

Научная статья

УДК 004.94

DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.06.01.023

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕШЕХОДНЫХ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В МАГАЗИНАХ РОЗНИЧНОЙ СЕТИ

Илья Анатольевич Слободняк¹,

Елизавета Ильинична Слободняк², Таисия Андреевна Леоненко³

¹ *Иркутский национальный исследовательский технический университет*

² *Новосибирский государственный университет*

³ *Иркутский государственный университет*

Аннотация. Одним из важных аспектов, влияющих на лояльность покупателей магазина розничной торговли, являются скорость и удобство обслуживания, что важно в условиях роста конкуренции среди торговых точек для совершения повседневных покупок. Наличие очередей для значительной доли покупателей может оказаться решающим фактором при выборе между двумя торговыми точками.

Авторы рассмотрели два подхода имитационного моделирования для решения этих проблем: дискретно-событийное и пешеходное моделирование. Обозначены достоинства и недостатки каждого метода, построены модели двух типов для типичного супермаркета «у дома», расположенного на первом этаже жилого здания. Доказана принципиальная возможность использования программного продукта AnyLogic для решения обозначенных задач.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, имитационное моделирование, дискретно-событийное имитационное моделирование, пешеходные модели, AnyLogic

Для цитирования: Слободняк И. А., Слободняк Е. И., Леоненко Т. А. Использование пешеходных имитационных моделей для повышения качества обслуживания в магазинах розничной сети // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. № 6. Т. 1. С. 203–209; <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.06.01.023>

Original article

Innovative technologies

USING PEDESTRIAN SIMULATION MODELS TO IMPROVE THE QUALITY OF SERVICE IN RETAIL STORES

Ilya A. Slobodnyak¹, Elizaveta I. Slobodnyak², Taisiya A. Leonenko³

¹ Irkutsk National Research Technical University

² Novosibirsk State University

³ Irkutsk State University

Abstract. One of the important aspects affecting customer loyalty of a retail store is the speed and convenience of service, which is important in the context of increasing competition among retail outlets for everyday purchases. The presence of queues for a significant proportion of customers can be a crucial factor when choosing between two outlets.

© Слободняк И. А., Слободняк Е. И., Леоненко Т. А., 2025

The authors considered two simulation modeling approaches to solve these problems: discrete event modeling and pedestrian modeling. The advantages and disadvantages of each method are outlined, and two types of models are constructed for a typical supermarket "at home" located on the ground floor of a residential building. The fundamental possibility of using the Anylogic software product to solve these tasks is proved.

Keywords: *queuing systems, simulation modeling, discrete event simulation, pedestrian models, AnyLogic*

For citation: Slobodnyak I. A., Slobodnyak E. I., Leonenko T. A. (2025) Using pedestrian simulation models to improve the quality of service in retail stores // *Ekonomika i upravlenie: problemy resheniya*. 2025. Vol. 1. No. 6. P. 203-209 (In Russ.); <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.06.01.023>

В последние годы среди магазинов формата «у дома» значительно выросла конкуренция как в связи с развитием и расширением этого формата у разных торговых сетей [7], так и из-за бурного развития служб по доставке продуктов [2].

Следовательно, перед владельцами магазинов указанного формата и их управляющими все острее встает проблема привлечения новых клиентов и поддержания лояльности уже имеющих, поскольку уходит основное конкурентное преимущество торговой точки – близость к дому покупателей.

Исследователями выделяется три основных направления, которые влияют на лояльность покупателей [4]:

- качество ассортимента (его полнота, качество, стабильное наличие);
- качество предложения (цены, программы лояльности);
- качество обслуживания (доброжелательное отношение, оперативное решение проблем при небольшом количестве претензий к магазину, скорость обслуживания и удобство совершения покупки).

Оставим первые направления для повышения лояльности покупателей маркетологам и управляющим магазинами и сосредоточимся на скорости обслуживания и удобстве совершения покупки.

