

УДК 656.13.08

ОБЗОР ПРОГРАММ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Колышкина Д.В., Дрогачева Я.А., Шевцова А.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Белгородский государственный технологический
университет имени В.Г. Шухова»

E-mail: shevcova-anastasiya@mail.ru

Аннотация: В данной статье выполнен обзор основных программ имитационного моделирования, применяемые сегодня для моделирования движения транспортных потоков. Отражены основные достоинства рассматриваемых продуктов и их особенности в сравнении с рассматриваемыми.

Ключевые слова: светофорное регулирование, дорожное движение, транспортные потоки, имитационное моделирование, пешеходные потоки.

OVERVIEW OF TRAFFIC FLOW SIMULATION PROGRAMS

Kolyshkina D.V., Drogacheva Y.A., Shevtsova A.G.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Belgorod state
Technological University named after V.G. Shukhov»

E-mail: : shevcova-anastasiya@mail.ru

Summary: This article provides an overview of the main simulation programs used today to model traffic flows. The main advantages of the products under consideration and their features in comparison with those considered are reflected.

Keywords: traffic light regulation, traffic, traffic flows, simulation, pedestrian flows.

Моделирование транспортных процессов представляет собой создание рабочей модели дорожного движения, соответствующего движению в реальных условиях на автомобильных дорогах. Создание модели улично-дорожной сети (УДС) производится в специальных компьютерных программных обеспечениях таких как: Aimsun, IndorCAD, AutoCAD, Credo и является быстрым и удобным способом оценки эффективности организации дорожного движения. Моделирование помогает оценить и выбрать оптимальное решение для создания

транспортной инфраструктуры [1].

Процесс моделирования является экономически выгодным способом, который сокращает расходы и трудовые затраты на стадии проектирования реальных транспортных объектов, тем самым облегчая труд проектировщиков и строителей. В настоящее время транспортное моделирование широко применяется в процессе создания новых дорожно - транспортных узлов и дорожных сетей, а также для проверки работы реально существующих участков УДС.

Транспортные модели делятся на математические и имитационные [2]. Математические модели для своей работы используют законы движения транспорта, представленные в виде формул, уравнений. Имитационные имитируют движение транспортного средства, интенсивность и задержки транспортных средств на автодорогах, работу светофоров, поведение водителей и т.д.

На данный момент на мировом рынке появляется множество программных продуктов в области транспортного планирования (макро - моделирования) и организации движения (микро – моделирования).

Наиболее рационально рассмотреть транспортное моделирование по методу моделирования и уровню детализации: макроскопический уровень, мезоскопический и микроскопический уровни.

Модели макро – уровня – это модели транспортных потоков города или района в целом, позволяющие стимулировать процессы передвижения населения и грузов с выбором пути следования и вида применяемого автомобиля. Применяются для оценки транспортного потока при изменениях транспортных сетей, последствия изменений в организации дорожного движения, выбор альтернативных проектов развития транспортной инфраструктуры.



Рисунок 1 – Пример модели макро - уровня программного обеспечения Aimsun

В данном виде моделирования рассматриваются плотность, интенсив-

ность, средняя скорость транспортного потока, но не отдельные автомобили.

Первые макромоделли точно отражающие характеристики макроскопического подхода были предложены Лайтхиллом, Уиземом и Ричардсом (LWR). Их модель относится к моделям-аналогам и основывается на уравнениях гидродинамики и закона сохранения масс [3]. Однако в данной модели были недостатки: при низких или высоких плотностях транспортного потока и регулируемых перекрестках она не работает. В 1934 г. Гриншилдс предложил свою модель в которой описывалась линейная зависимость плотности от скорости. В данной модели было важно выбрать правильную скорость свободного движения. Если же скорость задается неправильно это приводит к завышенным результатам работы модели. Позже Гринберг и Эл-Хозани предложили макромоделль в которой плотность потока и скорость движения имеют логарифмическую зависимость [4]. В модели Гринберга в случае, когда плотность потока стремилась к нулю, значение скорости становилось больше скорости свободного движения. А модель Эл-Хозани работает адекватно в случае, когда скорость транспортного потока не меньше 17 км/ч. Сложно выделить какую-то одну модель которая точно отражала бы работу всей транспортной сети, так как в каждой предложенной модели есть тот или иной недостаток.

Достоинством моделирования на микроуровне является высокая скорость расчетов и невысокие требования к ЭВМ. Недостатки: полученные результаты являются недостаточно точными и для решения конкретной задачи сложно определить исходные данные.

