

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 NLP основы, техники. [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/company/Voximplant/blog/446738/> – (Дата и время доступа – 01.12.2019, 19:17).
- 2 Основы Natural Language Processing для текста [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/company/Voximplant/blog/446738/> – (Дата и время доступа – 30.11.2019, 15:17)
- 3 Синтаксический анализ в NLTK [Электронный ресурс]. – <https://habr.com/ru/post/340574/> – (Дата и время доступа – 30.11.2019, 16:11)

УДК 656.13

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

Е.В. Швецова, В.Н. Шуть

Беларусь, Брест, Брестский государственный технический университет

Аннотация. Любой перевозочный процесс включает в себя такие задачи, как: планирование перевозки, ее организацию и управление. В статье дано описание городской пассажирской интеллектуальной транспортной системы, базирующейся на беспилотных транспортных средствах, способной динамически адаптироваться к изменениям интенсивности пассажиропотока в течение суток. А также предложены принципы планирования и организация перевозки в данной 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: интеллектуальная информационная транспортная система, планирование перевозок, организация перевозок, прогнозирование пассажиропотока, план перевозок, матрица корреспонденций, роботизированное транспортное средство, инфобус.

Abstract. Any transportation process includes such tasks as transportation planning, organization, and management. The article describes an urban passenger intelligent transport system based on unmanned vehicles that can dynamically adapt to changes in the intensity of passenger traffic during the day. Also, the principles of planning and organization of transportation in this transport system are proposed by solving the problem of forecasting the number of received service requests and drawing up a transportation plan in real-time. The proposed solutions aim to improve the quality and timeliness of passenger service and maximize the efficient use of rolling stock.

Keywords: Intelligent information transport system, transportation planning, transportation organization, passenger traffic forecasting, transportation plan, correspondence matrix, robotic vehicle, infobus.

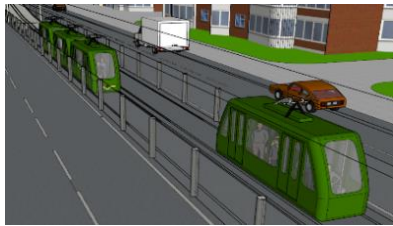
Введение. Интенсивное развитие интеллектуальных информационных технологий привело к неизбежным изменениям в сфере городской мобильности: появление беспилотных автобусов-такси, сетей общественных автомобилей и т.д. Сама концепция Г. Форда о «транспортной независимости домохозяйств» уступает подходу «транспорт как сервис». В данном контексте городские общественные пассажирские транспортные системы приобретают особую актуальность. И при обеспечении должного комфорта поездки и скорости обслуживания пассажиров способны оказать конкуренцию частному автомобильному транспорту, существенно снизив нагрузку на улично-дорожную сеть. В статье описывается городская пассажирская транспортная система нового типа на базе интеллектуальных технологий и предлагается решение задач планирования и организации перевозок, которые решаются в режиме реального времени. Целью статьи является описание планирования перевозки через прогнозирование интенсивности поступления заявок на обслуживание в транспортную систему.

Постановка задачи. Жизненный цикл транспортной системы включает в себя процессы планирования, организации и управления перевозками, находящиеся в постоянной взаимосвязи друг с другом [1]. Планирование перевозок строится на прогнозировании ожидаемых объемов перевозок с учетом полного удовлетворения спроса на них, расчет

требующегося объема парка транспортных средств и т.д. Организация перевозок выявляет корреспонденции движения, определяет скорость и график движения и т.д. От эффективного решения задачи планирования и организации перевозки зависит достижение основной цели перевозочного процесса – полное и своевременное удовлетворение пассажирского спроса при максимально рациональном использовании ресурсов транспортной системы.

Рассматриваемая интеллектуальная городская транспортная система включает в себя:

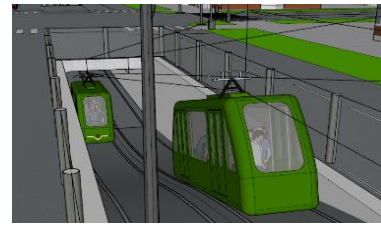
- *Парк беспилотных транспортных средств* небольшого объема (6–15 мест), называемых инфобусами. Действия инфобуса координируются собственной бортовой компьютерной системой, действующей под управлением единого информационного сервера интеллектуальной транспортной системы. Инфобусы могут двигаться как самостоятельно, так и объединяясь в кассету (рис. 1,а). Кассета инфобусов является транспортным средством с разделяющимися частями [2]. Осуществляет движение по рельсовому пути, обособленному от остальной проезжей части. Перекрестки пересекаются по эстакадам либо по подземным туннелям (рис. 1,б,в).



