

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТУДЕНТОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИТАНИЯ УРФУ НА ПРИМЕРЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СТОЛОВОЙ ИРИТ-РТФ

М.В. Киселева, М.К. Жульмухаметов (Екатеринбург)

В качестве общепринятых целей моделирования часто выступает цель – сравнение альтернатив. В таком случае обычно синтезируют две модели, «как есть» и «как будет», и, далее, проводят с ними эксперименты. По результатам экспериментов принимают решение о целесообразности предлагаемых изменений. Эффективность такого исследования зависит от степени адекватности обеих моделей реальной проблеме. Правильность модели легче оценить, когда есть возможность сравнить результаты моделирования с результатами функционирования реальной системы или с результатами моделирования уже существующей модели, для которой правильность доказана [7, 8].

В данной работе рассматривается функционирование студенческой столовой в учебном корпусе, в частности, обслуживание студентов в обеденный перерыв. Сбор исходных данных был осуществлен на основании регламента работы столовой, расписания занятий и опроса студентов, регулярно посещающих столовую в разные интервалы времени. Результаты опроса показали, что самыми распространенными проблемами столовых УрФУ являются: долгое время обслуживания; большие очереди в большую перемену; небольшой выбор предлагаемых услуг. В качестве решения данной проблемы предлагается реорганизовать работу столовой, разделив традиционную операцию обслуживания в столовой – обслуживание у кассы после раздаточной полосы, на две операции: выбор и оплата услуг через web-сервис и получение заказа. Имитационные модели для столовой «как есть» и «как будет» позволят сравнить принципы работы столовой до и после реорганизации, выявить достоинства и недостатки, выбрать наилучший вариант [4-6, 9].

Концептуальная модель

В концепции данного процесса было решено учитывать две составляющие – движение студентов и собственно их обслуживание в столовой. Для этого были измерены параметры интенсивности потока прибытия студентов и интенсивности их обслуживания в большую перемену, а также среднюю скорость движения студентов.

Средняя скорость человека при ходьбе ~ 1 м/с, но так как столовая находится в здании ИРИТ-РТФ, то средняя скорость снижается до пределов [0.6 – 0.9] м/с. [2, 3, 10]

Большая перемена по регламенту длится 45 минут, однако общее время моделирования приняли 1 час, так как поток студентов начинает прибывать заранее, до начала перемены. За час проходит приблизительно 50 человек, таким образом интенсивность потока студентов приблизительно равна 0,8 чел./мин.

Посещение столовой также разделили на два этапа: обслуживание клиента – выбор услуг и оплата услуг; потребление еды.

В концептуальной модели «как есть» студенты приходят в столовую, встают в очередь, выбирая еду, потом задерживаются у кассы для оплаты, после чего занимают одно место за столом для принятия пищи, задерживаются для приема пищи и покидают столовую. Операции выбора услуг и оплаты услуг происходит у кассы в конце раздаточной полосы. Время, затрачиваемое на данные операции, а также внутренние параметры столовой приведены в табл. 1. и табл. 2.

Таблица 1

Наименование операции	Затраченное время (сек.)
Выбор услуг	60 - 120
Оплата услуг	20 - 40
Потребление еды	720 - 1200

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Таблица 2

Наименование объекта	Количество (шт.)
Место обслуживания	1
Касса	1
Стол	14
Стул	56

Предварительно оценивая ситуацию и приняв интенсивности потоков поступления и обслуживания студентов за простейшие потоки, можно рассматривать процесс обслуживания «как есть» (без этапа потребления пищи) как марковскую одноканальную СМО с ожиданием. Здесь интенсивность поступления $\lambda = 0.8$ получается больше интенсивности обслуживания заявок $\mu = 0.5$, т.е. загрузка системы $\rho = \lambda/\mu > 1$, при которой очередь будет неограниченно расти, что и подтверждается наблюдением за реальной ситуацией.[1, 2, 7, 8]