Промежуточным уровнем является мезомоделирование, которое описывает транспортные средства достаточно точно, но рассматривает взаимодействие и поведение автомобиля на макроуровне [5]. Применяется обычно для моделирования пассажирских перемещений на уровне города.



Рисунок 2 – Пример модели мезо - уровня программного обеспечения Aimsun

Гравитационная модель стала первой моделью, которая отражала взаимодействие транспортных потоков между разными районами (корреспонденции). Недостатком модели являлось: общее количество корреспонденций связывалось только с одной парой районов. Для решения этой задачи Вильсон предложил использовать концепцию энтропии [6]. Определение корреспонденций заменить максимизацией энтропии в транспортной системе [7]. Предполагалось что все участники дорожного движения выбирают путь с минимальными затратами. При равновесном распределении транспортных средств ни один участник движения не поменяет свой маршрут, так как цена поездки минимальна.

Достоинство мезо-моделей является их сравнительная компактность. Недостатки: охватывают только параметры скорости, задержки и очереди, плохо учитывают динамику потоков транспорта.

Важным уровнем моделирования является микромоделирование. Моделирование на микроскопическом уровне описывает каждый участок движения отдельного перекрестка или нескольких пересечений на уровне транспортного средства. Данный уровень отражает реалистичные правила перемещения автомобилей, а все участники движения рассматриваются в виде отдельных частей.

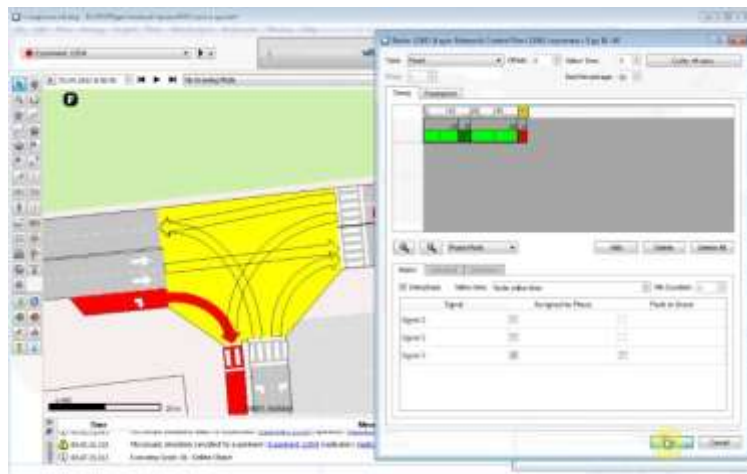


Рисунок 3 – Пример модели микро - уровня программного обеспечения Aimsun

При помощи моделирования на микроуровне получают данные о средней максимальной или минимальной скорости движения автомобилей, длине очереди, времени задержки транспортных средств.

В настоящее время не обойтись без новых технологий. В проектировании дорожной инфраструктуры, необходимо предотвращать заторы, предусматривать рост трафика, и при этом учитывать возможности бюджета и особенности

конкретных населенных пунктов, а это является сложной задачей.

В первую очередь при внесении изменений в дорожную сеть, необходимо принять во внимание все факторы, которые могут оказать влияние на дорожную ситуацию. Особенно это важно при строительстве крупных общественных зданий, таких как аэропорты, ж/д вокзалы, станции метро и стадионы, при подведении к ним дорог и организации парковок.

Размещение и синхронизация светофоров, расположение дорожной сети (парковок, остановок общественного транспорта, выделенных полос) – всё это оказывает непосредственное влияние на трафик и пропускную способность дорог, поэтому не должно оставаться без внимания.

Внесение изменений в дорожную сеть – трудоемкий и затратный процесс. Именно поэтому так важно находить оптимальные решения для внесения изменений. На данный момент существует множество программ для облегчения данной задачи. Одной из таких программ является AnyLogic [8-11].

