

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра обчислювальної техніки

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

з дисципліни «Методи планування експерименту»

на тему **«Проведення трьохфакторного експерименту при використанні
рівняння регресії з квадратичними членами»**

ВИКОНАВ:
студент 2 курсу
групи ІВ-93
Трибушенко Артем Сергійович
Залікова - 9332

ПЕРЕВІРИВ:
ас. Регіда П.Г.

Київ - 2021
Хід роботи

Мета:

Провести трьохфакторний експеримент і отримати адекватну модель – рівняння регресії, використовуючи ротатабельний композиційний план.

Завдання до лабораторної роботи:

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями.
2. Вибрати з таблиці варіантів і записати в протокол інтервали значень x_1 , x_2 , x_3 .
3. Обчислити і записати значення, відповідні кодованим значенням факторів +1; -1; + ; - ; 0 для 1, 2, 3.
3. Значення функції відгуку знайти за допомогою підстановки в формулу:

$$y_i = f(x_1, x_2, x_3) + \text{random}(10) - 5,$$

де $f(x_1, x_2, x_3)$ вибирається по номеру в списку в журналі викладача.

4. Провести експерименти і аналізуючи значення статистичних перевірок, отримати адекватну модель рівняння регресії. При розрахунках використовувати натуральні значення факторів.
5. Зробити висновки по виконаній роботі.

Варіант 326

327	10	60	-35	10	-30	45	$6,7+2,0*x_1+2,4*x_2+1,6*x_3+5,7*x_1*x_1+0,7*x_2*x_2+2,6*x_3*x_3+8,7*x_1*x_2+0,8*x_1*x_3+3,1*x_2*x_3+1,3*x_1*x_2*x_3$
-----	----	----	-----	----	-----	----	---

Лістинг

```
from math import fabs
from random import randrange
import numpy as np
from numpy.linalg import solve
from scipy.stats import f, t
```

```
for i in range(10):
    m = 3
    n = 15
```

```
# варіант 327
```

```
x1min = -10
```

```
x1max = 60
```

```
x2min = -35
```

```
x2max = 10
```

```
x3min = -30
```

```
x3max = 45
```

```
def function(X1, X2, X3):
```

```
y = 6.7 + 2.0 * X1 + 2.4 * X2 + 1.6 * X3 + 5.7 * X1 * X1 + 0.7 * X2 * X2 + 2.6 * X3 * X3 +  
8.7 * X1 * X2 + \
```

```
0.8 * X1 * X3 + 3.1 * X2 * X3 + 1.3 * X1 * X2 * X3 + randrange(0, 10) - 5
```

```
return y
```

```
x01 = (x1max + x1min) / 2
```

```
x02 = (x2max + x2min) / 2
```

```
x03 = (x3max + x3min) / 2
```

```
deltax1 = x1max - x01
```

```
deltax2 = x2max - x02
```

```
deltax3 = x3max - x03
```

```
# матриця ПФЕ
```

```
xn = [[-1, -1, -1, +1, +1, +1, -1, +1, +1, +1],
```

```
[-1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, +1, +1, +1],
```

```
[-1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, +1],
```

```
[-1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, +1],
```

```
[+1, -1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1, +1],
```

```
[+1, -1, +1, -1, +1, -1, -1, +1, +1, +1],
```

```
[+1, +1, -1, +1, -1, -1, -1, +1, +1, +1],
```

```
[+1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1, +1],
```

```
[-1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929, 0, 0],
```

```
[+1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929, 0, 0],
```

```
[0, -1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929, 0],
```

```
[0, +1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929, 0],
```

```
[0, 0, -1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929],
```

```
[0, 0, +1.73, 0, 0, 0, 0, 0, 2.9929],
```

```
[0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]]
```

```
x1 = [x1min, x1min, x1min, x1min, x1max, x1max, x1max, x1max, -1.73 * deltax1 + x01,  
1.73 * deltax1 + x01, x01, x01,
```

```
x01, x01, x01]
```

```
x2 = [x2min, x2min, x2max, x2max, x2min, x2min, x2max, x2max, x02, x02, -1.73 *  
deltax2 + x02, 1.73 * deltax2 + x02,
```

```
x02, x02, x02]
```

```
x3 = [x3min, x3max, x3min, x3max, x3min, x3max, x3min, x3max, x03, x03, x03, x03, -  
1.73 * deltax3 + x03,
```

```
1.73 * deltax3 + x03, x03]
```

```
# заповнення нулями x1x2, x1x3, x1x2x3
```

```
# заповнення нулями x1kv, x2kv, x3kv
```

```

x1x2, x1x3, x2x3, x1x2x3 = [0] * n, [0] * n, [0] * n, [0] * n
x1kv, x2kv, x3kv = [0] * n, [0] * n, [0] * n
for i in range(15):
    x1x2[i] = x1[i] * x2[i]
    x1x3[i] = x1[i] * x3[i]
    x2x3[i] = x2[i] * x3[i]
    x1x2x3[i] = x1[i] * x2[i] * x3[i]
    x1kv[i] = x1[i] ** 2
    x2kv[i] = x2[i] ** 2
    x3kv[i] = x3[i] ** 2
# формуємо список a
list_for_a = list(zip(x1, x2, x3, x1x2, x1x3, x2x3, x1x2x3, x1kv, x2kv, x3kv))

print("Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:")
print(" X1 X2 X3 X1X2 X1X3 X2X3 X1X2X3 X1X1"
      " X2X2 X3X3")
for i in range(n):
    print(end=' ')
    for j in range(len(list_for_a[0])):
        print("{: ^12.3f}".format(list_for_a[i][j]), end=' ')
    print("")
# вивід матриці планування
Y = [[function(list_for_a[j][0], list_for_a[j][1], list_for_a[j][2]) for i in range(m)] for j in
range(15)]
print("Матриця планування Y:")
print(" Y1 Y2 Y3")
for i in range(n):
    print(end=' ')
    for j in range(len(Y[0])):
        print("{: ^12.3f}".format(Y[i][j]), end=' ')
    print("")
# середні y
Y_average = []
for i in range(len(Y)):
    Y_average.append(np.mean(Y[i], axis=0))
print("Середні значення відгуку за рядками:")
for i in range(n):
    print("{: .3f}".format(Y_average[i]), end=" ")
# розрахунок дисперсій
dispersions = []
for i in range(len(Y)):
    a = 0
    for k in Y[i]:
        a += (k - np.mean(Y[i], axis=0)) ** 2
    dispersions.append(a / len(Y[i]))

def find_known(num):
    a = 0
    for j in range(n):
        a += Y_average[j] * list_for_a[j][num - 1] / n

