

УДК 656.13

В.Н.ШУТЬ, Е.В. ШВЕЦОВА, Е.Е. ПРОЛИСКО  
Брестский государственный технический университет

## СБОР И АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

*В предложенной работе рассматривается концептуальная модель организации перевозок в городской пассажирской информационно-транспортной системе на базе беспилотных транспортных средств. Информационно-транспортные системы являются новым поколением транспортных систем, базирующимся на активном использовании информационных технологий и интеллектуальных алгоритмов для организации перевозочного процесса. Особенностью рассматриваемой городской пассажирской информационно-транспортной системы является то, что такие процессы как прогнозирование, планирование и управление перевозками, на которых строится организация работы любой транспортной системы, осуществляются в режиме реального времени, что позволяет транспортной системе адаптивно реагировать на изменения спроса на перевозку. В работе рассмотрены не только структура и принципы функционирования транспортной системы, но и структура и принципы функционирования ее информационной составляющей (единого информационного сервера), являющейся основой для принятия решений и организации перевозок: рассмотрены принципы построения процесса сбора и анализа заявок для составления плана перевозки пассажиров, который формируется не только с учетом уже зарегистрированных в системе заявок, но и с учетом потенциальных заявок на перевозку, которые могут поступить в транспортную систему к моменту появления транспортного средства на остановочном пункте. Предложен метод расчета прогнозного значения количества потенциальных заявок, используемый для составления плана перевозки, и описана концепция его программной реализации через использование возможностей системы управления базами данных временных рядов, способной к высокопроизводительной вставке данных, в которой поток заявок записывается и хранится в виде дискретного временного ряда – совокупности последовательных наблюдений, каждое из которых имеет свою временную метку, располагающую его на оси времени. Предложенные решения преследуют цель повышения качества и своевременности обслуживания пассажиров и одновременно позволяют максимально эффективно использовать подвижной состав и энергоресурсы городской пассажирской информационно-транспортной системы.*

*Ключевые слова: ИТС, технологии «умного» города, интеллектуальная транспортная система, беспилотный транспорт, планирование перевозок, организация перевозок, матрица корреспонденций, инфобус, интеллектуальный транспорт.*

В.Н. ШУТЬ, Е.В. ШВЕЦОВА, Е.Е. ПРОЛІСКО  
Брестський державний технічний університет

## ЗБІР ТА АНАЛІЗ ДАНИХ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСЬКІЙ ПАСАЖИРСЬКІЙ ІНФОРМАЦІЙНО-ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ

*У запропонованій роботі розглядається концептуальна модель організації перевезень у міській пасажирській інформаційно-транспортній системі на базі безпілотних транспортних засобів. Інформаційно-транспортні системи є новим поколінням транспортних систем, що базуються на активному використанні інформаційних технологій та інтелектуальних алгоритмів для організації перевізного процесу. Особливістю даної міської пасажирської інформаційно-транспортної системи є те, що такі процеси як прогнозування, планування і управління перевезеннями, на яких будується організація роботи будь-якої транспортної системи, здійснюються в режимі реального часу, що дозволяє транспортній системі адаптивно реагувати на зміни попиту на перевезення. В роботі розглянуті не тільки структура і принципи функціонування транспортної системи, але і структура та принципи функціонування її інформаційної складової (єдиного інформаційного сервера), що є основою для прийняття рішень і організації перевезень: розглянуті принципи побудови процесу збору та аналізу заявок для складання плану перевезення пасажирів, який формується не тільки з урахуванням вже зареєстрованих в системі заявок, але*

*і з урахуванням потенційних заявок на перевезення, які можуть надійти в транспортну систему до моменту появи транспортного засобу на зупиночному пункті. Запропоновано метод розрахунку прогнозного значення кількості потенційних заявок, який використовується для складання плану перевезення, і описана концепція його програмної реалізації через використання можливостей системи управління базами даних часових рядів, здатної до високопродуктивної вставці даних, в якій потік заявок записується і зберігається у вигляді дискретного часового ряду - сукупності послідовних спостережень, кожне з яких має свою тимчасову мітку, яка має його на осі часу. Запропоновані рішення мають на меті підвищення якості та своєчасності обслуговування пасажирів і одночасно дозволяють максимально ефективно використовувати рухомий склад і енергоресурси міської пасажирської інформаційно-транспортної системи.*

