

УДК 004.94

## РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ANYLOGIC

Соловьев Н.А., Павлов А.Д. (Казань)

### Введение

Проектирование дорожной инфраструктуры является сложной задачей, которая включает в себя предотвращение пробок на дорогах и планирование будущего роста трафика с учетом бюджетных ограничений и особенностей местного населения. Прежде чем вносить какие-либо изменения в дорожную сеть, необходимо учитывать все факторы, которые могут повлиять на дорожную ситуацию. Например, поведение водителей, состояние самих транспортных средств и т.п. Для таких целей может подойти имитационное моделирование – широко используемый инструмент для решения реальных задач. Имитационная модель представляет собой логико-математическое описание объекта, которое может быть использовано для проведения экспериментов на вычислительной машине в целях проектирования, анализа и оценки функционирования объекта [1].

Моделирование движения на дороге – это динамическая компьютерная система с виртуальным перемещением автомобилей на моделируемом участке дороги, которая позволяет отследить возникающие проблемы (возникновение пробок на данном участке, нехватка парковочных мест и т.д.) и принять необходимые решения для их исправления. Для моделирования движения на дороге можно использовать различные подходы и инструменты, такие как AnyLogic, в котором можно моделировать улицы, дороги, перекрестки и транспортные развязки, а также движение автомобилей и пешеходов [2-3].

### Моделирование дорожного движения в среде программирования Anylogic

AnyLogic – это программный инструмент для имитационного моделирования, разработанный компанией The AnyLogic Company и поддерживающий методологии моделирования на основе агентов, дискретных событий и системной динамики. Модели AnyLogic полностью отображаются в Java-коде, что делает их кроссплатформенными и способными работать в любой среде с поддержкой Java. Java-природа AnyLogic также позволяет встраивать алгоритмы оптимизации в моделирование без написания ненужного кода [4]. Для визуализации и анализа процессов, таких как дорожное движение, можно использовать графические объекты и инструменты визуализации AnyLogic, включая 2D и 3D графики, анимации и управление навигацией. Библиотека AnyLogic Road Traffic Library – полезный инструмент для моделирования систем дорожного движения и управления ими. Предопределенные алгоритмы библиотеки учитывают типичные правила вождения, такие как контроль скорости или предотвращение столкновений при моделировании перекрестков с приоритетами, светофорами, пешеходными переходами, автобусными остановками и парковками.

В представленной работе рассматривается создание модели и оптимизация времени проезда перекрестков Нурсултана Назарбаева – Марселя Салимжанова, Нурсултана Назарбаева – Технической средствами среды имитационного моделирования AnyLogic.

В работе проведен имитационный эксперимент на участке дороги в городе Казань на перекрестке улиц Нурсултана Назарбаева – Марселя Салимжанова, Нурсултана Назарбаева – Техническая. Оба участка имеют непрерывный трафик,

потому достаточно часто проезд транспортных средств затруднен. Повышение числа полос движения не представляется вероятным, следовательно, нужно регулировать потоки автомобильного транспорта отталкиваясь от интенсивности движения транспортных средств при помощи установления разных фаз работы светофоров. Создадим модель, взяв за основу спутниковый снимок местности, используя его в качестве фона для модели (рис. 1). На нем видны детали данного участка дорожной сети.



Рис. 1. Спутниковый снимок исследуемого участка

Данный участок включает в себя 5 точек входа и 7 точек выхода в автомобильную систему, а также 2 зоны работы светофора. В целом модель представляет собой набор экземпляров различных классов. Для более детализированного описания модели необходимо рассмотреть каждую её компоненты в отдельности [5-6].

Процесс построения дороги представляет собой формирование ее из отдельных объектов – экземпляров класса Road, динамически связанных между собой (рис. 2). Класс Road в AnyLogic представляет собой графический элемент моделирования, который используется для создания дорог в модели. Он представляет собой пространственный объект, который может быть настроен для имитации различных типов дорог, таких как прямые участки, повороты, перекрестки и т.д. Дорога может содержать произвольное количество полос движения, либо быть односторонней.



Рис. 2. Моделирование участка дороги в AnyLogic

Также одними из компонентов являются светофоры – объекты класса Traffic Light (рис. 3). Блок Traffic Light задает логику работы одного или нескольких светофоров, регулирующих движение машин на перекрестке или на пешеходном переходе. Для светофоров установлены режимы работы для двух перекрестков. Для начала поставим случайные режимы зеленой и красной фаз: например, 50 и 40 секунд соответственно. При этом на обоих светофорах установлены дополнительные секции светофора, разрешающие поворот направо с крайней правой полосы. Также описана логика движения транспортных средств по выбранному участку дороги для легковых автомобилей и автобусов.