Под скоростью обслуживания в супермаркетах можно понимать два различных параметра, которые требуют различных решений:

- скорость обслуживания на кассе и особенно ожидание этого обслуживания, которые требуют минимизации (с учетом экономической обоснованности);
- общее время нахождения в магазине, которое не должно быть слишком малым для стимулирования дополнительных покупок, однако и не должно превышать разумные пределы в связи

с ориентированием магазинов «у дома» на быстрые покупки на каждый день.

Традиционно оптимизационные задачи, связанные со скоростью обслуживания и необходимым количеством постов обслуживания, решаются с помощью методов теории массового обслуживания. Однако современный супермаркет состоит из нескольких отделов или проходов, не каждый из которых будет посещен каждым покупателем.

То есть анализ проведенного в таком супермаркете времени с помощью классической системы массового обслуживания будет трудоемким, сложным (необходимо анализировать несколько сценариев поведения в супермаркете в зависимости от его размера и планировки) и ненаглядным (методы теории массового обслуживания не требуют визуализации), что не слишком удобно для принятия управленческих решений.

Для преодоления этой проблемы целесообразно построить дискретно-событийную модель, например, в такой программе, как AnyLogic (палитра «Библиотека моделирования процессов»). При подготовке настоящей публикации авторы воспользовались данным подходом для построения имитационной модели типичного придомового супермаркета, расположенного на первом этаже многоподъездного дома. В ходе нескольких запусков симуляции были получены результаты, которые могут быть легко использованы при управлении параметрами обслуживания. Однако в здесь мы преследуем цель обсудить не конкретные полученные результаты, а уделить внимание общей логике пешеходного имитационного моделирования.

Теория массового обслуживания была создана для решения проблем обслуживания в системах, где отсутствует физическая очередь (телефонное соединение из исходной работы А. К. Эрланга) [8]. Однако в случае супермаркета физическое воплощение очереди не менее важно для комфорта совершения покупок, поскольку

необходимость протискиваться в узких местах или через перекрещивающиеся потоки снижает лояльность клиентов. С другой стороны, эффект присоединения к большинству стимулирует желание посмотреть на причину ее появления (полка акционных товаров или дегустиация товаров) [5], а следовательно, растет и средний чек покупателя, который проводит больше времени в магазине в заинтересованном состоянии.

Дискретно-событийный подход в чистом виде позволяет обнаружить наиболее загруженные участки с малой пропускной способностью, однако не учитывает другие факторы комфорта покупок и механизмов образования толпы или заторов, таких как перекрещивание потоков, необходимость обхода покупателей с продуктовыми тележками или маневрирования с ней. Для преодоления этого затруднения в AnyLogic используется такое расширение дискретно-событийных моделей, как палитра «Пешеходная библиотека», работа которой основана на модели взаимодействия социальных сил [9]. Вопросам, связанным

с использованием теории систем массового обслуживания в современном управлении, посвящено достаточно большое количество публикаций [10; 12; 13].

Использованию AnyLogic для целей имитационного моделирования также рассмотрено во многих литературных источниках. Однако в основном материал ориентирован на использование постов контроля качества продукции [1; 3; 6; 14; 15]. Однако полагаем, что и зону кассового обслуживания покупателей можно считать системой массового обслуживания, к которой применимы соответствующие технологии. Для ее использования в программном продукте поверх плана (рекомендуется выбирать масштаб $1 \text{ м} = 10$ пикселей) помещения накладываются различные объекты Anylogic (стены, стеллажи, кассовые аппараты и т. п.), зоны покупок (инструмент «Узел» или целевая линия, если отдел вытянут вдоль одной линии) и обслуживания («Сервис с очередями» или «Сервис с областью») агентов. Можно задать и направление движения внутри модели.

