	55	45	55	55	45
y	70	110	75	95	90	130	95	120	65	150	90	130

Вважаємо, що початкові дані можна описати трьохфакторною моделлю другого порядку, яка має вигляд (*): $y = a_{44} + 2a_{14}x_1 + 2a_{24}x_2 +$
$+ 2a_{34}x_3 + 2a_{12}x_1x_2 + 2a_{13}x_1x_3 + 2a_{23}x_2x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2$.

Коефіцієнти моделі знаходимо за допомогою методу найменших квадратів

Далі на базі моделі (*) необхідно розв'язати наступні задачі:

1. *Інтерполяційна*: обчислити значення вихідної характеристики для розміщеної всередині області експерименту точки, наприклад, для точки (-2, +3, -2), або, що те ж саме (28,43, 48).

Розв'язок одержуємо в результаті підстановки трійки (28,43,28) в (*).

2.*Екстраполяційна*: обчислити значення вихідної характеристики для розміщеної зовні області експерименту точки, наприклад, для точки (-10,+5, -3), або, що те же саме (20,45,48).

Розв'язок одержуємо в результаті підстановки трійки (20,45,48) в (*).

3. *Аналітико-геометрична*: визначити, яку геометричну фігуру описує модель (*) і зобразити її в трьохвимірному просторі, вважаючи значення y фіксованим. Для цього знайдемо значення інваріантів:

$$I = a_{11} + a_{22} + a_{33},\ J = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{12} & a_{22} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{23} & a_{33} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_{33} & a_{13} \\ a_{13} & a_{11} \end{vmatrix},\ D = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{vmatrix},$$

$$A = \begin{matrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{12} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & a_{34} \\ a_{14} & a_{24} & a_{34} & a_{44} \end{matrix}.$$

Для визначення типу фігури використаємо таблицю 6.

Таблиця 6

		Невироджені поверхні	
		A>0	A<0
Центральні поверхні	D, I обоє більші нуля	Уявний еліпсоїд	Еліпсоїд
$D \neq 0$	D, I не обоє більші нуля		Двохполостний гіперболоїд
Нецентральні поверхні $D = 0$		Гіперболічний параболоїд	Еліптичний параболоїд

Перерізи цієї фігури будуть вказувати на вид залежності між факторами.

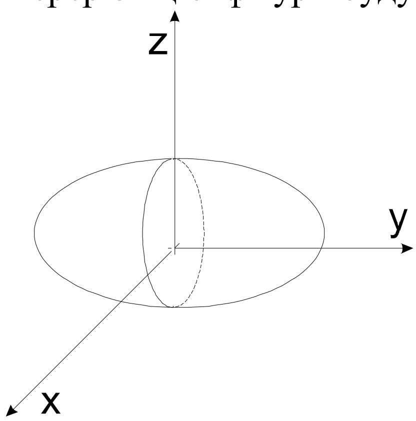


Рис. 7.а. Еліпсоїд;

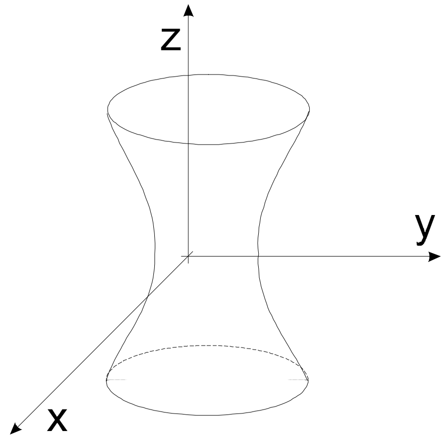


Рис. 7.б. Гіперболоїд однополостний

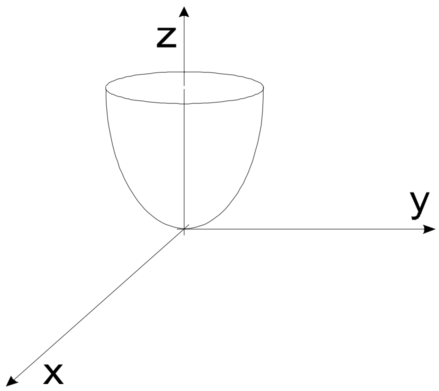


Рис. 7.в. Еліптичний параболоїд;

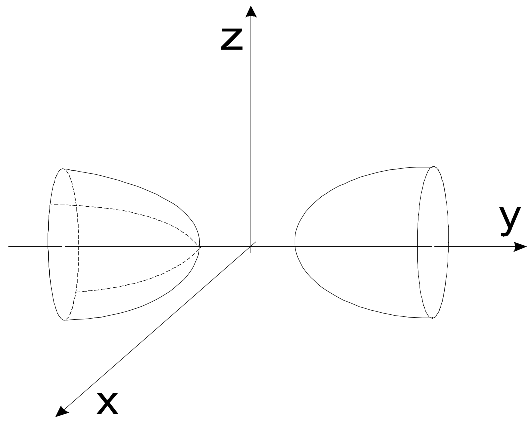


Рис. 7.г Двохполостний гіперболоїд

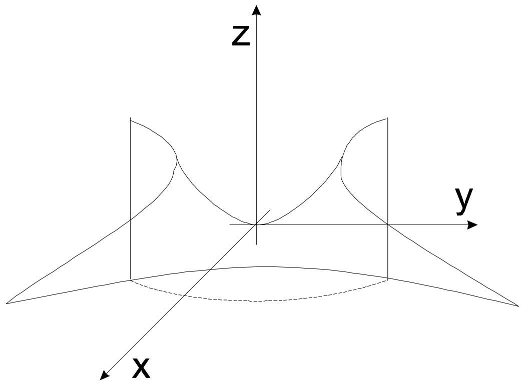


Рис. 7.д Гіперболічний параболоїд.

