

вания физических процессов с целью анализа влияния жидкости на изделие или оборудование. Он основан на методе конечных объемов, при этом область течения разделяется на конечное множество контрольных объемов; в этом множестве контрольных объемов решаются уравнения сохранения массы, импульса, энергии и т. д.; уравнения в частных производных дискретизируются в систему алгебраических уравнений; затем производится численное решение этих алгебраических уравнений в расчетной области.

Ansys Fluent надежно и эффективно выполняет расчеты для всех физических моделей и типов, включая стационарное или переходное течение, несжимаемые или сжимаемые течения (от малых дозвуковых до гиперзвуковых), ламинарные или турбулентные потоки, ньютоновские или неньютоновские жидкости, идеальный или реальный газ [3].

Также следует упомянуть Autodesk CFD – это САЕ-система, предназначенная для расчетов и моделирования движения потоков жидкостей и газов, а также процессов теплопередачи и теплообмена. В ней реализована поддержка моделирования свободного течения жидкостей методом свободной поверхности VOF (Volume of Fluid). С помощью нее можно моделировать и анализировать взаимодействие потока и тела, которое может менять свое положение. Применение такого метода позволяет решать задачи анализа процессов прорыва плотин, наполнения шахт и штолен водой, разлива масла из танкера и другие [4].

#### **Список цитированных источников**

1. Обзор симулятора жидкости RealFlow: невероятные фокусы с водой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dnews.ru/917218>. – Дата доступа: 22.04.2021.
2. Flip Fluids [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blendermarket.com>. – Дата доступа: 22.04.2021.
3. Ansys Fluent. Приложение для моделирования течений жидкостей и газов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.techgidravlika.ru/view\\_post.php?id=62](https://www.techgidravlika.ru/view_post.php?id=62). – Дата доступа: 22.04.2021.
4. Computational fluid dynamics simulation software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/cfd/overview>. – Дата доступа: 22.04.2021.

УДК 656.13

*Сукасян Т. М.*

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

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ СУПЕРСКОРОСТНЫМ ТРАМВАЕМ**

На сегодняшний день традиционные формы систем общественного транспорта в своем большинстве не справляются с ростом подвижности населения больших городов. Зачастую они даже являются убыточными, но городские власти поддерживают их в связи с отсутствием достойной альтернативы. Также рост частного автомобильного транспорта приводит к перенасыщению городских улиц и образованию заторов. В данной работе предлагается описание но-

вой интеллектуальной транспортной системы, способной решить проблемы координации и управления транспортными потоками и разгрузить перенасыщенную дорожно-транспортную обстановку в городах [1–3].

Уровень развития современных технологий позволяет построить новую интеллектуальную транспортную систему, сравнимую с производительностью метро. Основным транспортным средством данной системы будет являться беспилотный электрокар небольшой вместимости, который будет носить название инфобус. Инфобусы смогут соединяться в автопоезда, количество единиц в них будет зависеть от пассажиропотока на маршруте в текущий момент времени, который будет измеряться датчиками в автоматическом режиме. Координирующий компьютер будет отправлять такое число инфобусов на маршрут, чтобы их суммарный объем был равен или немного превышал объем пассажиров в данный момент времени.

Функционирование системы будет осуществляться следующим образом:

1. На остановочном пункте, оборудованном специальными терминалами, пассажир во время оплаты проезда также указывает остановочный пункт, до которого желает ехать.

2. Информация с терминалов поступает на управляющий компьютер, который по прошествии определенного времени либо накоплении достаточного количества пассажиров формирует план перевозок и отправляет нужное количество единиц инфобусов на маршрут для перевозки пассажиров к станциям назначения [4, 5].

Описанный процесс функционирования системы является циклическим и состоит из повторяющихся процедур.

Под планом развозки пассажиров понимается процедура последовательного вывода инфобусов на маршрут с указанием конечной станции назначения и нескольких промежуточных остановок для загрузки и выгрузки пассажиров для каждого инфобуса индивидуально. На информационном дисплее остановочного пункта перед приходом инфобуса будет высвечиваться номера остановок, на которых он будет в дальнейшем останавливаться. Пассажиры, у которых станция назначения совпадает с предложенным набором остановок, занимают места в подошедшем инфобусе, оставшиеся пассажиры ожидают следующий инфобус.

Таким образом получаем, что каждый инфобус, выходя на маршрут, будет иметь индивидуальный порядковый номер и набор остановочных пунктов, на которых ему необходимо будет сделать остановку для загрузки и выгрузки пассажиров. Основой для формирования плана развозки пассажиров будет являться текущая матрица корреспонденций  $M_Z$ ,  $Z = 1, 2, \dots, k$  (формула 1). Каждый элемент этой матрицы  $m_{ij}$  показывает количество пассажиров, которые желают ехать с остановки  $i$  на остановку  $j$ . Где  $i, j = \overline{1, k}$ , а  $k$  – количество остановок одного направления маршрута. Элементы матрицы  $M_Z$ , стоящие на главной диагонали и под ней равны нулю, так как пассажир не может ехать назад и не может выйти на остановке, на которой он сел в инфобус [6].

$$M_Z = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i,i+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1,k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

План перевозок, разработанный на момент начала развозки, остается неизменным до его окончания, все зависимости от того, что во время его выполнения на остановочные пункты приходят новые пассажиры. Их вывоз должен быть обеспечен текущим планом развозки. Для выполнения этого условия введем коэффициент эластичности  $a \in [0,7; 1)$ .

