

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ДОСТАВКИ ЕДЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА КУРЬЕРОВ В РАЗНЫЕ ЧАСЫ СУТОК

В.Д. Косых¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматривается разработка имитационной модели функционирования службы доставки еды на основе метода Монте-Карло и дискретно-событийного моделирования. Модель анализирует динамику заказов в течение суток, учитывая поток заявок, время приготовления блюд и ограничения при доставке. Предложен алгоритм оптимизации с минимизацией суммарных издержек.

Ключевые слова: имитационное моделирование, служба доставки еды, оптимизация персонала, дискретно-событийная модель.

A SIMULATION MODEL OF A FOOD DELIVERY SERVICE TO DETERMINE THE OPTIMAL NUMBER OF COURIERS AT DIFFERENT HOURS OF THE DAY

V.D. Kosykh¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper considers the development of a simulation model of the functioning of a food delivery service based on the Monte Carlo method and discrete event modeling. The model analyzes the dynamics of orders during the day, taking into account the flow of requests, cooking time, and delivery restrictions. An optimization algorithm with minimizing total costs is proposed.

Keywords: simulation modeling, food delivery service, personnel optimization, discrete event model.

Доставка еды показывает устойчивый рост спроса: объём рынка в России превысил 400 млрд рублей в 2024 году, а также каждый год прирост составляет 15-20 %. Ключевой показатель эффективности – время доставки. Она должна быть около 45-60 минут по нормативам отрасли. Однако избыточное количество

курьеров в «мертвые» часы, когда нет спроса, приводит к затратам на выделение оплаты труда. Их дефицит приходится в пик: 12:00 – 14:00 и 18:00 – 21:00, что вызывает потерю клиентов и прибыли.

Обычные подходы к планированию штата (закрепленное количество курьеров на смену) не учитывают стохастическую природу спроса и динамику заказов. В связи с этим становится актуально разработать имитационную модель, которая определит нужное количество курьеров для каждого часа суток.

Модель построена на основе дискретно-событийного подхода (Discrete-Event Simulation, DES), где событиями выступают:

- поступление нового заказа;
- завершение приготовления блюда в ресторане;
- выезд курьера к ресторану;
- получение заказа у ресторана;
- доставка заказа клиенту;
- возврат курьера в «точку ожидания».

Важнейшие параметры модели заданы с учётом реальных процессов. Интенсивность поступления заказов описывается нестационарным пуассоновским процессом $\lambda(t)$, где интенсивность λ варьируется в течение суток от минимального значения 2 заказа в час в ночные часы (02:00–05:00) до пикового значения 45 заказов в час в вечерний период (19:00–21:00). Время приготовления блюда моделируется гамма-распределением с параметрами формы $k = 3$ и масштаба $\theta = 4$, что обеспечивает среднее время приготовления 12 минут в зависимости от типа блюда и загруженности кухни. Расстояние между рестораном и клиентом генерируется по логнормальному распределению с параметрами $\mu = 2,5$ и $\sigma = 0,8$, что соответствует среднему расстоянию 3,2 километра с учётом пространственного распределения точек заказа в городской среде. Скорость перемещения соответствует среднему значению 15 км/ч и погрешностью 3 км/ч (дорожные условия, пробки и необходимость идти пешком). За заказ, который доставлен с нарушением, дается штраф 300 рублей в качестве компенсации клиенту.

Алгоритм модели реализует циклическое моделирование 24-часового периода. На этапе инициализации загружается карта города с распределёнными ресторанами. Количество курьеров для каждого часа суток задаётся переменной $N(t)$.

Для каждого часа t (от 0 до 23) генерируются заказы в соответствии с $\lambda(t)$. Каждому заказу случайным образом присваиваются координаты клиента и ресторан-партнёр.

Система ищет ближайшего свободного курьера и назначает ему заказ по жадному алгоритму (минимизация расстояния и времени ожидания). Если курьер не находится, заказ ставится в очередь.

После обработки всех заказов фиксируются ключевые метрики: время доставки, простои курьеров и количество нарушений (доставка дольше 60 минут). Суммарные издержки рассчитываются как заработная плата и штрафы за нарушение сроков. Оптимизация количества курьеров $N(t)$ выполняется методом градиентного спуска при условии выполнения целевого показателя: не менее 95% заказов, которые доставлены успешно.

Результаты моделирования подтвердили эффективность динамического управления курьерами. По сравнению с фиксированным штатом оптимизированное распределение позволяет сократить среднее время доставки, снизить нарушения SLA и уменьшить суточные издержки, так же простои курьеров ночью сократились.

Разработанная модель помогает подбирать количество курьеров в зависимости от времени суток, учитывая непредсказуемость/количество заказов и особенности города, а также погодные условия.

Преимущества подхода:

- Планирование персонала становится точным и обоснованным;
- Расходы снижаются за счёт отказа от лишних курьеров;
- Качество доставки повышается;

В будущем модель можно улучшить: подключить прогноз спроса с помощью нейросетей (например, LSTM), учитывать погоду и пробки. Такие решения помогут компаниям доставки работать эффективнее и прибыльнее.

