Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Ульяновский государственный технический университет»

Лабораторная работа №3

Дисциплина: «Методы моделирования»

Тема: «Моделирование источников сообщений в вычислительных системах»

Вариант 2

Выполнил

Студент группы УПАСбд-31

Джураев И.Д.

Проверил

преподаватель кафедры

«Вычислительная техника»

Валюх В. В.

Ульяновск, 2024

**Цель работы.** Моделирование потока сообщений (заявок) в  ВС. Изучение видов и характеристик потоков заявок.

**ЗАДАНИЕ**

**Задача 1.**   Генерация сообщений различного типа с заданными вероятностями появления. Для сообщений N типов на основе функции распределения вероятностей возникновения в системе сообщения i-го типа p(i) сгенерировать 100 случайных чисел, определяющих тип каждого сообщения моделируемого потока заявок.

**Задача 2.**  Адресация сообщений. Пусть сообщения поступают в m различных абонентских аппаратов.  Причем каждое из них предназначено для передачи лишь в один из аппаратов.  Вероятности того, что сообщение i−*го* типа предназначено для передачи  j−*му* абоненту задаются таблицей распределения вероятностей P(i,j). Сгенерировать 100 случайных чисел. соответствующих номерам абонентов для моделируемого потока сообщений.

**Задача 3.** Моделирование потока сообщений с заданным законом распределения вероятностей длин. Для сообщений заданных N типов по заданной средней длине сообщения каждого типа  определить  вероятности поступления сообщения длины К и вероятность того, что сообщение типа i имеет длину, не более К. Сгенерировать  100  случайных чисел,  задающих длину каждого сообщения соответствующего типа для моделируемого потока сообщений.

**3адача 4.** Моделирование времени поступления сообщений в систему. Для сообщений заданных N типов по заданным законам распределения промежутка времени между поступлениями в систему сообщений i−*го* типа сгенерировать 100 случайных чисел, определяющих моменты возникновения каждого моделируемого сообщения в системе.

**Общее задание**. Выполнить моделирование источников сообщений N типов. Необходимые данные определяются вариантом задания. Получить поток из 100 сообщений и оценить его характеристики.

Варианты для лаб. работы 3 (к задачам 1 и 2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | **З-н распределения заявок** | | **З-н распределения заявок** | | | | |
| **Тип** | **P(i)** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| 2 | 1  2  3  4 | 0.09  0.68  0.04  0.19 | 0,52  0,34  0,63  0,51 | 0,27  0,44  0,11  0,02 | 0,09  0,07  0,08  0,23 | 0,07  0,12  0,17  0,12 | 0,05  0,03  0,01  0,12 |

Варианты заданий для лаб. раб. 3 (к задаче 3)

Для нечётных типов заявок закон распределения из задания 2 б), для чётных - равномерное по таблице

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | **Характеристики** | |
| **A** | **B** |
| 2 | 22 | 254 |

Варианты заданий для лаб. раб. 3 (к задаче 4)

Для нечётных типов заявок закон распределения из задания 2 б), для чётных - равномерное по таблице

Вид закона распределения моего:

Нормальное распределение

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Номер варианта** | **Вид закона распределения** | **Характеристики** | | | | | | |
| **Средний промежуток времени** | **Коэффициент Зорланга** | **Дисперсия** | **a** | **b** | **m** | **l** |
| 2 | 2 | 0,4 |  | 4,2 |  |  |  |  |

**Описание реализации**

Поток событий– последовательность однородных событий, следующих одно за другим в какие-то случайные моменты времени.

В предыдущем примере – это поток отказов и поток восстановлений. Другие примеры: поток вызовов на телефонной станции, поток покупателей в магазине и т.д.

Поток событий можно изобразить рядом точек на оси времени рис.2.

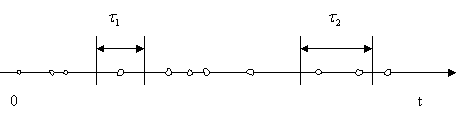


Рис.2. Изображение потока событий на оси времени

Положение каждой точки случайно, и здесь изображена лишь какая-то одна реализация потока.

Интенсивность потока событий (https://studfile.net/html/2706/1097/html_6KYYE1jX3r.Zqfp/img-X3tpBp.png)– это среднее число событий, приходящееся на единицу времени.

Каждое отдельное сообщение в потоке описывается классом Message, который хранит данные о типе сообщения, его получателе, длине и времени.

Тип сообщения и его получатель задаются согласно вероятностям данными по варианту, с помощью библиотечной функции numpy.random.choice.

