

УДК 004.94

doi:10.33979/2073-7432-2025-1-4(88)-51-58

Д.А. СОКОЛОВ, Д.О. РОГОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО УЗЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. Сегодня теория массового обслуживания находит применение в различных сферах человеческой деятельности, включая экономику, транспорт, информационные технологии, научные исследования и многое другое. При использовании аналитических подходов для изучения сложных систем массового обслуживания (СМО) мы получаем лишь ограниченный набор параметров и характеристик объектов исследования. Методы, основанные на имитационном моделировании, предоставляют обширные возможности для визуализации работы комплексных систем с любым уровнем детализации. Они также позволяют применять разнообразные вычислительные алгоритмы для обработки и анализа информации, что делает их мощным инструментом для оптимизации процессов обслуживания.

Ключевые слова: теория массового обслуживания, системы массового обслуживания, имитационное моделирование, программные системы моделирования, транспорт, транспортная инфраструктура

Введение

В данной статье рассматриваются методы имитационного моделирования, опирающиеся на теорию массового обслуживания и предназначенным для анализа дискретных объектов со стохастическим характером функционирования. В качестве примера приведена простая модели транспортно-пересадочного узла. Представив ТПУ как систему массового обслуживания, можно создать модель, которая позволит оценить эффективность работы узла, выявить проблемные зоны и разработать мероприятия для улучшения пропускной способности. В этой статье рассматриваются возможности использования программного обеспечения AnyLogic для создания имитационных моделей. Этот инструмент предоставляет библиотеку моделирования процессов, средства сбора статистики, компоненты для улучшения моделей и объектно-ориентированный подход как к структуре модели, так и к инструментам разработки. В качестве примера представлены результаты моделирования, полученные в результате базового эксперимента с использованием AnyLogic.

Материал и методы

Имитационное моделирование – это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с которой проводятся эксперименты с целью получить информацию об этой системе.

Основными задачами имитационного моделирования являются:

- создание имитационной модели – абстрактного представления реальной системы в виде набора правил или уравнений;
- проведение имитационных экспериментов на компьютере путем многократного «проигрывания» модели с разными исходными данными;
- анализ результатов имитационных экспериментов для получения новых знаний о модели и оригинальной системе.

Имитационное моделирование широко применяется в различных областях. Оно позволяет оценивать поведение сложных систем путем варьирования входных параметров и выявлять оптимальные решения без риска для реальной системы. К основным признакам таких систем относятся:

- дискретность – система функционирует путем перехода из одного состояния в другое через определенные события (заявки, сбои, восстановления и т.п.);
- стохастичность – моменты наступления событий носят случайный, вероятностный характер и могут быть описаны теоретическими или эмпирическими законами распределения вероятностей.
- параллельность – в одно и то же время может происходить несколько событий.

Существуют три основных способа создания имитационных моделей: системная динамика, дискретно-событийное моделирование и агентное моделирование [5]. Основные этапы имитационного моделирования: постановка задачи, концептуальное моделирование, компьютерная реализация, верификация, валидация, планирование и проведение экспериментов, анализ результатов.

Дискретно-событийное моделирование (Discrete Event Simulation, DES) – это один из основных подходов к имитационному моделированию, который используется для изучения систем, в которых происходят дискретные события во времени. DES моделирует динамику системы путем определения различных событий, которые могут происходить в системе, и их последствий. Основными компонентами DES являются события, система событий, состояния системы и временные интервалы между событиями. DES – эффективный инструмент для изучения различных процессов, таких как производственные линии, компьютерные сети и транспортные системы. Использование метода дискретных событий позволяет более точно представлять реальные системы и анализировать их в различных условиях и сценариях.

Принципами дискретно-событийного моделирования являются:

- модельное время вносит изменения от одного события к другому, тогда как системное состояние остается постоянным между событиями;
- события представляют собой мгновенные изменения в состоянии системы. Они могут происходить в результате хронологического хода событий (например, начало процесса обслуживания), возникновения определенного состояния (как, например, отказ оборудования) или прямых действий в системе (появление нового клиента);
- после каждого события определяются возможные последующие события, время их возникновения и последовательность (что существенно для прогрессирования модельного времени).;
- события влияют на изменение состояний системных компонентов - сущностей (индивидуумов, деталей, транспортных средств), ресурсов (машины, персонал), очередей, буферов и других элементов;
- случайные величины используются для симуляции стохастических (вероятностных) процессов, таких как интервалы между событиями, времена обслуживания и прочее.

