

УДК 656.015

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОВЕДЕНИЕ ПАССАЖИРОВ В ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНЫХ УЗЛАХ, ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕШЕХОДНЫХ ПОТОКОВ

Ю. А. Чайка, А. А. Мирончук

Донской государственный технический университет, (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Тема статьи обусловлена актуальностью развития системы транспортно-пересадочных узлов (ТПУ) и необходимостью повышения эффективности информационной оснащенности узлов. Рассматривается агентное моделирование пешеходных потоков как возможность изучения влияния различных систем управления пассажирами на их навигацию в узле общественного транспорта, а именно цифровых вывесок при различных стратегиях их размещения, а также систем навигации по мобильным телефонам. Дано краткое описание основ для создания имитационной модели ТПУ. Предлагаемое программное обеспечение — AnyLogic.

Ключевые слова: транспортно-пересадочный узел, ТПУ, моделирование, модель, агенты, пассажиры, информация, навигация, цифровые вывески.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE BEHAVIOR OF PASSENGERS IN TRANSPORT HUBS USING AGENT-BASED MODELING OF PEDESTRIAN FLOWS

Yu. A. Chayka, A. A. Mironchuk

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

The topic of the article is due to the relevance of the development of the system of transport interchange hubs (TH) and the need to improve the efficiency of the information availability of hubs. An agent-based modeling of pedestrian flows is considered as an opportunity to study the influence of various passenger management systems on their navigation in a public transport hub, namely, digital signs with different strategies for their placement, as well as navigation systems for mobile phones. A brief description of the foundations for creating a simulation model of TH is given. The offered software is AnyLogic.

Keywords: transport hub, TH, modeling, model, agents, passengers, information, navigation, digital signage

Введение. Ключевой задачей при внедрении новых систем общественного транспорта, таких как система транспортно-пересадочных узлов (ТПУ), является обеспечение удобства использования для широкого круга потенциальных пользователей. Транспортные системы, которые все больше делают упор на динамическую адаптацию к изменению количества пассажиров и пунктов назначения, с течением времени не могут полагаться на статические расписания и маршруты, как это делают традиционные системы [1].

В имитационном моделировании выделяется метод — агентное моделирование, представляющее собой изучаемую систему в виде множества агентов, которые проявляют независимое индивидуальное поведение. Цель агентных моделей — получить представление об общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении ее отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в целом.

Основная часть. Распространенное применение наблюдается у агентного моделирования толпы, используемого для решения задач в разных сферах. Для транспорта применимо агентное моделирование пешеходных потоков [2].

Имитация пешеходных потоков — это экономичный и эффективный по времени инструмент для оценки систем навигации в местах общественного транспорта, который также может помочь при разработке расписания автобусов и назначении остановок.

В настоящее время в транспортно-пересадочных узлах пассажирами используются два основных типа систем навигации:

- указатели, размещенные, например, на потолке или в виде информационных табло;
- приложения на личных мобильных устройствах.

Следуя основным эргономическим принципам, эти типы по-разному оцениваются с точки зрения понимания из-за их визуальных характеристик (например, формы и размера) и когнитивных функций (например, сложности). Эти особенности влияют на время, затрачиваемое пассажиром на обдумывание и, соответственно, задержку реализации планируемого им маршрута движения, что влияет на поток пассажиров в узле общественного транспорта [3].

С помощью агентного моделирования можно понять механизмы пассажиропотока в ТПУ, объединяя существующие модели движения пешеходов и человеческого поведения с конкретной информацией о предметной области.

Применение на транспорте. Исследования поведения толпы могут находить применение при создании мероприятий, связанных с возникновением чрезвычайных ситуаций в общественных местах. Используя агентно-ориентированную модель, можно изучить влияние плотности пассажиров и ширины выхода, а также оптимизировать количество и определить места размещения информационных знаков для навигации пешеходов при эвакуации из общественных мест.

Эвакуация толпы очень похожа на ведение пассажиров к их транспорту, поскольку оба включают управляемое движение толпы (пешеходных потоков) к определенным пунктам назначения [4].

С помощью агентного моделирования пешеходных потоков можно определить важность анализа информационных знаков с точки зрения восприятия, а именно, какая часть информации воспринимается, а какое количество остается «необработанным» проходящими мимо людьми. Это также применимо к анализу цифровых вывесок в транспортно-пересадочных узлах.

Также данный метод позволяет обеспечивать сдерживание пешеходных потоков на остановочных пунктах общественного транспорта.

