

3. AGGsoftware (Technology at your service). [Elektronik resourse]. – Mode of acces: <https://www.aggsoft.ru/virtual-null-modem.htm>. – Mode of acces: 16.04.2022.

4. TeraTerm Project [Elektronik resourse]. – Mode of acces: <http://www.teraterm.org/> – Data of access: 16.04.2022.

УДК 656.13

Сукасян Т. М.

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

АЛГОРИТМ СОСТАВЛЕНИЯ ПЛАНА ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ ПОСРЕДСТВОМ РЕЛЬСОВОГО БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА «ИНФОБУС»

Целью данной работы является составление и тестирование алгоритма выбора остановок для посадки и высадки пассажиров при составлении плана перевозки для интеллектуальной транспортной системы «Инфобус», принципы функционирования которой были подробно описаны в работах [1–3]. Данная транспортная система включает в себя:

- маршрутную линию, состоящую из k остановок;
- парк транспортных средств – инфобусов, управляемых из единого информационного центра, которые отправляются на маршрут в зависимости от интенсивности пассажиропотока;
- остановочных пунктов, на которых расположены системы терминалов для оплаты проезда пассажирами и сбора заявок на перевозку, которые поступают на сервер информационной транспортной системы.

Проходя через турникет на остановочном пункте, пассажир оплачивает проезд и также указывает остановочный пункт, до которого желает ехать. Информация с терминалов поступает на управляющий компьютер, который по этим данным формирует матрицу корреспонденций M_Z , $Z = 1, 2, \dots, k$ (формула 1). Каждый элемент этой матрицы m_{ij} определяет число пассажиров, которые следуют 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 [4].

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

При накоплении достаточного количества пассажиров либо по прошествии определенного времени управляющий сервер составляет план перевозки пасса-

жиров. Под планом перевозки подразумевается процедура последовательного вывода транспортных средств на маршрут, с указанием нескольких остановок для посадки и высадки пассажиров. Для каждого инфобуса этот набор остановок будет индивидуален. Пассажиры, у которых станция назначения совпадает с предложенным набором остановок подошедшего инфобуса, занимают места в салоне транспортного средства, оставшиеся пассажиры ждут следующий инфобус.

План развозки пассажиров составляется для 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:

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

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 [5–8].

Для решения задачи (формула 1 – формула 2) был составлен алгоритм, который тестировался по следующим параметрам:

- количество задействованных инфобусов в плане развозки результате применения алгоритма ЧИНФ. Единица измерения – инфобус;
- коэффициент использованной пассажироместимости при реализации плана развозки, который был посчитан по следующей формуле:

$$K_{ПВ} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{перез}} (V - V_{fpi})}{V \cdot n_{перез}}, \quad (4)$$

где $n_{перез}$ – общее число всех перегонов маршрута (интервалов маршрута между соседними остановками) по всем инфобусам плана развозки, на которых инфобусы перевозили пассажиров;

$V_{фри}$ – объем свободных мест в инфобусе на перегоне;

- среднее число пассажиров, перевезенных одним инфобусом ЧПАСС.

Для испытаний генерировалась матрица корреспонденции, которая заполнялась случайными значениями из отрезка $[0, V]$ и для каждого значения коэффициента эластичности $\{0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$, по ней строился план развозки пассажиров согласно задаче (формула 1 – формула 2).

Приведенная ниже таблица содержит данные средних значений параметров $Ч_{ИНФ}$, $К_{ПВ}$, и $Ч_{ПАСС}$ по коэффициентам эластичности $\{0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9\}$ и на входных параметрах $V = 15, k = 10$.

Таблица – Средние значения параметров $Ч_{ИНФ}$, $К_{ПВ}$, и $Ч_{ПАСС}$ по коэффициентам эластичности

	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$Ч_{ИНФ}$	14,73	14,45	12,18	10,18	6,82
$К_{ПВ}$	0,6623	0,6889	0,7459	0,7804	0,8328
$Ч_{ПАСС}$	18,28	18,97	20,71	22,66	22,46

Из таблицы видно, что с ростом коэффициента эластичности растет количество пассажиров, перевезенных одним инфобусом, при этом число использованных в плане развозки инфобусов падает. Также можно увидеть, что с ростом коэффициента эластичности растет коэффициент использованной пассажиром вместимости, что говорит о лучшей заполняемости инфобуса.

