

Задание № 1.

Оценить доверительный интервал X_0 по данным выборочных измерений, приведенных в таблице при доверительной вероятности 0,95.

n	1	2	3	4	5	6
X	3.65	3.55	5.02	3.76	3.40	3.68

Решение:

$$n = 6; \alpha = 0.95;$$

Значения коэффициентов Стьюдента t_α

n	α		
	0.90	0.95	0.99
2	6.31	12.71	63.66
3	2.92	4.30	9.92
4	2.35	3.18	5.84
5	2.13	2.78	4.60
6	2.02	2.57	4.03
7	1.94	2.45	3.71
8	1.90	2.36	3.50
9	1.86	2.31	3.36
10	1.83	2.26	3.25

Из таблицы значений коэффициентов Стьюдента следует, что параметр $t = 2.57$

Произведем подсчет средней арифметической величины \bar{x} по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где n – число измерений, x_n – значение измерения.

$$\bar{x} = \frac{1}{6}(3.65 + 3.55 + 5.02 + 3.76 + 3.40 + 3.68) = 3.843$$

Далее, вычисляем дисперсию случайной величины x по формуле:

$$\sigma^2(x) = \frac{\sum_{i=1}^n [M(x) - x_i]^2}{n}$$

$$\sigma^2(x) = \frac{1}{6}[(3.843 - 3.65)^2 + (3.843 - 3.55)^2 + (3.843 - 5.02)^2 + (3.843 - 3.76)^2 + (3.843 - 3.40)^2 + (3.843 - 3.68)^2] = 0.29$$

Рассчитываем выборочную дисперсию S^2 по формуле:

$$S^2 = \frac{n}{n-1} * \sigma^2$$

$$S^2 = \frac{6}{6-1} * 0.29 = 0.348$$

Извлечем квадратный корень и получим выборочное стандартное отклонение S .

$$S = 0.59$$

Попробуем выявить ошибочные опытные данные по критерию Грubbса:

Рассмотрим переменную θ :

$$\theta = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S}$$

Из выборки следует, что $x_i = x_{max} = 5.02$

$$\theta = \frac{|5.02 - 3.843|}{0.59} = 1.99$$

Предельное значение $\theta_{кр}$ находим в таблице:

Значения $\Theta_{кр}$.

n	α		
	0.90	0.95	0.99
3	1.41	1.41	1.41
4	1.64	1.69	1.72
5	1.79	1.87	1.96
6	1.89	2.00	2.13
7	1.97	2.09	2.26
8	2.04	2.17	2.37
9	2.10	2.24	2.46
10	2.15	2.29	2.54

Предельное значение $\theta_{кр} = 2.00$

$\theta < \theta_{кр}$, следовательно x_{max} не является грубой ошибкой.

В данном случае имеет место типичный случай малого числа измерений ($n < 30$), следовательно в соответствии с распределением Стьюдента доверительный интервал определяется по формуле:

$$\overline{X}_o - \varepsilon < X_n < \overline{X}_o + \varepsilon$$

, где точность накрытия:

$$\varepsilon = t * S / \sqrt{n}$$

$$\varepsilon = \frac{2.57 * 0.59}{\sqrt{6}} = 0,62$$

Ответ: доверительный интервал [3.843 ± 0.62]

Задание № 2.

Построить квадратичную математическую модель методом наименьших квадратов по базе данных.

X	1	2	3	4	5	6	7
Y	4	3	3.5	2	2.5	2	1.5

Наиболее вероятной является нелинейная связь:

$$Y = a + bx + cx^2$$

Для подсчета коэффициентов уравнения а, b, с перестроим таблицу по вертикали, дополнив ее степенями аргумента.

N	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	1	4	1	1	1	4	4
2	2	3	4	8	16	6	12
3	3	3.5	9	27	81	10.5	31.5
4	4	2	16	64	256	8	32
5	5	2.5	25	125	625	12.5	62.5
6	6	2	36	216	1296	12	72
7	7	1.5	49	343	2401	10.5	73.5
Суммы	28	18.5	140	784	4676	63.5	287.5

Решение следующей системы относительно a , b , c обеспечивает оптимальное расположение регрессионной линии в поле точек:

$$\begin{cases} an + b * \sum X_i + c * \sum X_i^2 = \sum Y_i \\ a \sum X_i + b * \sum X_i^2 + c * \sum X_i^3 = \sum X_i Y_i \\ a \sum X_i^2 + b * \sum X_i^3 + c * \sum X_i^4 = \sum X_i^2 Y_i \end{cases}$$

$$\begin{cases} 7a + 28b + 140c = 18.5 \\ 28a + 140b + 784c = 63.5 \\ 140a + 784b + 4676c = 287.5 \end{cases}$$

