

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПАССАЖИРОВМЕСТИМОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗКИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРОВ

¹Шуть В. Н., ²Швецова Е. В.

¹*Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, lucking@mail.ru,*

²*Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, lucking@mail.ru*

Аннотация. В работе рассматривается подход для формирования в режиме реального времени оптимальной пассажировместимости транспортного средства, высылаемого на маршрут, на основе матрицы корреспонденций при организации пассажирской перевозки в информационно-транспортной системе на базе беспилотных транспортных модулей.

Ключевые слова: пассажировместимость, транспортное средство, электрокар, информационно-транспортные системы.

Abstract. The paper discusses an approach for generating in real time the optimal passenger capacity of a vehicle sent on a route, based on a correspondence matrix when organizing passenger transportation in an information and transport system based on unmanned transport modules.

Key words: passenger capacity, vehicle, electric car, information and transport systems.

Благодаря возможности постоянного сбора данных о спросе на перевозку информационно-транспортные системы (ИТС) являют собой новый этап в эволюции транспортных систем. В предлагаемой работе описывается новый подход в определении необходимого объема пассажирского транспортного средства и его формирование в городской пассажирской ИТС на базе беспилотных электрокаров.

Детально архитектура и функциональность рассматриваемой ИТС описывалась в работах [1–4]. Ее особенностями являются: организация комбинированной перевозки (совмещение обычной перевозки со скоростной и экспрессной) в режиме реального времени на основе постоянно собираемых данных о заявках пассажиров и гибкое формирование транспортных средств нужного объема из беспилотных транспортных модулей малой вместимости (называемых инфобусами), способных двигаться как автономно, так и совместно по принципу автокаравана. Инфобусы осуществляют курсирование по выделенной линии, что сводит к минимуму воздействие на их движение со стороны внешней среды (рис. 1).

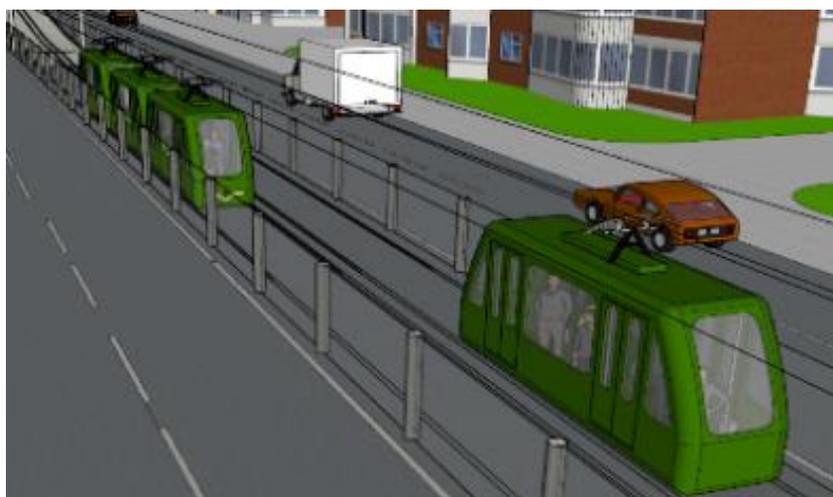


Рисунок 1 – Движение инфобусов автономно и совместно

На рис. 2 представлена схема функционирования ИТС.



Рисунок 2 – Схема функционирования ИТС

Сбор сведений о спросе на перевозку происходит от терминалов на остановках либо от мобильных приложений. Полученные данные аккумулируются в едином информационном сервере ИТС и на основе них формируется матрица корреспонденций [5–7], отражающая желаемые пассажирами в данный момент времени перемещения по маршруту. Матрица имеет размерность $k \times k$, где k – количество остановок маршрута. Каждый элемент m_{ij} матрицы отражает число пассажиров, оставивших в системе заявку на перевозку с остановки i на остановку j маршрута.

$$\begin{pmatrix}
 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\
 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\
 \dots & \dots \\
 0 & \dots & 0 & m_{i+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\
 \dots & \dots \\
 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\
 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0
 \end{pmatrix}$$

Рисунок 3 – Матрица корреспонденций

Информационный сервер ИТС постоянно сканирует матрицу корреспонденций. При выполнении условий достаточного накопления заявок на перевозку фиксирует матрицу и по ней формирует планы как скоростных (транспортное

средство останавливается лишь на некоторых остановках), так и обычных пассажирских перевозок, рассылаемые бортовым системам инфобусов. При необходимости инфобусы организуются в кассету.