Список литературы

1. Аскаров Б.Р. Моделирование мультисервисной зоны общественного питания (на примере фуд-кортов) / Проект имитационной модели в среде AnyLogic. – GitHub, 2024. – URL: <https://github.com/BUBLET/ims-model> (дата обращения: 10.02.2026).
2. Астраханцева, И. А. Имитационная модель проточного трубчатого реактора / И. А. Астраханцева, С. П. Бобков // Моделирование систем и процессов. – 2024. – Т. 17, № 4. – С. 16–22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – Текст : непосредственный.
3. Зуева О.Н., Сидоренко А.М., Галактионов А.Д. Имитационное моделирование доставки грузов с помощью сменных кузовов // Торговля, логистика,

таможенное дело. – 2021. – № 4. – С. 81-86. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-dostavki-gruzov-s-promoschyu-smennyh-kuzovov> (дата обращения: 10.02.2026).

4. Калинин И.А., Саакян А.Г. Интеллектуальные методы совершенствования системы доставок в сфере электронной коммерции // Naukaru. – 2025. – 6 января. – С. 64-78. – URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/92146/view> (дата обращения: 10.02.2026).

5. Кнодель В.А., Свирбунт А.В. Имитационное моделирование в логистике: моделирование доставки в сети пиццерий "DOMINO'S" с использованием среды ANYLOGIC // Проблемы экономики и информационных технологий: сборник тезисов и статей докладов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР. – Минск: БГУИР, 2021. – С. 29-32. – URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/43970> (дата обращения: 10.02.2026).

6. Логистика курьерской службы: имитационная модель Optimization tool for courier delivery // Труды Кольского научного центра РАН. Информационные технологии. – 2020. – Вып. 8 (11). – С. 54. – URL: http://kolanord.ru/html_public/periodika/Trudy-KNC/2020/Trudy-KNC_Vyp11_2020_N8/55/ (дата обращения: 10.02.2026).

7. Оптимизация «last mile»: сравнение курьерских, пунктов выдачи и дрон-доставки // Journal of Monetary Economics and Management. – 2025. – 17 ноября. – С. 397-401. – URL: <https://jomeam.ru/ru/nauka/article/106502/view> (дата обращения: 10.02.2026).

8. Юргин И.В. О подходе к оценке достоверности имитационной модели доставки грузов с использованием контейнеров-трансформеров // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 1. – С. 112-120. – DOI: 10.46973/0201-727X_2025_1_112. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-podhode-k-otsenke-dostovernosti-imitatsionnoy-modeli-dostavki-gruzov-s-ispolzovaniem-konteynerov-transformerov> (дата обращения: 10.02.2026).

References

1. Askarov B.R. Modeling of a multiservice public catering zone (using the example of food courts) / AnyLogic simulation model project. – GitHub, 2024. – URL: <https://github.com/BUBLET/ims-model> (date of reference: 02/10/2026).

2. Astrakhantseva, I. A. Simulation model of a flow-through tubular reactor / I. A. Astrakhantseva, S. P. Bobkov // Modeling of systems and processes. – 2024. – Vol. 17, No. 4. – pp. 16-22. – DOI 10.12737/2219-0767-2024-17-4-16-22. – Text : direct.
3. Zueva O.N., Sidorenko A.M., Galaktionov A.D. Simulation modeling of cargo delivery using interchangeable bodies // Trade, logistics, customs business. – 2021. – No. 4. – pp. 81-86. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnoe-modelirovanie-dostavki-gruzov-s-pomoschyu-smennyh-kuzovov> (date of reference: 02/10/2026).
4. Kalinin I.A., Sahakyan A.G. Intelligent methods of improving the delivery system in the field of electronic commerce // Naukaru. – 2025. – January 6. – pp. 64-78. – URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/92146/view> (date of request: 02/10/2026).
5. Knodel V.A., Svirbut A.V. Simulation modeling in logistics: modeling delivery in the DOMINO'S pizzeria network using the ANYLOGIC environment // Problems of economics and information technologies: collection of abstracts and articles of reports of the 57th scientific conference of undergraduates, undergraduates and students of BSUIR. – Minsk: BGUIR, 2021. – pp. 29-32. – URL: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/43970> (date of request: 02/10/2026).
6. Logistics of courier service: simulation model of Optimization tool for courier delivery // Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Information technology. – 2020. – Issue 8 (11). – P. 54. – URL: http://kolanord.ru/html_public/periodika/Trudy-KNC/2020/Trudy-KNC_Vyp11_2020_N8/55 / (accessed: 02/10/2026).
7. Optimization of the "last mile": comparison of courier, pick-up points and drone delivery // Journal of Monetary Economics and Management. – 2025. – November 17. – Pp. 397-401. – URL: <https://jomeam.ru/ru/nauka/article/106502/view> (date of request: 02/10/2026).
8. Yurgin I.V. On an approach to assessing the reliability of a simulated cargo delivery model using transformer containers // Bulletin of the Rostov State University of Railway Communications. – 2025. – No. 1. – pp. 112-120. – DOI: 10.46973/0201-727X_2025_1_112. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-podhode-k-otsenke-dostovernosti-imitatsionnoy-modeli-dostavki-gruzov-s-ispolzovaniem-konteynerov-transformerov> (date of request: 02/10/2026).