



Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Факультет вычислительной математики и кибернетики

Казанцева Варвара Денисовна

## **Анализ связей**

Отчет по приуладной статистике

**Преподаватель:**  
Майсурадзе Арчил Ивериевич

Москва, 2025

# Содержание

<b>1</b>	<b>Постановка задачи</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Шаг 1: Построение и интерпретация диаграмм взаимодействия</b>	<b>5</b>
2.1	Между психотерапией и препаратами для каждого фиксированного значения диеты . . . . .	5
2.1.1	Диаграмма 1: Пациенты без диеты . . . . .	5
2.1.2	Диаграмма 2: Пациенты с диетой . . . . .	6
2.2	Между диетой и препаратами для каждого фиксированного значения психотерапии . . . . .	6
2.2.1	Диаграмма 1: Пациенты, не проходящие психотерапию . . . . .	6
2.2.2	Диаграмма 2: Пациенты, проходящие психотерапию . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Дисперсионный анализ (ANOVA)</b>	<b>8</b>
3.1	Однофакторный дисперсионный анализ . . . . .	8
3.2	Двухфакторный дисперсионный анализ . . . . .	9
3.3	Трехфакторный дисперсионный анализ . . . . .	11
3.4	Важность и применение . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Шаг 2: Трехфакторный дисперсионный анализ</b>	<b>14</b>
4.1	Гипотезы . . . . .	14
4.1.1	Основные эффекты . . . . .	14
4.1.2	Двухсторонние взаимодействия . . . . .	14
4.1.3	Тройное взаимодействие . . . . .	15
4.2	Результаты . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Шаг 3: Анализ для пациентов, проходящих психотерапию</b>	<b>18</b>
5.1	Гипотезы . . . . .	18
5.1.1	Двухфакторный дисперсионный анализ . . . . .	18
5.1.2	Однофакторный дисперсионный анализ . . . . .	18
5.2	Результаты . . . . .	19
5.2.1	Результаты двухфакторного дисперсионного анализа . . . . .	19

5.2.2	Результаты однофакторного дисперсионного анализа . . . . .	20
5.2.3	Определение лучшего препарата . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Шаг 3': Анализ для пациентов, не проходящих психотерапию</b>	<b>22</b>
6.1	Результаты . . . . .	22
6.1.1	Результаты двухфакторного дисперсионного анализа . . . . .	22
6.1.2	Средние значения давления для каждой комбинации факторов . .	23
<b>7</b>	<b>Шаг 4: Итоги исследования для пациентов, проходящих психотерапию</b>	<b>24</b>
7.1	Эффективность диеты . . . . .	24
7.2	Эффективность диеты при применении каждого из препаратов . . . . .	24
7.3	Эффективность препаратов при диете и без диеты . . . . .	24
<b>8</b>	<b>Шаг 4': Итоги исследования для пациентов, не проходящих психоте- рапию</b>	<b>25</b>
8.1	Эффективность диеты . . . . .	25
8.2	Эффективность диеты при применении каждого из препаратов . . . . .	25
8.3	Эффективность препаратов при диете и без диеты . . . . .	25

# 1 Постановка задачи

Целью данного исследования является анализ влияния различных методов лечения на уровень артериального давления у пациентов, страдающих артериальной гипертензией. В рамках эксперимента использовались следующие факторы:

- применение одного из трёх препаратов;
- соблюдение специальной диеты (или её отсутствие);
- использование психотерапии (или её отсутствие).

Имеющиеся данные включают результаты лечения 72 пациентов, распределённых по 12 различным комбинациям указанных факторов (по 6 наблюдений на каждую комбинацию).

Требуется сравнить эффективность методов лечения гипертонической болезни.

Целевая переменная исследования — уровень артериального давления после лечения.