*Ключові слова: ІТС, технології «розумного» міста, інтелектуальна транспортна система, безпілотний транспорт, планування перевезень, організація перевезень, матриця кореспонденцій, інфобус, інтелектуальний транспорт.*

V. Shuts, A. Shviatsova, E. Prolisko  
Brest state technical university

## **COLLECTION AND ANALYSIS OF DATA FOR ORGANIZATION OF TRANSPORTATION IN THE CITY PASSENGER INFORMATION AND TRANSPORTATION SYSTEM**

*The proposed work considers a conceptual model for organizing transportation in an urban passenger information and transport system based on unmanned vehicles. Information and transport systems are a new generation of transport systems based on the active use of information technologies and intelligent algorithms for organizing the transportation process. A feature of the urban passenger information and transport system under consideration is that processes such as forecasting, planning and traffic management, on which the organization of the operation of any transport system is based, are carried out in real time, which allows the transport system to adaptively respond to changes in demand for transportation. The paper considers not only the structure and principles of the transport system, but also the structure and principles of its information component (single information server), which is the basis for making decisions and organizing transportation: the principles of building the process of collecting and analyzing applications for drawing up a plan for the transportation of passengers, which is formed not only taking into account the applications already registered in the system, but also taking into account the potential applications for transportation that may enter the transport system by the time the vehicle appears at the stopping point. A method for calculating the predicted value of the number of potential applications, used to draw up a transportation plan, is proposed, and the concept of its software implementation through the use of the capabilities of a time series database management system capable of high-performance data insertion is described, in which the flow of applications is recorded and stored as a discrete time series - a set of consecutive observations, each of which has its own time stamp, positioning it on the time axis. The proposed solutions pursue the goal of improving the quality and timeliness of passenger service and, at the same time, allow the most efficient use of the rolling stock and energy resources of the city passenger information and transport system.*

*Keywords: ITS, smart city technologies, intelligent transport system, unmanned transport, transport planning, transport organization, correspondence matrix, infobus, intelligent transport.*

### **Постановка проблемы**

Неуклонный рост плотности городского населения создает объективные предпосылки для смены парадигмы городской мобильности: Mobility 4.0 устанавливает отношение к мобильности как к услуге («Mobility-as-a-Service»). И в этом социально-историческом контексте городской общественный транспорт при обеспечении достаточного уровня комфорта поездки и скорости обслуживания пассажиров может составить достойную конкуренцию другим видам пассажирских перевозок, при этом существенно снизив нагрузку на улично-дорожную сеть.

В то же время современное состояние городских пассажирских перевозок имеет такие существенные недостатки как:

– отсутствие своевременной и адекватной информации о спросе на перевозку в режиме реального времени, которое препятствует принятию эффективных решений и влечет экономические потери: заполненность салона автобусов, трамваев, троллейбусов наблюдается лишь во время поездки населения на работу (между семью и девятью часами утра) или во время возвращения с работы (между пятью и семью часами во второй половине дня). В остальное время общественные транспортные средства курсируют практически полупустыми;

– неадаптивное расписание движения и зачастую неадекватное число транспортных средств из-за использования при принятии решений ограниченной выборки исторических данных и нескольких постулатов: передвижение на работу и с работы; рабочие, праздничные и выходные дни.

– сложившаяся номенклатура транспортных средств нацелена на удовлетворение спроса на перевозку в пиковые моменты работы транспортной системы, что приводит к полупустым салонам во время спада интенсивности пассажиропотока.

