|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | | 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 2

 по курсу «**Теория вероятностей и математическая статистика, часть 2**»

**ВАРИАНТ 14**

Тема: **Проверка статистических гипотез с помощью** **критерия**

**хи-квадрат и критерия Колмогорова**

Выполнил:

Студент 4-го курса

Малов И. М.

Группа: КМБО-01-20

МОСКВА – 2023

**Оглавление**

[Задания 3](#_Toc137742932)

[**Краткие теоретические сведения 9**](#_Toc137742937)

[Результаты расчетов 13](#_Toc137742943)

[**Задание 1. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия 13**](#_Toc137742944)

[**Задание 2. Проверка гипотезы о нормальном распределении с помощью критерия 17**](#_Toc137742949)

[**Задание 3. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия 21**](#_Toc137742954)

[**Задание 4. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия Колмогорова 25**](#_Toc137742959)

[**Задание 5. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия Колмогорова 27**](#_Toc137742962)

[Список литературы 29](#_Toc137742966)

[Приложение 30](#_Toc137742967)

**Задания**

**Задание 1. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия**

Взять из файла **MC\_D\_Exp** выборку . Построить интервальный ряд (Таблица 1.1), положив = 0, , .

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Интервалы |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| *…* | *…* | *…* |
|  |  |  |
|  |  |  |

**Таблица 1.1. Интервальный ряд**

Найти методом моментов оценку параметра показательного распределения.

Построить Таблицу 1.2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  |
| 0 | 0 |  | 0 | - |
| 1 |  |  |  |  |
| … | … | … | … | … |
| 8 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Таблица 1.2. Вычисление .**

Построить график плотности показательного распределения , наложенный на гистограмму относительных частот.

Построить таблицу 1.3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k | Интервал |  |  |  |  |
| 1 | [] |  |  |  |  |
| 2 | (] |  |  |  |  |
| … | … | … | … | … | … |
| 8 | (] |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Таблица 1.3. Вычисление выборочного значения критерия .**

Проверить с помощью критерия хи-квадрат гипотезу о соответствии выборки показательному распределению с параметром при уровне значимости 0,05.

# Задание 2. Проверка гипотезы о нормальном распределении с помощью критерия

Взять из файла **MC\_D\_Norm** выборку . Построить интервальный ряд (Таблица 1.1), положив ,

Найти оценку математического ожидания и дисперсии .

Построить Таблицу 2.2.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  |  |
| 0 | 0 |  |  |  | - |
| 1 |  |  |  |  |  |
| … | … | … |  | … | … |
| 8 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Таблица 2.2. Вычисление .**

Построить график плотности нормального распределения , наложенный на гистограмму относительных частот.

Построить таблицу 2.3, аналогичную таблице 1.3.

Проверить с помощью критерия хи-квадрат гипотезу о соответствии выборки нормальному распределению при уровне значимости 0,05.

# Задание 3. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия

Взять из файла **MC\_D\_Unif** выборку и значения *a* и *b*. Построить интервальный ряд (Таблица 1.1), положив ,

Построить Таблицу 3.2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  | - |
| 1 |  |  |  |  |
| … | … | … | … | … |
| 8 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Таблица 3.2. Вычисление .**

Построить Таблицу 3.3, аналогичную таблице 1.3.

Построить график плотности равномерного распределения на отрезке , наложенный на гистограмму относительных частот.

Проверить с помощью критерия хи-квадрат гипотезу о соответствии выборки равномерному распределению на отрезке при уровне значимости 0,05.

# Задание 4. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия Колмогорова

Взять из файла **MC\_D\_Unif** выборку и значения *a* и *b*.

Построить на одном рисунке график эмпирической функции распределения данной выборки и график функции распределения равномерного закона на отрезке .

Построить таблицу 4.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 4.1. Вычисление выборочного значения критерия Колмогорова.**

Проверить гипотезу о соответствии выборки равномерному распределению на отрезке при уровне значимости 0,05 с помощью критерия Колмогорова.

# Задание 5. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия Колмогорова

Взять из файла **MC\_D\_Exp** выборку и значение из файла **MC\_D\_Lambda**.

Построить на одном рисунке график эмпирической функции распределения данной выборки и график функции распределения показательного закона с заданным параметром

Построить таблицу 5.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Таблица 5.1. Вычисление выборочного значения критерия Колмогорова.**

Проверить гипотезу о соответствии выборки показательному распределению с заданным параметром при уровне значимости 0,05 с помощью критерия Колмогорова.

## Краткие теоретические сведения

### **Показательное распределения**

*Плотность распределения:*

*Математическое ожидание:*

*Дисперсия:*

*Среднее квадратичное отклонение:*

## 

### **Равномерное распределение на отрезке**

*Плотность распределения*:

*Математическое ожидание*:

*Дисперсия*:

*Среднее квадратичное отклонение*:

## 

### **Нормальное распределение**

*Плотность распределения*:

*Математическое ожидание*:

*Дисперсия*:

*Среднее квадратичное отклонение*:

### **Общая схема проверки гипотез с помощью критерия** **хи-квадрат**

Найденное значение сравнивается с критическим значением, где – уровень значимости, *l* – число степеней свободы.

Если вычисленное значение , то гипотеза о соответствии выборки заданному распределению не противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

Если вычисленное значение , то гипотеза о соответствии выборки заданному распределению противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *l* | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  | 9,5 | 11,1 | 12,6 | 14,1 |

**Таблица 6.1. Критические значения при .**

### **Общая схема проверки гипотез с помощью критерия Колмогорова**

Находим статистику Колмогорова

При проверке гипотезы с помощью критерия Колмогорова найденное значение критерия сравнивается с критическим значением при уровне значимости

Если вычисленное значение , то гипотеза о соответствии выборки заданному распределению не противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

Если вычисленное значение , то гипотеза о соответствии выборки заданному распределению противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 0.01 | 0.05 | 0.1 |
|  | 1.63 | 1.36 | 1.22 |

**Таблица 6.2. Критические значения .**

**Средства языка программирования**

В программе расчета был использован язык программирования *Python*. Работа осуществлялась в среде *Jupyter Notebook* с использованием библиотек *numpy*, *scipy* и *matplotlib*.

Были использованы стандартные функции и структуры данных, предоставляемые *Python* для вычисления функций распределения и плотностей распределений показательного и равномерного распределений, а также для вычислений промежуточных результатов.

Из *numpy* использовалась структура данных *numpy.array* и его методы для облегчения вычислений.

В библиотеке *scipy* использовались функции:

* *norm.cdf(z)* - кумулятивная функция нормального распределения с параметром *z*, где ;
* *norm.pdf(x, loc = a, scale = Sigma) -* функция плотности нормального распределения с параметрами *x, a, Sigma* где , ; – математическое ожидание; *Sigma* – среднеквадратическое отклонение*;*
* *uniform.cdf()* - кумулятивная функция равномерного распределения на отрезке с параметрами , где ; .

Библиотеки *matplotlib* использовались для построения графика: были использованы функции настройки фигуры, а также функция *matplotlib.pyplot.plot()* для построения графиков.

# Результаты расчетов

## Задание 1. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия

Исходная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.03831 | 1.99390 | 1.75749 | 0.83132 | 0.44368 | 0.92487 | 0.01263 | 0.32409 | 1.36699 | 1.32663 |
| 2.15643 | 0.52915 | 0.00737 | 0.26019 | 0.20124 | 0.88694 | 0.09084 | 0.77248 | 0.28064 | 0.26812 |
| 0.73200 | 0.30424 | 0.00371 | 0.35170 | 0.43808 | 0.10628 | 0.97063 | 0.38108 | 0.13054 | 0.34366 |
| 0.41922 | 0.46499 | 0.20760 | 1.10989 | 0.23086 | 0.84005 | 0.08871 | 0.03526 | 1.42745 | 0.23672 |
| 0.54857 | 1.10164 | 0.19357 | 0.06395 | 0.68851 | 0.34886 | 1.58309 | 0.05896 | 0.33996 | 0.99490 |
| 0.52592 | 0.17315 | 0.54793 | 1.00859 | 0.42576 | 0.11374 | 0.38735 | 0.01057 | 0.28409 | 0.14969 |
| 1.63989 | 0.34595 | 0.28163 | 0.20084 | 0.36342 | 0.06039 | 1.08274 | 0.44348 | 0.59810 | 0.66873 |
| 0.97575 | 0.41090 | 0.08915 | 1.73129 | 0.28644 | 1.98440 | 0.32187 | 0.90052 | 0.45991 | 0.61350 |
| 0.21214 | 1.13386 | 1.42397 | 0.38005 | 0.33967 | 0.23907 | 0.65843 | 0.76727 | 0.16748 | 1.56087 |
| 0.18316 | 0.09041 | 1.60720 | 0.00024 | 0.10570 | 0.69568 | 0.01388 | 0.47348 | 0.75855 | 0.14924 |
| 0.15587 | 0.16766 | 0.53969 | 1.30469 | 1.12332 | 0.13048 | 0.30017 | 0.20918 | 0.30433 | 0.97278 |
| 0.26298 | 0.13318 | 0.03061 | 0.54104 | 0.04858 | 1.88315 | 1.30634 | 0.04419 | 0.37900 | 0.07483 |
| 1.25092 | 0.09856 | 0.02994 | 0.21810 | 1.42696 | 0.07844 | 0.76243 | 0.30648 | 0.26714 | 0.09175 |
| 0.47156 | 0.41122 | 0.41561 | 0.54057 | 0.86016 | 0.56421 | 0.83278 | 0.02004 | 0.55392 | 0.68775 |
| 0.26543 | 0.49556 | 0.03004 | 0.79407 | 0.18561 | 1.90278 | 0.19037 | 0.71683 | 2.04619 | 0.63442 |
| 0.06190 | 1.23059 | 0.04073 | 1.31419 | 1.10329 | 0.87922 | 0.46522 | 0.11748 | 0.42102 | 0.65062 |
| 0.87369 | 0.05259 | 0.68768 | 1.20483 | 0.46858 | 0.44509 | 1.26266 | 1.79317 | 0.34793 | 0.40176 |
| 0.10728 | 0.25320 | 0.35451 | 0.91385 | 0.55921 | 0.82112 | 0.02045 | 1.21651 | 0.57319 | 0.44340 |
| 0.92084 | 0.15479 | 0.96792 | 1.38229 | 0.87666 | 0.68033 | 1.16781 | 0.71739 | 0.09969 | 1.28052 |
| 0.87330 | 0.47276 | 1.77974 | 1.16630 | 0.26036 | 0.11399 | 1.72279 | 0.13832 | 0.19858 | 0.70776 |