```

```
return a
```

```
def a(first, second):
```

```
    a = 0
```

```
    for j in range(n):
```

```
        a += list_for_a[j][first - 1] * list_for_a[j][second - 1] / n
```

```
    return a
```

```
my = sum(Y_average) / n
```

```
mx = []
```

```
for i in range(10):
```

```
    number_lst = []
```

```
    for j in range(n):
```

```
        number_lst.append(list_for_a[j][i])
```

```
    mx.append(sum(number_lst) / len(number_lst))
```

```
det1 = [
```

```
    [1, mx[0], mx[1], mx[2], mx[3], mx[4], mx[5], mx[6], mx[7], mx[8], mx[9]],
```

```
    [mx[0], a(1, 1), a(1, 2), a(1, 3), a(1, 4), a(1, 5), a(1, 6), a(1, 7), a(1, 8), a(1, 9), a(1, 10)],
```

```
    [mx[1], a(2, 1), a(2, 2), a(2, 3), a(2, 4), a(2, 5), a(2, 6), a(2, 7), a(2, 8), a(2, 9), a(2, 10)],
```

```
    [mx[2], a(3, 1), a(3, 2), a(3, 3), a(3, 4), a(3, 5), a(3, 6), a(3, 7), a(3, 8), a(3, 9), a(3, 10)],
```

```
    [mx[3], a(4, 1), a(4, 2), a(4, 3), a(4, 4), a(4, 5), a(4, 6), a(4, 7), a(4, 8), a(4, 9), a(4, 10)],
```

```
    [mx[4], a(5, 1), a(5, 2), a(5, 3), a(5, 4), a(5, 5), a(5, 6), a(5, 7), a(5, 8), a(5, 9), a(5, 10)],
```

```
    [mx[5], a(6, 1), a(6, 2), a(6, 3), a(6, 4), a(6, 5), a(6, 6), a(6, 7), a(6, 8), a(6, 9), a(6, 10)],
```

```
    [mx[6], a(7, 1), a(7, 2), a(7, 3), a(7, 4), a(7, 5), a(7, 6), a(7, 7), a(7, 8), a(7, 9), a(7, 10)],
```

```
    [mx[7], a(8, 1), a(8, 2), a(8, 3), a(8, 4), a(8, 5), a(8, 6), a(8, 7), a(8, 8), a(8, 9), a(8, 10)],
```

```
    [mx[8], a(9, 1), a(9, 2), a(9, 3), a(9, 4), a(9, 5), a(9, 6), a(9, 7), a(9, 8), a(9, 9), a(9, 10)],
```

```
    [mx[9], a(10, 1), a(10, 2), a(10, 3), a(10, 4), a(10, 5), a(10, 6), a(10, 7), a(10, 8), a(10, 9),
```

```
    a(10, 10)]]
```

```
det2 = [my, find_known(1), find_known(2), find_known(3), find_known(4), find_known(5),
```

```
    find_known(6), find_known(7),
```

```
    find_known(8), find_known(9), find_known(10)]
```

```
beta = solve(det1, det2)
```

```
print("\nОтримане рівняння регресії:")
```

```
print("{:.3f} + {:.3f} * X1 + {:.3f} * X2 + {:.3f} * X3 + {:.3f} * X1X2 + {:.3f} * X1X3 +  
{:.3f} * X2X3"
```

```
+ {:.3f} * X1X2X3 + {:.3f} * X11^2 + {:.3f} * X22^2 + {:.3f} * X33^2 =  $\hat{y}$ "
```

```
.format(beta[0], beta[1], beta[2], beta[3], beta[4], beta[5], beta[6], beta[7], beta[8],
```

```
beta[9], beta[10]))
```

```
y_i = [0] * n
```

```
print("Експериментальні значення:")
```

```
for k in range(n):
```

```
    y_i[k] = beta[0] + beta[1] * list_for_a[k][0] + beta[2] * list_for_a[k][1] + beta[3] *  
list_for_a[k][2] + \
```

```
beta[4] * list_for_a[k][3] + beta[5] * list_for_a[k][4] + beta[6] * list_for_a[k][5] + beta[7] * \
```

```
list_for_a[k][6] + beta[8] * list_for_a[k][7] + beta[9] * list_for_a[k][8] + beta[10] *  
list_for_a[k][
```

```

9]
for i in range(n):
    print("{:.3f}".format(y_i[i]), end=" ")
    print("\n----- Перевірка за критерієм Кохрена -----")
    Gp = max(dispersions) / sum(dispersions)
    Gt = 0.3346
    print("Gp =", Gp)
    if Gp < Gt:
        print("Дисперсія однорідна")
    else:
        print("Дисперсія неоднорідна")

