

ОТЧЕТ

ПО

ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

**« Имитационное моделирование комплекса
многоканальных СМО с ограничением на время ожидания»**

бакалавриат по направлению 01.03.04 Прикладная математика

Учебная дисциплина «Имитационное моделирование»

Группа: БПМ-19-1

Учащийся: Альмиева Р.Р.

Преподаватель: доц., к.т.н. Кожаринов А.С.

Отметка:

Дата защиты: 11.04.2022

2022 г.

Постановка задачи

Описание заданной СМО

В состав рассматриваемой предметной области S входят $M > 1$ ПОЗ, представляющие собой многоканальные СМО с бесконечной очередью и ограничением на время ожидания в очереди. Каждый ПОЗ представляет собой модель ресторанного дворика в виде СМО с нетерпеливыми клиентами.

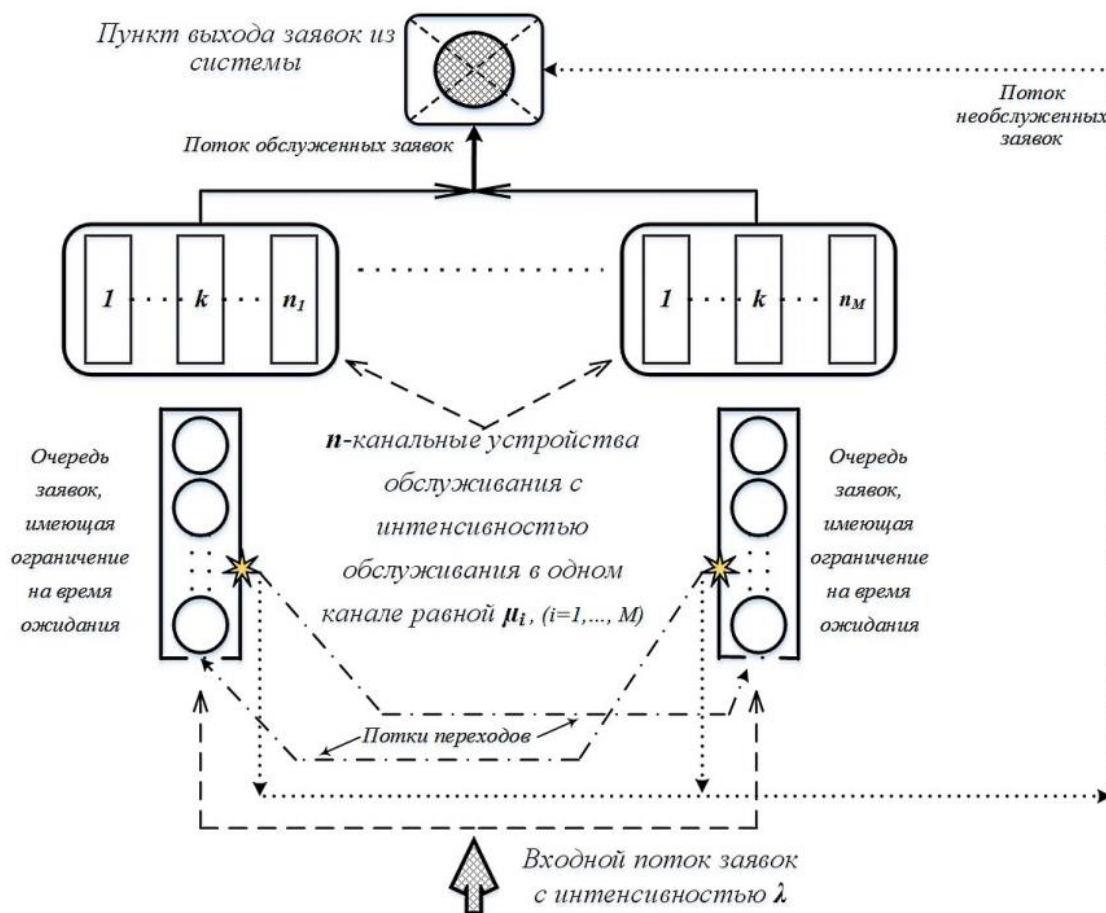


Рис. 1. Общая схема системы

Известны следующие особенности структуры и функционирования системы:

- Все потоки случайных событий системы являются стационарными пуассоновскими.
- В систему S из единственного источника поступает общий входной поток заявок с известной интенсивностью λ .
- Индивидуальное различие заявок отсутствует.
- Каждый ПОЗ принадлежит классу СМО с нетерпеливыми клиентами.
- Количество каналов устройств в разных ПОЗ различно и равно n_i ($i=1, M$).
- В рамках одного устройства интенсивность обслуживания всех каналов одинакова и равно μ_i [заявки/мин] ($i=1, M$).