Если первые два недостатка могут быть эффективно нивелированы с помощью внедрения информационно-транспортных систем (ИТС), способных осуществлять сбор и анализ данных о пассажиропотоке в режиме реального времени (что позволит значительно повысить возможность достижения основной цели пассажирских перевозок - полного и своевременного удовлетворения спроса на перевозку при максимально рациональном использовании ресурсов транспортной системы), то последний недостаток может быть преодолен посредством использования транспортных средств малой вместимости, способных объединяться автокараваны [1]. В данной статье описана концепция функционирования городской пассажирской информационно-транспортной системы (ИТС) на базе беспилотных электрокаров малой вместимости и, в частности, принципы сбора и анализа данных для организации перевозочного процесса в ИТС, осуществляемые в режиме реального времени.

### **Анализ последних достижений и публикаций**

Одно из направлений в современной городской мобильности – общественные транспортные системы, базирующиеся на использовании автономных модулей, способных как к самостоятельному передвижению, так и к движению в группе. Можно назвать такие зарубежные транспортные проекты: Dynamic Autonomous Rapid Transit (DART), Сингапур [2]; Next Future Transportation, США – Израиль.[3]. Разработки названных проектов предлагают лишь парк транспортных беспилотных модулей и экосистему для их передвижения (выделенный путь со специальным покрытием, выбор маршрута, скорости движения для пересечения перекрестков по «зеленой волне» и т.д.). Рассматриваемая в работе ИТС предлагает не только экосистему передвижения, но и алгоритмы организации перевозок с помощью автономных транспортных средств.

### **Формулирование цели исследования**

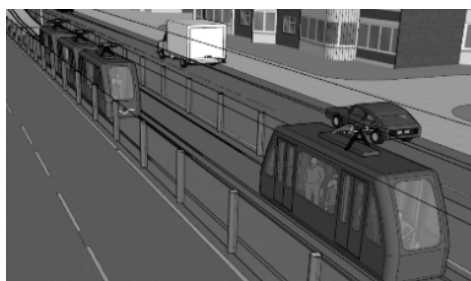
Целью данной работы является описание концептуальной модели информационно – транспортной системы на базе беспилотных транспортных средств и практической (программной) реализации ее информационной компоненты. В работе уделяется особое внимание принципам накопления и анализа данных, поступивших от ИТС как основы для организации в режиме реального времени перевозки пассажиров.

### Изложение основного материала исследования

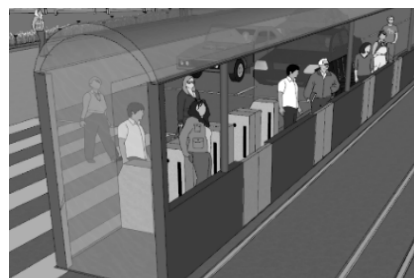
**Структура и функционирование ИТС.** Структура ИТС подробно описана в работах [4-10] и включает в себя следующие элементы:

а) парк беспилотных транспортных средств, называемых инфобусами, движущихся по выделенной части дорожной сети (рельсовому пути, выделенной полосе и т.д.), рис.1а. Инфобусы управляются собственными бортовыми системами, получающими команды из единого информационного сервера ИТС, могут двигаться как отдельно, так и объединяясь в автокараваны, называемые кассетами. Кассета инфобусов представляет из себя средство с разделяющимися частями [11].

б) система стационарных терминалов на остановках (рис.1б) и мобильное приложение, устанавливаемое на мобильные устройства, для сбора заявок на перевозку.



а) Движение инфобусов



б) Терминалы на остановках

Рис. 1 – Элементы ИТС

в) транспортные средства движутся по регулярному маршруту, включающему в себя  $k$  остановок, начинающемуся и заканчивающемуся Накопителями, в которых инфобусы заряжаются и получают от сервера планы перевозки пассажиров (рис. 2).

