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 1

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

ВАРИАНТ 46

Тема: **Первичная обработка выборки из дискретной генеральной совокупности**

Выполнил:
Студент 3-го курса
Успенский А.А.

Группа: КМБО-03-19

МОСКВА – 2022

Задание 1

Получить выборку, сгенерировав 200 псевдослучайных чисел, распределенных по биномиальному закону с параметрами **n** и **p**.

$n=5+V\mathrm{mod}16$ $p=0{,}25+0{,}005V$

Задание 2

Получить выборку, сгенерировав 200 псевдослучайных чисел, распределенных по геометрическому закону с параметром **p**.

$p=0{,}25+0{,}005V$

Задание 3

Получить выборку, сгенерировав 200 псевдослучайных чисел, распределенных по закону Пуассона с параметром **λ**.

$\lambda=0{,}8+0{,}02V$

Следуя Указаниям для всех выборок построить:

1) статистический ряд;
2) полигон относительных частот;
3) график эмпирической функции распределения;

найти:

1) выборочное среднее;
2) выборочную дисперсию;
3) выборочное среднее квадратическое отклонение;
4) выборочную моду;
5) выборочную медиану;
6) выборочный коэффициент асимметрии;
7) выборочный коэффициент эксцесса.

Провести сравнение рассчитанных характеристик с теоретическими значениями.

V – номер варианта. Вычисления проводить с точностью до 0,00001.

Краткие теоретические сведения

Биномиальное распределение

Биномиальное распределение – распределение количества «успехов» в последовательности из n независимых случайных экспериментов, таких что вероятность «успеха» в каждом из них равна p.

Характеристика	**Значение**
Математическое ожидание	np
Дисперсия Среднее квадратичное отклонение	Npq, $q=1-p$ $\sqrt{npq}$
Мода	[(n+1)p], если (n+1)p – дробное (n+1)p-1/2, если (n+1)p – целое
Медиана	Round(np)
Коэффициент асимметрии	$\frac{q-p}{\sqrt{npq}}$
Коэффициент эксцесса	$\frac{1-6pq}{npq}$

Геометрическое распределение

Геометрическое распределение – распределение величины, равной количеству испытаний случайного эксперимента до наблюдения первого «успеха».

Характеристика	Значение
Математическое ожидание	$\frac{q}{p}$, $q=1-p$
Дисперсия	$\frac{q}{p^2}$, $q=1-p$
Среднее квадратичное отклонение	$\frac{\sqrt{q}}{p}$
Мода	0
Медиана	$[-\frac{\ln 2}{\ln q}]$, если $\frac{\ln 2}{\ln q}$ - дробное $[-\frac{\ln 2}{\ln q}-\frac{1}{2}]$, если $\frac{\ln 2}{\ln q}$ - целое
Коэффициент асимметрии	$\frac{2-p}{\sqrt{q}}$
Коэффициент эксцесса	$6+\frac{p^2}{q}$

Распределение Пуассона

Распределение Пуассона – вероятностное распределение дискретного типа, моделирует случайную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время, при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средне интенсивностью и независимо друг от друга.

Характеристика	Значение
Математическое ожидание	λ
Дисперсия	Λ
Среднее квадратичное отклонение	$\sqrt{\lambda}$
Мода	$[\lambda]$
Медиана	$[\lambda+\frac{1}{3}-\frac{0{,}02}{\lambda}]$
Коэффициент асимметрии	$\lambda^{-\frac{1}{2}}$
Коэффициент эксцесса	λ^{-1}

Полученную выборку {x1 ,x2 ,x3 , ..., xN} упорядочить по возрастанию, определить частоты ni и относительные частоты (частости) wi , построить статистический ряд вида:

x_i	n_i	w_i	s_i
x_1^*			
x_2^*			
…	…	…	…
x_m^*	n_m	w_m	s_m
	$\sum\limits_{i=1}^{m} n_i$	$\sum\limits_{i=1}^{m} w_i$	-

x_i - Значения распределения
n_i – Частота значения x_i , $\sum_{i=1}^{m} n_i = N$
w_i – Относительная частота (частость) значения x_i^*
$w_i = \frac{n_i}{N}$, $\sum_{i=1}^{m} w_i = 1$

Эмпирический ряд распределения

$$F_N^{Э}(x) = \frac{1}{N}\sum_{x \le x} w_i = \begin{cases} 0, \quad x < x_1^* \\ w_1, \quad x_1^* \le x < x_2^* \\ w_1 + w_2, \quad x_2^* \le x < x_3^* \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots.. \\ 1, x \ge x_m \end{cases}$$

