

23. Hlinka, J. Phenomenological model of 90° domain wall in BaTiO₃-type ferroelectrics / J. Hlinka, P. Marton // Phys. Rev. B. – 2006. – V. 74. – P. 104104.
24. Narita, F. Evaluation of dielectric and piezoelectric behavior of un poled and poled barium titanate polycrystals with oxygen vacancies using phase field method / F. Narita, T. Kobayashi, Y. Shindo // Int. J. Smart. Nano. Mat. – 2016. – V. 7, № 4. – P. 265-275.
25. Nakamura, K. Ultrasonic transducers: Materials and design for sensors, actuators and medical applications // Woodhead Publ. Ltd. – 2012. – 722 p.
26. Moulson, A. Electroceramics. Materials, properties, applications / A. Moulson, J.M. Herbert. – London: Chapman & Hall, 1990. – 464 p.
27. Glazkova, E. Tailoring properties of ferroelectric ultrathin films by partial charge compensation / E. Glazkova, K. Mc Cash, C.-M. Chang, B. Mani, I. Ponomareva // Appl. Phys. Lett. – 2014. – V. 104. – P. 012909.

УДК 519.876.5

Максимова Надежда Николаевна

Амурский государственный университет

г. Благовещенск, Россия

E-mail: knnamursu@mail.ru

Maksimova Nadezhda Nikolaevna

Amur State University,

Blagoveshchensk, Russia

E-mail: knnamursu@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТДЕЛЕНИЯ БАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

OPTIMIZATION OF THE BANK'S DIVISION WORK USING SIMULATION MODELING

Аннотация. В работе представлены построение в среде AnyLogic и исследование имитационной модели системы массового обслуживания – отделение банка; вычислены основные характеристики системы, осуществлен анализ результатов работы имитационной модели и даны рекомендации по оптимизации работы отделения.

Abstract. The paper presents the construction in the AnyLogic program and the study of the queuing system simulation model, which is a division of the bank; the main characteristics of the system are calculated, the results of the simulation model are analyzed and recommendations for optimizing the work of the department are given.

Ключевые слова: имитационное моделирование, системы массового обслуживания, среда AnyLogic.

Key words: simulation modeling, queuing systems, AnyLogic program.

DOI: 10.22250/jasu.95.3

Введение

Исследование реальных систем массового обслуживания с привлечением математических инструментов (методами математического моделирования) является весьма трудной задачей. Между тем оно необходимо для оптимизации работы таких систем (например, определение оптимального количества кассиров, уменьшение длины очереди, увеличение доли обслуженных клиентов и др.) [1].

На помощь в данном случае приходит имитационное моделирование [2], которое позволяет описать все процессы, происходящие в системе, задать законы их работы и взаимодействие отдель-

ных частей, а также относительно быстро получить значения основных характеристик работы (например, длин очереди, среднее время обслуживания, число занятых работников и т.п.) при различных значениях параметров (число каналов обслуживания, интенсивность появления заявок и т.п.).

Среди пакетов имитационного моделирования выделяется российский продукт AnyLogic [3, 4], включающий в себя три метода моделирования (системная динамика, дискретно-событийное (процессное) моделирование, агентное моделирование). В настоящее время это программное средство используется для исследования и оптимизации работы самых разных объектов, которые можно отнести к системам массового обслуживания.

Постановка задачи

Для построения имитационной модели работы банковского отдела опишем основные его характеристики.

Время работы отдела 9:00 – 23:00. В отделение банка приходят посетители; интенсивность их прихода зависит от времени дня. Расписание интенсивности прихода посетителей представлено ниже (табл. 1).

Таблица 1

Интенсивность прихода посетителей

Временной период	9:00 – 10:00	10:00 – 13:00	13:00 – 14:00	14:00 – 17:00	17:00 – 20:00	20:00 – 22:00	22:00 – 23:00
Значение интенсивности, чел/мин	0.5	0.6	1.5	0.6	2.0	0.1	0

Посетители банка могут выбрать одну из четырех фаз обслуживания: 1) выполнить операции с помощью банкомата (вероятность 0.49); 2) обратиться за помощью к менеджеру (вероятность 0.4); 3) обратиться к кассирам для того, чтобы обменять или снять наличные деньги или выполнить иные операции с наличностью (вероятность 0.1); 4) не производить никаких действий, например, сопроводить другого клиента (вероятность 0.01).

Опишем подробнее действия в первых трех пунктах.

