

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
В РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕХАТРОНИКЕ**

УДК 656.13

DOI 10.52348/2712-8873\_MMTT\_2021\_4\_111



**Швецова Елена Владимировна**, старший преподаватель кафедры информационных интеллектуальных технологий Брестского государственного технического университета. Научные интересы связаны с моделированием интеллектуальных транспортных систем. Автор 30 печатных работ.  
E-mail: helengood@gmail.com



**Пролиско Евгений Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных интеллектуальных технологий Брестского государственного технического университета. Научные интересы связаны с теорией случайных потоков и статистическим моделированием сложных систем. Автор 140 печатных работ  
E-mail: prolisko@mail.ru



**Шуть Василий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных интеллектуальных технологий Брестского государственного технического университета. Научные интересы связаны с моделированием интеллектуальных транспортных систем. Автор 300 печатных работ  
E-mail: lucking@mail.ru

**ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗКИ В  
ПАССАЖИРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

**Швецова Е.В.<sup>1</sup>, Пролиско Е.Е.<sup>2</sup>, Шуть В.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Брестский государственный технический университет, Беларусь, Брест, helengood@gmail.com*

<sup>2</sup>*Брестский государственный технический университет, Беларусь, Брест, prolisko@mail.ru*

<sup>3</sup>*Брестский государственный технический университет, Беларусь, Брест, lucking@mail.ru*

Аннотация. Процесс перевозок в любой транспортной системе включает в себя такие задачи как: планирование, организация и управление. Предложено описание городской пассажирской интеллектуальной транспортной системы, базирующейся на беспилотных транспортных средствах, способной адаптироваться к изменениям интенсивности пассажиропотока в течение суток. Описаны принципы планирования и организация перевозки в транспортной системе через решение задачи прогнозирования числа поступивших заявок на обслуживание и составление плана перевозки в режиме реального времени. Предложенные решения преследуют цель повышения качества и своевременности обслуживания пассажиров и максимально эффективное использование подвижного состава.

*Ключевые слова:* ИТС, интеллектуальная транспортная система, беспилотный транспорт, планирование перевозок, организация перевозок, матрица корреспонденций, инфобус, интеллектуальный транспорт, интеллектуальные транспортные системы.

**PLANNING AND ORGANIZATION OF THE TRANSPORTATION PROCESS IN  
THE PASSENGER INFORMATION AND TRANSPORTATION SYSTEM**

**Shviatsova A.V.<sup>1</sup>, Prolisko E.E.<sup>2</sup>, Shuts V.N.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Brest State Technical University, Belarus, Brest, helengood@gmail.com*

<sup>2</sup>*Brest State Technical University, Belarus, Brest, prolisko@mail.ru*

<sup>3</sup>Brest State Technical University, Belarus, Brest, lucking@mail.ru

*Abstract.* The process of transportation in any transportation system includes such tasks as: planning, organization and management. The article offers a description of the urban passenger intelligent transport system based on unmanned vehicles capable of adapting to changes in the intensity of passenger traffic during the day. The principles of planning and organization of transportation in this transportation system are described by solving the problem of forecasting the number of incoming applications for service and making the transportation plan in real time. The proposed solutions are aimed at improving the quality and timeliness of passenger service and maximizing the efficient use of rolling stock.

*Keywords:* ITS, intelligent transport system, unmanned transport, transport planning, transport organization, correspondence matrix, infobus, intelligent transport, intelligent transport systems.

**Постановка задачи.** Концентрация населения в городах приводит к необходимости пересмотра концепции Г. Форда о «транспортной независимости домохозяйств» в сторону отношения к автомобилю как к услуге («Mobility as a Service»). В этом социально-историческом контексте городские общественные пассажирские транспортные системы получают шанс приобрести «новое дыхание». И при обеспечении сопоставимого уровня комфорта поездки и скорости обслуживания пассажиров могут составить ощутимую конкуренцию частному автомобильному транспорту, при этом существенно снизив нагрузку на улично-дорожную сеть.

