



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический университет»

ИНСТИТУТ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

КАФЕДРА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

Лабораторная работа 3

по курсу «Теория вероятностей и математическая статистика часть 2»

ВАРИАНТ 6

Тема: Проверка статистических гипотез о математических
ожиданиях и дисперсиях выборок из нормальных
распределений

Выполнил:
Студент 3-го курса
Едренников Д.А.

Группа: КМБО-01-20

МОСКВА – 2023

Задание

Задание 1.

Проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий с использованием распределения Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0.05$ для всех трёх пар наблюдаемых нормально распределённых случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива $\{u_{i,j} \mid 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq 3\}$.

Задание 2.

Проверить с использованием однофакторного дисперсионного анализа гипотезу о равенстве математических ожиданий при уровне значимости 0.05 трёх наблюдаемых нормально распределённых случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива $\{u_{i,j} \mid 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq 3\}$.

Задание 3.

Проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий при уровне значимости $\alpha = 0.05$ для всех трёх пар наблюдаемых нормально распределённых случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива U, с помощью функций, в которых реализован t-критерий Стьюдента:

для Octave

`pval=t_test_2 (X, Y) ;`

для Python

`pval=scipy.stats.ttest_ind(X,Y, equal_var=True);`

X, Y – произвольная пара столбцов массива U.

Задание 4.

Проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий при уровне значимости $\alpha = 0.05$ для всех трёх пар наблюдаемых нормально распределённых случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива U, с помощью функций, в которых реализован t-критерий Уэлча:

для Octave

`pval=welch_test (X, Y) ;`

для Python

`pval=scipy.stats.ttest_ind(X,Y, equal_var=False);`

X, Y – произвольная пара столбцов массива U.

Задание 5.

Проверить гипотезу о равенстве математических ожиданий при уровне значимости $\alpha = 0.05$ для трёх наблюдаемых нормально распределенных случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива U , с помощью функций, в которых реализован однофакторный дисперсионный анализ:

для Octave `pval=anova (U) ;` для Python
`pval=scipy.stats.f_oneway (X,Y,Z);` X, Y, Z – столбцы массива U .

Задание 6.

Проверить гипотезу о равенстве дисперсий при уровне значимости $\alpha=0.05$ для всех трёх пар наблюдаемых нормально распределенных случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива U , с использованием распределения Фишера-Снедекора.

Задание 7.

Проверить гипотезу о равенстве дисперсий при уровне значимости $\alpha=0.05$ для наблюдаемых нормально распределенных случайных величин, выборки которых находятся в столбцах двумерного массива U , с помощью функций, в которых реализован критерий Бартлетта:

для Octave `pval=bartlett_test (X,Y,Z);`
для Python `pval=scipy.stats.bartlett (X,Y,Z);`

X, Y, Z – столбцы массива U .

В качестве данных двумерного массива $U = \{u_{i,j} \mid 1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq 3\}$ следует взять первые три столбца из соответствующей номеру варианта таблицы файла MC_D_Norm. Таким образом, в данной лабораторной работе $N = 20$.

Результаты вычислений приводить в отчете с точностью до 0,00001.

Краткие теоретические сведения

Нормальное распределение:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, x \in (-\infty, +\infty)$$

Функция распределения

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \varphi(t) dt$$

Математическое ожидание: α

Дисперсия: σ^2

Распределение χ^2 :

$$f_{\chi_m^2}(x) = \frac{x^{\frac{m}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}}{2^{\frac{m}{2}} \Gamma(\frac{m}{2})}$$

Функция распределение:

$$F_{\chi^2(n)}(x) = \frac{\gamma(\frac{n}{2}, \frac{x}{2})}{\Gamma(\frac{n}{2})}$$

Математическое ожидание: n

Дисперсия: $2n$

Распределение Стьюдента:

$$f_t(y) = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\sqrt{n\pi} \Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left(1 + \frac{y^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}$$

