

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Отделение информационных технологий  
Направление подготовки 09.04.04 Программная инженерия

**Отчёт по лабораторной работе №3**  
**Исследование работы системы массового обслуживания средствами**  
**имитационного моделирования**

по дисциплине Анализ, моделирование и оптимизация систем

Вариант 14

Выполнил студент гр. 8ПМ4Л

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Дата

Сокуров Р.Е.  
Фамилия И.О.

Проверил к.т.н, доцент ОИТ

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Дата

Марухина О.В.  
Фамилия И.О.

Томск 2024 г.

## **Цель**

Цель работы – исследование работы системы и оценка ее ключевых параметров посредством имитационного моделирования. Работа с локальными и глобальными переменными в среде Arena.

## **Методические рекомендации к лабораторной работе**

1. Определите основные характеристики работы СМО. Проведите моделирование СМО, используя тот факт, что системы – марковские. Используйте локальные переменные транзакта для подсчета количества покупок каждым покупателем (количества книг – каждым читателем). Осуществите сбор стандартной статистики по приборам и очередям.

2. Оформите отчет, загрузите на проверку. Добавьте в отчет все необходимые скриншоты, отображающие моделирование и результаты. Сделайте выводы.

3. Загрузите также все файлы Arena.

## **Варианты заданий**

Информационный центр располагает 3 стеллажами с различной литературой (книгами, брошюрами, документацией и т.д.). Приход посетителей имеет экспоненциальный характер с интервалом  $a$  минут. Каждый посетитель может обойти один или несколько стеллажей, отбирая необходимую ему литературу. Вероятность обхода конкретного стеллажа  $b$ , время, требуемое для его обхода  $c$ , число отобранной литературы у данного стеллажа  $d$ . На выходе происходит регистрация выбранной посетителем литературы. Она пропорциональна числу выбранной литературы и составляет  $e$  сек. на 1 книгу. При ожидании своей очереди регистрации любой посетитель может подобрать еще  $f$  интересующих его брошюр. Постройте модель, описывающую данный процесс при 6-часовом режиме работы и определите максимальную длину очереди для регистрации, нагрузку регистратора и максимальное количество посетителей, находящихся в информационном центре одновременно. Отобразите динамику – график – показывающий

количество посетителей в информационном центре в каждый период времени моделирования.

Варианты заданий приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Вариант лабораторной работы

№ Варианта	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
14	80	0,75	155±35	3±1	25	3±1

## Ход работы

Была составлена модель согласно описанному варианту задания:

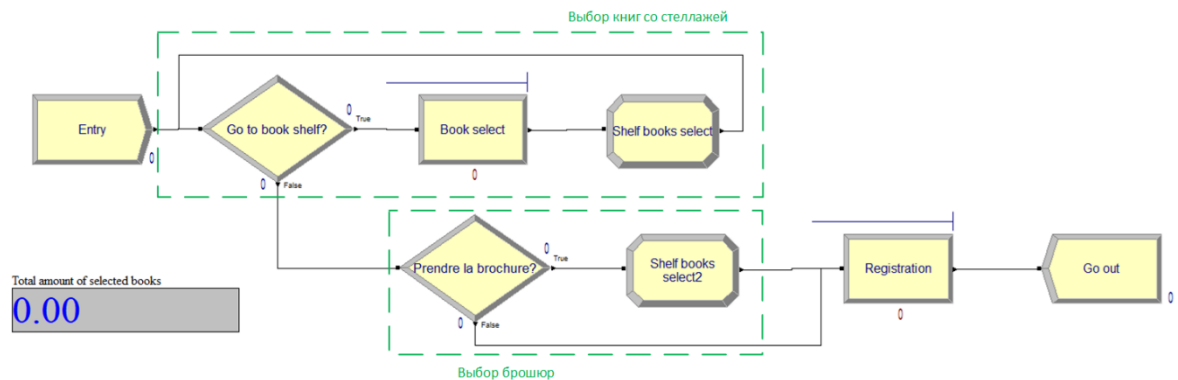


Рисунок 1 – Модель информационного центра

Стоит отметить, что фраза «При ожидании своей очереди регистрации любой посетитель может подобрать еще  $f$  интересующих его брошюр» была реализована через блок «Prendre la brochure?» и вероятность взятия брошюр была выбрана равной 0,5 (ведь человек может взять брошюру, а может и не взять). Далее была запущена симуляция работы информационного центра:

