

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

УДК 656.211.072.4

СУБЪЕКТНЫЕ СУЩНОСТИ АНТРОПОМОРФОВ В ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ 3D-МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ

С. П. ВАКУЛЕНКО

Российский университет транспорта, г. Москва

А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Функционирование железнодорожной станции в настоящее время непосредственно или опосредованно связывается с участием человека, который принимает решения при выполнении технологических операций и обеспечении их безопасности (дежурный по станции, парку, горке, маневровый и поездной диспетчер); выполняет эти операции (работник путевого и грузового хозяйства, электромеханик, регулировщик, оператор, составитель). Кроме указанных групп, именуемых работниками станции и относящихся к активным субъектам, влияющим на состояние станционных объектов, на станции находятся пассивные субъекты: пассажиры, пешеходы и водители транспортных средств, перемещающиеся по территории железнодорожной станции. Активные и пассивные мобильные субъекты являются элементами общей функциональной модели, в которой могут представляться как некоторые антропоморфные сущности.

Активные субъекты, принимающие решения и выполняющие различные технологические операции, в модели станции могут быть заменены на автоматные аналоги без потери значимости и адекватности. Контролировать и принимать решения, а также выполнять станционные операции могут соответствующие информационные устройства системы. Поэтому эта субъектная категория не выделяется как модельная антропоморфная структура. Категория пассажиров железнодорожной станции, а также пешеходов и водителей транспортных средств не могут быть исключены из модельной структуры объектов и должны интегрироваться в целостную среду информационного аналога железнодорожной станции.

Статичные антропоморфы (пассажиры, ожидающие поезд на посадочной платформе, водители и пешеходы на закрытом для пропуска поезда переезде и у других запрещающих сигналов) не изменяют свое положение и состояние, т. е. находятся без всякого движения за весь период ожидания. Динамичные антропоморфы перемещаются по заданному маршруту с определенной скоростью, которая зависит от их свойств, идентифицирующих конкретные характеристики реальных пассажиров (возраст, наличие тяжелого или крупного багажа, подход к скоплению других пассажиров).

Массовое движение антропоморфов-пассажиров на железнодорожной станции приводит к формированию модельных пассажиропотоков, направляющихся по одному маршруту и выступающих как определенное целостное образование, способное сохранять некоторые атрибуты индивидуальных объектов. Если маршруты одиночных антропоморфов А и Б могут пересечься через время T_k , то оба антропоморфа через время T_0 скорректируют свои движения и несколько их изменят так, что расстояние между антропоморфами в момент наименьшего расстояния между ними будет не менее L_k .

Каждому одиночному антропоморфу присуще свойство «личного пространства», которое очерчивается вокруг него с радиусом $L_{лп} = L_k / 2$. Чем выше плотность потока модельных пассажиров, тем меньше $L_{лп}$. При достижении некоторого критического значения плотности $P_{пасс-кр}$ $L_{лп} \rightarrow 0$. Если $L_{лп} = 0$, то индивидуальности в поведении антропоморфов исчезают, и образуется целостная конструкция, именуемая модельным пассажиропотоком.

Исключительным случаем является пересечение двух пассажиропотоков различных маршрутов движения. В принципе такая коллизия на практике не допускается. Если величины пересекающихся

пассажиропотоков P_1 и P_2 , где $(P_1 \vee P_2) < P_{\text{Пасс}}(L_{\text{ЛП}} \rightarrow 0)$, то столкновение исключается благодаря использованию антропоморфами известного способа просачивания, когда антропоморф А проходит от антропоморфа Б на расстоянии $L_{\text{min}} > L_{\text{ЛП}}$. Скорости движения в коллизии пересечения модельных пассажиропотоков снижаются до V_{min} . После выхода за пределы зоны нарушения «личного пространства» скорости антропоморфов возрастают до установленных для соответствующих категорий.

При $L_{\text{ЛП}} \rightarrow 0$ индивидуальные качества антропоморфов обезличиваются и стремятся к некоторым среднегрупповым, характерным в целом для пассажиропотока данного назначения или направления, но при этом характерные признаки антропоморфов данного пассажиропотока сохраняются в базе данных и после выхода из зоны пересечения с другим потоком восстанавливаются. Влияние приближающегося пассажиропотока P_2 на данный пассажиропоток P_1 начинает сказываться на расстоянии $L_{\text{ЛП}}$, определяемом для соответствующей группы антропоморфов. Например, для антропоморфов, движущихся с более высокой скоростью, $L_{\text{ЛП}}$ несколько выше средней зоны величины «личного пространства». То же справедливо, например, для антропоморфов с объемной ручной кладью или багажом.

В число признаков, определяющих характер движения антропоморфов, включается индекс приоритетности, позволяющий не уступать антропоморфу с равными квалитетическими характеристиками. Два антропоморфа, фиксирующие перспективу пересечения своих маршрутов, считают индексы приоритетности друг друга и соответственно изменяют свои скорости движения. При пересечении плотных пассажиропотоков индекс приоритетности не является фактором анализа, а все антропоморфы снижают скорость движения и на предельно минимальном расстоянии друг от друга $L_{\text{min}} \rightarrow L_{\text{ЛП}}$ изменяют траектории своих перемещений.

Если два модельных пассажиропотока сливаются, то в окрестности восприятия каждый антропоморф анализирует ситуацию на предмет возможного изменения своих характеристик и скорости направления движения исходя из свойств антропоморфа-партнера. При этом у одной сущностной единицы из пассажиропотока P_1 может быть несколько парт-антропоморфов из потока P_2 . Если сливаются неравномошные потоки $P_1 \gg P_2$, то в числе свойств каждого антропоморфа потока P_1 присутствует параметр из категории приоритетного, указывающий на более высокую значимость при взаимодействии с другими модельными антропоморфами пассажиропотоков. После слияния потоков P_1 и P_2 происходит корректировка свойств антропоморфов, отражающая характер результатного потока.

