

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 «ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МНОГОПОДХОДОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ ANYLOGIC»

**Цели лабораторной работы.** Исследование технологии имитационного моделирования сетей массового обслуживания в среде AnyLogic.

**Трудоемкость лабораторной работы:** 9 ч (6 ч – аудиторных, 3 ч – самостоятельная работа студента).

**Компетенции студента, формируемые в результате выполнения лабораторной работы.**

- способность проводить моделирование процессов и систем (ПК-5);
- способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений (ПК-25).

### **Краткие теоретические сведения.**

#### СеМО с однородным потоком заявок

Для описания линейных разомкнутых и замкнутых однородных экспоненциальных СеМО необходимо задать следующие **параметры**:

- число узлов в сети  $n$ ;
- число обслуживающих приборов в узлах сети  $K_1, \dots, K_n$ ;
- матрицу вероятностей передач  $P = [p_{ij} / i, j = 0, 1, \dots, n]$ ;
- интенсивность  $\lambda_0$  источника заявок, поступающих в РСеМО, или число заявок  $M$ , циркулирующих в ЗСеМО;
- средние длительности обслуживания заявок в узлах сети  $b_1, \dots, b_n$ .

Условие отсутствия перегрузок в разомкнутой СеМО предполагает отсутствие перегрузок в каждом из узлов сети. В замкнутой СеМО перегрузки не возникают.

**Характеристики СеМО** делятся на узловые и сетевые.

Состав узловых характеристик СеМО, работающей в стационарном режиме, такой же, как и для СМО.

На основе узловых характеристик рассчитываются средние значения сетевых характеристик СеМО:

- суммарная нагрузка  $Y$  и загрузка  $R$ ;
- среднее суммарное число заявок  $L$  во всех очередях сети;
- среднее суммарное число заявок  $M$  в разомкнутой сети (во всех узлах);
- среднее время ожидания  $W$  и пребывания заявок  $U$  в сети;
- $\alpha_j = \lambda_j / \lambda_0$  - коэффициент передачи для узла  $j$ , показывающий среднее число попаданий заявки в узел  $j$  за время ее нахождения в сети;
- производительность  $\lambda_0$  замкнутой СеМО.

Для неоднородной СеМО перечисленные характеристики определяются как для каждого класса в отдельности, так и для объединенного (суммарного) потока заявок.

#### Линейные разомкнутые однородные экспоненциальные СеМО

Условие отсутствия перегрузок в РСеМО:

$$\lambda_0 < \min \left( \frac{K_1}{\alpha_1 b_1}, \frac{K_2}{\alpha_2 b_2}, \dots, \frac{K_n}{\alpha_n b_n} \right)$$

Расчет характеристик базируется на эквивалентном преобразовании сети, позволяющем представить разомкнутую экспоненциальную СеМО в виде совокупности независимых экспоненциальных СМО, и проводится в три этапа:

- 1) расчет интенсивностей потоков заявок в узлах РСеМО;
- 2) расчет узловых характеристик:
  - загрузка узла  $\rho_j$ ;
  - нагрузка узла  $u_j$ ;
  - коэффициент простоя узла  $\eta_j$ ;
  - время ожидания заявок в узле:  $w_j$ ;
  - время пребывания заявок в узле  $u_j$ ;
  - длина очереди заявок  $l_j$ ;
  - число заявок в узле (в очереди и на обслуживании в приборе):  $m_j$ .

#### Линейные замкнутые однородные экспоненциальные СеМО

В замкнутых СеМО всегда существует установившийся режим.

Расчет характеристик функционирования замкнутых СеМО с одноканальными узлами проводится с использованием метода средних значений в три этапа:

- 1) расчет коэффициентов передач в узлах замкнутой;
- 2) расчет характеристик ЗСеМО с использованием рекуррентных соотношений для значений  $M$ ;
- 3) расчет остальных узловых и сетевых характеристик.

#### Имитационная модель СеМО в Anylogic

Разместите источники агентов сети массового обслуживания Source (например, в случае моделирования гипермаркета с множеством магазинов вход один, значит, и источник в модели один) и требуемое количество результирующих выходов Sink.

