Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

**Методи оптимізації та планування експерименту**

**Лабораторна робота №5**

«Проведення трьохфакторного експерименту

при використанні рівняння регресії з урахування квадратичних членів (центральний ортогональний композиційний план)»

Виконав:

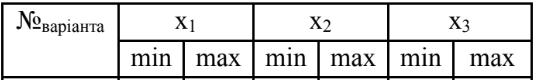
студент групи ІВ-82

Кузьмич А. А.

Залікова книжка №8215

Перевірив Регіда П. Г.

Київ - 2020 р.





**import** random  
**from** scipy.stats **import** f, t  
**from** prettytable **import** PrettyTable  
**import** numpy **as** np  
  
x1min = -2  
x1max = 4  
x2min = -10  
x2max = 8  
x3min = -3  
x3max = 6  
  
xAvmax = (x1max + x2max + x3max) / 3  
xAvmin = (x1min + x2min + x3min) / 3  
ymax = int(200 + xAvmax)  
ymin = int(200 + xAvmin)  
  
x01 = (x1max+x1min)/2  
x02 = (x2max+x2min)/2  
x03 = (x3max+x3min)/2  
deltax1 = x1max-x01  
deltax2 = x2max-x02  
deltax3 = x3max-x03  
  
m = 3  
  
X11 = [-1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1.215, 1.215, 0, 0, 0, 0, 0]  
X22 = [-1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, 0, 0, -1.215, 1.215, 0, 0, 0]  
X33 = [-1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 0, 0, 0, 0, -1.215, 1.215, 0]  
  
  
  
**def** sumkf2(x1, x2):  
 xn = []  
 **for** i **in** range(len(x1)):  
 xn.append(round(x1[i] \* x2[i],3))  
 **return** xn  
  
  
**def** sumkf3(x1, x2, x3):  
 xn = []  
 **for** i **in** range(len(x1)):  
 xn.append(round(x1[i] \* x2[i] \* x3[i],3))  
 **return** xn  
  
  
**def** kv(x):  
 xn = []  
 **for** i **in** range(len(x)):  
 xn.append(round(x[i] \* x[i],3))  
 **return** xn  
  
  
X12 = sumkf2(X11, X22)  
X13 = sumkf2(X11, X33)  
X23 = sumkf2(X22, X33)  
X123 = sumkf3(X11, X22, X33)  
X1kv = kv(X11)  
X2kv = kv(X22)  
X3kv = kv(X33)  
  
**for** i **in** range(1, m + 1):  
 globals()[**'Y%s'** % i] = [random.randrange(ymin, ymax, 1) **for** k **in** range(15)]  
  
  
y1av1, y2av2, y3av3, y4av4, y5av5, y6av6, y7av7, y8av8, y9av9, y10av10, y11av11, y12av12, y13av13, y14av14, y15av15 = 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0  
**for** i **in** range(1, m + 1):  
 **for** k **in** range(15):  
 globals()[**'y%sav%s'** % (k + 1, k + 1)] += globals()[**'Y%s'** % i][k]/m  
  
yav = []  
**for** i **in** range(15):  
 yav.append(round(globals()[**'y%sav%s'** % (i+1, i+1)] ,3 ))  
  
print(**"y=b0+b1\*x1+b2\*x2+b3\*x3+b12\*x1\*x2+b13\*x1\*x3+b23\*x2\*x3+b123\*x1\*x2\*x3+b11\*x1^2+b22\*x2^2+b33\*x3^2"**)  
table1 = PrettyTable()  
table1.add\_column(**"№"**, (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15))  
table1.add\_column(**"X1"**, X11)  
table1.add\_column(**"X2"**, X22)  
table1.add\_column(**"X3"**, X33)  
table1.add\_column(**"X12"**, X12)  
table1.add\_column(**"X13"**, X13)  
table1.add\_column(**"X23"**, X23)  
table1.add\_column(**"X123"**, X123)  
table1.add\_column(**"X1^2"**, X1kv)  
table1.add\_column(**"X2^2"**, X2kv)  
table1.add\_column(**"X3^2"**, X3kv)  
**for** i **in** range(1, m + 1):  
 table1.add\_column(**"Y"** + str(i), globals()[**'Y%s'** % i])  
table1.add\_column(**"Y"**, yav)  
print(**"Матриця планування експерименту для ОЦКП при k=3 із нормованими значеннями факторів наведена нижче"**)  
print(table1)  
  