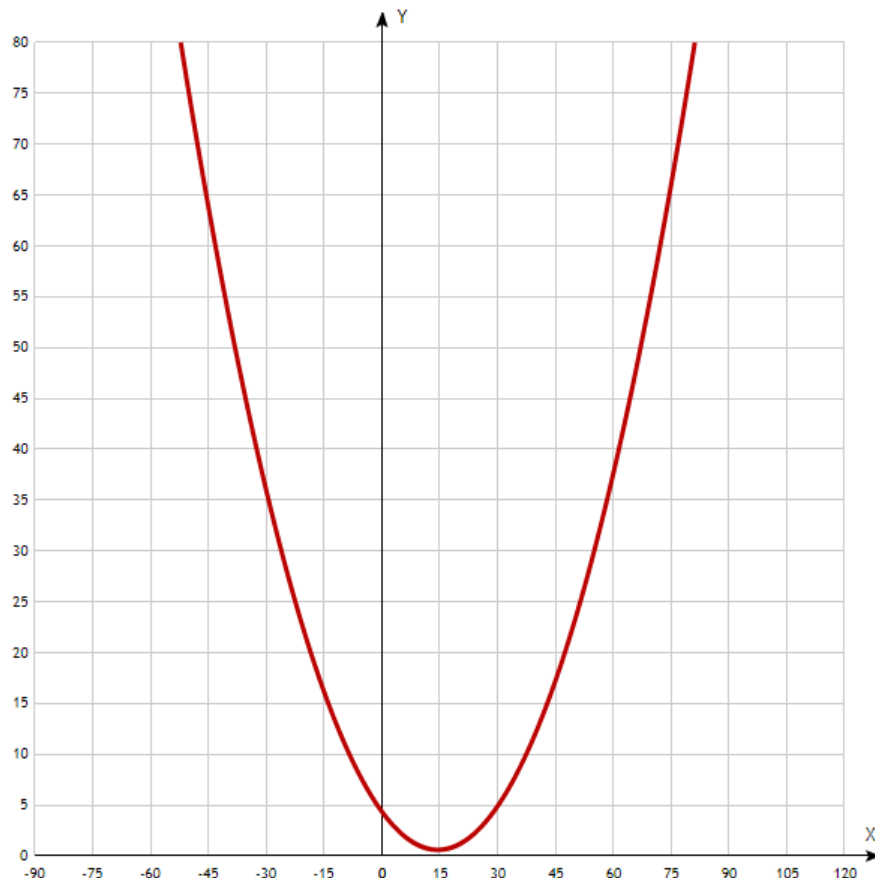
Решим систему методом Крамера и получим следующие значения коэффициентов:

$$a = \frac{61}{14}, b = -\frac{29}{56}, c = \frac{1}{56}$$

Уравнение регрессии принимает окончательный вид:

$$Y = \frac{1}{56}x^2 - \frac{29}{56}x + \frac{61}{14}$$

Графическое представление математической модели:



Задание № 4.

- Построить план выборкой;
- Построить квазилинейную мат. Модель;
- Критериальные проверки.

N	X1	X2	U1	U2	U3
1	+	+	1.45	1.51	1.52
2	-	-	-0.47	-0.50	-0.51
3	0	1	-0.90	-1.00	-1.10
4	0	0	0.10	-0.05	0.01
5	-	+	-3.40	-3.60	-3.00
6	+	-	2.40	2.49	2.51

Расширим таблицу, добавив $U_{\text{среднее}}$ и $X1*X2$:

N	X1	X2	U1	U2	U3	$U_{\text{ср.}}$	$X1*X2$
1	+	+	1.45	1.51	1.52	1.49	+
2	-	-	-0.47	-0.50	-0.51	-0.49	+
3	0	1	-0.90	-1.00	-1.10	-1	0
4	0	0	0.10	-0.05	0.01	0.02	0
5	-	+	-3.40	-3.60	-3.00	-3.33	-
6	+	-	2.40	2.49	2.51	2.46	-

Строим уравнение регрессии с учетом парной корреляции:

$$Y = C_0 + C_1 * X_1 + C_2 * X_2 + C_{12} * X_1 * X_2, \text{ где}$$

$$C_0 = \frac{\sum Y_j}{N}, \quad C_k = \frac{\sum Y_j * X_{jk}}{N}, \quad C_{ij} = \frac{\sum X_{ik} * X_{jk} * Y_k}{N}$$

$$C_0 = \frac{1.49 - 0.49 - 1 + 0.02 - 3.33 + 2.46}{6} = -0.142$$

$$C_1 = \frac{1.49 + 0.49 + 0 + 0 + 3.33 + 2.46}{6} = 1.295$$

$$C_2 = \frac{1.49 + 0.49 - 1 + 0 - 3.33 - 2.46}{6} = -0.8$$

$$C_{12} = \frac{1.49 - 0.49 + 0 + 0 + 3.33 - 2.46}{6} = 0.312$$

$$Y = -0.142 + 1.295 * X_1 - 0.8 * X_2 + 0.312 * X_1 * X_2$$

Так как коэффициент C_{12} соизмерим с коэффициентами C_0 , C_1 , C_2 , то вид уравнения регрессии требуется усложнить за счет квадратичных слагаемых $C_{11} * (X_1)^2 + C_{22} * (X_2)^2$:

$$C_{11} = \frac{1.49 - 0.49 + 0 + 0 - 3.33 + 2.46}{6} = 0.022$$

$$C_{22} = \frac{1.49 - 0.49 - 1 + 0 - 3.33 + 2.46}{6} = -0.145$$

$$Y = -0.142 + 1.295 * X_1 - 0.8 * X_2 + 0.312 * X_1 * X_2 + 0.022 * X_1^2 - 0.145 * X_2^2$$

Выполним критериальные оценки. Для этого дополним таблицу:

N	X1	X2	U1	U2	U3	U _{ср.}	Построчная дисперсия S_j^2
1	+	+	1.45	1.51	1.52	1.49	0.0029
2	-	-	-0.47	-0.50	-0.51	-0.49	0.0009
3	0	1	-0.90	-1.00	-1.10	-1	0.02
4	0	0	0.10	-0.05	0.01	0.02	0.0114
5	-	+	-3.40	-3.60	-3.00	-3.33	0.1867
6	+	-	2.40	2.49	2.51	2.46	0.007

Построчная дисперсия вычисляется по формуле:

$$S_j^2 = (U_j(1) - U_{j,ср})^2 + (U_j(2) - U_{j,ср})^2 + (U_j(3) - U_{j,ср})^2$$

Сумма построчных дисперсий равна: $\sum S_j^2 = 0.2289$

Параметр Кохрена есть отношение максимальной построчной дисперсии к сумме построчных дисперсий (G):

$$G = \frac{S_{j_max}^2}{\sum S_j^2}$$

$$G = \frac{0.1867}{0.2289} = 0.81$$

Сравним полученное значение с критическим из таблицы:

N \ γ	1	2	3	4	5	10
2	0.99	0.97	0.94	0.91	0.88	0.79
3	0.97	0.87	0.79	0.75	0.71	0.60
5	0.84	0.68	0.59	0.54	0.51	0.41
10	0.60	0.44	0.37	0.33	0.30	0.24
20	0.39	0.27	0.22	0.19	0.17	0.13

В данном случае, условие:

$$G < G_{\text{кр.}}$$

не выполняется

$$0.81 > G_{\text{кр.}} (\text{для } N = 6 \text{ и } \gamma = 3)$$

следовательно, эксперимент не воспроизводим.

Далее, проверим значимость слагаемых в уравнении регрессии с помощью критерия Стьюдента:

$$|C_j, C_{ij}| \geq t_{\text{кр}} * S_v, \text{ где}$$

S_v – дисперсия воспроизводимости

$$S_v^2 = S^2 / N(\gamma - 1)$$

$$S_v^2 = \frac{0.2289}{6 * (3 - 1)} = 0.02$$

Из таблицы распределения Стьюдента: $t_{\text{кр.}} = 1.782$

Проверим слагаемые (по модулю):

$$|C_0| = |-0.142| > 0.035$$

$$C_1 = 1.295 > 0.035$$

$$|C_2| = |-0.8| > 0.035$$

$$C_{12} = 0.312 > 0.035$$

$$C_{11} = 0.022 < 0.035$$

$$|C_{22}| = |-0.145| > 0.035$$

Слагаемое C_{11} можно исключить, тогда уравнение регрессии будет иметь вид:

$$Y = -0.142 + 1.295 * X_1 - 0.8 * X_2 + 0.312 * X_1 * X_2 - 0.145 * X_2^2$$

Задание № 5.

В некоторой местности в двух пунктах А и В имеется потребность в дополнительном транспорте. В пункте А требуется 5 дополнительных автобусов, а в пункте В - 7. Известно, что 3, 4 и 5 автобусов могут быть получены соответственно из гаражей G_1 , G_2 и G_3 .

Как следует распределить эти автобусы между пунктами А и В, чтобы минимизировать их суммарный пробег? Расстояния от гаражей до пунктов А и В приведены в таблице:

Гараж	Расстояния до пунктов	
	А	В
G_1	3	4
G_2	1	3
G_3	4	2

Данная задача является вариантом транспортной задачи, следовательно, решим её при помощи метода «наименьшей стоимости».

Проверим необходимое и достаточное условие разрешимости задачи:

$$\sum a = 3 + 4 + 5 = 12$$

Сумма имеющихся в гаражах автобусов = 12.

$$\sum b = 5 + 7 = 12$$

Сумма необходимых автобусов = 12,

Условие баланса соблюдается. Запасы равны потребностям. Следовательно, модель транспортной задачи является закрытой.