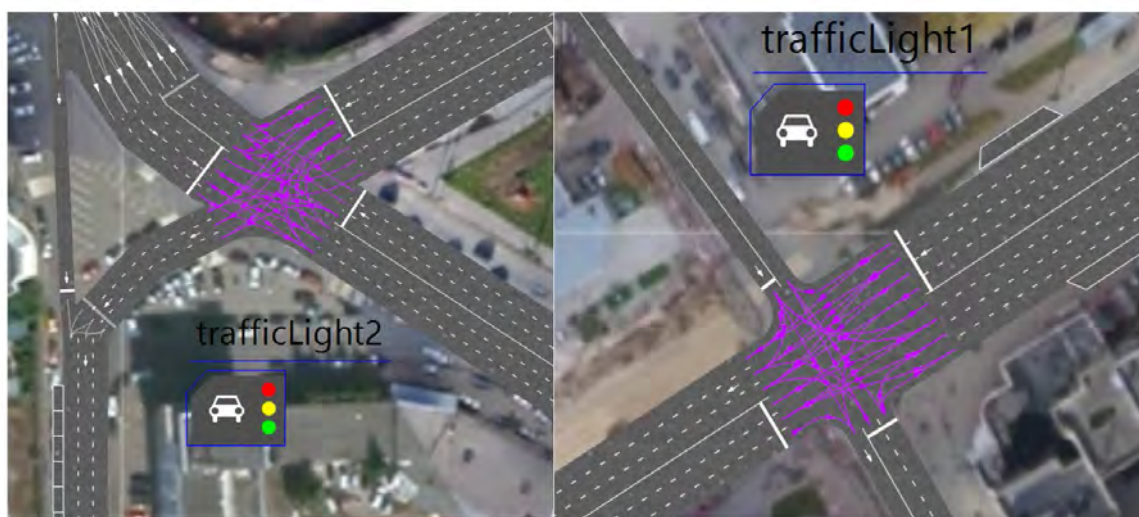


Рис. 3. Добавление светофоров для перекрестков

В AnyLogic возможно использование полиморфизма Java при реализации внутренней архитектуры системы классов. При использовании полиморфизма объекты одного типа имеют различное поведение в зависимости от переданной реализации. Например, создадим абстрактный класс "Auto" и классы-потомки "Car" и "Bus", и

также метод "drive", который будет использоваться для всех объектов класса "Auto", но будет иметь различную реализацию для классов "Car" и "Bus".

Для описания логики движения транспортного средства на выбранном участке дороги можно использовать следующие блоки из библиотеки дорожного движения: Car\_Source, Car\_Dispose, Car\_Move\_To и Road\_Network\_Descriptor. Эти блоки позволяют создавать и удалять транспортные средства, контролировать их движение и отображать дорожные условия (рис. 4).

- Блок Car\_Source может быть сконфигурирован для создания транспортных средств с определенными свойствами, такими как скорость, ускорение и замедление. Обычно используется как начальная точка автомобильной диаграммы.
- Блок Car\_Move\_To можно использовать для смены полосы движения и поворота на перекрестках, управления поведением транспортного средства в ответ на дорожные условия, такие как заторы или аварии. Т.е. моделирует движение автомобиля к цели движения.
- Блок Car\_Dispose может использоваться для удаления отдельных транспортных средств или всех транспортных средств сразу и используется как конечная точка.
- Блок Road\_Network\_Descriptor представляет собой описание дорожной сети, которая может быть использована для доступа к управлению всеми транспортными средствами, расположенными в одной дорожной сети.