Как отмечает в своем исследовании В.В. Юданова: «DES хорошо подходит для моделирования дискретных процессов, в которых явно выделяются события изменения состояния: производственные линии, системы обслуживания, телекоммуникационные и транспортные системы, логистические цепочки и т.д. События, такие как появление новой заявки или ее обработка, приводят к изменениям в состоянии системы, формируя поток событий. Этот поток характеризуется не только дискретностью, но и стохастичностью, поскольку времена появления заявок и их обработки являются случайными» [8]. Дискретно-событийный подход является естественным способом моделирования и анализа СМО различной сложности – от простейших одноканальных до сложных многофазных и сетевых систем. Популярные пакеты DES-моделирования – Arena, AnyLogic, FlexSim, Simio и др.

В контексте имитационного моделирования систем массового обслуживания они считаются дискретными. Системный анализ выполняется путем многократного запуска компьютерной модели с использованием случайных входных данных и сбора статистической информации. Объединяя концепции теории массового обслуживания и дискретно-событийного

подхода, как показано в таблице 1, можно исследовать сложные алгоритмы функционирования различных систем, включая элементы транспортной инфраструктуры.

Теория

При проектировании транспортных объектов критически важно удостовериться, что их из пропуская способность будет соответствовать ожидаемому пассажиропотоку. Необходимо проанализировать будущую работоспособность таких объектов, как пересадочные узлы, железнодорожные станции и аэропорты, чтобы выявить потенциальные проблемные места и оценить уровень сервиса в зонах ожидания. Важно также понимать, как будет происходить процесс эвакуации людей в экстренных ситуациях, определять места образования заторов и разрабатывать меры по их предотвращению [4].

Кроме того, очень важно понимать механизмы взаимодействия проектируемого объекта с существующей дорожной и транспортной инфраструктурой. Необходимо оценить, справится ли общественный транспорт с ожидаемым пассажиропотоком, как строительство ТПУ повлияет на загруженность улично-дорожной сети и образование пробок, а также как оптимально спроектировать парковочные зоны и рассчитать их вместимость. Все эти вопросы можно решить с помощью методов имитационного моделирования, которые позволяют детально просчитать различные характеристики объектов, включая пропускную способность, степень загруженности УДС, временные интервалы ожидания транспорта, продолжительность обслуживания в билетных кассах и многие другие параметры.

Таблица 1 – Основные элементы систем массового обслуживания и компоненты дискретно-событийной модели

Основные элементы СМО	Компоненты дискретно-событийной модели
Поток заявок – последовательность требований на обслуживание, поступающих в систему. Заявки могут представлять собой клиентов, детали, документы и т.п. Поток заявок характеризуется интенсивностью (средним числом заявок в единицу времени) и законом распределения времени между поступлениями заявок. Очередь – место ожидания обслуживания для заявок, если все каналы обслуживания заняты. В простейших моделях СМО очередь бесконечна, в более сложных – может иметь ограниченную длину (емкость). Очередь характеризуется дисциплиной обслуживания (FIFO, LIFO, приоритетной и т.д.). Обслуживающий канал (прибор, устройство) – средство, выполняющее обслуживание заявок в соответствии с некоторым алгоритмом. Число каналов может быть одним или несколькими. Канал характеризуется производительностью (интенсивностью обслуживания) и законом распределения времени обслуживания заявок.	Событие – является конкретным инцидентом или изменением состояния системы в определенный момент времени, которое имеет определенные причины и последствия. Анализ событий позволяет выявить зависимости и взаимодействия между различными компонентами системы и предсказать их будущее развитие. Генератор псевдослучайных чисел – компонент, используемый для создания числовых последовательностей, не обладающих истинно случайными свойствами, но обладающих статистическими характеристиками случайности. Основываются на математических алгоритмах, которые позволяют получить последовательности чисел, которые кажутся случайными, но на самом деле являются детерминированными. Играет важную роль в различных областях, таких как моделирование систем, шифрование данных, статистические исследования и другие приложения, где требуется возможность создания разнообразных случайных значений. Сбор статистики – механизм накопления, позволяющий собирать и анализировать данные о происходящих событиях, их характеристиках и взаимосвязях, что позволяет более точно предсказывать и управлять поведением системы. В ходе сбора статистики могут использоваться различные методы, такие как сбор данных, анализ распределений событий, вычисление показателей производительности и т.д. Например, среднее время пребывания в очереди, средняя загрузка ресурсов, общее число обслуженных заявок и т.д. В итоге, анализ статистики позволяет выявить закономерности и оптимизировать процессы в моделируемой системе.