Описанный алгоритм построения плана развозки пассажиров для беспилотной транспортной системы «Инфобус» позволяет задать наполняемость транспортного средства на маршруте, а также значительно сократит время, затрачиваемое пассажиром в пути за счет того, что у каждого пассажира будет не более одной промежуточной остановки. Это сделает поездку более комфортной для пассажиров, что увеличит спрос на данный вид городского пассажирского транспорта и, как следствие, увеличит прибыль перевозчика.

Список цитированных источников

1. Шуть, В. Н. Высокопроизводительная система городской транспортировки пассажиров / В. Н. Шуть, Е. Е. Пролиско // Материалы VIII украинско-польской науч.-практ. конф. «Електроніка та інформаційні технології», Львов, 27–30 авг. 2016 г. / Львов. нац. ун-т им. И. Франка. – Львов, 2016. – С. 62–64.
2. 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. / Нац. б-ка Беларуси. – Минск, 2019. – С. 23–33.
3. Shuts, V. Cassette robotized urban transport system of mass conveying passenger based on the unmanned electric cars / V. Shuts, A. Shviatsova // Science. Innovation. Production : Proc. of the 6th Belarus-Korea Science and Technology Forum, Minsk, 10 Apr. 2019 / Belarusian National Technical University. – Minsk, 2019. – P. 81–83.

4. Шуть, В. Н. Алгоритм организации городских пассажирских перевозок посредством рельсового беспилотного транспорта «Инфобус» / В. Н. Шуть, Е. В. Швецова // Actual problems of fundamental science – APFS'2019 : Proceedings Third International Conference, Dedicated by memory of prof. A. Svidzinskyi, Lutsk-Lake «Svityaz'», 1–5 June 2019 / Lesya Ukrayinka Eastern European National University. – Lutsk, 2019. – P. 222–226.

5. Сукасян, Т. М. Рельсовый скоростной городской транспорт / Т. М. Сукасян // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях : материалы XXIII Респ. науч. конф. студентов и аспирантов, Гомель, 23–25 марта 2020 г. / Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины ; редкол.: С. П. Жогаль [и др.]. – Гомель, 2020. – С. 95–96.

6. 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.

7. Сукасян, Т. М. Развозка пассажиров суперскоростным городским пассажирским транспортом / Т. М. Сукасян // IV Всеукраїнська Інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології: теорія і практика» : тези доповідей, Дніпро, 17–19 березня 2021 р. / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка». – Дніпро, 2021. – С. 118–119.

8. Сукасян, Т. М. Об одном методе оптимизации перевозки пассажиров городским пассажирским транспортом / Т. М. Сукасян // Современные проблемы математики и вычислительной техники : сб. материалов XII Респ. науч. конф. молодых ученых и студентов, Брест, 18–19 нояб. 2021 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: В. А. Головки (гл. ред.) [и др.]. – Брест, 2021. – С. 35–36.

УДК 004.031.6

Левчук А. А., Летченя С. А.

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

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТАКСИ

Главные недостатки маршрутного транспорта связаны со значительными эксплуатационными затратами, небольшой вместимостью транспортных средств, загрязнением окружающей среды, высоким уровнем шума, непостоянным графиком работы. Но благодаря преимуществам маршрутного транспорта перед другими видами и, несмотря на присущие ему недостатки, оно получило значительное распространение.

В данный момент организации транспорта городов Беларуси не имеют достоверной информации о перевозимых пассажирах по часам суток. Это вызывает определенные трудности в планировании графика движения, так как неизвестно, сколько может понадобиться маршруток на перевозку.

Одно из возможных решений – создать систему, позволяющую пользователям регистрировать в системе заявки на проезд маршрутным транспортом. Это позволит рассчитывать загруженность маршрута на ближайшее время и, как следствие, корректировать количество транспортных средств на конкретном маршруте.

Основной задачей данного проекта является реализация системы на перевозку пассажиров городским общественным транспортом.