X1 = [x1min, x1min, x1min, x1min, x1max, x1max, x1max, x1max, round(-1.215\*deltax1+x01,3), round(1.215\*deltax1+x01,3), x01, x01 ,x01 , x01, x01]  
X2 = [x2min, x2min, x2max, x2max, x2min, x2min, x2max, x2max, x02, x02, round(-1.215\*deltax2+x02,3), round(1.215\*deltax2+x02,3), x02, x02, x02]  
X3 = [x3min, x3max, x3min, x3max, x3min, x3max, x3min, x3max, x03, x03, x03, x03, round(-1.215\*deltax3+x03,3), round(1.215\*deltax3+x03,3), x03]  
X12 = sumkf2(X1, X2)  
X13 = sumkf2(X1, X3)  
X23 = sumkf2(X2, X3)  
X123 = sumkf3(X1, X2, X3)  
X1kv = kv(X1)  
X2kv = kv(X2)  
X3kv = kv(X3)  
  
table2 = PrettyTable()  
table2.add\_column(**"№"**, (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15))  
table2.add\_column(**"X1"**, X1)  
table2.add\_column(**"X2"**, X2)  
table2.add\_column(**"X3"**, X3)  
table2.add\_column(**"X12"**, X12)  
table2.add\_column(**"X13"**, X13)  
table2.add\_column(**"X23"**, X23)  
table2.add\_column(**"X123"**, X123)  
table2.add\_column(**"X1^2"**, X1kv)  
table2.add\_column(**"X2^2"**, X2kv)  
table2.add\_column(**"X3^2"**, X3kv)  
**for** i **in** range(1, m + 1):  
 table2.add\_column(**"Y"** + str(i), globals()[**'Y%s'** % i])  
table2.add\_column(**"Y"**, yav)  
print(**"Матриця планування експерименту для ОЦКП при k=3 із натуралізованими значеннями факторів має вигляд:"**)  
print(table2)  
  
  
**for** i **in** range(15):  
 globals()[**'d%s'** % (i + 1)] = 0  
**for** k **in** range(1, m + 1):  
 **for** i **in** range(15):  
 globals()[**'d%s'** % (i + 1)] += ((globals()[**'Y%s'** % (k)][i]) - globals()[**'y%sav%s'** % (i + 1, i + 1)] ) \*\* 2/m  
  
X0 =[1]\*15  
  
b = np.linalg.lstsq(list(zip(X0 , X1, X2, X3, X12, X13, X23, X123, X1kv, X2kv, X3kv)), yav, rcond=**None**)[0]  
b = [round(i , 3) **for** i **in** b]  
print(**"\nКоефіцієти b:"** ,b)  
print(**"Перевірка:"**)  
**for** i **in** range(15):  
 print(**"y"**+str(i+1)+**"av"**+str(i+1)+**"="**+str(round(b[0] + b[1]\*X1[i]+b[2]\*X2[i]+b[3]\*X3[i]+b[4]\*X1[i]\*X2[i]+b[5]\*X1[i]\*X3[i]+b[6]\*X2[i]\*X3[i]+b[7]\*X1[i]\*X2[i]\*X3[i]+b[8]\*X1kv[i]+b[9]\*X2kv[i]+b[10]\*X3kv[i],3))+**"="**+ str(round( globals()[**'y%sav%s'** % (i + 1, i + 1)],3)))  
print()  
  
dcouple = []  
**for** i **in** range(15):  
 dcouple.append(round(globals()[**'d%s'** % (i+1)] ,3 ))  
  
  
Gp = max(dcouple) / sum(dcouple)  
q = 0.05  
f1 = m - 1  
f2 = N = 15  
fisher = f.isf(\*[q / f2, f1, (f2 - 1) \* f1])  
Gt = round(fisher / (fisher + (f2 - 1)), 4)  
print(**"Gp ="**+str(Gp)+**", Gt ="**+str(Gt))  
**if** Gp < Gt:  
 print(**"Дисперсія однорідна"**)  
 print(**"Критерій Стьюдента"**)  
 sb = sum(dcouple) / N  
 ssbs = sb / N \* m  
 sbs = ssbs \*\* 0.5  
  