В зале имеется пять банкоматов. Время использования банкомата от 0.3 до 3.5 мин., в среднем 1.5 мин. Если время ожидания банкомата превышает 5 мин. или очередь не менее 15 человек, то клиент также покидает банк необслуженным.

В течение дня банкоматы обслуживаются инкассаторами. Расписание прихода инкассаторов: в первый раз они приходят в 10:00, а потом каждые 6 часов. Инкассаторы закрывают банкоматы на обслуживание на 4-6 мин., в среднем – 5 мин.

В зале отделения постоянно находятся менеджеры. Количество зависит от времени дня. Расписание смен менеджеров представлено в табл. 2.

Таблица 2

Расписание смен менеджеров

Временной период	9:00 – 12:00	12:00 – 13:00	13:00 – 17:00	17:00 – 20:00	20:00 – 22:00	22:00 – 23:00
Количество менеджеров в зале, чел	2	3	5	4	2	1

Время работы менеджера с клиентом – от 3 до 15 мин., в среднем – 6.5 мин. После менеджера клиент уходит из отделения или обращается в кассу. Если время ожидания менеджера превышает 10-20 мин. (время ожидания – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке [10, 20] мин.) или в очереди к менеджерам находится не менее 20 человек, клиент покидает банк необслуженным.

Количество кассиров на кассе зависит от времени. Расписание смен кассиров представлено в табл. 3.

Таблица 3

Расписание смен кассиров

Временной период	9:00–12:00	12:30–16:30	17:00–20:00	20:00–23:00
Количество кассиров, чел	2	3	4	2

Время, необходимое кассирам на обслуживание клиента, – от 1 до 3 мин., в среднем – 1.5 мин. Расписание перерывов на кассе: с 12:00 до 12:30 и с 16:30 до 17:00.

Если время ожидания кассира превышает 10-15 мин. (время ожидания – случайная величина, равномерно распределенная на отрезке [10, 15] мин.) или в очереди находится не менее 10 человек, то клиент выходит из банка необслуженным.

Необходимо с помощью библиотеки моделирования процессов построить имитационную модель для исследования работы отделения банка при имеющихся входных данных и проанализировать выходные данные (среднее время пребывания посетителей банка в отделении, длина очереди к банкоматам, загруженность банкоматов в течение дня, загруженность менеджеров и кассиров и пр.).

Построение и запуск имитационной модели в среде AnyLogic

Создание имитационной модели в среде AnyLogic начинается с построения процессорной диаграммы. Process flowcharts (процесные диаграммы) – основная конструкция, используемая для определения процессов в дискретно-событийном моделировании. На рис. 1 представлена процессорная диаграмма, построенная в пакете AnyLogic. В работе [5] представлено подробное описание всех этапов построения модели и ее элементов.

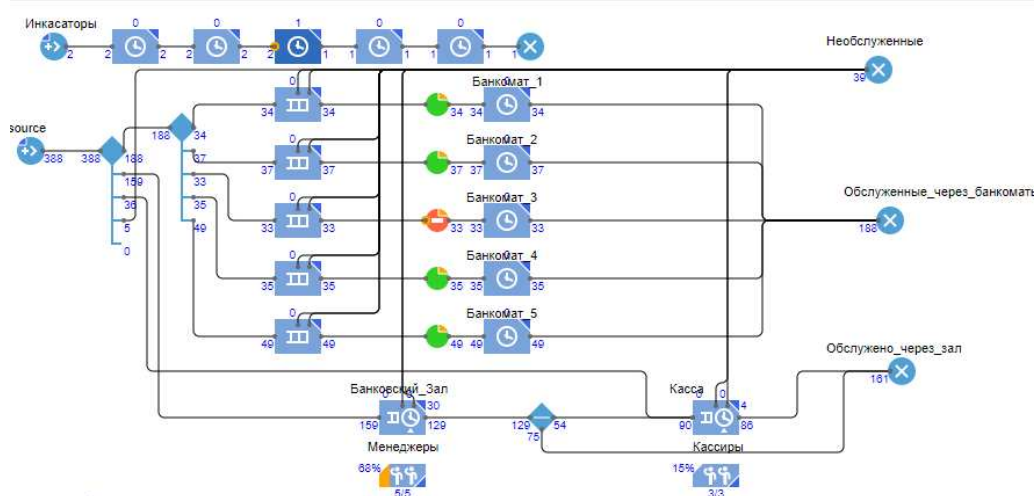


Рис. 1. Процессорная диаграмма модели при запущенной имитации.