Кроме того, важными компонентами СМО являются:

- диспетчер событий – управляет продвижением модельного времени от события к событию на основе календаря событий;
- часы модельного времени – отслеживают текущее модельное время симуляции;
- список ожидания/очередь – хранит заявки/транзакты в ожидании освобождения ресурсов;
- сущности – динамические объекты модели, перемещающиеся между ресурсами.
- Ресурсы – статические объекты модели, обслуживающие сущности.

Взаимодействие этих компонентов обеспечивает имитацию поведения моделируемой системы на компьютере.

В наше время создание и использование компьютерных моделей не ограничивается сферой деятельности IT-специалистов, инженеров или математиков. Инструменты визуализации стали доступны профессионалам самых разных направлений и квалификаций. Сегодня компьютерное моделирование является одним самых популярных методов в практике управления [6]. При этом главной компетенцией при создании компьютерных моделей становится не столько умение программировать, сколько понимание специфики предметной области, обладание системным мышлением и развитыми аналитическими способностями.

Имитационное моделирование становится неотъемлемой частью систем массового обслуживания по многим причинам. Как справедливо отмечает в своей работе Г.А. Черноок: «Сложность этих систем постоянно растет в связи с расширением их функционала, увеличением объемов данных и повышением скорости обработки. С другой стороны, причиной является совершенствование технических и программных средств, используемых в моделировании. Современные программные продукты включают в себя принципы объектно-визуального проектирования, автоматизированные инструменты для статистического анализа и обработки данных, а также продвинутые функции создания графического интерфейса моделей. Это делает информацию более доступной и наглядной, а также упрощает процесс модификации моделей» [7].

Дискретно-событийное моделирование и подход систем массового обслуживания можно эффективно использовать для имитации функционирования транспортного узла, такого как аэропорт, железнодорожный вокзал или морской порт. Вот основные шаги, которые можно предпринять:

- 1) определить объекты модели (сущности, ресурсы, очереди);
- 2) смоделировать потоки сущностей с помощью законов распределения (интервалы между прибытием транспорта как входящие потоки заявок, время обслуживания – посадка/высадка, досмотр, оформление документов и т.д.);
- 3) определить правила и логику транспортного узла (приоритеты и дисциплины очередей, правила распределения ресурсов, ограничения по вместимости терминалов, стоянок и т.д.);
- 4) собрать статистику показателей эффективности (время ожидания прибытия/отправления, загрузка каналов, максимальные/средние длины очередей, общая пропускная способность узла);
- 5) использовать генераторы случайных чисел для моделирования (интервалы между прибытием транспортных средств, время обслуживания, сбои и отказы);
- 6) провести многочисленные прогоны модели с разными входными данными;
- 7) проанализировать результаты и выявлять «узкие места», проблемные участки, оценить эффект от изменения правил, инфраструктуры и т.д.

Результаты и обсуждение

Такая имитационная модель позволит лучше понять динамику работы транспортного узла, оценить влияние изменений без риска для реальной системы, найти оптимальные решения. Современные пакеты моделирования, такие как AnyLogic, Arena и другие, предоставляют удобные инструменты для разработки подобных моделей.