 beta0 = (y1av1\*1+y2av2\*1+y3av3\*1+y4av4\*1+y5av5\*1+y6av6\*1+y7av7\*1+y8av8\*1+y9av9\*(-1.215)+y10av10\*1.215+y11av11\*0+y12av12\*0+y13av13\*0+y14av14\*0+y15av15\*0)/15  
 beta1 = (y1av1\*(-1)+y2av2\*(-1)+y3av3\*(-1)+y4av4\*(-1)+y5av5\*1+y6av6\*1+y7av7\*1+y8av8\*1+y9av9\*0+y10av10\*0+y11av11\*(-1.215)+y12av12\*1.215+y13av13\*0+y14av14\*0+y15av15\*0)/15  
 beta2 = (y1av1\*(-1)+y2av2\*(-1)+y3av3\*1+y4av4\*1+y5av5\*(-1)+y6av6\*(-1)+y7av7\*1+y8av8\*1+y9av9\*0+y10av10\*0+y11av11\*0+y12av12\*0+y13av13\*(-1.215)+y14av14\*1.215+y15av15\*0)/15  
 beta3 = (y1av1\*(-1)+y2av2\*1+y3av3\*(-1)+y4av4\*1+y5av5\*(-1)+y6av6\*1+y7av7\*(-1)+y8av8\*1)/15  
 beta4 = (y1av1\*1+y2av2\*1+y3av3\*(-1)+y4av4\*(-1)+y5av5\*(-1)+y6av6\*(-1)+y7av7\*1+y8av8\*1)/15  
 beta5 = (y1av1\*1+y2av2\*(-1)+y3av3\*1+y4av4\*(-1)+y5av5\*(-1)+y6av6\*1+y7av7\*(-1)+y8av8\*1)/15  
 beta6 = (y1av1\*1+y2av2\*(-1)+y3av3\*(-1)+y4av4\*1+y5av5\*1+y6av6\*(-1)+y7av7\*(-1)+y8av8\*1)/15  
 beta7 = (y1av1\*(-1)+y2av2\*1+y3av3\*1+y4av4\*(-1)+y5av5\*1+y6av6\*(-1)+y7av7\*(-1)+y8av8\*1)/15  
 beta8 = (y1av1\*1+y2av2\*1+y3av3\*1+y4av4\*1+y5av5\*1+y6av6\*1+y7av7\*1+y8av8\*1+y9av9\*1.46723+y10av10\*1.46723)/15  
 beta9 = (y1av1\*1+y2av2\*1+y3av3\*1+y4av4\*1+y5av5\*1+y6av6\*1+y7av7\*1+y8av8\*1+y11av11\*1.46723+y12av12\*1.46723)/15  
 beta10 = (y1av1\*1+y2av2\*1+y3av3\*1+y4av4\*1+y5av5\*1+y6av6\*1+y7av7\*1+y8av8\*1+y13av13\*1.46723+y14av14\*1.46723)/15  
  
 f3 = f1 \* f2  
 ttabl = round(abs(t.ppf(q / 2, f3)), 4)  
  
 d = 11  
 **for** i **in** range(11):  
 **if** ((abs(globals()[**'beta%s'** % (i)]) / sbs) < ttabl):  
 print(**"t%s <ttabl, b%s не значимий"** % (i,i))  
 globals()[**'b%s'** % i ] = 0  
 d = d - 1  
 print(**"\nПеревірка в спрощене рівняння регресії:"**)  
 **for** i **in** range(15):  
 print(**"y"**+str(i+1)+**"av"**+str(i+1)+**"="**+str(round(b[0] + b[1]\*X1[i]+b[2]\*X2[i]+b[3]\*X3[i]+b[4]\*X1[i]\*X2[i]+b[5]\*X1[i]\*X3[i]+b[6]\*X2[i]\*X3[i]+b[7]\*X1[i]\*X2[i]\*X3[i]+b[8]\*X1kv[i]+b[9]\*X2kv[i]+b[10]\*X3kv[i],3))+**"="**+ str(round( globals()[**'y%sav%s'** % (i + 1, i + 1)],3)))  
  
