

Программа-переводчик транспортных расписаний в машиночитаемый формат для построения и анализа математических моделей

Д.В. Язев^{1✉}, В.В. Костенко²

^{1,2} Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); г. Санкт-Петербург, Россия

¹ denchik_yazik167@mail.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-5573-2116>

² docentkostenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7535-2540>

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются проблемы, связанные с разным восприятием информации человеком и компьютером, в частности, из-за разнообразия возможных способов представления данных о расписаниях маршрутов следования различных видов транспорта. В условиях цифровизации транспортных процессов, когда производится работа с большим количеством исходных сведений, необходим инструмент, позволяющий стать связующим звеном между человеком и машиной.

Цель исследования — разработка программы-переводчика транспортных расписаний из формата, удобного для человека, в формат, удобный для обработки машиной, при изучении транспортных сетей регионов. Решаются задачи анализа различных форм представления расписаний и определения общего формата для подготовки исходных данных, разработка алгоритма работы программы и исследование ее возможной применимости.

Проведен анализ различных веб-сервисов и других источников, предоставляющих информацию о расписаниях движения транспорта. Определены критерии, которым должны удовлетворять исходные данные, на основе которых разработан шаблон, удобный для восприятия человеком. Описан алгоритм работы программы и особенности его построения.

Разработанный программный продукт является дополнением к имеющейся цифровой модели регионального пассажирского сообщения Крыма, которое дает возможность сократить трудоемкость процесса наполнения модели информацией, уменьшить количество ошибок и повысить точность моделирования при создании мультимодальных региональных маршрутов и их дальнейшего анализа.

Ключевые слова: математическая модель; транспортные сети; обработка расписаний; человеко-машинное взаимодействие; цифровизация; мультимодальные перевозки

Для цитирования: Язев Д.В., Костенко В.В. Программа-переводчик транспортных расписаний в машиночитаемый формат для построения и анализа математических моделей // Техник транспорта: образование и практика. 2024. Т. 5. Вып. 4. С. 430–436. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.430-436>.

Original article

A program for translating transport schedules into a machine-readable format for constructing and analyzing mathematical models

Denis V. Iazev^{1✉}, Vladimir V. Kostenko²

^{1,2} Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); Saint Petersburg, Russian Federation

¹ denchik_yazik167@mail.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-5573-2116>

² docentkostenko@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7535-2540>

ABSTRACT

The article considers the problems associated with the different perception of information by humans and computers, in particular, due to the variety of possible ways of presenting data on route schedules for various types of transport. In the context of digitalization of transport processes, when working with a large amount of initial information, a tool is needed that allows you to become a link between a person and a machine.

The purpose of the study is to develop a program for translating transport schedules from a format convenient for a person to a format convenient for machine processing when studying regional transport networks. The problems of analyzing various forms of presenting schedules and determining a common format for preparing initial data, developing an algorithm for the program and studying its possible applicability are solved.

An analysis of various web services and other sources providing information on transport schedules was carried out. The criteria that the initial data must satisfy, on the basis of which a template convenient for human perception was developed, are determined. The algorithm of the program and the features of its construction are described. The developed software product is an addition to the existing digital model of regional passenger communication in Crimea, which makes it possible to reduce the labor intensity of the process of filling the model with information, reduce the number of errors and increase the accuracy of modeling when creating multimodal regional routes and their further analysis.

Keywords: mathematical model; transport networks; schedule processing; human-machine interaction; digitalization; multimodal transportation

For citation: Iazev D.V., Kostenko V.V. A program for translating transport schedules into a machine-readable format for constructing and analyzing mathematical models. *Transport technician: education and practice*. 2024;5(4):430-436. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.430-436>.