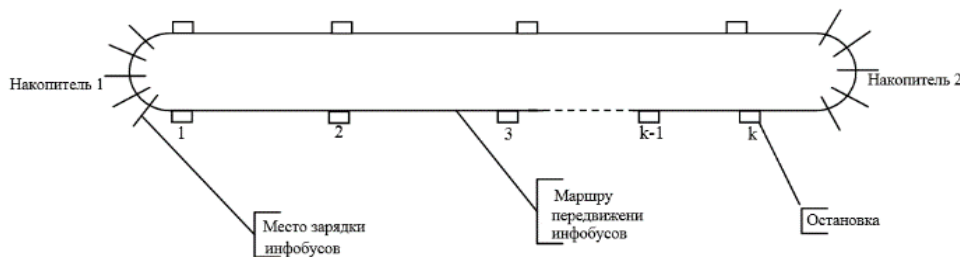


Рис. 2 – Маршрут движения инфобусов

г) информационный сервер ИТС (ИС ИТС), являющийся программно-аппаратным комплексом, отвечающим за сбор, анализ заявок пассажиров и управление перевозкой в режиме реального времени посредством составления плана перевозки, который с учетом объединения инфобусов в кассеты, пересылается их бортовым системам для дальнейшего выполнения.

Структурно ИС ИТС включает в себя: систему сбора заявок (ССЗ), систему анализа данных (САД) и систему организации перевозок (СОП).

Программным и информационным обеспечением для работы ССЗ и САД является система управления базами данных (СУБД) временных рядов (Time Series Database (TSDB)).

Здесь под временным рядом понимается множество наблюдений, получаемых последовательно во времени. Если время измеряется дискретно, то такой временной ряд называется дискретным.

Выбор СУБД временных рядов для задачи сбора и анализа заявок обусловлен тем, что поступающие в транспортную систему заявки пассажиров, можно рассматривать как дискретный временной ряд. TSDB является транзакционной системой, т.е. системой, гарантирующей логическую завершенность как отдельного действия, так и совокупности, что позволяет поддерживать согласованность операций записи, обработки и хранения данных и сводит риск потери при конкурентном обращении к данным (например, одновременное поступление заявок на перевозку) к минимуму. Современные TSDB обладают способностью к высокопроизводительной вставке (до миллиона записей в секунду) и вычислениям над данными.

Функционирование ИТС строится на последовательном выполнении процесса сбора заявок (включает процедуру сбора заявок и процедуру достаточности накопления заявок), процесса составления плана перевозки (включает процедуру составления плана перевозки) и процесса выполнения плана перевозки (пересылка данных бортовым системам инфобусов), которые представлены на схеме, изображенной на рис.3.

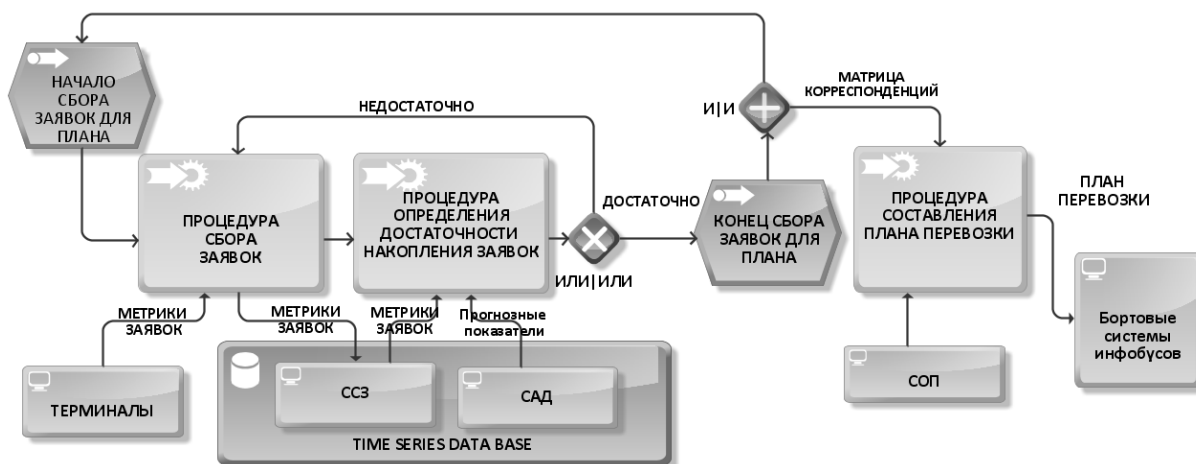


Рис.3 – Схема функционирования ИТС

В работах [7-9] был описан алгоритм составления плана перевозки, являющийся основой организации перевозочного процесса, составление которого выполняется в СОП процедурой составления плана перевозки после получения матрицы корреспонденций из ССЗ.

