

УДК 656.13

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПОДХОДА

Алексеев О.П., д.т.н, проф., Алексеев В.О., д.т.н, проф., Ковтунов Ю.А., к.т.н., доц.,
Пронин С.В., к.т.н., ХНАДУ

Аннотация: В статье рассматривается подход к моделированию транспортных процессов и систем с помощью мультиагентных систем. Рассматриваются основные этапы моделирования, архитектура модели.

Ключевые слова: транспортная система, транспортный процесс, имитационное моделирование, мультиагентная система, агент.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ

Алексеев О.П., д.т.н, проф., Алексеев В.О. д.т.н, проф., Ковтунов Ю.А., к.т.н., доц.,
Пронин С.В., к.т.н., ХНАДУ

Анотація: У статті розглядається підхід до моделювання транспортних процесів і систем за допомогою мультиагентних систем. Розглядаються основні етапи моделювання, архітектура моделі.

Ключові слова: транспортна система, транспортний процес, імітаційне моделювання, мультиагентна система, агент.

MODELING OF TRANSPORT PROCESSES USING MULTIAGENTNOJ APPROACH

O. Alekseev, professor, dr. eng. sc., V. Alekseev professor, dr. eng. sc.,
Y. Kovtunov, assistant professor, cand. eng. sc., S. Pronin, cand. eng. sc., HNADU

Abstract: This paper discusses an approach to the modeling of transport processes and systems with the help of multi-agent systems. The main stages of modeling, architecture model.

Keywords: transport system, the transport process, simulation system, multi-agent systems, agent.

Введение

В настоящее время темпы роста количества автомобилей значительно опережают темпы развития дорожно-транспортной сети, в результате возникают транспортные заторы, снижается безопасность дорожного движения. Быстрый рост количества автомобилей приводит к увеличению интенсивности движения в городах, следствие которого проявляется в обострении транспортных проблем, особенно остро проявляющихся в узловых

пунктах улично-дорожной сети – перекрестках. Обеспечение быстрого и безопасного движения в современных городах требует применения комплекса организационных, архитектурно планировочных мероприятий способствующих упорядочению движения на уже существующей улично-дорожной сети. В то время как реализация мероприятий архитектурно-планировочного характера требует, помимо значительных капиталовложений, довольно большого периода времени, организационные мероприятия.

Перечисленные проблемы можно решить, применяя новые формы и методы организации движения. Данная задача представляет из себя задачу создания прежде всего эффективных моделей дорожного движения. Вместе с тем повышение возможностей компьютерной техники в последнее время позволяет решать данную задачу с большей эффективностью. Отсюда можно сделать вывод, что решение задачи моделирования транспортных процессов и систем должно решаться с помощью компьютерного моделирования.

Анализ литературы

Наиболее отвечающим поставленным требованиям решения задачи являются математические имитационные модели, с помощью которых возможно оценить эффективность планируемых мероприятий по улучшению организации дорожного движения [1].

С помощью имитационных моделей возможно оценить скорость движения, задержки на перекрестках, длину и динамику образования заторов и т.д., способны привести к сравнительно быстрому эффекту. В ряде случаев организационные мероприятия выступают в роли единственного средства для решения проблемы. Эффективным методом поиска оптимальных решений может служить имитационное моделирование городских транспортных потоков на перекрестках [2].

К имитационному моделированию относят дискретно-событийное моделирование, системную динамику, мультиагентные системы. Подробнее остановимся на последнем методе [2].

Вычислительные мультиагентные модели применяются для имитирования поведения, действий и взаимодействий автономных индивидуумов (агентов), объединенных в систему. Целью такого моделирования является оценка влияния поведения каждого агента на систему в целом. Имитирование действий каждого агента позволяет воспроизводить и предсказывать поведение системы. Считается, что мультиагентное моделирование дополняют традиционные аналитические методы. Последние позволяют охарактеризовать состояние равновесия системы, в то время как моделирование дает возможность исследования способов получения такого состояния.

В данной статье предлагается подход к моделированию транспортных систем на основе именно мультиагентного подхода. В основе подхода лежит предположение о том, что каждый участник движения действует индивидуально взаимодействуя с остальными участниками движения на основе общих правил движения [3,4].