4,5. *Максимізаційна та мінімізаційна задачі.*

Визначити максимально та мінімально можливі значення вихідної характеристики в зоні експерименту, виходячи із (*) і відомих методів (де можливо). При необхідності використати метод покрокового перебору.

6. *Управління при фіксованому значенні У.*

Необхідно оцінити всі можливі співвідношення між першим та другим факторами при значенні $У_н$=120 при фиксированном x_3. Крок по x_1 и x_2 визначити самостійно, або за вказівкою викладача.

7. Мінімізація параметрів (ресурсів) x_i при фіксованому У.

При фіксованому рівні вихідної характеристики визначити мінімальне значення параметрів при наступних умовах:

а) x_3 - стабілізований, x_1 - мінімізувати, $x_2 = 0$;

б)стабілізовані x_2 і x_3 , x_1 необхідно мінімізувати;

в) x_1, x_2, x_3 – змінні, необхідно мінімізувати їх суму $x_1 + x_2 + x_3$;

Для випадку в) всі параметри вважати рівноцінними.

8. Управління У при двух змінних факторах.

Необхідно побудувати діаграму регулювання У при фіксованому x_3 і змінних x_1 и x_2.

9. Управління У при одному змінному факторі.

Необхідно побудувати однофакторні моделі, що описують вплив кожного фактора на У.

10. Оцінка ролі факторів x_1, x_2, x_3.

Необхідно за знаками і величинами коефіцієнтів регресії описати їх роль в зміні У.

Постановка задачі:

1. Ознайомитись з прикладом розв'язку задачі (файл example.txt).
2. Вивчити принципи будови та функціонування програмного модуля flab.exe.
3. Визначити початкові дані свого варінта згідно таблиць 7, 8 і 9.
4. Розвязати задачі типу 1-10 за допомогою ПК. Для двох типів задач (за вказівкою викладача) розробити алгоритми та програмно їх реалізувати .

Початкові дані

Для всіх варіантів однакові: а) номінальні значення $x_1 = 20$, $x_2 = 30$, $x_3 = 40$, $Y = 100$; б) зона експерименту - ± 10; в) крок зміни вхідних параметрів – 3; г) крок зміни вихідної характеристики – 5.

Таблица 7

		x_2				x_2				x_3	
x_1		-a	+a	x_3		-a	+a	x_1		-a	+a
	-a	80	a_1		-a	a_3	70		-a	40	90
	+a	a_2	130		+a	120	a_4		+a	a_5	a_6

Таблиця 8

№п/п \ a	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
1	90	100	110	120	130	140
2	100	110	120	130	140	90
3	110	120	130	140	150	90
4	120	100	80	120	80	140
5	130	110	90	150	90	150
6	140	120	100	140	120	120
7	150	130	110	120	130	160
8	90	140	120	130	110	110
9	80	150	130	130	120	90
10	70	160	140	90	110	100

Таблиця 9

Параметр \ Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зміна x_1 (Тип 1)	-1	-8	-9	-7	-5	-6	-4	-2	8-	4
Зміна x_2 (Тип 1)	4	5	6	3	2	1	4	7	8	9
Зміна x_3 (Тип 1)	-1	-2	-5	-4	2	4	4	7	8	5
Зміна x_1 (Тип 2)	5	1	2	4	7	8	9	6	3	2
Зміна x_2 (Тип 2)	11	15	12	14	17	18	15	11	13	8
Зміна x_3 (Тип 2)	-8	7	-6	-7	8	9	4	-4	-2	15
Фіксоване значення Y (Тип 4)	80	90	95	60	80	85	75	90	95	75
Фіксоване значення Y (Тип 7)	95	85	75	65	95	65	95	85	75	65
Фікс. значення $x_3(1)$ (Тип 7)	35	45	45	35	38	42	42	38	45	36
Фіксоване значення x_2 (Тип 7)	22	23	24	25	26	27	28	29	31	35
Фікс. значення $x_3(2)$ (Тип 7)	35	36	37	38	39	41	42	43	44	45
Мінім. значення Y (Тип 8)	50	55	50	55	50	55	50	55	50	55
Мінім. значення x_3 (Тип 8)	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Макс. значення x_3 (Тип 8)	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54

Максимальне значення Y=170.

Контрольні питання

1. Багатоваріантний аналіз.
2. Аналіз чутливості.
3. Статистичний аналіз.
4. Факторний аналіз.
5. Ідентифікація як метод одержання математичних моделей.
6. Струкутрна ідентифікація.
7. Параметрична ідентифікація.