Построим первый опорный план транспортной задачи. Суть метода заключается в том, что из всей таблицы стоимостей (расстояний) выбирают наименьшую, и в клетку, которая ей соответствует, помещают меньшее из чисел a_i , или b_j . Затем, из рассмотрения исключают либо строку, соответствующую поставщику, запасы которого полностью израсходованы, либо столбец, соответствующий потребителю, потребности которого полностью удовлетворены, либо и строку, и столбец, если израсходованы

запасы поставщика и удовлетворены потребности потребителя. Из оставшейся части таблицы стоимостей снова выбирают наименьшую стоимость, и процесс распределения запасов продолжают, пока все запасы не будут распределены, а потребности удовлетворены.

Искомый элемент равен $c_{21}=1$. Для этого элемента запасы равны 4, потребности 5. Поскольку минимальным является 4, то вычитаем его. $x_{21} = \min(4,5) = 4$.

3	4	3
1[4]	x	4 - 4 = 0
4	2	5
5 - 4 = 1	7	

Искомый элемент равен $c_{32}=2$. Для этого элемента запасы равны 5, потребности 7. Поскольку минимальным является 5, то вычитаем его. $x_{32} = \min(5,7) = 5$.

3	4	3
1[4]	x	0
x	2[5]	5 - 5 = 0
1	7 - 5 = 2	

Искомый элемент равен $c_{11}=3$. Для этого элемента запасы равны 3, потребности 1. Поскольку минимальным является 1, то вычитаем его. $x_{11} = \min(3,1) = 1$.

3[1]	4	3 - 1 = 2
1	x	0
x	2	0
1 - 1 = 0	2	

Искомый элемент равен $c_{12}=4$. Для этого элемента запасы равны 2, потребности 2. Поскольку минимальным является 2, то вычитаем его. $x_{12} = \min(2,2) = 2$.

3	4[2]	2 - 2 = 0
1	x	0
x	2	0
0	2 - 2 = 0	

Получаем следующую таблицу:

	B1	B2	Запасы
A1	3[1]	4[2]	0
A2	1[4]	2	0
A3	4	2[5]	0
Потребности	0	0	

В результате получен первый опорный план, который является допустимым, так как все автобусы из гаражей были распределены по городам, потребность городов в автобусах удовлетворена, а план соответствует системе ограничений транспортной задачи.

Подсчитаем число занятых клеток таблицы, их 4, а должно быть:

$$m + n - 1 = 4$$

Следовательно, опорный план является невырожденным. Значение целевой функции для этого опорного плана равно:

$$F(x) = 3*1 + 4*2 + 1*4 + 2*5 = 25$$

Проверим оптимальность опорного плана. Найдем предварительные потенциалы u_i, v_j . по занятым клеткам таблицы, в которых $u_i + v_j = c_{ij}$, полагая, что $u_1 = 0$.

$$u_1 + v_1 = 3; \quad 0 + v_1 = 3; \quad v_1 = 3$$

$$u_2 + v_1 = 1; \quad 3 + u_2 = 1; \quad u_2 = -2$$

$$u_1 + v_2 = 4; \quad 0 + v_2 = 4; \quad v_2 = 4$$

$$u_3 + v_2 = 2; \quad 4 + u_3 = 2; \quad u_3 = -2$$

	$v_1=3$	$v_2=4$
$u_1=0$	3[1]	4[2]
$u_2=-2$	1[4]	2
$u_3=-2$	4	2[5]

Опорный план является оптимальным, так все оценки свободных клеток удовлетворяют условию $u_i + v_j \leq c_{ij}$.

Минимальные затраты составят:

$$F(x) = 3*1 + 4*2 + 1*4 + 2*5 = 25$$

Ответ:

В город А необходимо направить 1 автобус из 1-го гаража и 4 автобуса из 2-го гаража. В город В необходимо направить 2 автобуса из 1-го гаража и 5 автобусов из 3-го гаража.

Приложение

Программный код на языке C++

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <math.h>
#include <iomanip>

using namespace std;

void lab1();
void lab2();
void lab3();
void lab4();

int main()
{
    string comman;
    while(true){
        cout << "\x1B[2J\x1B[H";
        cout << "Лабораторная работа студентов группы 20-М-ИВТ-3" << endl <<
            "Кузнецова Г.Д. и Барина Р.О." << endl << endl <<
            "exit - выход из программы" << endl <<
            "Введите номер лабораторной работы" << endl <<
            "доступные работы №(1, 2, 3, 4): ";
        cin >> comman;
        cin.get();
        if("exit" == comman){
            return 0;
        }
        else if("1" == comman){
            cout << endl << "Лабораторная работа №1" << endl << endl;
            lab1();
        }
        else if("2" == comman){
            cout << endl << "Лабораторная работа №2" << endl << endl;
            lab2();
        }
        else if("3" == comman){
            cout << endl << "Лабораторная работа №3" << endl << endl;
            lab3();
        }
        else if("4" == comman){
            cout << endl << "Лабораторная работа №4" << endl << endl;
            lab4();
        }