Отсортированная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.00024 | 0.00371 | 0.00737 | 0.01057 | 0.01263 | 0.01388 | 0.02004 | 0.02045 | 0.02994 | 0.03004 |
| 0.03061 | 0.03526 | 0.03831 | 0.04073 | 0.04419 | 0.04858 | 0.05259 | 0.05896 | 0.06039 | 0.06190 |
| 0.06395 | 0.07483 | 0.07844 | 0.08871 | 0.08915 | 0.09041 | 0.09084 | 0.09175 | 0.09856 | 0.09969 |
| 0.10570 | 0.10628 | 0.10728 | 0.11374 | 0.11399 | 0.11748 | 0.13048 | 0.13054 | 0.13318 | 0.13832 |
| 0.14924 | 0.14969 | 0.15479 | 0.15587 | 0.16748 | 0.16766 | 0.17315 | 0.18316 | 0.18561 | 0.19037 |
| 0.19357 | 0.19858 | 0.20084 | 0.20124 | 0.20760 | 0.20918 | 0.21214 | 0.21810 | 0.23086 | 0.23672 |
| 0.23907 | 0.25320 | 0.26019 | 0.26036 | 0.26298 | 0.26543 | 0.26714 | 0.26812 | 0.28064 | 0.28163 |
| 0.28409 | 0.28644 | 0.30017 | 0.30424 | 0.30433 | 0.30648 | 0.32187 | 0.32409 | 0.33967 | 0.33996 |
| 0.34366 | 0.34595 | 0.34793 | 0.34886 | 0.35170 | 0.35451 | 0.36342 | 0.37900 | 0.38005 | 0.38108 |
| 0.38735 | 0.40176 | 0.41090 | 0.41122 | 0.41561 | 0.41922 | 0.42102 | 0.42576 | 0.43808 | 0.44340 |
| 0.44348 | 0.44368 | 0.44509 | 0.45991 | 0.46499 | 0.46522 | 0.46858 | 0.47156 | 0.47276 | 0.47348 |
| 0.49556 | 0.52592 | 0.52915 | 0.53969 | 0.54057 | 0.54104 | 0.54793 | 0.54857 | 0.55392 | 0.55921 |
| 0.56421 | 0.57319 | 0.59810 | 0.61350 | 0.63442 | 0.65062 | 0.65843 | 0.66873 | 0.68033 | 0.68768 |
| 0.68775 | 0.68851 | 0.69568 | 0.70776 | 0.71683 | 0.71739 | 0.73200 | 0.75855 | 0.76243 | 0.76727 |
| 0.77248 | 0.79407 | 0.82112 | 0.83132 | 0.83278 | 0.84005 | 0.86016 | 0.87330 | 0.87369 | 0.87666 |
| 0.87922 | 0.88694 | 0.90052 | 0.91385 | 0.92084 | 0.92487 | 0.96792 | 0.97063 | 0.97278 | 0.97575 |
| 0.99490 | 1.00859 | 1.08274 | 1.10164 | 1.10329 | 1.10989 | 1.12332 | 1.13386 | 1.16630 | 1.16781 |
| 1.20483 | 1.21651 | 1.23059 | 1.25092 | 1.26266 | 1.28052 | 1.30469 | 1.30634 | 1.31419 | 1.32663 |
| 1.36699 | 1.38229 | 1.42397 | 1.42696 | 1.42745 | 1.56087 | 1.58309 | 1.60720 | 1.63989 | 1.72279 |
| 1.73129 | 1.75749 | 1.77974 | 1.79317 | 1.88315 | 1.90278 | 1.98440 | 1.99390 | 2.04619 | 2.15643 |

Интервальный ряд

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Интервалы |  |  |
| [0.00000, 0.26955] | 68 | 0.34000 |
| (0.26955, 0.53910] | 45 | 0.22500 |
| (0.53910, 0.80865] | 29 | 0.14500 |
| (0.80865, 1.07820] | 20 | 0.10000 |
| (1.07820, 1.34775] | 18 | 0.09000 |
| (1.34775, 1.61730] | 8 | 0.04000 |
| (1.61730, 1.88685] | 7 | 0.03500 |
| (1.88685, 2.15643] | 5 | 0.02500 |
|  | 200 | 1.00000 |

### Оценка параметра

### Вычисление

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  |
| 0 | 0.00000 | 1.64152 | 0.00000 | - |
| 1 | 0.26955 | 1.05459 | 0.35755 | 0.35755 |
| 2 | 0.53910 | 0.67752 | 0.58726 | 0.22971 |
| 3 | 0.80865 | 0.43527 | 0.73484 | 0.14758 |
| 4 | 1.07820 | 0.27964 | 0.82965 | 0.09481 |
| 5 | 1.34775 | 0.17965 | 0.89056 | 0.06091 |
| 6 | 1.61730 | 0.11542 | 0.92969 | 0.03913 |
| 7 | 1.88685 | 0.07415 | 0.95483 | 0.02514 |
| 8 | 2.15643 | 0.04763 | 0.97098 | 0.04517 |
|  |  |  |  | 1.00000 |

### Гистограмма относительных частот и график плотностиhttps://sun9-44.userapi.com/impg/e58AwfDcH121LVoGV6pIVyHx10ATLpZyaVzOGg/46WkRN0nasA.jpg?size=643x508&quality=96&sign=04280c767bc5b28f25ae6040d02279aa&type=album

### Вычисление выборочного значения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k | Интервалы |  |  |  |  |
| 1 | [0.00000, 0.26955] | 0.34000 | 0.35755 | 0.01755 | 0.17228 |
| 2 | (0.26955, 0.53910] | 0.22500 | 0.22971 | 0.00471 | 0.01931 |
| 3 | (0.53910, 0.80865] | 0.14500 | 0.14758 | 0.00258 | 0.00902 |
| 4 | (0.80865, 1.07820] | 0.10000 | 0.09481 | 0.00519 | 0.05682 |
| 5 | (1.07820, 1.34775] | 0.09000 | 0.06091 | 0.02909 | 2.77862 |
| 6 | (1.34775, 1.61730] | 0.04000 | 0.03913 | 0.00087 | 0.00387 |
| 7 | (1.61730, 1.88685] | 0.03500 | 0.02514 | 0.00986 | 0.77343 |
| 8 | (1.88685, 2.15643] | 0.02500 | 0.04517 | 0.02017 | 1.80132 |
|  |  | 1.00000 | 1.00000 | 0.02909 | 5.61467 |

### Вывод о справедливости гипотезы

Количество степеней свободы .

Уровень значимости .

Тогда критическое значение .

Так как , можно заключить, что гипотеза не  
противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

## Задание 2. Проверка гипотезы о нормальном распределении с помощью критерия

Исходная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.07322 | 1.51317 | 2.66889 | 1.69027 | 1.61792 | 4.53249 | 1.00039 | 1.45211 | 1.18106 | 2.02999 |
| -0.10746 | 3.77444 | 3.23707 | 3.46607 | 0.51233 | 0.34678 | 1.75835 | 2.62872 | 1.60979 | -1.75805 |
| 1.03037 | 2.94085 | 2.32005 | -1.17101 | 2.2909 | 0.19134 | 0.2211 | 3.61842 | -0.76848 | 1.80263 |
| 1.30789 | -0.43326 | 0.45885 | 1.22019 | 1.50355 | 2.14861 | 2.91317 | 0.4132 | 0.93691 | -0.60361 |
| 2.11064 | 0.77484 | 2.23477 | 1.9352 | 1.47329 | 0.10958 | 2.684 | -1.31468 | 1.10351 | 0.88195 |
| 0.7864 | 3.68868 | 1.90816 | 1.15383 | 0.95597 | 3.40988 | 1.85901 | 2.41428 | 1.91771 | 2.04167 |
| 2.75693 | 2.15845 | 2.51318 | 2.15179 | 0.73757 | 1.04824 | 0.48467 | 1.85362 | 2.78221 | -1.58881 |
| 1.6277 | 1.91635 | 0.15174 | 2.15217 | 1.83219 | 1.33583 | 0.21219 | 2.88235 | 2.50937 | -0.8695 |
| -0.85593 | 0.34195 | 1.18587 | 2.26795 | 1.9771 | 0.52612 | 2.3479 | 0.29688 | 1.13899 | 2.8124 |
| 2.31516 | -0.7214 | 4.12085 | 0.84705 | 3.54214 | 0.20605 | 2.46063 | 0.73522 | 0.2268 | -0.2779 |
| 2.82519 | 4.27775 | 0.82446 | 2.3978 | 1.91237 | 2.36101 | 1.99381 | 0.44223 | 0.44911 | 1.4176 |
| 2.46365 | 2.61969 | 3.84731 | 1.90402 | 2.51901 | 2.07746 | 1.30448 | 2.83651 | 2.32106 | -1.05057 |
| -0.80371 | 0.01518 | 1.29065 | 0.42748 | 2.01109 | 0.71323 | 2.47833 | 2.89614 | 1.58286 | 1.54792 |
| 1.94523 | -0.09015 | 3.73881 | 1.87609 | 1.77059 | 2.23566 | 3.06231 | 2.01678 | 0.78148 | 2.15279 |
| 1.41523 | 2.40287 | 0.06417 | 0.64122 | 3.20735 | 1.42562 | 1.8375 | 1.7357 | 2.48238 | 0.44692 |
| 2.18339 | 2.42114 | 2.94856 | 0.76231 | -0.35111 | -0.52467 | 2.63768 | 3.50376 | 3.05184 | 1.88235 |
| 0.21111 | 1.91159 | 1.85086 | 2.01751 | 1.36994 | 2.68434 | 3.59545 | 1.88455 | 0.89913 | 3.71749 |
| 3.85282 | 3.08921 | 3.29263 | 0.89357 | 2.85372 | 1.38879 | 0.01689 | 2.05015 | -0.14222 | 2.21352 |
| 2.33274 | 1.30498 | 2.84197 | 2.32149 | 1.50217 | 0.51577 | -1.68204 | 1.72212 | 0.44626 | 1.342 |
| 0.8821 | 2.26056 | 1.78507 | 2.77368 | 2.2638 | 2.2243 | 1.64919 | 0.26547 | 3.978 | 2.25793 |