## 2 Шаг 1: Построение и интерпретация диаграмм взаимодействия

### 2.1 Между психотерапией и препаратами для каждого фиксированного значения диеты

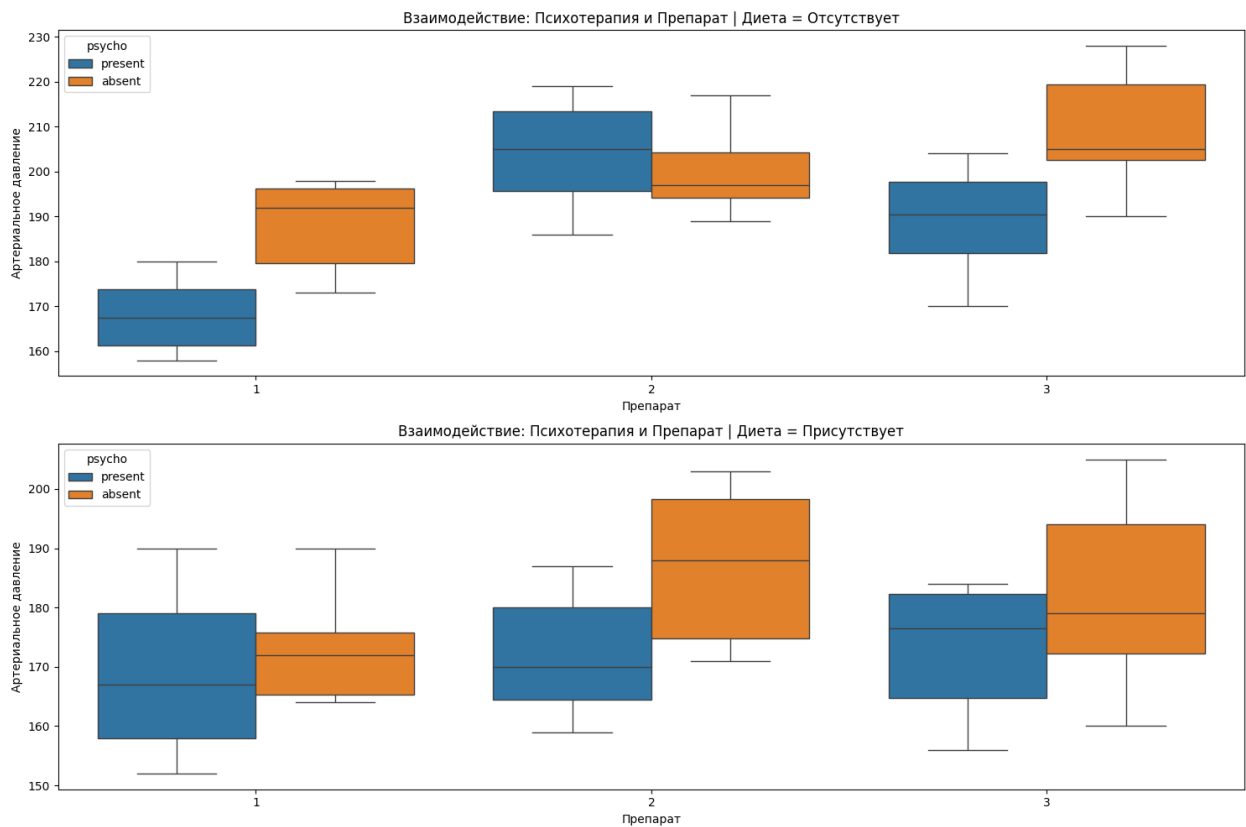


Рис. 1: Диаграмма взаимодействия между психотерапией и применением препаратов для каждого фиксированного значения диеты.

#### 2.1.1 Диаграмма 1: Пациенты без диеты

Наблюдения:

- Видим, что коробки различаются по медиане между разными препаратами, это указывает на влияние препарата.

- Также для препаратов (особенно 1) наблюдаем различия между уровнями психотерапии внутри одного препарата, что может говорить о влиянии психотерапии на артериальное давление.
- Есть различия между препаратами от психотерапии, то есть наблюдается взаимодействие факторов.

### **2.1.2 Диаграмма 2: Пациенты с диетой**

#### **Наблюдения:**

- Нет аналогии влияния препаратов с диаграммой 1 (см. препарат 2), то есть эффект диеты не однороден.
- Психотерапия для каждого препарата способствует снижению артериального давления.

## **2.2 Между диетой и препаратами для каждого фиксированного значения психотерапии**

### **2.2.1 Диаграмма 1: Пациенты, не проходящие психотерапию**

#### **Наблюдения:**

- Наблюдаем для всех препаратов более низкое артериальное давление при присутствии диеты.

### **2.2.2 Диаграмма 2: Пациенты, проходящие психотерапию**

#### **Наблюдения:**

- Для людей соблюдающих диету либо нет изменений, либо есть эффект снижения артериального давления в зависимости от препарата.