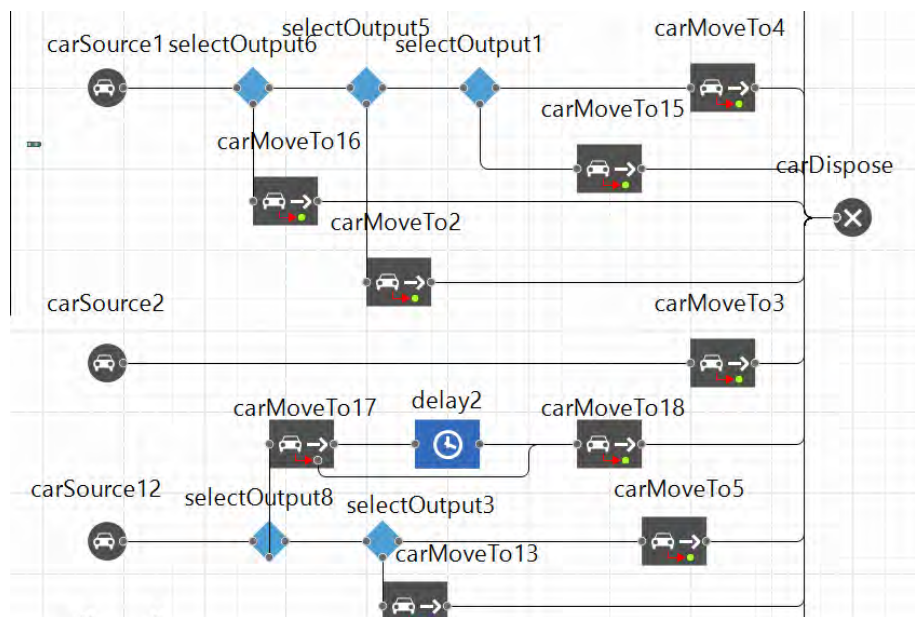


Рис. 4. Логика движения автомобилей на одном участке дороги

Сами автомобили-агенты являются экземплярами класса Auto. Реализованные в нем методы и свойства позволяют задавать поведение объекта Car. Также в модели смоделирована логика аварийной ситуации на дороге (остановка у стоп-линии) и заезд на парковки [7]. Запущенная модель движения на данных участках представлена на рис. 5.



Рис. 5. Движение транспорта на участках дороги

Одним из основных достоинств имитационного моделирования является то, что в отличие от аналитического имитационное моделирование транспортных потоков позволяет многократно воспроизводить исследуемую систему и определять оптимальное ее состояние [8]. Для оптимизации участков дорог необходимо улучшить технические и функциональные характеристики дорожной инфраструктуры. Цель состоит в том, чтобы повысить безопасность дорожного движения, уменьшить заторы на дорогах и сократить время в пути [9]. Одним из способов достичь этого является оптимизация времени подачи сигналов светофора. Чтобы оптимизировать движение на данном участке дороги, т.е. найти наименьшее время прохождения транспортом дороги в целом, используется настройка параметров фаз работы светофора [10]. Рассчитано время нахождения каждого транспортного средства и среднее количество автомобилей в модели. Результаты расчетов удобно визуально представить с помощью встроенного в AnyLogic компонента диаграммы (рис. 6).

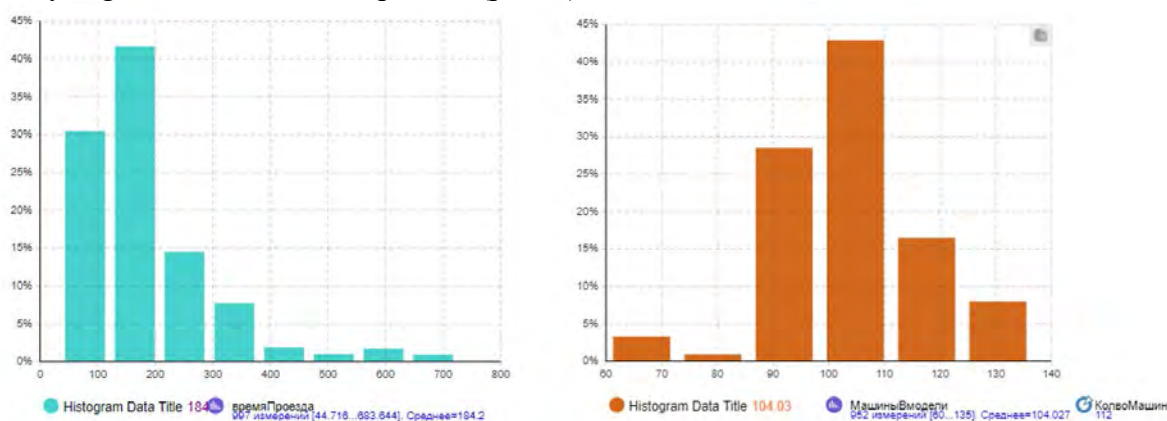


Рис. 6. Диаграммы времени нахождения автомобилей в модели (слева) и среднего количества автомобилей в модели (справа)

Проведен оптимизационный эксперимент средствами AnyLogic, в качестве параметров оптимизации выбраны длительности зеленой и красной фаз светофора (в секундах), в качестве целевой функции указано время нахождения автомобилей в модели – это значение необходимо минимизировать. В результате проведенного оптимизационного эксперимента установлено, что необходимо выставить фазы светофоров на значения 15, 19, 38, 21, 50, 15 и 26 секунд на соответствующих пересечениях улиц (рис. 7), а не по 50 секунд для зеленой фазы и 40 секунд для красной фазы всех светофоров, как было установлено по умолчанию. Эти данные

соответствуют реальной картине, которая существует на этом участке с работой светофоров в заданном режиме с реальными потоками машин.

