



Василий Николаевич
Шуть

Vasily N. Shuts



Елена Владимировна
Швецова

Alena V. Shviatsova

Балансовая модель интересов транспортного предприятия и пассажиров в городских перевозках автоматическим транспортом

Balance model of interests of a transport company and passengers in urban transportation by automatic transport

Аннотация

В работе исследуется технология организации перевозочного процесса в пассажирской городской транспортной системе на базе беспилотных автоматических транспортных средств. В последнее время интенсивно ведутся исследования в области разработки беспилотного транспорта во многих странах мира. На базе этих транспортных средств в дальнейшем должны быть разработаны полностью автоматические транспортные системы, исключая человека-диспетчера из контура управления городскими пассажирскими перевозками. Такие системы имеют параметры и возможности, намного превосходящие современные городские транспортные системы.

Ключевые слова: автоматический транспорт, информационно-транспортная система, организация перевозок, матрица корреспонденций, алгоритм организации перевозок, инфобус.

Abstract

The paper investigates the technology of organizing the transportation process in the passenger urban transport system based on unmanned automatic vehicles. Recently, research has been intensively conducted in the field of development of unmanned vehicles in many countries of the world. On the basis of these vehicles, fully automatic transport systems should be developed in the future, excluding the human dispatcher from the control loop of urban passenger transportation. Such systems have parameters and capabilities far superior to modern urban transport systems.

Keywords: automatic transport, information and transport system, transportation organization, correspondence matrix, transportation organization algorithm, infobus.

Авторы Authors

Василий Николаевич Шуть, канд. техн. наук, доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь; e-mail: lucking@mail.ru | Елена Владимировна Швецова, аспирант, ст. преподаватель кафедры интеллектуальных информационных технологий, Брестский государственный технический университет, Брест, Республика Беларусь; e-mail: helengood@internet.ru

Vasily N. Shuts, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Intelligent Information Technologies Department, Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus; e-mail: lucking@mail.ru | Alena V. Shviatsova, Post-graduate student, Senior Lecturer of the Intelligent Information Technologies Department, Brest State Technical University, Brest, Republic of Belarus; e-mail: helengood@internet.ru



Рис. 1. Автопоезд из одного и двух инфобусов на перекрестке

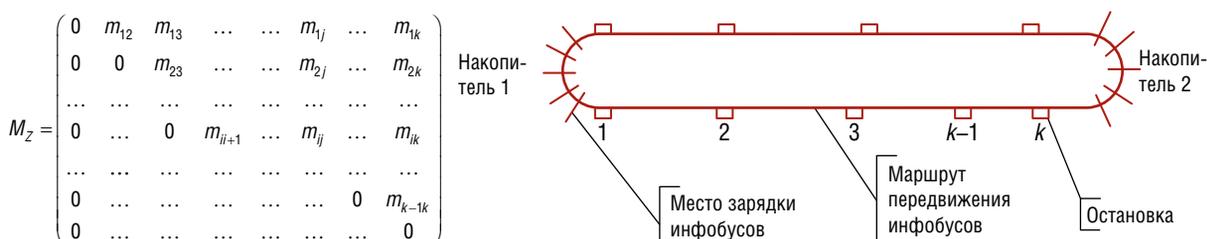


Рис. 2. Матрица корреспонденций и схема маршрута движения инфобусов

Введение

Перед предприятиями, осуществляющими городские пассажирские перевозки, всегда стоит задача оптимизации перевозочной деятельности, достижения ситуации, когда спрос на перевозки совпадал бы с предложением, при минимальных транспортных издержках. С другой стороны, требуется повышение качества обслуживания пассажиров.

Качество пассажироперевозок оценивают регулярностью движения транспортных средств, величиной маршрутного интервала, наполнением транспортных средств (ТС), затратами времени пассажиров на ожидание ТС на остановках, скоростью сообщения [1]. Все эти показатели можно значительно улучшить, внедряя в городские перевозки автоматический транспорт [2].

Автоматический городской пассажирский транспорт

Развитие информационных технологий позволяет пересмотреть концепцию организации и управления современным городским транспортом [3–5]. При этом все разнообразие городских пассажирских транспортных средств может быть упразднено и сведено к одной транспортной единице номинальной вместимости — инфобусу. Инфобус — это беспилотный электрокар небольшой вместимости (до тридцати пассажиров). В зависимости от интенсивности пассажиропотока на маршруте

управляющая ЭВМ (координирующий сервер) высылает на маршрут такое число инфобусов, чтобы суммарный объем их был равен или незначительно превышал объем пассажиропотока. При этом инфобусы собираются в кассеты, состоящие из различного числа единиц (рис. 1). Таким образом можно собрать транспортное средство любой вместимости, требуемое на маршруте в данный момент, быстро и без затрат, так как механические соединения в кассете отсутствуют. Соединение виртуальное, как в автопоездах [6].