Жизненный цикл транспортной системы включает такие процессы как планирование, организация и управление перевозками, которые находятся в тесной взаимосвязи. Планирование перевозок подразумевает в том числе прогнозирование ожидаемых объемов перевозок с учетом полного удовлетворения спроса на них, определение требуемого количества транспортных средств и т.д. Организация перевозок выявляет корреспонденции, скорости и графики движения и т.д. От эффективности решения задач планирования и организации зависит достижение основной цели процесса перевозки – полное и своевременное удовлетворение пассажирского спроса при максимально рациональном использовании ресурсов транспортной системы [1].

В статье предложены принципы планирования и организации перевозки в городской пассажирской информационно-транспортной системе (ИТС) на базе беспилотных электрокаров, который осуществляется в режиме реального времени.

**Описание ИТС.** Рассматриваемая ИТС включает следующие элементы:

- Парк беспилотных транспортных средств небольшого объема (6-15 мест), называемых инфобусами. Действия инфобуса координируется собственной бортовой компьютерной системой, действующей под управлением единого информационного сервера ИТС. Инфобусы могут двигаться как самостоятельно, так и объединяясь в кассету (рис. 1а). Кассета инфобусов, является транспортным средством с разделяющимися частями [2, 3] осуществляет движение по рельсовому пути, обособленному от остальной проезжей части.

Перекрестки транспортными средствами пересекаются по эстакадам (рис. 2а) либо по подземным туннелям (рис. 2б).

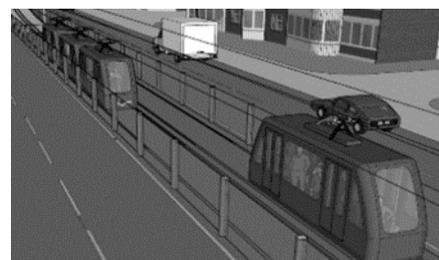
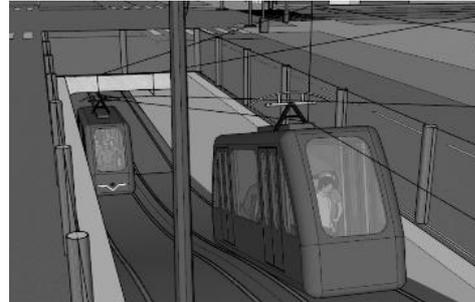


Рис. 1. Движение инфобусов самостоятельно и в кассете



а) по эстакаде



б) по подземному туннелю

Рис. 2. Движение инфобусов по обособленной выделенной линии

- Информационный сервер, собирающий заявки пассажиров (рис. 3а), в базе данных в виде временного ряда: каждая запись имеет временную метку и совокупность метрик, соответствующих ей. Система управления базами данных (СУБД) штатными средствами отслеживает наступление момента достаточного накопления заявок в системе, фиксирует необходимые данные и сразу же начинает новый цикл сбора заявок. На основе зафиксированных данных составляется матрица корреспонденций (рис. 3а) и план перевозки, пересылаемый бортовым системам инфобусов для его реализации.

- Система терминалов на остановках для сбора заявок на перевозку (рис. 3б). Заявка содержит данные начальной остановки (ORIGIN (i), рис. 3а), с которой пассажир начинает поездку, и целевой остановки (DESTINATION (j), рис. 3а), на которую пассажир желает ехать, и требуемое количество мест (SEATS NUMBER, рис. 3а).

