

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ «МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ» ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Ахмадеева Р.З.,

научный руководитель канд. физ.-мат. наук Дмитриев В.Л.

Стерлитамакская государственная педагогическая академия им. Зайнаб Бишиевой

В настоящее время человечество вплотную столкнулось с такой проблемой, как рост количества автомобилей на улицах не только крупных, но и мелких городов. При этом темпы роста числа автомобилей значительно опережают темпы развития дорожной сети. Как следствие, возникают транспортные заторы, снижается безопасность, загрязняется окружающая среда. Распространенными способами решения этой проблемы являются, в основном, строительство новых дорог, расширение проезжей части, изменение организации движения. Однако принимаемые меры во многом не учитывают объективных закономерностей, присущих транспортным потокам, и потому в большинстве случаев не улучшают ситуацию.

При моделировании движения автотранспортных средств выделяются два класса моделей: макроскопические (гидродинамические) и микроскопические.

Макроскопические модели описывают движение автотранспортных средств в усредненных терминах (плотность, средняя скорость, поток). При таком подходе транспортный поток уподобляется движению специфической жидкости [3, 4]. В рамках макроскопического подхода для описания движения транспортного потока используют уравнение неразрывности. В качестве другого уравнения ряд исследователей используют эмпирическое соотношение, связывающее плотность и расход. Такая система позволяет описывать движение локально равновесного потока. Для описания неравновесного потока используют уравнение движения, учитывающее стремление водителя привести свою скорость в соответствии с некой равновесной скоростью.

Микроскопическими называют модели, в которых явно моделируется движение каждого автотранспортного средства. При этом описывается воздействие предыдущего транспортного средства на следующий при помощи обыкновенных дифференциальных уравнений, основанных на ньютоновской механике. Такой подход позволяет теоретически достичь более точного описания движения автотранспортных средств по сравнению с усредненным макроописанием, однако этот подход требует больших вычислительных ресурсов при практических применениях [6].

Тем не менее, микроскопические имитационные модели наиболее адекватно отражают поведение небольших транспортных систем, учитывают их особенности и поэтому представляют наибольший интерес [1, 2, 5]. Исследование транспортных систем с помощью имитационных моделей получает все более широкое распространение благодаря гибкости и наглядности получаемых результатов. Создание такой системы позволит предлагать варианты организации и реорганизации схем дорожного движения, обосновывать целесообразность принимаемых решений, модель позволит создать метод оценки эффективности изменения светофорного регулирования на перекрестках, что актуально для улиц крупных городов.

Автором поставлена задача разработки имитационной модели, описывающей динамику городских транспортных потоков и создание приложения, моделирующего процесс движения автотранспортных средств на дорогах согласно правилам дорожного движения, позволяющего смоделировать любую дорожную схему с помощью знаков дорожного движения, дорожной разметки, регулируемых и нерегулируемых пешеходных переходов, регулируемых и нерегулируемых перекрестков. При этом все

эти элементы постоянно взаимодействуют между собой. Таким образом, указанная модель представляет собой мультиагентную систему, где каждый автомобиль-агент является сущностью, обладающей основными свойствами агента:

- активностью (может осуществлять целенаправленное поведение);
- реактивностью (воспринимает состояние окружающей среды и реагирует на ее изменения);
- автономностью (действует без непосредственного участия человека и может сам управлять своими действиями);
- социальными чертами (взаимодействует с другими агентами);
- целенаправленностью (имеет собственные источники мотивации).

Отдельный автомобиль определяется в данный момент времени набором следующих характеристик:

- тормозной путь автомобиля со скорости 100 км/ч до 0 км/ч;
- максимально допустимая скорость движения;
- максимально возможное ускорение автомобиля;
- ускорение при экстренном торможении;
- время разгона до 100 км/ч;
- время реакции водителя;
- скорость движения автомобиля в данный момент времени;
- текущее ускорение автомобиля, с учетом обстановки на дороге;
- координата автомобиля в пространстве;
- стиль езды (медленный, нормальный, активный, спортивный);
- тип поддерживаемой дистанции (безопасно, близко, очень близко).

