

## СБОР, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ В ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРОВ

В. Н. Шуть, Е. В. Швецова

Брестский государственный технический университет, Беларусь

*Представлена концепция городской пассажирской информационно-транспортной системы на базе беспилотных транспортных средств и принципы ее функционирования. Информационная часть системы обеспечивает сбор, обработку и анализ данных в режиме реального времени, оптимизируя процесс диспетчеризации в транспортной части системы.*

Рост плотности городского населения обуславливает изменение взглядов на городскую мобильность, выводя на передний план использование различных видов общественных транспортных систем, способных гибко реагировать на изменяющийся спрос. Это привело к появлению нового поколения пассажирских транспортных систем, тесно связанных с информационными технологиями, – информационно-транспортных систем (ИТС), осуществляющих сбор и анализ данных о характере пассажиропотоков в режиме реального времени. Использование ИТС позволит значительно повысить возможность достижения основной цели существования любой транспортной системы – полного и своевременного удовлетворения спроса на перевозку при максимально рациональном использовании ресурсов организации-перевозчика. В докладе под информационной системой полагается совокупность программных средств, используемых для хранения, обработки и выдачи информации в интересах достижения поставленной цели.

В структуру ИТС входят следующие компоненты [1–3]:

– парк беспилотных транспортных средств-инфобусов, передвигающихся в выделенной части дорожной сети по рельсовому пути или выделенной полосе (рис. 1). 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 передвижения с разделяющимися частями [4–6];

– система стационарных терминалов на остановках (рис. 2) и мобильное приложение, устанавливаемое на мобильные устройства для сбора заявок на перевозку;

– транспортные средства, движущиеся по регулярному маршруту, включающему в себя  $k$  остановок, начинающемуся и заканчивающемуся накопителями, в которых инфобусы заряжаются и получают от сервера планы перевозки пассажиров (рис. 3);

– информационный сервер ИТС, являющийся программно-аппаратным комплексом, который отвечает за сбор, анализ заявок пассажиров и управление перевозкой в режиме реального времени посредством составления плана перевозки с учетом объединения инфобусов в кассеты. План пересылается бортовым системам инфобусов для дальнейшего выполнения. Программную часть информационного сервера ИТС составляет описанная ниже информационная система.

Информационная система ИТС предназначена для сбора заявок на перевозку от пассажиров, анализа полученных на основе заявок данных в целях оптимального управления перевозками и состоит из систем сбора заявок (ССЗ), анализа данных (САД) и организации перевозок (СОП).



Рис. 1. Движение инфобусов

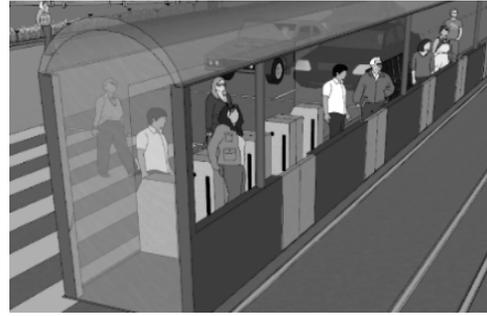


Рис. 2. Терминалы на остановках

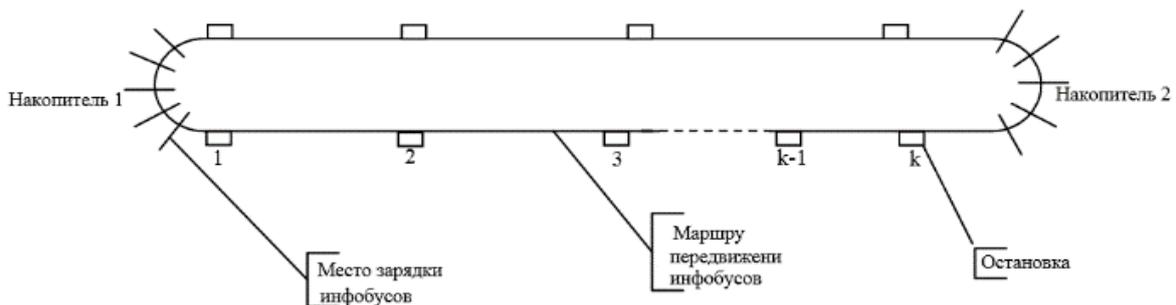


Рис. 3. Маршрут движения инфобусов

Циклическое функционирование ИТС (рис. 4) базируется на последовательном выполнении процесса сбора заявок (процедур сбора заявок и достаточности накопления заявок), процессов составления (процедуры составления плана перевозки) и выполнения плана перевозки (пересылки планов перевозки бортовым системам инфобусов).