На российском рынке программного обеспечения для имитационного моделирования, особое место занимает система AnyLogic. Данная ситуация обусловлена популярностью данной системы, которую ей удалось завоевать среди пользователей благодаря своей универсальности и поддержке различных методов моделирования, а также ориентации на объектно-ориентированное управление данными. AnyLogic также предлагает интеграцию с базами данных, инструменты для создания пользовательских интерфейсов и 2D- и 3D-анимации. Библиотеки в системе позволяют моделировать различные сценарии, а также предполагают использование GIS-технологий и интерактивных элементов. ПО поддерживает основные методы имитационного моделирования: системную динамику, агентное моделирование и территориально-событийное моделирование. Это обеспечивает различные стратегии работы и гарантирует точность результатов, позволяя сравнивать основные модели с высокой степенью сложности [3].

AnyLogic позволяет создавать координатно-событийные модели, используя библиотеку моделей процессов. Разработчики могут создавать диаграммы процессов, которые определяют, как агенты взаимодействуют в системе. Главный агент в каждой модели определяет объект, объединяет данные и функции для его обработки. Графический интерфейс редактора позволяет настраивать структуру и логику поведения каждого агента [8].

Для моделирования транспортно-логистических процессов AnyLogic предлагает обширную библиотеку с информацией о дорожной инфраструктуре, маршрутных сетях и других данных. Имитация функционирования транспортного узла включает в себя различные входные данные, такие как планы ТПУ, расписание транспорта, распределение пассажиропотоков и поведенческие модели пассажиров. Результаты имитационного моделирования позволяют получить информацию о прогнозировании пассажиропотока, анализе изменений в движении транспортных средств и оптимизации графика движения с учетом пропускной способности. Все это позволяет повысить качество обслуживания пассажиров, оптимизировать транспортные потоки и улучшить инфраструктуру ТПУ [2].

В качестве примера приведем простую имитационную модель системы транспортного обслуживания, созданную с использованием ПО AnyLogic. Модель формируется на основании нескольких логических слоев. Первый – основанная на существующей схеме или спутниковой фотографии двумерная схема, поверх которой производится разметка пространства, что позволяет привязать к такой разметке модель движения транспортных и пассажирских потоков (рис. 1).



Рисунок 1 – Представление модели ТПУ в виде 2D-схемы с разметкой пространства

Второй слой – представление работы ТПУ в виде диаграммы процесса, на которой в логике дискретно-событийного моделирования выстраивается схема перемещения объектов и задаются ее основные параметры (рис. 2).

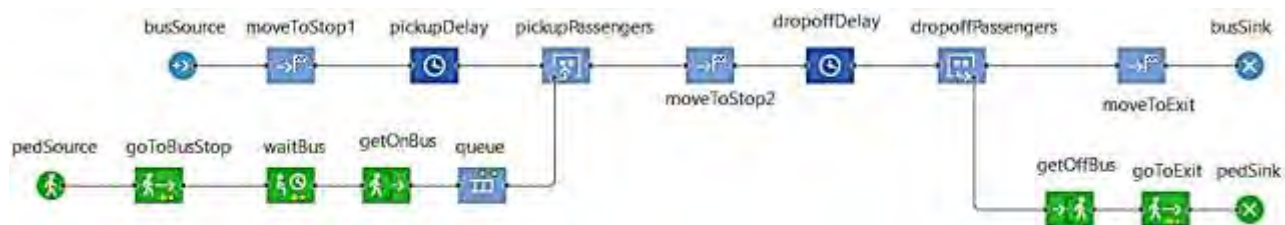


Рисунок 2 – Диаграмма процесса работы простого ТПУ

На данном примере представлена диаграмма работы простого ТПУ: поток пассажиров поступает на остановку, на которой ожидает прибытия автобуса. Автобус, прибывающий по расписанию либо согласно интенсивности с заранее заданной функцией распределения вероятности забирает фиксированное количество пассажиров и движется до другой остановки, где часть пассажиров высаживается и следует далее по заданной траектории. Таким образом формируется логика движения транспортных потоков.