Автоматическая транспортная система работает следующим образом. Пассажир, проходя через турникет остановочного пункта и оплачивая проезд, указывает остановку, до которой ему ехать. Так он инициализирует свое появление в системе с требованием на обслуживание и при этом преимущественно безостановочное либо с минимальным числом промежуточных остановок от пункта отправления и до пункта назначения.

Такая транспортная система является адаптивной к пассажиропотоку. Она своевременно и оперативно меняется и подстраивается под пассажиропоток.

Информация с терминалов поступает на координирующий сервер, который формирует матрицу корреспонденций M_Z , $Z = 1, 2, \dots$ (рис. 2), в которой фиксируется каждый прибывающий на остановку пассажир.

В матрице корреспонденций M_Z , $Z = 1, 2, \dots$ каждый элемент m_{ij} определяет число пассажиров, следующих с остановки i на остановку j , $i = \overline{1, k-1}$, $j = \overline{2, k}$. Здесь k — число остановок одного (прямого либо обратного) направления маршрута (рис. 2) [2, 7].

Балансовая модель интересов

Различают два вида потерь перевозочного процесса:

- потери автотранспортного предприятия (АТП), P_A ;
- потери пассажира, P_P .

Потери АТП состоят в недозагрузке транспортного средства (ТС) на маршруте. Полный объем ТС составляет V пассажиров (пассажировместимость). На одного пассажира отводится $\frac{1}{V}$ объема ТС. В случае если в ТС едет r пассажиров ($r < V$), то недозагрузка ТС составляет $(V - r)$. Это потери АТП, выраженные в пассажирах. Умножив $P_A = V - r$ на стоимость проезда, получим эти потери в денежном эквиваленте.

На рис. 3 изображен график потерь АТП. В данной транспортной системе перевозка пассажиров с остановки i , $i = \overline{1, k-1}$ до остановки j , $j = \overline{2, k}$ осуществляется преимущественно без промежуточных остановок либо с минимальным числом таких [2, 7].

На рис. 3 показан процесс снижения потерь по мере заполнения ТС, которое повезет пассажиров безостановочно от остановки i до j . График потерь АТП является ступенчатым, где размер ступеньки $\frac{1}{V}$ указывает на приход на остановку i очередного пассажира до остановки j и снижение потерь АТП на эту величину.

Так, первый пассажир поступает на остановку i в момент времени t_1 (он фиксируется в элементе ij матрицы корреспонденций M_2). В момент времени t_2 к остановке i подошли еще два пассажира, которые конечным пунктом поездки указали остановку j . График потерь АТП сразу понизился на две ступеньки и т.д.

Поступающие на остановку i пассажиры фиксируются в i -строке матрицы корреспонденций M_2 . В некоторый момент времени t_r на остановке i оказалось число пассажиров, едущих до остановки j , равное $r = m_{ij} = a * V$, $a \in [0.8, 1]$. Это является критерием и сигналом к началу перевозки, так как транспортное средство будет до-

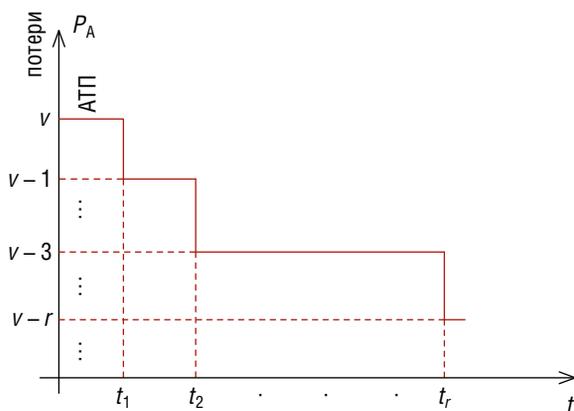


Рис. 3. График потерь АТП

вольно полно загружено пассажирами одной остановки назначения (j) и потери АТП (P_A) минимальны и составляют $V - r$. Единицей измерения потерь является один пассажир (пасс.).

Здесь коэффициент a регулирует уровень наполняемости транспортного средства пассажирами маршрута ij . При достижении требуемого уровня заполнения салона начинается перевозка. Положим, если установили $a = 0.8$, то при 80 % заполнении салона транспортного средства запускается процесс перевозки от остановки i к j .

Рассмотрим потери P_P пользователей ТС (пассажиров). Потери пассажиров P_P состоят в потере времени на ожидание ТС. Потери P_P растут пропорционально времени ожидания с заданным коэффициентом пропорциональности. Также эти потери растут с числом ожидающих на остановке пассажиров.