        cout << endl << endl << "Для продолжения работы программы нажмите любую клавишу..." << endl;
        cin.get();
    }
}

void lab1(){
    vector<float> xN = {3.65, 3.55, 5.02, 3.76, 3.40, 3.68};

    float n = xN.size();
    float xAverage;

    const float a = 0.95;
    const float t = 2.57;

    cout << "n = " << n << "; a = " << a << ";" << endl <<
        "Из таблицы значений коэффициентов Стьюдента следует, что параметр t = " << t << endl <<
        "Произведем подсчет средней арифметической величины x" << endl;

    float xsum = 0;
```

```

for(int i = 0; i < n; i++){
    xsum += xN.at(i);
}
xAverage = 1/n * xsum;

cout << "Средняя арифметическая величина x = " << xAverage << endl <<
      "Вычисляем дисперсию случайной величины x" << endl;

float sumMx = 0;
for(int i = 0; i < n; i++){
    sumMx += pow(xAverage - xN.at(i), 2);
}
float randomVariableVariance = 1/n * sumMx;

cout << "Дисперсия случайной величины x = " << randomVariableVariance << endl <<
      "Рассчитываем выборочную дисперсию S^2" << endl;

float sSquare = n / (n-1) * randomVariableVariance;
float s = sqrt(sSquare);

cout << "Выборочное стандартное отклонение S = " << s << endl <<
      "Попробуем выявить ошибочные опытные данные по критерию Груббса: " << endl <<
      "Рассмотрим переменную  $\theta$ " << endl;

float xMax = 0;
float o;
for(int i = 0; i < n; i++){
    if(xMax <= xN.at(i)){
        xMax = xN.at(i);
    }
}

cout << "Из выборки следует, что  $x_i = x_{\max} =$  " << xMax << endl;

o = abs(xMax - xAverage)/s;
float okrp = 2;

cout << " $\theta =$  " << o << endl <<
      "Предельное значение  $\theta_{кр}$  находим в таблице и предельное значение  $\theta_{кр} =$  " << okrp << endl <<
      " $\theta < \theta_{кр}$ , следовательно  $x_{\max}$  не является грубой ошибкой." << endl <<
      "В данном случае имеет место типичный случай малого числа измерений ( $n < 30$ )" << endl;

float e = (t * s) / sqrt(6);

cout << "e = " << e << endl <<
      "Ответ: доверительный интервал [" << xAverage << " +- " << e << "];"
}

void lab2(){
    cout << "Построить квадратичную математическую модель методом наименьших квадратов " <<
          "по базе данных." << endl;

    vector<float> x = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7};
    vector<float> y = {4, 3, 3.5, 2, 2.5, 2, 1.5};

    int n = max(x.size(), y.size());

    cout << "X ";

    for(unsigned long i = 0; i < x.size(); i++){
        cout << setw(6) << left << x.at(i);
    }

    cout << endl << "Y ";

    for(unsigned long i = 0; i < y.size(); i++){
        cout << setw(6) << left << y.at(i);
    }
}

```

```

}

cout << endl << "Наиболее вероятной является нелинейная связь:  $Y = a + bx + cx^2$ " << endl << endl;

vector<float> xpow2;
vector<float> xpow3;
vector<float> xpow4;
vector<float> xy;
vector<float> xpow2y;

for(int i = 0; i < n; i++){
    xpow2.push_back(pow(x.at(i),2));
    xpow3.push_back(pow(x.at(i),3));
    xpow4.push_back(pow(x.at(i),4));
    xy.push_back(x.at(i)*y.at(i));
    xpow2y.push_back(pow(x.at(i),2)*y.at(i));
}

cout << "Для подсчета коэффициентов уравнения а, b, с перестроим таблицу по вертикали, " <<
    "пополнив ее степенями аргумента." << endl <<
    setw(6) << left << "N" <<
    setw(6) << "X" <<
    setw(6) << "Y" <<
    setw(6) << "X^2" <<
    setw(6) << "X^3" <<
    setw(6) << "X^4" <<
    setw(6) << "XY" <<
    setw(6) << "X^2Y" << endl;

for(int i = 0; i < n; i++){
    cout << setw(6) << left << i+1 <<
        setw(6) << x.at(i) <<
        setw(6) << y.at(i) <<
        setw(6) << xpow2.at(i) <<
        setw(6) << xpow3.at(i) <<
        setw(6) << xpow4.at(i) <<
        setw(6) << xy.at(i) <<
        setw(6) << xpow2y.at(i) << endl;
}