- Когда очередная заявка поступает в устройство, то её обслуживанием занимается ровно один канал устройства.
- Всё устройство одновременно может обслуживать максимально ni заявок ($i=1,M$).
- Обслуженная заявка освобождает канал и покидает систему в потоке обслуженных заявок через единственный пункт выхода из системы.
- Каждый ПОЗ располагает неограниченной очередью.
- Ограничено время ожидания в очереди – время $T_{ож}$.
- Для упрощения считаем, что для всех ПОЗ, входящих в S , значение $T_{ож}$ одинаково.
- Дисциплина каждой очереди – FIFO (FCFS).

Поведение клиента на фуд-корте

Посетители фуд-корта (ФК) обладают некоторыми дополнительными возможностями поведения в системе, которые могут быть сформулированы в виде следующих правил.

- Каждый клиент, зайдя в ФК, направляется к тому ПОЗ, очередь перед которым наименьшая. Если таких ПОЗ больше одного, то выбор ПОЗ осуществляется случайным образом.
- В момент занятия клиентом очереди в первый или очередной ПОЗ, для него определяется конкретное время ожидания обслуживания в этом ПОЗ.
- Каждый клиент по истечении времени ожидания покидает очередь по одному из двух сценариев:
 - переход к другому ПОЗ
 - уход из ФК необслуженным
- Каждый клиент обладает параметром числа повторных попыток обслуживания. Это свойство определяет сколько раз клиент может переходить от одного ПОЗ к другому.
- Число повторных попыток обслуживания является целочисленной равномерно распределённой в интервале $[0,M]$ величиной. Клиент может возвращаться к тому ПОЗ, который однажды уже покинул. Если клиент исчерпал все попытки, но так и не был обслужен, то он попадает в поток необслуженных заявок и покидает систему.
- Клиент по истечении времени ожидания никогда не покидает очередь в двух случаях:
 - исключение 1: клиент находится на первом или втором месте перед устройством обслуживания
 - исключение 2: перед клиентом ровно два других и количество использованных повторных попыток обслуживания больше нуля

- Обслуживанием посетителя занимается ровно один сотрудник. После обслуживания клиент покидает ФК.
- При переходе к другому ПОЗ (при условии, что у клиента не исчерпано число повторных попыток и не выполняются исключения) клиент выбирает тот из них, очередь перед которым наименьшая. В новом ПОЗ клиент всегда становится в конец очереди.
- Клиент покидает очередь, если выполняются одновременно следующие условия:
 - время ожидания в очереди истекло
 - клиент находится в очереди на третьем месте и далее от устройства
 - исчерпано число повторных попыток обслуживания

Численные значения характеристик СМО

Данные для решения задачи согласно варианту №1:

| Количество пунктов обслуживания заявок, M | Количество каналов в устройствах ПОЗ, n_i | Среднее время ожидания, $\bar{T}_{\text{ож}}$, [мин] | Контрольное условие эффективности системы S |
|---|---|---|---|
| 5 | $n_1 = n_2 = 2$ $n_3 = n_4 = 3$ $n_5 = 4$ | 9,50 | $P_{0,s} \leq 0,2$ |

Табл. 1. Исходные данные

Период моделирования – с 7:00 до 24:00.

