

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что величина коэффициента соотношения количества льготного и платного контингента может существенно колебаться, существующая методика начисления субвенций не учитывает разницы между частными и коммунальными предприятиями, требует значительных капиталовложений на проведение обследования пассажиропотоков и не отображает основной цели функционирования электротранспорта – обслуживания малообеспеченных слоев населения. Предложенная нами методика проведения обследования пассажиропотоков для определения коэффициента соотношения льготного и платного контингента позволяет с минимальными финансовыми и трудовыми затратами получить достоверные значения искомого показателя.

1.Миротин Л.Б. и др. Организация коммерческой работы на автомобильном транспорте. – М., 1997. – 311 с.

2.Про Порядок проведения обстеження пасажиропотоків на маршрутах у міському сполученні: Рішення виконавчого комітету м.Суми №669 від 02.12.2008р.

3.Дружинин Н.К. Выборочный метод и его применение в социально-экономических исследованиях. – М.: Статистика, 1970. – 104 с.

4.Минько А.А. Статистический анализ в MS Exel: – М.: Изд. дом «Вильямс», 2004. – 448 с.

Получено 10.11.2009

УДК 657.58 : 668.3

И.М.ПАТРАКЕЕВ, канд. техн. наук, В.Е.ЖУКОВ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Исследуется моделирование поведения пешеходов на основе применения нового направления – так называемого агентного моделирования. Предлагается структурная блок-диаграмма данных и процессов для моделирования движения пешеходов в городских условиях. Рассматривается возможность применения разработанной модели движения пешеходов для прогнозирования поведения пешеходов на массовых мероприятиях и в транспортных узлах.

Досліджується моделювання поведінки пішоходів на основі застосування нового напрямку – так званого агентного моделювання. Пропонується структурна блок-діаграма даних і процесів для моделювання руху пішоходів в міських умовах. Розглядається можливість застосування розробленої моделі руху пішоходів для прогнозування поведінки пішоходів на масових заходах і в транспортних вузлах.

The modeling of pedestrian behavior on the basis of a new direction – the agent-based modeling was investigated. The structural block diagram of data and processes for modeling the movement of pedestrians in urban environments was proposed. The possibility of applying the developed model to predict the movement of pedestrians pedestrian behavior at public events and in the crossings was considered.

Ключевые слова: геоинформационные системы, агентное моделирование, базы геоданных, пешеход, транспортный узел.

Невозможно эффективно спланировать транспортный узел или массовое мероприятие, проводимое в городских условиях, без знаний о поведении пешеходов. Поведение пешеходов является сложным феноменом, поэтому необходимо использовать имитационное моделирование при планировании мероприятий и объектов с высокой плотностью пешеходов и ограниченным пространством для оптимизации потока пешеходов и гарантированного предотвращения давки в случае паники.

Новое, недавно возникшее направление в имитационном моделировании – так называемое агентное (мультиагентное) моделирование (“agent-based modeling”) – имеет свои особенности. Агентная модель представляет реальный мир в виде многих отдельных активных подсистем, называемых агентами. Каждый из агентов взаимодействует с другими агентами, которые образуют для него внешнюю среду, и в процессе функционирования может изменить как внешнюю среду, так и свое поведение [1].

Движение пешеходов в городских условиях не менее сложно, чем движение потока автомобилей. Пешеходы более гибкие, чем автомобили, и они не имеют “правил дорожного движения”. Для описания потока пешеходов в городе обычно используют регрессионные модели [2]. Однако регрессионные модели не позволяют представить такие явления, как взаимодействие между пешеходами во время движения и их реакцию на объекты городской инфраструктуры.

Агентным моделированием трафика пешеходов занимаются исследователи с конца 70-х годов и существенно активизировались исследования в течение последних двух десятилетий. В работах [3, 4] были предложены основные поведенческие принципы, которым следуют пешеходные агенты при движении по городу:

- путь агента-пешехода (объекта) близок к кратчайшему, соединяющему точки начала и окончания движения;
- агенты-пешеходы (объекты) избегают столкновения с неподвижными препятствиями (объектами городской среды);
- агенты-пешеходы (объекты) избегают резкого и быстрого изменения направления своего движения;
- агенты-пешеходы (объекты), как правило, ходят по сторонам дороги (тротуарам) и не приближаются к стенам слишком близко.

Основное требование для любой формализации пешеходного поведения – заставить агентов избегать столкновения, как есть в реаль-

ной жизни. В работе [4] введено новое понятие силы отталкивания Θ между пешеходами, которая возникает при приближении пешеходов-агентов. Функция, которая используется для определения силы отталкивания, достаточно проста и имеет вид:

$$\Theta = 1 / ((D - 0,4)^2 + 0,015), \quad (1)$$

где D – это дистанция, разделяющая пешеходов-агентов (в м); 0,4 – диаметр, определяющий минимальное расстояние между пешеходами-агентами; 0,015 – константа, позволяющая избежать бесконечного роста силы отталкивания Θ .