В концептуальной модели «как будет» было решено внести следующие изменения: добавлена еще одна касса; место обслуживания перемещено на кухню; добавлен терминал для оплаты. Выбор услуг происходит в веб-сервисе, а оплата проводится параллельно выдачи заказа. Для разнообразия услуг также введен буфет. Входной поток студентов в таком случае разделяется на три группы: студенты, которые уже оплатили услугу через приложение; студенты, которые оплачивают услугу через терминал для оплаты; студенты, пришедшие в буфет. Первая группа прибывает в столовую только для получения заказа. Вторая группа оплачивает заказ и получает его. Третья группа приходит в буфет, оплачивает услугу, далее либо уходит из столовой, либо задерживается для потребления пищи в столовой. Студенты условно разделяются по отношению 5:3:2 для первой, второй и третьей группы соответственно. Исходные данные и внутренние параметры для столовой «как будет» приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Наименование операции	Затраченное время (сек.)
Выдача заказа	30 - 60
Оплата услуг	30 - 90
Потребление еды	720-1200
Оплата услуг в буфете	40 - 60

Таблица 4

Наименование объекта	Количество (шт.)
Место выдачи заказа	2
Терминал оплаты	1
Буфет	1
Стол	14
Стул	56

Структурная схема процесса

Структурная схема процесса «как есть» приведена на рис. 1.

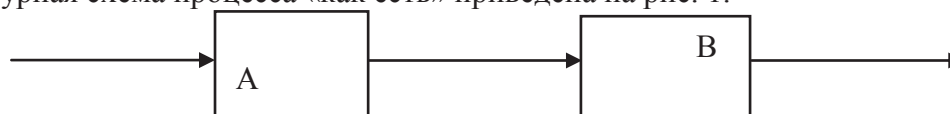


Рис. 1. Структурная схема процесса «как есть»

А – обслуживание клиента; В – потребление еды.

Структурная схема процесса «как будет» приведена на рис. 2.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

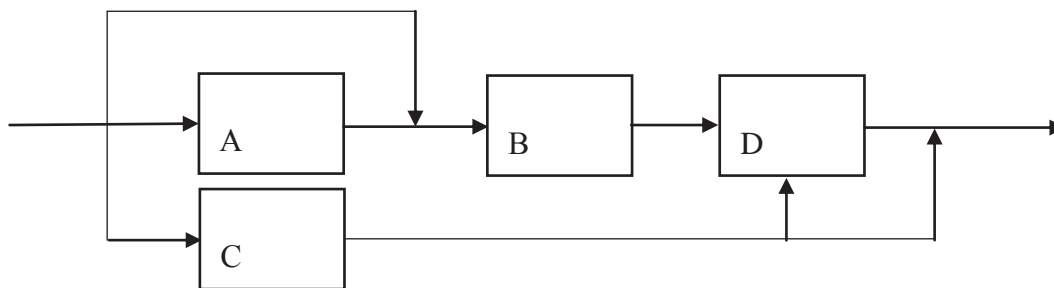


Рис. 2. Структурная схема процесса «как будет»

A – оплата услуги; B – получение заказа; C – оплата услуги буфета; D – потребление еды.

Для комплексного анализа необходимо провести измерения следующих показателей эффективности системы: среднее время обслуживания каждого студента; количество студентов в очереди за определенный промежуток времени.

Имитационная модель

Структурные схемы процессов «как есть» и «как будет» реализовали с помощью инструмента «Пешеходная библиотека» системы AnyLogic.[3, 10] Объекты библиотеки настроили согласно вышеперечисленным параметрам.

Для наилучшего понимания работы системы использовали анимацию. Модель столовой «как есть» представлена на рис. 3. На рис. 4 представлена 3D-сцена модели.

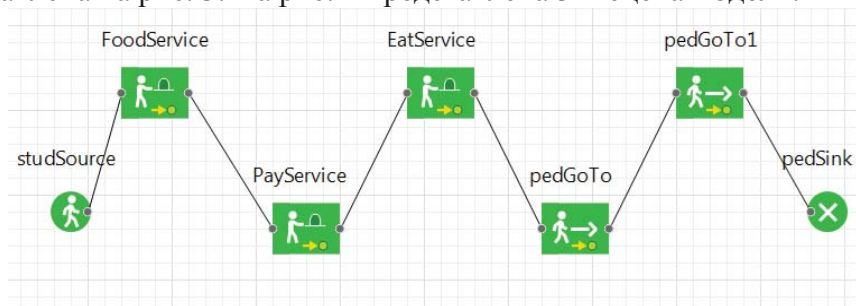


Рис. 3. Модель «как есть»