8. Параметрична оптимізація.
9. Задача внутрішнього проектування.
10. Області допусків, роботоздатності.
11. Задача оптимізації при зовнішньому проектуванні.
12. Адитивні та степеневі критерії.
13. Методи умовної, безумовної та дискретної оптимізацій.
14. Методи центрування та вписування гіперфігур.

Література

1. Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям. – М.: Статистика, 1978.
2. Петренко А.И., Власов А.И., Тимченко А.П. Табличные методы моделирования электронных схем на ЭЦВМ. - К. Вища школа, 1977.
3. Петренко А.И., Цурин О.Ф., Киселев Г.Д. Автоматизация проектирования цифровых схем. - К.: Вища школа, 1978. -50 с.

Лабораторна робота № 3

Тема. Схемотехнічне проектування. Узагальнений метод.
Мета. Навчитись моделювати роботу простіших радіоелектронних схем та визначати їх характеристики.
Перелік питань, які повинен знати студент перед виконанням лабораторної роботи:
Закони Кірхгофа, математичні моделі простіших радіоелектронних елементів, метод Гауса розв'язку систем лінійних рівнянь, розклад функції в ряд Тейлора.

Теоретичні відомості

Математична модель радіоелектронної схеми має вигляд $F(\vec{V},\vec{Z},t)=0$, де $\vec{V}$ - вектор фазових змінних (струми та напруги), $\vec{Z}$ - вектор тих елементів з $\vec{V}$, які мають похідні (індуктивні струми, ємкістні напруги і т.п.), t - час. Кожен елемент схеми характеризується компонентним рівнянням $F_{комп}(\vec{V},\vec{E},t)=0$. Провівши дискретизацію, одержимо $F_{комп}(\overrightarrow{V_k},\overrightarrow{E_k},t_k)$, де $\overrightarrow{V_k}=\vec{V}(t_k)$, $\overrightarrow{E_k}=\vec{E}(t_k)$. Розв'язком останнього рівняння є вектор ($\overrightarrow{V_k}$, $\overrightarrow{E_k}$). Розкладемо функцію $F_{комп}$ в ряд Тейлора в околі точки ($V_{k,i}$, $E_{k,i}$), де індекс i означає i-е наближення (ітерацію) до кореня. Залишок ряду, починаючи з третього члена можна відкинути, враховуючи те, що він не перевищує деякого числа ε. Тоді функція $F_{комп}$ матиме вигляд

$$A_{k,i}V_{k,i+1} + B_{k,i}E_{k,i+1} = Q_{k,i}, \tag{3.1}$$

де $A_{k,i} = \dfrac{dF_{комп}}{dV_{k,i}}$, $B_{k,i} = \dfrac{dF_{комп}}{dE_{k,i}}$. Крім компонентних рівнянь існують і топологічні рівняння, що мають вигляд

$$DV_{k,i} = 0, \tag{3.2}$$

де D - топологічна матриця, що одержується в результаті використання законів Кірхгофа. Якщо в схемі n елементів, з яких $m(m<n)$ мають у складі компонентних рівнянь похідні, то компонентних рівнянь - n, топологічних рівнянь - n. Число невідомих в системі рівнянь (1-2) - $2n+m$. Для існування коректного розв'язку не вистачає m рівнянь. Для того, щоб їх одержати, необхідно проінтегрувати компонентні рівняння. Одержимо $F_{інт}(\vec{V}, \vec{E}, t) = 0$, або

$$G_{k,i}V_{k,i+1} + H_{k,i}E_{k,i+1} = L_{k,i}. \tag{3.3}$$

Для використання узагальненого методу, головним чином, використовуються рівняння (3.1-3.3). Розглянемо схему

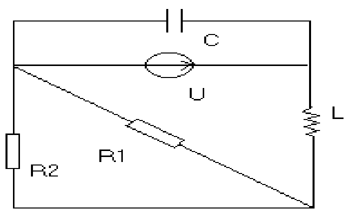


Рис. 7

Побудуємо граф, що їй відповідає (напрямки ребер вказуємо довільно)

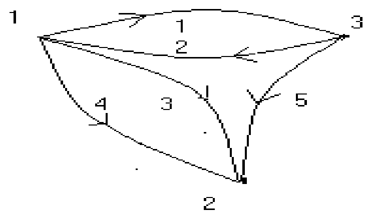


Рис. 8

Запишемо компонентні рівняння для елементів схеми

$I_c = C\dfrac{dU_c}{dt}$, $U = U_0 \sin wt$, $U_{R_1} = R_1 I_{R_1}$, $U_{R_1} = R_2 I_{R_2}$, $U_L = \dfrac{1}{L}\dfrac{dI_L}{dt}$.