Перевозочный процесс в рассматриваемой пассажирской ИТС базируется на комбинированной перевозке, совмещающей скоростную и обычную перевозку. Скоростная перевозка подразумевает посещение лишь некоторых остановок маршрута. Необходимость в ней возникает в моменты «всплеска» интенсивности накопления заявок на перевозку по определенной корреспонденции маршрута. В остальное время оправдана обычная перевозка через каждые 5–10 минут. Для каждого рейса обычной перевозки объем транспортного средства определяется кастомизировано в режиме реального времени по матрице корреспонденций.

На данный момент при определении интервалов движения транспортных средств на маршрутах и их вместимости распространено использование формул:

$$q = \frac{Q_{\max} \times I}{T_{об}}, \quad (1)$$

где q – требующаяся вместимость транспортного средства (автобуса);

Q_{\max} – пассажиропоток на наиболее напряженном перегоне маршрута за время оборотного рейса в чел.;

I – маршрутный интервал движения, мин;

$T_{об}$ – время оборота автобуса на маршруте (движение по всему маршруту в прямом и обратном направлении) в мин.

Сведения для расчетов определяются эпизодически учетчиками как правило визуальным способом и поэтому несут в себе большие погрешности. Неправильный выбор объема транспортного средства и интервалов движения приводит к экономическим потерям транспортного предприятия.

Предлагается новый подход при определении необходимой вместимости транспортного средства на основе актуальной матрицы корреспонденций. Как и при классическом подходе объем высланного транспортного средства определяется по информации о числе пассажиров, которые потенциально могут проехать на наиболее пассажиронапряженным перегоне в ближайшее время. Эту информацию содержит актуальная матрица корреспонденций. Полученные данные ложатся в основу расчета вместимости транспортного средства и числа используемых транспортных модулей, которое будет сформировано управляющей системой ИТС.

Данные о числе проезжающих пассажиров p_n на каждом перегоне $n, n = \overline{1, k-1}$ маршрута из k остановок определяются по зафиксированной в текущем моменте матрице корреспонденций.

Принцип определения значений $p_n, n = \overline{1, k-1}$ по матрице корреспонденции показан на рис. 4 для маршрута из пяти остановок, $k = 5, n = \overline{1, 4}$.

Общая формула для p_n имеет вид:

$$p_n = \sum_{i=1}^n \sum_{j=n+1}^k m_{ij}, n = \overline{1, k-1}. \quad (2)$$

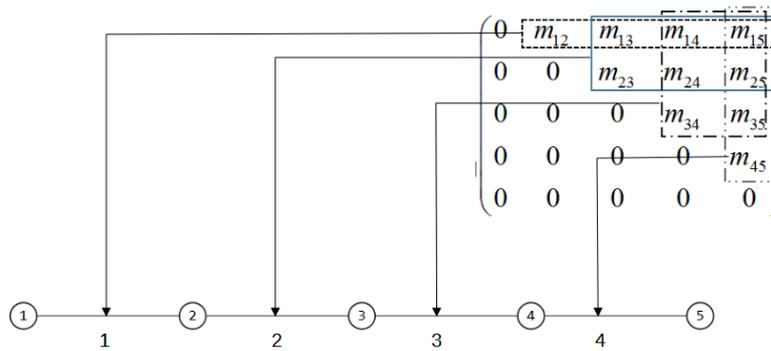


Рисунок 4 – Определение числа проезжающих пассажиров на перегонах маршрута на основе матрицы корреспонденций