Математическое ожидание: 0, если $n > 1$

Дисперсия: $\frac{n}{n-2}$, если $n > 2$

Распределение Фишера-Снедекора:

$$f_{\xi}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{\Gamma\left(\frac{k_1 + k_2}{2}\right) \cdot k_1^{\frac{k_1}{2}} \cdot k_2^{\frac{k_2}{2}}}{\Gamma\left(\frac{k_1}{2}\right) \cdot \Gamma\left(\frac{k_2}{2}\right)} \cdot x^{\frac{k_1}{2}-1} \cdot (k_1 x + k_2)^{-\frac{k_1+k_2}{2}}, & x > 0 \end{cases}$$

Математическое ожидание: $\frac{k_2}{k_2-2}$, если $k_2 \geq 3$

Дисперсия: $\frac{2k_2^2(k_1+k_2-2)}{k_1(k_2-2)^2(k_2-4)}$, если $k_2 \geq 5$

Формулы связывающие распределения

Распределение Стьюдента сходится к стандартному нормальному при $n \rightarrow \infty$. Пусть дана последовательность случайных величин $\{t_n\}_{n=1}^{\infty}$, где $t_n \sim t(n)$, $n \in N$. Тогда $t_n \rightarrow N(0,1)$ по распределению при $n \rightarrow \infty$.

Квадрат случайной величины, имеющей распределение Стьюдента, имеет распределение Фишера. Пусть $t \sim t(n)$. Тогда $t^2 \sim F(0, n)$.

Если X_1, X_2, \dots, X_n независимые нормальные случайные величины, то есть: $X_i \sim N(\mu, \sigma^2)$, $i = 1, \dots, n$. то случайная величина $Y = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \mu}{\sigma}\right)^2$ имеет распределение χ^2 .

Если $Y_1 \sim \chi^2(n_1)$ и $Y_2 \sim \chi^2(n_2)$, то случайная величина $F = \frac{Y_1/n_1}{Y_2/n_2}$ имеет распределение Фишера со степенями свободы (n_1, n_2) .

Если $F_{d_1, d_2} \sim F(d_1, d_2)$ то случайные величины $d_1 F_{d_1, d_2}$ сходятся по распределению к $\chi^2(d_1)$ при $d_2 \rightarrow \infty$.

Общая схема проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий с использованием распределения Стьюдента

Проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий двух случайных величин с использованием распределения Стьюдента с числом степеней свободы $N+M-2$ проводится следующим образом:

$$S_x^2(N-1) = N(\bar{x}^2 - \bar{x}^2), \quad S_y^2(M-1) = M(\bar{y}^2 - \bar{y}^2)$$

$$T_{N,M} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{S_x^2(N-1) + S_y^2(M-1)}} \sqrt{\frac{MN(N+M-2)}{N+M}}$$

В данной лабораторной работе $M = N$.

Если $|T_{N,M}| \leq t_{kp,\alpha}(2N-2)$ (вычисляется с помощью функции `scipy.stats.f.ppf(x,m,n)`) о гипотеза о равенстве математических ожиданий не противоречит экспериментальным данным (верна) при уровне значимости α .

Если $|T_{N,M}| > t_{kp,\alpha}(2N-2)$, то гипотеза о равенстве математических ожиданий противоречит экспериментальным данным (неверна) при уровне значимости α .

Общую схему проверки гипотезы о равенстве математических ожиданий с использованием однофакторного дисперсионного анализа

Найденное значение `pval`(вычисляется с помощью функции `scipy.stats.ttest_ind(X,Y, equal_var=True)`) сравнивается с уровнем значимости α .

Если $pval \geq \alpha$, то гипотеза о равенстве математических ожиданий соответствующей пары случайных величин не противоречит экспериментальным данным (верна) при уровне значимости α .

Если $pval < \alpha$, то гипотеза о равенстве математических ожиданий соответствующей пары случайных величин противоречит экспериментальным данным (неверна) при уровне значимости α .