float xsum, ysum, xpow2sum, xpow3sum, xpow4sum, xysum, xpow2ysum;
xsum = ysum = xpow2sum = xpow3sum = xpow4sum = xysum = xpow2ysum = 0;

for(int i = 0; i < n; i++){
    xsum += x.at(i);
    ysum += y.at(i);
    xpow2sum += xpow2.at(i);
    xpow3sum += xpow3.at(i);
    xpow4sum += xpow4.at(i);
    xysum += xy.at(i);
    xpow2ysum += xpow2y.at(i);
}

cout << setw(6) << left << "SUM" <<
    setw(6) << xsum <<
    setw(6) << ysum <<
    setw(6) << xpow2sum <<
    setw(6) << xpow3sum <<
    setw(6) << xpow4sum <<
    setw(6) << xysum <<
    setw(6) << xpow2ysum << endl << endl;
//math.methodCramer(&xsum, &ysum, &xpow2sum, &xpow3sum, &xpow4sum, &xy, &xpow2ysum);
cout << "Решение следующей системы относительно а, b, с обеспечивает оптимальное " <<
    "расположение регрессионной линии в поле точек:" << endl <<
    n << "а" << "+" << xsum << "b+" << xpow2sum << "с=" << ysum << endl;
cout << xsum << "а" << "+" << xpow2sum << "b+" << xpow3sum << "с=" << xysum << endl;

```

```

cout << xpow2sum << "a" << "+" << xpow3sum << "b+" << xpow4sum << "c=" << xpow2ysum << endl << endl <<
    "Решим систему методом Крамера и получим следующие значения коэффициентов:" <<
    "a=61/14, b=-29/56, c=1/56" << endl <<
    "Уравнение регрессии принимает окончательный вид:" << endl;

cout << "Y=(x^2/56)-(29x/56)+(61/14)" << endl;
}

void lab3(){
    cout << "Построить план выборкой;" << endl << "Построить квазилинейную мат. Модель;" <<
        endl << "Критериальные проверки." << endl << endl;

    vector<float> n = {1, 2, 3, 4, 5, 6};
    vector<float> x1 = {1, -1, 0, 0, -1, 1};
    vector<float> x2 = {1, -1, 1, 0, 1, -1};
    vector<float> u1 = {1.45, -0.47, -0.90, 0.10, -3.40, 2.40};
    vector<float> u2 = {1.51, -0.50, -1.00, -0.05, -3.60, 2.49};
    vector<float> u3 = {1.52, -0.51, -1.10, 0.01, -3.00, 2.51};

    cout << setw(6) << left << "N" <<
        setw(6) << "X1" <<
        setw(6) << "X2" <<
        setw(6) << "U1" <<
        setw(6) << "U2" <<
        setw(6) << "U3" << endl;

    for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
        cout << setw(6) << left << n.at(i) <<
            setw(6) << x1.at(i) <<
            setw(6) << x2.at(i) <<
            setw(6) << u1.at(i) <<
            setw(6) << u2.at(i) <<
            setw(6) << u3.at(i) << endl;
    }
    cout << endl << "Расширим таблицу, добавив Усреднее и X1*X2:" << endl << endl;

    vector<float> uavr;
    vector<float> x1x2;

    for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
        uavr.push_back((u1.at(i)+u2.at(i)+u3.at(i))/3);
        x1x2.push_back(x1.at(i)*x2.at(i));
    }

    cout << setw(6) << left << "N" <<
        setw(6) << "X1" <<
        setw(6) << "X2" <<
        setw(6) << "U1" <<
        setw(6) << "U2" <<
        setw(6) << "U3" <<
        setw(16) << "Усреднее" <<
        setw(6) << "X1*X2" << endl;

    for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
        cout << setprecision(2) << setw(6) << left << n.at(i) <<
            setw(6) << x1.at(i) <<
            setw(6) << x2.at(i) <<
            setw(6) << u1.at(i) <<
            setw(6) << u2.at(i) <<
            setw(6) << u3.at(i) <<
            setw(10) << uavr.at(i) <<
            setw(6) << x1x2.at(i) << endl;
    }

    cout << endl << "Строим уравнение регрессии с учетом парной корреляции:" << endl <<
        "Y=C_0+C_1*X_1+C_2*X_2+C12*X1*X2" << endl;
}

```