Выборочное среднее

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{m} x_i^* * w_i$$

Выборочная дисперсия

$$D_B = \overline{\mu_2} - (\overline{\mu_2})^2$$

Выборочный центральный момент k-ого порядка

$$\overline{\mu_k^0} = \sum_{i=1}^{m} (x_i^* - \bar{x})^k w_i$$

$$\overline{\mu_3^0} = \overline{\mu_3} - 3\overline{\mu_2}\,\overline{\mu_1} + 2(\overline{\mu_1})^3$$

$$\overline{\mu_4^0} = \overline{\mu_4} - 4\overline{\mu_3}\,\overline{\mu_1} + 6\overline{\mu_2}\,(\overline{\mu_1})^2 - 3(\overline{\mu_1})^4$$

Выборочное среднее квадратичное отклонение

$$\boldsymbol{\overline{\sigma} = \sqrt{D_B}}$$

Выборочная мода – это значение, которому соответствует максимальная частота.

$$\begin{cases} \text{Если } \boldsymbol{n_i = max\, n_i > n_j, i \neq j}, & \overline{\mathrm{M}_0} = \{\boldsymbol{x_i \mid n_i = \max n_i} \\ \text{Если } \boldsymbol{n_i = n_i + 1 = \cdots = n_{i+j} = \max n_k} & \text{то } \overline{\mathrm{M}_0} = \boldsymbol{1/2(x_i + x_{i+1})} \\ \text{Если } \boldsymbol{n_i = n_j = max\, n_k > n_l,\ \ i < l < j}, & \text{то } \overline{\mathrm{M}_0} - \text{не существует} \end{cases}$$

Выборочная медиана

$$\overline{\mathrm{M}_e} = \begin{cases} \boldsymbol{x_i,\ \ F_N^Э(x_{i-1}) < 0,5 < F_N^Э(x_i)} \\ \boldsymbol{\frac{1}{2}(x_i + x_{i+1}),\ \ F_N^Э(x_i) = 0,5} \end{cases}$$

Выборочный коэффициент асимметрии $\boldsymbol{\overline{\gamma_1} = \frac{\overline{\mu_3^0}}{\overline{\sigma}^3}}$

Выборочный коэффициент эксцесса $\boldsymbol{\overline{\gamma_2} = \frac{\overline{\mu_4^0}}{\overline{\sigma}^4} - 3}$

Ряд распределения - структурная группировка с целью выделения характерных свойств и закономерностей изучаемой совокупности.

Математическое ожидание – понятие среднего значения случайной величины в теории вероятностей.

Дисперсия – отклонение величины от ее математического ожидания.

Среднеквадратическое отклонение – показатель рассеивания значений случайной величины относительно ее математического ожидания.

Мода – значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто.

Медиана – возможное значение признака, которое делит вариационный ряд выборки на две равные части.

Коэффициент асимметрии используется для проверки распределения на симметричность, а также для грубой предварительной проверки на нормальность.

Если плотность распределения симметрична, то выборочный коэффициент асимметрии равен нулю, если левый хвост распределения тяжелее – больше нуля, легче – меньше.

Коэффициент эксцесса используется для проверки на нормальность. Нормальное распределение имеет нулевой эксцесс. Если хвосты распределения «легче», а пик острее, чем у нормального распределения, то коэффициент эксцесса положительный; если хвосты распределения «тяжелее», пик «приплюснутый», чем у нормального распределения, то отрицательный.

Средства языка программирования

Для расчёта статистических исследований я использую язык Python. В программе расчёта используются следующие библиотеки:

NumPy — это библиотека языка Python, добавляющая поддержку больших многомерных массивов и матриц, вместе с большой библиотекой высокоуровневых (и очень быстрых) математических функций для операций с этими массивами.

Pandas – это библиотека для обработки и анализа данных Работа pandas с данными строится поверх библиотеки NumPy, являющейся инструментом более низкого уровня. Предоставляет специальные структуры данных и операции для манипулирования числовыми таблицами и временны́ми рядами.

Matplotlib – это библиотека для визуализации данных. Построение графиков диаграмм и гистограмм.

Scipy.stats – этот модуль содержит большое количество вероятностных распределений, а также растущую библиотеку статистических функций.

Стоит описать некоторые команды для генерации и визуализации данных:

sps.binom(n, p).rvs(size) - генерирует случайные числа размера, каждое случайное число получается из числа успехов в n попытках, где вероятность успеха для каждой попытки равна p. Возвращаемое значение: массив длины, каждый элемент является количеством.

sps.geom(p).rvs(size) – генерация случайной выборки геометрического распределения.

sps.poisson(l).rvs(size) – генерация случайной выборки распределения Пуассона.

pd.DataFrame – визуализация данных в виде таблицы. Используется для визуализации статистического ряда.