а) в кассете



б) по эстакаде



в) по подземному туннелю

Рис. 1. Движение инфобусов по обособленной выделенной линии

- *Информационный сервер*, аккумулирующий заявки пассажиров (рис. 2,б), сделанные через терминалы остановок (рис. 2,а), в матрице корреспонденций M (рис. 3,а). Через постоянный опрос матрицы M сервер отслеживает наступление момента достаточного накопления заявок и фиксирует необходимые данные. На основании этих данных составляется план перевозки, пересылаемый бортовым системам инфобусов для его реализации. После чего открывается новый цикл сбора заявок.

- *Система терминалов на остановках* для сбора заявок на перевозку (рис. 2,а). Заявка содержит данные начальной остановки (ORIGIN (i), рис. 2,б), с которой пассажир начинает поездку, и целевой остановки (DESTINATION (j), рис. 2,б), на которую пассажир желает ехать, и требуемое количество мест (SEATS NUMBER, рис. 2,б)



а) терминалы на остановках

STATUS	BEGIN TIME	REQUEST TIME	ORIGIN (i)	DESTINATION (j)	SEATS NUMBER	INTENSITY	M _{ij}	FIXATION
Start	00:26:06.1966667	00:26:06.1700000	1	0	0	0	0	No
Flow	00:26:06.1966667	00:26:25.9466667	1	2	2	0.1052632	2	No
Flow	00:26:06.1966667	00:26:47.5433333	1	5	1	0.02439024	1	No
Flow	00:26:06.1966667	00:27:01.8033333	1	3	4	0.07272727	4	No
Flow	00:26:06.1966667	00:27:19.0233333	1	4	1	0.01369863	1	No
Flow	00:26:06.1966667	00:27:35.3133333	1	6	3	0.03370786	3	No
Flow	00:26:06.1966667	00:27:52.9933333	1	7	2	0.01886792	2	No
Flow	00:26:06.1966667	00:28:11.1400000	1	3	3	0.056	7	No
Flow	00:26:06.1966667	00:29:13.3300000	1	8	2	0.01069519	2	No
Flow	00:26:06.1966667	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

б) журнал фиксации заявок пассажиров

Рис. 2. Компоненты интеллектуальной транспортной системы

- *Матрица корреспонденций M* (рис. 3,а) 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. Обновление элемента m_{ij} матрицы происходит всякий раз при оплате пассажиром на остановке i поездки на остановку j с помощью системы терминалов.

- *Маршрут движения инфобусов* содержит по k остановок в двух направлениях, а также два накопителя, из которых инфобусы начинают выполнение плана перевозки и в которые возвращаются после его реализации (рис. 3,в).



Рис. 3. Компоненты интеллектуальной транспортной системы

- *План перевозки пассажиров* включает в себя определение нужного числа инфобусов, идентификационного номера для каждого из них, начально и целевых остановок. 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 имеет циклический характер и состоит из процедуры сбора заявок и процедуры определения момента достаточного накопления заявок (выполняются одновременно), процедур составления и реализации плана перевозки.

Процедура сбора заявок заключается в записи в матрицу корреспонденций M данных заявки от пассажира, которую он осуществляет через систему терминалов на остановке (рис. 2,а). В течение выполнения процедуры сбора заявок выполняется *процедура определения момента достаточного накопления заявок*, которая заключается в отслеживании момента наступления условия, определяющего достаточность накопления заявок:

$$m_{ij} + \lambda_{ij}(\Delta t_{ij}) * t_i \geq V, \quad (1)$$

где m_{ij} – элемент матрицы корреспонденций, $\lambda_{ij}(\Delta t_{ij})$ – интенсивность поступления заявок на остановке i на проезд к остановке j (рассчитывается в режиме реального времени при поступлении очередной заявки в матрице интенсивностей Λ), Δt_{ij} – промежуток времени от начала сбора заявок на остановке i до момента поступления очередной заявки на проезд до остановки j , t_i – время проезда инфобуса от Накопителя к остановке i , постоянно и известно заранее.