Особенностью планирования перевозок в рассматриваемой ИТС является то, что план перевозки составляется в режиме реального времени и должен удовлетворить не только уже зафиксированные в системе заявки на обслуживание, но и те, что поступят к моменту появления транспортного средства на нужной остановке. Для этого при составлении плана перевозки учитываются прогнозные показатели (являющиеся функцией от накопленных исторических данных загрузки транспортной системы в зависимости от времени суток и дня недели) таким образом, чтобы лишь немного перекрыть число заявок на обслуживание, зафиксированных в ИТС к моменту прибытия транспортного средства на начальный остановочный пункт, с которого оно будет забирать пассажиров. Таким

образом, сбор заявок и их анализ, являются важными составляющими функционирования рассматриваемой информационно-транспортной системы.

В данном разделе основное внимание уделяется описанию организации процесса собора заявок, протекающего в ССЗ, как важнейшего подготовительного этапа для составления плана перевозки.

Процесс сбора заявок протекает в ССЗ циклически, обеспечивая информационную основу для составления плана перевозки: формирование (на основе собранных данных о заявках с остановочных терминалов либо от мобильных приложений) матрицы корреспонденций (рис. 4а), каждый элемент  $m_{ij}$  которой есть число пассажиров, желающих ехать с остановки  $i$  на остановку  $j$  [4-6], зарегистрированных в текущем цикле сбора заявок.

Все собранные данные хранятся в базе данных в виде временного ряда: каждая запись имеет временную метку и совокупность метрик, соответствующих ей (рис. 4б). Так поле  $Origin(i)$  в структуре метрик содержит номер остановки отправления в заявке,  $Destination(j)$  – номер остановки прибытия (целевой остановки),  $SeatsNumber$  – число мест в заявке,  $RequestTime$  – временную метку, являющуюся идентификатором метрик заявки во временном ряде.

При наступлении условий завершения цикла сбора заявок TSDB фиксирует необходимые данные и формирует матрицу корреспонденций  $M$  (рис. 4а). Так, согласно данным, представленным на рис. 4б, элемент  $m_{37}$  матрицы  $M$ , отражающий число желающих попасть с остановки 3 на остановку 7, после обработки записей будет равен 4.

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

| id     | Origin | Destination | SeatsNumber | RequestTime            |
|--------|--------|-------------|-------------|------------------------|
| 109121 | 1      | 6           | 2           | 2021-06-16 00:07:56.07 |
| 109122 | 3      | 7           | 1           | 2021-06-16 00:07:57.07 |
| 109124 | 3      | 7           | 3           | 2021-06-16 00:07:59.07 |
| 109125 | 2      | 3           | 2           | 2021-06-16 00:08:00.08 |
| 109128 | 4      | 6           | 2           | 2021-06-16 00:08:04.08 |
| 109129 | 2      | 9           | 3           | 2021-06-16 00:08:08.08 |
| 109130 | 8      | 10          | 1           | 2021-06-16 00:08:11.08 |

а) Матрица корреспонденций

б) Хранение заявок в TSDB

Рис. 4 – Информационные элементы ИС ИТС

Цикл сбора заявок в ССЗ продолжается до наступления одного из двух событий: а) достаточности накопления заявок; б) таймаута (т.е. истечения времени ожидания), который наступает в случае низкой интенсивности накопления заявок в системе, для исключения продолжительного ожидания пассажиров на остановке.