Нехай ребра 1 і 3 складають дерево, ребра 2,4,5 є хордами. Тоді вектор $\vec{V}$ має вигляд $\vec{V} = (I_C, I_{R_1}, U, U_{R_2}, U_L, I, I_{R_2}, I_L, U_C, U_{R_1})$. Рівняння Кірх-- гофа для схеми мають вигляд:

$$\begin{cases} I_C + I_{R_1} + I_{R_2} - I = 0, \\ I_C - I - I_L = 0, \\ I_{R_1} + I_{R_2} + I_L = 0, \\ U_C + U_L - U_{R_2} = 0, \\ U + U_{R_1} - U_L = 0. \end{cases}$$

Тоді у матричній формі рівняння (3.1) запишеться так

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_C \\ I_{R_1} \\ U \\ U_{R_2} \\ U_L \\ I \\ I_{R_2} \\ I_L \\ U_C \\ U_{R_1} \end{pmatrix} = 0 .$$

Вектор $\vec{Z} = (\frac{dU_C}{dt}, \frac{dI_L}{dt})$. Рівняння (3.2) у матричній формі

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -R_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -R_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_C \\ I_{R_1} \\ U \\ U_{R_2} \\ U_L \\ I \\ I_{R_2} \\ I_L \\ U_C \\ U_{R_1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -C & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{dU_C}{dt} \\ \frac{dI_L}{dt} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ U_0 \sin wt \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Відомо, що похідну функції f можна наближено представити її різницевим аналогом $\frac{df_k}{dt}=\frac{f_k-f_{k-1}}{t_k-t_{k-1}}$. Аналогічно $\frac{dU_C}{dt}=\frac{U_{C,k}-U_{C,k-1}}{t_k-t_{k-1}}=$ $=\frac{U_{C,k}}{\Delta t}-\frac{U_{C,k-1}}{\Delta t}$, або $\frac{dU_C}{dt}-\frac{U_{C,k}}{\Delta t}=-\frac{U_{C,k-1}}{\Delta t}$ і $\frac{dI_L}{dt}-\frac{I_{L,k}}{\Delta t}=-\frac{I_{L,k-1}}{\Delta t}$. Тоді рівняння (3.3) має вигляд

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\Delta t} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\Delta t} & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} I_C \\ I_{R_1} \\ U \\ U_{R_2} \\ U_L \\ I \\ I_{R_2} \\ I_L \\ U_C \\ U_{R_1} \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \frac{dU_C}{dt} \\ \frac{dI_L}{dt} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -\frac{U_{C,k-1}}{\Delta t} \\ -\frac{I_{L,k-1}}{\Delta t} \end{pmatrix}.$$

Звівши три матричних рівняння до одного, ми одержимо систему із 12 лінійних рівнянь з дванадцяти невідомих, яку можна розв'язати, наприклад, методом Гауса.

Постановка задачі

Згідно свого варіанту (таб. 10) визначити електронну схему, початкові номінальні значення опорів, індуктивностей, ємкостей та частоти. Записати три матричні рівняння, звести їх до однієї.системи рівнянь. Для $t=0.0,\ 0.5,\ 1.0,\ ...99.5,\ 100$ розв'язати систему. Побудувати графік залежності фазової змінної, або її похідної V_f від часу t. При вказаному значенні t_f обчислити V_f. Варіюючи значення початкових даних, знайти значення V_f максимально близьке до бажаного значення V_b при $t=t_f$. Вивести значення і початкових даних і даних, при яких одержане $V_b \approx V_f$

Початкові дані

Таблиця 10

№ вар.	Рис	R_1	R_2	C_1	C_2	L_1	L_2	U_0	ϖ	t_f	V_f	V_b
1	1	20	60	5	8	100	140	220	50	10	I_{C_1}	40
2	2	10	50	6	2	110	120	220	40	20	I_{L_1}	50
3	3	30	40	4	1	120	150	220	50	30	I_{R_1}	60
4	4	40	30	7	7	130	140	110	40	40	U_{C_1}	30
5	5	50	20	8	8	140	190	110	50	50	U_{L_1}	20
6	6	60	10	9	5	150	180	110	40	60	U_{R_1}	10
7	7	70	30	6	4	160	170	110	50	70	I_{L_2}	70
8	8	80	70	5	5	170	150	220	40	80	I_{R_1}	80
9	9	90	40	4	7	180	120	220	50	90	U_{C_1}	90
10	10	10	50	7	6	190	130	220	40	95	U_{L_1}	50
11	11	30	40	8	8	110	140	220	50	85	U_{C_1}	40
12	12	20	80	9	9	120	150	110	40	75	U_{L_1}	70
13	13	40	60	6	6	140	130	110	50	65	U_{R_1}	50
14	14	50	40	4	5	150	140	110	40	55	I_{L_2}	60
15	15	60	50	2	4	160	120	110	50	45	U_{C2}	40

Контрольні питання

1. Системний підхід до розв’язку проблем, задачі аналізу та синтезу.
2. Математична постановка задачі синтезу.
3. Математичні моделі систем, рівні.
4. Неперервні математичні моделі.
5. Дискретні математичні моделі.
6. Узагальнений метод.
7. Методика формування математичних моделей.
8. Математичне забезпечення САПР.
9. Системи лінійних алгебраїчних рівнянь, прямі та ітераційні методи їх розв’язку.
10. Метод прямих, зв’язаних та впорядкованих списків розв’язку розріджених систем.
11. Ціна Марковіца для вибору головного елемента матриці.