ВВЕДЕНИЕ

Опыт составления технической и технологической документации накапливался многие десятилетия до наступления компьютерной эры. Документы, в том числе различного рода таблицы, сделанные «вручную» людьми, удобны для восприятия, но, как правило, не могут быть подвергнуты цифровой обработке без предварительной подготовки [1–3]. Верно и обратное: большинство систем автоматизации, находящихся на сегодняшний день в эксплуатации, имеют малоэффективный человеко-машинный интерфейс, что приводит к снижению скорости восприятия информации оператором, повышению зрительной нагрузки и, как результат, увеличению времени реакции в экстренных ситуациях [4]. Все это в полной мере касается расписаний движения различных пассажирских сообщений, которые нуждаются в цифровой обработке и анализе для решения задач составления сложных пересадочных, мультимодальных маршрутов, оптимизации использования подвижного состава, повышения комфортности перевозок и многих других технико-экономических задач [5–8].

Существует множество вариантов представления расписаний движения того или иного вида транспорта. Способ отображения расписаний, а также выбор необходимой для этого информации зависит от целей и задач. Один из наиболее распространенных вариантов, который применяется при составлении служебных расписаний движения поездов, представлен на рис. 1. Главным его преимуществом является удобство восприятия

человеком, так как он дает наиболее полную информацию о маршруте следования конкретного поезда.

В случаях, когда требуется предоставить информацию пассажирам, достаточно иметь сведения только об остановках по маршруту следования. При этом сервисы по продаже билетов по-разному преподносят такую информацию. Например, она может быть приведена в формате, показанном на рис. 2 для железнодорожного транспорта, или на рис. 3 — для автомобильного транспорта.

Иная ситуация складывается для воздушного транспорта. Как правило, авиарейсы не имеют

СКОРЫЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА (СОСТАВ ЭП2Д, ЭД4М) ПРИГОРОДНЫЙ СКОРЫЙ ЕЖЕДНЕВНО									
П. № 7139 СИМФЕРОПОЛЬ – СЕВАСТОПОЛЬ ОБЩЕЕ ВРЕМЯ В ПУТИ: 1.50					П. № 7140 СЕВАСТОПОЛЬ – СИМФЕРОПОЛЬ ОБЩЕЕ ВРЕМЯ В ПУТИ: 1.33				
Приб.	Ст.	Отпр.	Раздельные пункты	Км	Код ЭЗ	Приб.	Ст.	Отпр.	
–	–	16.00	СИМФЕРОПОЛЬ	1463,0	2078001	15.18	–	–	–
–	–	16.10	ЧИСТЕНЬКАЯ	1470,2	2078844	–	–	15.09	–
–	–	16.14	о.п.1473 км	1472,6	2078040	–	–	15.07	–
–	–	16.18	пл.1479 км	1478,0	2078291	–	–	15.03	–
–	–	16.22	ПОЧТОВАЯ	1481,6	2078723	–	–	14.58	–
–	–	16.25	пл.1486 км	1485,2	2078142	–	–	14.54	–
–	–	16.29	САМОХВАЛОВО	1489,0	2078846	–	–	14.50	–
16.35	1	16.36	БАХЧИСАРАЙ	1495,1	2078895	14.42	1	14.43	–
–	–	16.41	пл.1501 км	1501,0	2078143	–	–	14.37	–
–	–	16.43	СИРЕНЬ	1502,6	2078823	–	–	14.35	–
–	–	16.49	о.п.1509 км	1508,4	2078041	–	–	14.29	–
16.54	1	16.55	ВЕРХЕСАДОВАЯ	1512,3	2078724	–	–	14.25	–
17.01	1	17.02	о.п.1518 км	1517,9	2078066	–	–	14.20	–
17.07	2	17.09	МЕКЕНЗИЕВЫ ГОРЫ	1521,8	2078726	14.13	2	14.15	–
–	–	17.18	о.п.1529 км	1528,8	2078077	–	–	14.04	–
–	–	17.21	пл.1531 км	1530,9	2078201	–	–	14.01	–
17.24	14	17.38	ИНКЕРМАН-1	1532,7	2078733	13.57	1	13.58	–
17.50	–	–	СЕВАСТОПОЛЬ	1540,5	2078750	–	–	13.45	–