Подтверждение того, что моделирование пешеходов на основе агентов является допустимым подходом к моделированию движения пассажиров в узлах общественного транспорта, предоставлено Тангом и Ху (2017). Они использовали агентную модель для изучения движения пешеходов на крупных транзитных станциях в Китае (Пекин и Сюйчжоу) и пришли к выводу, что агентное моделирование пешеходных потоков может дать ценную информацию [5].

Основы разработки модели. Для представления имитационной модели нужно описать параметры транспортно-пересадочного узла, в котором перемещаются агенты (пешеходы), а также их поведение, основанное на восприятии ими информации, размещенной в узле.

1. Поведение агента.

Агент пешехода в смоделированной системе начинает движение с места назначения, т.е. с места, где он начинает поиск нужного транспортного средства. Для многих агентов это означает смену транспортных средств во время маршрутов с несколькими этапами, что подчеркивает важность быстро-доступной и легко усваиваемой информации.

Имитационная модель на основе агентов основана на ячейках и предполагает, что ячейка имеет определенный размер и может вместить только одного агента.

Поведение агента состоит из трех моделей, которые объединяют:

- пространственное определение пути,
- быстрое рассуждение о текущей доступной информации,
- предотвращение столкновений для близлежащих пешеходов.

Используя эту методологию, можно воссоздать эмерджентное поведение, обычно наблюдаемое в толпе, что является важным исходным материалом для оценки взаимного обмена и дизайна информации.

При агентном моделировании пешеходных потоков используются различные алгоритмы, например, такие как:

- алгоритм A-Star — вычисляет кратчайший путь от одной точки до другой, а также вокруг препятствий и мест с большим скоплением людей, тем самым позволяя уменьшать неестественно большие скопления людей, которые могут возникать в рассматриваемом узле;

- алгоритм социальной силы — алгоритм по обнаружению столкновений агентов. Позволяет агенту обходить нестатические препятствия, такие как другие агенты, специальным образом;

- решение, основанное на признании (RPD) — воссоздает быстрое принятие решений, основанное на знакомстве агента с текущей ситуацией. RPD мотивируется пониманием того, что люди часто принимают решения, основанные на оценках и предположениях, а не на рациональных процессах [5].

2. Восприятие информации.

Несмотря на растущее число инноваций, самообновляющиеся информационные табло, размещенные на хорошо видных местах, по-прежнему решающее значение имеет предоставление пассажирам информации об отправлениях и прибытии по расписанию и их обновлениях. Читаемость и понятность информации из данной точки пространства зависит не только от расстояния и прямой видимости. Шрифты, цветовые схемы, формы и значки могут поддерживать восприятие информации.

Метод агентного моделирования может показать, как варианты размещения вывесок влияют на движение и поиск пути пассажирами.

Чтобы имитировать видимость общедоступных вывесок, в программном комплексе, где производится моделирование, на область сценария накладывается индивидуальная тепловая карта для каждой вывески. Ячейки тепловой карты содержат значение, пропорциональное видимости и удобочитаемости информации на знаке.

На рис. 1 показаны примеры тепловой карты видимости информационных вывесок в здании пересадочного узла. Красное значение указывает на хорошую видимость знака, темно-синее значение представляет собой место, где нет видимости знака.

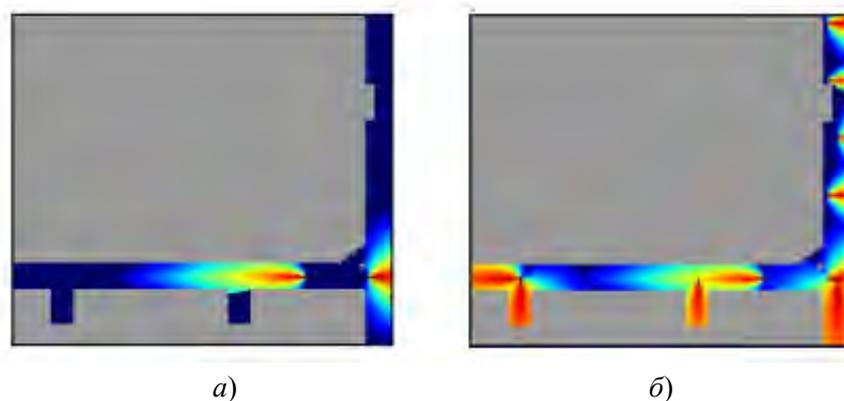


Рис. 1. Обзор видимости информационных вывесок

На рис. 1 а изображена низкая плотность размещения информационных вывесок (только 2 знака), которые, судя по превалированию синего цвета, не несут никакого смысла в узле. На рис. 1 б — высокая плотность указателей (общее количество указателей достигло 10). Все входы оснащены цифровыми указателями и видны с разных углов.