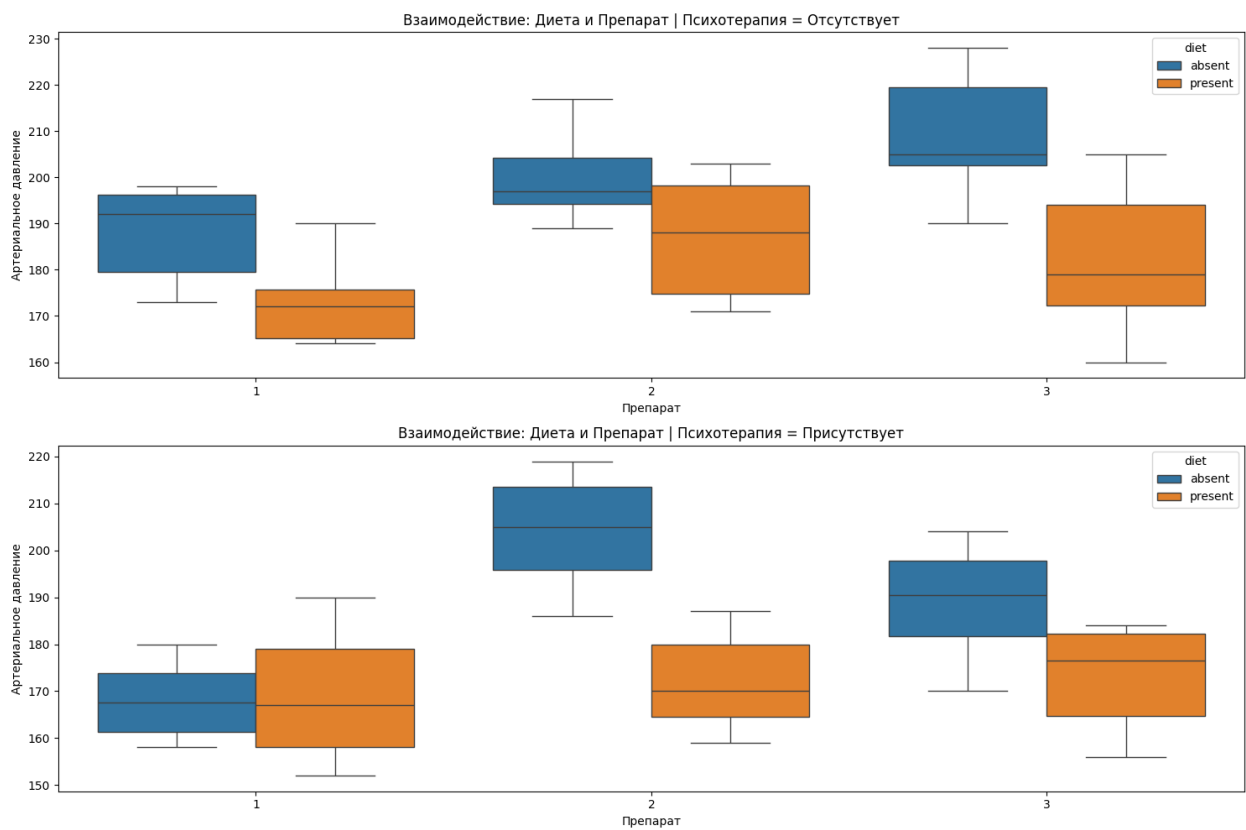


Рис. 2: Диаграмма взаимодействия между диетой и применением препаратов для каждого фиксированного значения психотерапии.

## 3 Дисперсионный анализ (ANOVA)

### 3.1 Однофакторный дисперсионный анализ

Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) используется для проверки гипотезы о том, что средние значения зависимой переменной одинаковы для разных уровней одной независимой переменной. Этот метод позволяет определить, есть ли статистически значимые различия между группами, сравнивая вариации внутри групп и между группами.

#### Математическая формулировка однофакторного ANOVA:

Предположим, что у нас есть  $k$  групп (например, три уровня независимой переменной), каждая из которых имеет несколько наблюдений. Пусть  $y_{ij}$  — это значение зависимой переменной для  $j$ -го наблюдения в  $i$ -й группе. Среднее значение в  $i$ -й группе обозначается как  $\bar{y}_i$ , а общее среднее значение всех наблюдений — как  $\bar{y}$ .