Результаты расчётов

Задача 1

n = 19, p = 0,48

Выборка из 200 элементов:

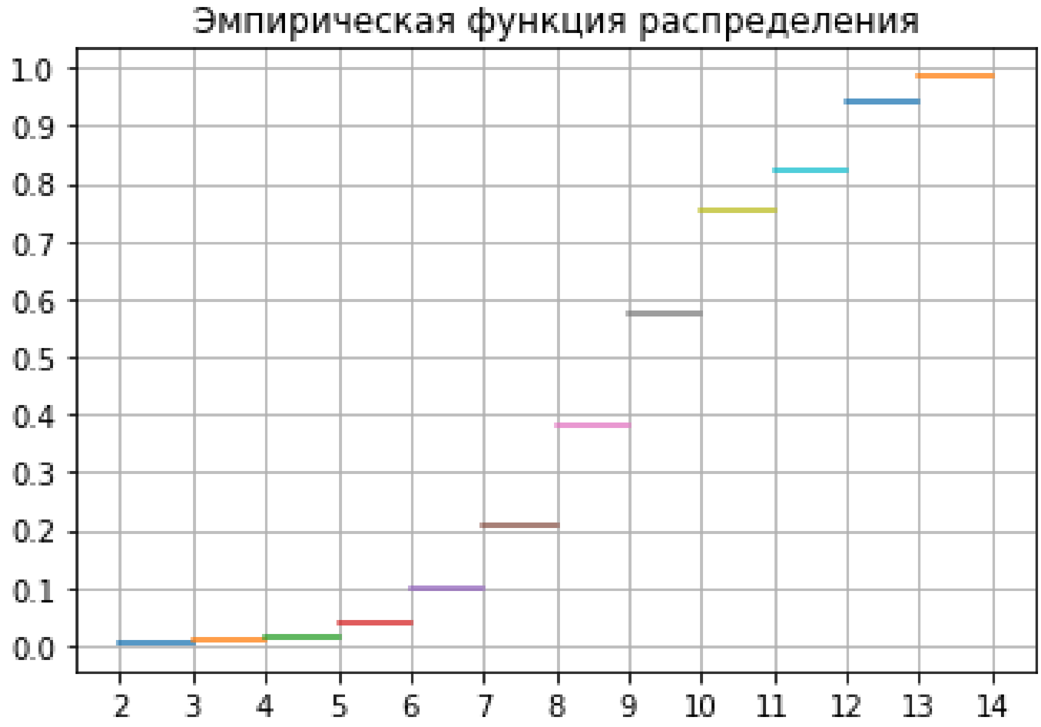
2	3	4	5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
7	7	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	8	8	8	8	8	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
9	9	9	9	9	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	13	13
13	13	13	13	13	13	13	14	14	14

Статистический ряд:

x_i	n_i	w_i	s_i
2	1	0,005	0,005
3	1	0,005	0,010
4	1	0,005	0,015
5	5	0,025	0,040
6	12	0,060	0,100
7	22	0,110	0,210
8	34	0,170	0,380
9	39	0,195	0,575
10	36	0,180	0,755
11	14	0,070	0,825
12	23	0,115	0,940
13	9	0,045	0,985
14	3	0,015	1,000

Полигон относительных частот:

График эмпирической функции распределения:



1. Выборочное среднее 9.16
2. Выборочная дисперсия 4.6644
3. Выборочное среднее квадратическое отклонение 2.15972
4. Выборочная мода 9.0
5. Выборочная медиана 9
6. Выборочный коэффициент асимметрии -0.13232
7. Выборочный коэффициент эксцесса 0.05406

Задача 2

P = 0,48

Выборка из 200 элементов:

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	4	4	4	4	4	4	4	5
5	5	6	6	6	6	7	9	9	10

Статистический ряд:

x_i	n_i	w_i	s_i
0	87	0,435	0,435
1	58	0,290	0,725
2	19	0,095	0,820
3	18	0,090	0,910
4	7	0,035	0,945
5	3	0,015	0,960
6	4	0,020	0,980
7	1	0,005	0,985
9	2	0,010	0,995
10	1	0,005	1,000

Полигон относительных частот:

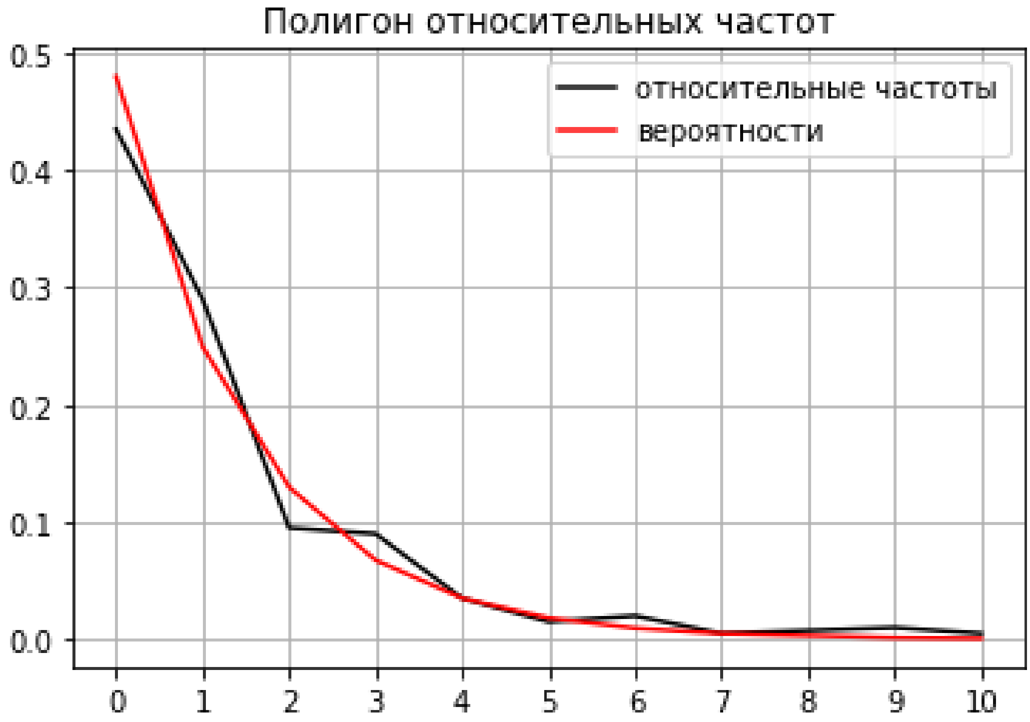
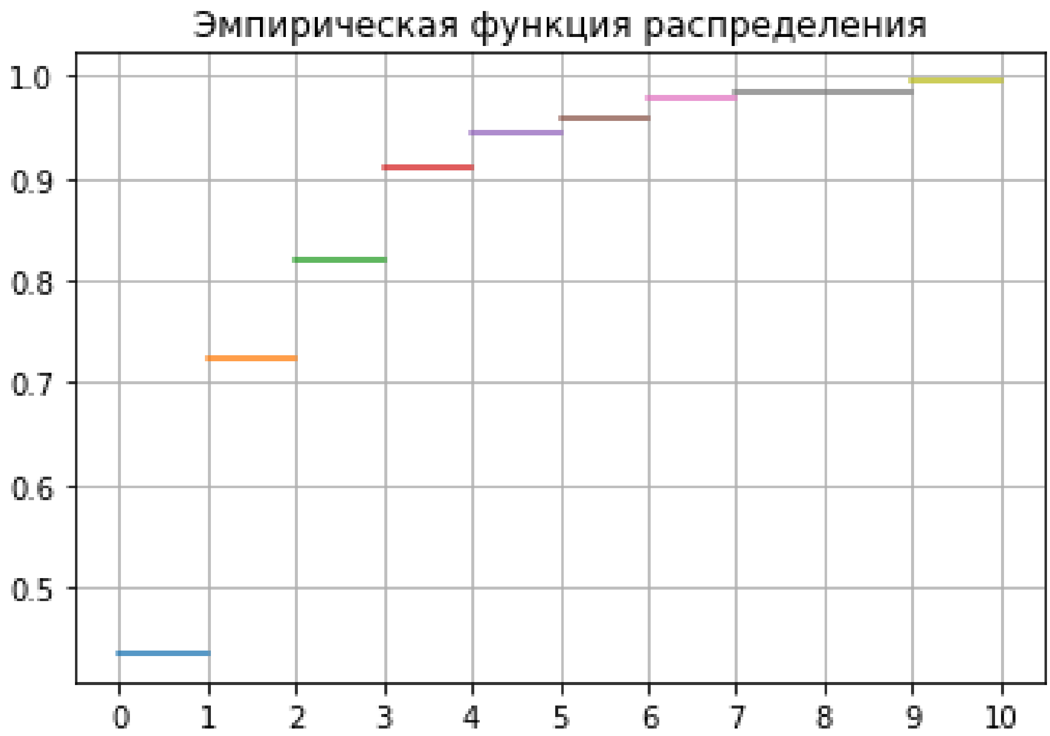


График эмпирической функции распределения:



1. Выборочное среднее 1.26
2. Выборочная дисперсия 3.1024
3. Выборочное среднее квадратическое отклонение 1.76136
4. Выборочная мода 0.0
5. Выборочная медиана 1
6. Выборочный коэффициент асимметрии 2.23125
7. Выборочный коэффициент эксцесса 6.08549

Задача 3

$\lambda = 1.72$

Выборка из 200 элементов:

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	4	4	4	4
4	4	4	4	4	4	4	5	5	6

Статистический ряд:

x_i	n_i	w_i	s_i
0	40	0,200	0,200
1	53	0,265	0,465
2	45	0,225	0,690
3	48	0,240	0,930
4	11	0,055	0,985
5	2	0,010	0,995
6	1	0,005	1,000

Полигон относительных частот:

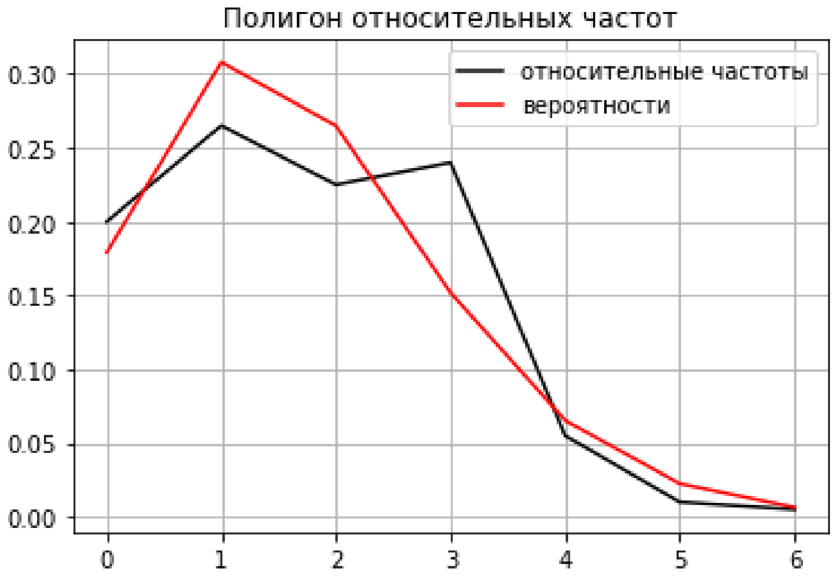
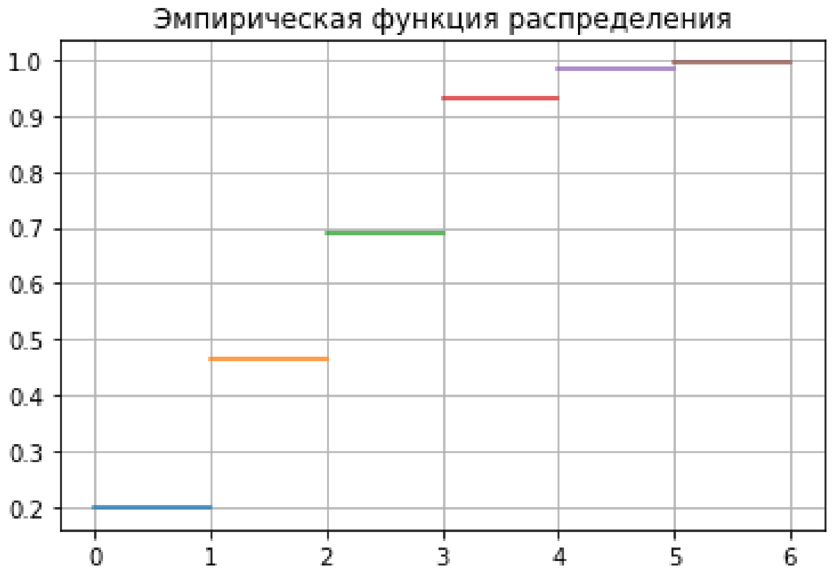


График эмпирической функции распределения:



1. Выборочное среднее 1.735
2. Выборочная дисперсия 1.62477
3. Выборочное среднее квадратическое отклонение 1.27467
4. Выборочная мода 1.0
5. Выборочная медиана 2
6. Выборочный коэффициент асимметрии 0.34538
7. Выборочный коэффициент эксцесса -0.44547

Анализ результатов
Биномиальное распределение

1) Таблица сравнения относительных частот и теоретических вероятностей

$$p_k = C_n^k * p^k * q^{n-k}$$

J	$\widetilde{w_J}$	p_j	$\left\|\widetilde{w_J} - p_j\right\|$
2	0,005	0,00058	0,00441
3	0,005	0,00306	0,00194
4	0,005	0,0113	0,0063
5	0,025	0,31315	0,00632
6	0,060	0,06745	0,00745
7	0,110	0,11563	0,00563
8	0,170	0,16010	0,0099
9	0,195	0,18062	0,01438
10	0,180	0,16673	0,01327
11	0,070	0,12592	0,05592
12	0,115	0,07749	0,03751
13	0,045	0,03852	0,00648
14	0,015	0,01524	0,00024
	1,0	0,99396	0,16975

2) Таблица сравнения рассчитанных характеристик с теоретическими значениями

Название показателя	Экспериментальное значение	Теоретическое значение	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение
Выборочное среднее	9,16	9,12	0,04	0,00439

Выборочная дисперсия	4,6644	4,7424	0,078	0,01645
Выборочное среднеквадратичное отклонение	2,15972	2,1777	0,01798	0,00826
Выборочная мода	9	9,6	0,6	0,0625
Выборочная медиана	9	9	0	0
Выборочный коэффициент асимметрии	-0,13232	0,01837	0,15069	8,20305
Выборочный коэффициент эксцесса	0,05406	-0,10493	0,15899	-1,5152

Геометрическое распределение

1) Таблица сравнения относительных частот и теоретических вероятностей

$$p_k = q^k * p$$

J	$\widetilde{w_J}$	p_j	$\left|\widetilde{w_J} - p_j\right|$
0	0,435	0,48	0,045
1	0,290	0,2496	0,0404
2	0,095	0,12979	0,03479
3	0,090	0,06749	0,02251
4	0,035	0,0351	0,0001
5	0,015	0,01825	0,00325
6	0,020	0,00949	0,01051
7	0,005	0,00493	0,00007
9	0,010	0,00133	0,00867
10	0,005	0,00069	0,00341
	1,0	0,99668	0,16961