После сборки модели и задания всех параметров производится запуск имитации. Время работы отделения с 9:00 до 23:00. Модельное время составляет 14 часов, или 840 мин. В процессе запуска модели время можно ускорять или замедлять время и в динамике наблюдать за изменением параметров.

На рис. 2-8 представлены статистические данные результатов моделирования.

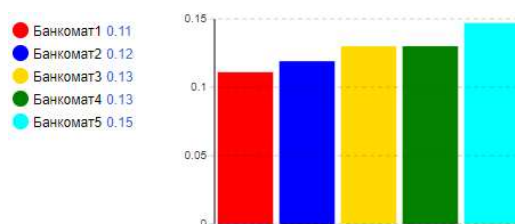


Рис. 2. Загруженность банкоматов в течение дня.

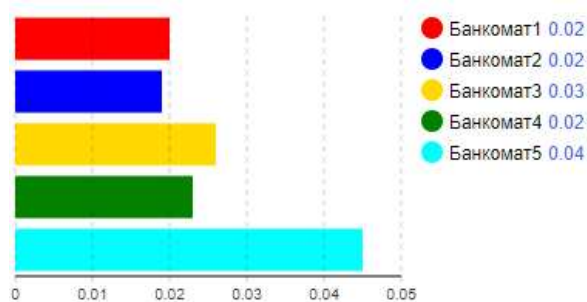


Рис. 3. Очередь к банкоматам в течение дня.



Рис. 4. Загруженность кассиров (а) и менеджеров (б) в указанный период.

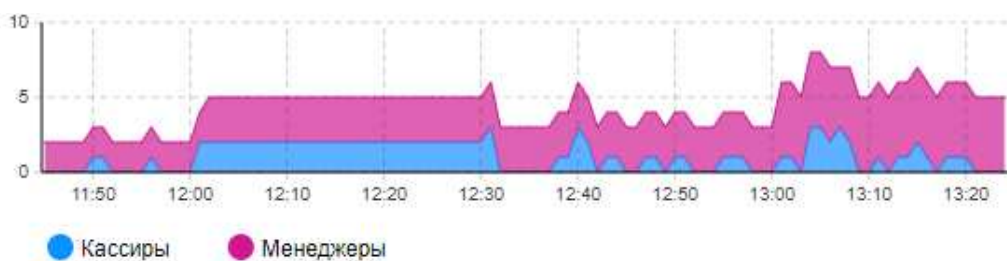


Рис. 5. Временная диаграмма занятости менеджеров и кассиров.

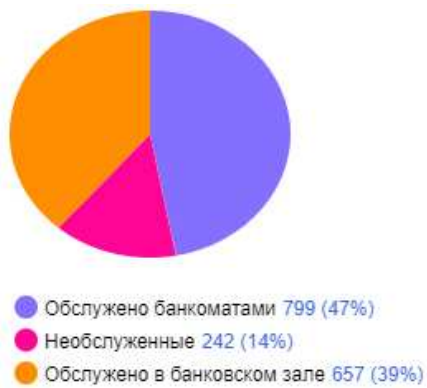


Рис. 6. Круговая диаграмма по посетителям отделения.

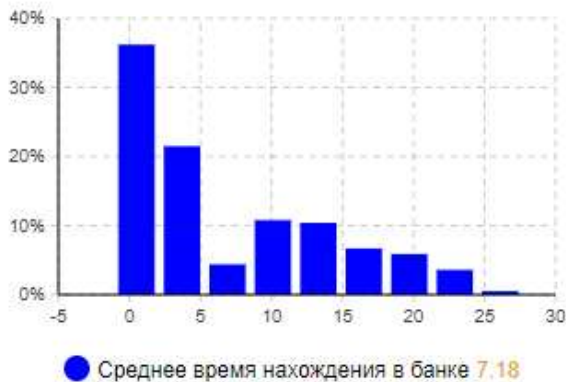


Рис. 7. Среднее время нахождения клиентов в банковском отделе.



Рис. 8. Среднее время нахождения клиентов у менеджеров.