```

float c0, c1, c2, c12, c11, c22;
c0 = c1 = c2 = c12 = c11 = c22 = 0;

for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
    c0+=uavr.at(i);
    c1+=uavr.at(i) * x1.at(i);
    c2+=uavr.at(i) * x2.at(i);
    c12+=uavr.at(i) * x1.at(i) * x2.at(i);
}

c0 = c0/n.size();
c1 = c1/n.size();
c2 = c2/n.size();
c12 = c12/n.size();

cout << setprecision(3) << "c0 = " << c0 << endl << "c1 = " << c1 << endl <<
    "c2 = " << c2 << endl << "c12 = " << c12 << endl;
cout << showpos << "Y=" << c0 << c1 << "*X_1" << c2 << "*X_2" <<
    c12 << "*X_1*X_2" << endl << endl <<
    "Так как коэффициент C12 соизмерим с коэффициентами C0, C1, C2, то вид уравнения" <<
    " регрессии требуется усложнить за счет квадратичных слагаемых C11*(X1)^2 + C22*(X2)^2: " <<
endl;

for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
    c11+=uavr.at(i) * x1.at(i) * x1.at(i);
    c22+=uavr.at(i) * x2.at(i) * x2.at(i);
}
c11 = c11/n.size();
c22 = c22/n.size();

cout << noshowpos << "c11 = " << c11 << endl << "c22 = " << c22 << endl << endl;
cout << showpos << "Y=" << c0 << c1 << "*X_1" << c2 << "*X_2" <<
    c12 << "*X_1*X_2" << c11 << "*X_1^2" << c22 << "*X_2^2" << endl;

vector<float> sjpow2;

for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
    sjpow2.push_back(
        pow(u1.at(i)-uavr.at(i),2)+pow(u2.at(i)-uavr.at(i),2)+
        pow(u3.at(i)-uavr.at(i),2)
    );
}

cout << noshowpos << endl <<
    "Выполним критериальные оценки. Для этого дополним таблицу:" << endl <<
    setw(6) << left << "N" <<
    setw(6) << "X1" <<
    setw(6) << "X2" <<
    setw(6) << "U1" <<
    setw(6) << "U2" <<
    setw(6) << "U3" <<
    setw(16) << "Усреднее" <<
    setw(6) << "X1*X2" <<
    setw(6) << "Построчная дисперсия S_j^2" << endl;

for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
    cout << setprecision(2) << setw(6) << left << n.at(i) <<
        setw(6) << left << x1.at(i) <<
        setw(6) << x2.at(i) <<
        setw(6) << u1.at(i) <<
        setw(6) << u2.at(i) <<
        setw(6) << u3.at(i) <<
        setw(10) << uavr.at(i) <<
        setw(6) << x1x2.at(i) <<
        setw(6) << sjpow2.at(i) << endl;
}

```

```

float sjpow2sum = 0;
for(unsigned long i = 0; i < sjpow2.size(); i++){
    sjpow2sum += sjpow2.at(i);
}

cout << "Сумма построчных дисперсий равна: " << sjpow2sum << endl << endl <<
    "Параметр Кохрена есть отношение максимальной построчной дисперсии к сумме построчных дисперсий
(G)" << endl;

float sjpow2max = 0;
for(unsigned long i = 0; i < sjpow2.size(); i++){
    if(sjpow2max <= sjpow2.at(i)){
        sjpow2max = sjpow2.at(i);
    }
}

float g = sjpow2max/sjpow2sum;

cout << "G = " << g << endl << endl <<
    "Сравним полученное значение с критическим из таблицы" << endl <<
    "В данном случае, условие:  $G < G_{кр}$  не выполняется" << endl <<
    g << "> $G_{кр}$ . (для  $N=6$  и  $\nu=3$ )" << endl <<
    "следовательно, эксперимент не воспроизводим." << endl << endl <<
    "Далее, проверим значимость слагаемых в уравнении регрессии с помощью критерия Стьюдента" <<
endl;

float splaypow2 = sjpow2sum/(n.size()*(3-1));
float tcritical = 1.782;

cout << setprecision(4) << "S_в^2 = " << splaypow2 << endl <<
    "Из таблицы распределения Стьюдента:  $t_{кр}$ . = " << tcritical << endl;

float tmpval = splaypow2 * tcritical;
cout << "| C_0 | = | " << c0 << " | > " << tmpval << endl <<
    "C_1 = " << c1 << " > " << tmpval << endl <<
    "| C_2 | = | " << c2 << " | > " << tmpval << endl <<
    "C_12 = " << c12 << " > " << tmpval << endl <<
    "C_11 = " << c11 << " < " << tmpval << endl <<
    "| C_22 | = | " << c22 << " | > " << tmpval << endl <<
    "Слагаемое C11 можно исключить, тогда уравнение регрессии будет иметь вид:" << endl;
cout << showpos <<
    "Y=" << c0 << c1 << "*X_1" << c2 << "*X_2" << c12 << "*X_1*X_2" << c22 << "*X_2^2" << endl;
}

void lab4(){
    vector<int> a = {3, 1, 4}; //пункт а
    vector<int> b = {4, 30, 2}; //пункт б

    vector<int> g = {3, 4, 5}; //гаражи с автобусами
    vector<int> n = {5,7}; //нужда в автобусах

    vector<int> af = {0, 0, 0};
    vector<int> bf = {0, 0, 0};

    for(unsigned long i = 0; i < a.size(); i++){
        af.at(i) = a.at(i);
    }

    for(unsigned long i = 0; i < b.size(); i++){
        bf.at(i) = b.at(i);
    }

    cout << setw(12) << left << "Гараж" <<
        setw(18) << "Пункт А" <<
        setw(18) << "Пункт Б" << endl;

```