План развозки пассажиров составляется для каждой строки матрицы  $M_Z$ , в которой хотя бы один элемент удовлетворяет условию  $m_{ij} \in [a \cdot V; V)$ , где  $a$  – коэффициент эластичности,  $V$  – объем транспортного средства. Рассмотрим  $i$ -ю строку матрицы корреспонденций:  $(0 \dots 0 \ m_{i,i+1} \ m_{i,i+2} \ \dots \ m_{i,k})$ . Переобозначив элементы  $i$ -й строки следующим образом: элемент  $m_{i,i+1}$  обозначим через  $m_1$ , элемент  $m_{i,i+2}$  – через  $m_2$  и так далее до элемента  $m_{i,k}$ , который обозначим через  $m_r$ , где  $r=k-i$  – число ненулевых элементов в строке  $i$ , получим множество  $P = \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$ . Тогда задача по перевозке пассажиров с  $i$ -й остановки минимальным количеством инфобусов и с не более чем одной остановкой в пути для каждого пассажира может быть сформулирована так: требуется разбить множество  $P$  на подмножества так, чтобы в каждом из них было не более двух элементов и, при этом, их сумма была немного меньше либо равна  $V$ .

Эту задачу можно записать в виде системы неравенств:

$$\begin{cases} m_1 x_{11} + m_2 x_{12} + \dots + m_r x_{1r} \leq V; \\ m_1 x_{21} + m_2 x_{22} + \dots + m_r x_{2r} \leq V; \\ \dots \\ m_1 x_{r1} + m_2 x_{r2} + \dots + m_r x_{rr} \leq V; \\ \sum_{q=1}^r x_{pq} \leq 2, \sum_{p=1}^r x_{pq} \leq 1. \end{cases} \quad (2)$$

С целевой функцией:

$$F = \left| \frac{\left| \vec{m} \cdot X \right|}{\left| \vec{m} \right|} - a \right| \rightarrow \min, \quad (3)$$

где  $\vec{m}$  – вектор, состоящий из элементов множества  $P$ .  $X$  – матрица решений системы неравенств (формула 2), состоящая из элементов  $x_{pq}$ , принимающих значение 1, если пассажиры следуют на остановку  $i+q$ , и значение 0, если пассажиры следуют на другую остановку [7].

Решая задачу (формула 1 – формула 2), мы получаем план развозки пассажиров, который обеспечит нужную наполняемость транспортных средств, отправку минимального количества инфобусов на маршрут, а также быструю и комфортную поездку для каждого пассажира с не более чем одной остановкой в пути.

Описанная транспортная система способна адаптироваться к пассажиропотоку, функционировать в насыщенной улично-дорожной среде без помех со стороны других транспортных средств, а также перевозить большое количество

пассажирам в единицу времени, сравнимое с метро. Описанный способ построения плана развозки пассажиров с помощью этой транспортной системы позволяет оптимизировать перевозку пассажиров общественным транспортом, увеличить наполняемость транспортного средства на маршруте, значительно сократить время, затрачиваемое пассажиром в пути. Это приведет к повышению качества услуг, предоставляемых населению, к снижению энергопотребления и, как следствие, к увеличению прибыли перевозчиков.

#### **Список цитированных источников**

1. Жогал, А. Н. Автоматический городской интеллектуальный пассажирский транспорт / А. Н. Жогал, В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // Транспорт и инновации: вызовы будущего : материалы Междунар. науч. конф., Минск, 30 мая 2019 г. – Минск : Нац. б-ка Беларуси, 2019. – С. 23–33.
2. Shut, V. Mobile Autonomous Robots - a New Type of City Public Transport / V. Shut, V. Kasyanik // Transport and Telecommunication. – 2013. – Vol. 12, № 4. – P. 39–44.
3. Пролиско, Е. Е. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Актуальные направления научных исследований XXI века – теория и практика : сб. науч. тр. Междунар. заоч. науч.-практ. конф., Воронеж, 14–15 нояб. 2016 г. – Воронеж : ВГЛУ, 2016. – Т. 4, № 5. – Ч. 3. – С. 336–341.
4. Пролиско, Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «Инфобус» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы науч.-техн. конф., Брест, 25–28 мая 2016 г. – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 49–54.
5. Шуть, В. Н. Высокопроизводительная система городской транспортировки пассажиров / В. Н. Шуть, Е. Е. Пролиско // Електроніка та інформаційні технології : матеріали VIII укр.-пол. науч.-практ. конф., Львов, 27–30 авг. 2016 г. – Львов : Львов. нац. ун-т ім. І. Франка, 2016. – С. 62–64.
6. Persia, L. High capacity robotic urban cluster-pipeline passengers transport / L. Persia [et al.] // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Брест, 25–28 мая 2016 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: В. А. Головкин [и др.]. – Брест, 2016. – P. 62–68.
7. Сукасян, Т. М. Оптимизация развозки пассажиров городским транспортом / Т. М. Сукасян // Сотрудничество – катализатор инновационного роста : сб. материалов 6 Белорус.-Балт. форума, Минск, 22–23 дек. 2020 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2020. – С. 94–95.

УДК 004.89

*Хацкевич А. С.*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент Крапивин Ю. Б.*

## **НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СЕНТИМЕНТ-АНАЛИЗА ТЕКСТА**

Целью настоящей работы является разработка программного средства, использующего библиотеки для реализации нейронных сетей и обработки текста на естественном языке, обеспечивающего возможность сентимент-анализа текста, а именно классификации тональности текста по трем категориям: «положительный», «отрицательный», «нейтральный».

Объект исследования – нейросетевая модель анализа тональности текста.

Предмет исследования – средства реализации нейронной сети, методы обработки текста.