Поток сообщений

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **тип сообщения** | **адрес абонента** | **длина сообщения** | **время поступления сообщения** |
| 1 | 3 | 136 | 0 |
| 2 | 1 | 176 | 0 |
| 2 | 3 | 50 | 3,753438724 |
| 2 | 2 | 192 | 3,952505469 |
| 2 | 3 | 110 | 7,662725395 |
| 2 | 1 | 213 | 7,662725395 |
| 2 | 1 | 112 | 13,26456394 |
| 2 | 2 | 213 | 13,33444205 |
| 2 | 3 | 49 | 13,84913307 |
| 2 | 2 | 121 | 16,52294702 |
| 2 | 2 | 30 | 16,52294702 |
| 4 | 1 | 129 | 16,52294702 |
| 2 | 3 | 82 | 18,4922057 |
| 4 | 1 | 237 | 18,4922057 |
| 1 | 2 | 137 | 18,4922057 |
| 4 | 2 | 22 | 18,75449163 |
| 2 | 2 | 161 | 18,75449163 |
| 2 | 2 | 229 | 18,75449163 |
| 2 | 2 | 128 | 18,75449163 |
| 2 | 1 | 226 | 18,75449163 |
| 2 | 1 | 92 | 22,4063814 |
| 2 | 2 | 208 | 22,4063814 |
| 2 | 1 | 46 | 22,5752806 |
| 1 | 1 | 175 | 22,66021196 |
| 4 | 5 | 63 | 22,66021196 |
| 2 | 2 | 77 | 22,66021196 |
| 2 | 4 | 140 | 22,66021196 |
| 2 | 1 | 122 | 23,79535989 |
| 2 | 2 | 117 | 24,82692275 |
| 4 | 1 | 94 | 24,82692275 |
| 2 | 4 | 66 | 24,82692275 |
| 2 | 1 | 231 | 24,82692275 |
| 2 | 1 | 174 | 24,82692275 |
| 2 | 1 | 61 | 24,82692275 |
| 2 | 2 | 133 | 24,82692275 |
| 4 | 1 | 166 | 24,82692275 |
| 2 | 1 | 41 | 26,6294192 |
| 1 | 1 | 124 | 26,6294192 |
| 2 | 2 | 92 | 26,6294192 |
| 2 | 3 | 93 | 26,6294192 |
| 4 | 1 | 192 | 28,34296821 |
| 2 | 1 | 115 | 28,64701328 |
| 2 | 2 | 211 | 31,49603378 |
| 2 | 1 | 78 | 32,53109454 |
| 2 | 2 | 211 | 33,06208728 |
| 2 | 2 | 163 | 37,49516305 |
| 2 | 2 | 186 | 38,07327671 |
| 2 | 4 | 246 | 38,07327671 |
| 2 | 1 | 237 | 38,07327671 |
| 2 | 2 | 136 | 38,87067458 |
| 3 | 1 | 63 | 40,59057167 |
| 2 | 1 | 159 | 40,59057167 |
| 2 | 1 | 199 | 41,46961109 |
| 2 | 3 | 209 | 41,46961109 |
| 2 | 1 | 86 | 41,46961109 |
| 2 | 2 | 215 | 42,78118351 |
| 2 | 4 | 227 | 44,21011104 |
| 2 | 1 | 62 | 49,53033935 |
| 2 | 1 | 166 | 53,18207481 |
| 2 | 1 | 111 | 54,93521077 |
| 2 | 1 | 218 | 54,93521077 |
| 2 | 1 | 249 | 58,73463546 |
| 2 | 2 | 159 | 58,73463546 |
| 2 | 2 | 100 | 58,73463546 |
| 2 | 4 | 140 | 60,54174142 |
| 2 | 2 | 88 | 63,03890997 |
| 2 | 2 | 156 | 63,03890997 |
| 1 | 1 | 150 | 63,46622331 |
| 1 | 1 | 100 | 63,71674857 |
| 2 | 4 | 99 | 65,78752402 |
| 2 | 1 | 223 | 67,51089301 |
| 2 | 4 | 254 | 70,02264784 |
| 4 | 1 | 139 | 70,02264784 |
| 2 | 1 | 199 | 70,63062024 |
| 4 | 1 | 40 | 70,63062024 |
| 4 | 3 | 242 | 70,63062024 |
| 2 | 1 | 23 | 73,02314314 |
| 2 | 2 | 238 | 73,02314314 |
| 2 | 4 | 229 | 73,02314314 |
| 2 | 2 | 192 | 73,02314314 |
| 2 | 4 | 42 | 73,63840008 |
| 4 | 5 | 54 | 73,63840008 |
| 4 | 1 | 97 | 73,63840008 |
| 2 | 4 | 95 | 73,63840008 |
| 2 | 4 | 115 | 75,7161986 |
| 4 | 3 | 132 | 79,83474844 |
| 2 | 1 | 57 | 82,72085508 |
| 4 | 3 | 89 | 82,72085508 |
| 2 | 1 | 80 | 84,25524107 |
| 4 | 1 | 227 | 86,73365954 |
| 4 | 1 | 249 | 86,8409953 |
| 2 | 2 | 154 | 86,8409953 |
| 2 | 3 | 78 | 86,8409953 |
| 2 | 2 | 191 | 86,8409953 |
| 4 | 1 | 218 | 86,8409953 |
| 2 | 2 | 128 | 88,83741143 |
| 3 | 4 | 137 | 88,83741143 |
| 2 | 5 | 34 | 89,66958262 |
| 4 | 3 | 99 | 92,42396859 |
| 2 | 1 | 129 | 92,42396859 |