2) Таблица сравнения рассчитанных характеристик с теоретическими значениями

Название показателя	Экспериментальное значение	Теоретическое значение	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение
Выборочное среднее	1,26	1,08333	0,17667	0,16308
Выборочная дисперсия	3,1024	2,25694	0,84546	0,37461
Выборочное среднеквадратичное отклонение	1,76136	1,50231	0,25905	0,17243
Выборочная мода	0	0	0	-
Выборочная медиана	1	1	0	0
Выборочный коэффициент асимметрии	2,23125	2,10786	0,12339	0,05854
Выборочный коэффициент эксцесса	6,08549	6,44308	0,35759	0,0555

Распределение Пуассона

1) Таблица сравнения относительных частот и теоретических вероятностей

$$p_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

J	$\widetilde{w_J}$	p_j	$\left\lvert \widetilde{w_J} - p_j \right\rvert$
0	0,200	0,17907	0,02093
1	0,265	0,30799	0,04299
2	0,225	0,26487	0,03987
3	0,240	0,15186	0,08814
4	0,055	0,0653	0,0103
5	0,010	0,02246	0,01246
6	0,005	0,00644	0,00144
	1,0	0,998	0,21613

2) Таблица сравнения рассчитанных характеристик с теоретическими значениями

Название показателя	Экспериментальное значение	Теоретическое значение	Абсолютное отклонение	Относительное отклонение
Выборочное среднее	1,735	1,72	0,015	0,00872
Выборочная дисперсия	1,62477	1,72	0,09523	0,05537
Выборочное среднеквадратичное отклонение	1,27467	1,31149	0,03682	0,02807
Выборочная мода	1	1	0	0
Выборочная медиана	2	2	0	0
Выборочный коэффициент асимметрии	0,34538	0,76249	0,41711	0,54704
Выборочный коэффициент эксцесса	-0,44547	0,5814	1,02687	1,7662

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. – М.:Юрайт, 2020.

3) Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. – М.: URSS, 2020.

