

## ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ №5

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ОЖИДАНИЕМ

#### ЦЕЛИ ЗАНЯТИЯ

- освоение методов работы с библиотекой моделирования процессов;
- освоение моделирования систем массового обслуживания;
- приобретение навыков агентного моделирования.

#### СТУДЕНТ ДОЛЖЕН ЗНАТЬ

- ⌚ основы теории массового обслуживания,
- ⌚ понятия: агент, источник, очередь, захват, удержание,
- ⌚ интерфейс программы AnyLogic.

#### СТУДЕНТ ДОЛЖЕН УМЕТЬ

- ⌚ создавать модели в программе AnyLogic.

#### ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ

- ⌚ компьютер с установленной программой AnyLogic версии 7.3.4,
- ⌚ настоящий курс лабораторно-практических работ.

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

В этой работе требуется построить модель системы массового обслуживания с ожиданием (чистой) и сравнить результат имитационного эксперимента с теоретическим расчетом по формулам Эрланга.

##### 5.1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Системы массового обслуживания делятся на два основных типа:

- а) системы с отказами;
- б) системы с ожиданием.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 2.** *Системой с отказами называется такая система массового обслуживания, в которой заявка, поступившая в момент, когда все каналы обслуживания заняты, немедленно получает отказ, покидает систему и в дальнейшем процессе обслуживания не участвует.*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 21.1.** *Система массового обслуживания называется системой с ожиданием, если заявка, заставшая все каналы занятыми, становится в очередь и ждет, пока не освободится какой-нибудь канал.*

*При этом, если время ожидания заявки в очереди ничем не ограничено, то система называется «чистой системой с ожиданием». Если же оно ограничено какими-то условиями, то система называется «системой смешанного типа». Это промежуточный случай между чистой системой с отказами и чистой системой с ожиданием.*

Такие системы можно описать, если задать:

- 1) входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание;
- 2) дисциплину постановки в очередь и выбор из нее;
- 3) правило, по которому осуществляется обслуживание;
- 4) выходящий поток требований;
- 5) режимы работы.

В качестве характеристик эффективности обслуживания – в зависимости от условий задачи и целей исследования – могут применяться различные величины и функции, например:

- средний процент заявок, получающих отказ и покидающих систему необслуженными;
- среднее время «простоя» отдельных каналов и системы в целом;
- среднее время ожидания в очереди;
- вероятность того, что поступившая заявка немедленно будет принята к обслуживанию;
- закон распределения длины очереди и т.д.

Каждая из этих характеристик описывает, с той или с другой стороны, степень приспособленности системы к выполнению потока заявок, иными словами – ее пропускную способность.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ 1.** *Пропускной способностью* называется среднее число заявок, которые система может обслужить в единицу времени. *Относительной пропускной способностью* называется среднее отношение числа обслуженных заявок к числу поданных.

Пропускная способность (как абсолютная, так и относительная) в общем случае зависит не только от параметров системы, но и от характера потока заявок. На практике обычно моменты поступления заявок, равно как и время обслуживания заявок, случайны.

## 5.2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Различают две основные характеристики, на основе которых строится решение задач в системах массового обслуживания (СМО):

- интенсивность входящих требований ( $\lambda$  – , где – средний интервал времени между поступившими заявками);
- интенсивность обслуживания требований ( $\mu$  — , где – среднее время обслуживания).

В обоих случаях интенсивности понимаются как среднее число требований (входящих и обслуживаемых) в единицу времени.

Задача считается решенной, если для системы массового обслуживания удастся получить выше перечисленные количественные показатели качества ее функционирования и выразить их через параметр  $\rho$  –.

В чистой системе с ожиданием не всегда возможен предельный стационарный режим при  $\rho = 1$ . Он существует только при  $\rho < 1$ , где  $n$  – число каналов обслуживания. В противном случае число заявок в очереди станет неограниченно возрастать.

Примем следующие предположения:

- пусть заданы  $\lambda$ ,  $\mu$  и  $n$ ;
- входящий поток требований или заявок, которые поступают на обслуживание: экспоненциальный с заданным временем между прибытиями;

- дисциплина постановки в очередь и выбор из нее: «раньше поступил - раньше обслужился»;
- правило, по которому осуществляется обслуживание: беспriorитетное;
- выходящий поток требований: несущественен;
- режимы работы: без отказов и прерываний.