Общую схему проверки гипотезы о равенстве дисперсий двух наблюдаемых нормально распределенных случайных величин с использованием распределения Фишера-Снедекора

Для проверки гипотезы о равенстве дисперсий двух нормально распределенных случайных величин рассчитывается значение критерия $F_{N,M}$ по формуле:

$$F_{N,M} = \frac{S_{max}^2}{S_{min}^2}, \text{ где } S_{max}^2 = \max(S_x^2, S_y^2), S_{min}^2 = \min(S_x^2, S_y^2).$$

Для каждой пары случайных величин, выборки которых находятся в столбцах массива `U`, нужно сравнить вычисленное соответствующее значение $F_{N,M}$ с критическим значением z_α и сделать вывод о справедливости гипотезы.

Критическое значение z_α можно найти с помощью функции `scipy.stats.f.ppf(x,m,n)`.

Если $F_{N,M} \leq z_\alpha$ о гипотеза о равенстве математических ожиданий не противоречит экспериментальным данным (верна) при уровне значимости α .

Если $F_{N,M} > z_\alpha$, то гипотеза о равенстве математических ожиданий противоречит экспериментальным данным (неверна) при уровне значимости α .

В программе расчёта был использован язык `python`. Использовались следующие функции:

`scipy.stats.t.ppf(a, b)`- функция вычисляет критическим значением распределения Стьюдента с числом степеней свободы, где a – 1 минус уровень значимости делить на 2, b – количество степеней свободы.

`scipy.stats.f.ppf(a, k1, k2)` – функция вычисляет критическое значение для распределения Фишера-Снедекора, где a – 1 минус уровень значимости, $k1$ – число степеней свободы первого распределения, $k2$ - число степеней свободы второго распределения .

`scipy.stats.ttest_ind(x1, x2, equal_var=True)` – функция, вычисляющая t-критерий Стьюдента. `x1` – первая выборка, `x2`-вторая выборка.

`scipy.stats.ttest_ind(x1, x2, equal_var=False)` – функция, вычисляющая t-критерий Уэлча. `x1` – первая выборка, `x2`-вторая выборка.

`scipy.stats.f_oneway(x1, x2, x3)` - функция, выполняющая однофакторный дисперсионный анализ для 3 выборок. `x1`, `x2`, `x3` – анализируемые выборки.

`scipy.stats.bartlett(x1, x2, x3)` - функция, вычисляющая критерий Бартлетта. `x1`, `x2`, `x3` – анализируемые выборки.

.

Результаты расчетов

Для всех заданий вариант равен 6.

Первая выборка

2.86728	1.13188	1.65331	-0.24485	0.77905	2.30288	2.63247	-0.68905	0.31365	3.83315
0.78376	0.53350	2.64152	-0.41601	2.47467	0.87717	-0.04131	1.26223	0.79233	1.58629

Вторая выборка

0.64330	-0.13516	0.29311	-0.57104	0.11235	1.26531	0.46257	2.35009	1.24173	1.51367
2.39267	2.97226	1.18987	0.49294	1.34834	2.37526	0.53450	1.61054	-1.60799	1.50408

Третья выборка

0.56871	2.79170	-0.51887	1.53098	1.39604	-0.25179	2.48092	2.74350	-0.57746	4.21158
2.04421	1.64747	3.30493	3.57286	-0.24358	1.65645	0.36705	1.76563	4.39980	2.46199

Задание 1:

Результаты расчетов выражений

Столбцы	\bar{x}	\bar{y}	$\overline{x^2}$	$\overline{y^2}$	S_x^2	S_y^2	$T_{N,N}$
(1,2)	1.2537	0.99942	3.00421	2.17165	1.84264	1.23393	0.64832
(1,3)	1.2537	1.76761	3.00421	5.32755	1.84264	3.7473	-0.97207
(2,3)	0.99942	1.76761	2.17165	5.32755	1.23393	3.7473	-1.53926

