

Зуйков Егор Валерьевич, Сафаров Сархан Зафарович

студенты

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

(МАДИ)

РФ, г. Москва

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА В ANYLOGIC С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ КАРТЫ

В статье представлена имитационная модель транспортно-логистического процесса, разработанная в среде AnyLogic с использованием агентного подхода и виртуальной карты. Модель описывает цикл движения автотранспортного средства: генерацию, прибытия на склады, выполнение погрузочно-разгрузочных операций, следование по протяжённой маршрутной сети. Интеграция с геоинформационными данными позволяет учитывать реальные дорожные условия и расстояния. Модель предназначена для анализа пропускной способности, выявления узких мест и оптимизации распределения транспортных потоков в логистических системах.

Ключевые слова: имитационное моделирование, AnyLogic, транспортный процесс, агентное моделирование, логистика, маршрутизация, управление ресурсами.

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование транспортных процессов является критически важным инструментом для городского планирования, логистики и управления инфраструктурой. Возможность прогнозировать поведение сложных систем, оценивать пропускную способность дорог и оптимизировать транспортные потоки до внедрения изменений в реальной жизни позволяет принимать обоснованные решения и значительно снижать риски. В этом контексте среда имитационного моделирования AnyLogic предлагает мощные и гибкие решения, а её ключевая особенность — интеграция с географическими информационными системами (ГИС) — открывает новые горизонты для создания реалистичных цифровых двойников транспортных сетей.

ГИС-функционал AnyLogic связывает модель с реальными географическими данными. Модель может загружать карты местности и автоматически строить маршруты по существующей дорожной сети. Это позволяет размещать объекты модели непосредственно на карте, а агенты (транспортные средства) будут перемещаться между ними по реальным дорогам.

Таким образом, моделирование транспортного процесса в AnyLogic с использованием виртуальной карты — это комплексный подход, позволяющий создавать точные, визуально наглядные и масштабируемые модели. Сочетание агентного подхода, детализированной симуляции дорожного движения и ГИС-картографии делает этот инструмент незаменимым для решения широкого круга задач: от оптимизации маршрутов городского транспорта до планирования цепочек поставок и анализа загруженности дорожной сети

ОПИСАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА

Разработанная имитационная модель описывает движение автотранспортных средств в рамках логистической системы, включающей центральный распределительный центр, три дочерних склада и протяжённую сеть маршрутов доставки. Модель реализована в среде AnyLogic с использованием агентного подхода, где каждый автомобиль представляет собой активный агент, проходящий полный жизненный цикл от генерации до завершения рейса.

Моделирование начинается с момента поступления автомобиля в систему. Далее транспортное средство последовательно выполняет следующие этапы: прибытие на центральный склад, маршрутизация на один из трёх складов-сателлитов, выполнение погрузочно-разгрузочных операций с использованием ограниченных ресурсов, движение по протяжённому логистическому маршруту и, наконец, выход из системы.

На начальном этапе работы модели блок генерации создаёт автомобили-агенты. Параметры генерации настраиваются в соответствии со сценарием моделирования.

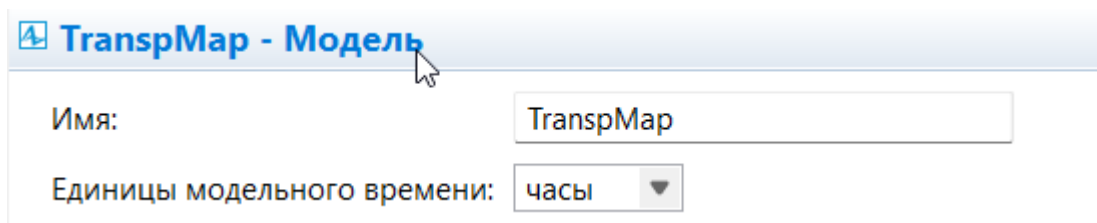
После генерации каждый автомобиль направляется в центральный распределительный склад. Этот этап имитирует прибытие транспорта на основную базу, где происходит первичная диспетчеризация и подготовка к дальнейшей работе. Движение к складу осуществляется по дорожной сети, что позволяет учитывать реальные расстояния и время в пути.

По прибытии на центральный склад система принимает решение о дальнейшем направлении движения. на один из трёх периферийных, обозначенных как А, В и С. Выбор маршрута осуществляется на основе заданных логических условий, что позволяет гибко перераспределять транспортные потоки в зависимости от оперативной обстановки.