Содержание задачи

Разработанная ИМ должна определять заданное множество специальных статистик для системы в целом и для каждой ПОЗ в отдельности (см. табл. 2)

| Определяемые характеристики и показатели эффективности СМО | | |
|--|--------------------|--------------------|
| Название характеристики (показателя) СМО | Способ отображения | |
| | Число | График (диаграмма) |
| Система в целом | | |
| Интенсивность входного потока в S | + | — |
| Интенсивность выходного потока обслуженных заявок из S | + | — |
| Интенсивность выходного потока необслуженных заявок из S | + | — |
| Оценка вероятности простоя системы в целом $P_{0,s}$ | + | + |

| | | |
|---|---|---|
| Количество заявок, вошедших в систему | + | — |
| Общее число обслуженных заявок | + | — |
| Общее число заявок, покинувших систему необслуженными | + | — |
| Общее число переходов из одного ПОЗ в другой | + | — |
| Среднее число заявок в системе | + | + |
| Среднее число заявок во всех очередях | + | + |
| Среднее число заявок, находящихся на обслуживании | + | + |
| Среднее время пребывания заявки в системе | + | + |
| Пункт обслуживания заявок | | |
| Интенсивность обслуживания одним каналом | + | — |
| Оценка вероятности простоя для каждого устройства p_0 | + | — |
| Интенсивность потока покидания очереди | + | + |
| Число обслуженных заявок | + | — |
| Число заявок покинувших очередь необслуженными | + | — |
| Среднее время пребывания заявки в ПОЗ | + | — |
| Среднее время ожидания заявки в очереди | + | — |
| Среднее число занятых каналов | + | + |
| Среднее число заявок в очереди | + | + |

Табл. 2. Определяемые характеристики и показатели эффективности СМО

Описание имитационной модели

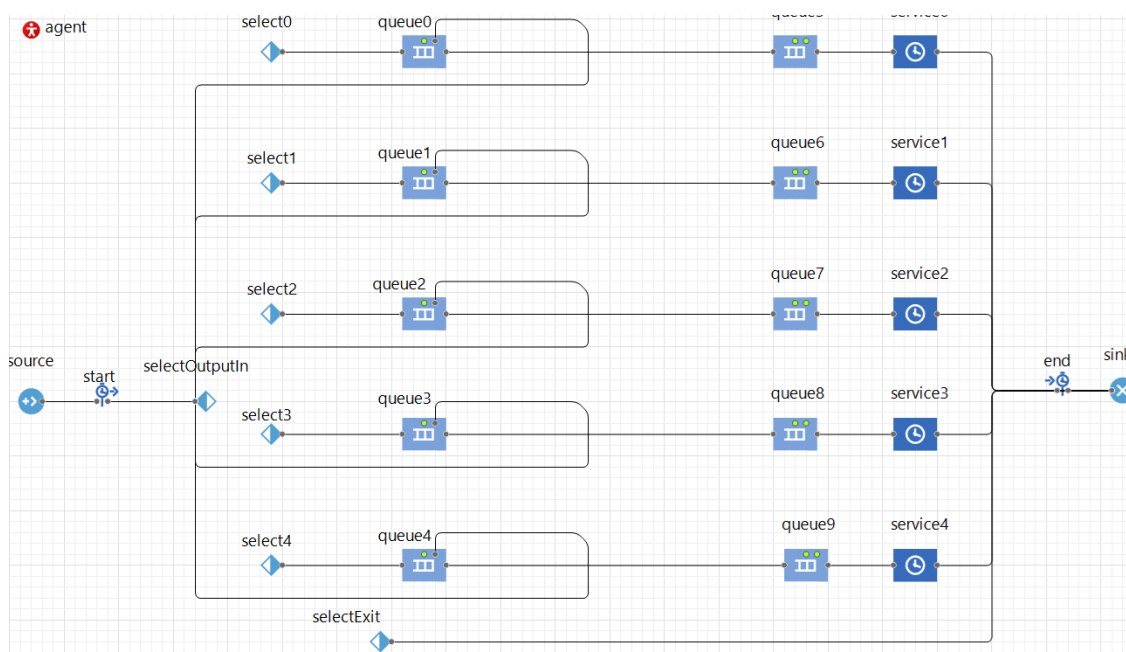


Рис. 2. Имитационная модель

На рис. 3 представлены функция, которая вызывается в selectOutputIn для выбора дальнейшего движения агента к одному из selectOutputOut. Вспомогательные для вычисления времени простоя системы для вычисления вероятности ее простоя. А также, интенсивность входного потока, которая подбирается в соответствии с условиями задания, заданные величины и интенсивности обслуживания в каналах всех ПОЗ, выбранные самостоятельно. В третьем столбце находятся величины, характеризующие систему в целом.