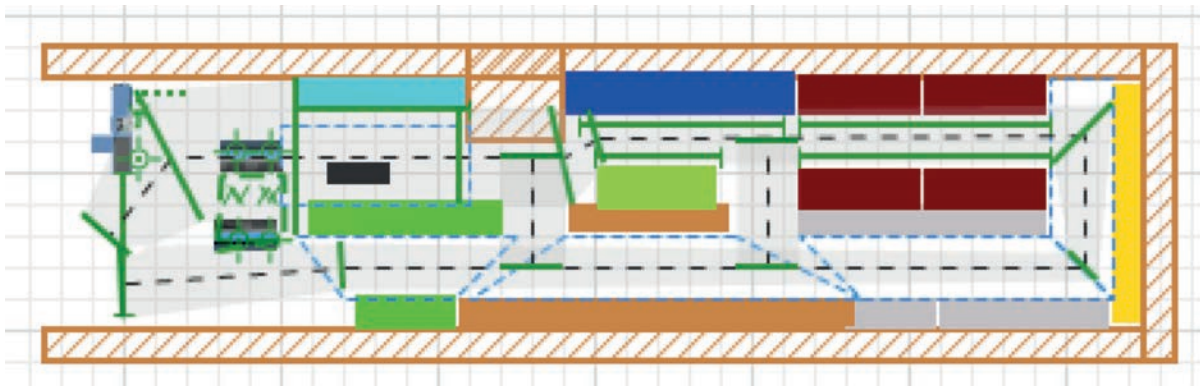


Рис. 1. Пространственная модель пешеходной имитационной модели типичного супермаркета, расположенного на первом этаже жилого дома (построена авторским коллективом в AnyLogic на основе собранных данных)

Отдельно (в том же экране или на другом) строится логическая схема пешеходной модели, напоминающая диаграмму процессов из основной библиотеки «Моделирование процессов». Блоки создания и сбора агентов, а также имитации выбора по своему функционалу повторяют аналогичные блоки из основной библиотеки с добавлением приставки *ped* (*pedSource*, *pedSink*, *pedSelectOutPut* соответственно). Отметим, что блок *pedSource* требует привязки к определенному месту модели. Выбор продуктов в каждом из отделов моделируется блоком ожидания (*pedWait*), а обслуживание на кассе – блоком сервиса (*pedService*).

Кроме метрик, которые используются в обычных дискретно-событийных моделях, таких как время нахождения требований в системе (с помощью блоков *timeMeasureStart* и *timeMeasureEnd*), количество отказов от обслуживания и связанные с ними показатели, в пешеходных моделях есть удобный и наглядный аналитический инструментарий – карта плотности, с помощью которой можно обнаружить места образования заторов и толп.

Существует и другое наглядное дополнение к пешеходным моделям – окно 3D-визуализации, которое позволяет увидеть непосредственное передвижение агентов среди стен и мебели без затенения картой плотности.

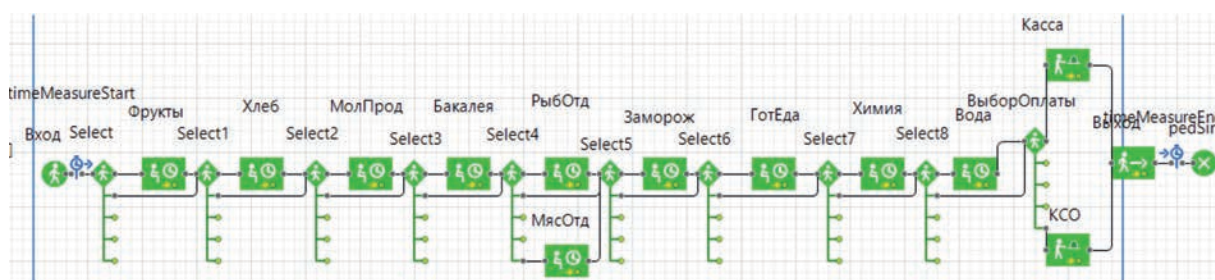


Рис. 2. Логическая схема пешеходной имитационной модели типичного супермаркета формата «у дома» (построена авторским коллективом в AnyLogic на основе собранных данных)