```

```

print("----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента
-----")
sb = sum(dispersions) / len(dispersions)
sbs = (sb / (n * m)) ** 0.5
F3 = (m - 1) * n
coefs1 = []
coefs2 = []
d = 11
res = [0] * 11
for j in range(11):
    t_pract = 0
    for i in range(15):
        if j == 0:
            t_pract += Y_average[i] / 15
        else:
            t_pract += Y_average[i] * xn[i][j - 1]
    res[j] = beta[j]
    if fabs(t_pract / sbs) < t.ppf(q=0.975, df=F3):
        coefs2.append(beta[j])
    res[j] = 0
    d -= 1
    else:
        coefs1.append(beta[j])
print("Значущі коефіцієнти регресії:", [round(i, 3) for i in coefs1])
print("Незначущі коефіцієнти регресії:", [round(i, 3) for i in coefs2])
y_st = []
for i in range(n):
    y_st.append(res[0] + res[1] * x1[i] + res[2] * x2[i] + res[3] * x3[i] + res[4] * x1x2[i] +
    res[5] *
    x1x3[i] + res[6] * x2x3[i] + res[7] * x1x2x3[i] + res[8] * x1kv[i] + res[9] *
    x2kv[i] + res[10] * x3kv[i])
print("Значення з отриманими коефіцієнтами:")
for i in range(n):
    print("{:.3f}".format(y_st[i]), end=" ")

```

```
print("\n----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера
-----")
Sad = m * sum([(y_st[i] - Y_average[i]) ** 2 for i in range(n)]) / (n - d)
Fp = Sad / sb
F4 = n - d
print("Fp =", Fp)
start_3 = 0
if Fp < f.ppf(q=0.95, dfn=F4, dfd=F3):
print("Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05")
else:
print("Рівняння регресії неадекватне при рівні значимості 0.05")
```