Процедура составления плана перевозки пассажиров начинается сразу, как только один из элементов матрицы или строки (в зависимости от выбранного алгоритма) начинает удовлетворять условию (1), т.е. сразу после наступления *момента достаточного накопления заявок*. В результате выполнения данной процедуры определяются: идентификационный номер $n_i \in N, i=1..k, k \in N$ для каждого транспортного средства, участвующего в перевозке, где i – номер остановки посадки, k – число остановок одного направления маршрута (рис. 3,б); множество J_{n_i} целевых остановок для каждого инфобуса, на которые он повезет пассажиров; график времени прибытия на остановки и отправки с них (в данной статье составление не рассматривается).

Процедура выполнения плана перевозки пассажиров заключается в формировании в накопителе кассеты инфобусов и ее отправке на маршрут с указанием для каждого инфобуса как начальной остановки, на которой будет осуществлена посадка пассажиров, так и целевых остановок, на которых будет производиться высадка пассажиров. Перед приездом кассеты инфобусов на информационном табло 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 данном инфобусе, после чего транспортное средство осуществляет их перевозку. В статье предлагается методика планирования

перевозки через прогнозирование объема потенциальных заявок и составление плана перевозки с его учетом.

Планирование и организация перевозки. Обязательным условием составления плана перевозки пассажиров является включение в необходимый объем пассажироместимости потенциальных заявок, полученных системой за период от начала составления плана перевозки и до момента появления транспортного средства на соответствующей остановке. Для предсказания объема потенциальных заявок в транспортной системе используется долгосрочный и краткосрочный прогнозы. Для осуществления долгосрочного прогноза данные о заявках, поступающие в систему, рассматриваются как временной ряд, к которому могут быть применены соответствующие алгоритмы прогнозирования. Но, для осуществления таких прогнозов необходим длительный период накопления, что не позволяет принимать решения «здесь и сейчас». Поэтому, вторым подходом, который использует система является краткосрочный прогноз «на шаг вперед», строящийся по динамике сбора заявок. В данной статье рассматривается методика именно такого прогноза.

Под матрицей интенсивностей поступления заявок в систему будем понимать матрицу Λ (рис. 3,б), каждый элемент $\lambda_{ij}(\Delta t_{m_{ij}})$ которой рассчитывается как средняя скорость поступления заявок от пассажиров на перевозку с остановки i на остановку j за период накопления информации о заявках. Эта величина пересчитывается всякий раз при поступлении новой заявки в систему:

$$\lambda_{ij}(\Delta t_{m_{ij}}) = \frac{m_{ij}}{\Delta t_{m_{ij}}}, \quad \Delta t_{m_{ij}} = t_{m_{ij}} - t_{oi}, \quad (2)$$

где $t_{m_{ij}}$ – момент фиксации в системе очередной заявки (соответствует полю строки таблицы REQUEST TIME, рис. 2,б), t_{oi} – момент начала сбора данных (соответствует полю строки BEGIN TIME, рис. 2,б).

При поступлении в систему новой заявки происходит пересчет элементов m_{ij} , $\lambda_{ij}(\Delta t_{m_{ij}})$, и элементов матрицы прогноза M' , которые рассчитываются по формуле:

$$m_{ij}' = m_{ij} + \lambda_{ij}(\Delta t_{m_{ij}}) \times t_i, \quad i, j = 1, \dots, k \quad (3)$$

Как только какой-то элемент матрицы прогноза M' или строки данной матрицы (в зависимости от выбранного алгоритма) становится не меньше объема транспортного средства V (условие (1)), начинается составление плана перевозки пассажиров, включающего в себя процедуру *назначения инфобусам идентификационных номеров* и процедуру *определения целевых остановок*, которая производится из расчета обеспечения максимальной бесконфликтности следования инфобусов.

Под конфликтом следования понимается ситуация, когда транспортные средства, движущиеся впереди по выделенной линии, задерживают позади идущие. Максимальная бесконфликтность следования подразумевает сведение таких задержек к минимуму, а в идеале исключение их.