AnyLogic позволяет моделировать дорожные сети, используя Библиотеку дорожного движения. Данная программа выполняет множество задач, необходимых в области дорожного движения. Первой задачей является проектирование дорог и автомагистралей, моделирование изменений, дополнений и перекрытий в дорожной сети. Второй задачей является анализ пропускной способности дорог, включая при этом статистику возникновения пробок и заторов. Еще одной задачей является размещение светофоров и оптимизация светофорных фаз. Четвертая задача – интеграция общественных объектов и зданий в дорожную сеть. У данной программы очень простой и лаконичный интерфейс, что является еще одним плюсом при работе в ней. На рабочей панели с легкостью можно найти необходимый элемент, без проблем создать имитацию той или иной ситуации на дороге. Благодаря визуализации можно быстро построить модель и оценить её работу: благодаря карте плотности можно узнать загруженность дорог, а анимация демонстрирует поток машин и узкие места. Благодаря этой программе можно создать имитацию транспортного и пешеходного потоков и наглядно увидеть все возможные проблемы, возникающие при моделировании движения, тем самым устранить их еще на стадии создания. Еще одним преимуществом данной программы является то, что версия AnyLogic PLE доступна бесплатно для образовательных целей и самообучения, лицензия PLE не ограничивает размер модели, она лишь ограничена по времени – 1 час имитационного времени.

Существует также комплекс программных продуктов PTV Vision Traffic Suite, с помощью которого можно планировать и анализировать транспортные и пешеходные потоки. В любом из продуктов этой программы легко моделировать различные ситуации, интерфейс является очень простым и доступным даже для новичка.

Линейка CVISION TRAFFIC включает в себя такие продукты, как: VISUM 18, VISSIUM 11, PTV VISWALK, VISTRO.

С помощью VISUM 18 можно прогнозировать интенсивности пассажирских и транспортных потоков, рассчитывать спрос на транспорт, анализировать транспортные сети и оценивать варианты развития транспортной инфраструктуры.

VISSIUM 11 позволяет создавать имитационное моделирование дорожного движения, создавать модели движения индивидуального и общественного транспорта, проверять инженерные гипотезы по организации дорожного движения.

Основной целью PTV VISWALK является широкое применение имитационного моделирования пешеходных потоков и их взаимодействия с другими участниками движения.

VISTRO – единое программное решение, которое обеспечивает оптимизацию времени сигналов светофоров, оценивает последствия различных дорожных мероприятий, управляет несколькими сценариями и выдает отчет в виде готовых рисунков и таблиц по нажатию одной кнопки.

Таким образом, благодаря специализированным программам, таким как AnyLogic и комплексу программных продуктов PTV Vision Traffic Suite, в настоящее время они являются неотъемлемой частью современного проектирования. Благодаря им можно получить наглядные примеры различных ситуаций на дороге, тем самым заранее предотвратив все недочеты лишь на стадии проектирования. Применение данных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бурлуцкая, А. Г. Параметры для проверки адекватности моделирования [Текст] / А. Г. Бурлуцкая, Ю. В. Семикопенко, А. Г. Шевцова // Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта: сборник статей. – Вып. 1. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2017. – С. 444.

2 Бабичева, Т. С. Транспортные потоки: математическое и имитационное

моделирование [Текст] / Т. С. Бабичева // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2015. – Т. 11. – № 2. – С. 290-296.

3 Lighthill, M. J. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads [Text] / M. J. Lighthill, F. R. S. Whitham // Proc. of the Royal Society Ser. A. – 1995. – Vol. 229. – № 1178. – P. 317-345.

4 Михеева, Т. И. Модели транспортных потоков в интеллектуальных транспортных системах [Текст] / Т. И. Михеева, С. В. Михеев, И. Г. Богданова // Научное обозрение. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 63.

5 Лившиц, В. В. Математическая модель случайно детерминированного выбора и ее применение для расчета трудовых корреспонденций [Текст] / В. В. Лившиц // Автоматизация процессов градостроительного проектирования. – М. : ЦНИИП градостроительства, 1973. – С. 39-57.

6 Гутнов, А. Э. Macrosystems Theory and its Application [Текст] / А. Э. Гутнов, Б. Л. Шмульян. – Springer, 1995. – P. 340.

7 Семенов, В. В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса [Текст] / В. В. Семенов. – М. : препринт № 34 ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, 2004. – С. 44.

8 Боев, В. Д. Об адекватности систем имитационного моделирования GPSS World и AnyLogic (начало) [Текст] / В. Д. Боев. – М. : Синергия, 2017. – 131 с.

9 Боев, В. Д. Об адекватности систем имитационного моделирования GPSS World и AnyLogic (продолжение) [Текст] / В. Д. Боев. – М. : Синергия, 2016. – 236 с.

10 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 (+ CD) [Текст] / Ю. Г. Карпов. – М. : БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.

11 Карпов, Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 (+ CD-ROM) [Текст] / Ю. Г. Карпов. – М. : БХВ-Петербург, 2015. – 277 с.