Прибыв на периферийный склад, автомобиль переходит к этапу выполнения грузовых операций.

После прохождения всех промежуточных точек автомобиль направляется на выходную дорогу и покидает систему. На этом этапе происходит фиксация итоговых показателей рейса: общего времени в системе, пройденного расстояния, количества выполненных операций. Завершающий блок модели удаляет агента из симуляции, освобождая вычислительные ресурсы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕССА



The screenshot shows a software window titled "TranspMap - Модель". Inside the window, there are two input fields. The first is labeled "Имя:" (Name:) and contains the text "TranspMap". The second is labeled "Единицы модельного времени:" (Model time units:) and has a dropdown menu currently set to "часы" (hours).

Рис. 1 - Временная настройка модели

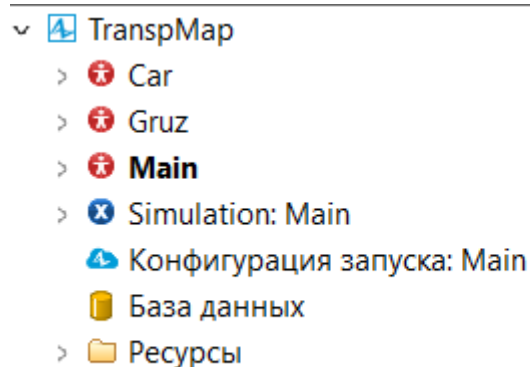


Рис. 2 - Структура проекта

На рисунке 2 представлена упрощённая схема движения агентов в модели, отображающая основные этапы логистического цикла. Генерация автомобилей осуществляется блоком sourceCar по вызовам функции inject(), инициируемым событием eventSourceCar в заданное время. Далее агент перемещается на центральный склад (moveToSklad), после чего в блоке selectOutputPunkt происходит маршрутизация на один из трёх периферийных складов (А, В или С) с заданными вероятностями. На каждом из складов выполняется захват ресурса (seizeGruz1–seizeGruz3), имитирующий погрузочно-разгрузочные работы, и последующее его освобождение (releaseA–releaseC). Завершается цикл перемещением на выход (moveToCarOut) и удалением агента из системы (sinkCar). Блок resourceGruz представляет собой пул ограниченных ресурсов, распределяемых между транспортными средствами.

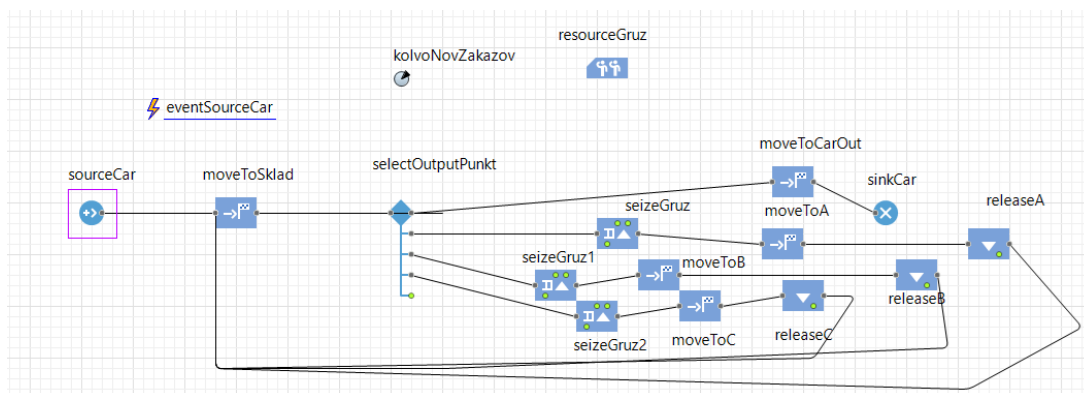


Рис. 3 - Диаграмма процесса

Прибытие агентов осуществляется по вызовам функции inject() от внешнего события, что позволяет гибко управлять моментом запуска

транспортных средств. Местоположением прибытия выбран узел дорожной сети.