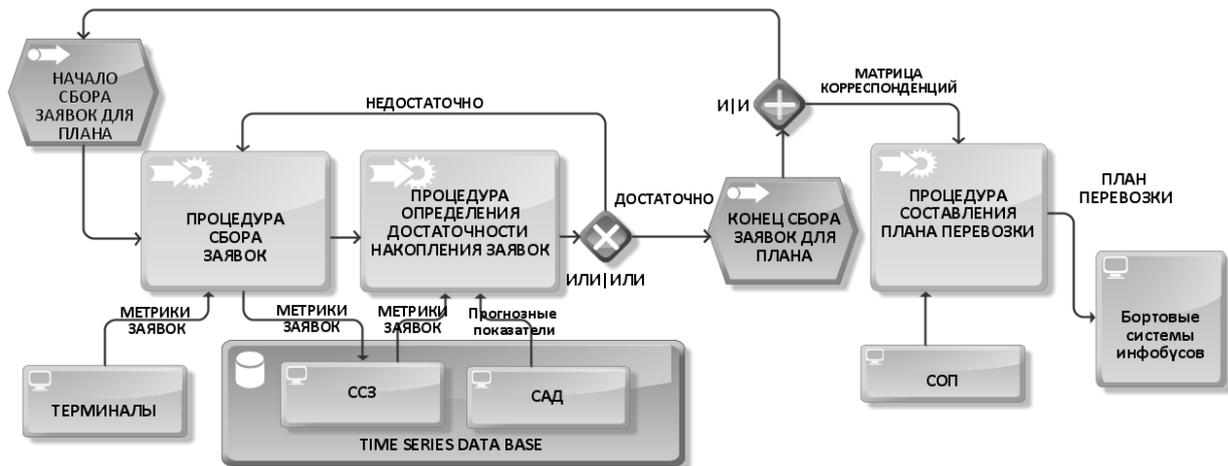


Рис. 4. Схема функционирования ИТС

Процесс сбора заявок протекает в ССЗ, обеспечивая информационную основу для составления плана перевозки (рис. 5). На основе собранных данных формируются матрицы корреспонденций, каждый элемент  $m_{ij}$  которой есть число пассажиров, желающих ехать с остановки  $i$  на остановку  $j$  [1]. Все собранные данные по заявкам поступают в базу данных и хранятся там как элементы временного ряда (упорядоченной последовательности значений какого-либо показателя, собранной за определенный интервал

времени). Каждая запись имеет временную метку и совокупность соответствующих ей метрик.

Так, поле Origin содержит номер остановки отправления в заявке, Destination – номер остановки прибытия (целевой остановки), SeatsNumber – число мест в заявке, RequestTime – временную метку, являющуюся идентификатором метрики заявки во временном ряде. САД при выполнении условия (1) фиксирует матрицу корреспонденций [1] и передает ее в СОП.

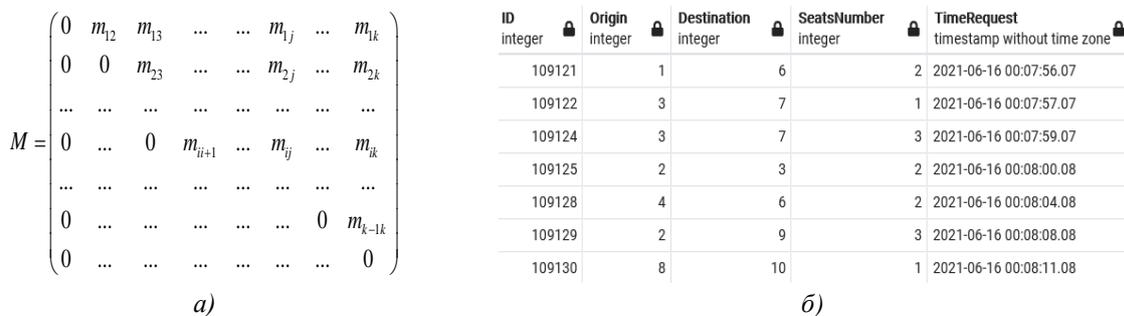


Рис. 5. Информационные элементы ИС ИТС: а) матрица корреспонденций; б) хранение заявок в TSDB