На рис.1 изображена модель процесса столкновения двух пешеходов во времени. Процесс столкновения состоит из трех основных факторов:

- пешеходный агент A движется в нужном направлении (по направлению к следующей контрольной точке) с желаемой скоростью v_A ;
- здания, стены, улицы и другие границы препятствуют движению пешеходных агентов;
- другие пешеходы-агенты влияют на движение пешехода через силу отталкивания Θ .

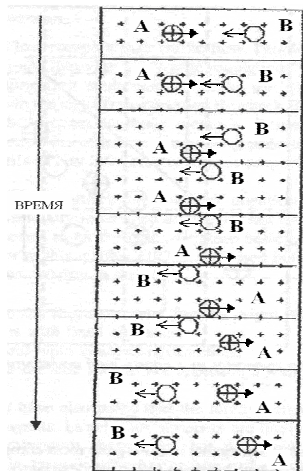


Рис.1 – Модель процесса столкновения между пешеходами-агентами

На основании данной модели построен двунаправленный поток пешеходов-агентов, движущихся по улице. В модели предусматривается два режима: если дорожка заполнена случайными прохожими – следовательно пешеходы объединятся в единый поток в определенную сторону (например, вправо), таким образом образуются две группы

пешеходов, движущиеся в смежных направлениях по разным полосам движения. Другой вариант предусматривает менее организованных пешеходов. Одним из примеров является хаотично движущаяся толпа, где пешеходы двигаются через толпу, не образуя отдельные полосы движения направленного потока пешеходов.

На рис.2 показана блок-диаграмма данных и процессов для моделирования движения пешеходов в городских условиях. Блок-диаграмма отражает интеграцию модели движения пешеходов в городских условиях с геоинформационными системами (ГИС). Разработанное городское геоинформационное пространство позволяет размещать пешеходов-агентов в геопространственной среде и задается в виде базы геоданных.

Структура базы геоданных включает слои зданий и их атрибуты, улично-дорожную сеть, парковки, транспортные узлы, социально-экономические данные (плотность населения). Интеграция модели движения пешеходов с городским геоинформационным пространством дает возможность получения информации о текущем местоположении моделируемых объектов, перемещении пешеходов-агентов из текущего местоположения в новое с заданной скоростью, выполнение анимации агентов (статической или движущейся), установления связей между агентами в зависимости от их расположения.

На рис.3 приведен фрагмент городского геоинформационного пространства (транспортный узел), который представлен в модели движения пешеходов в виде базы геоданных. Транспортный узел содержит остановки метро, основные остановки маршрутных автобусов и электротранспорта, соединенные между собой основными направлениями движения пешеходов-агентов.

Для моделирования трафика пешеходов-агентов на кафедре геоинформационных систем и геодезии Харьковской национальной академии городского хозяйства разработана программа на объектно-ориентированном языке в среде Visual Studio 2005. Обмен геопространственными данными между средой моделирования и базой геоданных реализован в формате XML. Программа позволяет создавать и проводить эксперименты на основе агентного моделирования движения пешеходов в городских условиях. Созданная программа носит экспериментально-научный характер и поэтому не удовлетворяет критериям коммерческого программного обеспечения.

Существует значительное количество коммерческих программ для моделирования потоков пешеходов, таких как Vissim, SimWalk, Anylogic и т.д. Несмотря на очевидное превосходство этих программ над нашей разработкой, необходимо отметить, что при разработке по-