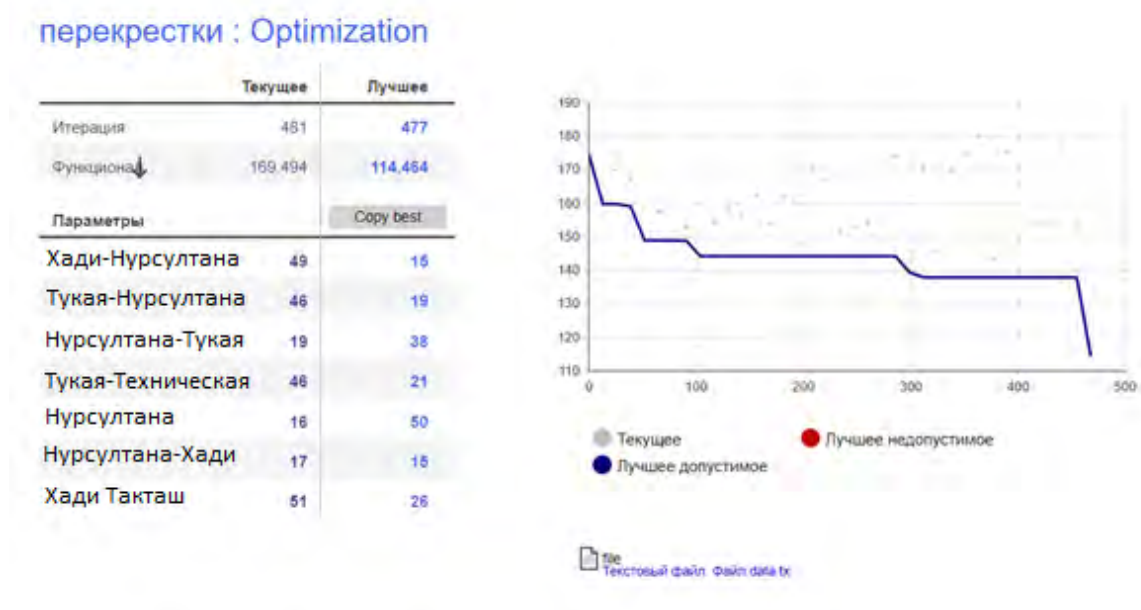


Рис. 7. Оптимизационный эксперимент

### Заключение

Задача имитационного моделирования различных предметных областей в настоящее время является одной из приоритетных в большинстве практических направлений использования информационных технологий. Большой интерес представляет создание моделей автомобильных дорог, что подтверждается большим количеством исследований в данной области. В данной работе был протестирован метод использования AnyLogic для анализа сложных сегментов дорожного движения и показана эффективность использования оптимизационных экспериментов для определения оптимальных параметров дорожного движения. При экстраполяции полученных результатов, даже учитывая местоположение выбранного сегмента дороги по сравнению с общей глобальной картиной, возможно улучшение дорожной ситуации и на других сложных участках. Следует отметить, что развитие компьютерного моделирования и имитационных технологий дорожного движения продолжает прогрессировать, что приводит к созданию более точных и реалистичных моделей дорожного движения.

### Литература

1. **Буслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М., Таташев А.Г., Яшина М.В.** Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения / под ред. В. М. Приходько. – М.: Мир, 2003. – 368 с.
2. **Шамлицкий Я.И., Охота А.С., Мироненко С.Н.** Моделирование транспортных потоков в среде AnyLogic // Программные продукты и системы. – 2018. – № 3. – С. 632–635. ISSN 2311-2735.
3. **Митина О.А., Есипов И.В., Парамонов А.А.** Программные средства имитационного моделирования. Практикум: учебное пособие. – М.: РТУ МИРЭА, 2022. – 265 с.
4. **Borshchev A.** The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6. AnyLogic North America. – 2013. – 614 p.

5. **Рыжиков Ю.И.** Имитационное моделирование. Теория и технологии. – СПб.: КОРОНА-принт; М.: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
6. **Леонова Н. Л.** Имитационное моделирование: конспект лекций. – СПб.: СПбГТУРП, 2015. – 94 с.
7. **Холкин А.В., Павлов А.Д.** Имитационное и математическое моделирование автомобильного движения средствами Anylogic и Statistica // V Межд. науч.-практ. конф. САПР и Моделирование в современной электронике. – Барнаул: Новый формат, 2021. – С. 175–178.
8. **Скакальская Е.Д., Самойлова И.А.** Разработка модели перекрестка средствами AnyLogic // Молодой ученый. – 2022. – № 21 (416). – С. 209–211.
9. **Yue, R., Yang, G., Zheng, Y.** et al. Effects of traffic signal coordination on the safety performance of urban arterials. – DOI 10.1007/s43762-021-00029-4 // Comput.Urban Sci. – 2022. – 2, 3. – 13 p.
10. **Саберов Н.И., Шамсиев Э.Х., Павлов А.Д.** Определение автомобилей в видеопоследовательности на основе сверточной нейронной сети // Профессиональные коммуникации в научной среде – фактор обеспечения качества исследований. – 2022. – С. 181–185.