- Матрица корреспонденций  $M$  (рис. 4а) формируется на основе заявок, накапливаемых транспортной системой. Каждый элемент  $m_{ij}$  есть число заявок на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  в конкретный момент процесса накопления [4-6].

| STATUS | BEGIN TIME       | REQUEST TIME     | ORIGIN (i) | DESTINATION (j) | SEATS NUMBER | INTENSITY  | $M_{ij}$ | FIXATION |
|--------|------------------|------------------|------------|-----------------|--------------|------------|----------|----------|
| Start  | 00:26:06.1866667 | 00:26:06.1700000 | 1          | 0               | 0            | 0          | 0        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:26:25.9466667 | 1          | 2               | 2            | 0.1052632  | 2        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:26:47.5433333 | 1          | 5               | 1            | 0.02439024 | 1        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:27:01.8033333 | 1          | 3               | 4            | 0.07272727 | 4        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:27:19.0233333 | 1          | 4               | 1            | 0.01369863 | 1        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:27:35.3133333 | 1          | 6               | 3            | 0.03370786 | 3        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:27:52.9933333 | 1          | 7               | 2            | 0.01886792 | 2        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:28:11.1400000 | 1          | 3               | 3            | 0.056      | 7        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:29:13.3300000 | 1          | 8               | 2            | 0.01069519 | 2        | No       |
| Flow   | 00:26:06.1866667 | 00:29:30.1000000 | 1          | 3               | 5            | 0.05882353 | 12       | Yes      |
| End    | NULL             | 00:29:30.1000000 | 1          | 0               | 0            | 0          | 0        | Yes      |
| Start  | 00:29:30.1000000 | 00:29:30.1000000 | 1          | 0               | 0            | 0          | 0        | No       |

а) Журнал фиксации заявок пассажиров



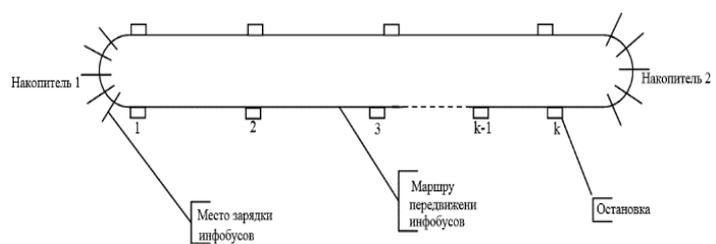
б) Терминалы на остановках

Рис. 3. Компоненты интеллектуальной транспортной системы

- Маршрут движения инфобусов содержит по  $k$  остановок в двух направлениях, два Накопителя, из которых инфобусы начинают выполнение плана перевозки и в которые возвращаются после его реализации (рис. 4б)

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

а) Матрица  $M$



б) Маршрут движения

Рис. 4. Элементы ИТС

- План перевозки пассажиров, в котором определяется: нужное число инфобусов, отправляемых на маршрут для перевозки, таким образом, чтобы немного перекрыть число пассажиров, оставивших заявки на перевозку в ИТС; идентификационный номер инфобуса в текущем плане перевозки, множество

остановок, на которые транспортное средство повезет пассажиров (целевых остановок). План перевозки также включает в себя временной график движения. Особенностью планирования перевозок в данной транспортной системе является то, что план перевозки составляется в режиме реального времени при наступлении момента достаточного накопления заявок и должен удовлетворить не только уже поступившие заявки, но и те, которые поступят к моменту появления транспортного средства на нужной остановке.

**Функционирование транспортной системы.** Функционирование ИТС имеет циклический характер и состоит из процесса сбора заявок, процесса определения момента достаточного накопления заявок, процесса составления и реализации плана перевозки (рис. 5).