Отсортированная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| -1.75805 | -1.68204 | -1.58881 | -1.31468 | -1.17101 | -1.05057 | -0.8695 | -0.85593 | -0.80371 | -0.76848 |
| -0.7214 | -0.60361 | -0.52467 | -0.43326 | -0.35111 | -0.2779 | -0.14222 | -0.10746 | -0.09015 | 0.01518 |
| 0.01689 | 0.06417 | 0.10958 | 0.15174 | 0.19134 | 0.20605 | 0.21111 | 0.21219 | 0.2211 | 0.2268 |
| 0.26547 | 0.29688 | 0.34195 | 0.34678 | 0.4132 | 0.42748 | 0.44223 | 0.44626 | 0.44692 | 0.44911 |
| 0.45885 | 0.48467 | 0.51233 | 0.51577 | 0.52612 | 0.64122 | 0.71323 | 0.73522 | 0.73757 | 0.76231 |
| 0.77484 | 0.78148 | 0.7864 | 0.82446 | 0.84705 | 0.88195 | 0.8821 | 0.89357 | 0.89913 | 0.93691 |
| 0.95597 | 1.00039 | 1.03037 | 1.04824 | 1.10351 | 1.13899 | 1.15383 | 1.18106 | 1.18587 | 1.22019 |
| 1.29065 | 1.30448 | 1.30498 | 1.30789 | 1.33583 | 1.342 | 1.36994 | 1.38879 | 1.41523 | 1.4176 |
| 1.42562 | 1.45211 | 1.47329 | 1.50217 | 1.50355 | 1.51317 | 1.54792 | 1.58286 | 1.60979 | 1.61792 |
| 1.6277 | 1.64919 | 1.69027 | 1.72212 | 1.7357 | 1.75835 | 1.77059 | 1.78507 | 1.80263 | 1.83219 |
| 1.8375 | 1.85086 | 1.85362 | 1.85901 | 1.87609 | 1.88235 | 1.88455 | 1.90402 | 1.90816 | 1.91159 |
| 1.91237 | 1.91635 | 1.91771 | 1.9352 | 1.94523 | 1.9771 | 1.99381 | 2.01109 | 2.01678 | 2.01751 |
| 2.02999 | 2.04167 | 2.05015 | 2.07746 | 2.11064 | 2.14861 | 2.15179 | 2.15217 | 2.15279 | 2.15845 |
| 2.18339 | 2.21352 | 2.2243 | 2.23477 | 2.23566 | 2.25793 | 2.26056 | 2.2638 | 2.26795 | 2.2909 |
| 2.31516 | 2.32005 | 2.32106 | 2.32149 | 2.33274 | 2.3479 | 2.36101 | 2.3978 | 2.40287 | 2.41428 |
| 2.42114 | 2.46063 | 2.46365 | 2.47833 | 2.48238 | 2.50937 | 2.51318 | 2.51901 | 2.61969 | 2.62872 |
| 2.63768 | 2.66889 | 2.684 | 2.68434 | 2.75693 | 2.77368 | 2.78221 | 2.8124 | 2.82519 | 2.83651 |
| 2.84197 | 2.85372 | 2.88235 | 2.89614 | 2.91317 | 2.94085 | 2.94856 | 3.05184 | 3.06231 | 3.07322 |
| 3.08921 | 3.20735 | 3.23707 | 3.29263 | 3.40988 | 3.46607 | 3.50376 | 3.54214 | 3.59545 | 3.61842 |
| 3.68868 | 3.71749 | 3.73881 | 3.77444 | 3.84731 | 3.85282 | 3.978 | 4.12085 | 4.27775 | 4.53249 |

Интервальный ряд

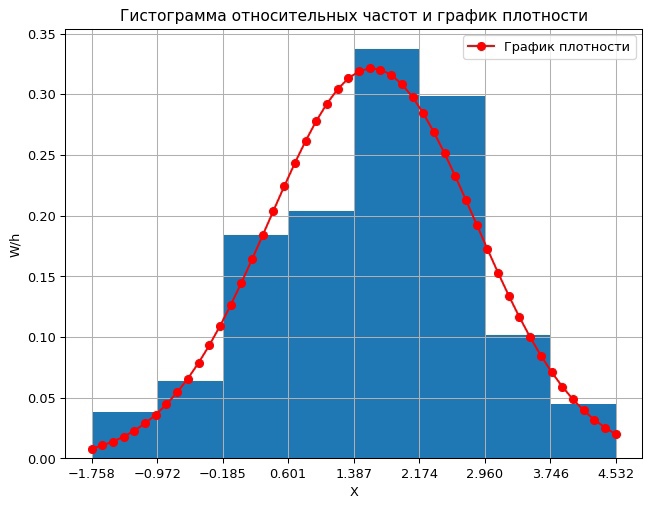
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Интервалы |  |  |
| [-1.75805,-0.97173] | 6 | 0.03000 |
| (-0.97173,-0.18541] | 10 | 0.05000 |
| (-0.18541,0.60091] | 29 | 0.14500 |
| (0.60091,1.38723] | 32 | 0.16000 |
| (1.38723,2.17355 | 53 | 0.26500 |
| (2.17355,2.95987] | 47 | 0.23500 |
| (2.95987,3.74619] | 16 | 0.08000 |
| (3.74619,4.53249] | 7 | 0.03500 |
|  | 200 | 1.00000 |

### Оценка параметров и .

### Вычисление

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *k* |  |  |  |  |  |
| 0 | -1.75805 | -2.71147 | 0.00814 | 0.00335 | 0.00000 |
| 1 | -0.97173 | -2.07795 | 0.03711 | 0.01886 | 0.01886 |
| 2 | -0.18541 | -1.44443 | 0.11325 | 0.07431 | 0.05545 |
| 3 | 0.60091 | -0.81091 | 0.23136 | 0.20871 | 0.13440 |
| 4 | 1.38723 | -0.17739 | 0.31640 | 0.42960 | 0.22089 |
| 5 | 2.17355 | 0.45613 | 0.28966 | 0.67585 | 0.24625 |
| 6 | 2.95987 | 1.08966 | 0.17752 | 0.86207 | 0.18622 |
| 7 | 3.74619 | 1.72318 | 0.07283 | 0.95757 | 0.09550 |
| 8 | 4.53249 | 2.35668 | 0.02000 | 0.99078 | 0.04243 |
|  |  |  |  |  | 1.00000 |

Гистограмма относительных частот и график плотности



### Вычисление выборочного значения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k | Интервалы |  |  |  |  |
| 1 | [-1.75805,-0.97173] | 0.03000 | 0.01886 | 0.01114 | 1.31601 |
| 2 | (-0.97173,-0.18541] | 0.05000 | 0.05545 | 0.00545 | 0.10713 |
| 3 | (-0.18541,0.60091] | 0.14500 | 0.13440 | 0.01060 | 0.1672 |
| 4 | (0.60091,1.38723] | 0.16000 | 0.22089 | 0.06089 | 3.35696 |
| 5 | (1.38723,2.17355 | 0.26500 | 0.24625 | 0.01875 | 0.28553 |
| 6 | (2.17355,2.95987] | 0.23500 | 0.18622 | 0.04878 | 2.55557 |
| 7 | (2.95987,3.74619] | 0.08000 | 0.09550 | 0.01550 | 0.50314 |
| 8 | (3.74619,4.53249] | 0.03500 | 0.04243 | 0.00743 | 0.26022 |
|  |  | 1.00000 | 1.00000 | 0.06089 | 8.55176 |

### Вывод о справедливости гипотезы

Количество степеней свободы .

Уровень значимости .

Тогда критическое значение .

Так как , можно заключить, что гипотеза не противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

## Задание 3. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия

Исходная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.51687 | 4.05063 | 1.77749 | 4.74328 | 2.33043 | 2.95210 | 4.24435 | 3.66604 | 4.06175 | 2.62750 |
| 3.64088 | 3.36143 | 1.99505 | 1.82302 | 1.75987 | 3.96520 | 3.00644 | 1.26149 | 3.53987 | 2.91435 |
| 2.89411 | 1.98526 | 3.16140 | 4.27638 | 4.85133 | 3.52446 | 4.94871 | 4.25455 | 1.77332 | 4.01822 |
| 3.86461 | 2.09143 | 2.94380 | 3.36261 | 4.32828 | 3.53073 | 2.74141 | 4.85472 | 3.33193 | 3.48820 |
| 2.92503 | 1.51256 | 4.71199 | 1.49402 | 1.76374 | 4.63188 | 1.97677 | 3.15310 | 2.32820 | 1.55198 |
| 1.32570 | 3.86404 | 4.63660 | 1.01120 | 2.65818 | 1.45140 | 1.33765 | 2.26005 | 1.08421 | 1.71602 |
| 4.29228 | 3.15236 | 2.50072 | 3.64025 | 2.15976 | 1.67440 | 4.74236 | 2.58086 | 1.20563 | 2.46480 |
| 2.33728 | 3.49302 | 2.79035 | 2.57739 | 3.20591 | 1.25415 | 1.95123 | 3.70488 | 4.33865 | 2.66935 |
| 1.96401 | 4.50587 | 1.28367 | 4.02908 | 1.08001 | 4.86510 | 3.74129 | 2.34013 | 1.78742 | 4.15212 |
| 4.81908 | 1.44684 | 4.47325 | 2.12201 | 1.93652 | 2.25753 | 4.25459 | 3.11624 | 4.64493 | 3.31302 |
| 2.11023 | 4.52491 | 2.65462 | 3.86836 | 4.58482 | 3.97488 | 3.91100 | 2.07712 | 1.14157 | 2.15659 |
| 1.40292 | 4.42270 | 1.79204 | 4.05178 | 2.65154 | 2.81380 | 1.86968 | 3.07552 | 3.31623 | 4.12368 |
| 3.68707 | 4.28501 | 1.20940 | 2.48208 | 2.36188 | 2.42847 | 1.02765 | 2.31736 | 2.81067 | 3.56933 |
| 4.75935 | 4.71010 | 3.56257 | 1.66278 | 3.66185 | 3.77176 | 2.63887 | 1.21644 | 3.97450 | 2.50841 |
| 3.02069 | 3.47235 | 3.66301 | 3.82304 | 3.40543 | 3.49106 | 3.76764 | 4.49597 | 2.47042 | 2.82377 |
| 3.35506 | 3.23822 | 3.26701 | 3.56698 | 3.45578 | 4.60823 | 3.08491 | 2.36952 | 3.84338 | 3.29891 |
| 1.31730 | 1.01583 | 1.93844 | 1.23506 | 2.04345 | 3.83865 | 2.42030 | 1.06687 | 2.72820 | 2.58106 |
| 4.92277 | 2.48321 | 2.37840 | 1.44650 | 1.87803 | 1.50820 | 1.19504 | 1.53912 | 3.02258 | 1.66717 |
| 2.05610 | 3.59636 | 1.11950 | 1.63308 | 3.93154 | 3.50915 | 2.01284 | 1.34883 | 4.88234 | 2.20411 |
| 3.34684 | 4.60970 | 2.81798 | 4.34640 | 2.71090 | 1.48328 | 4.12771 | 3.50736 | 3.28723 | 3.31746 |