Приложение

```
import scipy.stats as sps
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import pylab
import statistics
import cmath
from matplotlib import ticker
from math import factorial
from math import exp
from math import log

def Binomial(n,p,size):
    distr = sps.binom(n, p).rvs(size)
    distr.sort()
    print (
        '\nПараметр n = ', n,
        '\nПараметр p = ', p,)
    print ('Биномиальное распределение:\n',distr)
    return (distr)

def Geomerty(p,size):
    distr = sps.geom(p).rvs(size)
    for i in range(size):
        distr[i]=distr[i]-1
    distr.sort()
    print (
        '\nПараметр p = ', p,)
    print ('Геометрическое распределение:\n',distr)
    return (distr)

def Poisson(l,size):
    distr = sps.poisson(l).rvs(size)
    distr.sort()
    print (
        '\nПараметр l = ', l,)
    print ('Распределение Пуассона:\n',distr)
    return (distr)


def Xi(distr, size):
    xi = []
    for i in range(size):
        if distr[i]!=distr[i-1]:
            xi.append(distr[i])
```

```
        return(xi)

    def Freq(distr, xi, size):
        ni=[]
        for j in range(len(xi)):
            help = 0
            for i in range(size):
                if distr[i]==xi[j]:
                    help += 1
            ni.append(help)
        return(ni)

    def Rel_freq(distr, ni, size):
        wi = []
        for i in range(len(ni)):
            wi.append(ni[i]/size)
        return(wi)

    def koef_srfq(wi, k):
        S=0
        for i in range (k+1):
            S = S + wi[i]
        return(S)

    def Sum_rfq(wi, k):
        sk = []
        for i in range (len(wi)):
            sk.append(koef_srfq(wi,i))
        return(sk)

    def Mean(xi ,wi):
        X = 0
        for i in range (len(xi)):
            help = xi[i]*wi[i]
            X += help
        return (X)

    def Moment(xi,wi):
        M = []
        for i in range (len(xi)):
            help = 0
            for j in range (len(xi)):
                help += pow(xi[j],i+1)*wi[j]
            M.append(help)
        return (M)

    def Disp(M):
        D = M[1]- pow(M[0], 2)
```

```
    return (D)

def RMS(D):
    SD = pow(D, 1/2)
    return (SD)

def Mode(xi,wi):
    max_w = max(wi)
    flag = 0
    mode = 0
    for k in range(len(xi)):
        if (wi[k] == max_w):
            if flag > 0 and wi[k] == wi[k-1]:
                print("Выборочная мода не существует!")
                break
            mode += xi[k]
            flag += 1
    mode = mode/flag
    return(round(mode, 5))

def Median(xi,sk):
    for k in range(len(xi)):
        if k == 0:
            if sk[k] > 0.5:
                md = round(xi[k], 5)
                return (md)
            if sk[k] == 0.5:
                md = (round(xi[k]+xi[k+1])/2, 5)
                return (md)
        if (sk[k] > 0.5) and (sk[k-1] < 0.5):
            md = round(xi[k], 5)
            return (md)
        if sk[k] == 0.5:
            md= (round(xi[k]+xi[k+1])/2, 5)
            return (md)

def Asym_coef(M, sd):
    asym = (M[2]-3*M[1]*M[0]+2*pow(M[0], 3))/(pow(sd, 3))
    return (asym)

def Exe_coef(M, sd):
    help = M[3]-4*M[2]*M[0]+6*M[1]*pow(M[0], 2)-3*pow(M[0], 4)
    exe = help/(pow(sd, 4))-3
    return(exe)
    v = 46
n = 5 + v%16
p = 0.25 + 0.005*v
```

```
l = round(0.8 + v * 0.02, 5)
size=200
xi = []
ni = []
wi = []
sk = []
#xi - значение
#ni - кол-во значения
#sum(ni) = size
#wi = ni/size
#sk = sum(wj)

distr1 = Binomial(n,p,size)
xi = Xi(distr1, size)
ni = Freq(distr1, xi, size)
wi= Rel_freq(distr1, ni, size)
sk = Sum_rfq(wi, size)

#Distr2 = Geomerty(p,size)
#Distr3 = Poisson(l,size)

Table = pd.DataFrame({'Xi':xi, 'Ni':ni, 'Wi':wi, 'Si':sk})
Table

# полигон относительных частот
fig, fir = plt.subplots()
fir.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
fir.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.02))
pi = [i for i in range(len(xi))]

for k in range(len(xi)):
    pi[k] = (factorial(n)/(factorial(xi[k])*factorial(n-xi[k])))*p**xi[k]*(1-p)**(n-xi[k])
fir.plot(xi, wi, 'black',label='относительные частоты')
fir.plot(xi, pi, 'red',label='вероятности')
plt.title("Полигон относительных частот")
plt.grid(True)
plt.legend(loc='best')

# график функции эмпирического распределения
fig, sec = plt.subplots()
sec.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
sec.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.1))
for k in range(len(xi) - 1):
    sec.plot([xi[k], xi[k+1]], [sk[k], sk[k]])
plt.title("Эмпирическая функция распределения")
plt.grid(True)
plt.show()
```

```
#Выборочное среднее (теор/эксп)
X_teor = n*p
X = Mean(xi,wi)
print (X_teor, '\n', X,'\n')

#Выборочный момент
M = Moment(xi,wi)

#Выборочная дисперсия (теор/эксп)
D_teor = n*p*(1-p)
D = Disp(M)
print (D_teor, '\n', D,'\n')

#Выборочное среднеквадратическое откл.(теор/эксп)
SD_teor = pow(D_teor, 1/2)
SD = RMS(D)
print (SD_teor, '\n', SD,'\n')

#Выборочная мода (теор/эксп)