Пусть маршрут состоит из пяти остановок. Тогда, согласно формуле (2): для первого перегона ($n = 1$) число проезжающих пассажиров находится, как

$$p_1 = \sum_{i=1}^1 \sum_{j=2}^5 m_{ij} = m_{12} + m_{13} + m_{14} + m_{15};$$

для второго перегона ($n = 2$) число проезжающих пассажиров находится, как

$$p_2 = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=3}^5 m_{ij} = m_{13} + m_{14} + m_{15} + m_{23} + m_{24} + m_{25};$$

для третьего перегона ($n = 3$) число проезжающих пассажиров находится, как

$$p_3 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=4}^5 m_{ij} = m_{14} + m_{15} + m_{24} + m_{25} + m_{34} + m_{35}.$$

И так далее.

Наиболее пассажиронапряженный перегон находится через определение максимума полученных сумм: $\max\{p_n\}, n = \overline{1, k-1}$.

Тогда на маршрут для перевозки должна быть выслана кассета из $\left\lceil \frac{\max\{p_n\}}{V_{\text{инф}}} \right\rceil, n = \overline{1, k-1}$ инфобусов, где $V_{\text{инф}}$ – объем транспортной единицы, а результат деления округляется в сторону ближайшего большего целого числа.

А общая вместимость высланого транспортного средства $V_{\text{ТС}}$ определяется из соотношения:

$$V_{\text{ТС}} = V_{\text{инф}} \times \left\lceil \frac{\max\{p_n\}}{V_{\text{инф}}} \right\rceil, n = \overline{1, k-1}, \quad (3)$$

где $V_{\text{инф}}$ – объем инфобуса, p_n – число пассажиров, проезжающих на перегоне n ($n = \overline{1, k-1}$).

Выводы.

Такой способ организации обычной перевозки позволяет высылать на маршрут транспортное средство оптимального объема, что сокращает потери транспортного предприятия от неэффективного использования пассажироместности.

Список использованных источников:

1. Швецова, Е. В. Пассажирская транспортная система для новой городской мобильности / Е. В. Швецова, Т. А. Глущенко // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: мат. XXIII Республ. науч. конф. студ. и аспиран., Гомель, 23–25 марта 2020 – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – С. 181–182.
2. Шуть, В. Н. Суперскоростная роботизированная интеллектуальная транспортная система городской перевозки пассажиров / В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // Университет – территория опережающего развития: сб. науч. ст., посвящ. 80-летию ГрГУ им. Янки Купалы, Гродно, 19–20 фев. 2020. – Гродно : ГрГУ, 2020. – С. 146–149.
3. Shviatsova, A. The Smart Urban Transport System / A. Shviatsova, V. Shuts // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19–22 Feb. 2020. – Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. – P. 349–352
4. Shviatsova, A. The smart urban transport system based on robotic vehicles / A. Shviatsova, V. Shuts // Artificial Intelligence. – Kiev : Science and Education, 2019. – № 3–4(85–86). – P. 40–49.
5. 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. научн. трудов Междунар. заочной науч.-практич. конф. (Воронеж, 14–15 нояб. 2016 г.). – Воронеж : ВГЛУ, 2016. – Т. 4, № 5. – Ч. 3. – С. 336–341.
6. Пролиско, Е. Е. Динамическая модель работы транспортной системы «инфобус» / Е. Е. Пролиско, В. Н. Шуть // Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы: материалы науч.-технич. конф. (Брест, 25–28 мая 2016 г.). – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 49–54.
7. Шуть, В. Н. Высокопроизводительная система городской транспортировки пассажиров / В. Н. Шуть, Е. Е. Пролиско // Електроніка та інформаційні технології: матеріали VIII українсько-польської науч.-практич. конф. (Львов, 27–30 авг. 2016 г.). – Львов : Львовський національний університет ім. І. Франка, 2016. – С. 62–64.