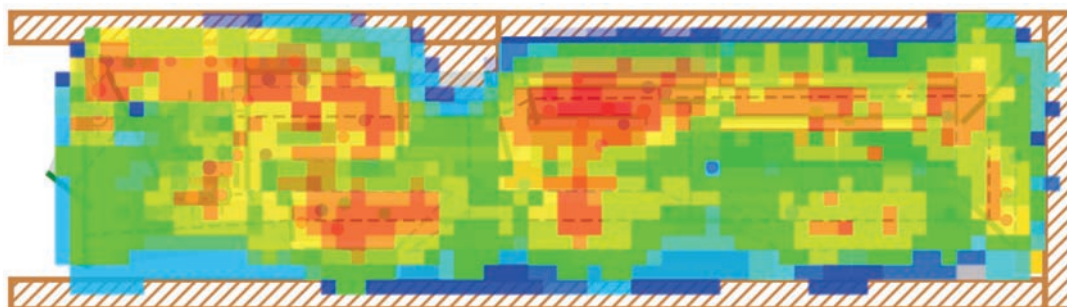


Рис. 3. Карта плотности, полученная в ходе запуска пешеходной имитационной модели типичного супермаркета «у дома» (скриншот из AnyLogic)

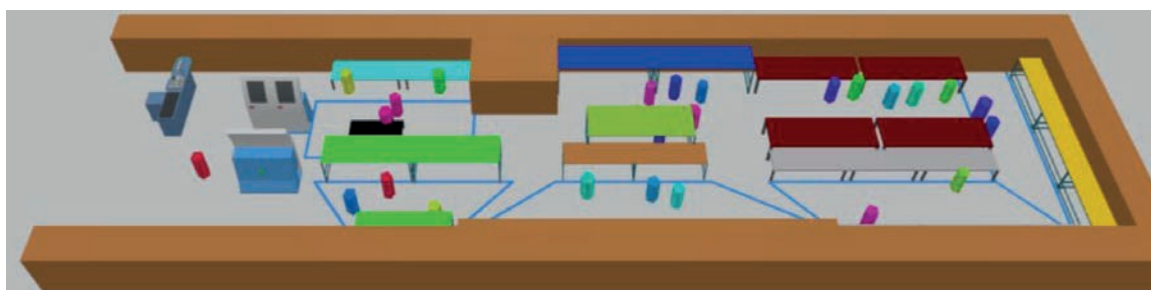


Рис. 4. 3D-визуализация симуляции работы типичного супермаркета, расположенного на первом этаже жилого дома (скриншот из AnyLogic)

Отметим, что регулярная высокая плотность людей, особенно двигающихся в разные стороны (например, для подхода к столам упаковки товара или месту складирования тележек или корзин), которым требуется пересечь входящий поток, способна снизить лояльность покупателей. Поэтому следует обращать особенно тщательное внимание на проектирование зоны входа в магазин и выхода из него, отводить достаточное место для выкатывания продуктовых тележек и не допускать неоправданных пересечений пешеходных потоков.

В качестве общей рекомендации можно посоветовать не выкладывать на первый стеллаж новинки, дегустационные столы и акционные товары (что очень часто практикуется [11]), поскольку их рассмотрение будет замедлять наи-

более плотный поток покупателей и не создаст стимулов для прохождения в дальние отделы магазина. Лучшим решением будет перенести эти товары во второй-третий ряд стеллажей, а при наличии информационных баннеров – и далее.

Не лучшим решением является и распространенная практика размещения развесных товаров рядом со входом, потому что плотность потока в этом месте максимальна, скорость выбора товара минимальна, но при этом возникают дополнительные встречные передвижения, когда покупатели идут за дополнительными пакетами (если их не оказалось под рукой).