Описание объекта моделирования

В статье рассматривается подход к созданию имитационной динамической модели поведения транспортных потоков на улично-дорожной сети города. Модель динамики транспортных потоков должна обеспечивать учет индивидуального поведения транспортных средств в условиях пересекающихся потоков, что характеризуется высокой детализацией описания процесса движения транспортных средств и позволит оценить динамику изменения скорости движения транспортных потоков, задержки на перекрестках, длину и динамику образования очередей или заторов, эффективность разметки и установленных знаков.

Для придания модели необходимой реальности необходимо задача моделировать транспортный процесс с учётом правил дорожного движения (ПДД). Кроме того, это даст реалистичность визуального представления динамики транспортных потоков в процессе моделирования. В качестве представления автотранспортных средств (АТС) возможно ограничиться легковым автомобилем, так как во всех теоретических работах по исследованию транспортных потоков выполняется приведение различных видов транспортных средств к легковым автомобилям с помощью коэффициентов приведения [4].

Одними из наиболее опасных участков улично-дорожной сети (УДС) являются перекрестки, на которых сосредоточиваются ДТП, наблюдается снижение скорости движения автомобилей и значительно уменьшается пропускная способность дорог, которая во многом определяется организацией движения на нерегулируемых пересечениях дорог.

Таким образом модель будет содержать четыре класса объектов:

- автомобиль;
- магистраль;
- нерегулируемый перекресток;
- регулируемый перекресток.

Также необходимо определить уровень детализации модели. Существующие подходы к моделированию могут быть классифицированы в зависимости от уровня детальности моделируемого процесса:

- модели макро-уровня описывают транспортный поток как целое, совокупность всех транспортных средств. Значимые параметры – плотность трафика и т.д. Основная область применения этого типа моделей – анализ транспортной системы большого объема, т.е. сетей магистралей и межрегиональных дорожных сетей, улично-дорожных сетей больших городов;
- модели микро-уровня характеризуются описанием отдельных транспортных средств и взаимодействий между ними. Модели этого класса показывают поведение отдельных участников дорожного движения, подчиняющиеся правилам поведения и взаимодействия транспортных средств [1]. Правила поведения содержат дополнительные стратегии для управления скоростью и ускорением. В настоящее время микроскопические модели используются для моделирования трафика на отдельных перекрестках и их совокупностях.

Описание взаимодействия различных элементов модели представлено на рис. 1.



Рис. 1. Взаимодействие агентов в модели

Разрабатываемая модель должна решать следующие задачи:

- выделение агентов–участников транспортного процесса;
- математическое описание поведения участников транспортного процесса, т.е. создание системы правил поведения агентов
- выделение основных значимых свойств участников процесса, или задание атрибутов агентов;
- выделение свойств внешней среды в виде задания общесистемных атрибутов, влияющих на все агенты системы.

Описание мультиагентной модели

Мультиагентную систему представим в виде множества возможных состояний системы:

$$E = \{e_1, e_1, \dots, e_n\}, \quad (1)$$

Динамику мультиагентной системы опишем в виде:

$$A = \{Ag1, Ag2, \dots, Agn\}, \quad (2)$$

где – $Ag1$ множество интеллектуальных агентов, где поведение каждого агента задаётся априорно известным вектором состояния $AgPi$:

$$AgPi = \langle Bi, Gi, Pli, Sni, Evi \rangle; i=1, n, \quad (3)$$

где $Bi = \{bi1, bi2, \dots\}$ – база знаний i -го агента; bij – j -я область знаний; $Gi = \{gi1, gi2, \dots\}$ – множество целей gik (k -я цель i -го агента); $Mli = \{mti11, mti12, \dots\}$ – банк моделей поведения $mtikl$ (l -й план достижения k -й цели i -го агента); $Sni = \{pi1, pi2, \dots\}$ – структура намерений (список планов поведения pik , выбираемых агентом Agi для достижения цели); $Lvi = \{Lvi(ag1), Lvi(ag2), \dots, Lvi(agj), \dots\}$ – описание внешних связей с агентами, взаимодействующими с Agi .

Банк моделей поведения представляет собой известные методы и процедуры достижения целей.