Третий слой – визуальное представление модели в виде наглядной 3D-анимации (рис. 3), которая позволяет наглядно продемонстрировать результаты постановки имитационных экспериментов и, в случае необходимости, более эффективно выполнять отладку модели.

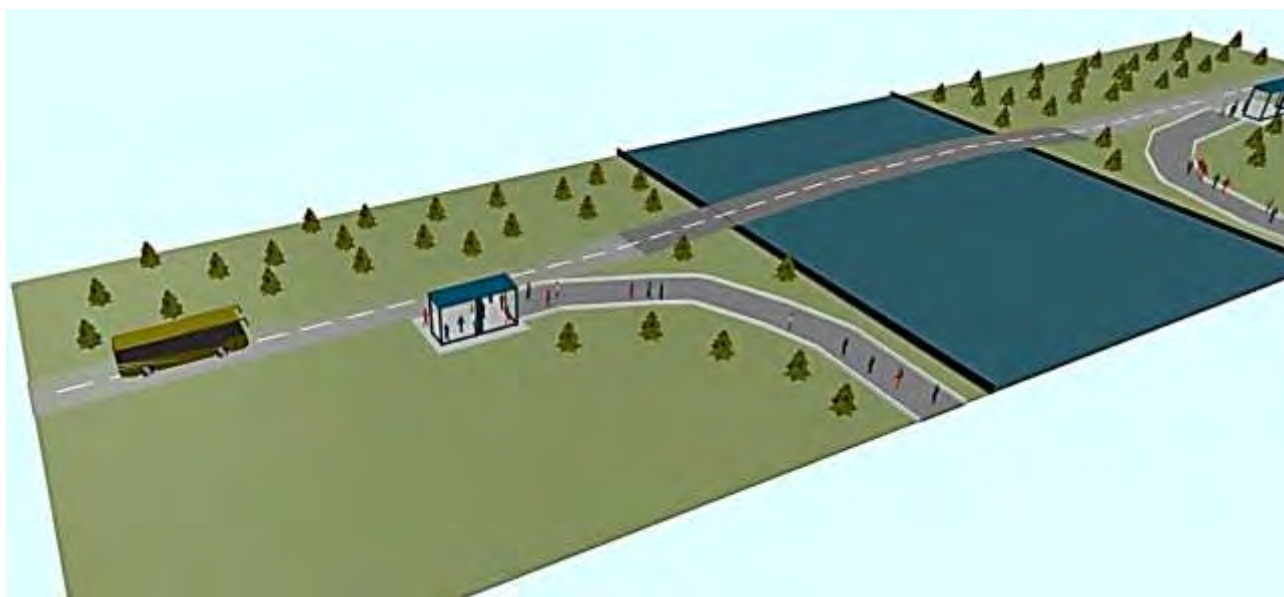


Рисунок 3 – 3D-визуализация модели

Выводы

Таким образом, анализ поведения систем массового обслуживания, к которым относятся и транспортно-пересадочные узлы, может эффективно проводиться с использованием методов имитационного моделирования. Это подразумевает необходимость тщательного подбора методики моделирования реальных объектов, принимая во внимание их дискретные и стохастические свойства. Для обеспечения требуемой адаптивности модели к реальным условиям используется приведение базовых элементов систем массового обслуживания к принципам дискретно-событийного моделирования.

В то же время, внедрение инструментария программных продуктов для имитационного моделирования, таких как, например, AnyLogic, имеет огромное значение для оптимизации процессов и принятия обоснованных решений в различных областях деятельности. Его использование привносит в теоретическую основу новые элементы – диаграммы, агенты, классы, объекты и др. В практическом же отношении внедрение инструментария программных продуктов для имитационного моделирования позволяет оперативно и эффективно проводить анализ различ-