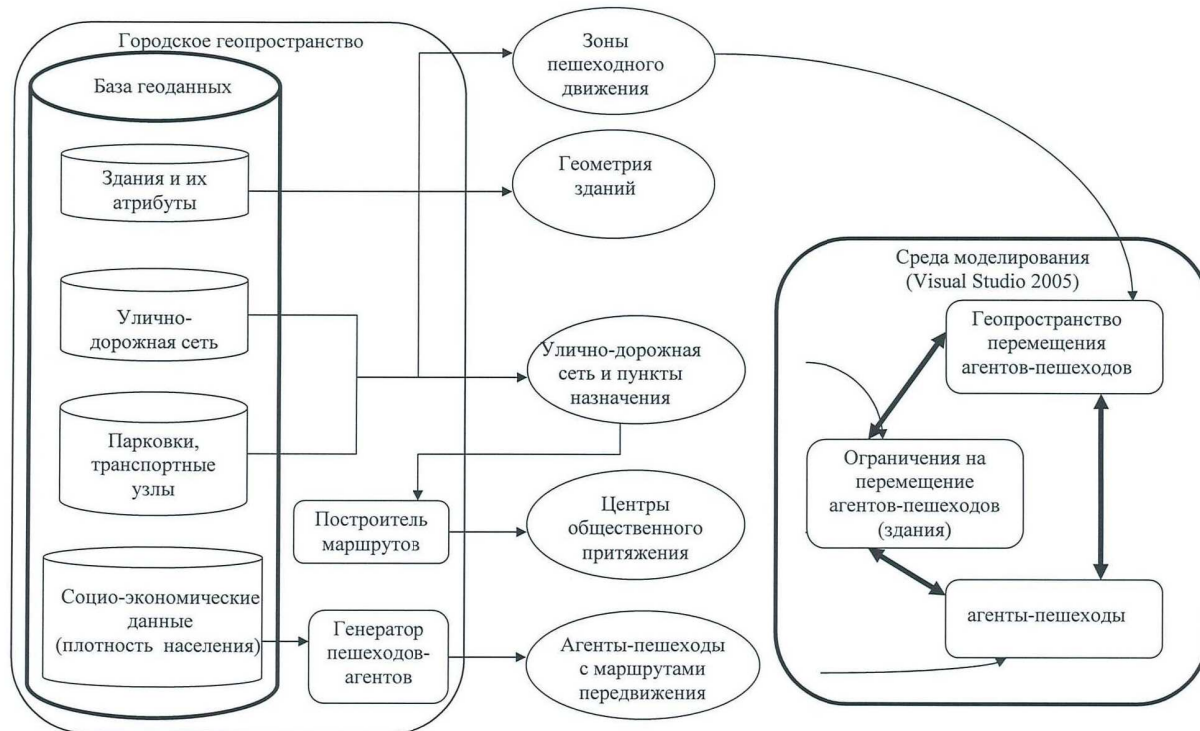


Рис.2 – Блок-диаграмма данных и процессов для моделирования движения пешеходов в городских условиях

следней модели с «нуля» разработчик получает полный контроль как над моделью, так и над проведением экспериментов, сам определяет дальнейшие направления развития, закладывает базу под будущие возможные коммерческие разработки, исключает зависимость от какой-либо компании.



Рис.3 – Фрагмент городского геоинформационного пространства (транспортный узел)

Нами разработана программная среда для создания, модификации, исполнения и отладки имитационной модели потоков пешеходов на основе агентного моделирования. Создан графический интерфейс пользователя, который дает возможность легко осуществлять операции над моделью. Интеграция со средствами ГИС позволяет непосредственно наблюдать за движением пешеходов и событиями.

Полученная имитационная модель может представлять практическую пользу для ученых и инженеров, заинтересованных в моделировании движения пешеходов. С ее помощью возможно исследование и анализ городской среды с целью прогнозирования поведения пешеходов на массовых мероприятиях и в транспортных узлах.

В настоящее время выполняется доработка и совершенствование программного продукта с целью превращения его в действующий макет с адаптацией к различным предметным областям, где участвуют подвижные во времени и пространстве объекты и процессы.

- 1.Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование на AnyLogic 5 // БХВ Петербург. – СПб., 2005. – С.8.
- 2.Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2007. – 270 с.
- 3.Torrens P.M., and I.Benenson. 2005. Geographic Automata Systems // International Journal of Geographical Information Science 19 (4). – P.385-412.
- 4.Benenson I, Torrens P.M. 2004. Geosimulation: Automata-Based Modeling of Urban Phenomena. – London: John Wiley & Sons.

Получено 25.09.2009

УДК 621.81

В.П.ШПАЧУК, д-р техн. наук,
А.И.РУБАНЕНКО, А.Н.КУЗНЕЦОВ, кандидаты техн. наук, В.Н.ЗИНЧЕНКО
Харьковская национальная академия городского хозяйства

РАСЧЕТ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ МОТОРНОЙ БАЛКИ ТЕЛЕЖКИ ТРАМВАЙНОГО ВАГОНА

Рассматривается задача расчёта и анализа параметров вынужденных колебаний моторной балки тележки трамвайного вагона. Определены формы вынужденных колебаний моторной балки, возникающих в процессе эксплуатации из-за неуравновешенности ротора мотора трамвайного вагона и неровностей рельсового пути. Исследована зависимость амплитуд вынужденных колебаний от геометрических характеристик рельсового пути и скорости движения вагона.

Розглядається задача розрахунку та аналізу параметрів вимушених коливань моторної балки візка трамвайного вагону. Визначено форми вимушених коливань моторної балки, що виникають в процесі експлуатації через невідновженість ротора мотора трамвайного вагону і нерівності рейкової колії. Досліджено залежність амплітуд вимушених коливань від геометричних характеристик рейкової колії і швидкості руху вагона.

The problem of calculation and the analysis of parameters of forced oscillations of a motor beam of the cart of the tram car is considered. Forms of forced oscillations of the motor beam arising during operation because of an unbalance of a rotor of the motor of the tram car and irregularities of a rail track are defined. The dependence of the amplitudes of forced oscillations of the geometrical characteristics of a rail track and speed of movement of the car is investigated.

Ключевые слова: трамвайная тележка, моторная балка, рельсовый путь, упругая опора, вынужденные колебания, кинематическое возбуждение, резонанс, амплитуды колебаний.

Надежность эксплуатации трамвайных вагонов в значительной степени зависит от технического состояния его основных несущих механических узлов. Основными причинами поломок механического оборудования трамвайного вагона, в частности, его тележки, являются отказы, вызываемые усталостными разрушениями в несущих элементах конструкции: в балках подвески тяговых двигателей моторных балок; продольных балках; элементах подвески узлов, агрегатов и кон-