

УДК 656.073

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ



## ANALYTICAL AND SIMULATION METHODS FOR THE STUDY OF TRAFFIC AND PEDESTRIAN FLOWS

**Коновалова Т.В.**

Кубанский государственный технологический университет  
sofi008008@yandex.ru

**Надирян С.Л.**

Кубанский государственный технологический университет  
sofi008008@yandex.ru

**Плаксунова В.М.**

Кубанский государственный технологический университет  
sofi008008@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены аналитические и имитационные методы исследования транспортных и пешеходных потоков. Модели оптимизации решают задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выбора оптимальной конфигурации сети, расчета оптимальных сигнальных планов работы светофорной сигнализации. При разработке оптимизационной модели основной задачей является определение целевой функции и установка ограничений.

**Ключевые слова:** аналитические методы, имитационные методы, моделирование транспортных потоков, поперечное движение, модель.

**Konvalova T.V.**

Kuban State Technological University  
sofi008008@yandex.ru

**Nadiryana S.L.**

Kuban State Technological University  
sofi008008@yandex.ru

**Plaksunova V.M.**

Kuban State Technological University  
sofi008008@yandex.ru

**Annotation.** The article discusses analytical and simulation methods for the study of traffic and pedestrian flows. Optimization models solve the problems of optimizing passenger and freight transportation routes, choosing the optimal network configuration, calculating optimal signal plans for traffic light signaling. When developing an optimization model, the main task is to determine the objective function and set constraints.

**Keywords:** analytical methods, simulation methods, modeling of traffic flows, transverse movement, model.

Традиционно математические модели разделяют на аналитические и имитационные. Аналитические модели представляют собой уравнения или системы уравнений, записанные в виде алгебраических, интегральных, дифференциальных, конечно-разностных и иных соотношений и логических условий. Они записаны и решены в буквенном виде. Отсюда и происходит их название [1–2]. Аналитическая модель, как правило, статическая. Аналитическое представление подходит лишь для очень простых и сильно идеализированных задач и объектов, которые, как правило, имеют мало общего с реальной (сложной) действительностью, но обладают высокой общностью. Данный тип моделей обычно применяют для описания фундаментальных свойств объектов, так как фундамент прост по своей сути. Сложные объекты редко удаётся описать аналитически. Альтернативой аналитическим моделям являются имитационные модели (динамические). Основное отличие имитационных моделей от аналитических состоит в том, что вместо аналитического описания взаимосвязей между входами и выходами исследуемой системы строят алгоритм, отображающий последовательность развития процессов внутри исследуемого объекта, а затем «проигрывают» поведение объекта на компьютере. Имитационное моделирование – это метод исследования сложных систем, основанный на создании компьютерной модели, воспроизводящей структуру и процессы функционирования реальной системы, а также на проведении вычислительных экспериментов имитационного моделирования является динамическое описание процессов, а также, в основном, алгоритмический подход к описанию поведения системы, существенно расширяющий выразительную способность и области применения метода по сравнению с математическим описанием. Имитационное моделирование ставит своей целью воспроизведение всех деталей

движения и позволяет определить скорость движения, задержки на перекрестках, динамику и длину очередей, другие характеристики движения. Модели данного типа широко применяются при улучшении организации движения [2–3].

В современном мире задачи по имитационному моделированию переделаны ЭВМ основными программами являются VISSIM (PTV AG) и AIMSUN. Они решают задачи прогноза распределения транспорта по сети, а второй выполняет задачи имитационного моделирования отдельных ее элементов. Программа AIMSUN решает те же задачи, что и VISSIM – имитация движения автомобилей по транспортной сети. Дополнительный модуль 12 PLANER позволяет производить расчет загрузки транспортной сети, так же, как и программа VISUM. Модели прогноза потоков и имитационные модели ставят своей целью адекватное воспроизведение транспортных потоков. По своей сути они являются моделями описания и различаются лишь степенью детализации транспортной сети.

На основе моделей описания строятся модели оценки. В качестве критериев оценки используют экономические (расход топлива, потери транспорта, пешеходов и пассажиров в пути), экологические (выбросы токсичных компонентов и транспортный шум), критерии безопасности (конфликтная загрузка, шум ускорений или энергии). Функции оценки характеристик транспортных сетей имеются как у пакета программ VISUM+ VISSIM, так и у программы AIMSUN. VISSIM (PTV AG) – немецкий мультифункциональный пакет для построения моделей дорожных ситуаций на микроуровне. Пакет является составной частью компьютерной среды PTV VisionTrafficSuite, которая также включает PTV Visum, предназначенную для анализа и прогнозирования дорожных ситуаций, и PTV Vistro, служащую для изучения шумовых характеристик транспортных средств.

Модели оптимизации решают задачи оптимизации маршрутов пассажирских и грузовых перевозок, выбора оптимальной конфигурации сети, расчета оптимальных сигнальных планов работы светофорной сигнализации. При разработке оптимизационной модели основной задачей является определение целевой функции и установка ограничений. В качестве целевой функции обычно принимают функцию затрат на движение и проводят ее минимизацию. В качестве ограничений выступают требования безопасности движения или обеспечения минимальных потребностей в передвижении.

Пакет AnyLogic – отечественный профессиональный инструмент нового поколения, который предназначен для разработки и исследования имитационных моделей. Разработчик продукта – компания «Экс Джей Текнолоджис» (XJ Technologies), г. Санкт-Петербург.