Дисперсионный анализ базируется на двух источниках вариации:

- **Межгрупповая вариация** ( $SS_{\text{between}}$ ): описывает вариацию между средними значениями групп.
- **Внутригрупповая вариация** ( $SS_{\text{within}}$ ): описывает вариацию внутри каждой группы.

Формулы для расчета суммы квадратов:

$$SS_{\text{between}} = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$
$$SS_{\text{within}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$$

Где:

- $n_i$  — количество наблюдений в  $i$ -й группе.
- $\bar{y}_i$  — среднее значение в  $i$ -й группе.
- $\bar{y}$  — общее среднее значение всех наблюдений.



F-статистика для однофакторного анализа определяется как отношение межгрупповой дисперсии к внутригрупповой:

$$F = \frac{MS_{\text{between}}}{MS_{\text{within}}}$$

где:

- $MS_{\text{between}} = \frac{SS_{\text{between}}}{df_{\text{between}}}$  — средняя квадратичная ошибка между группами.
- $MS_{\text{within}} = \frac{SS_{\text{within}}}{df_{\text{within}}}$  — средняя квадратичная ошибка внутри групп.

Степени свободы ( $df$ ) — это количество независимых значений, которые могут быть выбраны или варьироваться при расчете статистики. В контексте дисперсионного анализа степени свободы относятся к числу независимых наблюдений, которые можно использовать для оценки вариации. Важно понимать, что при расчете статистики для дисперсионного анализа мы уменьшаем количество степеней свободы на количество параметров, которые мы оцениваем.

Для однофакторного дисперсионного анализа:

- $df_{\text{between}} = k - 1$  — степени свободы между группами, где  $k$  — количество групп.
- $df_{\text{within}} = N - k$  — степени свободы внутри групп, где  $N$  — общее количество наблюдений (все группы).

Значение F-статистики сравнивается с критическим значением из распределения Фишера для выбранного уровня значимости  $\alpha$ . Если  $p$ -значение меньше уровня значимости (обычно  $\alpha = 0.05$ ), то отвергается нулевая гипотеза о равенстве средних.

### 3.2 Двухфакторный дисперсионный анализ

Двухфакторный дисперсионный анализ используется для оценки влияния двух независимых факторов на зависимую переменную, а также для проверки наличия взаимодействия между этими факторами. В данном случае мы анализируем влияние двух факторов, а также их взаимодействие.

#### Математическая формулировка двухфакторного ANOVA:

Пусть у нас есть два независимых фактора  $A$  и  $B$ . В двухфакторном дисперсионном анализе мы исследуем три типа вариации:

- Влияние фактора  $A$ .
- Влияние фактора  $B$ .
- Взаимодействие между факторами  $A$  и  $B$ .

Сумма квадратов для каждого из факторов и их взаимодействия рассчитывается по аналогии с однофакторным анализом:

$$SS_A = \sum_{i=1}^a n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$$

$$SS_B = \sum_{j=1}^b m_j (\bar{y}_j - \bar{y})^2$$

$$SS_{AB} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_{ij} (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2$$

Где:

- $a$  — количество уровней первого фактора (диета).
- $b$  — количество уровней второго фактора (препарат).
- $\bar{y}_{ij}$  — среднее значение для уровня  $i$  первого фактора и уровня  $j$  второго фактора.

F-статистика для двухфакторного ANOVA:

$$F_A = \frac{MS_A}{MS_{\text{within}}}, \quad F_B = \frac{MS_B}{MS_{\text{within}}}, \quad F_{AB} = \frac{MS_{AB}}{MS_{\text{within}}}$$

где:

- $MS_A, MS_B, MS_{AB}$  — средние квадратичные ошибки для факторов и их взаимодействия.
- $MS_{\text{within}}$  — средняя квадратичная ошибка внутри групп.

В двухфакторном дисперсионном анализе степени свободы ( $df$ ) рассчитываются следующим образом:

- Для фактора  $A$ :  $df_A = a - 1$ , где  $a$  — количество уровней фактора  $A$ .

- Для фактора  $B$ :  $df_B = b - 1$ , где  $b$  — количество уровней фактора  $B$ .
- Для взаимодействия  $A \times B$ :  $df_{AB} = (a - 1)(b - 1)$ .
- Для остаточной дисперсии (ошибки):  $df_{\text{within}} = N - ab$ , где  $N$  — общее число наблюдений,  $ab$  — общее число групп.
- Общее количество степеней свободы:  $df_{\text{total}} = N - 1$ .