Результати роботи програми

```
Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -300.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  -300.000  300.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1060.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3492.800  -3483.800  -3487.800
24943.700  24940.700  24942.700
5278.700  5282.700  5278.700
297.700  303.700  299.700
89160.200  89154.200  89159.200
-117084.300  -117083.300  -117085.300
2480.700  2483.700  2486.700
69954.700  69955.700  69955.700
15070.693  15071.693  15074.693
22629.306  22626.306  22620.306
-19262.211  -19257.211  -19263.211
17278.579  17280.579  17282.579
33826.316  33831.316  33833.316
-16047.584  -16048.584  -16041.584
-2046.425  -2045.425  -2050.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3488.133 24942.367 5280.033 300.367 89157.867 -117084.300 2483.700 69955.367 15072.360 22625.306 -19260.878 17280.579 33830.316 -16045.918 -2047.425
Отримане рівняння регресії:
7.182 + 2.050 * X1 + 2.319 * X2 + 1.609 * X3 + 8.701 * X1X2 + 0.800 * X1X3 + 3.101 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X11^2 + 0.698 * X22^2 + 2.599 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3487.336 24943.046 5280.536 300.752 89157.108 -117085.177 2482.647 69954.196 15070.811 22627.354 -19260.968 17281.169 33830.429 -16045.532 -2047.429
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.15909090909090906
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [7.182, 2.05, 2.319, 1.609, 8.701, 0.8, 3.101, 1.3, 5.7, 0.698, 2.599]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3487.336 24943.046 5280.536 300.752 89157.108 -117085.177 2482.647 69954.196 15070.811 22627.354 -19260.968 17281.169 33830.429 -16045.532 -2047.429
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fp = 1.5897232044136085
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05
```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3486.800  -3485.800  -3490.800
24944.700  24948.700  24942.700
5285.700  5281.700  5286.700
297.700  299.700  302.700
89156.200  89152.200  89155.200
-117087.300  -117089.300  -117087.300
2481.700  2485.700  2484.700
69951.700  69956.700  69951.700
15066.693  15066.693  15070.693
22621.306  22623.306  22623.306
-19263.211  -19261.211  -19262.211
17277.579  17278.579  17277.579
33829.316  33826.316  33827.316
-16047.584  -16043.584  -16042.584
-2052.425  -2050.425  -2053.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3487.800 24945.367 5284.700 300.033 89154.533 -117087.967 2484.033 69953.367 15068.026 22622.639 -19262.211 17277.912 33827.649 -16044.584 -2052.092
Отримане рівняння регресії:
4.136 + 1.998 * X1 + 2.392 * X2 + 1.570 * X3 + 8.701 * X1X2 + 0.801 * X1X3 + 3.099 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X11^2 + 0.700 * X22^2 + 2.601 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3489.164 24945.409 5282.035 298.774 89153.774 -117087.320 2481.972 69952.712 15070.074 22623.289 -19262.367 17280.766 33830.624 -16044.861 -2052.111
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.13793103448275862
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [4.136, 1.998, 2.392, 1.57, 8.701, 0.801, 3.099, 1.3, 5.7, 0.7, 2.601]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3489.164 24945.409 5282.035 298.774 89153.774 -117087.320 2481.972 69952.712 15070.074 22623.289 -19262.367 17280.766 33830.624 -16044.861 -2052.111
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 9.459766715049584
Рівняння регресії неадекватне при рівні значимості 0.05

```



```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3484.800  -3492.800  -3492.800
24943.700  24944.700  24941.700
5281.700  5279.700  5284.700
301.700  305.700  302.700
89159.200  89154.200  89161.200
-117084.300  -117084.300  -117087.300
2481.700  2482.700  2486.700
69951.700  69955.700  69948.700
15067.693  15070.693  15069.693
22624.306  22627.306  22629.306
-19261.211  -19265.211  -19259.211
17279.579  17279.579  17281.579
33829.316  33832.316  33829.316
-16044.584  -16040.584  -16045.584
-2050.425  -2049.425  -2046.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3490.133 24943.367 5282.033 303.367 89158.200 -117085.300 2483.700 69952.033 15069.360 22626.972 -19261.878 17280.246 33830.316 -16043.584 -2048.758

Отримане рівняння регресії:

$$6.530 + 2.029 * X1 + 2.383 * X2 + 1.620 * X3 + 8.699 * X1X2 + 0.799 * X1X3 + 3.100 * X2X3 + 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X1^2 + 0.698 * X2^2 + 2.600 * X3^2 = \hat{y}$$