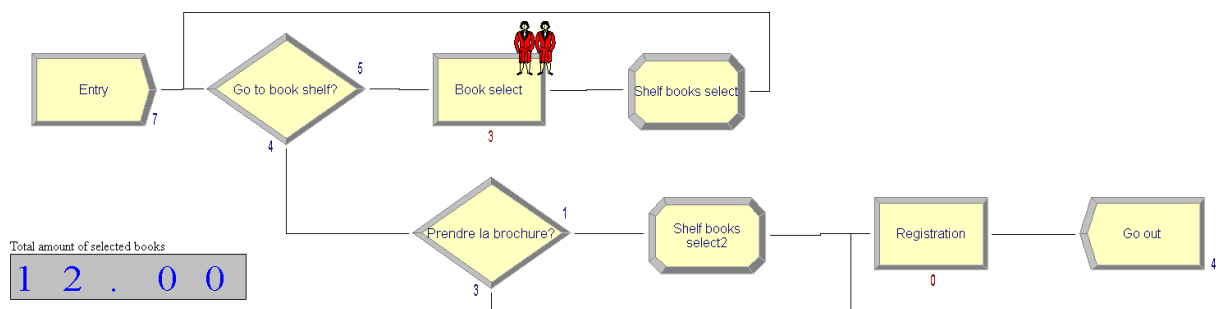


Рисунок 2 – Проведенная симуляция работы в течении 6 часов

Как видно, за всё время работы пришло всего 7 человек, вышло – 7, а общее количество выбранных книг (включая брошюры) составило 12 штук.

Чтобы доказать, что это не ошибка в работе, было рассчитано предполагаемое количество клиентов за 6 часов: так, поскольку приход посетителей имеет экспоненциальное распределение с интервалом 80 минут, значит в 1 минуту приходит  $\lambda = \frac{1}{80}$  посетителей. Тогда за 6 часов должно

прийти:  $n = \frac{1}{80} \cdot 360 = 4,5$  человек. Также, время обхода шкафа имеет огромное

значение  $c = 155 \pm 35$  минут, что тоже является слабым местом модели.

Учитывая вышеприведённые недостатки, модель была изменена: пусть информационный центр находится в людном месте и приход посетителей имеет экспоненциальное распределение с интервалом 10 минут (за 6 часов  $\approx 36$  человек). Время обхода одного шкафа также было уменьшено в 10 раз:  $c = 155 \pm 35 \rightarrow c = 16 \pm 4$  минут. Также, было увеличено количество стеллажей с книгами, а именно ресурсу «Shelf» было задано значение  $capacity$  равным 10. Это позволит в процессе «Book select» 10 людям параллельно выбирать книги.

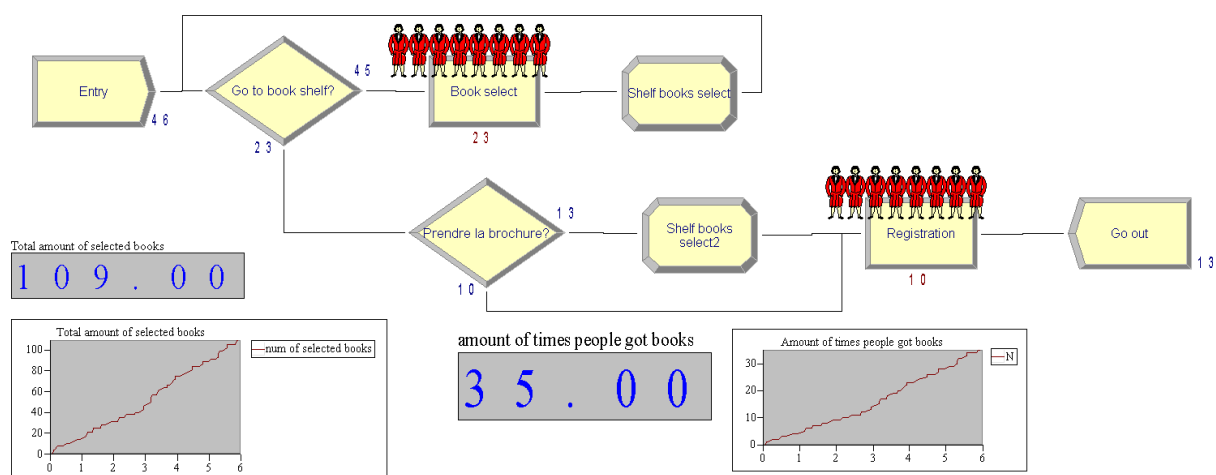


Рисунок 3 – Симуляция скорректированной модели

Как видно, информационный центр стал куда успешнее: за всё время работы пришло 46 человек, вышло 12.