На рис. 4 представлен график потерь пассажира P_P . Точкой отсчета графика на рис. 4 (так же как и графика на рис. 3) является момент обнуления ячейки ij матрицы корреспонденций M_2 , т.е. ТС загрузилось пассажирами, едущими от i к j , и отправилось с пассажирами по маршруту ij (от i к j). На остановке i не осталось пассажиров ij .

Пассажиры от остановки i к остановке j проезжают без промежуточных остановок. После отправки ТС (инфобус) от остановки i к j начинается новый цикл и новый сбор пассажиров в ячейку ij матрицы корреспонденций M_2 .

Пусть в момент времени t_1 от начала отсчета в систему поступает первый пассажир, который системой фиксируется в ij ячейке матрицы корреспонденций M_2 . Если для расчета потерь P_A транспортного предприятия серверу системы достаточно данных матрицы корреспонденций M_2 , то для расчета потерь пассажира P_P необходимо ввести матрицу событий M_C , в ij -ячейке, которой будет фиксироваться время поступления каждого пассажира маршрута ij на i -остановку. По этим данным специальная программа будет производить расчет затрат P_P для каждой отдельной ячейки матрицы M_C .

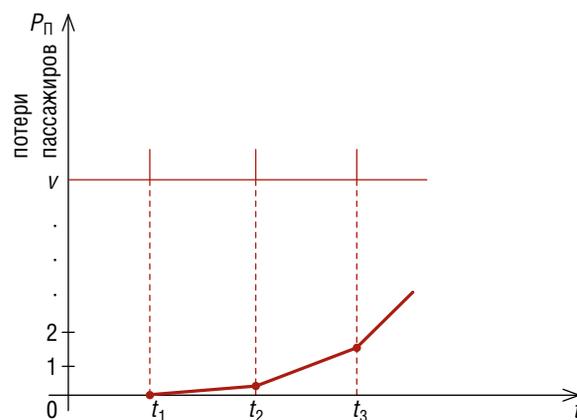


Рис. 4. График потерь пассажира

Чем ближе точка R находится к оси абсцисс Ot (отрезок Rt_r), тем лучший результат перевозки будет как для АТП, так и для пассажиров. Общие потери $P_A + P_{\Pi}$ в точке R равны $2(V - r)$. Таким образом, устанавливать баланс потерь между АТП и пассажирами можно путем задания коэффициента k и времени терпеливого ожидания T .

Заключение

Предложена модель, позволяющая на основе расчетов потерь, которые несут стороны перевозочного процесса (перевозчик и пассажир), определять оптимальный баланс их интересов и организовывать на основе полученных сведений оптимальную пассажирскую перевозку. **ИТ**

Список литературы

1. Гудков В. А., Миротин Л. Б. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. М. : Транспорт, 1997.
2. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // Artificial intelligence. 2019. № 3–4. P. 40–49.
3. Капский Д. В., Семченков С. С., Ларин О. Н. Повышение эффективности применения информации при организации перевозок пассажиров в городах // Наука и техника. 2022. Т. 21, № 4. С. 323–330.
4. Ларин О. Н., Козицкий Ю. Г. Принципы создания скоростных систем городского пассажирского транспорта // Инновационный транспорт. 2014. № 4 (14). С. 14–17. ISSN 2311–164X.
5. Глемба К. В., Ларин О. Н., Лазарев А. К. Современное состояние и развитие интеллектуальных транспортных систем в городах России // Проблемы и перспективы развития Евразийских транспортных систем. 2013. С. 68–71. ISBN 978-5-696-04407-1.
6. Проект Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) [Электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment (дата обращения: 19.02.2019).
7. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19–22 Feb. 2020. Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. P. 349–352.

References

1. Gudkov V. A., Mirotin L. B. Technology, organization and management of passenger automobile transportation. Moscow : Transport, 1997.
2. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // Artificial intelligence. 2019. No. 3–4. P. 40–49.
3. Kapsky D. V., Semchenko S. S., Larin O. N. Improving the efficiency of the use of information in the organization of passenger transportation in cities // Science and Technology. 2022. Vol. 21, No. 4. P. 323–330.
4. Larin O. N., Kozitsky Yu. G. Principles of creating high-speed urban passenger transport systems // Innotrans. 2014. No. 4 (14). P. 14–17. ISSN 2311–164X.
5. Glemba K. V., Larin O. N., Lazarev A. K. The current state and development of intelligent transport systems in Russian cities // Problems and prospects of development of Eurasian transport systems. 2013. P. 68–71. ISBN 978-5-696-04407-1.
6. The Safe Road Trains for the Environment (SARTRE) project. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Safe_Road_Trains_for_the_Environment (accessed: 02/19/2019).
7. Shviatsova A., Shuts V. The Smart Urban Transport System // Research Papers Collection of Open Semantic technologies for Intelligent System, Minsk, 19–22 Feb. 2020. Minsk : Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020. P. 349–352.