Для моделирования узлов СеМО следует воспользоваться библиотекой моделирования процессов. Каждый узел СеМО представляет собой СМО, а значит, очередь (блок Queue) и задержку (блок Delay). Для упрощения схемы СеМО элементы целесообразно объединить в блок. Для этого в меню ПКМ на выбранных блоках (моделирующих отдельную СМО) надо выбрать «Создать блок диаграммы процесса».

Для моделирования переходов заявки из узла в узел (например, клиента гипермаркета – из магазина в магазин) созданные СМО соединяются через блок SelectOutput (если 2 варианта перехода) или SelectOutput5 (если 5 вариантов переходов). При ином количестве вариантов переходов применяются комбинации этих элементов. По умолчанию переход по какой-либо из ветвей блока SelectOutput вероятностный.

Следует также учесть, что из узла, моделирующего СМО, заявка может перейти как в другой узел, так и на выход из сети. Также надо помнить, что различные узлы сети могут содержать разное количество приборов, очередей, иметь разные параметры. Например, при моделировании гипермаркета, могут быть узлы без очередей (только с одним блоком Delay), имитирующие лестницы, эскалаторы и т.п.). Важно отследить, чтобы все агенты «нашли выход».

Пример возможной схемы СеМО и ее структурных элементов в Anylogic приведены на рисунках 22, 23.

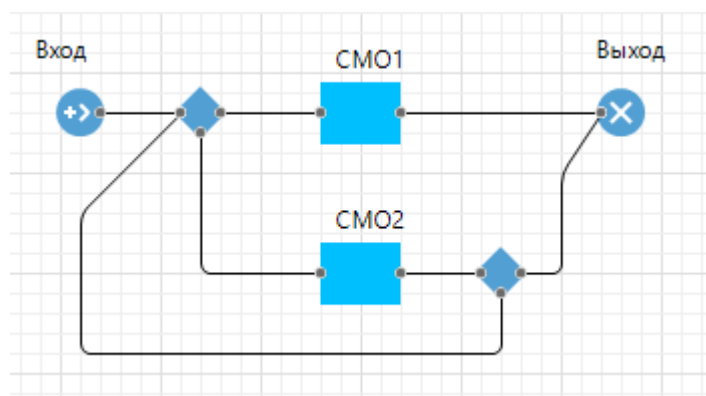


Рисунок 22 – Структурная схема СеМО в Anylogic

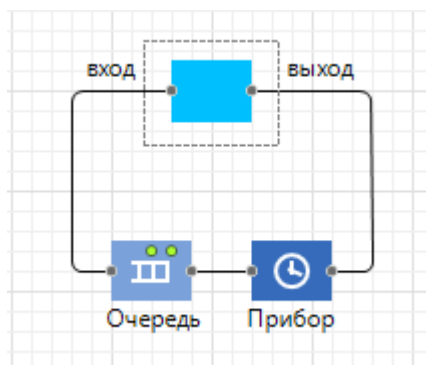


Рисунок 23 – Структурная схема узла СеМО в Anylogic

### Программа и методика выполнения работы.

1. Нарисовать граф сетевой модели вычислительной системы, заданной по варианту (Таблицы 6, 7) известны следующие параметры:

- 1) матрица  $P$  вероятностей передач (Таблица 7);
- 2) интенсивность поступления заявок в сеть (Таблица 6);
- 3) число обслуживающих приборов в узлах 1, 2, 3 (Таблица 6);
- 4) средние длительности обслуживания заявок в узлах 1, 2, 3 (Таблица 6).

2. Для заданной модели проверить аналитически, существует ли перегрузка сети. Если сеть перегружена, определить максимально допустимое значение интенсивности потока заявок в сеть, при котором в сети будут отсутствовать перегрузки. Определить, в каком из узлов происходит перегрузка и выдать рекомендации об изменении количества приборов в этом узле при условии заданной по варианту интенсивности потока заявок в сеть.