Параметры могут быть выбраны индивидуально для каждого автомобиля (при этом можно задать пути следования автомобиля), что позволяет учитывать индивидуальные характеристики водителей и транспортных средств. Каждый автомобиль-агент имеет возможность в любой момент времени обратиться к любому другому агенту и запросить соответствующую информацию.

Для каждого автомобиля записывается уравнение движения, которое является аналогом закона Ньютона для взаимодействия отдельных частиц. Пространство, время, скорость и ускорение здесь являются дискретными величинами. Полоса дороги разбивается на условные «ячейки» одинаковой длины и ширины, причем модель не ограничивает количество автомобилей в ячейке единственным числом.

Модель предполагает адекватную реакцию всех водителей на изменение дорожной обстановки, предполагается, что, видя красный сигнал светофора или знак ограничения скорости, водитель замедляет движение до последующей полной остановки или до допустимой скорости, а не продолжает ускоряться, чтобы впоследствии применить режим экстренного торможения. При этом каждый водитель при необходимости может менять полосу движения, когда принимает решение совершить обгон впереди идущего автомобиля или объехать препятствие. Приоритет отдается левосторонним перестроениям, поскольку правилами дорожного движения обгон справа запрещен.

На каждом шаге каждый агент анализирует состояние окружающей среды и принимает решение, согласно заложенному алгоритму действий. Большой объем разнородной информации и сложность принимаемых водителем решений неизбежно приводят к практической невозможности создания единого алгоритма поведения агента, поэтому для каждой ситуации проанализирована характерная модель и прописана определенная схема действий: движение по двухполосной дороге, разъезд автотранспортных средств на перекрестке, пешеходный переход (регулируемый и нерегулируемый).

При движении по двухполосной дороге все водители транспортных средств руководствуются единой стратегией – двигаться со скоростью, обеспечивающей безопасное движение автотранспорта при данных обстоятельствах, но при этом каждый водитель стремится достичь либо наибольшей, либо оптимальной в данной ситуации скорости. Если автомобиль не подвергается внешним воздействиям, т.е. нет ограничивающих скорость его движения впереди идущих транспортных средств, иных препятствий или дорожных знаков, то автомобиль движется ускоренно до тех пор, пока не достигнет максимальной скорости движения, после чего продолжает движение равномерно с максимальной скоростью. Ускорение автомобиля определяется состоянием соседних автомобилей, при этом основное влияние оказывает непосредственно предшествующий автомобиль, что характерно для моделей «следования за лидером».

Отдельные элементы системы дорожного движения взаимодействуют между собой, а так как основными элементами этой системы являются автомобили, то под их взаимодействием понимается событие, при котором более быстрый автомобиль догоняет более медленный. При этом водитель быстрого автомобиля либо совершает обгон, либо снижает свою скорость, стараясь придерживаться дистанции. В этом случае расстояние между машинами определяется средней скоростью движения в полосе. Чем выше скорость, тем больше должно быть безопасное расстояние, причем оно также зависит и от типа поддерживаемой дистанции. Если это расстояние больше безопасного, то происходит ускорение сзади идущей машины, если же меньше, то ее торможение с нормальным (комфортным) ускорением.

Если же препятствие или автомобиль появились неожиданно и при этом расстояние между ними достаточно маленькое, то происходит торможение с экстренным ускорением. В этом случае исход ситуации будет зависеть от скорости тормозящего автомобиля и расстояния. Если скорость окажется высокой, а расстояние критически малым, то происходит столкновение. Аналогичный алгоритм действий происходит и при приближении, например, к дорожному знаку «Ограничение максимальной скорости».