Анализ результатов работы при неоднократном запуске имитации показывает следующее: все 5 банкоматов загружены незначительно, об этом говорит и малое значение очереди к каждому из них;

загруженность кассиров не превышает 45% в часы пик, в остальное время эта величина составляет 20-30%;

менеджеры отделения загружены сильно, в часы пик эта величина превышает значение 95%;

необслуженными из отделения уходят 14% посетителей, при этом большая часть этого значения приходится на не дождавшихся своей очереди на обслуживание у менеджеров;

часть клиентов находится в отделении менее 5 мин., при этом для большинства посетителей время нахождения у менеджеров с учетом очереди составляет от 10-25 мин.

Оптимизация работы отделения банка

С целью оптимизации рабочего времени сотрудников и уменьшению доли клиентов, покидающих отделение необслуженными, внесем в модель следующие изменения:

количество банкоматов сократим до 3;

установим новое расписание смен менеджеров (табл. 4);

установим новое расписание смен кассиров (табл. 5).

Таблица 4

Расписание смен менеджеров

Временной период	9:00 – 12:00	12:00 – 13:00	13:00 – 17:00	17:00 – 20:00	20:00 – 22:00	22:00 – 23:00
Количество менеджеров в зале, чел	3	4	7	6	3	2

Таблица 5

Расписание смен кассиров

Временной период	9:00 – 12:00	12:30 – 16:30	17:00 – 20:00	20:00 – 23:00
Количество кассиров в зале, чел.	1	2	3	1

Проведем запуск имитационной модели и получим новые данные о работе отделения (рис. 9 -15).



Рис. 9. Загруженность банкоматов.

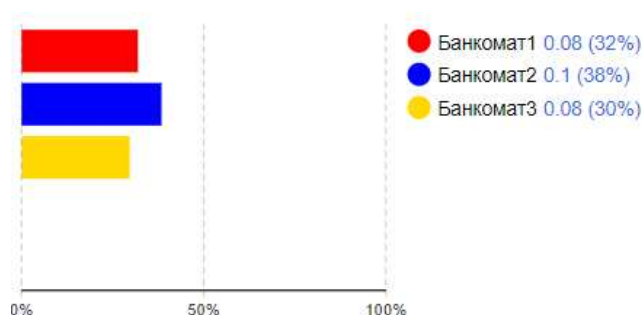


Рис. 10. Очередь к банкоматам.

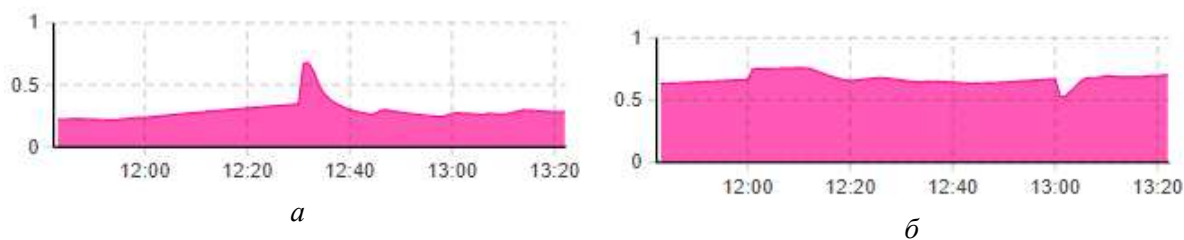


Рис. 11. Загруженность кассиров (а) и менеджеров (б).

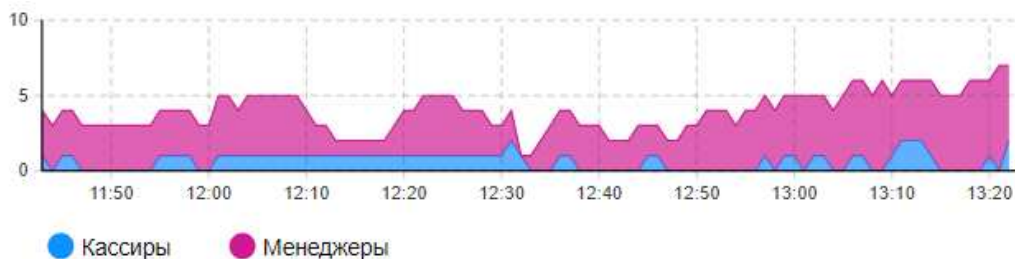


Рис. 12. Временная диаграмма занятости менеджеров и кассиров.