Результаты проверки гипотез

Столбцы	$ T_{N,N} $	$t_{кр,\alpha}(2N - 2)$	Вывод
(1,2)	0.64832	2.02439	Верна
(1,3)	0.97207	2.02439	Верна
(2,3)	1.53926	2.02439	Верна

Задание 2:

Результаты расчетов выражений

$S_{общ}$	$S_{факт}$	$S_{ост}$	$S_{факт}^2$	$S_{ост}^2$	k_1	k_2	$F_{N,m}$
102.29336	0.01531	102.27804	0.00766	2.69153	2	38	0.00284

Результаты проверки гипотез

$F_{N,m}$	α	$F_{кр,\alpha}(k_1, k_2)$	Вывод
0.00284	0.05	3.24482	Верна

Задание 3:

Результаты проверки гипотез

Столбцы	pval	α	Вывод
(1,2)	0.49645	0.05	Верна
(1,3)	0.24737	0.05	Верна
(2,3)	0.07627	0.05	Верна

Задание 4:

Результаты проверки гипотез

Столбцы	pval	α	Вывод
(1,2)	0.49649	0.05	Верна
(1,3)	0.2477	0.05	Верна
(2,3)	0.077	0.05	Верна

Задание 5:

Результаты проверки гипотез

pval	α	Вывод
0.17205	0.05	Верна

Задание 6:

Результаты расчетов выражений

Столбцы	S_1^2	S_2^2	k_1	k_2	$F_{N,M}$
(1,2)	1.84264	1.23393	19	19	1.49332
(1,3)	1.84264	3.7473	19	19	2.03366
(2,3)	1.23393	3.7473	19	19	3.0369

Результаты проверки гипотез

Столбцы	$F_{N,M}$	z_α	Вывод
(1,2)	1.49332	2.52645	Верна
(1,3)	2.03366	2.52645	Верна
(2,3)	3.0369	2.52645	Неверна

Задание 7:

Результаты проверки гипотез

pval	α	Вывод
0.37181	0.05	Верна

Список литературы

1. Математическая статистика [Электронный ресурс]: метод. указания по выполнению лаб. работ / А.А. Лобузов — М.: МИРЭА, 2017.
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер.— М.: Высш. шк., 1999.— 479 с.: ил.
3. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам: учеб. пособие для вузов. – М.: Айрис-пресс, 2020.

Приложение

```
import math
import scipy.stats

f = open('answer.txt', 'r+')

"Задание 1"
x1 = [2.86728, 1.13188, 1.65331, -0.24485, 0.77905, 2.30288, 2.63247, -
0.68905, 0.31365, 3.83315, 0.78376,
      0.53350, 2.64152, -0.41601, 2.47467, 0.87717, -0.04131, 1.26223,
0.79233, 1.58629]
x2 = [0.64330, -0.13516, 0.29311, -0.57104, 0.11235, 1.26531, 0.46257,
2.35009, 1.24173, 1.51367, 2.39267, 2.97226,
      1.18987, 0.49294, 1.34834, 2.37526, 0.53450, 1.61054, -1.60799,
1.50408]
x3 = [0.56871, 2.79170, -0.51887, 1.53098, 1.39604, -0.25179, 2.48092,
2.74350, -0.57746, 4.21158, 2.04421, 1.64747,
      3.30493, 3.57286, -0.24358, 1.65645, 0.36705, 1.76563, 4.39980,
2.46199]

x1s = 1 / 20 * sum(x1)
x2s = 1 / 20 * sum(x2)
x3s = 1 / 20 * sum(x3)

x12 = [x ** 2 for x in x1]
x22 = [x ** 2 for x in x2]
x32 = [x ** 2 for x in x3]

x1s2 = 1 / 20 * sum(x12)
x2s2 = 1 / 20 * sum(x22)
x3s2 = 1 / 20 * sum(x32)

S2x1 = (20 / 19) * (x1s2 - x1s)
S2x2 = (20 / 19) * (x2s2 - x2s)
S2x3 = (20 / 19) * (x3s2 - x3s)

T1 = ((x1s - x2s) / math.sqrt(19 * (S2x1 + S2x2))) * math.sqrt((20 * 20 *
38) / 40)
T2 = ((x1s - x3s) / math.sqrt(19 * (S2x1 + S2x3))) * math.sqrt((20 * 20 *
38) / 40)
T3 = ((x2s - x3s) / math.sqrt(19 * (S2x2 + S2x3))) * math.sqrt((20 * 20 *
38) / 40)

tcrit = scipy.stats.t.ppf(0.975, 38)
```

```

t11 = [x1s, x2s, x1s2, x2s2, S2x1, S2x2, T1]
t12 = [x1s, x3s, x1s2, x3s2, S2x1, S2x3, T2]
t13 = [x2s, x3s, x2s2, x3s2, S2x2, S2x3, T3]
t21 = []
t22 = []
t23 = []