Сравнение данных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Тип** | **Теор. вероятность** | **Практ. вероятность** | **Кол-во** | **Средняя длина** | **Максимальная длина** | **Частота** |
| **1** | 0,09 | 0,06 | 6 | 137 | 175 | 0,078472303 |
| **2** | 0,68 | 0,74 | 74 | 141,5135135 | 254 | 0,789838406 |
| **3** | 0,04 | 0,02 | 2 | 100 | 137 | 0,020726746 |
| **4** | 0,19 | 0,18 | 18 | 138,2777778 | 249 | 0,223975905 |

Сравнение данных

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **тип** | **Практ. вероятность для получателя 1** | **Теор. вероятность для получателя 1** | **Практ. вероятность для получателя 2** | **Теор. вероятность для получателя 2** | **Практ. вероятность для получателя 3** | **Теор. вероятность для получателя 3** | **Практ. вероятность для получателя 4** | **Теор. вероятность для получателя 4** | **Практ. вероятность для получателя 5** | **Теор. вероятность для получателя 5** |
| **1** | 0,666666667 | 0,52 | 0,166666667 | 0,27 | 0,166666667 | 0,09 | 0 | 0,07 | 0 | 0,05 |
| **2** | 0,378378378 | 0,34 | 0,364864865 | 0,44 | 0,094594595 | 0,07 | 0,148648649 | 0,12 | 0,013513514 | 0,03 |
| **3** | 0,5 | 0,63 | 0 | 0,11 | 0 | 0,08 | 0,5 | 0,17 | 0 | 0,01 |
| **4** | 0,611111111 | 0,51 | 0,055555556 | 0,02 | 0,222222222 | 0,23 | 0 | 0,12 | 0,111111111 | 0,12 |

Сравнение данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| **Практическое количество** | 44 | 29 | 12 | 12 | 3 |
| **Теоретическое количество** | 40,01 | 33,17 | 10,26 | 11,75 | 4,81 |
| **Практическая частота** | 0,476066984 | 0,313771421 | 0,12983645 | 0,12983645 | 0,032459113 |
| **Теоретическая частота** | 0,432896365 | 0,358889588 | 0,111010165 | 0,127131524 | 0,052042777 |

Расчетные характеристики

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Мат ожидание** | **Дисперсия** | **Ср кв отклонение** |
| **Сообщение** | 2,32 | 0,704646465 | 0,839432228 |
| **Получатель** | 2,01 | 1,323131313 | 1,150274451 |
| **Длина** | 139,83 | 4212,223333 | 64,90164353 |
| **Время** | 45,39350795 | 722,1000171 | 26,87191875 |

**Среднее время между поступлением сообщений:** 60.47108575824629

**Интенсивность:** 0.016536828923460044

**Выводы о проделанной работе**

В ходе выполнения текущей лабораторной работы мы исследовали различные типы и особенности потоков заявок, освоили навыки моделирования потока сообщений (заявок) в вычислительных системах.

import numpy as np

import pandas as pd

# Вариант

TYPES = [1, 2, 3, 4]

P\_i = [0.09, 0.68, 0.04, 0.19]

P\_ij = {

1: [0.52, 0.27, 0.09, 0.07, 0.05],

2: [0.34, 0.44, 0.07, 0.12, 0.03],

3: [0.63, 0.11, 0.08, 0.17, 0.01],

4: [0.51, 0.02, 0.23, 0.12, 0.12]

}

A, B = 22, 254

MEAN\_TIME = 0.4

VARIANCE = 4.2

previous\_timestamp = 0

def get\_timestamp(mean=MEAN\_TIME, variance=VARIANCE):

global previous\_timestamp

interval = np.random.normal(mean, np.sqrt(variance))

timestamp = previous\_timestamp + max(0, interval) # Время должно быть положительным

previous\_timestamp = timestamp

return timestamp

def generate\_messages(n=100):

messages = []

for \_ in range(n):

# Тип сообщения

message\_type = np.random.choice(TYPES, p=P\_i)

# Адрес абонента

recipient = np.random.choice(range(1, 6), p=P\_ij[message\_type])