Рис. 4. 3D-сцена модели «как есть»

Модель «как будет» представленная на рис. 5. На рис. 6 представлена 3D-сцена.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

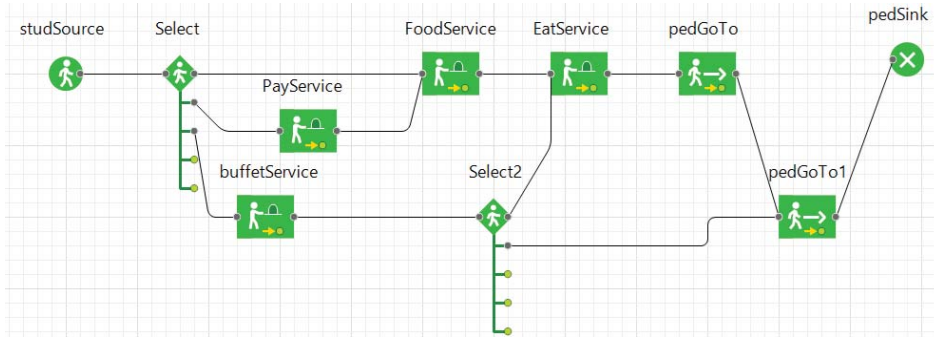


Рис. 5. Модель «как будет»



Рис. 6. 3D-сцена модели «как будет»

Результаты исследования

В ходе исследования проводили два вида экспериментов с целью определить:

- насколько «новая» система эффективнее «старой»;
- максимальную интенсивность потока заявок, которую может обслужить «новая» система без потери эффективности.

Эксперимент №1

В первом эксперименте промоделировали обе системы с одинаковой интенсивностью в большую переменную (0,8 чел./мин.) и сравнили выходные переменные. Общее время моделирования $T_{\text{мод}} = 1$ час.

На рис. 7 показаны графики среднего времени обслуживания и количества людей в очереди модели «как есть». За время моделирования в столовую вошло 48 чел., а покинуло – 25 чел., в очереди осталось 13 чел. Среднее время обслуживания одного студента при этом составила $t_{\text{обсл.сред}} = 831 \text{ сек.} \approx 14 \text{ мин.}$, максимальная длина очереди составила $L_{\text{max}} = 1 \text{ чел.}$

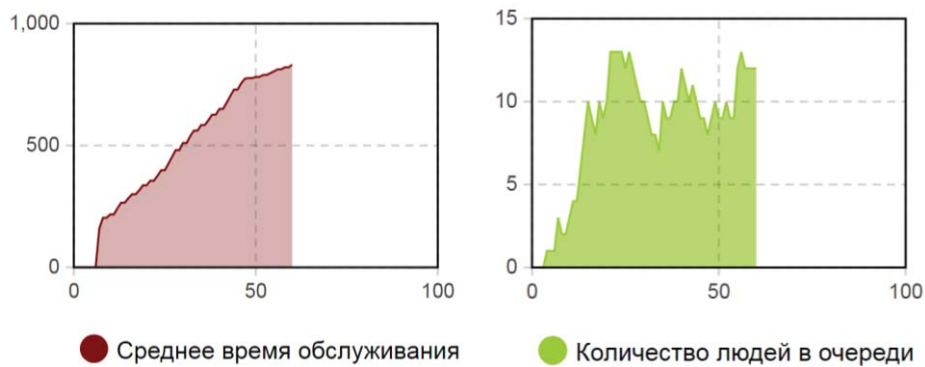


Рис. 7. Результаты моделирования «как есть»

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

Графики среднего времени обслуживания и количества людей в очереди модели «как будет» представлены на рис. 8. В модели «как будет» успевают пообедать 45 студентов, из них 10 человек воспользовались буфетом, среднее время обслуживания $t_{\text{обсл.сред.}} = 145 \text{сек.} \approx 2,5 \text{мин.}$, а максимальная очередь $L_{\text{max}} = 1 \text{чел.}$