Отсортированная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.01120 | 1.01583 | 1.02765 | 1.06687 | 1.08001 | 1.08421 | 1.11950 | 1.14157 | 1.19504 | 1.20563 |
| 1.20940 | 1.21644 | 1.23506 | 1.25415 | 1.26149 | 1.28367 | 1.31730 | 1.32570 | 1.33765 | 1.34883 |
| 1.40292 | 1.44650 | 1.44684 | 1.45140 | 1.48328 | 1.49402 | 1.50820 | 1.51256 | 1.53912 | 1.55198 |
| 1.63308 | 1.66278 | 1.66717 | 1.67440 | 1.71602 | 1.75987 | 1.76374 | 1.77332 | 1.77749 | 1.78742 |
| 1.79204 | 1.82302 | 1.86968 | 1.87803 | 1.93652 | 1.93844 | 1.95123 | 1.96401 | 1.97677 | 1.98526 |
| 1.99505 | 2.01284 | 2.04345 | 2.05610 | 2.07712 | 2.09143 | 2.11023 | 2.12201 | 2.15659 | 2.15976 |
| 2.20411 | 2.25753 | 2.26005 | 2.31736 | 2.32820 | 2.33043 | 2.33728 | 2.34013 | 2.36188 | 2.36952 |
| 2.37840 | 2.42030 | 2.42847 | 2.46480 | 2.47042 | 2.48208 | 2.48321 | 2.50072 | 2.50841 | 2.57739 |
| 2.58086 | 2.58106 | 2.62750 | 2.63887 | 2.65154 | 2.65462 | 2.65818 | 2.66935 | 2.71090 | 2.72820 |
| 2.74141 | 2.79035 | 2.81067 | 2.81380 | 2.81798 | 2.82377 | 2.89411 | 2.91435 | 2.92503 | 2.94380 |
| 2.95210 | 3.00644 | 3.02069 | 3.02258 | 3.07552 | 3.08491 | 3.11624 | 3.15236 | 3.15310 | 3.16140 |
| 3.20591 | 3.23822 | 3.26701 | 3.28723 | 3.29891 | 3.31302 | 3.31623 | 3.31746 | 3.33193 | 3.34684 |
| 3.35506 | 3.36143 | 3.36261 | 3.40543 | 3.45578 | 3.47235 | 3.48820 | 3.49106 | 3.49302 | 3.50736 |
| 3.50915 | 3.51687 | 3.52446 | 3.53073 | 3.53987 | 3.56257 | 3.56698 | 3.56933 | 3.59636 | 3.64025 |
| 3.64088 | 3.66185 | 3.66301 | 3.66604 | 3.68707 | 3.70488 | 3.74129 | 3.76764 | 3.77176 | 3.82304 |
| 3.83865 | 3.84338 | 3.86404 | 3.86461 | 3.86836 | 3.91100 | 3.93154 | 3.96520 | 3.97450 | 3.97488 |
| 4.01822 | 4.02908 | 4.05063 | 4.05178 | 4.06175 | 4.12368 | 4.12771 | 4.15212 | 4.24435 | 4.25455 |
| 4.25459 | 4.27638 | 4.28501 | 4.29228 | 4.32828 | 4.33865 | 4.34640 | 4.42270 | 4.47325 | 4.49597 |
| 4.50587 | 4.52491 | 4.58482 | 4.60823 | 4.60970 | 4.63188 | 4.63660 | 4.64493 | 4.71010 | 4.71199 |
| 4.74236 | 4.74328 | 4.75935 | 4.81908 | 4.85133 | 4.85472 | 4.86510 | 4.88234 | 4.92277 | 4.94871 |

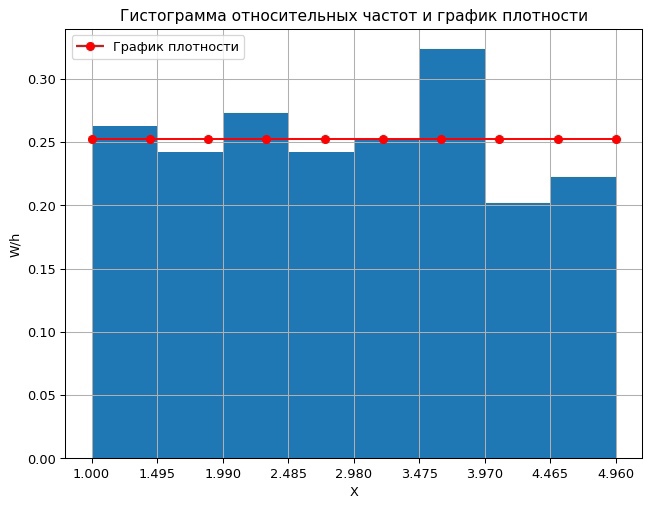
### Интервальный ряд

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Интервалы |  |  |
| [1.00000, 1.49500] | 26 | 0.13000 |
| (1.49500, 1.99000] | 24 | 0.12000 |
| (1.99000, 2.48500] | 27 | 0.13500 |
| (2.48500, 2.98000] | 24 | 0.12000 |
| (2.98000, 3.47500] | 25 | 0.12500 |
| (3.47500, 3.97000] | 32 | 0.16000 |
| (3.97000, 4.46500] | 20 | 0.10000 |
| (4.46500, 4.96000] | 22 | 0.11000 |
|  | 200 | 1.00000 |

### Вычисление

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| k |  |  |  |  |
| 0 | 1.00000 | 0.25253 | 0.00000 | - |
| 1 | 1.49500 | 0.25253 | 0.12500 | 0.12500 |
| 2 | 1.99000 | 0.25253 | 0.25000 | 0.12500 |
| 3 | 2.48500 | 0.25253 | 0.37500 | 0.12500 |
| 4 | 2.98000 | 0.25253 | 0.50000 | 0.12500 |
| 5 | 3.47500 | 0.25253 | 0.62500 | 0.12500 |
| 6 | 3.97000 | 0.25253 | 0.75000 | 0.12500 |
| 7 | 4.46500 | 0.25253 | 0.87500 | 0.12500 |
| 8 | 4.96000 | 0.25253 | 1.00000 | 0.12500 |
|  |  |  |  | 1.00000 |

Гистограмма относительных частот и график плотности



### Вычисление выборочного значения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| k | Интервалы |  |  |  |  |
| 1 | [1.00000, 1.49500] | 0.13000 | 0.12500 | 0.00500 | 0.04000 |
| 2 | (1.49500, 1.99000] | 0.12000 | 0.12500 | 0.00500 | 0.04000 |
| 3 | (1.99000, 2.48500] | 0.13500 | 0.12500 | 0.01000 | 0.16000 |
| 4 | (2.48500, 2.98000] | 0.12000 | 0.12500 | 0.00500 | 0.04000 |
| 5 | (2.98000, 3.47500] | 0.12500 | 0.12500 | 0.00000 | 0.00000 |
| 6 | (3.47500, 3.97000] | 0.16000 | 0.12500 | 0.03500 | 1.96000 |
| 7 | (3.97000, 4.46500] | 0.10000 | 0.12500 | 0.02500 | 1.00000 |
| 8 | (4.46500, 4.96000] | 0.11000 | 0.12500 | 0.01500 | 0.36000 |
|  |  | 1.00000 | 1.00000 | 0.03500 | 3.60000 |

### Вывод о справедливости гипотезы

Количество степеней свободы .

Уровень значимости .

Тогда критическое значение .

Так как , можно заключить, что гипотеза не   
противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