Експериментальні значення:
-3490.592 24943.438 5281.089 302.952 89158.196 -117084.774 2483.210 69952.074 15070.165 22626.726 -19262.160 17281.087 33831.209 -16043.918 -2048.762
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.20645161290322583
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [6.53, 2.029, 2.383, 1.62, 8.699, 0.799, 3.1, 1.3, 5.7, 0.698, 2.6]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3490.592 24943.438 5281.089 302.952 89158.196 -117084.774 2483.210 69952.074 15070.165 22626.726 -19262.160 17281.087 33831.209 -16043.918 -2048.762
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 0.6864352006408722
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3484.800  -3485.800  -3487.800
24948.700  24947.700  24939.700
5278.700  5285.700  5286.700
297.700  306.700  299.700
89156.200  89160.200  89155.200
-117088.300  -117085.300  -117081.300
2477.700  2483.700  2483.700
69953.700  69952.700  69951.700
15072.693  15068.693  15075.693
22626.306  22620.306  22628.306
-19258.211  -19264.211  -19258.211
17279.579  17278.579  17279.579
33835.316  33826.316  33828.316
-16045.584  -16042.584  -16045.584
-2045.425  -2047.425  -2047.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3486.133 24945.367 5283.700 301.367 89157.200 -117084.967 2481.700 69952.700 15072.360 22624.972 -19260.211 17279.246 33829.982 -16044.584 -2046.758
Отримане рівняння регресії:
8.469 + 2.017 * X1 + 2.303 * X2 + 1.596 * X3 + 8.700 * X1X2 + 0.801 * X1X3 + 3.100 * X2X3 + 1.300 * X1X2X3 + 5.699 * X11^2 + 0.697 * X22^2 + 2.599 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3486.609 24945.435 5282.827 301.038 89156.762 -117084.861 2480.865 69952.409 15072.916 22625.441 -19260.157 17280.217 33831.123 -16044.701 -2046.766
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.14398422090729784
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [8.469, 2.017, 2.303, 1.596, 8.7, 0.801, 3.1, 1.3, 5.699, 0.697, 2.599]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3486.609 24945.435 5282.827 301.038 89156.762 -117084.861 2480.865 69952.409 15072.916 22625.441 -19260.157 17280.217 33831.123 -16044.701 -2046.766
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 0.4867601507730263
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3484.800  -3486.800  -3489.800
24946.700  24946.700  24939.700
5280.700  5278.700  5281.700
299.700  301.700  297.700
89153.200  89157.200  89158.200
-117085.300  -117082.300  -117088.300
2478.700  2486.700  2483.700
69948.700  69948.700  69947.700
15066.693  15070.693  15068.693
22629.306  22622.306  22620.306
-19259.211  -19265.211  -19259.211
17282.579  17282.579  17284.579
33835.316  33834.316  33830.316
-16040.584  -16044.584  -16048.584
-2049.425  -2047.425  -2053.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3487.133 24944.367 5280.367 299.700 89156.200 -117085.300 2483.033 69948.367 15068.693 22623.972 -19261.211 17283.246 33833.316 -16044.584 -2050.092
Отримане рівняння регресії:
5.319 + 2.042 * X1 + 2.373 * X2 + 1.582 * X3 + 8.701 * X1X2 + 0.799 * X1X3 + 3.100 * X2X3 + 1.300 * X1X2X3 + 5.699 * X1^2 + 0.700 * X2^2 + 2.600 * X3^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3487.703 24943.873 5281.137 300.546 89156.043 -117085.381 2484.216 69949.625 15068.709 22623.035 -19260.123 17281.236 33832.943 -16045.133 -2050.085
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.16708229426433913
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [5.319, 2.042, 2.373, 1.582, 8.701, 0.799, 3.1, 1.3, 5.699, 0.7, 2.6]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3487.703 24943.873 5281.137 300.546 89156.043 -117085.381 2484.216 69949.625 15068.709 22623.035 -19260.123 17281.236 33832.943 -16045.133 -2050.085
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 1.4429192555612829
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
  X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
  Y1      Y2      Y3
-3485.800  -3491.800  -3490.800
24940.700  24940.700  24941.700
5278.700  5281.700  5286.700
297.700  301.700  297.700
89152.200  89159.200  89159.200
-117090.300  -117090.300  -117089.300
2485.700  2482.700  2481.700
69953.700  69956.700  69954.700
15068.693  15070.693  15067.693
22621.306  22627.306  22620.306
-19256.211  -19264.211  -19257.211
17285.579  17277.579  17278.579
33828.316  33831.316  33827.316
-16047.584  -16041.584  -16046.584
-2051.425  -2048.425  -2052.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3489.467 24941.033 5282.367 299.033 89156.867 -117089.967 2483.367 69955.033 15069.026 22622.972 -19259.211 17280.579 33828.982 -16045.251 -2050.758
Отримане рівняння регресії:
4.823 + 2.040 * X1 + 2.402 * X2 + 1.583 * X3 + 8.701 * X1X2 + 0.801 * X1X3 + 3.100 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X11^2 + 0.701 * X22^2 + 2.600 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3488.915 24942.853 5281.177 299.112 89156.716 -117088.849 2481.475 69954.410 15068.262 22623.832 -19261.176 17282.639 33830.496 -16046.669 -2050.759
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.14690721649484537
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [4.823, 2.04, 2.402, 1.583, 8.701, 0.801, 3.1, 1.3, 5.7, 0.701, 2.6]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3488.915 24942.853 5281.177 299.112 89156.716 -117088.849 2481.475 69954.410 15068.262 22623.832 -19261.176 17282.639 33830.496 -16046.669 -2050.759
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 3.1322842931282273
Рівняння регресії неадекватне при рівні значимості 0.05

```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3491.800  -3484.800  -3491.800
24947.700  24946.700  24943.700
5279.700  5283.700  5285.700
297.700  301.700  305.700
89156.200  89154.200  89160.200
-117085.300  -117084.300  -117084.300
2481.700  2482.700  2484.700
69947.700  69949.700  69956.700
15071.693  15075.693  15074.693
22628.306  22629.306  22627.306
-19256.211  -19258.211  -19263.211
17279.579  17281.579  17286.579
33830.316  33835.316  33829.316
-16041.584  -16041.584  -16043.584
-2046.425  -2048.425  -2051.425

Середні значення відгуку за рядками:
-3489.467 24946.033 5283.033 301.700 89156.867 -117084.633 2483.033 69951.367 15074.026 22628.306 -19259.211 17282.579 33831.649 -16042.251 -2048.758
Отримане рівняння регресії:
7.276 + 1.988 * X1 + 2.383 * X2 + 1.600 * X3 + 8.700 * X1X2 + 0.800 * X1X3 + 3.099 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X11^2 + 0.699 * X22^2 + 2.600 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3488.960 24946.928 5283.471 302.526 89157.503 -117083.609 2483.601 69952.322 15073.199 22627.179 -19260.268 17281.682 33831.120 -16043.676 -2048.744
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.17223650385604117
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [7.276, 1.988, 2.383, 1.6, 8.7, 0.8, 3.099, 1.3, 5.7, 0.699, 2.6]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3488.960 24946.928 5283.471 302.526 89157.503 -117083.609 2483.601 69952.322 15073.199 22627.179 -19260.268 17281.682 33831.120 -16043.676 -2048.744
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 1.406162250514398
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