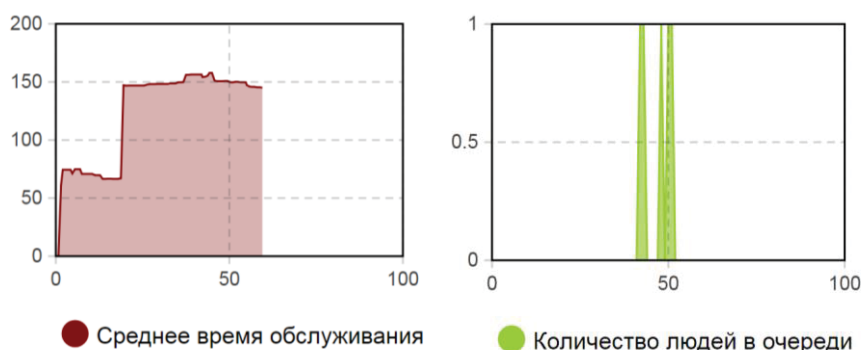


Рис. 8. Графики среднего времени обслуживания и количества людей в очереди модели «как будет»

Таким образом, получается, что «новая» система примерно в 5 раз эффективней «старой» системы, очередь в «новой» системе практически отсутствует.

Эксперимент №2

Под потерей эффективности понимается повышение нормального значения среднего времени обслуживания больше, чем на 100%. Данный эксперимент проводили с «новой» системой и на проверку взяли три значения интенсивности: 2, 2.5, 3 чел./мин. Результаты моделирования представлены в табл. 5.

Таблица 5

Интенсивность, чел./мин.	Среднее время обслуживания, мин.	Максимальная длина очереди, чел.	Количество обслуженных заявок, чел.
2	≈2,7	3	91
2.5	≈4	6	110
3	≈ 4,5	9	136

В результате эксперимента определилось, что эффективность «новой» системы при увеличении интенсивности поступления заявок не потеряна. Таким образом, «новая» система может обслужить до 150 человек за час без потери эффективности.

Заключение

В результате выполнения проекта был проведен системный анализ объекта моделирования, структурирована проблемная ситуация и спроектирована имитационная модель столовой ИРИТ-РтФ. Проведенное исследование на основе имитационной модели позволило выявить текущие проблемы обслуживания в столовых УрФУ и представить проект столовой «будущего».

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1980. – 208 с.
2. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. М.: Статистика, 1978. – 224с.
3. Kiseleva M.V., Kuznetsov Y.A. Imitation model of students evacuation from the institute of radioelectronics and information technologies, Yekaterinburg, Russia. //16th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2018). AIP Conference Proceedings, 2116, article № 200021.

Секция 3. Практическое применение моделирования и инструментальных средств автоматизации моделирования, принятие решений по результатам моделирования

4. Anna Antonova; Konstantin Aksyonov. A Method of Planning Experiments for Simulation-Evolutionary Modeling and Improvement of the Multiagent Resource Conversion Processes. 2019 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT 2019). Yekaterinburg; Russian Federation; Date of Conference: 25-26 April 2019, Code 148843. Page(s): 217 - 220. DOI: 10.1109/ USBEREIT.2019.8736659
5. Antonova A., Aksyonov K. Frame-based expert system implementation for resource conversion processes analysis. 4th International Workshop on Radio Electronics and Information Technologies, REIT-Autumn 2018; Yekaterinburg; Russian Federation; 16 November 2018 ; Код 143170. CEUR Workshop Proceedings Volume 2274, 2018, Pages 23-32.
6. Aksyonov K., Antonova A., Wang Kai, Aksyonova O. Rules for construction of simulation models for production processes optimization. 3rd International Workshop on Radio Electronics and Information Technologies, REIT-Spring 2018; Institute of Radioelectronics and Information Technologies of Ural Federal University Yekaterinburg; Russian Federation; 14 March 2018 до ;Код 135280. CEUR Workshop Proceedings Volume 2076, 2018, Pages 9-18.
7. Шеннон Р. Имитационное моделирование: искусство и наука. М.: Мир, 1978. – 420 с.
8. Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. Моделирование систем: Учеб. для вузов – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.
9. Ван Кай, Аксенова О.П., Киселёва М.В. Применение имитационного моделирования в задачах планирования и диагностики деятельности строительного холдинга // КрыМиКо 2016.
10. Справка AnyLogic. URL: <https://help.anylogic.ru>