На рисунке 3 отображены две переменных и графики их изменения с течением времени в ходе работы центра в течение 6 часов. Переменная слева представляет собой общее количество выбранных книг и равна 109, переменная справа – количество раз, когда люди выбирали книги, и она равна 35. Были определены основные характеристики полученной симуляции:

- Общее количество человек: 46;
- Количество посещений стеллажей с книгами: 45;
- Количество посещений кассы: 23;

- Количество случаев, когда люди взяли дополнительные брошюры в очереди в кассу: 13;
- Количество людей, которые отказались от брошюр: 10;
- Число людей, покинувших центр: 13;
- Общее количество выбранных книг с брошюрами: 109;
- Количество случаев, когда книги с брошюрами были выбраны: 35.

Конечно, в модели видны слабые места: так, 23 человека остались в очереди на выбор книги на момент закрытия информационного центра. Если добавить ещё несколько стеллажей, то проблема должна уйти. Это подтверждается и использованием шкафа: оно равно 1 (т.е. люди всегда находятся у стеллажа с книгами). Оператор кассы же работал 65% своего времени, так что очередь 10 человек в конце работы центра скорее исключение, чем правило.

Отчёт ПП Arena для скорректированной модели представлен в приложении А.

### **Заключение**

В ходе лабораторной работы было выполнено моделирование работы информационного центра с параметрами, выданными в варианте лабораторной работы. Эти параметры привели к небольшому количеству выбору книг и посетителей центра, поэтому они были модифицированы для симуляции центра в более проходном месте.

Используя внутренние средства ПП Arena были собраны основные характеристики симуляции, такие как количество случаев, когда люди взяли дополнительные брошюры в очереди в кассу, общее количество выбранных книг с брошюрами и т.п., а также построены графики изменения значений переменных с течением времени.

На основании этой информации было сформировано предложение улучшения работы информационного центра.

**Приложение А**  
Отчёт из ПП Arena

Unnamed Project

Replications:1Time Units:Hours

Key Performance Indicators

System	Average
Number Out	13



Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Hours

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	0.4418	(Insufficient)	0.00	1.5710
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	0.7476	(Insufficient)	0.00	3.0440
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Other Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Total Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	1.1894	(Insufficient)	0.00	4.6150

Other

Number In	Value			
Customer	46.0000			
Number Out	Value			
Customer	13.0000			
WIP	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Customer	14.4700	(Insufficient)	0.00	33.0000

Unnamed Project

Replications:1Time Units:Hours

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Book select.Queue	1.4584	(Insufficient)	0.00	3.1049
Registration.Queue	0.4137	(Insufficient)	0.00	1.9899

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Book select.Queue	10.0713	(Insufficient)	0.00	22.0000
Registration.Queue	2.7500	(Insufficient)	0.00	10.0000

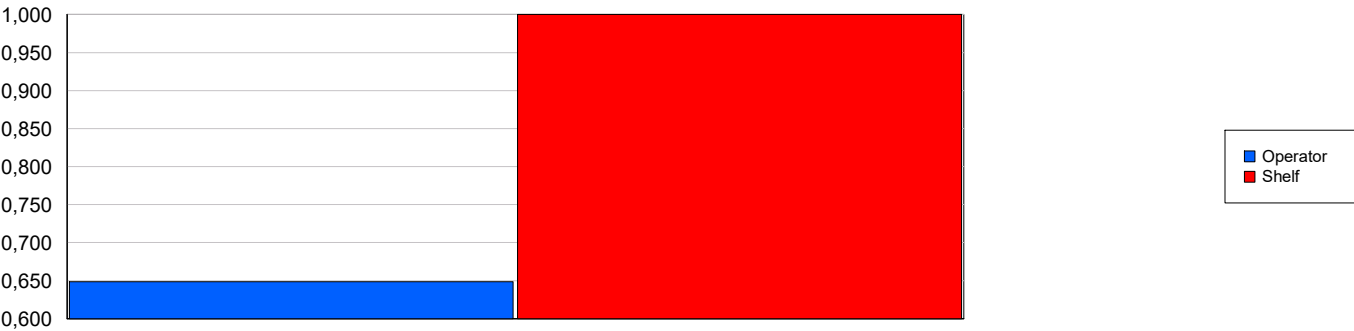
Unnamed Project

Replications: 1      Time Units: Hours

Resource

Usage

Instantaneous Utilization		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Operator		0.6487	(Insufficient)	0.00	1.0000
Shelf		1.0000	(Insufficient)	0.00	1.0000
Number Busy		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Operator		0.6487	(Insufficient)	0.00	1.0000
Shelf		10.0000	(Insufficient)	0.00	10.0000
Number Scheduled		Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Operator		1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000
Shelf		10.0000	(Insufficient)	10.0000	10.0000
Scheduled Utilization		Value			
Operator		0.6487			
Shelf		1.0000			



Total Number Seized		Value
Operator		14.0000
Shelf		230.00