3. Построить имитационную модель сети. В модели организовать сбор статистики для подтверждения аналитических расчетов из п.2. Организовать эксперимент с подбором параметров (количества приборов в СМО, интенсивности входящего потока заявок).

Таблица 6 – Варианты заданий

Вариант	P	$\lambda_0, c^{-1}$	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$b_1, c$	$b_2, c$	$b_3, c$
1	P <sub>1</sub>	0,1	1	2	3	2	6	4
2	P <sub>2</sub>	0,2	2	4	5	4	5	3
3	P <sub>3</sub>	0,4	3	1	2	3	1	2
4	P <sub>1</sub>	0,2	4	3	4	1	9	5
5	P <sub>2</sub>	0,3	5	5	1	3	2	4
6	P <sub>3</sub>	0,1	1	4	3	2	4	6
7	P <sub>1</sub>	0,4	2	2	4	1	2,5	3
8	P <sub>2</sub>	0,2	3	5	2	3	6	4
9	P <sub>3</sub>	0,1	4	3	1	4	3	5
10	P <sub>1</sub>	0,5	5	1	5	0,5	6	4
11	P <sub>2</sub>	0,3	1	5	3	1	5	3
12	P <sub>3</sub>	0,2	2	3	1	5	2	0,6
13	P <sub>1</sub>	0,1	3	1	5	3	2	5
14	P <sub>2</sub>	0,3	4	4	2	2	7	4
15	P <sub>3</sub>	0,5	5	2	4	5	0,6	2

Таблица 7 – Матрицы вероятностей передач

Узел	P <sub>1</sub>				P <sub>2</sub>				P <sub>3</sub>			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
0	0	0,5	0,5	0	0	0,8	0,2	0	0	0,5	0,5	0
1	0	0,95	0	0,05	0	0,8	0	0,2	0	0,5	0	0,5
2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,8	0

### Описание лабораторной установки.

При выполнении лабораторной работы используется компьютер с установленным программным пакетом AnyLogic. Структура программного пакета и реализуемые им функции приведены на официальном сайте программного продукта <http://www.anylogic.ru/anylogic/help/>.

### **Результаты экспериментальных исследований.**

Привести аналитические расчеты и статистические данные из имитационной модели.

### **Содержание отчета.**

Отчет по выполняемой лабораторной работе выполняется каждым студентом индивидуально на листах формата А4 в рукописном или машинном варианте исполнения и должен содержать:

- название работы;
- цель и задачи исследований;
- аналитические расчеты в соответствии с программой выполнения работы;
- результаты экспериментальных исследований на имитационной модели;
- выводы по работе.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое сеть массового обслуживания, из каких компонентов она состоит?
2. Для чего применяются динамические значения параметров в окне презентации?
3. В чем смысл эксперимента в программе AnyLogic?
4. Какие типы экспериментов поддерживаются программой AnyLogic?
5. Как изменить текущие значения переменных и параметров модели при ее выполнении?
6. Как показать график изменения переменной модели?
7. Как запустить компиляцию модели в программный код на языке Java?
8. Как создать параметр и присвоить ему значение?
9. Из каких элементов состоит агентная модель?
10. Что является агентом в выполненной работе?
11. Каким образом задается индивидуальное поведение агента?
12. Как установить синхронизацию действий агентов?
13. Опишите классы, входящие в построенную модель.
14. Какие события определены в модели, какие функции с ними связаны?
15. Какие типы сбора статистики поддерживаются программой?

### **Библиографический список рекомендуемой литературы**

1. Шелухин О.И. Моделирование информационных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шелухин О.И.— Электрон. текстовые данные.— М.: Горячая линия - Телеком, 2012.— 536 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12002>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.
2. Справочное руководство пакета AnyLogic  
<http://www.anylogic.ru/anylogic/help/>
3. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем [Текст]: учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с. [http://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi\\_modelirovania\\_sistem.pdf](http://www.anylogic.ru/upload/pdf/osnovi_modelirovania_sistem.pdf)