# Длина сообщения

if message\_type % 2 == 0: # Для чётных - равномерное распределение

length = np.random.randint(A, B+1)

else: # Для нечётных - нормальное распределение

length = int(np.random.normal((A+B)//2, (B-A)/6))

length = max(A, min(length, B))

# Время поступления сообщения

timestamp = get\_timestamp()

messages.append({

"тип сообщения": message\_type,

"адрес абонента": recipient,

"длина сообщения": length,

"время поступления сообщения": timestamp

})

return messages

# Генерация сообщений

messages = generate\_messages()

df = pd.DataFrame(messages)

df.to\_excel("result.xlsx", index=False)

print("Моделирование выполнено")

# Таблица 1

types\_df = pd.DataFrame({

'Тип': TYPES,

'Теор. вероятность': P\_i

}).set\_index('Тип')

types\_df['Практ. вероятность'] = df['тип сообщения'].value\_counts(normalize=True).sort\_index()

types\_df['Кол-во'] = df['тип сообщения'].value\_counts().sort\_index()

types\_df['Средняя длина'] = df.groupby('тип сообщения')['длина сообщения'].mean()

types\_df['Максимальная длина'] = df.groupby('тип сообщения')['длина сообщения'].max()

types\_df['Частота'] = 1 / df.sort\_values('время поступления сообщения').groupby('тип сообщения')['время поступления сообщения'].diff().groupby(df['тип сообщения']).mean()

with pd.ExcelWriter('tab1.xlsx', engine='xlsxwriter') as writer:

types\_df.to\_excel(writer, sheet\_name='Сравнение данных по типам')

# Таблица 2

recipient\_probabilities = pd.crosstab(df['тип сообщения'], df['адрес абонента'], normalize='index')

theoretical\_probs\_df = pd.DataFrame(P\_ij).transpose()

theoretical\_probs\_df.index.name = "тип сообщения"

theoretical\_probs\_df.columns = [f'Теор. вероятность для получателя {i + 1}' for i in range(len(theoretical\_probs\_df.columns))]

comparison\_probs\_df = recipient\_probabilities.copy()

for col in theoretical\_probs\_df.columns:

recipient\_num = int(col.split()[-1])

comparison\_probs\_df[f'Практ. вероятность для получателя {recipient\_num}'] = recipient\_probabilities[recipient\_num]

comparison\_probs\_df[col] = theoretical\_probs\_df[col]

columns\_order = [f'{desc} {num}' for num in range(1, 6) for desc in ['Практ. вероятность для получателя', 'Теор. вероятность для получателя']]

comparison\_probs\_df = comparison\_probs\_df[columns\_order]

comparison\_probs\_df.to\_excel('tab2.xlsx')

comparison\_probs\_df

# Таблица 3

practical\_counts = df['адрес абонента'].value\_counts().sort\_index()

total\_time = df['время поступления сообщения'].max() - df['время поступления сообщения'].min()

practical\_frequency = practical\_counts / total\_time

total\_messages = len(df)

theoretical\_counts = {recipient: sum([P\_ij[type\_][recipient - 1] \* P\_i[type\_-1] \* total\_messages for type\_ in TYPES]) for recipient in range(1, 6)}

theoretical\_frequency = {recipient: theoretical\_counts[recipient] / total\_time for recipient in range(1, 6)}

comparison\_df = pd.DataFrame({

'Практическое количество': practical\_counts,

'Теоретическое количество': [theoretical\_counts[i] for i in range(1, 6)],

'Практическая частота': practical\_frequency,

'Теоретическая частота': [theoretical\_frequency[i] for i in range(1, 6)],

}).transpose()

comparison\_df.to\_excel('tab3.xlsx')

comparison\_df

# Таблица 4

stream\_stats\_df = pd.DataFrame(index=['Сообщение', 'Получатель', 'Длина', 'Время'])

stream\_stats\_df['Мат ожидание'] = [

df['тип сообщения'].mean(),

df['адрес абонента'].mean(),

df['длина сообщения'].mean(),

df['время поступления сообщения'].mean()

]

stream\_stats\_df['Дисперсия'] = [

df['тип сообщения'].var(),

df['адрес абонента'].var(),

df['длина сообщения'].var(),

df['время поступления сообщения'].var()

]

stream\_stats\_df['Ср кв отклонение'] = [

df['тип сообщения'].std(),

df['адрес абонента'].std(),

df['длина сообщения'].std(),

df['время поступления сообщения'].std()

]

stream\_stats\_df.to\_excel('tab4.xlsx')

stream\_stats\_df

average\_time = df['время поступления сообщения'].mean()

intensity = 1 / average\_time

print(f'Среднее время между поступлением сообщений: {average\_time}')

print(f'Интенсивность: {intensity}')