Рис. 1. Фрагмент из служебного расписания движения пригородного поезда № 7139/7140

Маршрут движения поезда № 008*А

Станция	Приб.	Стоянка	Отпр.
Санкт-Петербург-Главный (Московский вокзал)			28.08.2024 17:15
Показать 13 станций			
Керчь-Южная Новый Парк	00:43	5 мин	00:48
Багерово	01:03	2 мин	01:05
Сень Колодезей	01:47	5 мин	01:52
Владиславовка	02:22	5 мин	02:27
Джанкой	03:50	25 мин	04:15
Симферополь Пасс	05:30	20 мин	05:50
Бахчисарай	06:27	2 мин	06:29
Севастополь	30.08.2024 07:25		

Все остановки указаны по местному времени.

Рис. 2. Фрагмент расписания движения поезда № 8, представленный на сайте ОАО «РЖД»

Маршрут автобуса Краснодар — Севастополь

Данный вариант расписания действует: только 30 июня, 2, 6, 8, 10, 12 июля

6 июля СБ 8 июля ПН 10 июля СР 12 июля ПТ

Указано местное время В пути 11 ч 10 мин

Станция	Прибытие	Стоянка	Отправл.	Время в пути
6 июля • Московское время				
Краснодар-1 (Центральный автовокзал)	—	—	15:20	—
Славянск-на-Кубани	17:20	10 мин	17:30	2 ч
Темрюк, автостанция	18:50	1 мин	18:51	3 ч 30 мин
Керчь, автовокзал	20:25	1 мин	20:26	5 ч 5 мин
Феодосия, автостанция	22:30	1 мин	22:31	7 ч 10 мин
7 июля				
Симферополь, Центральный автовокзал	00:35	1 мин	00:36	9 ч 15 мин
Севастополь, автовокзал	02:30	—	—	11 ч 10 мин

Рис. 3. Расписание движения автобуса по маршруту Краснодар – Севастополь, представленный на сервисе «Яндекс. Расписание»

Санкт-Петербург — Адлер

4 ч 25 мин общее время в пути

Рейс выполняет компания: Россия

11:00 Пулково (LED)	Багаж Без багажа
18 июля, чт Санкт-Петербург	Ручная кладь 1 место до 10 кг, с размерами до 55 × 40 × 25 см.
15:25 Сочи (Адлер) (AER)	Обмен Разрешен
18 июля, чт Адлер	Возврат Не входит в стоимость

Рейс 6559 Аэрофлот А319

Рис. 4. Расписание рейса 6559 по маршруту Санкт-Петербург – Сочи (Адлер), представленный на сайте авиакомпании «Аэрофлот»

промежуточных остановок, а значит, достаточно предоставить информацию о месте и времени вылета и прилета (рис. 4).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В случае организации маршрутов мультимодальных перевозок возникает необходимость в поиске наиболее удобных для пассажиров маршрутов по действующим расписаниям с последующей их корректировкой, а также создание новых вариантов маршрутов. С целью обработки этой информации по сетям пассажирских сообщений была разработана цифровая модель регионального пассажирского сообщения [9, 10] в рамках научных исследований транспортных сетей Республики Крым.

При наполнении модели сведениями о сотнях рейсов по маршрутам следования различных видов транспорта выявлено, что формат отображения данных, удобных для программирования, ненаглядный и неудобный для человеческого восприятия и, следовательно, делает его непригодным для дальнейшего взаимодействия оператора с введенными сведениями. Кроме того, процесс наполнения модели из разнокалиберных расписаний достаточно трудоемкий и может привести к ошибкам. В связи с различиями человеческого и машинного восприятия информации, в том числе связанными с большими объемами и необходимостью представления данных в наиболее удобном для обработки на ЭВМ формате, потребовалось разработать программный продукт, который позволит «перевести» расписание из формата, удобного для человека, в расписание, удобное для обработки машиной.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подготовка исходных данных