Вывески могут быть на бумажном носителе, а могут быть цифровыми. Однако пешеходы могут использовать и личные мобильные устройства.

Если предположить, что мобильные пользователи будут часто проверять свои телефоны, их общая скорость будет ниже, по сравнению с пешеходами, которые один раз посмотрят на цифровые вывески, а затем быстро направятся к своим местам отправления. Пользователи мобильных устройств обычно следуют кратчайшим путем к своей автобусной стоянке, в то время как пользователи цифровых вывесок, как правило, собираются вокруг знаков, прежде чем перейти к своим местам отправления.

С помощью тепловых карт при моделировании также можно будет наблюдать разницу в скоплении людей, вызванную обоими типами цифровых систем наведения.

Ключевой вывод здесь заключается в том, что информационные дисплеи в общественных местах могут не только выполнять функцию распространения информации, но также иметь дополнительную возможность направлять поток пешеходов.

3. Сбор данных.

В агентном моделировании пешеходных потоков используется ряд параметров. Их необходимо устанавливать для каждого конкретного случая, в зависимости от режима динамического транспорта, чтобы точно откалибровать модель [6]. Таблица 1 показывает наиболее важные параметры.

Таблица 1

Параметры моделирования и значения, использованные в экспериментах

Параметр	Значения
Продолжительность моделирования	4 часа
Среднее время ожидания автобуса	120с–240с
Среднее количество вышедших из автобуса пассажиров	11
Дальность действия датчика агента	20 м
Предпочтительная (максимальная) скорость пользования мобильным телефоном с точки зрения ориентирования по поисково-информационным картографическим службам	0,9 (1,3) м/с
Продолжительность просмотра вывесок	10 секунд

Одним из популярных ПО для имитационного моделирования является AnyLogic. Агентное моделирование пешеходных потоков также возможно и активно пользуется популярностью в этой программе [7].

Заключение. Для повышения эффективности функционирования транспортно–пересадочных узлов целесообразно прибегать к моделированию, а именно — к созданию имитационных моделей. Имитационная модель ТПУ фокусируется на агентном моделировании пешеходных потоков и сочетает в себе алгоритмы поиска пути, предотвращения столкновений и быстрого принятия решений агентами (пассажирами) на основе оптимально размещенной информации в узле, что способствует созданию комфортного транспортно-пересадочного узла с надежной системой навигации для пассажиров.

Библиографический список

1. Криволапова, О. Ю. Анализ эффективности проектов совершенствования транспортной сети / Инженерный вестник Дона. — 2012. — № 2 (20). — С. 519–522.
2. Бекларян, А. Л. Моделирование поведения толпы на основе интеллектуальной динамики взаимодействующих агентов / А. Л. Бекларян, А. С. Акопов // Бизнес-информатика. — 2015. — № 1 (31). — С. 69–77.
3. Мирончук, А. А. Координация расписания городских и пригородных маршрутов наземного пассажирского транспорта/ А. А. Мирончук, И. Ю. Солодовченко // Мир транспорта и технологических машин. — 2021. — № 2 (73). — С. 49–56.
4. Евреенова, Н. Ю. Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла / Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. — 2014. — №5(54). — С. 170–176.
5. Evaluation of Guidance Systems at Dynamic Public Transport Hubs Using Crowd Simulation / Michael Wagner, Henriette Cornet, David Eckhoff, [et al.] // Conference: 2020 Winter Simulation Conference (WSC), 2020. [10.1109/WSC48552.2020.9383949](https://doi.org/10.1109/WSC48552.2020.9383949)
6. Чайка, Ю. А. Применение имитационного моделирования для эффективного управления работой транспортно-пересадочных узлов / Ю. А. Чайка, А. А. Мирончук // Актуальные проблемы науки и техники. 2021. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. — Ростов-на-Дону, 2021. — С. 660–661
7. Антонова, В. М. Анализ результатов моделирования пассажиропотока станции метро в программе AnyLogic / В. Г. Антонова, Н. А. Гречишкина, Н. А. Кузнецов // Информационные процессы. — 2018. — Т. 18, № 1. — С. 35–39.

Об авторах:

Чайка Юлия Альбертовна, магистрант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета (344022, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), julia261098@mail.ru

Мирончук Александр Александрович, старший преподаватель кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета (344022, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), alexexplicit@mail.ru



About the Authors:

Chayka, Yulyia A., Master's degree student, Department of Transportation and Traffic Management, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, RF), julia261098@mail.ru

Mironchuk, Aleksandr A., Senior Lecturer, Department of Transportation and Traffic Management, Don State Technical University (162, Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344022, RF), alexexplicit@mail.ru