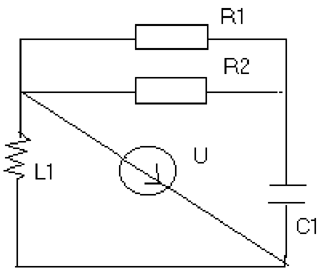


Рис. 1

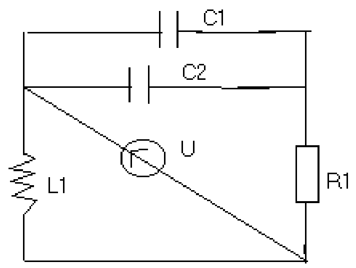


Рис. 2

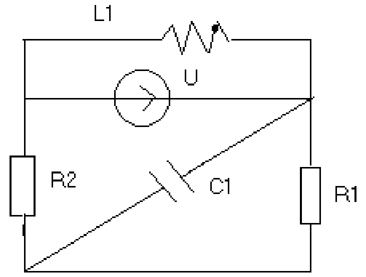


Рис. 3

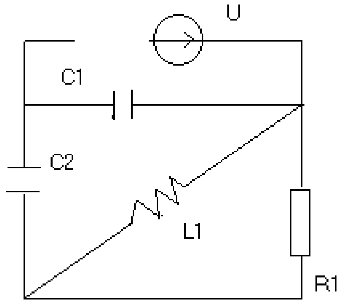


Рис. 4

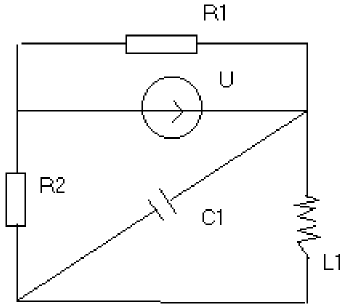


Рис. 5

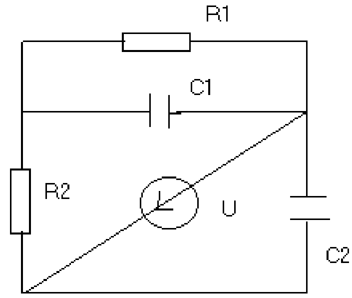


Рис. 6

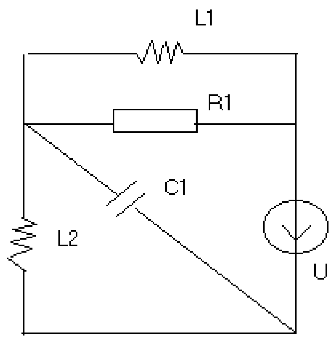


Рис. 7

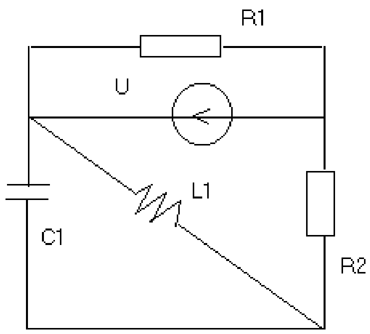


Рис. 8

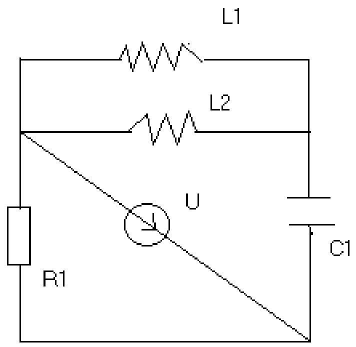


Рис. 9

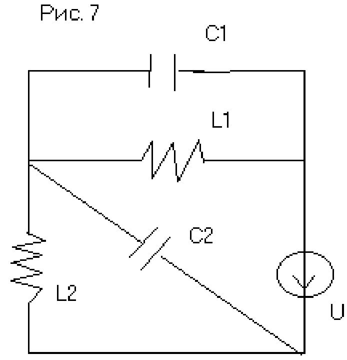


Рис. 10

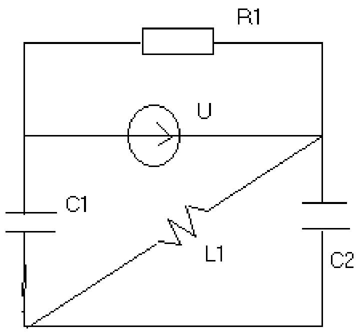


Рис. 11

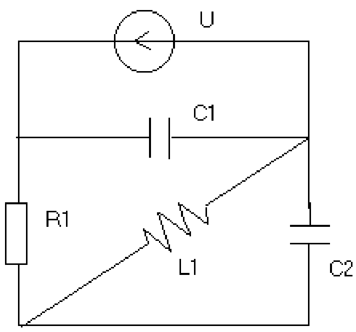


Рис. 12

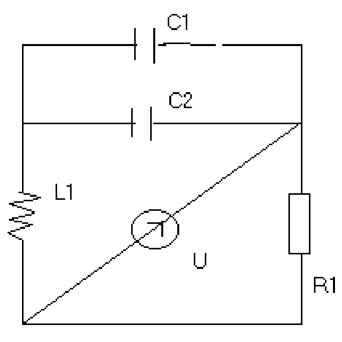


Рис.13

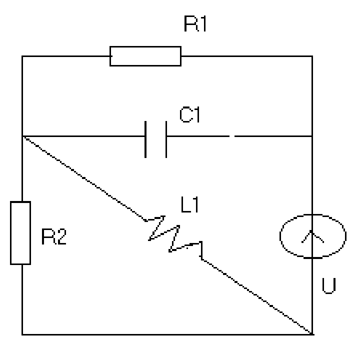


Рис. 14

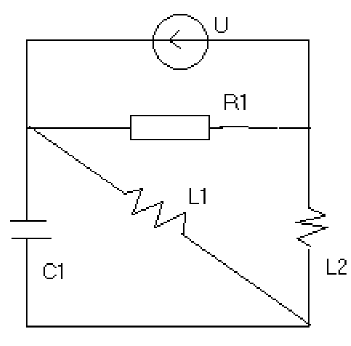


Рис.15

12. Системи нелінінійних алгебраїчних рівнянь, методи продовження та диференціювання по параметру.
13. Системи звичайних диференціальних рівнянь, стійкі методи.

Література

1. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. - К.: Выща школа, 1988.
2. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования.- К.:Техніка, 1982.
3. Жук К.Д., Тимченко А.А. Автоматизированное проектирование логико-динамических систем. - К.: Наукова думка, 1981.

Лабораторна робота №4

Тема: Визначення найкращої в деякому класі моделі, що найбільш адекватно описує початкові дані.

Мета: Навчитись визначати найкращу модель в класі можливих за різного роду критеріями

Перелік питань, які повинен знати студент перед виконанням лабораторної роботи:

Математичні моделі, математичне сподівання, дисперсія, рівняння регресії, дисперсійний аналіз, обернена матриця

Теоретичні відомості.

1. Критерій Хоела. Нехай відомо, що y_1 - регресійна модель, що досить адекватно описує функціонування об’єкта. З нею конкурує нова модель y_2. Задача полягає у виборі більш адекватної моделі.

Будуємо параметричне відношення

$$|y - y_1| = \lambda |y - y_2|,$$

де y- реальне значення параметра, $\lambda > 0$- параметр. Якщо λ значимо більше $1/2$, то в якості адекватної моделі приймаємо y_2, якщо $0 < \lambda \le 1/2$, то більш адекватною залишається модель y_1.