При разработке программы одной из задач является определение формата представления исходных данных. Так как речь идет об обработке большого количества расписаний движения транспорта и большом разнообразии маршрутов следования, исходные сведения должны удовлетворять следующим критериям:

- общий вид представления информации должен быть понятным и легко читаемым для человека;
- исходные данные должны быть представлены в одинаковой табличной форме, независимо от вида транспорта, маршрута следования и количества рейсов по маршруту;
- сведения должны быть сгруппированы по маршрутам и видам транспорта;

Маршрут туда:
а — автобус
Ба — Бахчисарай
Ал — Алушта
Ял — Ялта

Маршрут обратно:
а — автобус
Ял — Ялта
Ал — Алушта
Ба — Бахчисарай

Номера рейсов в прямом направлении

Номера рейсов в обратном направлении

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	а-Ба-Ал-Ял				Узлы	а-Ял-Ал-Ба				
2										
3	Приб.	Отпр.	Приб.	Отпр.	Ба	Приб.	Отпр.	Приб.	Отпр.	
4	6:55	7:00	9:05	7:50	СнЦ	19:09	18:25	18:03	21:59	
5	7:55	8:00	10:05	10:10	Ал	18:25	18:03	21:15	21:20	
6	8:34		10:44		Ял	17:05	17:10	19:40	19:45	
7							16:35		19:10	
8										
9										

Расписание рейсов в прямом направлении

Остановки на маршруте

Расписание рейсов в обратном направлении

Рис. 5. Формат исходных данных

- расписания не должны быть перегружены информацией.

Несмотря на удобство восприятия форм расписания, представленных на рис. 1–4, целесообразно, согласно указанным выше критериям, группировать информацию по различным видам транспорта в отдельные табличные книги, внутри которых производить группировку по маршрутам следования.

При организации мультимодальных перевозок в расписаниях должны быть отражены основные остановки (станции) в местах образования и погашения пассажиропотоков и пункты возможных пересадок (узлы). Наличие сведений о промежуточных остановочных пунктах, не входящих в список рассматриваемых в качестве узлов, в этом случае нецелесообразно. Кроме того, из-за сбора исходных сведений из различных источников, крайне необходим единый формат файла, в котором будут собраны все интересующие расписания.

Для формирования исходных данных наиболее применимы средства Microsoft Excel, так как они удобны при построении и обработке табличной информации. Дополнительно для повышения компактности представляемой информации применялись условные сокращения названий маршрутов и узлов. Принятый вариант представления исходных данных показан на рис. 5.

Пример, приведенный на рис. 5, имеет следующую информацию:

- список остановочных пунктов (узлов);
- название маршрута туда и обратно;
- номера рейсов для рассматриваемого маршрута;
- время прибытия и отправления по каждому узлу для каждого рейса.

На каждом листе файла с исходными данными находятся сведения по конкретному маршруту, а файл составлен для конкретного вида транспорта.

Таким образом, выбранный формат позволяет облегчить работу с исходными сведениями непосредственно перед преобразованием их в конечный формат для моделирования.

Алгоритм работы программы преобразования расписаний для упрощения обработки на ЭВМ

Программа разработана для быстрого автоматического преобразования большого количества расписаний движения по различным маршрутам, представленных в привычной для восприятия людьми форме, в формат, позволяющий обрабатывать эти сведения на ЭВМ, и может быть применена при оптимизации транспортных сетей и мультимодальных маршрутов. Программа имеет государственную регистрацию (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2024668209 от 06.08.2024).

Программа дает возможность указания файла с исходными данными в формате *.xls и *.xlsx с дополнительным выбором вида транспорта и создания файла с преобразованными сведениями. Также присутствует возможность добавления новой информации в уже имеющийся файл с результатами.

