

рые только будут брать пассажиров для перевозки на другую станцию. Все группы вагонов, которые будут отправляться, необходимо тоже отсортировать: отправляются по наибольшему расстоянию, начиная с тех, которые будут лишь наполняться пассажирами, а потом те, что перевозят уже пассажиров и высаживают на данной станции.

#### **Список цитированных источников**

1. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Высокопроизводительный транспорт городской перевозки пассажиров на база мобильных работ.

**УДК 656.13.05**

**Черкасов А.А.**

**Научный руководитель: к.т.н., доцент Шуть В.Н.**

### **МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ**

Последние достижения в области искусственного интеллекта позволяют предположить, что в скором времени автомобили будут оснащены приборами автономного управления. Уже сейчас в автомобилях присутствуют средства автономии, такие как круиз-контроль, GPS-база планирования маршрута или автономное рулевое управление. В скором времени неизбежно оснащение всех автомобилей приборами автономного управления, открывая тем самым возможность взаимодействия автомобилей между собой или с другими агентами, что приведёт к созданию мультиагентной сети.

Современный автомобиль является «высокоэлектроннофицированным» (авт.) объектом. Немалую его часть составляют различные электронные датчики, средства связи и программные приложения. Через интернет авто-мобили могут общаться друг с другом и с объектами дорожной инфра-структуры, ориентироваться в окружающей среде, адекватно реагировать на её изменения. Автомобиль по реактивности на окружающую среду становится похож на представителя некоторого биологического вида. Со временем ещё будет оценена степень этой схожести. Такое резкое качественное изменение автомобиля, его свойств, требует разработки новых методов управления им в улично-дорожной среде (УДС) города.

Современные автомобили могут быть оснащены всем необходимым оборудованием для автономного движения и планирования пути на основе систем глобального позиционирования. При помощи беспроводного взаимодействия и систем позиционирования современные АТС способны образовывать мультиагентную систему, что приводит к более эффективному дорожному движению.

Для решения задачи управления транспортным движением используются методы мультиагентных систем. Для нашей задачи управления транспортным движением автономное транспортное средство-агент может изменить свое решение в любой момент независимо от других. Таким образом, например, поведение водителя, который сначала двигался к одному объекту, передумал и решил поехать к другому, не отразится на эффективности работы всей системы. Автомобиль-агент построит такой маршрут, который будет справедливо эффективен как для самого агента, так и для МАС в целом. Заметим также, что здесь можно ввести приоритет агента. Например, у скорой помощи или пожарной машины должен быть максимальный приоритет.

Транспортные средства, задействованные в мультиагентной системе управления, оснащены датчиками и имеют функцию общения: возможность для обмена данными с другими транспортными средствами. Автомобили движутся пачками, так как при таком способе значительно увеличивается плотность движения, при этом движение пачки происходит на больших скоростях, так как указанием рекомендованной скорости движения автомобиля управляет система. При этом для соблюдения дистанции между автомобилями, на каждом из них установлен специальный датчик, который и следит за дистанцией.

Агентами в данной системе являются отдельные автомобили, пачки транспортных средств, а также придорожные агенты-менеджеры, которые координируют действия автомобилей.

Координация происходит путём задания текущей скорости, с которой должен двигаться каждый конкретный автомобиль или пачка, а также определение того, к какой пачке должен примкнуть вновь появившийся отдельный автомобиль.

При появлении нового автомобиля на дороге данный автомобиль информирует о своём появлении ближайший агент-менеджер, который находится на данном участке дороги. Данный агент находит ближайшую пачку, к которой может присоединиться этот новый автомобиль (при этом выбирается такая пачка, что автомобиль успеет её догнать и присоединиться, и это присоединение не вызовет конфликтов с другими пачками), если такая пачка не найдена, то данный автомобиль образует новую пачку, а агент-навигатор назначает этой пачке подходящий квант времени и скорость, с которой должна двигаться пачка.

После того, как пачка исчезает из поля действия данного участка дороги, навигатор «забывает» об этих автомобилях, а эти самые автомобили сообщают о своём появлении новым агентам-менеджерам, в направлении которых они будут двигаться, и процедура назначения пачки и скорости для данных автомобилей повторяется.