mode_teor = (n+1)*p
if int(mode_teor) == float(mode_teor):
        mode_teor = round(mode_teor - 0.5, 5)
mode = Mode(xi,wi)
print (mode_teor, '\n', mode,'\n')

#Выборочная медиана (теор/эксп)
median_teor = round(n*p)
median = Median(xi,sk)
print (median_teor, '\n', median,'\n')

#Выборочный коэф.асимметрии (теор/эксп)
asym_teor = ((1-p)-p)/(SD_teor)
asym = Asym_coef(M, SD)
print (asym_teor, '\n', asym,'\n')

#Выборочный коэф. эксцесса (теор/эксп)
exe_teor = (1-6*p*(1-p))/(D_teor)
exe = Exe_coef(M, SD)
print (exe_teor, '\n', exe,'\n')

xi2 = []
ni2 = []
wi2 = []
sk2 = []
#xi - значение
#ni - кол-во значения
#sum(ni) = size
```

```
#wi = ni/size
#sk = sum(wj)

distr2 = Geomerty(p,size)
xi2 = Xi(distr2, size)
ni2 = Freq(distr2, xi2, size)
wi2= Rel_freq(distr2, ni2, size)
sk2 = Sum_rfq(wi2, size)

#Distr2 = Geomerty(p,size)
#Distr3 = Poisson(l,size)

Table2 = pd.DataFrame({'Xi':xi2, 'Ni':ni2, 'Wi':wi2, 'Si':sk2})
Table2

fig, fir = plt.subplots()
fir.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
fir.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.1))
pi2 = [i for i in range(len(xi2))]
for k in range(len(xi2)):
    pi2[k] = ((1-p)**(xi2[k]))*p
fir.plot(xi2, wi2, 'black',label='относительные частоты')
fir.plot(xi2, pi2, 'red',label='вероятности')
plt.title("Полигон относительных частот")
plt.grid(True)
plt.legend(loc='best')

fig, sec = plt.subplots()
sec.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
sec.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.1))
for k in range(len(xi2) - 1):
    sec.plot([xi2[k], xi2[k+1]], [sk2[k], sk2[k]])
plt.title("Эмпирическая функция распределения")
plt.grid(True)
plt.show()

#Выборочное среднее (теор/эксп)
X_teor2 = (1-p)/p
X2 = Mean(xi2,wi2)
print (X_teor2, '\n', X2,'\n')

#Выборочный момент
M2 = Moment(xi2,wi2)

#Выборочная дисперсия (теор/эксп)
D_teor2 = (1-p)/pow(p,2)
D2 = Disp(M2)
```

```
    print (D_teor2, '\n', D2,'\n')

    #Выборочное среднеквадратическое откл.(теор/эксп)
    SD_teor2 = pow((1-p), 1/2)/p
    SD2 = RMS(D2)
    print (SD_teor2, '\n', SD2,'\n')

    #Выборочная мода (теор/эксп)
    mode_teor2 = 0
    mode2 = Mode(xi2,wi2)
    print (mode_teor2, '\n', mode2,'\n')

    #Выборочная медиана (теор/эксп)
    median_teor2 = log(2) / log(1-p)
    if int(median_teor2) == float(median_teor2):
        mode_teor2 = round(-median_teor2 - 0.5, 5)
    else:
        mode_teor2 = int(-median_teor2)
    median2 = Median(xi2,sk2)
    print (median_teor2, '\n', median2,'\n')

    #Выборочный коэф.асимметрии (теор/эксп)
    asym_teor2 = (2 - p) / pow(1-p, 0.5)
    asym2 = Asym_coef(M2, SD2)
    print (asym_teor2, '\n', asym2,'\n')

    #Выборочный коэф. эксцесса (теор/эксп)
    exe_teor2 = (6 + (pow(p, 2) / (1-p)))
    exe2 = Exe_coef(M2, SD2)
    print (exe_teor2, '\n', exe2,'\n')

    xi3 = []
    ni3 = []
    wi3 = []
    sk3 = []
    #xi - значение
    #ni - кол-во значения
    #sum(ni) = size
    #wi = ni/size
    #sk = sum(wj)

    distr3 = Poisson(1,size)
    xi3 = Xi(distr3, size)
    ni3 = Freq(distr3, xi3, size)
    wi3= Rel_freq(distr3, ni3, size)
    sk3 = Sum_rfq(wi3, size)

    #Distr2 = Geomerty(p,size)
```

```
#Distr3 = Poisson(l,size)

Table3 = pd.DataFrame({'Xi':xi3, 'Ni':ni3, 'Wi':wi3, 'Si':sk3})
Table3

fig, fir = plt.subplots()
fir.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
fir.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.05))
pi3 = [i for i in range(len(xi3))]
for k in range(len(xi3)):
    pi3[k] = l**(xi3[k])/factorial(k)*exp((-1)*l)
fir.plot(xi3, wi3, 'black',label='относительные частоты')
fir.plot(xi3, pi3, 'red',label='вероятности')
plt.title("Полигон относительных частот")
plt.grid(True)
plt.legend(loc='best')

fig, sec = plt.subplots()
sec.xaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(1))
sec.yaxis.set_major_locator(ticker.MultipleLocator(0.1))
for k in range(len(xi3) - 1):
    sec.plot([xi3[k], xi3[k+1]], [sk3[k], sk3[k]])
plt.title("Эмпирическая функция распределения")
plt.grid(True)
plt.show()

#Выборочное среднее (теор/эксп)
X_teor3 = l
X3 = Mean(xi3,wi3)
print (X_teor3, '\n', X3,'\n')

#Выборочный момент
M3 = Moment(xi3,wi3)

#Выборочная дисперсия (теор/эксп)
D_teor3 = l
D3 = Disp(M3)
print (D_teor3, '\n', D3,'\n')

#Выборочное среднеквадратическое откл.(теор/эксп)
SD_teor3 = pow(l, 1/2)
SD3 = RMS(D3)
print (SD_teor3, '\n', SD3,'\n')

#Выборочная мода (теор/эксп)
mode_teor3 = int(l)
mode3 = Mode(xi3,wi3)
```

```
    print (mode_teor3, '\n', mode3,'\n')

    #Выборочная медиана (теор/эксп)
    median_teor3 = int(l+1/3-0.02/l)
    median3 = Median(xi3,sk3)
    print (median_teor3, '\n', median3,'\n')

    #Выборочный коэф.асимметрии (теор/эксп)
    asym_teor3 = pow(l, -1/2)
    asym3 = Asym_coef(M3, SD3)
    print (asym_teor3, '\n', asym3,'\n')

    #Выборочный коэф. эксцесса (теор/эксп)
    exe_teor3 = 1/l
    exe3 = Exe_coef(M3, SD3)
    print (exe_teor3, '\n', exe3,'\n')
```