Рис. 3. Характеристики ИМ

В качестве заявки в системе выступает агент типа Client, обладающий свойствами представленными на рис. 4. Они соответственно отражают: количество попыток получить обслуживание, определяемое в блоке source, номер очереди, в которой агент был в последний раз или -1, момент попадания в устройство, момент попадания в очередь.

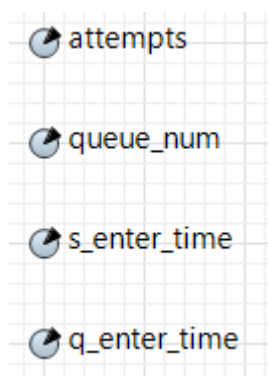


Рис. 4. Свойства агента

На рис. 5 представлены величины, отображающие характеристики каждого ПОЗ.

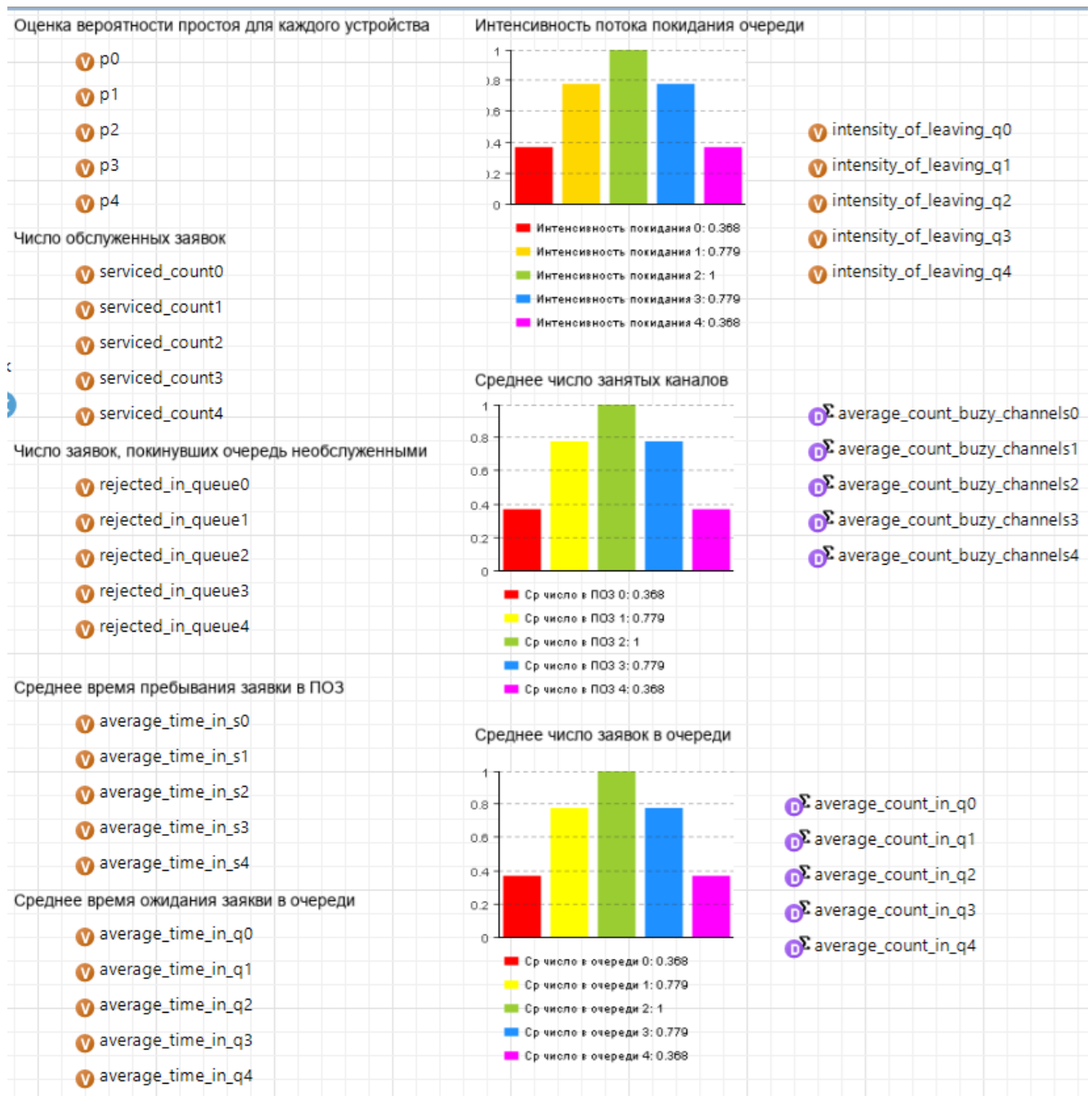


Рис. 5. Характеристики ИМ.

- Блок source

Прибывают согласно интенсивности – λ

Действия

До прибытия:

При подходе к выходу:

При выходе:

Рис. 6. Блок source

- Блок selectOutputIn

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить

Выход выбирается: ☒ Явно ☐ Заданной вероятностью

Блок SelectOutputOut:

Рис. 7. Блок selectOutputIn

- Блок selectOutputOut

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить

Тип агента:

Блок SelectOutputIn:

Вероятность (если применимо):

Рис. 8. Блок selectOutputOut

- Блок queue с индексами от (0 – 4). Здесь находятся агенты, которые в очереди находятся не на первых двух позициях, то есть у них есть вероятность покинуть очередь не дождаввшись обслуживания.
 - Максимальная вместимость
 - Очередь FIFO
 - Разрешить уход по таймауту
 - Таймаут - T

▼ Действия

При входе:

При подходе к выходу:

При выходе:

При уходе по таймауту:

При извлечении:

Рис. 9. Queue(0 – 4)

- Блок queue с индексом (5 – 9)
 - Вместимость - n_i
 - Очередь FIFO

| | |
|-----------------------|---|
| При входе: | |
| При подходе к выходу: | |
| При выходе: | <pre> long count = selectOutput.outF.count() + queue5.out.count(); average_time_in_q0 = (average_time_in_q0 * count - agent.q_enter < </pre> |
| При извлечении: | |

Рис. 11. Queue (5 – 9)

○ Блок service

- Время задержки - $\text{exponential}(\mu_i)$
- Вместимость – n_i

| | |
|-----------------------|---|
| При входе: | <pre> agent.s_enter_time = time(); </pre> |
| При подходе к выходу: | |
| При выходе: | <pre> long count = service0.out.count(); average_time_in_s0 = (average_time_in_s0 * count - agent.s_enter //downtime probability p0 = 1 - average_time_in_s0 * (count + 1) / n0 / time(); < </pre> |
| При извлечении: | |