```

for(unsigned long i=0; i < g.size(); i++){
    cout << left << "G" << i+1 << right << setw(12) <<
        a.at(i) << setw(12) << b.at(i) << endl;
}

int sumnewbus, sumneedsbus;
sumneedsbus = sumnewbus = 0;
for(unsigned long i = 0; i < g.size(); i++){
    sumnewbus += g.at(i);
}
for(unsigned long i = 0; i < n.size(); i++){
    sumneedsbus += n.at(i);
}
cout << "Необходимо автобусов: " << sumneedsbus << ", автобусов в гаражах: " << sumnewbus << endl;
if(sumnewbus == sumneedsbus){
    cout << "Условие баланса соблюдается. Запасы = потребностям." << endl <<
        "Модель транспортной задачи является закрытой." << endl << endl <<
        "Занесем начальные данные в распределительную таблицу." << endl << endl;
}
else{
    cout << "Условие баланса не соблюдается. Запасы != потребностям." << endl;
    exit(0);
}

cout << setw(12) << left << "Гараж" <<
    setw(18) << "Пункт А" <<
    setw(18) << "Пункт Б" <<
    setw(18) << "Автобусов в гаражах" << endl;

for(unsigned long i=0; i < g.size(); i++){
    cout << left << "G" << i+1 << right << setw(12) <<
        a.at(i) << setw(12) << b.at(i) << setw(16) << g.at(i) << endl;
}
cout << left << "Надо" << right << setw(10) <<
    n.at(0) << setw(12) << n.at(1) << endl;

vector<int> deliveredBusesA = {0,0,0};
vector<int> deliveredBusesB = {0,0,0};
vector<int> restOfBusesG;

int max = 0;
for(unsigned long i = 0; i < af.size(); i++){
    if(af.at(i) > max){
        max = af.at(i);
    }
}
for(unsigned long i = 0; i < bf.size(); i++){
    if(bf.at(i) > max){
        max = bf.at(i);
    }
}

for(unsigned long i = 0; i < a.size() + b.size(); i++){
    int minP = 0;
    int minS = 0;
    int min = max;

    for(unsigned long i = 0; i < a.size(); i++){
        if((a.at(i) >= 0) && (min >= a.at(i))){
            min = a.at(i);
            minP = 0;
            minS = i;
        }
    }

    for(unsigned long i = 0; i < b.size(); i++){
        if((b.at(i) >= 0) && (min >= b.at(i))){

```

```

        min = b.at(i);
        minP = 1;
        minS = i;
    }
}

//cout << endl << "Минимальные значения для P: " << minP << endl << "S: " << minS <<
//      endl << "RES: " << min << endl;

int minval;
if(n.at(minP) > g.at(minS)){
    minval = g.at(minS);
}
else{
    minval = n.at(minP);
}
//cout << minval << endl;
if(minval > 0){
    g.at(minS) = g.at(minS) - minval;
    n.at(minP) = n.at(minP) - minval;
}
if(0 == minP){
    if(minval > 0) deliveredBusesA.at(minS) += minval;
    a.at(minS) = -1;
}
else{
    if(minval > 0) deliveredBusesB.at(minS) += minval;
    b.at(minS) = -1;
}
}

cout << endl << "[ЧИЛО] - Такая метка означает сколько надо доставить в точку автобусов" << endl <<
    setw(12) << left << "Гараж" <<
    setw(18) << "Пункт А" <<
    setw(18) << "Пункт Б" <<
    setw(18) << "Автобусов в гаражах" << endl;

for(unsigned long i=0; i < g.size(); i++){
    cout << left << "G" << i+1 << right << setw(8) <<
        af.at(i) << "[" << deliveredBusesA.at(i) << "]" << setw(8) << bf.at(i) << "[" <<
deliveredBusesB.at(i) << "]" << setw(18) << g.at(i) << endl;
}

int summinrun = 0;

for(unsigned long i = 0; i < deliveredBusesA.size(); i++){
    if(deliveredBusesA.at(i) > 0){
        summinrun+=deliveredBusesA.at(i)*af.at(i);
    }
}
for(unsigned long i = 0; i < deliveredBusesB.size(); i++){
    if(deliveredBusesB.at(i) > 0){
        summinrun+=deliveredBusesB.at(i)*bf.at(i);
    }
}
cout << endl << "Минимальный суммарный пробег составляет: " << summinrun << endl;
}

```