Подобно однофакторному анализу, для оценки значимости используем  $p$ -значение, которое сравнивается с выбранным уровнем значимости  $\alpha$ . Если  $p$ -значение для фактора или его взаимодействия меньше  $\alpha$ , то этот фактор (или взаимодействие) считается статистически значимым.

### 3.3 Трехфакторный дисперсионный анализ

Трехфакторный дисперсионный анализ используется для изучения влияния трёх независимых факторов на одну зависимую переменную, а также их парных и тройного взаимодействия. Этот метод позволяет оценить, как каждый фактор в отдельности и в комбинации с другими факторами влияет на зависимую переменную.

#### Математическая формулировка трехфакторного ANOVA:

Обозначим три независимых фактора как  $A$ ,  $B$  и  $C$ . Сумма квадратов общей вариации  $SS_{\text{total}}$  разлагается на следующие компоненты:

$$SS_{\text{total}} = SS_A + SS_B + SS_C + SS_{AB} + SS_{AC} + SS_{BC} + SS_{ABC} + SS_{\text{within}}$$

где:

- $SS_A, SS_B, SS_C$  — вариация, обусловленная отдельными факторами  $A$ ,  $B$  и  $C$ .
- $SS_{AB}, SS_{AC}, SS_{BC}$  — вариация, обусловленная взаимодействием пар факторов.
- $SS_{ABC}$  — вариация, обусловленная тройным взаимодействием факторов.
- $SS_{\text{within}}$  — остаточная вариация (внутригрупповая).

#### Степени свободы ( $df$ ) для каждого компонента:

- $df_A = a - 1$ , где  $a$  — количество уровней фактора  $A$ .

- $df_B = b - 1$ , где  $b$  — количество уровней фактора  $B$ .
- $df_C = c - 1$ , где  $c$  — количество уровней фактора  $C$ .
- $df_{AB} = (a - 1)(b - 1)$ .
- $df_{AC} = (a - 1)(c - 1)$ .
- $df_{BC} = (b - 1)(c - 1)$ .
- $df_{ABC} = (a - 1)(b - 1)(c - 1)$ .
- $df_{\text{within}} = N - abc$ , где  $N$  — общее количество наблюдений.
- $df_{\text{total}} = N - 1$ .

**F-статистика:** Для каждого фактора и взаимодействия рассчитывается F-статистика:

$$F = \frac{MS_{\text{factor}}}{MS_{\text{within}}}$$

где:

- $MS_{\text{factor}} = \frac{SS_{\text{factor}}}{df_{\text{factor}}}$  — средняя квадратичная ошибка для конкретного фактора или взаимодействия.
- $MS_{\text{within}} = \frac{SS_{\text{within}}}{df_{\text{within}}}$  — средняя квадратичная ошибка внутри групп.

### Интерпретация результатов:

- Если  $p$ -значение для фактора или взаимодействия меньше уровня значимости ( $\alpha = 0.05$ ), то влияние данного фактора (или взаимодействия) считается статистически значимым.
- Особое внимание уделяется тройному взаимодействию ( $ABC$ ), так как оно показывает, изменяется ли влияние одного фактора при одновременном изменении двух других.

### 3.4 Важность и применение

Дисперсионный анализ — это мощный инструмент для анализа данных, особенно когда важно понять, как несколько факторов или их взаимодействия влияют на зависимую переменную. В данном исследовании с использованием двухфакторного ANOVA мы можем понять, как диета, препарат, психотерапия и их взаимодействие влияют на артериальное давление у пациентов.

## 4 Шаг 2: Трехфакторный дисперсионный анализ

### 4.1 Гипотезы

#### 4.1.1 Основные эффекты

##### 1. Фактор "Препарат":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,A}$ ): Препарат не влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления одинаковы для всех трёх препаратов).
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,A}$ ): Препарат влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления различаются для хотя бы одного препарата).

##### 2. Фактор "Диета":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,B}$ ): Диета не влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления одинаковы при наличии диеты и без неё).
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,B}$ ): Диета влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления различаются в зависимости от использования диеты).

##### 3. Фактор "Психотерапия":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,C}$ ): Психотерапия не влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления одинаковы для групп с психотерапией и без неё).
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,C}$ ): Психотерапия влияет на артериальное давление (средние значения артериального давления различаются в зависимости от применения психотерапии).