Кроме функций непосредственного отражения движения пересекающихся модельных пассажиропотоков информационная среда обеспечивается аналитическими возможностями, регистрирующими высокую загрузку зоны пересечения, включает поисковую подсказку рационального распределения потоков, которое может снизить критическую загрузку «броуновского поведения» антропоморфов. По результатам работы такой поисковой среды формируется *метапространство* организации движения пересекающихся модельных пассажиропотоков, разрешающее возникший конфликт и визуализирующее достигнутое положение антропоморфов в отдельном информационном окне модельной системы. Может быть представлено несколько альтернативных метапространств с различными вариантами по включаемым техническим средствам решения проблемы, стоимости и времени реализации сконструированных схемных вариантов. При наличии критериев оценки таких вариантов модельная среда может принять решение о внедрении в рабочую модельную среду наиболее эффективного варианта из полученных метапространственных и изменении движения пассажиропотоков заблаговременно, не достигая зоны критичных состояний.

Метапространственное моделирование взаимодействия на пересечении маршрутов модельных пассажиропотоков определяется как *бимодельная 3D-реконструкция*, которая может основываться на схеме усиливающего действия отталкивающих сил по мере сближения отдельных антропоморфов и их групп. Увеличение силы отталкивания приводит к уменьшению скорости движения по направлению к пересекаемому маршруту конкурентного антропоморфа. При этом эти силы возникают с обеих сторон конфликта, уводят антропоморфов от сближения и восстанавливают исходную скорость движения после выхода из области непосредственного контакта. Такая реакция присуща всем антропоморфам из разных маршрутных потоков. Зона «личного пространства» остается важной доминантой для каждого антропоморфа, вступающего в дистанционно разделяющее взаимодействие.

При сближении антропоморфов одной группы на расстоянии $L < L_{\text{ЛП}}$ также начинают действовать отталкивающие силы, аналогичные разногрупповому взаимодействию. В общем случае пересечение модельных пассажиропотоков с плотностью $\rho_{\text{ПАСС}} > \rho_{\text{ПРЕД}}$ в 3D-реконструкции станции должно квалифицироваться как непродуктивное. Подключение соответствующих алгоритмов способно исключить такой конфликт до перехода их в фазу нерегулируемых. В общем случае трафаретным объектом 3D-моделирования поведения антропоморфов является такой допустимо концентрированный модельный пассажиропоток, который при пересечении с другим изменяет скорость движения своих антропоморфов не более чем на 10 % от существующей на момент обнаружения встречного потока, и при этом любой из антропоморфов данного потока отклоняется от первоначально запланированного направления своего движения не более чем на 0,5 м. Такое правило применимо и ко второму пассажиропотоку, пересекающему маршрут первого. По сути, используется эффект просачивания антропоморфов друг сквозь друга без существенных потерь своих динамических свойств. Если поток антропоморфов оказывается такой плотности, что его движение через зону пересечения с другим потоком не приводит к изменению свойств, то он называется редким и моделирование его движения по пересечению в одном уровне следует признать технически и технологически оправданным.

УДК 629.4.016.56:001.895

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С. П. ВАКУЛЕНКО, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, А. А. СИДРАКОВ, К. В. ХАУСТОВ
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Высокоскоростной железнодорожный транспорт (ВСЖТ) представляет собой ключевой компонент транспортной системы XXI века, определяющий пространственное развитие территорий, интеграцию регионов, рост мобильности населения и экономическую конкурентоспособность государства. В условиях технологической трансформации и цифровизации инфраструктурных отраслей современная концепция развития ВСЖТ практически невозможна без внедрения инновационных систем управления движением поездов, основанных на комплексном применении цифровых технологий, искусственного интеллекта, автоматизации и интеллектуальных коммуникационных платформ.

В Российской Федерации (РФ) высокоскоростной железнодорожный транспорт в настоящее время активно развивается. Действующая высокоскоростная магистраль (ВСМ) в классическом понимании (линия, специально построенная для движения поездов со скоростью 250–400 км/ч) уже создается. В 2024 году начато строительство первой ВСМ Москва – Санкт-Петербург, запуск которой планируется к 2028 году. До настоящего времени скоростное сообщение проводилось по существующей инфраструктуре (например, поездами «Сапсан» на участке Москва – Санкт-Петербург со скоростью до 250 км/ч), где используются модернизированные системы сигнализации и диспетчерского управления, основанные на отечественной автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН/АЛС-ЕН) и традиционной диспетчерской централизации. Однако для полноценного высокоскоростного движения требуются новые принципы управления движением.

Поскольку первая специализированная ВСМ еще строится, текущее состояние систем управления движением на ВСЖТ в России можно охарактеризовать по пилотным внедрениям на отдельных полигонах и по модернизированным решениям на существующих линиях. Так, ценным полигоном стал сочинский участок Северо-Кавказской железной дороги, где к Олимпиаде 2014 года были опробованы комплексные инновационные технологии: система автоматизированного диспетчерского управления движением «Автодиспетчер», система автоматического ведения поездов «Автомашинист», интеллектуальные подсистемы инфраструктуры, высокоскоростная связь и безбумажные технологии. Внедрение этого комплекса на сочинском полигоне позволило повысить производительность труда, ускорить пропуск поездов, минимизировать отклонения от графика и улучшить