ных стратегий и сценариев, а также предсказывать возможные последствия принимаемых решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрианова А.В., Ласкин М.Б., Свистунова А.С. Имитационное моделирование участка маршрутной сети аэропортов «Пулково» и «Домодедово» в среде AnyLogic // Девятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности: Труды конференции. Екатеринбург: Уральский государственный педагогический университет. 2019. С. 347-351.
2. Боловинцев М.Ю. Моделирование транспортно-пересадочных узлов, описание математической модели // Актуальные исследования. 2023. №7-1(137). С. 6-12.
3. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. 496 с.
4. Моделирование транспортных объектов: комплексный подход [Электронный ресурс] / AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса URL: <https://www.anylogic.ru/blog/modelirovanie-transportnykh-obektov-kompleksnyu-podkhod/>.
5. Нуриев Н.К., Печеный Е.А., Старыгина С.Д. Математическое моделирование системы массового обслуживания с каналами разной производительности // Современные наукоемкие технологии. 2021. №1.
6. Соколов Д.А. Генезис методологии системно-динамического моделирования и перспективы ее применения для решения задач цифровизации корпоративного управления изменениями // Вестник университета. 2023. №7. С. 71-80.
7. Черноок Г.А., Яковлева Н.Г. Пакеты имитационного моделирования систем массового обслуживания / Под редакцией А.П. Ремонтова // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: Сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза: Автономная некоммерческая научно-образовательная организация «Приволжский Дом знаний». 2021. С. 159-162.
8. Юданова В.В. Имитационное моделирование систем массового обслуживания // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы». 2019 №4.
9. Савин Л.О., Королёв М.В. Организация ТО АТ в различных природно-климатических условиях ее эксплуатации // Современные автомобильные материалы и технологии: Сборник материалов X Международной научно-технической конференции. Курск. 2018. С. 215-217.
10. Колчин В.С. Основы диагностики и технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2006. 156 с.
11. Тебекин М.Д., Катунин А.А., Новиков А.Н. Вибродиагностика, как способ определения технического состояния шаровых элементов подвески автомобилей // Автотранспортное предприятие. Москва. 2014. №11. Р. 149-158.
12. Антропов В.В. Организация проверки технического состояния рулевого управления и трансмиссии грузовых автомобилей // Молодежь и наука. 2020. №1. С. 2.
13. Логунов А.В., Конн В.Ю., Береснев А.Л. Виброакустическая диагностика автомобилей // Сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Таганрог. 2020. С. 65-68.
14. Колпакова С.В., Новиков И.А. Методы диагностирования шаровых шарниров автомобиля в условиях сервисных предприятий // Современные материалы, техника и технология: Сборник научных статей 8-й международной научно-практической конференции. Закрытое акционерное общество «Университетская книга». Курск. 2018. С. 195-198.
15. Алексеев Е.А. Люфт-детекторы для диагностики подвески автомобилей // Молодежь и наука. Уральский государственный аграрный университет. Екатеринбург. 2018. №6. С. 56.

Соколов Дмитрий Александрович

Государственный университет управления

Адрес: 109542, Россия, Москва, Рязанский проспект, 99

К.э.н., доцент кафедры математических методов в экономике и управлении

E-mail: da_sokolov@guu.ru

Рогов Дмитрий Олегович

Государственный университет управления

Адрес: 109542, Россия, Москва, Рязанский проспект, 99

Аспирант

E-mail: do_rogov@guu.ru

D.A. SOKOLOV, D.O. ROGOV

OPTIMIZATION OF TRANSPORT HUB OPERATION USING SIMULATION MODELING METHODS

Abstract. Today queuing theory finds its application in many fields, including economics, transport, IT technologies, scientific researches, etc. Using analytical approaches to the study of complex queuing systems (QS) can obtain only a set of specific parameters and characteristics of research objects. Methods based on simulation modeling provide a wide range of opportunities for visualizing the operation of complex systems with different degrees of detail. They also allow the use of a variety of computational algorithms to process and analyze information, making them a powerful tool for service-level optimization.