#### 4.1.2 Двухсторонние взаимодействия

##### 1. Взаимодействие "Препарат $\times$ Диета":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,AB}$ ): Совместно препарат и диета не влияют на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,AB}$ ): Совместно препарат и диета влияют на артериальное давление.

## 2. Взаимодействие "Препарат $\times$ Психотерапия":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,AC}$ ): Совместно препарат и психотерапия не влияют на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,AC}$ ): Совместно препарат и психотерапия влияют на артериальное давление.

## 3. Взаимодействие "Диета $\times$ Психотерапия":

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,BC}$ ): Совместно диета и психотерапия не влияют на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,BC}$ ): Совместно диета и психотерапия влияют на артериальное давление.

### 4.1.3 Тройное взаимодействие

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,ABC}$ ): Совместно препарат, диета и психотерапия не влияют на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,ABC}$ ): Совместно препарат, диета и психотерапия влияют на артериальное давление.

## 4.2 Результаты

Выполненный трёхфакторный дисперсионный анализ показал следующие результаты:

Фактор	Сумма квадратов(SS)	Степени свободы(df)	F	p
Препарат(A)	3675.0	2	11.73	$5.02 \times 10^{-5}$
Диета(B)	5202.0	1	33.20	$3.05 \times 10^{-7}$
Психотерапия(C)	2048.0	1	13.07	$6.15 \times 10^{-4}$
Препарат:Диета(AB)	903.0	2	2.88	0.064
Препарат:Психотерапия(AC)	259.0	2	0.83	0.442
Диета:Психотерапия(BC)	32.0	1	0.20	0.653
Препарат:Диета:Психотерапия(ABC)	1075.0	2	3.43	0.039
Остатки	9400.0	60		

Таблица 1: Результаты трёхфакторного дисперсионного анализа

В связи с полученными р-значениями, мы отвергаем нулевые гипотезы для следующих факторов:

- Для **фактора А (Препарат)**: р-значение для этого фактора составляет  $6.150719 \times 10^{-4}$ , что значительно меньше уровня значимости  $\alpha = 0.05$ . Следовательно, нулевая гипотеза  $H_{0,A}$  о том, что препарат не влияет на артериальное давление, отвергается, и можно заключить, что препарат оказывает статистически значимое влияние на артериальное давление.
- Для **фактора В (Диета)**: р-значение для диеты равно  $3.053308 \times 10^{-7}$ , что также значительно меньше 0.05. Это позволяет отвергнуть нулевую гипотезу  $H_{0,B}$ , утверждающую, что диета не влияет на артериальное давление, и подтвердить, что диета оказывает значительное влияние на артериальное давление.
- Для **фактора С (Психотерапия)**: р-значение для психотерапии равно  $6.150719 \times 10^{-4}$ , что меньше 0.05. Следовательно, нулевая гипотеза  $H_{0,C}$  о том, что психотерапия не влияет на артериальное давление, также отвергается, и можно утверждать, что психотерапия имеет статистически значимое влияние на артериальное давление.
- Для **тройного взаимодействия (ABC)**: р-значение для тройного взаимодействия равно  $3.883423 \times 10^{-2}$ , что меньше 0.05. Это подтверждает отклонение нулевой гипотезы  $H_{0,ABC}$ , которая утверждает, что комбинированное воздействие препаратов, диеты и психотерапии не оказывает влияния на артериальное давление. Таким образом, тройное взаимодействие является статистически значимым.



Результаты анализа показывают, что тройное взаимодействие между препаратами, диетой и психотерапией имеет статистически значимое влияние на артериальное давление. Это указывает на необходимость дальнейшего анализа подгрупп.

## 5 Шаг 3: Анализ для пациентов, проходящих психотерапию

На данном этапе мы проведем анализ, чтобы выяснить, какие факторы влияют на артериальное давление у пациентов, проходящих психотерапию. В рамках этого шага будет выполнен двусторонний дисперсионный анализ для факторов диеты (`diet`) и препаратов (`drug`), а также будет рассмотрено взаимодействие этих факторов.

### 5.1 Гипотезы

#### 5.1.1 Двухфакторный дисперсионный анализ

##### Фактор А: Препарат

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,A}$ ): Препарат не влияет на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,A}$ ): Препарат влияет на артериальное давление.