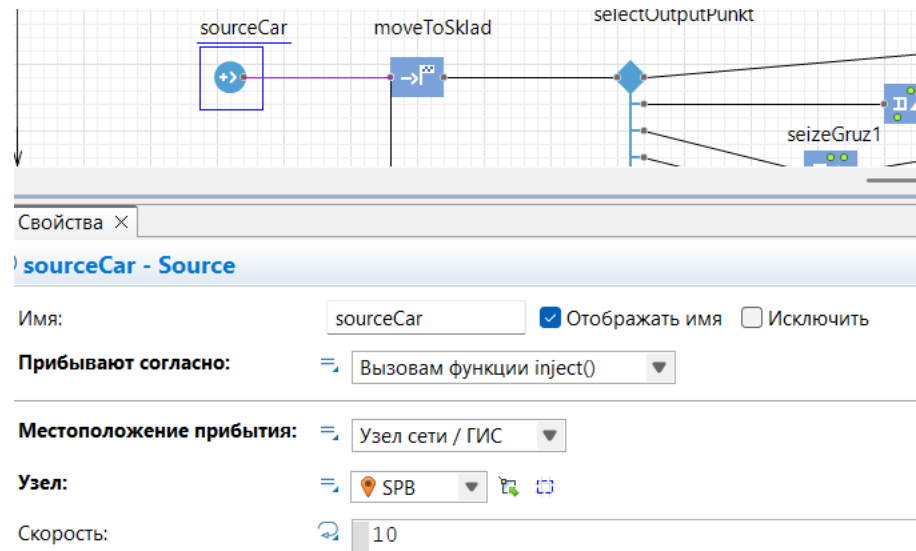


Рис. 4 - Настройка инициализации машин в системе

Рис. 5 - Событие появления первой машины в системе

На рисунке 6 представлены настройки блока условного выбора, определяющего распределение автомобилей по трём периферийным складам. Используется вероятностный режим, где выходу объектов из системы соответствует вероятность 0,1, а выходам 2, 3 и 4 (склады В, С и D соответственно) – по 0,3 каждый. Сумма вероятностей равна 1,0, что обеспечивает полное распределение потока. Такая конфигурация позволяет

моделировать неравномерную загрузку складов и оценивать влияние различных стратегий маршрутизации на общую эффективность системы.

selectOutputPunkt - SelectOutput5

Имя: selectOutputPunkt ☒ Отображать имя

Использовать: ☒ Вероятности
☐ Условия
☐ Номер выхода

Вероятность 1: 0.1

Вероятность 2: 0.30

Вероятность 3: 0.30

Вероятность 4: 0.3

Вероятность 5: 0

Рис. 6 - Настройка блока выбора маршрута

На рисунке 7 показан рабочий интерфейс AnyLogic Personal Learning Edition с открытой палитрой инструментов. В левой части экрана представлены категории элементов, доступных для построения модели транспортных процессов с виртуальными картами: разделы «Разметка пространства» (пути, узлы, аттракторы), «ГИС» (карта, точки, маршруты, регионы).

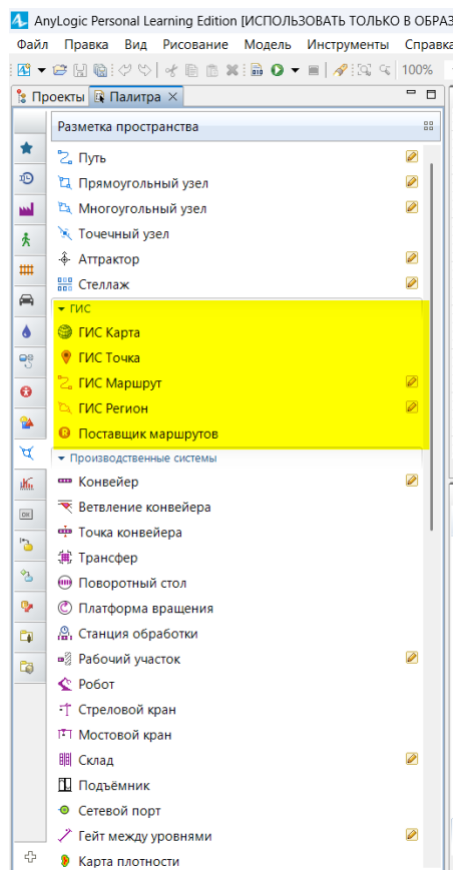


Рис. 7 - Палитра для работы с ГИС

На рисунках 8,9 отображён основной экран запущенной модели с наложенной на ГИС-карту транспортной сетью. В правом верхнем углу расположены элементы пользовательского интерфейса для управления сценарием: поля ввода «Количество заказов для добавления» и «Количество машин для добавления», а также кнопки «Добавить заказы» и «Добавить машин». Эти элементы позволяют оперативно изменять параметры модели в ходе симуляции и запускать дополнительные транспортные средства или заказы без остановки расчёта.

