

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 004. 094.7:629

Воронцов  
Александр Николаевич

Имитационное агентное моделирование транспортных систем

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра техники и технологии  
по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

---

Научный руководитель

Давыдов Игорь Геннадьевич \_\_\_\_\_

Кандидат технических наук, доцент

---

Минск 2020

## Общая характеристика работы

### Актуальность исследования

Компьютерное моделирование становится распространенным средством анализа сложных систем. Современный рынок внедрения и сопровождения технологических систем часто требует разработки систем поддержки принятия стратегических и оперативных решений на основе имитационных моделей. Так, низкоуровневое имитационное моделирование (ИМ) все чаще применяется при принятии решений о проектировании и реорганизации транспортных систем.

Выделяют два подхода к разработке имитационных моделей транспортных систем: использование сред моделирования общего назначения и проблемно-ориентированных инструментов.

Использование систем общего назначения предоставляет разработчикам больше возможностей, однако обладает рядом ограничений:

- моделирование предполагает более глубокую декомпозицию моделируемого объекта, сведение его элементов и подсистем к сущностям используемого в инструменте языка моделирования, что мешает построить модель без привлечения специалистов по ИМ;
- инструменты не содержат конструктивных элементов, необходимых для моделирования транспортных систем, из-за чего, например, в TransportLibrary AnyLogic 7 необходимо явно указывать траектории движения агентов.

Проблемно-ориентированные системы лишены этих недостатков, но их использование сопряжено с другими трудностями:

- прикладные разработчики ограничены стандартным набором композиционных элементов (например, в SidraIntersection), расширение которого трудоемко и предполагает обращение к разработчикам инструмента;
- невозможно исследовать ТС в составе моделей других организационно-технических систем;
- исследователи также ограничены в возможностях представления процессов и результатов моделирования, не могут отойти от навязываемого системой подхода.

Основной проблемой при разработке требуемой системы на основе среды моделирования общего назначения является отсутствие проблемно-ориентированного языка моделирования. Именно этот язык и служит основой ориентированности на специалистов предметной области. Предметная ориентированность, с одной стороны, и расширяемость - с другой должны стать основными факторами, принимаемыми во внимание при декомпозиции предметной области «транспортные системы».

Объектом исследования в данной работе является система низкоуровневого имитационного моделирования ТС и её язык.

Предметом исследования является внутренняя структура транспортных систем, формальное описание языка и архитектура программного комплекса для низкоуровневого моделирования ТС.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

- Разработана структура системы низкоуровневого имитационного моделирования ТС.
- Проведена декомпозиция предметной области «транспортные системы», выявлены её особенности с точки зрения структуры имитационных моделей.

## Содержание работы

**Введение** содержит общее описание работы, постановку цели и задач исследования, обоснование его актуальности. Также приведены основные результаты работы и варианты их практического применения.

**В первой главе** приводится обзор существующих языков моделирования, как общего назначения, так и проблемно-ориентированных. Отмечаются основные недостатки существующих систем моделирования с точки зрения удобства и трудоемкости разработки моделей. Под системой моделирования в работе понимается совокупность языка разработки модели,

программной системы исполнения модели и сопутствующей инфраструктуры, а под языком моделирования - совокупность элементов, описывающих базовые сущности моделей, и правил композиций этих элементов. Язык системы моделирования во многом схож с языками программирования, так как требует однозначности всех конструкций и строго следования синтаксическим правилам.

Во **второй главе** предлагается структура системы и описываются сценарии ее использования. В качестве основы системы была выбрана среда моделирования AnyLogic 6. Выбор обусловлен наличием в ней следующих возможностей: • богатый набор инструментов для визуализации моделей; возможность проводить эксперименты типа «что-если?» и оптимизационные эксперименты по подбору параметров; обеспечение расширяемости за счет добавления новых модулей в подключаемых библиотеках; широкие возможности по обмену данными с внешними приложениями, такими как MS Excel и базами данных.

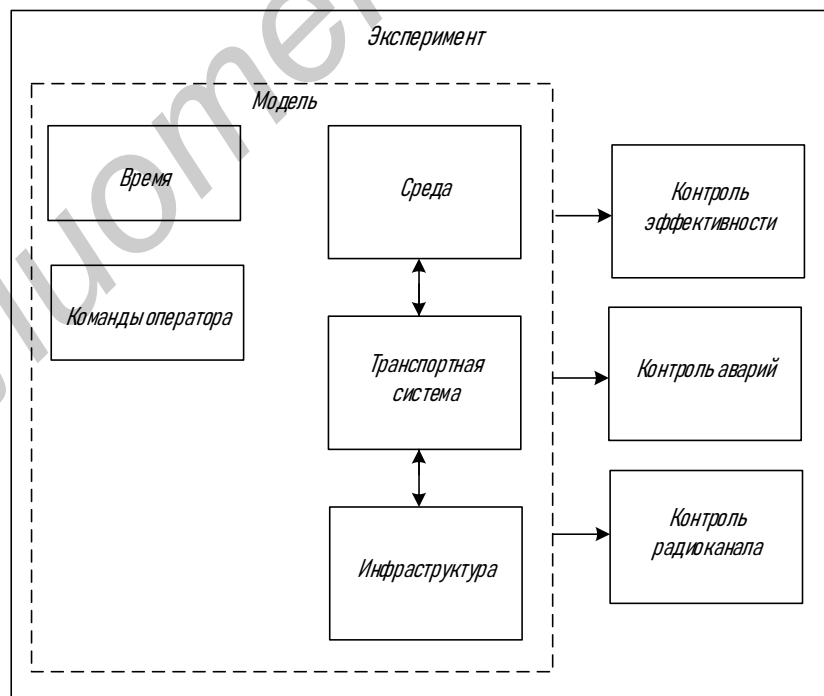


Рисунок – структурная схема модельного эксперимента

Модель создаётся для проверки устойчивости и производительности транспортной системы автономных транспортных средств. Так, необходимо

создать приближенную к реальности структуру транспортного средства с беспилотным управлением. Моделирование показывает степень автономности транспортной системы, степень занятости радиодиапазона, участия оператора в корректировке движения агентами.