Однако отметим, что слишком больших эффектов от применения именно пешеходных моделей в типичном придомовом магазине товаров повседневного спроса (как правило, отличаю-

щимся вытянутой формой) ждать не следует, потому что расстановка мебели жестко ограничена правилами противопожарного режима [10], имеющейся площадью и объемом ассортимента, снижение которого тоже негативного сказывается на лояльности потребителей. Однако если форма магазина приближена к квадрату, то возможности пешеходных моделей расширяются, не требуя частых и значительных перестановок и перепланировок внутри магазина, что путает постоянных покупателей, снижая их лояльность.

Кроме того, этот метод дает ограниченное представление об интенсивности работы персонала магазина, хотя по рис. 3 легко сделать вывод о большой нагрузке на обычную кассу (особенно по сравнению с кассами самообслуживания).

Таким образом, имитационное моделирование предлагает два наглядных и удобных подхода к анализу систем массового обслуживания: дискретно-событийное моделирование и пешеходные имитационные модели (в сочетании с тем же дискретно-событийным).

Первый прост в применении, при этом дает хорошие практические результаты в удобной для принятия управленческих решений форме. Особенно в узких магазинах на первых этажах домов с постоянным ассортиментом.

Однако если магазин имеет отличную от вытянутого прямоугольника (с двумя проходами для покупателей) форму или проводит на своей площади какие-либо акции, розыгрыши и дегустации, то целесообразным становится построение пешеходных моделей, которые позволяют более точно учитывать различные сценарии поведения клиентов и механизмы образования толпы для управления плотностью потока, что повышает лояльность покупателей.

При проведении симуляций нами выявлено, что текущее распределение товаров внутри супермаркетов «у дома» не является оптимальным, поскольку расположение на первых стеллажах развесных товаров замедляет наиболее плотный поток покупателей.

Список источников

1. *Акопов А. С.* Имитационное моделирование: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2023. 389 с.
2. *Андреанова Д.* Провинция с доставкой. Коммерсантъ. 2024. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6727894> (Дата обращения: 23.04.2025).
3. *Боев В. Д.* Моделирование в среде AnyLogic: учебное пособие для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2023. 298 с.
4. *Диянова С. Н.* Удовлетворенность и лояльность потребителей розничных торговых сетей как средство выживания в кризисных условиях // Российское предпринимательство. 2009. № 9-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udovletvorennost-i-loyalnost-potrebiteley-rozничnyh-torgovyh-setey-kak-sredstvo-vyzhivaniya-v-krizisnyh-usloviyah>.
5. Документация AnyLogic. Официальный сайт AniLogic. URL: <https://anylogic.help/ru/>.
6. Имитационное моделирование. РУВИКИ. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Имитационное_моделирование.
7. *Костырев А.* Магазины сжимаются. Коммерсантъ. 2024. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6563055>.
8. *Лейбенштайн Х.* Эффект присоединения к большинству, эффект сноба и эффект Веблена в теории покупательного спроса // Quarterly Journal of Economics. 1950. № 2 (64). С. 183–207.
9. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: Постановление Правительства России от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 30.03.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263/.
10. *Плескунов М. А.* Теория массового обслуживания: учебное пособие. Екатеринбург: Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ, 2022. 268 с.
11. Правила мерчендайзинга в магазине. Контур-Маркет. 2024. URL: https://kontur.ru/market/spravka/22575-pravila_vykladki_tovara_v_magazine.
12. *Романенко В. А.* Системы и сети массового обслуживания: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2021. 68 с.
13. Теория массового обслуживания в экономическом анализе. Научный словарь-справочник от Автор24 по техническим и гуманитарным дисциплинам. URL: https://spravochnik.ru/ekonomicheskij_analiz/teoriya_massovogo_obs_luzhivaniya_v_ekonomicheskom_analize/.
14. Этапы имитационного моделирования. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/9217161/page:5/>.