## Задание 4. Проверка гипотезы о равномерном распределении с помощью критерия Колмогорова

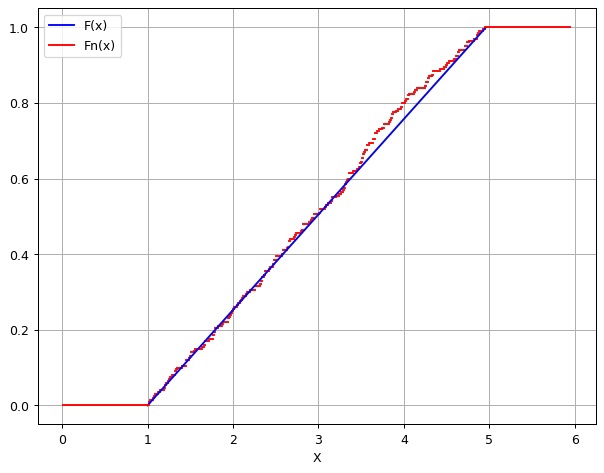
Исходная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3.51687 | 4.05063 | 1.77749 | 4.74328 | 2.33043 | 2.95210 | 4.24435 | 3.66604 | 4.06175 | 2.62750 |
| 3.64088 | 3.36143 | 1.99505 | 1.82302 | 1.75987 | 3.96520 | 3.00644 | 1.26149 | 3.53987 | 2.91435 |
| 2.89411 | 1.98526 | 3.16140 | 4.27638 | 4.85133 | 3.52446 | 4.94871 | 4.25455 | 1.77332 | 4.01822 |
| 3.86461 | 2.09143 | 2.94380 | 3.36261 | 4.32828 | 3.53073 | 2.74141 | 4.85472 | 3.33193 | 3.48820 |
| 2.92503 | 1.51256 | 4.71199 | 1.49402 | 1.76374 | 4.63188 | 1.97677 | 3.15310 | 2.32820 | 1.55198 |
| 1.32570 | 3.86404 | 4.63660 | 1.01120 | 2.65818 | 1.45140 | 1.33765 | 2.26005 | 1.08421 | 1.71602 |
| 4.29228 | 3.15236 | 2.50072 | 3.64025 | 2.15976 | 1.67440 | 4.74236 | 2.58086 | 1.20563 | 2.46480 |
| 2.33728 | 3.49302 | 2.79035 | 2.57739 | 3.20591 | 1.25415 | 1.95123 | 3.70488 | 4.33865 | 2.66935 |
| 1.96401 | 4.50587 | 1.28367 | 4.02908 | 1.08001 | 4.86510 | 3.74129 | 2.34013 | 1.78742 | 4.15212 |
| 4.81908 | 1.44684 | 4.47325 | 2.12201 | 1.93652 | 2.25753 | 4.25459 | 3.11624 | 4.64493 | 3.31302 |
| 2.11023 | 4.52491 | 2.65462 | 3.86836 | 4.58482 | 3.97488 | 3.91100 | 2.07712 | 1.14157 | 2.15659 |
| 1.40292 | 4.42270 | 1.79204 | 4.05178 | 2.65154 | 2.81380 | 1.86968 | 3.07552 | 3.31623 | 4.12368 |
| 3.68707 | 4.28501 | 1.20940 | 2.48208 | 2.36188 | 2.42847 | 1.02765 | 2.31736 | 2.81067 | 3.56933 |
| 4.75935 | 4.71010 | 3.56257 | 1.66278 | 3.66185 | 3.77176 | 2.63887 | 1.21644 | 3.97450 | 2.50841 |
| 3.02069 | 3.47235 | 3.66301 | 3.82304 | 3.40543 | 3.49106 | 3.76764 | 4.49597 | 2.47042 | 2.82377 |
| 3.35506 | 3.23822 | 3.26701 | 3.56698 | 3.45578 | 4.60823 | 3.08491 | 2.36952 | 3.84338 | 3.29891 |
| 1.31730 | 1.01583 | 1.93844 | 1.23506 | 2.04345 | 3.83865 | 2.42030 | 1.06687 | 2.72820 | 2.58106 |
| 4.92277 | 2.48321 | 2.37840 | 1.44650 | 1.87803 | 1.50820 | 1.19504 | 1.53912 | 3.02258 | 1.66717 |
| 2.05610 | 3.59636 | 1.11950 | 1.63308 | 3.93154 | 3.50915 | 2.01284 | 1.34883 | 4.88234 | 2.20411 |
| 3.34684 | 4.60970 | 2.81798 | 4.34640 | 2.71090 | 1.48328 | 4.12771 | 3.50736 | 3.28723 | 3.31746 |

Отсортированная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1.01120 | 1.01583 | 1.02765 | 1.06687 | 1.08001 | 1.08421 | 1.11950 | 1.14157 | 1.19504 | 1.20563 |
| 1.20940 | 1.21644 | 1.23506 | 1.25415 | 1.26149 | 1.28367 | 1.31730 | 1.32570 | 1.33765 | 1.34883 |
| 1.40292 | 1.44650 | 1.44684 | 1.45140 | 1.48328 | 1.49402 | 1.50820 | 1.51256 | 1.53912 | 1.55198 |
| 1.63308 | 1.66278 | 1.66717 | 1.67440 | 1.71602 | 1.75987 | 1.76374 | 1.77332 | 1.77749 | 1.78742 |
| 1.79204 | 1.82302 | 1.86968 | 1.87803 | 1.93652 | 1.93844 | 1.95123 | 1.96401 | 1.97677 | 1.98526 |
| 1.99505 | 2.01284 | 2.04345 | 2.05610 | 2.07712 | 2.09143 | 2.11023 | 2.12201 | 2.15659 | 2.15976 |
| 2.20411 | 2.25753 | 2.26005 | 2.31736 | 2.32820 | 2.33043 | 2.33728 | 2.34013 | 2.36188 | 2.36952 |
| 2.37840 | 2.42030 | 2.42847 | 2.46480 | 2.47042 | 2.48208 | 2.48321 | 2.50072 | 2.50841 | 2.57739 |
| 2.58086 | 2.58106 | 2.62750 | 2.63887 | 2.65154 | 2.65462 | 2.65818 | 2.66935 | 2.71090 | 2.72820 |
| 2.74141 | 2.79035 | 2.81067 | 2.81380 | 2.81798 | 2.82377 | 2.89411 | 2.91435 | 2.92503 | 2.94380 |
| 2.95210 | 3.00644 | 3.02069 | 3.02258 | 3.07552 | 3.08491 | 3.11624 | 3.15236 | 3.15310 | 3.16140 |
| 3.20591 | 3.23822 | 3.26701 | 3.28723 | 3.29891 | 3.31302 | 3.31623 | 3.31746 | 3.33193 | 3.34684 |
| 3.35506 | 3.36143 | 3.36261 | 3.40543 | 3.45578 | 3.47235 | 3.48820 | 3.49106 | 3.49302 | 3.50736 |
| 3.50915 | 3.51687 | 3.52446 | 3.53073 | 3.53987 | 3.56257 | 3.56698 | 3.56933 | 3.59636 | 3.64025 |
| 3.64088 | 3.66185 | 3.66301 | 3.66604 | 3.68707 | 3.70488 | 3.74129 | 3.76764 | 3.77176 | 3.82304 |
| 3.83865 | 3.84338 | 3.86404 | 3.86461 | 3.86836 | 3.91100 | 3.93154 | 3.96520 | 3.97450 | 3.97488 |
| 4.01822 | 4.02908 | 4.05063 | 4.05178 | 4.06175 | 4.12368 | 4.12771 | 4.15212 | 4.24435 | 4.25455 |
| 4.25459 | 4.27638 | 4.28501 | 4.29228 | 4.32828 | 4.33865 | 4.34640 | 4.42270 | 4.47325 | 4.49597 |
| 4.50587 | 4.52491 | 4.58482 | 4.60823 | 4.60970 | 4.63188 | 4.63660 | 4.64493 | 4.71010 | 4.71199 |
| 4.74236 | 4.74328 | 4.75935 | 4.81908 | 4.85133 | 4.85472 | 4.86510 | 4.88234 | 4.92277 | 4.94871 |

Графики функции распределения и эмпирической функции распределения



### Вычисление выборочного значения критерия Колмогорова

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00 | 4.96 | 200 | 0.05183 | 0.73299 | 4.06175 | 0.77317 | 0.82500 | 0.82000 |

### Вывод о справедливости гипотезы

Уровень значимости .

Тогда критическое значение 1.36.

Так как 0.73299 < , можно заключить, что гипотеза не противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

## Задание 5. Проверка гипотезы о показательном распределении с помощью критерия Колмогорова

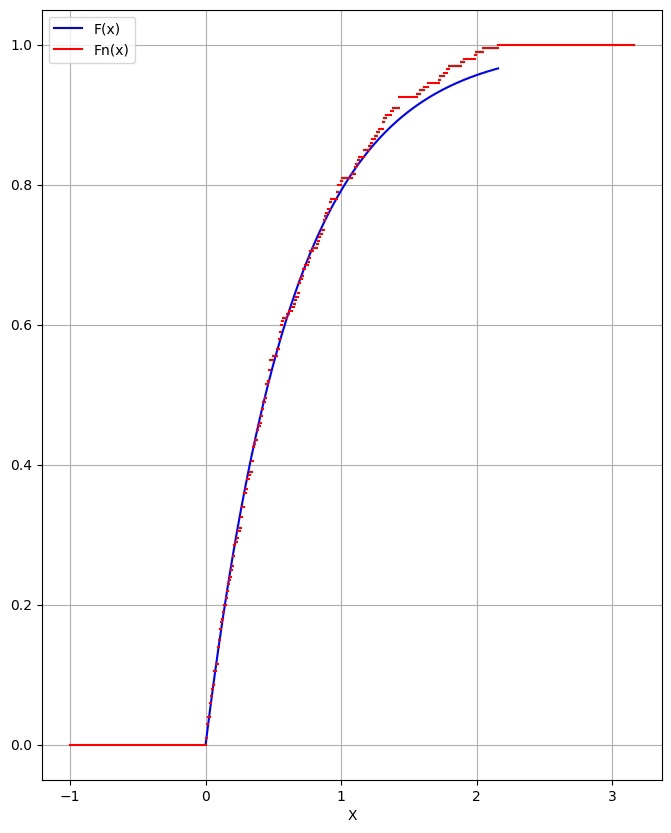
Исходная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.03831 | 1.99390 | 1.75749 | 0.83132 | 0.44368 | 0.92487 | 0.01263 | 0.32409 | 1.36699 | 1.32663 |
| 2.15643 | 0.52915 | 0.00737 | 0.26019 | 0.20124 | 0.88694 | 0.09084 | 0.77248 | 0.28064 | 0.26812 |
| 0.73200 | 0.30424 | 0.00371 | 0.35170 | 0.43808 | 0.10628 | 0.97063 | 0.38108 | 0.13054 | 0.34366 |
| 0.41922 | 0.46499 | 0.20760 | 1.10989 | 0.23086 | 0.84005 | 0.08871 | 0.03526 | 1.42745 | 0.23672 |
| 0.54857 | 1.10164 | 0.19357 | 0.06395 | 0.68851 | 0.34886 | 1.58309 | 0.05896 | 0.33996 | 0.99490 |
| 0.52592 | 0.17315 | 0.54793 | 1.00859 | 0.42576 | 0.11374 | 0.38735 | 0.01057 | 0.28409 | 0.14969 |
| 1.63989 | 0.34595 | 0.28163 | 0.20084 | 0.36342 | 0.06039 | 1.08274 | 0.44348 | 0.59810 | 0.66873 |
| 0.97575 | 0.41090 | 0.08915 | 1.73129 | 0.28644 | 1.98440 | 0.32187 | 0.90052 | 0.45991 | 0.61350 |
| 0.21214 | 1.13386 | 1.42397 | 0.38005 | 0.33967 | 0.23907 | 0.65843 | 0.76727 | 0.16748 | 1.56087 |
| 0.18316 | 0.09041 | 1.60720 | 0.00024 | 0.10570 | 0.69568 | 0.01388 | 0.47348 | 0.75855 | 0.14924 |
| 0.15587 | 0.16766 | 0.53969 | 1.30469 | 1.12332 | 0.13048 | 0.30017 | 0.20918 | 0.30433 | 0.97278 |
| 0.26298 | 0.13318 | 0.03061 | 0.54104 | 0.04858 | 1.88315 | 1.30634 | 0.04419 | 0.37900 | 0.07483 |
| 1.25092 | 0.09856 | 0.02994 | 0.21810 | 1.42696 | 0.07844 | 0.76243 | 0.30648 | 0.26714 | 0.09175 |
| 0.47156 | 0.41122 | 0.41561 | 0.54057 | 0.86016 | 0.56421 | 0.83278 | 0.02004 | 0.55392 | 0.68775 |
| 0.26543 | 0.49556 | 0.03004 | 0.79407 | 0.18561 | 1.90278 | 0.19037 | 0.71683 | 2.04619 | 0.63442 |
| 0.06190 | 1.23059 | 0.04073 | 1.31419 | 1.10329 | 0.87922 | 0.46522 | 0.11748 | 0.42102 | 0.65062 |
| 0.87369 | 0.05259 | 0.68768 | 1.20483 | 0.46858 | 0.44509 | 1.26266 | 1.79317 | 0.34793 | 0.40176 |
| 0.10728 | 0.25320 | 0.35451 | 0.91385 | 0.55921 | 0.82112 | 0.02045 | 1.21651 | 0.57319 | 0.44340 |
| 0.92084 | 0.15479 | 0.96792 | 1.38229 | 0.87666 | 0.68033 | 1.16781 | 0.71739 | 0.09969 | 1.28052 |
| 0.87330 | 0.47276 | 1.77974 | 1.16630 | 0.26036 | 0.11399 | 1.72279 | 0.13832 | 0.19858 | 0.70776 |