2. Критерій Віл’яма і Клута. В якості початкових даних існують дві моделі y_1 и y_2. Необхідно визначити найкращу, в деякому змісті, модель. Параметричне співвідношення має вигляд

$$y-\frac{1}{2}(y_1+y_2)=\lambda(y_2-y_1).$$

Критерій симетричний, оскільки λ може бути і додатнім і від'ємним. Якщо λ значимо більше $1/2$, то більш адекватною вважають модель y_1, якщо λ значимо менше $-1/2$, то більш адекватною вважають модель y_2.

3. Критерій Уілкса. Запропонований для порівняння декількох моделей одночасно. Ставиться задача: об'єднати рівняння регресії, які є, в лінійну комбінацію і, використовуючи критерій Фішера F, порівняти оцінки коефіцієнтів рівнянь регресії. Нехай дані моделі $y_1^*, y_2^*, ..., y_p^*$. Побудуємо з них деяку комбіновану модель

$$\overline{y}^* = \overline{b}_1 y_1^* + \overline{b}_2 y_2^* + ... + \overline{b}_p y_p^*.$$

Вважаємо, що коефіцієнти $\overline{b}_k$, $(k=\overline{1,p})$ можна обчислити. Нормуючи їх, одержимо $\sum_{k=1}^{p}\overline{b}_k=1$. Коефіцієнти $\overline{b}_k$ необхідно вибирати таким чином, щоб малозначимі (менш адекватні моделі) вносили менший вклад в комбіновану модель. Поставлена задача – порівняти модель $\overline{y}^*$ з усередненим рівнянням $\overline{y}^{**}=\frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}y_i^*$.

Для застосування дисперсійного аналізу знайдемо суми квадратів відхилень, скориставшись таблицею 11:

Таблиця 11. Сума квадратів відхилень

Джерело розсіювання	Число степеней свободи F	Сума квадратів	Середній квадрат (оцінка дисперсії)
Покращення $\overline{y}^*$ в порівнянні з $\overline{y}^{**}$	p-1	$S_1^2=\sum_{i=1}^{N}(y_i-\overline{y}^{**})^2-\sum_{i=1}^{N}(y_i-\overline{y}^*)^2$	$\frac{1}{p-1}S_1^2$
Відхилення відносно $\overline{y}^*$	N-p+1	$S_2^2=\sum_{i=1}^{N}(y_i-\overline{y}^*)^2$	$\frac{1}{N-p+1}S_2^2$
Відхилення відносно $\overline{y}^{**}$	N	$S_3^2=\sum_{i=1}^{N}(y_i-\overline{y}^{**})^2$	$\frac{1}{N}S_3^2$

Далі застосуємо критерій Фішера

$$\varPhi = \frac{S_1^2 \dfrac{1}{p-1}}{S_2^2 \dfrac{1}{N-p+1}}$$

Якщо $F > F_T$ (F_T - табульоване значення F, взяте з таблиці), то гіпотеза про те, що складена лінія регресії не дає переваги у порівнянні з середньою лінією, відкидається. У цьому випадку необхідно обчислити коефіцієнти складеного рівняння.