Для перевозки пассажиров с некоторой остановки i используется кассета инфобусов (рис. 1,а). Каждый инфобус везет пассажиров на определенные целевые остановки. Выйдя из накопителя, до начальной остановки инфобусы следуют в кассете. Там, забрав пассажиров, каждый инфобус должен проследовать с пассажирами к целевым остановкам по возможности без лишних простоев, которые могут возникнуть в первую очередь из-за конфликта следования. Поэтому кассета инфобусов для обеспечения максимальной бесконфликтности следования составляется по принципу «от конца маршрута к началу» [2–10]: те транспортные средства, которые повезут пассажиров на самые дальние остановки будут составлять переднюю часть кассеты, а на ближние – заднюю.

Каждый инфобус кассеты при этом получает свой идентификационный номер n_i , где n – порядковый номер инфобуса в кассете ($n \in N$), а индекс i ($i = \overline{1, k-1}$) указывает на остановку

посадки пассажиров. Так, первый инфобус кассеты при составлении плана перевозки с остановки i получает номер I_i , второй 2_i и т.д.

Под множеством *потенциальных целевых остановок* инфобуса n_i будет пониматься множество $J_{n_i, P}$, включающее все остановки маршрута, на которые инфобус n_i может везти пассажиров с остановки i . После составления плана перевозки инфобус с номером n_i повезет пассажиров на одну или несколько остановок, составляющих множество *реальных целевых остановок* инфобуса $J_{n_i} \subset J_{n_i, P}$.

Для нахождения множества реальных целевых остановок инфобуса J_{n_i} берется максимальный элемент множества $J_{n_i, P}$ ($\sup J_{n_i, P}$) и находится такое число $\Delta_{n_i} \in N_0$, чтобы выполнялись условия:

$$\begin{cases} \sum_{p=\sup J_{n_i, P}-\Delta_{n_i}}^{\sup J_{n_i, P}} (m'_{ip}) \leq V \\ \sum_{p=\sup J_{n_i, P}-(\Delta_{n_i}+1)}^{\sup J_{n_i, P}} (m'_{ip}) > V \end{cases} \quad (4)$$

А искомое множество можно описать:

$$J_{n_i} = \{j \mid \sup J_{n_i, P} - \Delta_{n_i} \leq j \leq \sup J_{n_i, P}, \sum_{p=\sup J_{n_i, P}-\Delta_{n_i}}^{\sup J_{n_i, P}} (m'_{ip}) \leq V, \sum_{p=\sup J_{n_i, P}-(\Delta_{n_i}+1)}^{\sup J_{n_i, P}} (m'_{ip}) > V, m'_{ij} \neq 0, j \in N, \Delta_{n_i} \in N_0\}. \quad (5)$$

Так множество реальных целевых остановок J_{1_i} для инфобуса 1_i можно определить следующим образом:

$$J_{1_i} = \{j \mid k - \Delta_{1_i} \leq j \leq k, \sum_{p=k-\Delta_{1_i}}^k (m'_{ip}) \leq V, \sum_{p=k-(\Delta_{1_i}+1)}^k (m'_{ip}) > V, m'_{ij} \neq 0, j \in N, \Delta_{1_i} \in N_0\}. \quad (6)$$

Множество потенциальных остановок для перевозки инфобуса 2_i определяется из соотношения: $J_{2_i, P} = J_{1_i, P} \setminus J_{1_i} = \{1, \dots, k\} \setminus J_{1_i}$. Множество целевых остановок J_{2_i} для инфобуса 2_i можно определить из соотношения:

$$J_{2_i} = \{j \mid \sup J_{2_i, P} - \Delta_{2_i} \leq j \leq \sup J_{2_i, P}, \sum_{p=\sup J_{2_i, P}-\Delta_{2_i}}^{\sup J_{2_i, P}} (m'_{ip}) \leq V, \sum_{p=\sup J_{2_i, P}-(\Delta_{2_i}+1)}^{\sup J_{2_i, P}} (m'_{ip}) > V, m'_{ij} \neq 0, j \in N, \Delta_{2_i} \in N_0\}. \quad (7)$$

И так далее, пока не будут обработаны все элементы, определены идентификационные номер инфобусов, участвующие в выполнении плана перевозки, и целевые остановки для каждого из них.