Так как для работы с исходными данными применялись средства Microsoft Excel, то целесообразным являлось написание кода программы в среде Visual Basic for Applications (VBA), встроенного в Microsoft Excel для написания макросов [11, 12].

Программа считывает расписания со всех листов из исходного файла, после чего переносит их в одну общую таблицу в конечном Excel файле. В новой таблице сохраняются все сведения о виде транспорта, маршруте следования, рейсе, времени прибытия и отправления по каждому остановочному пункту, а также следующей по ходу остановки по всем рейсам и остановочным пунктам в отдельности. Алгоритм работы программы представлен на рис. 6.

В начале работы в программу необходимо внести исходную информацию. Для этого при запуске пользователю предлагается указать файл, оформленный в соответствии с примером на рис. 5, из которого будут считываться данные, и указать файл, в который будут добавлены преобразованные сведения (либо создать новый файл), а также выбрать вид транспорта из предлагаемого списка

(блок 2). Окно для ввода исходных данных представлено на рис. 7.

После указания исходной информации программа начинает перебор листов, согласно блокам 3, 4 и 11, и для каждого листа будут выполнены операции в блоках с 5-го по 10-й.

Определение размерности таблиц с расписанием (блок 5), а также поиск столбца «Узлы» (блок 6) необходимы для проверки правильности введенных данных. В случае, если при создании файла с исходными сведениями была совершена ошибка, программа также выдаст ошибку. На этих этапах при отсутствии ошибок будут установлены границы таблицы с расписанием, что даст для программы возможность определять местоположение данных о маршруте следования в прямом и обратном направлении, названиях узлов, номерах рейсов на этом маршруте. Сведения записываются в соответствующие переменные (блок 7).

Далее необходимо преобразовать формат времени, используемый при создании расписаний, в формат с разделительной запятой (блок 8), который применяется в построенной модели регионально-пассажирского сообщения Крыма. Потребность в таких преобразованиях связана с особенностями программы Excel [13] и обусловлена исключением неконтролируемого автоматического преобразования информации. Например, возникают трудности с расписаниями, в которых происходит переход на следующие сутки, что в этом формате может привести к ошибкам. В связи с этим целесообразным