```

```

if abs(T1) > tcrit:
    t21 = [abs(T1), tcrit, 0]
else:
    t21 = [abs(T1), tcrit, 1]

```

```

if abs(T2) > tcrit:
    t22 = [abs(T2), tcrit, 0]
else:
    t22 = [abs(T2), tcrit, 1]

```

```

if abs(T3) > tcrit:
    t23 = [abs(T3), tcrit, 0]
else:
    t23 = [abs(T3), tcrit, 1]

```

```

f.write(str("Задание 1"))
f.write("\n")

```

```

f.write(str("Таблица 1"))
f.write("\n")
f.write(str("(1,2)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t11]))
f.write("\n")
f.write(str("(1,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t12]))
f.write("\n")
f.write(str("(2,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t13]))
f.write("\n")

```

```

f.write(str("Таблица 2"))
f.write("\n")
f.write(str("(1,2)"))

```

```

f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t21]))
f.write('\n')
f.write(str("(1,3)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t22]))
f.write('\n')
f.write(str("(2,3)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t23]))
f.write('\n')

```

"Задание 2"

$xg = (1 / 3) * (x1s + x2s + x3s)$

$Sg = 0$

```

for i in range(len(x1)):
    Sg += (x1[i] - xg) ** 2
    Sg += (x2[i] - xg) ** 2
    Sg += (x3[i] - xg) ** 2

```

$Sf = 1 / 20 * ((x1s - xg) ** 2 + (x2s - xg) ** 2 + (x3s - xg) ** 2)$

$S1 = Sg - Sf$

$Sf2 = Sf / 2$

$S12 = S1 / 38$

$k1 = 2$

$k2 = 38$

$F = Sf2 / S12$

$Fcrit = \text{scipy.stats.f.ppf}(0.95, k1, k2)$

$t1 = [Sg, Sf, S1, Sf2, S12, k1, k2, F]$

$t2 = []$

if $F > Fcrit$:

$t2 = [F, 0.05, Fcrit, 0]$

else:

$t2 = [F, 0.05, Fcrit, 1]$

f.write(str("Задание 2"))

f.write('\n')

```

f.write(str("Таблица 1"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t1]))
f.write("\n")

f.write(str("Таблица 2"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t2]))
f.write("\n")

"Задание 3"
alpha = 0.05
t1, pval1 = scipy.stats.ttest_ind(x1, x2, equal_var=True)
t1, pval2 = scipy.stats.ttest_ind(x1, x3, equal_var=True)
t1, pval3 = scipy.stats.ttest_ind(x2, x3, equal_var=True)

if pval1 < alpha:
    t1 = [pval1, alpha, 0]
else:
    t1 = [pval1, alpha, 1]

if pval2 < alpha:
    t2 = [pval2, alpha, 0]
else:
    t2 = [pval2, alpha, 1]

if pval3 < alpha:
    t3 = [pval3, alpha, 0]
else:
    t3 = [pval3, alpha, 1]

f.write(str("Задание 3"))
f.write("\n")

f.write(str("Таблица 1"))
f.write("\n")
f.write(str("(1,2)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t1]))
f.write("\n")
f.write(str("(1,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t2]))