Также в САД составляется прогноз поведения пассажиропотока на основе полученных ранее данных:

$$m_{ij} \leq a * V, \quad a \in [0, 6; 1), \quad i = \overline{1, k-1}, \quad j = \overline{2, k},$$

где  $V$  – пассажироместимость инфобуса;  $a$  – коэффициент эластичности, используемый для обеспечения посадки еще и тех пассажиров, которые появятся на остановке между моментом фиксации матрицы корреспонденций и моментом появления транспортного средства на остановке.

Используя алгоритмы составления плана перевозки, СОП формирует планы перевозки [1, 7, 8], рассчитывает показатели эффективности перевозки и составляет графики движения транспортных средств [9], а затем пересылает их бортовым системам инфобусов.

Предлагаемая информационная система для городской пассажирской транспортной системы позволяет в режиме реального времени при минимальном участии человека проводить сбор и анализ заявок на перевозку, составлять планы перевозки и графики движения транспортных средств, что дает возможность осуществлять их диспетчеризацию на основе актуальных данных и анализировать протекающие в транспортной системе процессы на основе накопленных данных.

### Список литературы

1. Shuts, V. System of urban unmanned passenger vehicle transport / V. Shuts, A. Shviatsova // ICCPT 2019: Current Problems of Transport : Proc. of the 1st Intern. Scientific Conf., 28–29 May 2019. – Ternopol : TNTU, 2019. – P. 174–184.
2. Shviatsova, A. The Smart Urban Transport System / A. Shviatsova, V. Shuts // Research Papers Collection of Open Semantic Technologies for Intelligent System, Minsk, 19–20 Feb. 2020. – Minsk : BSUIR, 2020. – P. 349–352.
3. Швецова, Е. В. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // Математические методы в технике и технологиях : сб.

трудов XXXIII Междунар. науч. конф., 14–18 сент. 2020 г. – Т. 3. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2020. – С. 87–93.

4. Shviatsova, E. The Intellectual Transport with Divisible Parts / E. Shviatsova, V. Shuts // *Society 5.0 : Human-Centered Society Challenges and Solutions* / ed.: A. Kravets, A. Bolshakov, M. Shcherbakov. – Vol. 416. – Builder : Springer, 2022. – P. 265–274.

5. Shviatsova, A. The cassette method principles of passengers transportation through the intelligent transportation system / A. Shviatsova, V. Shuts; Institute of Artificial Intelligence Problems // *Штучний інтелект*. – 2020. – No. 1. – P. 14–18.

6. Швецова, Е. В. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // *Вестник Херсонского национального технического университета*. – Т. 2(69), № 3. – 2019. – С. 222–230.

7. Швецова, Е. В. Алгоритмы функционирования беспилотной городской пассажирской транспортной системы / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // *Математические методы в технике и технологиях : сб. тр. XXXII Междунар. науч. конф., Санкт-Петербург, 3–7 июня 2019 г. ; под общ. ред. А. А. Большакова*. – Т. 12, ч. 2. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2019. – С. 32–39.

8. Shuts, V. The Drawing Up of the Motion Schedule in the Intelligent Urban Passenger Transport System / V. Shuts, A. Shviatsova; Institute of Artificial Intelligence Problems // *Штучний інтелект*. – 2021. – No. 92. – P. 104–109.

9. Швецова, Е. В. О построении графика движения транспортных средств в городской пассажирской транспортной системе / Е. В. Швецова, В. Н. Шуть // *Вестник БелГУТ : Наука и транспорт*. – Гомель, 2021. – № 2. – С. 21–24.