Обчислення можна спростити, визначивши наступні величини. Введемо матрицю V розміром $p \times p$, де p - кількість моделей. Її елементи обчислюються за формулою

$$v_{jk} = \sum_{i=1}^{N} (y_i - y_{ij}^*)(y_i - y_{ik}^*) \quad j,k = \overline{1,p} \ ,$$

де y_i - експериментальне значення вихідної змінної;

y_{ij}^* - значення вихідної змінної, передбачене j - ю моделлю в i - м наборі даних, наприклад: $v_{11} = \sum_{i=1}^{N} (y_i - y_{i1}^*)^2$; $v_{12} = \sum_{i=1}^{N} (y_i - y_{i1}^*)(y_i - y_{i2}^*)$;

y_{ik}^* - значення вихідної змінної для k -ї моделі.

Введемо обернену матрицю V^{-1}, використовуючи позначення:

$\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y}^{**})^2 = \frac{1}{p^2} \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{p} v_{jk}$; $\sum_{i=1}^{N} (y_i - \overline{y}^{*})^2 = 1 \Big/ \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{p} v_{jk}^{-1}$.

Коефіцієнти комбінованої моделі $\overline{b}_k = \sum_{j=1}^{p} v_{jk}^{-1} \Big/ \sum_{j=1}^{p} \sum_{k=1}^{p} v_{jk}^{-1}$.

За значеннями коефіцієнтів $\overline{b}_k$ як випадкових величин можна приблизно оцінити той вклад, який вносить k-а модель в комбіновану модель, а відповідно, і адекватність окремих моделей. Оцінити значимість $\overline{b}_k$ можна по критерію Ст'юдента

$$t = \frac{\overline{b}_k - \gamma}{S\overline{b}_k},$$

де γ - деяка константа. Великий практичний інтерес представляє порівняльна оцінка коефіцієнтів $\overline{b}_j$ і $\overline{b}_k$ (перевірка розбіжності між ними).

Для цього будуємо статистику

$$t = \frac{\overline{b}_j - \overline{b}_k}{\sqrt{D\{\overline{b}_j\} + D\{\overline{b}_k\} - 2\cos\{\overline{b}_j, \overline{b}_k\}}},$$

де

$$D\{\overline{b}_k\} = \sigma^2_{\overline{y}^*}(v^{-1}_{kk} - \overline{b}^2_k \sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} v^{-1}_{jk}); \quad D\{\overline{b}_j\} = \sigma^2_{\overline{y}^*}(v^{-1}_{jj} - \overline{b}^2_j \sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} v^{-1}_{jk});$$

$$\operatorname{cov}(\overline{b}_j, \overline{b}_k) = \sigma^2_{\overline{y}^*}(v^{-1}_{rs} - \overline{b}_r \overline{b}_s \sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} v^{-1}_{jk}).$$

Якщо дисперсія $\sigma^2_{\overline{y}^*}$ невідома, то використовують її оцінку

$$S^2_{\overline{y}^*} = \frac{1}{N - P + 1} \cdot \frac{1}{\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p} v^{-1}_{jk}}.$$

Оскільки випадкові величини $\overline{b}_k$ - це оцінки, то вони будуть мати більш вузькі довірчі границі при збільшенні кількості рівнянь регресії.

Постановка задачі

Для пп.1,2 визначити більш адекватну модель, початкові дані в таблицях 12, 13.
Для п.3 визначити вклад кожної моделі в усереднену модель, а також визначити більш адекватну модель із трьох запропонованих (таблиця 14, 15), використовуючи критерій Фішера. Знайти коефіцієнти комбінованого рівняння регресії та їх довірчі границі

Початкові дані.

Таблиця 12

Вар	Номери даних									
1	38	10	60	90	88	6	1	41	86	14
2	25	5	3	16	22	2	29	34	55	36
3	37	36	1	47	43	30	9	81	9	26
4	5	5	71	82	7	47	30	75	35	78
5	7	20	6	36	49	51	37	9	4	23
6	1	3	10	26	78	68	30	80	70	27
7	90	4	71	45	52	26	29	80	79	68
8	76	5	62	7	72	37	85	56	87	44
9	22	86	28	70	71	38	33	9	9	29
10	53	41	10	89	81	1	57	71	40	11
11	90	39	10	78	67	66	26	77	70	86
12	2	81	72	9	13	76	63	17	40	55
13	71	56	18	7	69	53	80	81	26	18
14	87	11	6	76	74	9	9	90	54	50