Рис. 12. Блок service

○ Блок sink

Здесь вычисляется большая часть характеристик ИМ

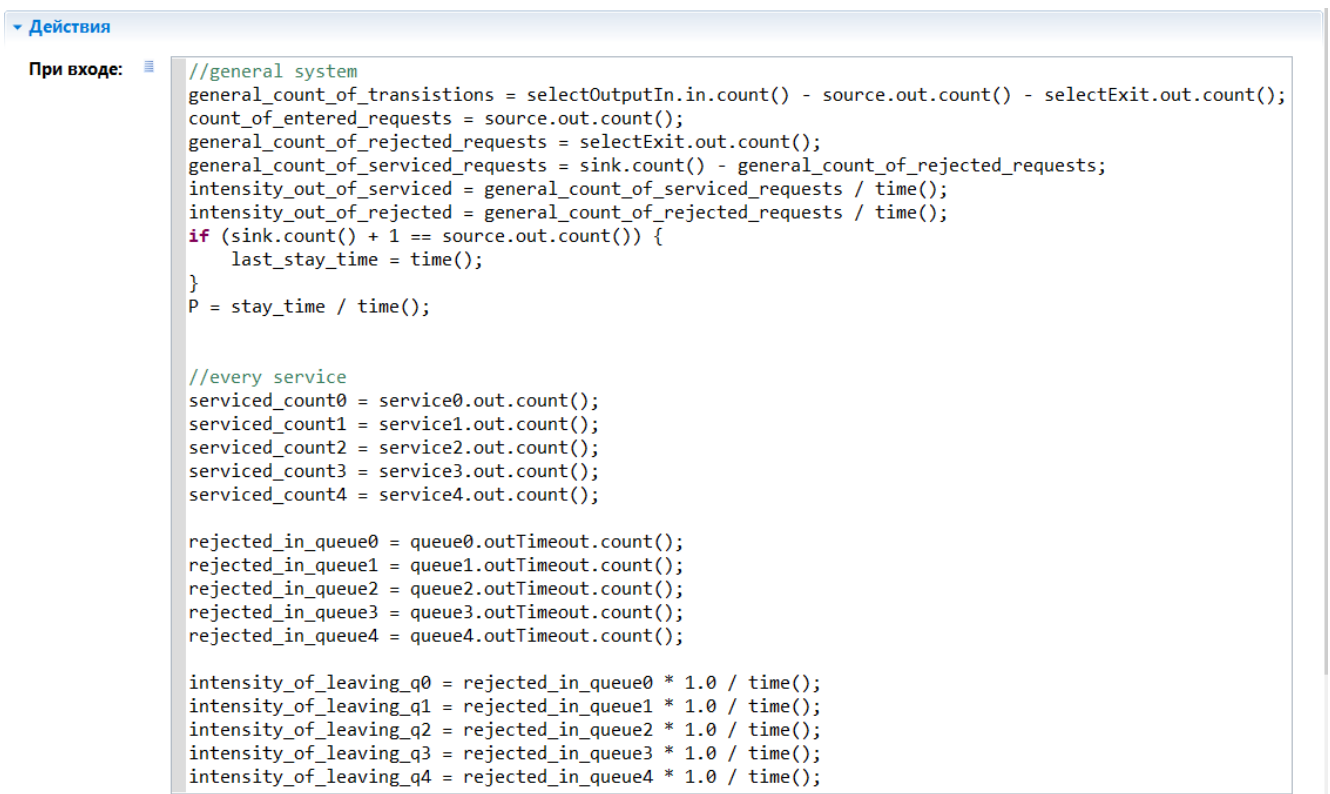


Рис. 13. Блок sink

Результаты моделирования

Вероятность простоя системы равная 0.001, что меньше заданной 0.2, достигается при интенсивности входного потока, равного 3 [заяв / мин].