##### Фактор В: Диета

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,B}$ ): Диета не влияет на артериальное давление.
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,B}$ ): Диета влияет на артериальное давление.

##### Взаимодействие: Диета $\times$ Препарат

- Нулевая гипотеза ( $H_{0,A:B}$ ): Взаимодействие между диетой и препаратом отсутствует (влияние препарата на давление не зависит от диеты).
- Альтернативная гипотеза ( $H_{1,A:B}$ ): Взаимодействие между диетой и препаратом присутствует (влияние препарата на давление зависит от диеты).

#### 5.1.2 Однофакторный дисперсионный анализ

##### Подгруппа: Диета отсутствует

- Нулевая гипотеза ( $H_0$ ): Средние значения артериального давления одинаковы для всех препаратов в этой подгруппе.

- Альтернативная гипотеза ( $H_1$ ): Средние значения артериального давления различаются для хотя бы одного препарата.

#### Подгруппа: Диета присутствует

- Нулевая гипотеза ( $H_0$ ): Средние значения артериального давления одинаковы для всех препаратов в этой подгруппе.
- Альтернативная гипотеза ( $H_1$ ): Средние значения артериального давления различаются для хотя бы одного препарата.

## 5.2 Результаты

### 5.2.1 Результаты двухфакторного дисперсионного анализа

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа для пациентов, проходящих психотерапию, представлены в таблице 2.

Фактор	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	F	p
Препарат (drug)	2342.0	2.0	8.08	0.001556
Диета (diet)	2209.0	1.0	15.25	0.000496
Диета × Препарат (diet:drug)	1634.0	2.0	5.64	0.008334
Остатки	4346.0	30.0	NaN	NaN

Таблица 2: Результаты двухфакторного дисперсионного анализа для пациентов с психотерапией

#### Выводы:

- Фактор **диеты** оказывает статистически значимое влияние на артериальное давление ( $p = 0.000496$ , что меньше уровня значимости  $\alpha = 0.05$ ). Гипотеза  $H_{0,B}$  отвергается.
- Фактор **препарата** также оказывает значимое влияние ( $p = 0.001556$ ). Гипотеза  $H_{0,A}$  отвергается.
- Взаимодействие между диетой и препаратом является статистически значимым ( $p = 0.008334$ ), что указывает на необходимость дальнейшего анализа подгрупп. Гипотеза  $H_{0,A:B}$  отвергается.

### 5.2.2 Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Для изучения значимого взаимодействия (диета:препарат), мы разделили выборку на две подгруппы: пациентов без диеты и пациентов с диетой), и выполнили однофакторный дисперсионный анализ в каждой подгруппе.

**Подгруппа: Диета отсутствует**

Фактор	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	F	p
Препарат	3924.0	2.0	14.939086	0.000269
Остатки	1970.0	15.0	NaN	NaN

Таблица 3: Результаты однофакторного ANOVA для группы, где диета отсутствовала

**Вывод:** Препарат оказывает влияние на артериальное давление для пациентов без диеты и проходящих психотерапию ( $p = 0.000269$ ).

**Подгруппа: Диета присутствует**

Фактор	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	F	p
	52.0	2.0	0.164141	0.850126
Остатки	2376.0	15.0	NaN	NaN

Таблица 4: Результаты однофакторного ANOVA для группы, где диета присутствовала

**Вывод:** Препарат не оказывает значительного влияния на артериальное давление для пациентов с диетой и проходящих психотерапию ( $p = 0.850126$ ).

### 5.2.3 Определение лучшего препарата

Для определения препарата, наиболее эффективно снижающего артериальное давление у людей проходящих психотерапию, рассмотрим средние значения давления для каждой комбинации факторов "диета" и "препарат" (таблица 5).

Диета	Препарат	Среднее давление
Отсутствует	1	168.0
Отсутствует	2	204.0
Отсутствует	3	189.0
Присутствует	1	169.0
Присутствует	2	172.0
Присутствует	3	173.0

Таблица 5: Средние значения артериального давления для каждой комбинации "диета-препарат".

#### Выводы:

- Для пациентов без диеты и проходящих психотерапию рекомендуется препарат 1, так как он обеспечивает наибольшее снижение артериального давления (168.0).
- Для пациентов с диетой и проходящих психотерапию выбор препарата не имеет существенного значения, так как различия в их эффективности минимальны.