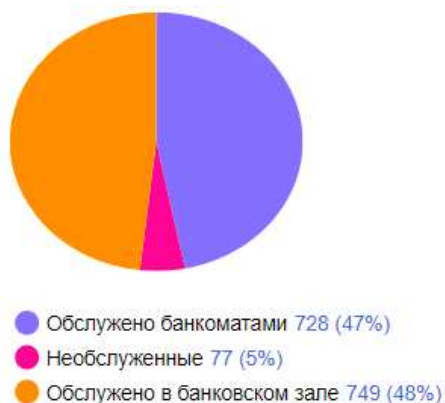


Рис. 13. Круговая диаграмма данных о посетителях.

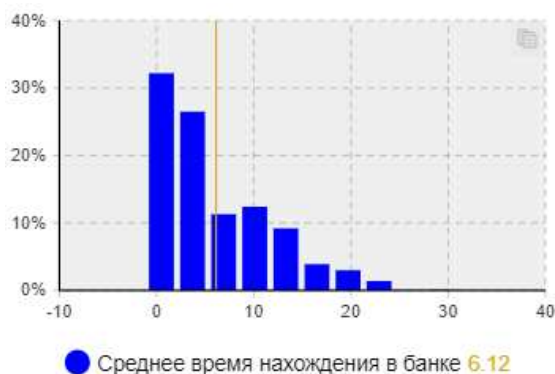


Рис. 14. Среднее время пребывания клиентов в банковском отделении.

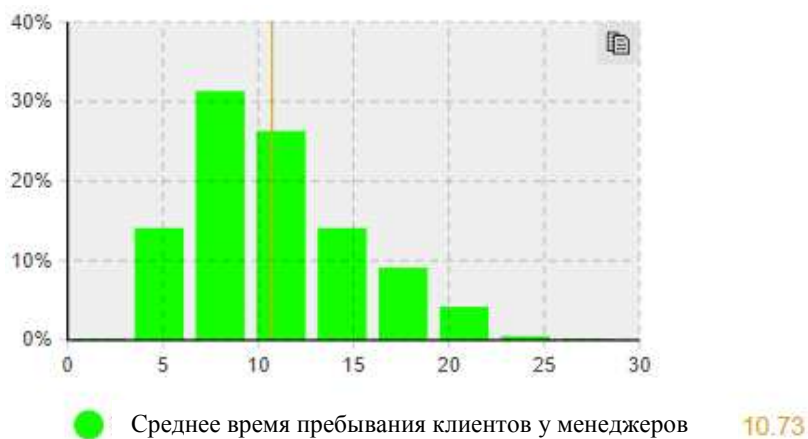


Рис. 15. Среднее время пребывания клиентов у менеджеров.

Запуск имитации с новыми входными данными показал, что: до 5% сократился процент необслуженных клиентов; загруженность кассиров возросла, но остается низкой; загруженность менеджеров сократилась и в часы пик составила от 60 до 70%; среднее время пребывания клиентов в отделении сократилось с 7.18 до 6.12 мин., а среднее время пребывания клиентов у менеджеров – с 14.48 до 10.73 мин.

Это свидетельствует о том, что система с новыми данными работает эффективнее. Можно еще уменьшить количество кассиров и увеличить количество менеджеров либо продумать механизмы по ускорению их работы. Такие меры необходимы, во-первых, чтобы сократить количество персонала, которые не заняты большую часть рабочего времени, и, во-вторых, сократить количество необслуженных посетителей банка.

Заключение

Имитационное моделирование – мощное и удобное средство исследования сложных систем, математическое описание которых является достаточно сложным, а в некоторых случаях и невозможным. Методы и средства имитационного моделирования позволяют избегать реальных испытаний над объектами, – разумеется, при условии, что при построении имитационной модели были учтены и корректно описаны все основные компоненты системы и связи между этими элементами.

1. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учебное пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2006. – 206 с.

2. Данилов, А.М. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем: учебное пособие / А.М. Данилов, И.А. Гарькина, Э.Р. Домке. – Пенза: Пензенский гос. ун-т архитектуры и строительства, ЭБС АСВ, 2011. – 296 с.

3. Лимановская, О.В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 ч. – Ч. 1: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 152 с.

4. Лимановская, О.В. Имитационное моделирование в AnyLogic 7. В 2 ч. – Ч. 2: лабораторный практикум. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – 104 с.

5. Максимова, Н.Н. Имитационное моделирование работы отделения банка в среде AnyLogic / Н.Н. Максимова, А.В. Милуков // Материалы региональной научно-практ. конф. «ТОГУ-Старт: фундаментальные и прикладные исследования молодых». – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2021. – С. 132-139.