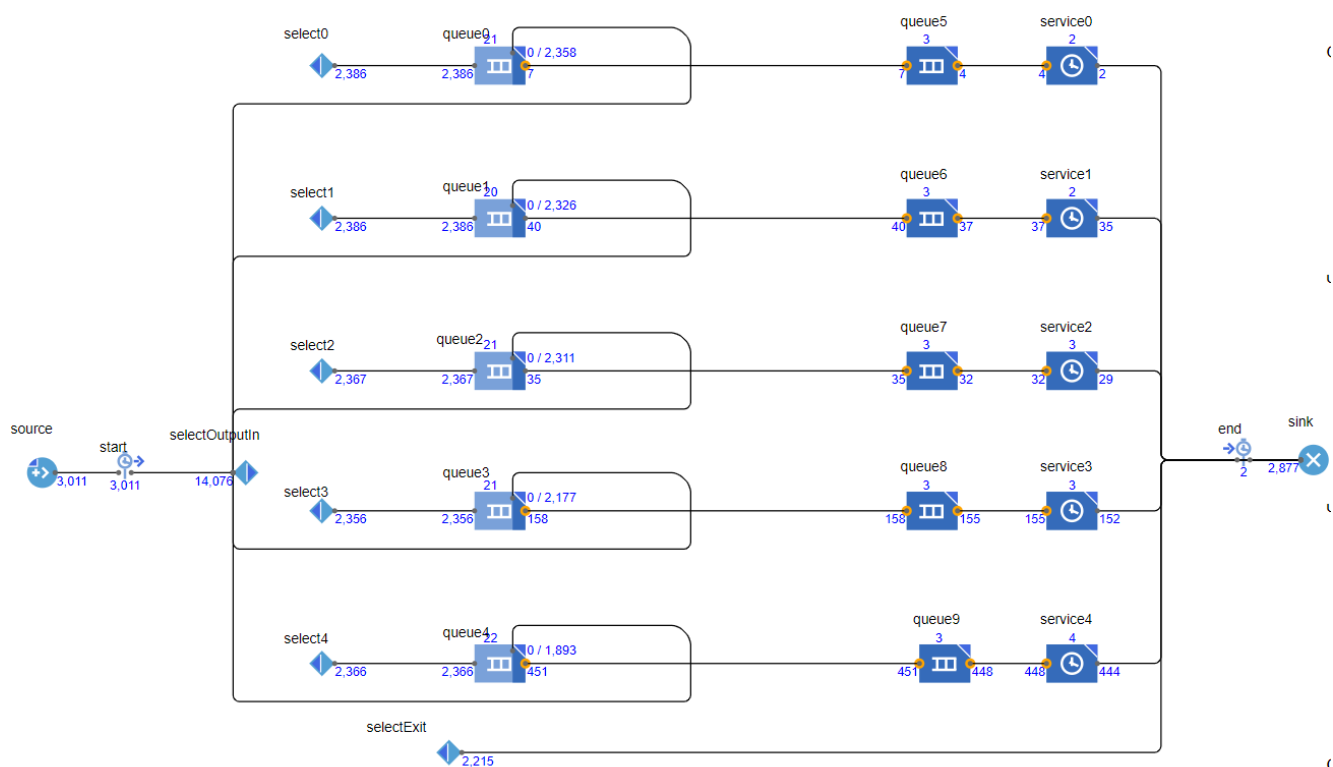


Рис. 13. Результат работы ИМ

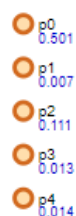


Рис. 14. Вспомогательные величины, константные значения, Характеристики системы в целом