```

```

Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
  X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250

Матриця планування Y:
  Y1      Y2      Y3
-3491.800  -3488.800  -3483.800
24942.700  24941.700  24946.700
5278.700  5278.700  5281.700
300.700  304.700  306.700
89156.200  89160.200  89160.200
-117082.300  -117086.300  -117084.300
2477.700  2483.700  2483.700
69956.700  69952.700  69950.700
15072.693  15066.693  15068.693
22620.306  22625.306  22626.306
-19257.211  -19265.211  -19262.211
17279.579  17284.579  17281.579
33827.316  33826.316  33829.316
-16048.584  -16047.584  -16048.584
-2051.425  -2048.425  -2053.425

Середні значення вілгуку за рядками:
-3488.133 24943.700 5279.700 304.033 89158.867 -117084.300 2481.700 69953.367 15069.360 22623.972 -19261.544 17281.912 33827.649 -16048.251 -2051.092
Отримане рівняння регресії:
4.819 + 1.998 * X1 + 2.424 * X2 + 1.635 * X3 + 8.700 * X1X2 + 0.800 * X1X3 + 3.101 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X11^2 + 0.701 * X22^2 + 2.600 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3488.874 24942.460 5279.481 303.315 89157.803 -117085.863 2481.158 69952.325 15070.177 22625.537 -19259.751 17282.500 33828.262 -16046.483 -2051.109
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.1388101983002833
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [4.819, 1.998, 2.424, 1.635, 8.7, 0.8, 3.101, 1.3, 5.7, 0.701, 2.6]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3488.874 24942.460 5279.481 303.315 89157.803 -117085.863 2481.158 69952.325 15070.177 22625.537 -19259.751 17282.500 33828.262 -16046.483 -2051.109
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 2.5501807353095347
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