Требуется:

- 1) теоретически рассчитать:
  - вероятность того, что все каналы свободны;
  - вероятность того, что все каналы заняты;
  - среднее время ожидания;
  - среднюю длину очереди;
  - среднее время пребывания в системе;
  - среднее число требований, находящихся в системе;
 по ниже приведенным формулам:

$$\begin{aligned}
 P_0 &= \frac{1}{1 + \lambda \cdot \frac{1}{\mu}} \\
 P_n &= \frac{\lambda^n}{n! \cdot \mu^n} \cdot P_0 \\
 L &= \lambda \cdot \frac{1}{\mu} \\
 W &= \frac{L}{\lambda} \\
 W_q &= \frac{L}{\lambda} - \frac{1}{\mu}
 \end{aligned}$$

- 2) Создайте логику модели - вам понадобятся число параметров, равное числу каналов обслуживания плюс 2 (счетчики числа заявок, обслуженных каждым каналом, заявок в очереди и заявок в системе); элементы библиотеки моделирования процессов – source, queue (очередь), hold (захват), delay (задержка), sink (сток), блоки TimeMeasureStart и TimeMeasureEnd; из палитры Разметки пространства – прямоугольный узел; элементы палитры Статистика - статистика, столбиковая диаграмма, гистограмм; а фрагменты программы на языке Java, определяющие логику модели, а также свой тип заявки Entity без параметров;
- 3) установите начальные значения параметров в 0;
- 4) создайте презентацию агента;
- 5) создайте диаграмму моделирования процесса и настройте ее свойства согласно вашему индивидуальному заданию;
- 6) создайте презентацию очереди с помощью прямоугольного узла;
- 7) для анализа динамических свойств модели организуйте сбор данных о работе очереди и каналов обслуживания, определение времени, потраченного на обслуживание каждой заявки каждым каналом;
- 8) для каждого канала добавьте на презентацию столбиковую диаграмму загруженности каждого канала и гистограмму распределения времени обработки заявки с отображением плотности вероятностей и среднего значения, а также столбиковую диаграмму, отображающую среднюю длину

- очереди и среднее число требований, находящихся в системе;
- 9) запустите модель и проанализируйте работу системы;
- 10) сравните среднюю длину очереди и среднее число требований, находящихся в системе, полученные в результате эксперимента, с рассчитанными теоретически;
- 11) отправьте модель на проверку преподавателю, прикрепив файл с расширением alp.

№ варианта	Задание
1	Ателье принимает заказы на ремонт верхней одежды. В среднем в течении месяца поступает 10 заявок от заказчиков. Выполняют заказы 5 мастеров, каждый из которых затрачивает в среднем на выполнение одного заказа 12 дней.
2	Фирма «Заря» принимает заказы на выполнение различного рода услуг. В среднем каждые две минуты поступает одна заявка. Заказы принимаются одновременно двумя дежурными. Оформление каждого заказа длится в среднем 8 минут.
3	В салоне красоты имеется 4 мастера маникюра. В среднем в течение часа в салон обращаются 3 клиента сделать маникюр. Обслуживание каждого клиента длится в среднем 25 минут.
4	В отделении сбербанка имеется 3 кассы, принимающие платежи. В среднем в течение часа в сбербанк заходят 50 клиентов для оплаты различных платежей. Обслуживание каждого клиента длится в среднем 5 минут.
5	В супермаркете расчет за покупки осуществляется 3 контроллерами-кассирами. В среднем в течение часа в магазин заходят 120 покупателей. Обслуживание каждого покупателя длится в среднем 1 минуту.
6	В мотель для профилактического осмотра в случайные моменты времени прибывают автомобили. В среднем за час прибывает 10 машин; обслуживание каждого автомобиля длится в среднем 30 минут. Профилактический осмотр поступающих автомашин осуществляет одна бригада мастеров.
7	На автозаправочную станцию в среднем каждый час прибывает одна автомашина с грузом. На станции действует 5 бензоколонок. Обслуживание каждого автомобиля длится в среднем 3 минуты.
8	На плодоовощную базу в среднем каждую минуту прибывают автомобили. Разгрузку производят две бригады грузчиков. Среднее время разгрузки одной машины составляет 2 часа.
9	В поликлинике в одну смену находятся на приеме два врача - офтальмолога. В среднем в течение часа в поликлинику приходят 10 пациентов к врачу данного профиля. Обслуживание каждого пациента длится в среднем 15 минут.
10	В пункте продажи социальных транспортных карт продажа осуществляется 2 сотрудниками. В среднем в течение часа в пункт заходят 15 человек. Социальная карта оформляется в среднем 10 минут.