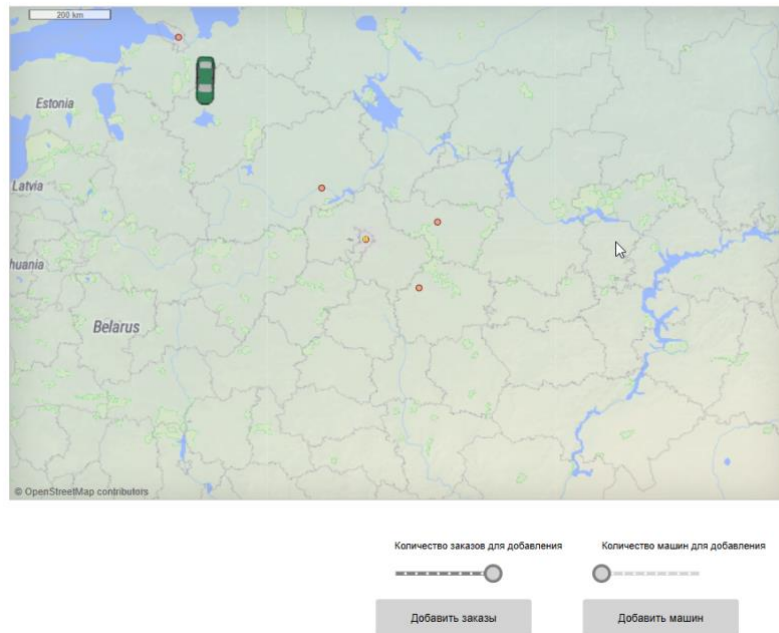


Рис. 8 - Система после появления первой машины

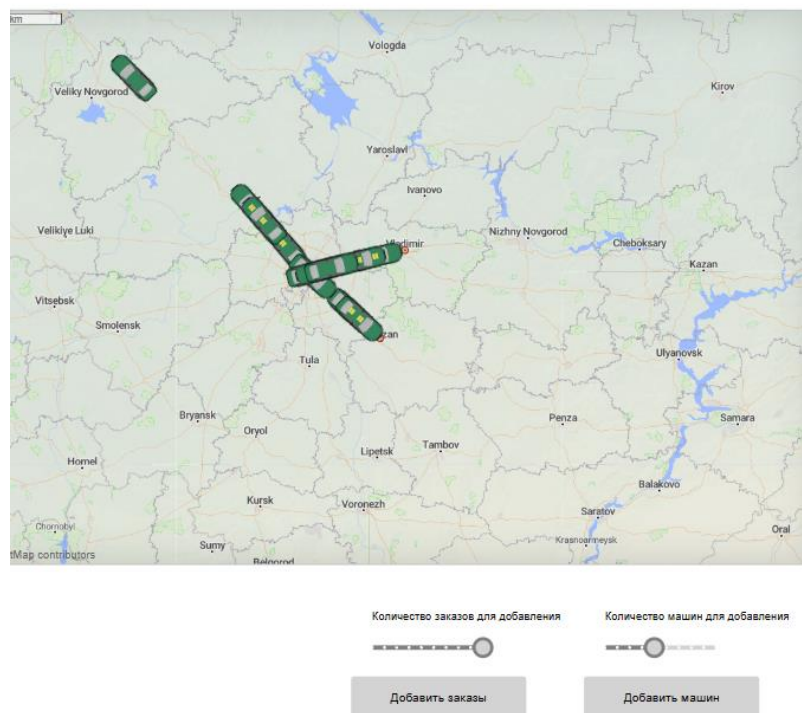


Рис. 9 - Система после появления новых машин и грузов в виде коробок

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная модель транспортного процесса в AnyLogic представляет собой комплексную имитационную систему, позволяющую детально воспроизводить движение автомобилей от момента поступления до завершения рейса. Благодаря комбинации агентного подхода, ресурсного

моделирования и маршрутизации по виртуальной карте, модель обеспечивает высокую степень реалистичности и является эффективным инструментом для анализа и оптимизации логистических операций. Гибкость архитектуры позволяет адаптировать модель под различные сценарии, что делает её универсальным решением для задач транспортного планирования.