```

11

```
Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:
X1      X2      X3      X1X2      X1X3      X2X3      X1X2X3      X1X1      X2X2      X3X3
-10.000  -35.000  -30.000  350.000  300.000  1050.000  -10500.000  100.000  1225.000  900.000
-10.000  -35.000  45.000  350.000  -450.000  -1575.000  15750.000  100.000  1225.000  2025.000
-10.000  10.000  -30.000  -100.000  300.000  -300.000  3000.000  100.000  100.000  900.000
-10.000  10.000  45.000  -100.000  -450.000  450.000  -4500.000  100.000  100.000  2025.000
60.000  -35.000  -30.000  -2100.000  -1800.000  1050.000  63000.000  3600.000  1225.000  900.000
60.000  -35.000  45.000  -2100.000  2700.000  -1575.000  -94500.000  3600.000  1225.000  2025.000
60.000  10.000  -30.000  600.000  -1800.000  -300.000  -18000.000  3600.000  100.000  900.000
60.000  10.000  45.000  600.000  2700.000  450.000  27000.000  3600.000  100.000  2025.000
-35.550  -12.500  7.500  444.375  -266.625  -93.750  3332.812  1263.802  156.250  56.250
85.550  -12.500  7.500  -1069.375  641.625  -93.750  -8020.312  7318.802  156.250  56.250
25.000  -51.425  7.500  -1285.625  187.500  -385.688  -9642.188  625.000  2644.531  56.250
25.000  26.425  7.500  660.625  187.500  198.187  4954.687  625.000  698.281  56.250
25.000  -12.500  -57.375  -312.500  -1434.375  717.188  17929.688  625.000  156.250  3291.891
25.000  -12.500  72.375  -312.500  1809.375  -904.688  -22617.188  625.000  156.250  5238.141
25.000  -12.500  7.500  -312.500  187.500  -93.750  -2343.750  625.000  156.250  56.250
Матриця планування Y:
Y1      Y2      Y3
-3485.800  -3483.800  -3488.800
24946.700  24948.700  24945.700
5278.700  5277.700  5286.700
300.700  300.700  305.700
89155.200  89159.200  89156.200
-117082.300  -117082.300  -117088.300
2479.700  2484.700  2484.700
69955.700  69947.700  69956.700
15066.693  15072.693  15067.693
22626.306  22623.306  22621.306
-19259.211  -19264.211  -19265.211
17278.579  17285.579  17282.579
33828.316  33830.316  33834.316
-16041.584  -16040.584  -16049.584
-2053.425  -2053.425  -2052.425
Середні значення відгуку за рядками:
-3486.133 24947.033 5281.033 302.367 89156.867 -117084.300 2483.033 69953.367 15069.026 22623.639 -19262.878 17282.246 33830.982 -16043.918 -2053.092
Отримане рівняння регресії:
3.274 + 1.983 * X1 + 2.420 * X2 + 1.596 * X3 + 8.701 * X1X2 + 0.800 * X1X3 + 3.100 * X2X3+ 1.300 * X1X2X3 + 5.701 * X11^2 + 0.702 * X22^2 + 2.601 * X33^2 = ŷ
Експериментальні значення:
-3487.486 24945.536 5280.864 302.052 89155.797 -117085.515 2483.147 69953.336 15070.278 22624.236 -19260.585 17281.802 33831.740 -16042.825 -2053.105
----- Перевірка за критерієм Кохрена -----
Gr = 0.1486761710794297
Дисперсія однорідна
----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стюдента -----
Значущі коефіцієнти регресії: [3.274, 1.983, 2.42, 1.596, 8.701, 0.8, 3.1, 1.3, 5.701, 0.702, 2.601]
Незначущі коефіцієнти регресії: []
Значення з отриманими коефіцієнтами:
-3487.486 24945.536 5280.864 302.052 89155.797 -117085.515 2483.147 69953.336 15070.278 22624.236 -19260.585 17281.802 33831.740 -16042.825 -2053.105
----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----
Fr = 1.647819494939535
Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05
```