Заключение. Предложены принципы планирования и организации перевозки в интеллектуальной городской пассажирской транспортной системе через прогнозирование объема потенциальных заявок на перевозку в транспортную систему, расчет необходимого числа транспортных средств так, чтобы полностью обеспечить спрос на перевозку при рациональном использовании ресурсов транспортной системы, и составление плана перевозки пассажиров. Эти подходы позволят обеспечить своевременное и качественное обслуживание пассажиров и снизить затраты на перевозку транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для автотранспортных техникумов. – 3-е изд. – М.: Транспорт, 1981. – 222 с.
- 2 Швецова Е.В., Шуть В.Н. Интеллектуальный транспорт с разделяющимися частями / Е.В. Швецова, В.Н. Шуть // Сборник трудов XXXIII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях»: в 12 т. Т.3 ; под общ. ред. А.А. Большакова. – СПб: Издательство Политехнического университета, 2020. – С. 87–93.
- 3 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. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С. 222–230.

- 4 Швецова, Е.В. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами / Е.В. Швецова, В.Н. Шуть // Материалы XX международной конференции по математическому моделированию: сборник материалов конференции. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С. 115.
- 5 Shuts, V. System of urban unmanned passenger vehicle transport / V. Shuts, A. Shviatsova // ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference. – Ternopol: TNTU, 2019 – С. 172–184.
- 6 Шуть, В.Н. Алгоритм организации городских пассажирских перевозок посредством рельсового беспилотного транспорта «Инфобус» / В.Н. Шуть, Е.В. Швецова // Actual problems of fundamental science: third international conference. – Луцк: Вежа-Друк, 2019. – С. 222–226.
- 7 Shuts, V. Cassette robotized urban transport system of mass conveying passenger based on the unmanned electric cars / V. Shuts, A. Shviatsova // Science. Innovation. Production. Proceedings of the 6th Belarus-Korea Science and Technology Forum. – MINSK: BNTU, 2019. – С. 81–83.
- 8 Shuts, V. Intelligent system of urban unmanned passenger vehicle transport / V. Shuts, A. Shviatsova // 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. – С. 18.
- 9 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.
- 10 Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System / V. Shuts, A. Shviatsova // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System. - Minsk: Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. – p. 349–352.

УДК 625.161.7

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

Н.С. Шорохов, Л.А. Варжицкий, Т.Н. Буштрук

Россия, г. Самара, Самарский государственный университет путей сообщения

Аннотация. Для повышения безопасности движения при пересечении мест одноуровневого пересечения железных и автомобильных дорог компания ОАО «РЖД» инициировала работу по минимизации или полному исключению человеческого фактора на процесс обеспечения безопасности движения поездов. Системы с экстремальной самонастройкой являются наиболее совершенными самонастраивающимися системами, которые можно применить для интеллектуального контроля безопасности на железнодорожных переездах.

Ключевые слова: фото и видео фиксация, нейро-процессор, нейро-процессорные системы, системы с замкнутыми цепями и экстремальной самонастройкой.

Abstract. To improve traffic safety at the intersection of single-level intersections of Railways and highways, JSC "Russian Railways" initiated work to minimize or completely eliminate the human factor in the process of ensuring the safety of train traffic. Extreme self-tuning systems are the most advanced self-tuning systems that can be applied to intelligent safety control at railway crossings.

Keywords: photo and video fixation, neuroprocessor, neuroprocessor systems, closed-circuit systems and extreme self-tuning.

В Российской Федерации насчитывается 10,5 тысяч железнодорожных переездов [1], причем лишь 200 из них оборудованы камерами фото и видеofиксации. Оборудование переездов камерами связано с большим числом аварий на них, в 98 % случаев по вине водителей автотранспорта из-за нарушений правил дорожного движения. За 2020 год произошло 211 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), из них 56 с поездами, 30 с железнодорожными составами, в которых 178 человек пострадало и 51 погиб [2]. Анализ статистики показал, что наибольшее количество аварий приходится на Северо-Кавказскую, Горьковскую, Куйбышевскую и Октябрьскую дороги. Одной из причин ДТП является техническая неисправность автомобилей, водители которых останавливаются на путях.