При моделировании перекрестка он разбивается на четыре одинаковые части, что позволяет отследить транспортные средства, завершающие движение через перекресток на запрещающий сигнал светофора. В каждый момент времени территория перекрестка просматривается, фиксируя часть перекрестка, занятую автомобилем в данный момент времени. Такой подход позволяет не допустить выезд на перекресток, если образовался затор. Во время движения каждый автомобиль просчитывает расстояние до перекрестка, и как только данное расстояние становится меньше заданной области видимости перекрестка (100-250 м.), определяется дальнейшее поведение транспортного средства, которое зависит от направления движения объекта на перекрестке и установленных знаков.

При проезде регулируемого перекрестка к уже отмеченным правилам добавляются правила реагирования автомобиля на сигналы светофора. Основными характеристиками светофора являются: время полного цикла, продолжительность сигналов светофора (красного, желтого, зеленого). При этом модель допускает произвольное задание данных параметров, т.е. предоставляется возможность настройки светофора, что позволяет найти оптимальный цикл светофора.

Неотъемлемой частью городских дорог являются пешеходные переходы, поэтому создание модели пешеходного перехода также является отдельной задачей. Пешеходные переходы на уровне проезжей части обычно устраивают на перекрестках улиц и дороги в местах интенсивных пешеходных потоков. Различают регулируемые и нерегулируемые пешеходные переходы.

В рассматриваемой модели основной характеристикой пешеходного перехода является интенсивность появления пешеходов. Приняты следующие упрощения и допущения. Предполагается, что интенсивность может быть любой, а распределение может быть выбрано из нескольких возможных. При пересечении регулируемого пешеходного перехода, водитель транспортного средства и пешеходы руководствуются только сигналами светофора. На нерегулируемом пешеходном переходе пешеход стремится максимально быстро перейти дорогу, при этом он может вовсе не обращать никакого внимания на автомобили.

При рассмотрении регулируемого пешеходного перехода автомобиль пользуется тем же алгоритмом, что и при проезде регулируемого перекрестка. Моделирование нерегулируемого пешеходного перехода является более сложной задачей. В случае появления пешехода на переходе автомобиль начинает притормаживать с оптимальным ускорением (если позволяет расстояние до перехода), или же тормозит с экстренным ускорением (если расстояние до перехода мало).

Разработанное приложение, учитывающее отмеченные выше допущения, и целый ряд других, позволяет смоделировать любую дорожную ситуацию, рассмотрев ее в реальном времени (по крайней мере, в тех рамках, которые допускает данная программа). Возможность задания индивидуальных характеристик и путей следования автомобилей, а также использование точек генерации автомобилей, позволяет воссоздать дорожную систему любого реально существующего города. Приложение может служить рабочим инструментом для организации и оптимизации дорожного движения, позволяя анализировать свойства существующих и проектируемых транспортных узлов, а также средством по дальнейшему исследованию транспортных потоков в городах.

Список литературы

1. Ахмадинуров М.М. Оптимизация светофорного регулирования с помощью программы моделирования транспортных потоков //Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2010. № 22 (198). – С. 26-30.
2. Кузин М.В. Программное обеспечение для имитационного моделирования координированного управления транспортными потоками //Математические структуры и моделирование. 2008. № 18. – С. 46-50.
3. Куржанский А.А., Куржанский А.Б., Варайя П. Роль макро моделирования в активном управлении транспортной сетью //Труды МФТИ. 2010. Т. 2, № 4. – С. 100-118.
4. Сухинова А.Б., Трапезникова М.А., Четверушкин Б.Н. Двумерная макроскопическая модель транспортных потоков //Математическое моделирование. 2009. Т.21, № 2. – С. 118-126.
5. Трунин В.В., Романов А.Н. Компьютерное имитационное моделирование как способ решения транспортных проблем в городах //Молодой ученый. 2011. Т.3, № 4. – С. 133-136.
6. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков //Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. – С. 3-46.