Отсортированная выборка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.00024 | 0.00371 | 0.00737 | 0.01057 | 0.01263 | 0.01388 | 0.02004 | 0.02045 | 0.02994 | 0.03004 |
| 0.03061 | 0.03526 | 0.03831 | 0.04073 | 0.04419 | 0.04858 | 0.05259 | 0.05896 | 0.06039 | 0.06190 |
| 0.06395 | 0.07483 | 0.07844 | 0.08871 | 0.08915 | 0.09041 | 0.09084 | 0.09175 | 0.09856 | 0.09969 |
| 0.10570 | 0.10628 | 0.10728 | 0.11374 | 0.11399 | 0.11748 | 0.13048 | 0.13054 | 0.13318 | 0.13832 |
| 0.14924 | 0.14969 | 0.15479 | 0.15587 | 0.16748 | 0.16766 | 0.17315 | 0.18316 | 0.18561 | 0.19037 |
| 0.19357 | 0.19858 | 0.20084 | 0.20124 | 0.20760 | 0.20918 | 0.21214 | 0.21810 | 0.23086 | 0.23672 |
| 0.23907 | 0.25320 | 0.26019 | 0.26036 | 0.26298 | 0.26543 | 0.26714 | 0.26812 | 0.28064 | 0.28163 |
| 0.28409 | 0.28644 | 0.30017 | 0.30424 | 0.30433 | 0.30648 | 0.32187 | 0.32409 | 0.33967 | 0.33996 |
| 0.34366 | 0.34595 | 0.34793 | 0.34886 | 0.35170 | 0.35451 | 0.36342 | 0.37900 | 0.38005 | 0.38108 |
| 0.38735 | 0.40176 | 0.41090 | 0.41122 | 0.41561 | 0.41922 | 0.42102 | 0.42576 | 0.43808 | 0.44340 |
| 0.44348 | 0.44368 | 0.44509 | 0.45991 | 0.46499 | 0.46522 | 0.46858 | 0.47156 | 0.47276 | 0.47348 |
| 0.49556 | 0.52592 | 0.52915 | 0.53969 | 0.54057 | 0.54104 | 0.54793 | 0.54857 | 0.55392 | 0.55921 |
| 0.56421 | 0.57319 | 0.59810 | 0.61350 | 0.63442 | 0.65062 | 0.65843 | 0.66873 | 0.68033 | 0.68768 |
| 0.68775 | 0.68851 | 0.69568 | 0.70776 | 0.71683 | 0.71739 | 0.73200 | 0.75855 | 0.76243 | 0.76727 |
| 0.77248 | 0.79407 | 0.82112 | 0.83132 | 0.83278 | 0.84005 | 0.86016 | 0.87330 | 0.87369 | 0.87666 |
| 0.87922 | 0.88694 | 0.90052 | 0.91385 | 0.92084 | 0.92487 | 0.96792 | 0.97063 | 0.97278 | 0.97575 |
| 0.99490 | 1.00859 | 1.08274 | 1.10164 | 1.10329 | 1.10989 | 1.12332 | 1.13386 | 1.16630 | 1.16781 |
| 1.20483 | 1.21651 | 1.23059 | 1.25092 | 1.26266 | 1.28052 | 1.30469 | 1.30634 | 1.31419 | 1.32663 |
| 1.36699 | 1.38229 | 1.42397 | 1.42696 | 1.42745 | 1.56087 | 1.58309 | 1.60720 | 1.63989 | 1.72279 |
| 1.73129 | 1.75749 | 1.77974 | 1.79317 | 1.88315 | 1.90278 | 1.98440 | 1.99390 | 2.04619 | 2.15643 |

### Графики функции распределения и эмпирической функции распределения



### Вычисление выборочного значения критерия Колмогорова

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 2.15643 | 200 | 0.035255 | 0.49858 | 2.04619 | 0.95974 | 0.99500 | 0.99000 |

### Вывод о справедливости гипотезы

Уровень значимости .

Тогда критическое значение 1.36.

Так как 0.49858 < , то мы можем заключить, что гипотеза не противоречит экспериментальным данным при уровне значимости .

# Список литературы

1. Математическая статистика [Электронный ресурс]: метод. указания по выполнению лаб. работ / А.А. Лобузов — М.: МИРЭА, 2017.
2. Боровков А.А. Математическая статистика. – СПб.: Лань, 2021.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Юрайт, 2020.
4. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Юрайт, 2020.
5. Кибзун А.И., Горяинова Е.Р., Наумов А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачам. Учебное пособие – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
6. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика: для инженеров и научных работников – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
7. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей,

математической статистике и случайным процессам: учеб. пособие для вузов. – М.: Айрис-пресс, 2020.