15. Юданова В. В. Имитационное моделирование систем массового обслуживания // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2019. № 4. 13 с. URL: <https://resources.today/PDF/23INOR419.pdf>.
16. Erlang A. K. (1909) The theory of probabilities and telephone conversations. *Nyt Tidsskrift for Matematik*, Seria B, vol 20, is. B, pp. 33–39.
8. Leibenshtein K. (1950) The Effect of Joining the Majority, Snob Effect, and Veblen Effect in the Theory of Consumer Demand. *Quarterly Journal of Economics*, no. 2 (64), pp. 183–207. (In Russ.).
9. (2023) On the Approval of Fire Safety Regulations in the Russian Federation: Decree of the Government of Russia dated September 16, 2020 No. 1479 (as amended on March 30, 2023). (In Russ.). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263/.

References

1. Akopov A. S. (2023) Simulation Modeling: Textbook and Practice Guide for Universities. Moscow, Yurait Publishing House, 389 p. (In Russ.).
2. Andrianova D. (2024) Province with Delivery. *Kommersant*. (In Russ.). URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6727894> (Дата обращения: 23.04.2025).
3. Boyev V. D. (2023) Modeling in AnyLogic Environment: Study Guide for Universities. Moscow, Yurait Publishing House, 298 p. (In Russ.).
4. Diyanova S. N. (2009) Customer Satisfaction and Loyalty in Retail Chains as Means of Survival in Crisis Conditions. *Rossiyskoye Predprinimatel'stvo*, no. 9-2. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udovletvorennost-i-loyalnost-potrebitелей-rozничных-torgovyh-setey-kak-sredstvo-vyzhivaniya-v-krizisnyh-usloviyah>.
5. AnyLogic Documentation. Official website of AnyLogic. (In Russ.). URL: <https://anylogic.help/ru/>.
6. Simulation Modeling. RUVIKI. (In Russ.). URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Имитационное_моделирование.
7. Kostyreva A. (2024) Stores Are Shrinking. *Kommersant*. (In Russ.). URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6563055>.
10. Pleskunov M. A. (2022) Queueing Theory: Study Guide. Yekaterinburg, Editorial and Publishing Department of UrFU IPC, 268 p. (In Russ.).
11. (2024) Merchandising Rules in the Store. KonturMarket. (In Russ.). URL: https://kontur.ru/market/spravka/22575-pravila_vykladki_tovara_v_magazine.
12. Romanenko V. A. (2021) Systems and Networks of Mass Service: Study Guide. Samara, Samara University Publishing House, 68 p. (In Russ.).
13. Queueing Theory in Economic Analysis. Scientific Dictionary-Reference from Author24 on Technical and Humanities Disciplines. (In Russ.). URL: https://spravochnik.ru/ekonomicheskij_analiz/teoriya_massovogo_obslyzhivaniya_v_ekonomicheskom_analize/.
14. Stages of Simulation Modeling. StudFiles. (In Russ.). URL: <https://studfile.net/preview/9217161/page:5/>.
15. Yudanova V. V. (2019) Simulation Modeling of Mass Service Systems. *Internet Journal "Otkhody i resursy"*, no. 4. 13 p. (In Russ.). URL: <https://resources.today/PDF/23INOR419.pdf>.
16. Erlang A. K. (1909) The theory of probabilities and telephone conversations. *Nyt Tidsskrift for Matematik*, Seria B, vol 20, is. B, pp. 33–39.

Информация об авторах:

И. А. СЛОБОДНЯК – доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий.

Е. И. СЛОБОДНЯК – студентка.

Т. А. ЛЕОНЕНКО – студентка.

Information about the authors:

I. A. SLOBODNYAK – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies.

E. I. SLOBODNYAK – Student.

T. A. LEONENKO – Student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 23.04.2025; одобрена после рецензирования 28.04.2025; принята к публикации 03.05.2025.

The article was submitted 23.04.2025; approved after reviewing 28.04.2025; accepted for publication 03.05.2025.