AnyLogic был разработан на основе новых идей в области информационных технологий, теории параллельных взаимодействующих процессов и теории гибридных систем. Благодаря этим идеям чрезвычайно упрощается построение сложных имитационных моделей, имеется возможность использования одного инструмента при изучении различных стилей моделирования [4–6].

Программный инструмент AnyLogic основан на объектноориентированной концепции. Другой базовой концепцией является представление модели как набора взаимодействующих, параллельно функционирующих активностей. Активный объект в AnyLogic – это объект со своим собственным функционированием, взаимодействующий с окружением. Он может включать в себя любое количество экземпляров других активных объектов.

Графическая среда моделирования поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов, оптимизацию параметров относительно некоторого критерия. При разработке модели можно использовать элементы визуальной графики: диаграммы состояний (стейтчарты), сигналы, события (таймеры), порты и т.д.; синхронное и асинхронное планирование событий; библиотеки активных объектов [7–8].

Удобный интерфейс и многочисленные средства поддержки разработки моделей в AnyLogic делают не только использование, но и создание компьютерных имитационных моделей в этой среде моделирования доступными даже для начинающих.

При разработке модели на AnyLogic можно использовать концепции и средства из нескольких классических областей имитационного моделирования: динамических систем, дискретно-событийного моделирования, системной динамики, агентного моделирования. Кроме того, AnyLogic позволяет интегрировать различные подходы с целью получить более полную картину взаимодействия сложных процессов различной природы.

### Литература

1. Оценка эффективности международных перевозок в транспортно-логистических системах региона. монография / Т.В. Коновалова [и др.]. – Краснодар, 2021. – 180 с.
2. Городская мобильность как фактор устойчивого развития территорий / А.Н. Домбровский [и др.]. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2022. – 208 с.
3. Программа интеграции транспортных средств в систему единого логистического оператора. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023613403, 15.02.2023. Заявка № 2023612175 от 09.02.2023 / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.А. Изюмский, Е.А. Лебедев, В.В. Соскова.
4. Влияние элементов системы «водитель-автомобиль-дорога-среда» на экологию. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2023610736, 12.01.2023. Заявка № 2022686068 от 28.12.2022 / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, А.А. Изюмский, Я.А. Мотренко, В.М. Плаксунова.
5. Программа оценки эффективности международных перевозок в транспортно-технологических системах региона. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021664483, 07.09.2021. Заявка № 2021663774 от 07.09.2021 / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба, А.А. Изюмский, М.П. Миронова.
6. Программа оценки эффективности при проведении массовых мероприятий в городах. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022611153, 20.01.2022. Заявка № 2022610062 от 10.01.2022 / Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба, А.А. Изюмский, М.П. Миронова, И.С. Сенин.
7. Программа по оценке работы по обеспечению безопасности движения на транспорте. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021619527, 10.06.2021. Заявка № 2021618167 от 28.05.2021 / А.А. Изюмский, Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, С.В. Коцурба, М.П. Миронова.
8. Социально-экологические аспекты создания комфортной среды на примере краснодарской агломерации : монография / Н.Л. Сергиенко [и др.]. – Краснодар, КубГТУ. – 2022. – 175 с.

### References

1. Evaluation of the effectiveness of international transportation in the transport and logistics systems of the region : monograph / T.V. Konovalova [et al.]. – Krasnodar, 2021. – 180 p.
2. Urban mobility as a factor of sustainable development of territories / A.N. Dombrovsky [et al.]. – Krasnodar : Publishing House – Yug LLC, 2022. – 208 p.
3. The program of integration of vehicles into the system of a single logistics operator. Certificate of registration of the computer program 2023613403, 02/15/2023. Application № 2023612175 dated 09.02.2023 / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryman, A.A. Izyumsky, E.A. Lebedev, V.V. Soskova.
4. The influence of elements of the driver-car-road-environment system on ecology. Certificate of registration of the computer program 2023610736, 12.01.2023. Application № 2022686068 dated 12/28/2022 / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryman, A.A. Izyumsky, Ya.A. Motrenko, V.M. Plaksunova.
5. Program for assessing the effectiveness of international transportation in the transport and technological systems of the region. Certificate of registration of the computer program 2021664483, 07.09.2021. Application № 2021663774 dated 07.09.2021 / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryman, S.V. Kotsurba, A.A. Izyumsky, M.P. Mironova.
6. Program for evaluating the effectiveness of mass events in cities. Certificate of registration of the computer program 2022611153, 20.01.2022. Application № 2022610062 dated 10.01.2022 / T.V. Konovalova, S.L. Nadiryman, S.V. Kotsurba, A.A. Izyumsky, M.P. Mironova, I.S. Senin.
7. Program for assessing the work on ensuring traffic safety in transport. Certificate of registration of the computer program 2021619527, 10.06.2021. Application № 2021618167 dated 05/28/2021 / A.A. Izyumsky, T.V. Konovalova, S.L. Nadiryman, S.V. Kotsurba, M.P. Mironova.
8. Socio-ecological aspects of creating a comfortable environment on the example of the Krasnodar agglomeration : monograph / N.L. Sergienko [et al.]. – Krasnodar, KubSTU, 2022. – 175 p.