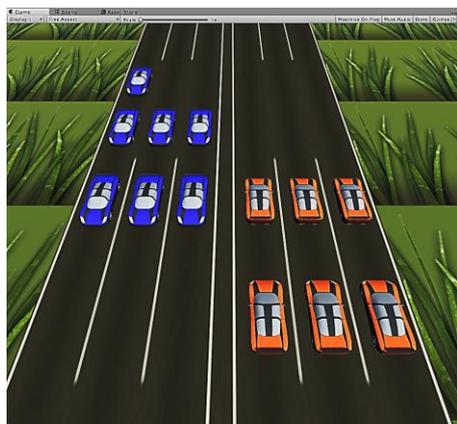
Задачи, которые должна решать реальная система управления городским дорожным движением:

- безопасность: не допускать аварийных ситуаций при регулировке движения;
- пропускная способность: повысить интенсивность движения в дорожной сети;
- комфорт для водителей: уменьшение времени проезда городских участков дорог, приемлемая скорость движения;
- приоритетный режим для общественного транспорта: чтобы обеспечить движение общественного транспорта по расписанию (трамваи, троллейбусы, автобусы с вместительностью более 100 человек), требуется особый режим освобождения участка дороги;
- адаптивность: иметь режим переключения доступных полос движения. Число доступных полос движения дороги может меняться в результате погодных условий (заснеженные дороги), проведения дорожных ремонтно-строительных работ, возникновения дорожно-транспортных происшествий, парковки в неразрешенном месте и пр.;
- надежность: при выходе из строя управляющего центра (обрыве коммуникаций, замыкании и т. д.) должен быть предусмотрен автономный режим работы каждого элемента.
- диагностика: ключевые элементы системы должны регулярно предоставлять данные о техническом состоянии. При сбое элемента должно прийти соответствующее сообщение в управляющий центр и оно должно быть записано в журнал лога;
- мониторинг: сбор данных о текущей дорожной ситуации (интенсивность движения машин, типы автотранспорта, средняя скорость, места аварий и пр.).

Наиболее подходящим способом проверки эффективности работы алгоритма является имитационное моделирование. Однако среды моделирования, позволяющей провести эксперименты с использованием такого алгоритма и сравнить результаты с классическим и адаптивным управлением, найдено не было. В связи с этим среда моделирования была разработана самостоятельно. В следующем разделе приведено описание, архитектура и основные алгоритмы ее работы.

Исследование систем на моделях имеет ряд преимуществ перед исследованием их методом эксперимента:

- в модели явление можно представить в «чистом» виде, не искаженном посторонними влияниями и ненужными деталями;
- с помощью модели возможен опыт там, где невозможен из-за недоступности реального объекта или его дороговизны;
- модель даёт возможность многократного повторения опыта до получения всесторонне обоснованных выводов, до познания сущности явления;
- моделирование позволяет экспериментировать с системой, меняя ее характеристики и исследуя поведение, что не всегда возможно при изучении реальных систем;
- изучение процесса на модели обходится, как правило, значительно дешевле и требует значительно меньших затрат времени.



**Рисунок 1** – Пример симуляции дорожного движения в среде Unity

Для реализации работы данной системы была выбрана игровая среда Unity.

Система формирует координированные пачки, которые движутся с минимальным расстоянием между собой, при котором следующий автомобиль успеет остановиться при внезапном выходе из строя предыдущего автомобиля, при этом если пачка уже организована, группа автомобилей движется на большой скорости, преодолевая участки дороги за минимальное время.

Разработанная система может быть использована для моделирования движения на реальных участках дороги и оптимизации дорожного движения. Также она может применяться для проведения экспериментов с произвольными алгоритмами мультиагентного управления. Предложенный алгоритм может быть рассмотрен в качестве альтернативы текущим методам регулирования движением в процессе внедрения новых технологий и автономных автомобилей.

В данной статье были описаны основные принципы работы системы, обеспечивающей оптимальное управление транспортными потоками в дорожной сети города, такие как организация автомобилей в координированные пачки, эффективное расположение автомобилей относительно друг друга и распределение скоростей их движения, а также принцип работы системы при движении автономных автомобилей вместе с автомобилями, управляемыми водителями.

#### **Список цитированных источников**

1. [http://aam.lenexpo.ru/sites/default/files/4/34/50234/intellektual\\_naya\\_transportnaya\\_sistema\\_-\\_politehnicheskij\\_universitet-doklad.pdf](http://aam.lenexpo.ru/sites/default/files/4/34/50234/intellektual_naya_transportnaya_sistema_-_politehnicheskij_universitet-doklad.pdf)
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / Под редакцией А.В. Гасникова. — М.: Издательство МЦНМО, 2013.