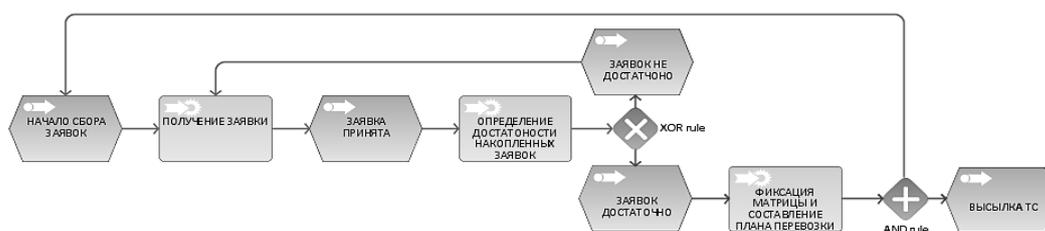


Рис. 5. Схема функционирования ИТС

*Процесс сбора заявок* заключается в записи в базу данных сервера ИТС заявки пассажира, которую он осуществляет через систему терминалов на остановке (рис.3б). Каждая записываемая заявка получает собственную временную метку (REQUEST TIME, рис. 3а) и метку принадлежности к текущему циклу сбора заявок (BEGIN TIME, рис.3а). Процесс сбора заявок продолжается до тех пор, пока выполняется условие:

$$m_{ij} + m_{ij}^{forecast} \leq V, \quad (1)$$

где  $m_{ij}$  - элемент матрицы корреспонденций,  $m_{ij}^{forecast}$  - прогнозируемый объем заявок, который сформируется от момента фиксации матрицы до момента прибытия транспортного средства на остановку  $i$  (предполагается, что временем на составление плана перевозки можно пренебречь, т.к. оно составляет несколько секунд).

*Процесс определения наступления момента достаточного накопления заявок* заключается в отслеживании выполнения условия:

$$m_{ij} + m_{ij}^{forecast} \geq V. \quad (2)$$

*Процесс составления плана перевозки пассажиров* начинается сразу, как только один из элементов матрицы начинает удовлетворять условию (2). Все последующие записываемые в систему заявки получают метку принадлежности к новому циклу сбора заявок.

В результате выполнения процесса составления плана перевозки определяются:

- идентификационный номер  $n_i \in N, i = 1..k, k \in N$  для каждого транспортного средства, участвующего в перевозке, где  $i$  – номер стартовой остановки (*origin*, остановка первоначальной посадки пассажиров),  $k$  – число остановок одного направления маршрута (рис. 4б);
- множество целевых остановок для каждого инфобуса, на которые он повезет пассажиров;
- график времени прибытия на остановки и отправки с них (в статье составление не рассматривается).

Процесс выполнения плана перевозки пассажиров заключается в формировании в Накопителе кассеты инфобусов и ее отправке на маршрут с указанием для каждого

инфобуса как начальной остановки (*origin*), на которой будет осуществлена посадка пассажиров, так и целевых остановок, на которых будет производиться высадка пассажиров (*destination*). Перед приездом кассеты инфобусов на информационном табло стартового остановочного пункта посадки высвечиваются названия ее целевых остановок. Также целевые остановки каждого инфобуса высвечиваются на индикаторе, расположенном на его лобовом стекле. Пассажиры, оставившие заявки на поездку на эти остановки, занимают места в заданном инфобусе, затем транспортное средство осуществляет их перевозку.

**Планирование перевозочного процесса.** Под планированием перевозочного процесса понимается составление плана перевозки пассажиров с учетом числа потенциальных мест в заявках, которые поступят в систему за период от начала составления плана перевозки и до момента появления транспортного средства на соответствующей остановке. Данную величину предлагается рассчитывать:

$$m_{ij}^{forecast} = \langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle \times t_i, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k}, n = \overline{1, 24}, \quad (3)$$

где  $\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle$  - средняя интенсивность поступления заявок на остановке  $i$  в текущем часовом интервале суток на проезд к остановке  $j$ ;  $\Delta T_n, n = \overline{1, 24}$  - часовой интервал суток (например часовому интервалу  $\Delta T_8$  соответствует время с 07:00:00 до 07:59:59, а  $\lambda_{ij}^{\Delta T_8}$  - интенсивность поступления заявок за данный часовой интервал). Величина  $\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle$  регулярно рассчитывается каждые сутки для каждого  $\Delta T_n$  регламентным заданием сервера ИТС согласно следующему соотношению:

$$\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle = \frac{\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle_{N-1} \times (N-1) + \lambda_{ij}^{\Delta T_n}}{N}, \lambda_{ij}^{\Delta T_n} = \frac{\sum q_{ij}^{\Delta T_n}}{3600}, n = \overline{1, 24}, \quad (4)$$