 yy1 = b[0]+b[1]\*x1min+b[2]\*x2min+b[3]\*x3min+b[4]\*x1min\*x2min+b[5]\*x1min\*x3min+b[6]\*x2min\*x3min+b[7]\*x1min\*x2min\*x3min+b[8]\*x1min\*x1min+b[9]\*x2min\*x2min+b[10]\*x3min\*x3min  
 yy2 = b[0]+b[1]\*x1min+b[2]\*x2min+b[3]\*x3max+b[4]\*x1min\*x2min+b[5]\*x1min\*x3max+b[6]\*x2min\*x3max+b[7]\*x1min\*x2min\*x3max+b[8]\*x1min\*x1min+b[9]\*x2min\*x2min+b[10]\*x3max\*x3max  
 yy3 = b[0]+b[1]\*x1min+b[2]\*x2max+b[3]\*x3min+b[4]\*x1min\*x2max+b[5]\*x1min\*x3min+b[6]\*x2max\*x3min+b[7]\*x1min\*x2max\*x3min+b[8]\*x1min\*x1min+b[9]\*x2max\*x2max+b[10]\*x3min\*x3min  
 yy4 = b[0]+b[1]\*x1min+b[2]\*x2max+b[3]\*x3max+b[4]\*x1min\*x2max+b[5]\*x1min\*x3max+b[6]\*x2max\*x3max+b[7]\*x1min\*x2max\*x3max+b[8]\*x1min\*x1min+b[9]\*x2max\*x2max+b[10]\*x3max\*x3max  
 yy5 = b[0]+b[1]\*x1max+b[2]\*x2min+b[3]\*x3min+b[4]\*x1max\*x2min+b[5]\*x1max\*x3min+b[6]\*x2min\*x3min+b[7]\*x1max\*x2min\*x3min+b[8]\*x1max\*x1max+b[9]\*x2min\*x2min+b[10]\*x3min\*x3min  
 yy6 = b[0]+b[1]\*x1max+b[2]\*x2min+b[3]\*x3max+b[4]\*x1max\*x2min+b[5]\*x1max\*x3max+b[6]\*x2min\*x3max+b[7]\*x1max\*x2min\*x3max+b[8]\*x1max\*x1max+b[9]\*x2min\*x2min+b[10]\*x3min\*x3max  
 yy7 = b[0]+b[1]\*x1max+b[2]\*x2max+b[3]\*x3min+b[4]\*x1max\*x2max+b[5]\*x1max\*x3min+b[6]\*x2max\*x3min+b[7]\*x1max\*x2min\*x3max+b[8]\*x1max\*x1max+b[9]\*x2max\*x2max+b[10]\*x3min\*x3min  
 yy8 = b[0]+b[1]\*x1max+b[2]\*x2max+b[3]\*x3max+b[4]\*x1max\*x2max+b[5]\*x1max\*x3max+b[6]\*x2max\*x3max+b[7]\*x1max\*x2max\*x3max+b[8]\*x1max\*x1max+b[9]\*x2max\*x2max+b[10]\*x3min\*x3max  
  
 yy9 = b[0]+b[1]\*X1[8]+b[2]\*X2[8]+b[3]\*X3[8]+b[4]\*X12[8]+b[5]\*X13[8]+b[6]\*X23[8]+b[7]\*X123[8]+b[8]\*X1kv[8]+b[9]\*X2kv[8]+b[10]\*X3kv[8]  
 yy10 = b[0]+b[1]\*X1[9]+b[2]\*X2[9]+b[3]\*X3[9]+b[4]\*X12[9]+b[5]\*X13[9]+b[6]\*X23[9]+b[7]\*X123[9]+b[8]\*X1kv[9]+b[9]\*X2kv[9]+b[10]\*X3kv[9]  
 yy11 = b[0]+b[1]\*X1[10]+b[2]\*X2[10]+b[3]\*X3[10]+b[4]\*X12[10]+b[5]\*X13[10]+b[6]\*X23[10]+b[7]\*X123[10]+b[8]\*X1kv[10]+b[9]\*X2kv[10]+b[10]\*X3kv[10]  
 yy12 = b[0]+b[1]\*X1[11]+b[2]\*X2[11]+b[3]\*X3[11]+b[4]\*X12[11]+b[5]\*X13[11]+b[6]\*X23[11]+b[7]\*X123[11]+b[8]\*X1kv[11]+b[9]\*X2kv[11]+b[10]\*X3kv[11]  
 yy13 = b[0]+b[1]\*X1[12]+b[2]\*X2[12]+b[3]\*X3[12]+b[4]\*X12[12]+b[5]\*X13[12]+b[6]\*X23[12]+b[7]\*X123[12]+b[8]\*X1kv[12]+b[9]\*X2kv[12]+b[10]\*X3kv[12]  
 yy14 = b[0]+b[1]\*X1[13]+b[2]\*X2[13]+b[3]\*X3[13]+b[4]\*X12[13]+b[5]\*X13[13]+b[6]\*X23[13]+b[7]\*X123[13]+b[8]\*X1kv[13]+b[9]\*X2kv[13]+b[10]\*X3kv[13]  
 yy15 = b[0]+b[1]\*X1[14]+b[2]\*X2[14]+b[3]\*X3[14]+b[4]\*X12[14]+b[5]\*X13[14]+b[6]\*X23[14]+b[7]\*X123[14]+b[8]\*X1kv[14]+b[9]\*X2kv[14]+b[10]\*X3kv[14]  
 print(**"\nКритерій Фішера"**)  
 print(d, **" значимих коефіцієнтів"**)  
 f4 = N - d  
 sad = ((yy1-y1av1)\*\*2+(yy2-y2av2)\*\*2+(yy3-y3av3)\*\*2+(yy4-y4av4)\*\*2+(yy5-y5av5)\*\*2+(yy6-y6av6)\*\*2+(yy7-y7av7)\*\*2+(yy8-y8av8)\*\*2+ (yy9-y9av9)\*\*2+(yy10-y10av10)\*\*2+(yy11-y11av11)\*\*2+(yy12-y12av12)\*\*2+(yy13-y13av13)\*\*2+(yy14-y14av14)\*\*2+(yy15-y15av15)\*\*2)\*(m/(N-d))  
  