Матриця планування з натуралізованими коефіцієнтами X:

X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	X1X1	X2X2	X3X3
-10.000	-35.000	-30.000	350.000	300.000	1050.000	-10500.000	100.000	1225.000	900.000
-10.000	-35.000	45.000	350.000	-450.000	-1575.000	15750.000	100.000	1225.000	2025.000
-10.000	10.000	-30.000	-100.000	300.000	-300.000	3000.000	100.000	100.000	900.000
-10.000	10.000	45.000	-100.000	-450.000	450.000	-4500.000	100.000	100.000	2025.000
60.000	-35.000	-30.000	-2100.000	-1800.000	1050.000	63000.000	3600.000	1225.000	900.000
60.000	-35.000	45.000	-2100.000	2700.000	-1575.000	-94500.000	3600.000	1225.000	2025.000
60.000	10.000	-30.000	600.000	-1800.000	-300.000	-18000.000	3600.000	100.000	900.000
60.000	10.000	45.000	600.000	2700.000	450.000	27000.000	3600.000	100.000	2025.000
-35.550	-12.500	7.500	444.375	-266.625	-93.750	3332.812	1263.802	156.250	56.250
85.550	-12.500	7.500	-1069.375	641.625	-93.750	-8020.312	7318.802	156.250	56.250
25.000	-51.425	7.500	-1285.625	187.500	-385.688	-9642.188	625.000	2644.531	56.250
25.000	26.425	7.500	660.625	187.500	198.187	4954.687	625.000	698.281	56.250
25.000	-12.500	-57.375	-312.500	-1434.375	717.188	17929.688	625.000	156.250	3291.891
25.000	-12.500	72.375	-312.500	1809.375	-904.688	-22617.188	625.000	156.250	5238.141
25.000	-12.500	7.500	-312.500	187.500	-93.750	-2343.750	625.000	156.250	56.250

Матриця планування Y:

Y1	Y2	Y3
-3490.800	-3491.800	-3492.800
24941.700	24943.700	24947.700
5278.700	5283.700	5286.700
302.700	305.700	301.700
89152.200	89156.200	89153.200
-117090.300	-117088.300	-117083.300
2480.700	2480.700	2484.700
69947.700	69955.700	69949.700
15066.693	15068.693	15075.693
22629.306	22622.306	22622.306
-19261.211	-19260.211	-19263.211
17279.579	17282.579	17277.579
33827.316	33829.316	33830.316
-16041.584	-16049.584	-16041.584
-2052.425	-2046.425	-2047.425

Середні значення відгуку за рядками:

-3491.800 24944.367 5283.033 303.367 89153.867 -117087.300 2482.033 69951.033 15070.360 22624.639 -19261.544 17279.912 33828.982 -16044.251 -2048.758

Отримане рівняння регресії:

$$7.192 + 2.014 * X1 + 2.391 * X2 + 1.620 * X3 + 8.700 * X1X2 + 0.800 * X1X3 + 3.099 * X2X3 + 1.300 * X1X2X3 + 5.700 * X1^2 + 0.698 * X2^2 + 2.600 * X3^2 = y$$

Експериментальні значення:

-3491.586 24944.777 5282.026 302.555 89154.709 -117086.261 2481.655 69950.851 15071.065 22623.891 -19262.978 17281.303 33829.188 -16044.499 -2048.758

----- Перевірка за критерієм Кохрена -----

Gr = 0.14660831509846828

Дисперсія однорідна

----- Перевірка значущості коефіцієнтів за критерієм Стьюдента -----

Значущі коефіцієнти регресії: [7.192, 2.014, 2.391, 1.62, 8.7, 0.8, 3.099, 1.3, 5.7, 0.698, 2.6]

Незначущі коефіцієнти регресії: []

Значення з отриманими коефіцієнтами:

-3491.586 24944.777 5282.026 302.555 89154.709 -117086.261 2481.655 69950.851 15071.065 22623.891 -19262.978 17281.303 33829.188 -16044.499 -2048.758

----- Перевірка адекватності за критерієм Фішера -----

Fр = 0.997341159462266

Рівняння регресії адекватне при рівні значимості 0.05

Висновок:

В даній лабораторній роботі проведено трьохфакторний експеримент та отримано адекватну модель – рівняння регресії, використовуючи ротатбельний композиційний план. Отримані значення статистичних перевірок.