где  $\lambda_{ij}^{\Delta T_n}$  - средняя интенсивность поступления заявок на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  в часовом интервале  $\Delta T_n$  за рассчитываемые сутки, т.е в расчете  $N$  (выражается в чел/сек),  $N$  - общее число расчетов,  $\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle_{N-1}$  - средняя интенсивность поступления заявок с остановки  $i$  на остановку  $j$ , полученная за предыдущие  $N-1$  наблюдений (суточных расчетов),  $q_{ij}^{\Delta T_n}$  - количество мест в поступивших заявках на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  за период  $\Delta T_n$  за сутки текущего расчета  $N$  (поле SEATS NUMBER, рис 3а). Каждая рассчитанная интенсивность получает свою временную метку и хранится на сервере ИТС в виде временного ряда. Из условия (4) следует, что соотношение (2) можно переписать следующим образом:

$$m_{ij} \geq V - m_{ij}^{forecast} = V - \langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \rangle * t_i, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k}, n = \overline{1, 24}. \quad (5)$$

При записи новой заявки СУБД через процедуры, автоматически запускающиеся при выполнении команды вставки в таблицу и называемые триггерами, осуществляет проверку условия (5). Если это условие выполняется, то все записи, вошедшие в текущий цикл сбора заявок, фиксируются и на их основе формируется матрица корреспонденций  $M$ , затем происходит составление плана перевозки. Все новые записи, фиксируемые в системе после выполнения условия (5), попадают в новый цикл сбора данных.

**Организация перевозки.** Под организацией перевозки понимается составление ее плана, включающего определение для каждого транспортного средства, участвующего в его реализации остановок, на которые оно повезет пассажиров, графика движения (в работе не рассматривается), идентификационного номера.

Для перевозки пассажиров с некоторой остановки  $i$  используется кассета инфобусов (рис. 1а). Каждый инфобус кассеты при этом получает свой идентификационный номер  $n_i$ , где  $n$  – некоторое натуральное число, определяющее порядковый номер инфобуса в кассете, а индекс  $i \in N_o$  указывает на остановку, на которой осуществлялась изначальная посадка пассажиров. Так, первый инфобус кассеты при составлении плана перевозки с остановки  $i$  получает номер  $1_i$ , второй  $2_i$  и т.д.

Инфобус  $n_i$  везет пассажиров с остановки  $i$  на несколько соседних остановок, которые образуют множество *целевых остановок* инфобуса, обозначаемое  $J_{n_i}$ . Выйдя из Накопителя 1 (рис. 4), до остановки  $i$  инфобусы следуют в кассете. Забрав там пассажиров, каждый инфобус должен проследовать с ними к своим целевым остановкам по возможности без лишних простоев, которые могут возникнуть в первую очередь из-за задержки впереди идущих транспортных средств. Поэтому целевые остановки для инфобусов кассеты для обеспечения максимальной бесконфликтности следования назначаются по принципу «от конца маршрута к началу» [7-15]: инфобусы, следующие в голове кассеты, повезут пассажиров на самые дальние остановки, а на ближние остановки едут инфобусы из задней части кассеты.

Каждый инфобус с идентификационным номером  $n_i$  имеет собственное множество доступных ему для перевозки остановок, которое именуется как *потенциальное множество остановок* и обозначается  $J_{n_i, P}$ . После составления плана перевозки инфобус с номером  $n_i$  повезет пассажиров на одну или несколько остановок, составляющих множество его целевых остановок. Для нахождения данного множества определяется максимальный элемент множества  $J_{n_i, P}$  ( $\sup J_{n_i, P}$ ) и находится такое целое положительное число  $\Delta_{n_i}$ , чтобы выполнялись условия [10]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=\sup J_{n_i, P}-\Delta_{n_i}}^{\sup J_{n_i, P}} (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) \leq V \\ \sum_{j=\sup J_{n_i, P}-(\Delta_{n_i}+1)}^{\sup J_{n_i, P}} (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) > V \end{array} \right., \quad (6)$$

Соседние остановки, которые удовлетворяют заданному условию, образуют искомое множество.