Событие достаточности накопления заявок (а) наступает при выполнении условия (1) [12], отслеживаемого процедурой определения достаточности накопления заявок (рис.3):

$$m_{ij} + m_{ij}^{forecast} \geq V, i = \overline{1, k-1}, j = \overline{2, k} \quad (1)$$

где  $V$  – объем инфобуса (величина известна заранее),  $m_{ij}$  – элемент матрицы корреспонденций, соответствующий уже зафиксированным в системе пассажирским

местам для перевозки с остановки  $i$  на остановку  $j$  в текущем цикле сбора заявок;  $m_{ij}^{forecast}$  – прогнозный показатель, отражающий предполагаемый объем заявок на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$ , который поступит в ИТС за период от момента начала составления плана перевозки и до момента прибытия транспортного средства на остановку  $i$  (предполагается, что временем на составление плана перевозки можно пренебречь, т.к. оно составляет несколько секунд);

На программном уровне задача отслеживания условия достаточности накопления заявок (а) решается такими штатными средствами СУБД, как триггеры. Триггер – это особая хранимая процедура, чувствительная к определенным видам изменений данных в таблице. Триггер автоматически запускается всякий раз, как только в таблице происходит соответствующее изменение данных (в рассматриваемом случае – вставка данных заявки на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$ ). В теле триггера выполняется запрос к базе данных для получения значений  $m_{ij}$  и  $m_{ij}^{forecast}$  и проверка условия (1). Если условие (1) выполняется (т.е. заявок на перевозку в системе набралось достаточно), то алгоритм триггера выбирает все записи о заявках, которые должны быть обслужены в ходе выполнения предполагаемого плана перевозки, и формирует по ним матрицу корреспонденций, каждый элемент  $ij$  которой есть сумма значений  $m_{ij}$  и  $m_{ij}^{forecast}$ .

Для определения значений элементов  $m_{ij}$  матрицы корреспонденций  $M$  все записи в таблице базы, относящиеся к текущему циклу сбора заявок, группируются по значениям полей  $i$  и  $j$ , и для каждой получившейся группы находится сумма значений в поле *SeatsNumber*. Получение таким образом матрицы корреспонденций заканчивает цикл процесса сбора заявок.

Для определения величины прогнозного показателя  $m_{ij}^{forecast}$  предлагается использовать следующую формулу:

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

где  $t_i$  – предполагаемое время доезда инфобуса до остановки (является величиной постоянной и известной);  $\Delta T_n, n = 1, 2, \dots, 24$  - часовой интервал суток (например, часовому интервалу  $\Delta T_8$  соответствует время с 07:00:00 до 07:59:59);  $\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_N$  – прогнозная величина средней интенсивности поступления заявок на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  в текущем часовом интервале суток  $\Delta T_n$ , полученная в результате  $N$  ежесуточных наблюдений. Данная величина ежесуточно (преимущественно в ночное время суток, когда нагрузка на вычислительные ресурсы сервера минимальна) рассчитывается САД для каждого часового интервала  $\Delta T_n$  запуском регламентного задания согласно следующему соотношению:

$$\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_N = \frac{\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_{N-1} \times (N-1) + \lambda_{ij}^{\Delta T_n}}{N}, \lambda_{ij}^{\Delta T_n} = \frac{\sum q_{ij}^{\Delta T_n}}{3600}, n = \overline{1, 24}, \quad (3)$$

где  $\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_N$  – средняя интенсивность поступления заявок на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  в часовом интервале  $\Delta T_n$  за рассчитываемые (последние) сутки, т.е. в  $N$  - ом

наблюдении (выражается в мест/сек, «мест в секунду»),  $N$  – общее число наблюдений,  $\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_{N-1}$  – средняя интенсивность поступления заявок с остановки  $i$  на остановку  $j$ , полученная за предыдущие  $N-1$  ежесуточных наблюдений (хранится в базе данных),  $\sum q_{ij}^{\Delta T_n}$  – количество мест в поступивших заявках на перевозку с остановки  $i$  на остановку  $j$  за период  $\Delta T_n$  (значения извлекаются из поля *SeatsNumber*). Каждая рассчитанная средняя интенсивность  $\left\langle \lambda_{ij}^{\Delta T_n} \right\rangle_N$  получает свою временную метку, хранится в базе данных и поставляется по запросу в триггер.