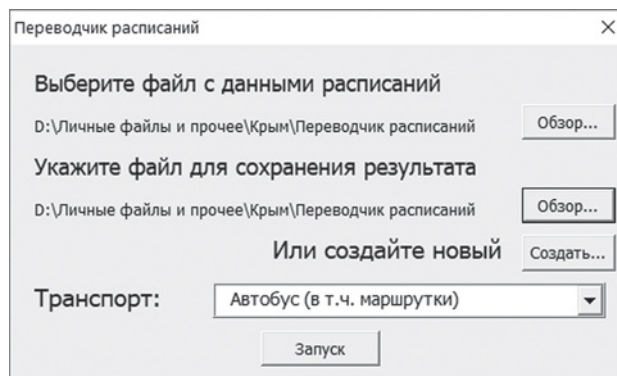


Рис. 7. Окно для ввода исходных данных

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Населенный пункт	Название остановки	Вид транспорта	Маршрут	Рейс	Время прибытия, ДН,Ч,М	Время отправления	Направление на НП	Направление на остановку	
1	Ба	а	а	а-Ба-Ал-Ял	1	1,5,40	Сул	а		
2	Ба	а	а	а-Ба-Ал-Ял	2	1,7,50	Сул	а		
3	Сул	а	а	а-Ба-Ал-Ял	1	1,6,55	Ал	а		
4	Сул	а	а	а-Ба-Ал-Ял	2	1,9,05	Ал	а		
5	Ал	а	а	а-Ба-Ал-Ял	1	1,7,55	Ял	а		
6	Ал	а	а	а-Ба-Ал-Ял	2	1,10,05	Ял	а		
7	Ял	а	а	а-Ба-Ал-Ял	1	1,8,34				
8	Ял	а	а	а-Ба-Ал-Ял	2	1,10,44				
9	Ял	а	а	а-Ял-Ал-Ба	1	1,16,35	Ал	а		
10	Ял	а	а	а-Ял-Ал-Ба	2	1,19,10	Ал	а		
11	Ал	а	а	а-Ял-Ал-Ба	1	1,17,05	Сул	а		
12	Ал	а	а	а-Ял-Ал-Ба	2	1,19,40	Сул	а		
13	Сул	а	а	а-Ял-Ал-Ба	1	1,18,25	Ял	а		
14	Сул	а	а	а-Ял-Ал-Ба	2	1,21,15	Ял	а		
15	Ба	а	а	а-Ял-Ал-Ба	1	1,19,09				
16	Ба	а	а	а-Ял-Ал-Ба	2	1,21,59				
17	Кел	а	а	а2-Кр-Ял	1	1,1,31	Фе	а		
18	Фе	а	а	а2-Кр-Ял	1	1,3,51	Сул	а		
19	Сул	а	а	а2-Кр-Ял	1	1,5,36	Ал	а		
20	Ал	а	а	а2-Кр-Ял	1	1,6,41	Ял	а		
21	Ял	а	а	а2-Кр-Ял	1	1,7,03				
22	Кел	а	а	а-Кр-Се	1	1,14,01	Фе	а		
23	Кел	а	а	а-Кр-Се	2	1,20,26	Фе	а		
24	Кел	а	а	а-Кр-Се	3	1,16,10	Фе	а		
25	Фе	а	а	а-Кр-Се	1	1,16,06	Сул	а		
26	Фе	а	а	а-Кр-Се	2	1,22,26	Сул	а		
27	Фе	а	а	а-Кр-Се	3	2,2,00	Сул	а		
28	Сул	а	а	а-Кр-Се	1	1,18,26	Се	а		
29	Сул	а	а	а-Кр-Се	2	2,0,36	Се	а		
30	Сул	а	а	а-Кр-Се	3	2,4,36	Се	а		
31	Се	а	а	а-Кр-Се	1	1,20,20				

Рис. 8. Результат работы программы по преобразованию исходного расписания

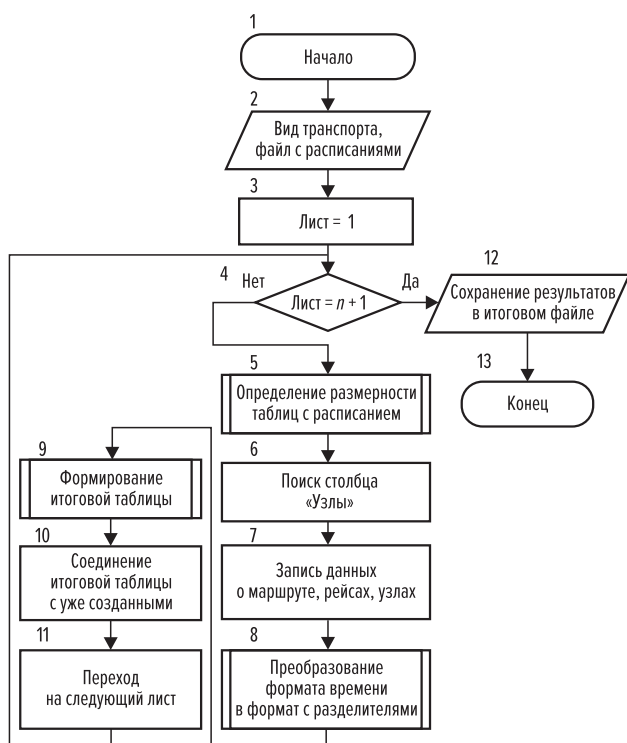


Рис. 6. Алгоритм работы программы

является переход к текстовому формату данных, так как в нем отсутствуют подобные автоматические преобразования, в том числе, связанные с любыми математическими операциями.