# Приложение

|  |
| --- |
| **import** scipy **as** sp  **from** scipy **import** stats  **from** scipy**.**stats **import** norm  **from** scipy**.**stats **import** uniform  **import** numpy **as** np  **import** matplotlib**.**pyplot **as** plt  **from** matplotlib**.**pyplot **import** figure  **import** warnings  warnings**.**filterwarnings**(**'ignore'**)**  '''  def write\_numbers\_to\_file(input\_file, output\_file):  with open(input\_file, 'r') as file:  numbers = file.read().replace('\n', '').split()    with open(output\_file, 'w') as file:  for num in numbers:  file.write(num + '\n')  input\_file = 'u38.txt'  output\_file = 'output.txt'  write\_numbers\_to\_file(input\_file, output\_file)  def sort\_numbers\_in\_file(input\_file, output\_file):  with open(input\_file, 'r') as file:  lines = file.readlines()    numbers = []  for line in lines:  line\_numbers = line.strip().split()  numbers.extend(line\_numbers)    sorted\_numbers = sorted(numbers, key=float)    with open(output\_file, 'w') as file:  for i, num in enumerate(sorted\_numbers):  file.write(num)  if (i + 1) % 1 == 0:  file.write('\n')  elif i < len(sorted\_numbers) - 1:  file.write(' ')  input\_file = 'u38.txt'  output\_file = 'output1.txt'  sort\_numbers\_in\_file(input\_file, output\_file)  '''  #Проверка статистических гипотез с помощью критерия хи^2 и критерия Колмогорова  n **=** 10  N **=** 200  V **=** 14  **def** get\_ni**(**data**):**  myDict**={}**  **for** x **in** data**:**  **if** x **in** myDict**:**  myDict**[**x**]+=**1  **else:**  myDict**[**x**]=**1  **return** myDict  color**=**'c'  **def** get\_wi**(**data**):**  W**={}**  **for** xi**,** ni **in** data**.**items**():**  W**[**xi**]=round(**ni**/**N**,** 5**)**  **return** W  **def** get\_si**(**W**):**  S**={}**  s**=**0  **for** xi**,** wi **in** W**.**items**():**  s**+=**wi  S**[**xi**]=round(**s**,**5**)**  **return** S  **def** get\_lists**(**W**,** N**):**  xlist**,** wlist**,** nlist**=[],** **[],** **[]**  **for** xi**,** wi **in** W**.**items**():**  xlist**.**append**(**xi**)**  wlist**.**append**(**wi**)**  nlist**.**append**(**N**[**xi**])**  **return** np**.**array**(**xlist**),**np**.**array**(**wlist**),** np**.**array**(**nlist**)**  **def** printStRyad**(**xlist**,**nlist**,** wlist**):**  **print(**"\nСтатист. ряд"**)**  **print(**"xi\tni\twi"**)**  **for** i **in** **range(len(**xlist**)):**  **print(**f"{xlist**[**i**]**}\t{nlist**[**i**]**}\t{wlist**[**i**]**}"**)**  **print(**"Сумма {0} {1} "**.format(**nlist**.sum(),** wlist**.sum().round(**5**)))**    **def** draw\_polygons**(**Xlist**,** Wlist**,** plist**):**  figure**(**figsize**=(**8**,** 6**),** dpi**=**90**)**  plt**.**xlabel**(**"X"**)**  plt**.**ylabel**(**"W|P"**)**  plt**.**plot**(**Xlist**,** Wlist**,** marker**=**'o'**,** color**=**'r'**,** label**=**'Полигон отн. частот'**)**  plt**.**plot**(**Xlist**,** plist**,** marker **=**'o'**,** color **=** 'b'**,** label**=**'Полигон теор. вероятностей'**)**  plt**.**grid**(**color**=**color**,** linestyle**=**'-'**,** linewidth**=**0.3**)**  plt**.**legend**()**  plt**.**show**()**    **def** getMean**(**Xlist**,** Wlist**):**  **return** **round((**Xlist **\*** Wlist**).sum(),**5**)**  **def** getDisp**(**Xlist**,** Wlist**,** mean**,** h**):**  **return** **round(((**Xlist**-**mean**)\*\***2 **\*** Wlist**).sum()** **,**5**)**  **def** getSigma**(**D**):**  sigma**=**D**\*\***0.5  **return** **round(**sigma**,** 5**)**  **def** printIntRyad**(**Alist**,** Nlist**,** Wlist**):**  **print(**"Интервальный ряд:\n"**)**  **for** i **in** **range(**1**,** **len(**Alist**)):**  **print(**"({0},{1}]\t{2}\t{3:1.3f}"**.format(**Alist**[**i**-**1**],** Alist**[**i**],** Nlist**[**i**-**1**],** Wlist**[**i**-**1**]))**  **print(**"Сумма:\t{0}\t{1}"**.format(**Nlist**.sum(),** Wlist**.sum()))**  **def** table1**(**Xlist**,** Wlist**,** Plist**):**  **print(**"\nСравнение wi и pi:"**)**  **print(**"Xi\twi\tpi\t|wi-pi|\tN(w-p)^2/p"**)**  absD**=**np**.**zeros**(len(**Plist**))**  # Wlist=np.array(newWlist)  Xi **=** **(**N**\*(**Wlist**-**Plist**)\*\***2 **/** **(**Plist**)).round(**5**)**  absD**=(**np**.abs(**Wlist**-**Plist**)).round(**5**)**  **for** i **in** **range(len(**Plist**)):**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**Xlist**[**i**],** Wlist**[**i**],** Plist**[**i**],** absD**[**i**],** Xi**[**i**]))**    res**=**Xi**.sum().round(**5**)**  **print(**"\t{0}\t{1}\t{2}"**.format(**Wlist**.sum().round(**5**),** **round(**Plist**.sum(),** 5**),** absD**.max()),**res**)**  **return** **len(**Plist**),** res  **def** getLists**(**Data**,** Type**=**"Norm"**,** a**=None,** b**=None):**  N**=len(**Data**)**  m**=**1 **+** **int(**np**.**log2**(**N**))**    a0**=**Data**[**0**]**  aM**=**Data**[-**1**]**    **if** Type **==** "Norm"**:**  a0**=**Data**[**0**]**  aM**=**Data**[-**1**]**  **elif** Type **==** "Expon"**:**  a0**,** aM**=**0**,**Data**[-**1**]**  **else:**  a0**,** aM**=**a**,** b  h**=round((**aM**-**a0**)/**m**,**5**)**  Alist**=[]**  ai**=**a0  **while** ai **<=** aM**+**0.0001**:**  Alist**.**append**(round(**ai**,**5**))**  ai**+=**h  Alist**[-**1**]=**aM    Nlist**=**np**.**zeros**(len(**Alist**)-**1**,** dtype**=**np**.**int64**)**  i**,**j**=**0**,**1  **try:**  k**=**0  **while** k **<** **len(**Data**):**  num**=**Data**[**k**]**  **if** num **>** Alist**[**j**-**1**]** **-** 0.0001 **and** num **<=** Alist**[**j**]+**0.0001**:**  Nlist**[**i**]+=**1  **else:**  j**+=**1  i**+=**1  k**-=**1  k**+=**1  **except:**  **print(**Alist**)**  **print(**k**,** j**,** i**)**  # if num > Alist[j-1] and num <= Alist[j]+0.0001:  # Nlist[i]+=1    Wlist**=**np**.round(**Nlist**/**N**,**5**)**    Xlist**=**np**.**zeros**(len(**Alist**)-**1**)**  **for** i **in** **range(**1**,len(**Alist**)):**  Xlist**[**i**-**1**]=round((**Alist**[**i**-**1**]** **+** Alist**[**i**])/**2**,**5**)**    **return** Alist**,** Nlist**,**Wlist**,** Xlist**,** h  **def** plotHist**(**Data**,** Alist**,** xlist**,** ylist**):**  plt**.**figure**(**figsize**=(**8**,** 6**),** dpi**=**93**)**  plt**.**hist**(**Data**,** bins **=** Alist**,** density**=True)**  plt**.**xlabel**(**'X'**)**  plt**.**ylabel**(**'W/h'**)**  plt**.**title**(**'�"истограмма относительных частот и график плотности'**)**  plt**.**plot**(**xlist**,** ylist**,** marker **=**'o'**,** color **=** 'r'**,** label**=**'�"рафик плотности'**)**  plt**.**xticks**(**Alist**)**  plt**.**legend**()**  plt**.**grid**(True)**  plt**.**show**()**  **def** Table2**(**Alist**,** Wlist**,** Plist**):**  **print(**"\nТаблица"**)**  Xi**=(**N**\*(**Wlist**-**Plist**)\*\***2**/**Plist**).round(**5**)**  absD**=**np**.abs(**Wlist**-**Plist**).round(**5**)**  **for** i **in** **range(**1**,** **len(**Alist**)):**  **print(**"{0}\t({1},{2}]\t{3}\t{4}\t{5}\t{6}"**.format(**i**,** Alist**[**i**-**1**],** Alist**[**i**],** Wlist**[**i**-**1**],** Plist**[**i**-**1**],**absD**[**i**-**1**],** Xi**[**i**-**1**]))**    res**=**Xi**.sum().round(**5**)**  **print(**"\t\t\t\t{0}\t{1}\t{2}\t{3}"**.format(round(**Wlist**.sum(),**5**),** **round(**Plist**.sum(),**5**),** absD**.max(),** res**))**    **return** **len(**Plist**),** res  **def** f**(**x**,** L**):**  **return** **round(**L**\*** np**.**exp**(-**L**\***x**),** 5**)**    **def** F**(**x**,** L**):**  **return** **round(**1**-**np**.**exp**(-**L**\***x**),** 5**)**  **def** exponTable1**(**alist**,** l**):**  **print(**"\nk\ta\tf(a, l)\tF(a,l)\tp\*"**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**0**,**0**,** f**(**0**,**l**),** 0**,** '-'**))**  plist**=**np**.**zeros**(len(**alist**)-**1**,** **float)**  flist**=**np**.**array**([**f**(**a**,** l**)** **for** a **in** alist **])**  Flist**=[**F**(**a**,** l**)** **for** a **in** alist **]**  **for** i **in** **range(**1**,len(**alist**)-**1**):**  plist**[**i**-**1**]=round(**Flist**[**i**]-**Flist**[**i**-**1**],** 5**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** flist**[**i**],** Flist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**    i**=len(**alist**)-**1  plist**[**i**-**1**]=round(**1**-**Flist**[**i**-**1**],** 5**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** flist**[**i**],** Flist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**    **print(**"\t\t\t\t{0}"**.format(**plist**.sum().round(**5**)))**  **return** plist  **with** **open(**'expon.txt'**,** 'r'**)** **as** file**:**  expon\_data **=** np**.**array**([float(**row**.**strip**())** **for** row **in** file**])**    **with** **open(**'expon\_unsorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** expon\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  expon\_data**.**sort**()**  **with** **open(**'expon\_sorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** expon\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  exponAlist**,** exponNlist**,** exponWlist**,** exponXlist**,** h**=**getLists**(**expon\_data**,** Type**=**"Expon"**)**  Mean**=**getMean**(**exponXlist**,** exponWlist**)**  L **=** **round(**1**/**Mean**,** 5**)**  printIntRyad**(**exponAlist**,** exponNlist**,** exponWlist**)**  **print(**Mean**,** "\nОценка лямбда L = "**,** L**)**  exponPlist **=**exponTable1**(**exponAlist**,** L**)**  xlist **=** np**.**linspace**(**exponAlist**[**0**],** exponAlist**[-**1**],** 30**)**  ylist **=** np**.**array**([**f**(**x**,** L**)** **for** x **in** xlist**])**  plotHist**(**expon\_data**,** exponAlist**,** xlist**,** ylist**)**  exponM**,** exponXi**=**Table2**(**exponAlist**,** exponWlist**,** exponPlist**)**  **print(**"\n�'ыборочное Xi^2"**,** exponXi**)**  "�-адание 2 - проверка гипотезы о нормальном распределении"  **def** fi**(**x**,** a**,** sigma**):**  **return** 1**/(**2**\***np**.**pi**)\*\***0.5 **\***np**.**exp**(-**x**\*\***2**/**2**)**  **def** Fi**(**z**):**  **return** norm**.**cdf**(**z**)**  **def** normTable1**(**alist**,** a**,** sigma**):**  zlist**=**np**.**array**([(**ak**-**a**)/**sigma **for** ak **in** alist**]).round(**5**)**  filist**=**np**.**array**([**1**/**sigma**\***fi**(**z**,**a**,** sigma**)** **for** z **in** zlist**]).round(**5**)**  Filist**=**np**.**array**([**Fi**(**z**)** **for** z **in** zlist**]).round(**5**)**  **print(**"\nk\ta\tZ\t1/sigma\*fi(z)\tФ(z)\tp\*"**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}\t{5}"**.format(**0**,**alist**[**0**],** zlist**[**0**],** filist**[**0**],** Filist**[**0**],**'-'**))**  plist**=**np**.