В случае недостаточности посадочных мест вследствие неудачно сделанного расчета прогнозного показателя  $m_{ij}^{forecast}$ , который должен обеспечить места в салоне инфобуса и для пассажиров, подошедших на остановку к моменту появления там инфобуса, не попавшие в текущую реализацию плана перевозки пассажиры, смогут осуществить поездку в следующем цикле перевозки, в котором их заявка уже попадает в число зафиксированных заявок в системе, т.е. войдет в значение элемента  $m_{ij}$  в следующем плане перевозки.

Событие таймаута (б) отслеживается в фоновым процессом операционной системы сервера ИТС, поминутно вычисляющим разницу между текущим системным временем и моментом начала сбора заявок. Под фоновым процессом понимается действия, постоянно выполняющиеся в операционной системе компьютера без вмешательства человека. При наступлении таймаута происходит окончание текущего сбора заявок и выполняются действия, как и в случае события (а): фиксация данных; формирование матрицы корреспонденций и передача ее в СОП; начало нового цикла.

В пиковые моменты нагрузки транспортной системы вероятнее наступления события достаточности накопления заявок (а), а во время спада пассажиропотока – события таймаута (б).

Составленные в СОП планы перевозки пересылаются бортовым системам транспортных средств для непосредственного выполнения.

### Выводы

Описаны структура и функционирование ИТС, а также программная реализация системы сбора заявок и системы анализа данных, обеспечивающих формирование матрицы корреспонденций, по которой системой организации перевозок составляются планы перевозки пассажиров в режиме реального времени. Уделено особое внимание формализации условий окончания цикла сбора заявок и нахождения как числа уже зафиксированных в системе заявок, так и прогнозного показателя, призванного обеспечить удовлетворение потенциальных заявок на перевозку к моменту появления инфобуса на остановке. Организация перевозок по такому принципу обеспечивает объем посадочных мест, незначительно перекрывающий объем заявок от пассажиров, что позволит высылать на маршрут в режиме реального времени транспортные средства пассажироместности, соответствующей текущему спросу на перевозку.



### Список использованной литературы

1. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE). 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: 30.04.2021).
2. Van, Nguyen, and Te Ron. Road Infrastructure Design towards Passenger Ride Comfort for Autonomous Public Transport: doctoral dissertation: Technische Universität München. München. 2020. 155 P.
3. Next Future Transportation. URL: <http://www.next-future-mobility.com> (дата обращения: 30.04.2021).
4. Пролиско Е., Шуть, В. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС». *Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы*: материалы научно-технической конференции. Брест, 2016. С. 49–54.
5. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Математическая модель работы «ИНФОБУСОВ». *Електроніка та інфармаційні технології (ЕЛІТ-2015)*: матеріали VII-ої Українсько-польської науково-практичної конференції (27-30 серпня). Львів-Чинадієво, 2015. С. 59–62.
6. Шуть В.Н., Пролиско Е.Е. Альтернативный метро транспорт на базе беспилотных роботов. *Искусственный интеллект*. Киев, 2016. 2(72). С.170-175.
7. Швецова, Е.В. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами. *Вестник Херсонского национального технического университета*, 2019. Т. 2(69), № 3. С. 222–230.
8. Shuts V. System of urban unmanned passenger vehicle transport. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport*: proceedings of the 1st International Scientific Conference. Ternopol. 2019. P. 172–184
9. Шуть В.Н. Алгоритм организации городских пассажирских перевозок посредством рельсового беспилотного транспорта "Инфобус". *Actual problems of fundamental science*: third international conference. Луцк, 2019. С. 222–226
10. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System. *Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System*. Minsk, 2020. P. 349–352.
11. Швецова Е.В., Шуть В.Н. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями. *Математические методы в технике и технологиях*: сборник трудов XXXIII Международной научной конференции в 12 т. под общ. ред. А.А. Большакова. (Т.3). Санкт-Петербург, 2020. С. 87–93
12. Швецова Е.В. Планирование и организация перевозочного процесса в интеллектуальной городской пассажирской транспортной системе. *Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте*: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (Самара, 26–27 января 2021 г.). Самара, 2021. С. 133–136.