Keywords: queuing theory, queuing systems, simulation modeling, modeling software systems, transport, transport infrastructure

BIBLIOGRAPHY

1. Adrianova A.V., Laskin M.B., Svistunova A.S. Imitatsionnoe modelirovanie uchastka marshrutnoy seti aeroportov «Pulkovo» i «Domodedovo» v srede AnyLogic // Devyataya vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya po imitatsionnomu modelirovaniyu i ego primeneniyu v nauke i promyshlennosti: Trudy konferentsii. Ekaterinburg: Ural'skiy gosudarstvennyy pedagogicheskiy universitet. 2019. S. 347-351.
2. Bolovintsev M.YU. Modelirovanie transportno-peresadochnykh uzlov, opisanie matematicheskoy modeli // Aktual'nye issledovaniya. 2023. №7-1(137). S. 6-12.
3. Katalevskiy D.YU. Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii: uchebnoe posobie; 2-e izd., pererab. i dop. M.: Izdatel'skiy dom «Delo» RANHiGS, 2015. 496 s.
4. Modelirovanie transportnykh ob"ektov: kompleksnyy podkhod [Elektronnyy resurs] / AnyLogic: imitatsionnoe modelirovanie dlya biznesa URL: <https://www.anylogic.ru/blog/modelirovanie-transportnykh-obektov-kompleksnyy-podkhod/>.
5. Nuriev N.K., Pechenyy E.A., Starygina S.D. Matematicheskoe modelirovanie sistemy massovogo obsluzhivaniya s kanalami raznoy proizvoditel'nosti // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. 2021. №1.
6. Sokolov D.A. Genezis metodologii sistemno-dinamicheskogo modelirovaniya i perspektivy ee primeneniya dlya resheniya zadach tsifrovizatsii korporativnogo upravleniya izmeneniyami // Vestnik universiteta. 2023. №7. S. 71-80.
7. Chernook G.A., YAKovleva N.G. Pakety imitatsionnogo modelirovaniya sistem massovogo obsluzhivaniya / Pod redaktsiyey A.P. Remontova // Informatsionnye resursy i sistemy v ekonomike, nauke i obrazovanii: Sbornik statey XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Penza: Avtonomnaya nekommercheskaya nauchno-obrazovatel'naya organizatsiya «Privolzhskiy Dom znaniy». 2021. S. 159-162.
8. YUdanova V.V. Imitatsionnoe modelirovanie sistem massovogo obsluzhivaniya // Internet-zhurnal «Otkhody i resursy». 2019 №4.
9. Savin L.O., Koroliov M.V. Organizatsiya TO AT v razlichnykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh ee ekspluatatsii // Sovremennye avtomobil'nye materialy i tekhnologii: Sbornik materialov X Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Kursk. 2018. S. 215-217.
10. Kolchin V.S. Osnovy diagnostiki i tekhnicheskoy ekspluatatsii avtomobiley: Uchebnoe posobie. Irkutsk: IrGTU, 2006. 156 s.
11. Tebekin M.D., Katunin A.A., Novikov A.N. Vibrodiagnostika, kak sposob opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya sharovykh elementov podveski avtomobiley // Avtotransportnoe predpriyatие. Moskva. 2014. №11. P. 149-158.
12. Antropov V.V. Organizatsiya proverki tekhnicheskogo sostoyaniya rulevogo upravleniya i transmissii gruzovykh avtomobiley // Molodezh' i nauka. 2020. №1. S. 2.
13. Logunov A.V., Konn V.YU., Beresnev A.L. Vibroakusticheskaya diagnostika avtomobiley // Sbornik trudov II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Taganrog. 2020. S. 65-68.
14. Kolpakova S.V., Novikov I.A. Metody diagnostirovaniya sharovykh sharnirov avtomobilya v usloviyakh servisnykh predpriyatiy // Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologiya: Sbornik nauchnykh statey 8-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Zakrytoe aktsionernoe obshchestvo «Universitetskaya kniga». Kursk. 2018. S. 195-198.
15. Alekseev E.A. Lyuft-detektory dlya diagnostiki podveski avtomobiley // Molodezh' i nauka. Ural'skiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet. Ekaterinburg. 2018. №6. S. 56.

Sokolov Dmitry Aleksandrovich

State University of Management

Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky prospect

Candidate of Economic Sciences

E-mail: da_sokolov@guu.ru

Rogov Dmitry Olegovich

State University of Management

Address: 109542, Russia, Moscow, Ryazansky prospect

Postgraduate student

E-mail: do_rogov@guu.ru