Так множество  $J_{1, P}$  потенциальных остановок инфобуса  $1_i$  есть все остановки от  $i+1$  до  $k$ . Тогда множество целевых остановок  $J_{1_i}$  для инфобуса  $1_i$  можно определить:

$$J_{1_i} = \{j | k - \Delta_{1_i} \leq j \leq k, \sum_{j=k-\Delta_{1_i}}^k (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) \leq V, \sum_{j=k-(\Delta_{1_i}+1)}^k (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) > V\}, j \in N, \Delta_{1_i} \in N_0. \quad (7)$$

Множество  $J_{2, P}$  потенциальных остановок инфобуса  $2_i$  определяется из соотношения:  $J_{2, P} = J_{1, P} \setminus J_{1_i}$ . Множество целевых остановок этого инфобуса находится из условий:

$$J_{2_i} = \{j | \sup J_{2, P} - \Delta_{2_i} \leq j \leq \sup J_{2, P}, \sum_{j=\sup J_{2, P}-\Delta_{2_i}}^{\sup J_{2, P}} (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) \leq V, \sum_{j=\sup J_{2, P}-(\Delta_{2_i}+1)}^{\sup J_{2, P}} (m_{ij} + m_{ij}^{\text{forecast}}) > V\}, j \in N, \Delta_{2_i} \in N_0. \quad (8)$$

И так далее, пока не будут обработаны все элементы строки  $i$  матрицы, определены идентификационные номера инфобусов, участвующие в выполнении

плана перевозки, и целевые остановки для каждого из них.

Алгоритм составления плана перевозки подразумевает также и то, что на целевых остановках, где будет осуществляться высадка может быть произведена также и посадка пассажиров, желающих ехать на последующие остановки из множества целевых остановок  $J_{n_i}$  инфобуса доставки инфобуса  $n_i$ . В качестве примера можно рассмотреть четвертую строку (соответствует четвертой остановке маршрута из десяти остановок) некоторой матрицы корреспонденций размерности  $10 \times 10$  :

$$(0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 2 \ 4 \ 6 \ 3 \ 7 \ 15).$$

Пусть некоторый инфобус  $n_i$ , стартующий с первой остановки, в результате формирования плана перевозки получает множество целевых остановок  $J_{n_i} = \{4, 5, 6, 7, 8\}$ .

На четвертой остановке после высадки пассажиров объем свободных мест данного инфобуса равен 11:  $V_{fp} = 11$ . Инфобус забирает пассажиров полностью. В таком случае в инфобус могут войти пассажиры, едущие с четвертой остановки на остановки  $\{5, 6, 8\}$ :  $2 + 4 + 3 = 9 \leq 11$  или на  $\{6, 7\}$ :  $4 + 6 = 10 \leq 11$ , или на  $\{6, 8\}$ :  $4 + 3 = 7 \leq 11$  и т.д.

Выбор таких остановок влияет на эффективность перевозки. В качестве методик выбора промежуточных остановок для посадки пассажиров были выбраны:

- метод последовательного выбора остановок, в котором остановки выбираются по принципу следования друг за другом;
- жадный алгоритм, который предполагает на каждом шаге локально оптимальный выбор, т.е. выбор наибольшего по модулю элемента из доступных элементов множества  $J_{n_i}$ .