### References

1. Proekt Safe Road Trains for the Environment (SARTRE). URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/Safe\\_Road\\_Trains\\_for\\_the\\_Environment](http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment) (data obrashcheniya: 30.04.2021).
2. Van, Nguyen, & Te Ron. (2020). Road Infrastructure Design towards Passenger Ride Comfort for Autonomous Public Transport: doctoral dissertation: Technische Universität München. München.

3. Next Future Transportation. URL: [http:// www.next-future-mobility.com](http://www.next-future-mobility.com) (data obrascheniya: 30.04.2021).
4. Prolisko, E., Shut, V. (2016). Dinamicheskaya model raboty transportnoy sistemy «INFOBUS». *Iskusstvennyy intellekt. Intellektualnyye transportnyye sistemy: materialy nauchno-tehnicheskoy konferentsii*. Brest. pp. 49–54.
5. Prolisko, E.E., & Shut, V.N. (2015). Matematicheskaya model raboty «INFOBUSOV». *Elektronika ta infarmatsiyi tehnologiyi (EIIT-2015): materialy VII-oyi Ukrayinsko-polskoyi naukovo-praktyichnoy konferentsiyi (27-30 serpnia)*. Lviv-Chinadiovo. pp. 59–62.
6. Shuts, V.N., & Prolisko, E. (2016). Al'ternativnyj metro transport na baze mobil'nyh robotov. *Shtuchnij intelekt*. **2** (72), 170–175.
7. Shvetsova, E.V. (2019). Algoritm sostavleniya plana perevozk na gorodskih liniyah v intellektualnoy sisteme upravleniya bespilotnyimi transportnyimi sredstvami. *Vestnik Hersonskogo natsionalnogo tehnicheskogo universiteta*. **2**(69), 3, 222–230.
8. Shuts, V. (2019). System of urban unmanned passenger vehicle transport. *ICCPT 2019: Current Problems of Transport: proceedings of the 1st International Scientific Conference*. Ternopol. pp. 172–184.
9. Shut, V.N. (2019). Algoritm organizatsii gorodskih passazhirskih perevozk posredstvom relsovogo bespilotnogo transporta "Infobus". *Actual problems of fundamental science: third international conference*. Lutsk. pp. 222–226.
10. Shviatsova, A., & Shuts, V. (2020). The Smart Urban Transport System. *Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System*. Minsk. pp. 349–352.
11. Shvetsova, E.V., & Shut, V.N. (2020). Intellektualnyy transport s razdelyayuschimisya chastyami. *Matematicheskie metody v tehnike i tehnologiyah: sbornik trudov XXXIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii v 12 t. pod obsch. red. A.A. Bolshakova, (T.3)*. Sankt-Peterburg. pp. 87–93.
12. Shvetsova, E.V. (2021). Planirovanie i organizatsiya perevoznogo protsessa v intellektualnoy gorodskoy passazhirskoy transportnoy sisteme. *Mehatronika, avtomatizatsiya i upravlenie na transporte: materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Samara, 26–27 yanvarya 2021 g.)*. pp. 133–136.

Шуть Василий Николаевич – к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета, e-mail: [lucking@gmail.com](mailto:lucking@gmail.com), ORCID: 0000-0002-7979-6157

Швецова Елена Владимировна - старший преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета, e-mail: [helengood@gmail.com](mailto:helengood@gmail.com), ORCID: 0000-0002-1613-6645

Пролиско Евгений Евгеньевич - к.т.н., доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий Брестского государственного технического университета, e-mail: [prolisko55@gmail.com](mailto:prolisko55@gmail.com), ORCID: 0000-0002-5426-7400