Структура намерений $Sni = \{pi1, pi2, \dots\}$ – это упорядоченная совокупность стандартизированных процедур поведения, принятых агентом Agi , для достижения цели gi .

Внешние связи $Evi = [Evi(ag1), Evi(ag2), \dots, Evi(agj), \dots]$ – это массив данных о состоянии, цели и намерениях взаимодействующих агентов.

На каждом этапе взаимодействия i -й агент Agi выбирает или корректирует цель gi и план действий в виде процедуры достижения k -й цели i -го агента Agi с формальными параметрами:

$$ptikl = \langle ide, lisstvar, tybhestr, procstr, listfactinfl, listfacprb \rangle,$$

где ide – идентификатор (имя) l -й одели достижения k -й цели; $lisstvar$ – список пере-

менных состояния l -й модели; *typbehstr* – тип стратегии поведения; *procstr* – собственно процедура l -й стратегии достижения k -й цели; *listfactinfl* – список факторов воздействия на элементы тела процедуры; *listfacprb* – список условий выполнения тела процедуры l -й стратегии достижения k -й цели.

На следующем этапе зададим целевую функцию агента. В теории мультиагентных систем различают функцию оценки или выигрыша и целевую функцию. Функция оценки рассчитывается для каждого бегущего такта взаимодействия агента со средой, исходя из воспринятого агентом состояния среды в этом такте (функцию оценки иногда называют откликом среды на действие агента). Целевая функция рассчитывается на основе бегущего значения функции выигрыша и значений функции выигрыша в предыдущих тактах взаимодействия. Функция оценки определяет каким образом агент накапливает свой интегральный ("итоговый") выигрыш, на основе которого он принимает решение о выборе своих следующих действий.

Обычный задание целевой функции заключается в том, чтобы запрограммировать агента, то есть указать в которых обстоятельствах, которую последовательность действий он должен выполнять (так называемое программное управление). Если мы имеем дело с непредусмотренными или неизвестными заведомо обстоятельствами, то эта процедура задания агента не подходит. В этом случае надо указать агенту что делать, вместо того, чтобы указывать как это делать [4].

Одним из возможных подходов к этому есть косвенное описание задачи с помощью некоторой меры эффективности.

Целевая функция агента определяет каким образом показатели эффективности по разным состояниям среды или по разным поведениям агента объединяются в одну величину, которая учитывается блоком принятия решений при выборе следующих действий агента.

$$Ag: RE \rightarrow Ac, \quad (4)$$

Как правило, перед агентом ставятся задачи максимизировать значение целевой функции $\varphi(u)$. Вид целевой функции выбирается в зависимости от задачи, для решения которой

проецируется агент. В частности в нашем случае так как одним из критериев оптимизации дорожного движения является минимизация времени передвижения то в качестве целевой функции можно выбрать функцию минимизации временных потерь.

Целевая функция коллектива отображает предыдущую историю развития событий в коллективное поведение.

$$AG: R \rightarrow AD, \quad (5)$$

где $AG = \{agl\}$, $i = 1, \dots, N$ – коллектив агентов; R – множество всех возможных оконченных последовательностей взаимодействия агента со средой; $AD = \{Adi\}$, $i = 1, \dots, N$ – коллективное действие всех агентов.

Вывод

В статье были рассмотрены основные аспекты моделирования транспортных процессов и систем с помощью мультиагентного моделирования. Данный подход позволяет моделировать в частности поведение каждого участника движения, что достаточно важно с учетом стохастического характера транспортных процессов.

Литература

1. Васильева Е. М., Игудин Р. В., Лившиц В. Н. Оптимизация планирования и управления транспортными системами. М.: Транспорт, 1987.
2. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика / В.Б. Тарасов. – М.: УРСС, 2002.
3. Скобелев П. О. Открытые мультиагентные системы для поддержки процессов принятия решений при управлении предприятиями / П.О. Скобелев. – Известия Самарского научного центра Российской академии наук – 2001 – Т. 3, № 1.
4. Muller, J. – P., Pischel M., Thiel M. Modeling Reactive Behaviour in Vertically Layered Agent Architectures // Intelligent Agents / Ed. By M. Wooldridge and N. R. Jennings. – Berlin: Springer-Verlag. – P.261-276

Рецензент: О.Я Никонов, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 октября 2013 г.