 Fp = sad / sb  
 print(**"Fp="**, round(Fp, 2))  
  
 Ft = round(abs(f.isf(q, f4, f3)), 4)  
  
 cont = 0  
 **if** Fp > Ft:  
 print(**"Fp="**, round(Fp, 2), **">Ft"**, Ft, **"Рівняння неадекватно оригіналу"**)  
 cont = 1  
 **else**:  
 print(**"Fp="**, round(Fp, 2), **"<Ft"**, Ft, **"Рівняння адекватно оригіналу"**)  
  
**else**:  
 print(**"Дисперсія неоднорідна"**)

y=b0+b1\*x1+b2\*x2+b3\*x3+b12\*x1\*x2+b13\*x1\*x3+b23\*x2\*x3+b123\*x1\*x2\*x3+b11\*x1^2+b22\*x2^2+b33\*x3^2

Матриця планування експерименту для ОЦКП при k=3 із нормованими значеннями факторів наведена нижче

+----+--------+--------+--------+------+------+------+------+-------+-------+-------+-----+-----+-----+---------+

| № | X1 | X2 | X3 | X12 | X13 | X23 | X123 | X1^2 | X2^2 | X3^2 | Y1 | Y2 | Y3 | Y |

+----+--------+--------+--------+------+------+------+------+-------+-------+-------+-----+-----+-----+---------+

| 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 203 | 199 | 202 | 201.333 |

| 2 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 200 | 195 | 196 | 197.0 |

| 3 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 203 | 204 | 201 | 202.667 |

| 4 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 195 | 197 | 199 | 197.0 |

| 5 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 201 | 198 | 198 | 199.0 |

| 6 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 205 | 201 | 198 | 201.333 |

| 7 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | 196 | 201 | 201 | 199.333 |

| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 204 | 201 | 195 | 200.0 |

| 9 | -1.215 | 0 | 0 | -0.0 | -0.0 | 0 | -0.0 | 1.476 | 0 | 0 | 203 | 196 | 200 | 199.667 |

| 10 | 1.215 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 1.476 | 0 | 0 | 203 | 197 | 196 | 198.667 |

| 11 | 0 | -1.215 | 0 | -0.0 | 0 | -0.0 | -0.0 | 0 | 1.476 | 0 | 201 | 202 | 205 | 202.667 |

| 12 | 0 | 1.215 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 1.476 | 0 | 203 | 201 | 205 | 203.0 |

| 13 | 0 | 0 | -1.215 | 0 | -0.0 | -0.0 | -0.0 | 0 | 0 | 1.476 | 204 | 205 | 202 | 203.667 |

| 14 | 0 | 0 | 1.215 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 | 1.476 | 200 | 195 | 196 | 197.0 |

| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 195 | 199 | 203 | 199.0 |

+----+--------+--------+--------+------+------+------+------+-------+-------+-------+-----+-----+-----+---------+

Матриця планування експерименту для ОЦКП при k=3 із натуралізованими значеннями факторів має вигляд:

+----+--------+---------+--------+---------+--------+---------+---------+--------+---------+--------+-----+-----+-----+---------+

| № | X1 | X2 | X3 | X12 | X13 | X23 | X123 | X1^2 | X2^2 | X3^2 | Y1 | Y2 | Y3 | Y |

+----+--------+---------+--------+---------+--------+---------+---------+--------+---------+--------+-----+-----+-----+---------+

| 1 | -2 | -10 | -3 | 20 | 6 | 30 | -60 | 4 | 100 | 9 | 203 | 199 | 202 | 201.333 |

| 2 | -2 | -10 | 6 | 20 | -12 | -60 | 120 | 4 | 100 | 36 | 200 | 195 | 196 | 197.0 |

| 3 | -2 | 8 | -3 | -16 | 6 | -24 | 48 | 4 | 64 | 9 | 203 | 204 | 201 | 202.667 |

| 4 | -2 | 8 | 6 | -16 | -12 | 48 | -96 | 4 | 64 | 36 | 195 | 197 | 199 | 197.0 |

| 5 | 4 | -10 | -3 | -40 | -12 | 30 | 120 | 16 | 100 | 9 | 201 | 198 | 198 | 199.0 |

| 6 | 4 | -10 | 6 | -40 | 24 | -60 | -240 | 16 | 100 | 36 | 205 | 201 | 198 | 201.333 |

| 7 | 4 | 8 | -3 | 32 | -12 | -24 | -96 | 16 | 64 | 9 | 196 | 201 | 201 | 199.333 |

| 8 | 4 | 8 | 6 | 32 | 24 | 48 | 192 | 16 | 64 | 36 | 204 | 201 | 195 | 200.0 |

| 9 | -2.645 | -1.0 | 1.5 | 2.645 | -3.968 | -1.5 | 3.968 | 6.996 | 1.0 | 2.25 | 203 | 196 | 200 | 199.667 |

| 10 | 4.645 | -1.0 | 1.5 | -4.645 | 6.967 | -1.5 | -6.967 | 21.576 | 1.0 | 2.25 | 203 | 197 | 196 | 198.667 |

| 11 | 1.0 | -11.935 | 1.5 | -11.935 | 1.5 | -17.902 | -17.902 | 1.0 | 142.444 | 2.25 | 201 | 202 | 205 | 202.667 |

| 12 | 1.0 | 9.935 | 1.5 | 9.935 | 1.5 | 14.902 | 14.902 | 1.0 | 98.704 | 2.25 | 203 | 201 | 205 | 203.0 |

| 13 | 1.0 | -1.0 | -3.968 | -1.0 | -3.968 | 3.968 | 3.968 | 1.0 | 1.0 | 15.745 | 204 | 205 | 202 | 203.667 |

| 14 | 1.0 | -1.0 | 6.968 | -1.0 | 6.968 | -6.968 | -6.968 | 1.0 | 1.0 | 48.553 | 200 | 195 | 196 | 197.0 |

| 15 | 1.0 | -1.0 | 1.5 | -1.0 | 1.5 | -1.5 | -1.5 | 1.0 | 1.0 | 2.25 | 195 | 199 | 203 | 199.0 |

+----+--------+---------+--------+---------+--------+---------+---------+--------+---------+--------+-----+-----+-----+---------+

Коефіцієти b: [201.062, 0.117, 0.06, -0.357, -0.01, 0.12, -0.009, -0.0, -0.147, 0.014, -0.026]

Перевірка:

y1av1=202.127=201.333

y2av2=196.862=197.0

y3av3=203.549=202.667

y4av4=196.826=197.0

y5av5=199.505=199.0

y6av6=200.72=201.333

y7av7=199.847=199.333

y8av8=199.604=200.0

y9av9=198.595=199.667

y10av10=198.69=198.667

y11av11=202.177=202.667

y12av12=202.362=203.0

y13av13=201.491=203.667

y14av14=198.145=197.0

y15av15=200.596=199.0

Gp =0.17118890695882905, Gt =0.3346

Дисперсія однорідна

Критерій Стьюдента

t1 <ttabl, b1 не значимий

t2 <ttabl, b2 не значимий

t3 <ttabl, b3 не значимий

t4 <ttabl, b4 не значимий

t5 <ttabl, b5 не значимий

t6 <ttabl, b6 не значимий

t7 <ttabl, b7 не значимий

Перевірка в спрощене рівняння регресії:

y1av1=202.127=201.333

y2av2=196.862=197.0

y3av3=203.549=202.667

y4av4=196.826=197.0

y5av5=199.505=199.0

y6av6=200.72=201.333

y7av7=199.847=199.333

y8av8=199.604=200.0

y9av9=198.595=199.667

y10av10=198.69=198.667

y11av11=202.177=202.667

y12av12=202.362=203.0

y13av13=201.491=203.667

y14av14=198.145=197.0

y15av15=200.596=199.0

Критерій Фішера

4 значимих коефіцієнтів

Fp= 0.7

Fp= 0.7 <Ft 2.1256 Рівняння адекватно оригіналу