Данная динамическая модель представляет собой изменяющееся во времени положения агентов, происходящие согласно составленным координат элементов инфраструктуры и предзаданных препятствий среды, имитирующих в совокупности карту местности, на которой работает система.

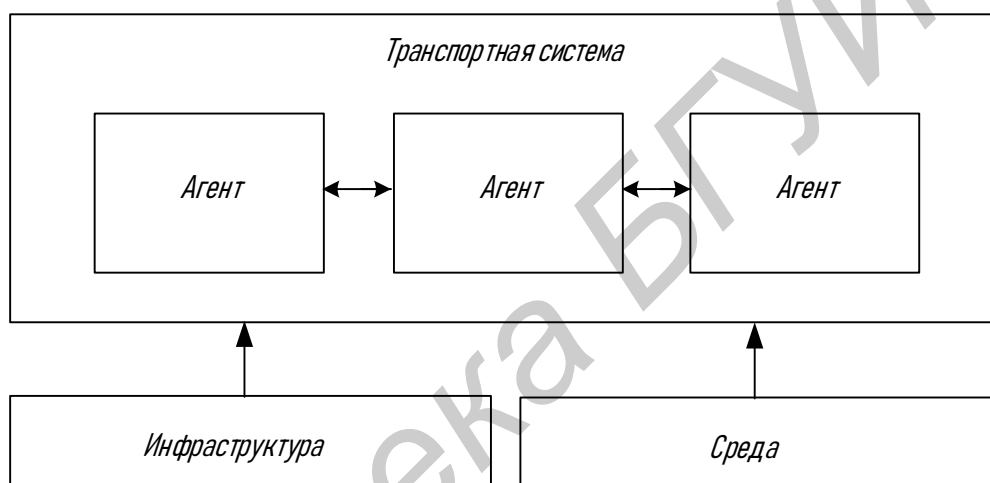


Рисунок – структурная схема транспортной системы и её взаимодействия со средой

Агенты взаимодействуют друг с другом посредством радиометок, что должно помогать избегать их столкновения. Также предусмотрена возможность централизованного сбора координат агентов оператором, для предаварийного предупреждения агентов об опасности и дальнейшего принятия ими соответствующих мер.

В главе описываются подагенты транспортного агента определяющие его динамические и статические параметры во время моделирования. Используются датчики лидары, радары, позиционирования. Проводится их математическое абстрагирование и моделирование.

Всего выделили три состояния агента, между которыми он переключается в зависимости от препятствий на своём пути (рисунок 2.7).

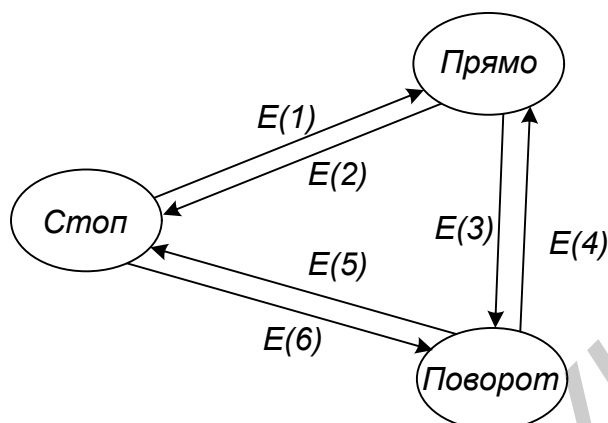


Рисунок – схематичное изображение конечного автомата и переключения между состояниями агента в зависимости от значений образа среды E.

Транспортное средство в ходе работы пребывает в нескольких состояниях, которые имитируются в модели. Данные состояния выделены довольно произвольно, но позволяют с достаточной точностью имитировать поведение транспортного средства.

**В третьей главе** приводится описание программной реализации предложенного языка и связанных с ним элементов программного комплекса. Приводится описание реализованных алгоритмов, описываются отдельные структурные решения.

## **Основные результаты работы**

В ходе исследования в рамках диссертационной работы получены следующие результаты.

Создана структура системы низкоуровневого имитационного моделирования ТС обеспечивающая расширяемость за счет возможности добавления новых модулей

Проведена декомпозиция предметной области «транспортные системы», ориентированная на имитационное моделирование и позволившая систематизировать множество объектов транспортной инфраструктуры.

Разработана математическая модель для описания и методы анализа транспортных систем, обеспечивающие возможность задания общей структуры среды взаимодействия агентов в низкоуровневых имитационных моделях ТС.

Таким образом, все задачи, поставленные в исследовании, решены. Это позволяет сделать вывод о полном достижении цели диссертационной работы.

### **Список публикаций по теме диссертации**

1. Воронцов, А. Н. Агентное моделирование транспортных систем / А. Н. Воронцов // Радиотехника и электроника: 55-я юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2019. – С. 37.

2. Воронцов, А. Н. Моделирование свойств агента транспортной системы / А. Н. Воронцов // Радиотехника и электроника: 56-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель, май 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 120.