**zeros**(len(**alist**)-**1**,** **float)**  # print("Ответ:",round(Filist[0], 5))  **for** i **in** **range(**1**,len(**alist**)-**1**):**  plist**[**i**-**1**]=round(**Filist**[**i**]-**Filist**[**i**-**1**],** 5**)**  plist**[**0**]=**Filist**[**1**]**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}\t{5}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** zlist**[**i**],** filist**[**i**],** Filist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**  i**=len(**alist**)-**1  plist**[**i**-**1**]=round(**1**-**Filist**[**i**-**1**],** 5**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}\t{5}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** zlist**[**i**],** filist**[**i**],** Filist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**  **print(**"\t"**\***4**,** plist**.sum().round(**5**))**  **return** plist  **with** **open(**'norm.txt'**,** 'r'**)** **as** file**:**  norm\_data **=** np**.**array**([float(**row**.**strip**())** **for** row **in** file**])**  **with** **open(**'norm\_unsorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** norm\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  norm\_data**.**sort**()**  **with** **open(**'norm\_sorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** norm\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  normAlist**,** normNlist**,** normWlist**,** normXlist**,** h**=**getLists**(**norm\_data**)**  printIntRyad**(**normAlist**,** normNlist**,** normWlist**)**  Mean**=**getMean**(**normXlist**,** normWlist**)**  Disp**=**getDisp**(**normXlist**,** normWlist**,** Mean**,** h**)**  Sigma**=**getSigma**(**Disp**)**  a **=** Mean  **print(**"\na ="**,** a**,** "Sigma^2 ="**,** Disp **)**  normPlist**=**normTable1**(**normAlist**,** a**,** Sigma**)**  xlist**=**np**.**linspace**(**normAlist**[**0**],** normAlist**[-**1**],** 50**)**  ylist**=[**norm**.**pdf**(**x**,** loc**=**a**,** scale**=**Sigma**)** **for** x **in** xlist**]**  plotHist**(**norm\_data**,** normAlist**,**xlist**,**ylist**)**  normM**,** normXi**=**Table2**(**normAlist**,** normWlist**,** normPlist**)**  **print(**"\n�'ыборочное Xi^2"**,** normXi**)**  "�-адание 3 - проверка гипотезы о равномерном распределении"  **def** getUniformPlist**(**Alist**,** A**,** B**):**  P**=**np**.**zeros**(len(**Alist**)-**1**)**  **for** i **in** **range(**1**,** **len(**Alist**)):**  pi**=**uniform**.**cdf**(**Alist**[**i**],**loc**=**A**,** scale**=**B**-**A **)** **-** uniform**.**cdf**(**Alist**[**i**-**1**],** loc**=**A**,** scale**=**B**-**A**)**  P**[**i**-**1**]=**pi  **return** P**.round(**5**)**  **def** uniTable1**(**alist**,** a**,** b**):**  filist **=** np**.**array**([**1**/(**b**-**a**)** **for** i **in** alist**]).round(**5**)**  Filist **=** np**.**array**([(**ak**-**a**)/(**b**-**a**)** **for** ak **in** alist**]).round(**5**)**  **print(**"\nk\ta\tf\tF\tp\*"**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**0**,** alist**[**0**],** filist**[**0**],** Filist**[**0**],**'-'**))**    plist**=**np**.**zeros**(len(**alist**)-**1**,** **float)**  **for** i **in** **range(**1**,len(**alist**)-**1**):**  plist**[**i**-**1**]=round(**Filist**[**i**]-**Filist**[**i**-**1**],** 5**)**  plist**[**0**]=**Filist**[**1**]**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** filist**[**i**],** Filist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**    i**=len(**alist**)-**1  plist**[**i**-**1**]=round(**1**-**Filist**[**i**-**1**],** 5**)**  **print(**"{0}\t{1}\t{2}\t{3}\t{4}"**.format(**i**,** alist**[**i**],** filist**[**i**],** Filist**[**i**],** plist**[**i**-**1**]))**    **print(**"\t"**\***4**,** plist**.sum().round(**5**))**  **return** plist  A **=** 1.00  B **=** 4.96  **with** **open(**'uni.txt'**,** 'r'**)** **as** file**:**  uni\_data **=** np**.**array**([float(**row**.**strip**())** **for** row **in** file**])**  **with** **open(**'uni\_unsorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** uni\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  uni\_data**.**sort**()**  **with** **open(**'uni\_sorted.txt'**,**'w'**)** **as** file**:**  **for** row **in** uni\_data**.**reshape**(**20**,**10**):**  **for** x **in** row**:**  file**.**write**(str(**x**)+**"\t"**)**  file**.**write**(**"\n"**)**  uniAlist**,** uniNlist**,** uniWlist**,** uniXlist**,** h**=**getLists**(**uni\_data**,** Type**=**"uni"**,** a**=**A**,**b**=**B**)**  printIntRyad**(**uniAlist**,** uniNlist**,** uniWlist**)**  uniPlist**=**getUniformPlist**(**uniAlist**,**A**,**B**)**  uniM**,** uniXi**=**Table2**(**uniAlist**,** uniWlist**,** uniPlist**)**  unilist**=**uniTable1**(**uniAlist**,** A**,** B**)**  xlist**=**np**.**linspace**(**A**,**B**,**10**)**  ylist**=**np**.**zeros**(**10**)+**1**/(**B**-**A**)**  plotHist**(**uni\_data**,** uniAlist**,**xlist**,**ylist**)**  **print(**"\n�'ыборочное Xi^2"**,** uniXi**)**  "�-адание 4 - проверка гипотезы о равномерном распределении"  **def** plotF**(**X**,** xlist**,** ylist**):**  plt**.**figure**(**figsize**=(**8**,** 6**),** dpi**=**90**)**  **for** i **in** **range(**1**,** **len(**X**)):**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[**i**-**1**],** X**[**i**],**3**)**  yl**=**np**.**zeros**(**3**)+**i**/**N  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**)**    plt**.**plot**(**xlist**,** ylist**,** color**=**'b'**,** label**=**'F(x)'**)**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[**0**]-**1**,** X**[**0**],**3**)**  yl**=**np**.**zeros**(**3**)**  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**)**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[-**1**],** X**[-**1**]+**1**,**3**)**  yl**=**np**.**ones**(**3**)**  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**,** label**=**'Fn(x)'**)**  plt**.**xlabel**(**"X"**)**  plt**.**grid**(True)**  plt**.**legend**()**  plt**.**show**()**  xlist**=**np**.**linspace**(**A**,**B**,**20**)**  ylist**=**np**.**array**([(**x**-**A**)/(**B**-**A**)** **for** x **in** xlist**])**  plotF**(**uni\_data**,** xlist**,** ylist**)**  Fnlist**=**np**.**array**([**j**/**N **for** j **in** **range(**1**,** N**+**1**)])**  Fnlist0**=**np**.**array**([**j**/**N **for** j **in** **range(**0**,** N**)])**  Flist**=**np**.**array**([(**x**-**A**)/(**B**-**A**)** **for** x **in** uni\_data**])**  res1**=abs(**Fnlist**-**Flist**).round(**5**)**  res2**=abs(**Fnlist0**-**Flist**).round(**5**)**  j**=**res1**.**argmax**()**  Dn1**=round(max(**res1**.max(),** res2**.max()),**5**)**  x**=**uni\_data**[**j**]**  DnN1**=round(**Dn1 **\*** N**\*\***0.5**,** 5**)**  **print(**"�'ычисление выборочного значения"**)**  **print(**f"{A}\t{B}\t{N}\t{Dn1}\t{DnN1}\t{x}\t{**round((**x**-**A**)/(**B**-**A**),**5**)**}\t{**round((**j**+**1**)/**N**,**5**)**} \t{**round(**j**/**N**,**5**)**}"**)**  "�-адание 5 - проверка гипотезы о показательном распределении"  l **=** 1.57  **def** F**(**x**):**  **return** 1 **-** np**.**exp**(-**1.57 **\*** x**)**    **def** plotF**(**X**,** xlist**,** ylist**):**  plt**.**figure**(**figsize**=(**8**,** 10**),** dpi**=**100**)**  xll **=** np**.**linspace**(**0**,** **max(**X**),** 10000**)**  fs **=** **[**F**(**val**)** **for** val **in** xll**]**  plt**.**plot**(**xll**,** fs**,** color **=** 'b'**,** label **=** 'F(x)'**)**    **for** i **in** **range(**1**,** **len(**X**)):**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[**i**-**1**],** X**[**i**],**3**)**  yl**=**np**.**zeros**(**3**)+**i**/**N  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**)**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[**0**]-**1**,** X**[**0**],**3**)**  yl**=**np**.**zeros**(**3**)**  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**)**  xl**=**np**.**linspace**(**X**[-**1**],** X**[-**1**]+**1**,**3**)**  yl**=**np**.**ones**(**3**)**  plt**.**plot**(**xl**,** yl**,**color**=**'r'**,** label**=**'Fn(x)'**)**  plt**.**xlabel**(**"X"**)**  plt**.**grid**(True)**  plt**.**legend**()**  plt**.**show**()**  xlist**=**np**.**linspace**(**exponAlist**[**0**],** exponAlist**[-**1**],** 3**)**  ylist**=**np**.**array**([**f**(**x**,** L**)** **for** x **in** xlist**])**  plotF**(**expon\_data**,** xlist**,** ylist**)**  A **=** 0  B **=** 2.04619  Fnlist**=**np**.**array**([**j**/**N **for** j **in** **range(**1**,** N**+**1**)])**  Fnlist0**=**np**.**array**([**j**/**N **for** j **in** **range(**0**,** N**)])**  Flist**=**np**.**array**([**1 **-** np**.**exp**(-**l**\***x**)** **for** x **in** expon\_data**])**  res1**=abs(**Fnlist**-**Flist**).round(**5**)**  res2**=abs(**Fnlist0**-**Flist**).round(**5**)**  j**=**res1**.**argmax**()**  **print(**j**)**  Dn2**=round(max(**res1**.max(),** res2**.max()),**5**)**  x**=**expon\_data**[**j**]**  **print(**x**)**  DnN2**=round(**Dn2 **\*** N**\*\***0.5**,** 5**)**  **print(**"�'ычисление выборочного значения"**)**  **print(**f"{A}\t{B}\t{N}\t{Dn2}\t{DnN2}\t{x}\t{**round(**1 **-** np**.**exp**(-**l**\***x**),** 5**)**}\t{**round((**j**+**1**)/**N**,**5**)**} \t{**round(**j**/**N**,**5**)**}"**)**  **def** checkCriteria**():**  pCrit**=[**0**,** 3.8**,** 6.0**,** 7.8**,** 9.5**,** 11.1**,** 12.6**,** 14.1**,** 15.5**]**    l**=**exponM**-**2  **if** exponXi **<=** pCrit**[**l**]:**  **print(**"Показательное не противоречит"**)**  **else:**  **print(**"Показательное противоречит"**)**  **print(**"�'ыборочное:{0} l:{1} Критическое:{2}\n"**.format(**exponXi**,** l**,** pCrit**[**l**]))**    l**=**normM**-**3  **if** normXi **<=** pCrit**[**l**]:**  **print(**"Нормальное не противоречит"**)**  **else:**  **print(**"Нормальное противоречит"**)**  **print(**"�'ыборочное:{0} l:{1} Критическое:{2}\n"**.format(**normXi**,** l**,** pCrit**[**l**]))**    l**=**uniM**-**1  **if** uniXi **<=** pCrit**[**l**]:**  **print(**"Равномерное не противоречит"**)**  **else:**  **print(**"Равномерное противоречит"**)**  **print(**"�'ыборочное:{0} l:{1} Критическое:{2}\n"**.format(**uniXi**,** l**,** pCrit**[**l**]))**    **if** DnN1 **<=** 1.36**:**  **print(**"Равномерное не противоречит критерию Колмогорова "**)**  **else:**  **print(**"Равномерное противоречит критерию Колмогорова "**)**  **print(**"Dn1\*sqrtN:{0} Критическое:{1}\n"**.format(**DnN1**,** 1.36**))**  **if** DnN2 **<=** 1.36**:**  **print(**"Равномерное не противоречит критерию Колмогорова "**)**  **else:**  **print(**"Равномерное противоречит критерию Колмогорова "**)**  **print(**"Dn2\*sqrtN:{0} Критическое:{1}"**.format(**DnN2**,** 1.36**))**  checkCriteria**()** |