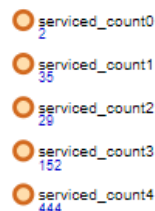


Рис. 15. Графики и диаграммы изменения некоторых величин для системы в целом

Оценка вероятности простоя для каждого устройства



Число обслуженных заявок



Число заявок, покинувших очередь необслуженными



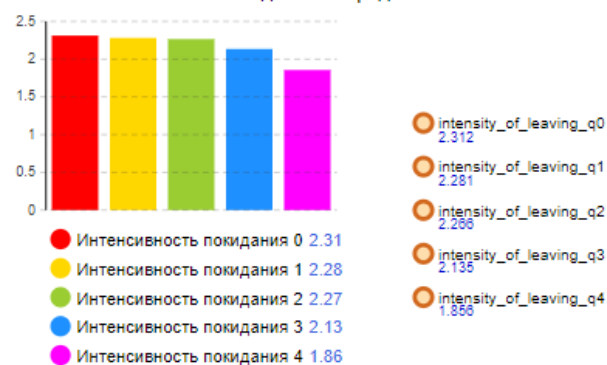
Среднее время пребывания заявки в ПОЗ



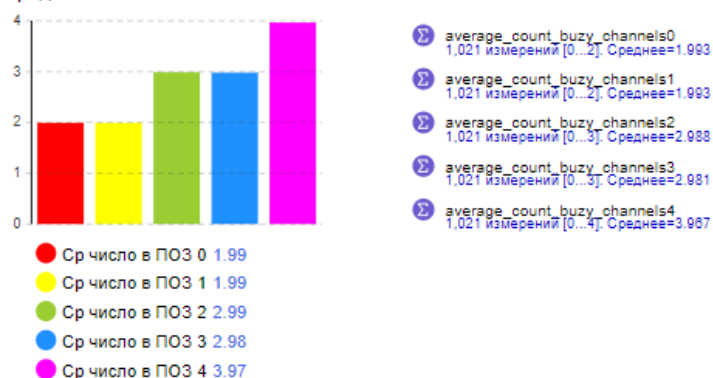
Среднее время ожидания заявки в очереди



Интенсивность потока покидания очереди



Среднее число занятых каналов



Среднее число заявок в очереди



Рис. 16. Величины и диаграммы для каждого ПОЗ

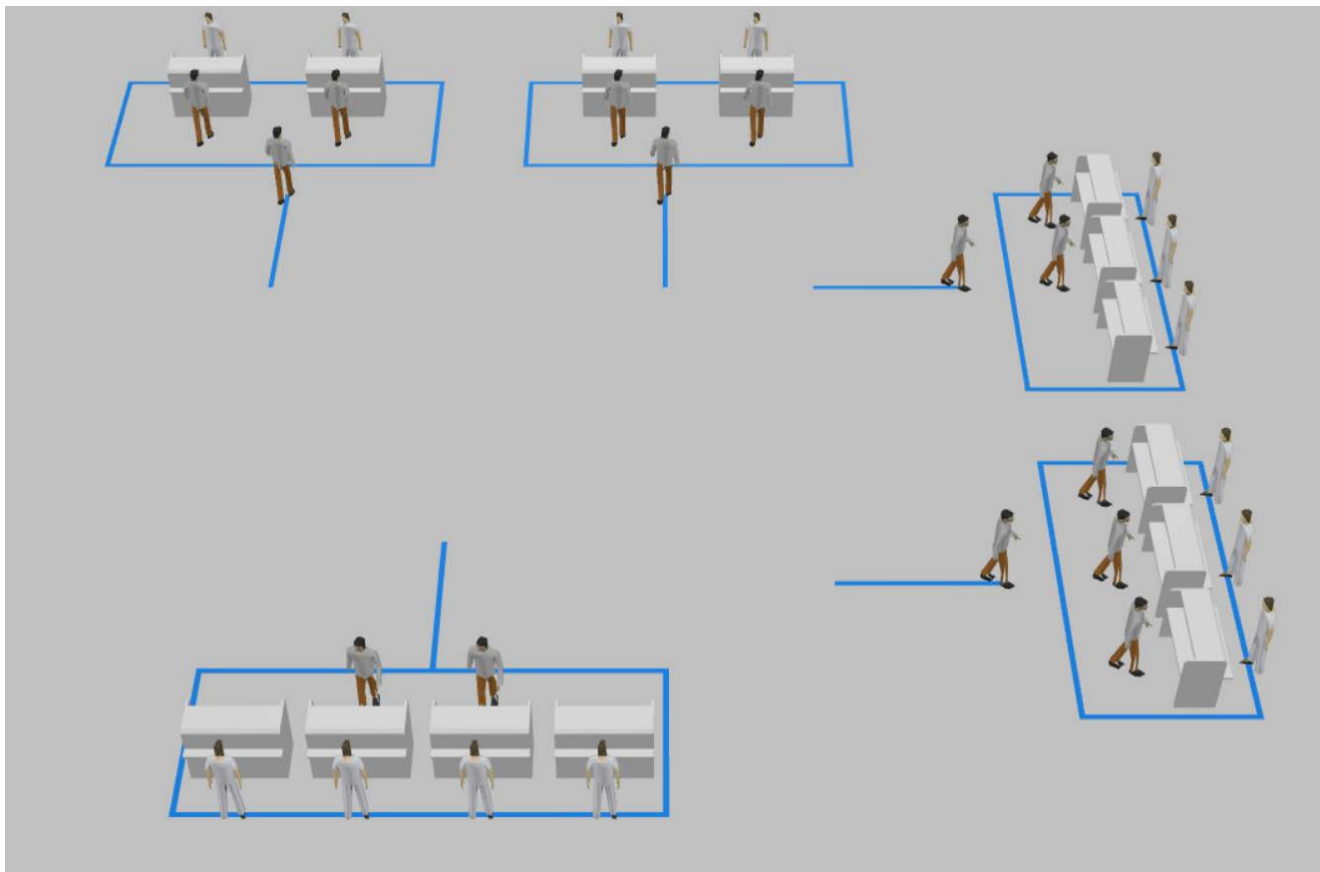


Рис. 17. Визуализация работы РД с 5 ПОЗ

Выводы по лабораторной работе

В ходе лабораторной работы была создана модель, имитирующая работу ресторанного дворика с 5 пунктами обслуживания, то есть была смоделирована многоканальная СМО с нетерпеливыми клиентами.

В процессе лабораторной работы была получена такая интенсивность входного потока, которая гарантирует выполнение условия: вероятность простоя меньше либо равна 0.2, при ранее выбранных значениях интенсивностей обслуживания в каналах устройств.

Также были определены необходимые характеристики и показатели эффективности СМО.

Процесс функционирования ресторанного дворика с 5 пунктами обслуживания заявок был визуализирован с помощью 3D графики.