15	67	49	15	4	80	67	73	58	15	89
16	20	21	38	33	35	68	3	4	52	1
17	59	56	7	48	26	82	50	85	67	93
18	17	6	1	54	62	49	58	60	3	53
19	13	8	58	83	7	27	70	41	37	44
20	33	21	74	52	90	60	52	5	45	13

Таблиця 13.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	9	8	7	6	5
y1	12	23	34	45	56	56	67	77	8	9	8	7	6	55	66
y2	23	54	73	1	2	3	8	77	66	55	43	9	77	66	86
№	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31
y	54	56	77	88	99	0	76	32	2	4	6	89	66	34	9
y1	65	45	34	32	34	55	77	98	90	77	54	33	88	88	76
y2	87	76	56	54	33	44	23	21	4	67	99	09	44	33	22
№	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
y	3	89	76	98	31	56	2	54	58	84	51	8	8	86	4
y1	56	54	57	54	78	54	45	87	5	5	54	54	54	5	54
y2	65	7	5	0	25	65	56	1	56	56	1	58	58	89	2
№	47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	57	58	59	60	61
y	54	5	65	56	56	87	23	87	21	11	22	33	66	58	7
y1	45	54	85	66	22	22	46	65	8	56	56	5	56	65	86
y2	7	4	1	1	5	56	62	8	55	65	3	54	53	54	8
№	62	63	64	65	66	67	68	69	85	86	71	72	73	74	75
y	45	14	75	62	54	85	58	26	84	21	23	65	98	52	25
y1	2	55	87	45	65	21	14	23	25	41	52	54	54	74	58
y2	4	5	4	54	54	78	98	32	36	35	35	84	58	74	7
№	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
y	87	8	78	65	34	45	54	34	23	21	76	28	43	55	98
y1	2	8	72	58	52	32	24	46	67	49	71	51	2	78	6
y2	5	74	12	25	95	34	32	48	88	76	5	12	16	65	88

Таблиця 14

Вар	Значення Y									
1	9	8	2	1	10	7	5	6	3	2
2	9	4	0	1	5	8	2	3	7	6
3	4	8	7	5	2	6	3	9	1	10
4	3	7	2	9	3	5	6	0	8	1

5	10	9	7	5	6	8	2	1	4	3
6	1	5	3	9	6	2	8	7	10	4
7	5	1	3	10	7	4	2	8	6	9
8	5	2	9	7	4	1	6	8	3	10
9	8	3	7	9	6	10	7	4	1	2
10	6	10	1	2	5	4	8	7	9	3

Таблица 15

№ варіанта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рівняння моделей	1,5, 10	2,6, 1	3,7, 2	4,8, 3	5,9, 4	6,10 ,5	7,1, 6	8,2, 7	9,3, 8	10,4 ,9

Рівняння моделей для п.3.

1) $y = 2 + 3x;$ 2) $y = 3 - 4x;$ 3) $y = 2 + 3x;$ 4) $y = 9 - 2x;$ 5) $y = 9 + x;$

6) $y = 32 - 4x;$ 7) $y = 17 + 3x,$ 8) $y = 12 + 2x;$ 9) $y = 2 + 6x;$ 10) $y = 6 - 8x.$

Контрольні питання.

1. Методи визначення найкращої моделі.
2. Аналіз характеру залишків.
3. Аналіз гіпотез, критерій Уілкса.
4. Критерії Хоела та Вільяма і Клута.
5. Одержання моделей на макрорівні.
6. Метод скінченних елементів.
7. Метод скінченних різниць.
8. Процедури системного проектування.
9. Рівень макропроцесів.
10. Аксіоматика системного проектування.
11. Принципи системного проектування.
12. Організація системного проектування.
13. Логіко-динамічні моделі.
14. Логічна схема проектування, ячейка проектування.
15. Дедуктивно-паралельна схема проектування.
16. Індуктивний підхід до проектування.
17. Дедуктивний підхід до проектування.
18. Об’єктно-орієнтоване проектування.

Література

1. Молчанов А.А. Моделирование и проектирование сложных систем. - К.: Выща школа. – 1988.
2. Петренко А.И. Основы автоматизации проектирования.- К.:Техніка, 1982.
3. Жук К.Д., Тимченко А.А., Доленко Т.И. Исследование структур и моделирование логико-динамических систем. - К.: Наук думка, 1975.
4. Гради Буч. Объектно-ориентированное проектирование с примерами применения. - К.: Диалектика, 1993.

Вимоги до виконання лабораторних робіт (ЛР)

1. ЛР виконується в зошиті або на листах формату А4.
2. Перелік необхідних компонент звіту до ЛР:
   - **2.1.** Титульна сторінка
   - **2.2.** Зміст.
   - **2.3.** Постановка задачі із своїм варіантом.
   - **2.4.** Теоретична частина (основні відомості, формули, вирази , що використані в роботі).
   - **2.5.** Розрахунки (за вказівкою викладача).
   - **2.6.** Алгоритм роботи.
   - **2.7.** Тексти програмних модулів.
   - **2.8.** Одержані результати.
   - **2.9.** Аналіз результатів, висновки.
   - **2.10.** Використана література.

Виконана і оформлена робота представляється до захисту не пізніше початку наступної ЛР.