```

```

f.write('\n')
f.write(str("(2,3)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t3]))
f.write('\n')

"Задание 4"
alpha = 0.05
t1, pval1 = scipy.stats.ttest_ind(x1, x2, equal_var=False)
t1, pval2 = scipy.stats.ttest_ind(x1, x3, equal_var=False)
t1, pval3 = scipy.stats.ttest_ind(x2, x3, equal_var=False)

if pval1 < alpha:
    t1 = [pval1, alpha, 0]
else:
    t1 = [pval1, alpha, 1]

if pval2 < alpha:
    t2 = [pval2, alpha, 0]
else:
    t2 = [pval2, alpha, 1]

if pval3 < alpha:
    t3 = [pval3, alpha, 0]
else:
    t3 = [pval3, alpha, 1]

f.write(str("Задание 4"))
f.write('\n')

f.write(str("Таблица 1"))
f.write('\n')
f.write(str("(1,2)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t1]))
f.write('\n')
f.write(str("(1,3)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t2]))
f.write('\n')
f.write(str("(2,3)"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t3]))
f.write('\n')

```



```

"Задание 5"
alpha = 0.05
t1, pval = scipy.stats.f_oneway(x1, x2, x3)
if pval < alpha:
    t1 = [pval, alpha, 0]
else:
    t1 = [pval, alpha, 1]

f.write(str("Задание 5"))
f.write("\n")

f.write(str("Таблица 1"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t1]))
f.write("\n")

"Задание 6"
Smax1 = max(S2x1, S2x2)
Smin1 = min(S2x1, S2x2)
Smax2 = max(S2x1, S2x3)
Smin2 = min(S2x1, S2x3)
Smax3 = max(S2x2, S2x3)
Smin3 = min(S2x2, S2x3)

k1 = k2 = 19
F1 = Smax1 / Smin1
F2 = Smax2 / Smin2
F3 = Smax3 / Smin3

zcrit = scipy.stats.f.ppf(0.975, k1, k2)

t11 = [S2x1, S2x2, k1, k2, F1]
t12 = [S2x1, S2x3, k1, k2, F2]
t13 = [S2x2, S2x3, k1, k2, F3]

if F1 > zcrit:
    t21 = [F1, zcrit, 0]
else:
    t21 = [F1, zcrit, 1]

if F2 > zcrit:
    t22 = [F2, zcrit, 0]
else:

```

```

t22 = [F2, zcrit, 1]

if F3 > zcrit:
    t23 = [F3, zcrit, 0]
else:
    t23 = [F3, zcrit, 1]

f.write(str("Задание 6"))
f.write("\n")

f.write(str("Таблица 1"))
f.write("\n")
f.write(str("(1,2)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t11]))
f.write("\n")
f.write(str("(1,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t12]))
f.write("\n")
f.write(str("(2,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t13]))
f.write("\n")

f.write(str("Таблица 2"))
f.write("\n")
f.write(str("(1,2)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t21]))
f.write("\n")
f.write(str("(1,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t22]))
f.write("\n")
f.write(str("(2,3)"))
f.write("\n")
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t23]))
f.write("\n")

"Задание 7"
alpha = 0.05
t1, pval = scipy.stats.bartlett (x1, x2, x3)
if pval < alpha:

```

```
    t1 = [pval, alpha, 0]
else:
    t1 = [pval, alpha, 1]

f.write(str("Задание 7"))
f.write('\n')

f.write(str("Таблица 1"))
f.write('\n')
f.write(str([round(elem, 5) for elem in t1]))
f.write('\n')
```