В качестве критерия эффективности был взят такой параметр как коэффициент использованной пассажироместимости,  $K_{ПВ}$ :

$$K_{ПВ} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{перез}} (1 - V_{fp_i})}{V \times n_{перез}}, \quad (9)$$

где  $n_{перез}$  – общее число перегонов маршрута (участков маршрута между последовательными остановками, сделанными инфобусом), на которых инфобус перевозил пассажиров,  $V_{fp_i}$  – объем свободных мест в инфобусе на перегоне,  $V$  – объем инфобуса.

В ходе имитационных исследований жадный алгоритм показал лучшие результаты по выбранному критерию эффективности.

**Заключение.** Предложены принципы осуществления планирования и организации перевозочного процесса в городской пассажирской информационно-транспортной системе на базе беспилотных электрокаров, которые осуществляются в режиме реального времени. Эти подходы позволят ИТС адаптивно реагировать на изменения спроса на перевозку в течение суток, тем самым снизив затраты транспортной системы.

#### Библиографический список

1. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для автотранспортных техникумов. 3 изд. М.: Транспорт. 1981. 222 с.
2. Швецова Е.В., Шуть В.Н. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями // Сборник трудов XXXIII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях»: в 12 т. под общ. ред. А.А. Большакова - СПб: Издательство Политехнического университета. 2020. Т.3. С. 87–93
3. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) [Электронный ресурс]. URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Road\\_Trains\\_for\\_the\\_Environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment) (дата обращения: 08.04.2021).

4. Пролиско Е., Шуть В. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» // Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы», Брест. Беларусь. 2016. с. 49–54.
5. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ» // Матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції «Електроніка та інформаційні технології (ЕЛІТ-2015)», (27-30 серпня), Львів-Чинадієво. 2015. с. 59-62.
6. Шуть В.Н., Пролиско Е. Альтернативный метро транспорт на базе мобильных роботов. Штучний інтелект, 2 (72). 2016. с. 170-175.
7. Shviatsova A., Shuts V. The criterion of arising motion conflict of un-manned vehicles during implementing transportation plan in intelligent urban passenger transportation system // National Academy of Sciences of Ukraine Institute of Artificial Intelligence Problems ARTIFICIAL INTELLIGENCE 2020 Kiev: Наука і Освіта. 2020. № 3. pp. 82 – 86.
8. Швецова Е.В., Шуть В.Н. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами // Вестник Херсонского национального технического университета. Херсон: ХНТУ. 2019. Т. 2(69). № 3. С. 222–230.
9. Швецова Е.В., Шуть В.Н. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами // Материалы XX международной конференции по математическому моделированию: сборник материалов конференции. Херсон: ХНТУ. 2019. С. 115.
10. Shuts V., Shviatsova A. System of urban unmanned passenger vehicle transport // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. Ternopol: TNTU. 2019. pp. 172-184.
11. Шуть В.Н., Швецова Е.В. Алгоритм организации городских пассажирских перевозок посредством рельсового беспилотного транспорта "Инфобус" // Actual problems of fundamental science: third international conference. Луцк: Вежа-Друк. 2019. С. 222-226.
12. Shuts V., Shviatsova A. Cassette robotized urban transport system of mass conveying passenger based on the unmanned electric cars // Science. Innovation. Production. Proceedings of the 6th Belarus-Korea Science and Technology Forum. Minsk: BNTU. 2019. pp. 81-83.
13. Shuts V., Shviatsova A. Intelligent system of urban unmanned passenger vehicle transport // Abstracts of the 16th European Automotive Congress (EAEC 2019) hosted jointly the Academic Automotive Association (Belarus), the European Automobile Engineers Cooperation (EAEC) and the Federation Internationale des Societes d'Ingenieurs des Techniques de l'Automobile (FISITA). Минск: БНТУ. 2019. pp. 18.
14. Швецова Е.В. Алгоритмы выбора остановок доставки инфобуса для посадки пассажиров // Вестник Брестского государственного технического университета-Физика, математика, информатика. 5(118)'2019. Брест: Брестский государственный технический университет. 2019. С. 50-53.
15. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System. Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 2020. pp. 349-352.37.