## 6 Шаг 3': Анализ для пациентов, не проходящих психотерапию

На данном этапе проверим, какие факторы влияют на артериальное давление у пациентов, не проходящих психотерапию. Для этого выполним двухфакторный дисперсионный анализ, а также рассчитаем средние значения давления для каждой комбинации факторов. Гипотезы формулируются аналогично гипотезам в шаге 3.

### 6.1 Результаты

#### 6.1.1 Результаты двухфакторного дисперсионного анализа

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа для пациентов, не проходящих психотерапию, представлены в таблице 6.

Фактор	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	F	p
Диета (diet)	3025.0	1.0	17.96	0.000198
Препарат (drug)	1592.0	2.0	4.72	0.016448
Диета × Препарат (diet:drug)	344.0	2.0	1.02	0.372422
Остатки	5054.0	30.0	NaN	NaN

Таблица 6: Результаты двухфакторного дисперсионного анализа для пациентов, не проходящих психотерапию.

#### Выводы:

- Фактор **диеты** оказывает статистически значимое влияние на артериальное давление ( $p = 0.000198$ , что меньше уровня значимости  $\alpha = 0.05$ ).
- Фактор **препарата** также оказывает значимое влияние ( $p = 0.016448$ ).
- Взаимодействие между диетой и препаратом статистически незначимо ( $p = 0.372422$ ), что исключает необходимость дополнительного анализа взаимодействий.

Диета	Препарат	Среднее давление
Отсутствует	1	188.0
Отсутствует	2	200.0
Отсутствует	3	209.0
Присутствует	1	173.0
Присутствует	2	187.0
Присутствует	3	182.0

Таблица 7: Средние значения артериального давления для каждой комбинации "диета-препарат".

#### 6.1.2 Средние значения давления для каждой комбинации факторов

##### Выводы:

Для людей не проходящих психотерапию:

- Наилучшие условия для снижения давления — комбинация диеты и препарата 1.
- При отсутствии диеты рекомендуется также препарат 1.

## 7 Шаг 4: Итоги исследования для пациентов, проходящих психотерапию

### 7.1 Эффективность диеты

Результаты анализа показали, что диета оказывает значительное влияние на артериальное давление у пациентов, проходящих психотерапию ( $p = 0.000496$ ). Это указывает на то, что применение диеты способствует снижению артериального давления независимо от других факторов.

### 7.2 Эффективность диеты при применении каждого из препаратов

Взаимодействие между диетой и препаратом оказалось статистически значимым ( $p = 0.008334$ ), что указывает на различную эффективность препаратов в зависимости от наличия или отсутствия диеты. Однако при наличии диеты влияние препаратов на артериальное давление оказалось статистически незначимым ( $p = 0.850126$ ). Это означает, что сама по себе диета играет доминирующую роль в снижении артериального давления, нивелируя различия между препаратами.

### 7.3 Эффективность препаратов при диете и без диеты

- **Без диеты:** Препараты оказывают значительное влияние на артериальное давление ( $p = 0.000269$ ). Среди них наилучший эффект показывает препарат 1, обеспечивая самое низкое среднее давление (168.0 мм рт. ст.).
- **С диетой:** Эффективность препаратов не различается статистически ( $p = 0.850126$ ), что указывает на то, что при соблюдении диеты выбор препарата не оказывает значительного влияния на артериальное давление.



## 8 Шаг 4': Итоги исследования для пациентов, не проходящих психотерапию

### 8.1 Эффективность диеты

Диета оказывает значительное влияние на артериальное давление у пациентов, не проходящих психотерапию ( $p = 0.000198$ ). Это указывает на то, что применение диеты способствует снижению артериального давления.

### 8.2 Эффективность диеты при применении каждого из препаратов

Взаимодействие между диетой и препаратом оказалось статистически незначимым ( $p = 0.372422$ ), что свидетельствует о том, что эффективность диеты не зависит от выбора препарата. Диета снижает артериальное давление вне зависимости от препарата.

### 8.3 Эффективность препаратов при диете и без диеты

- **Без диеты:** Препараты оказывают значительное влияние на артериальное давление ( $p = 0.016448$ ). Среди них препарат 1 обеспечивает самое низкое среднее давление (188.0 мм рт. ст.) и рекомендуется в условиях отсутствия диеты.
- **С диетой:** Препарат 1 также демонстрирует наилучшую эффективность (173.0 мм рт. ст.) среди всех препаратов при наличии диеты.