Особенность применяемого формата заключается в том, что время отделяется не двоеточием, а запятыми, причем дополнительно указываются и случаи перехода на новые сутки. Например, запись 1,23,12 соответствует 23 ч 12 мин первых суток, а запись 2,01,23 — 1 ч 23 мин следующих суток. Это также видно в результате работы программы, представленном на рис. 8.

В блоке 9 выполняются операции по объединению сведений, полученных в блоках 7 и 8. Формируется фрагмент итоговой таблицы по данному листу с расписанием, после чего он присоединяется к уже готовым фрагментам (блок 10).

По результатам работы программы в итоговом файле сохраняются данные со всех листов исходного файла в преобразованном для модели виде (блок 12). Результат работы программы показан на рис. 8.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная программа преобразования расписаний для упрощения обработки на ЭВМ дает возможность ее использования при работе с большим количеством расписаний движения транспорта при оптимизации транспортных сетей и мультимодальных маршрутов с применением цифровой модели регионального пассажирского сообщения. Иными словами, разработанный программный продукт является дополнением к цифровой модели, которое обеспечивает связь между человеческим и машинным восприятием информации. Полезный эффект проявляется в снижении

трудоемкости процесса заполнения модели данными и количества допущенных пользователем ошибок, что свидетельствует о повышении точности моделирования для создания мультимодальных региональных маршрутов. Программа разработана в ПГУПС и использована для заполнения математических моделей исходными сведениями при выполнении научно-исследовательской работы на тему «Определение условий повышения востребованности железнодорожных пассажирских перевозок на территории Республики Крым и города Севастополя на основании изучения эластичности и моделирования спроса» в соответствии с государственным заданием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макиша Е.В. Анализ методов перевода требований нормативно-технической документации в машиночитаемый формат для проверки информационных моделей строительных объектов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. Т. 7. № 2 (25). С. 339–350. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.25.2.028. EDN TRHLQE.
2. Savelyev B.I., Skoryukina N.S., Arlazarov V.V. A Method for Machine-Readable Zones Location Based on a Combination of the Hough Transform and the Search for Feature Points // Bulletin of the South Ural State University. Series "Mathematical Modelling, Programming and Computer Software". 2022. Vol. 15. Issue 2. Pp. 100–110. DOI: 10.14529/mmp220208. EDN AMJMXK.
3. Лахтин С.Е., Цимбал В.А., Амелёнков А.А. Классификация форматов данных электронных документов для сериализации правовых актов в машиночитаемой форме // Правовая информатика. 2023. № 3. С. 75–88. EDN RDXGWO.
4. Волощук В.А., Некрашевич О.В., Ханко А.О. Методы высокоэффективного людино-машинного интерфейсу // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. 2020. Т. 12. № 4. С. 12–21. DOI: 10.15673/atbp.v12i4.1930
5. Акифьева И.А., Войтенков С.С. Согласование расписаний автобусных маршрутов в областных пассажирских перевозках // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 9. С. 31–37. DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-9-31-37. EDN TQVVTB.
6. Вакуленко С.П., Айсина Л.Р., Шмаль В.Н., Насыбуллин А.М. Расписание движения поездов с учетом удобства

пересадки для пассажиров // Экономика железных дорог. 2022. № 4. С. 67–74. EDN MAQPSK.

7. Андронов С.А., Ульячева О.В. Синхронизация расписаний в пересадочном узле в среде PTV Visum // Системный анализ и логистика. 2022. № 2 (32). С. 73–87. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-73-87. EDN IUYPQJ.

8. Горяев Н.К., Мячков К.Ю., Пеньковская Т.В., Бандурко С.О. Автоматизация составления расписания движения при межмуниципальных перевозках пассажиров // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2020. Т. 14. № 3. С. 188–192. DOI: 10.14529/em200320. EDN MPZEZY.

9. Костенко В.В., Голубцов В.А. Модель региональной транспортной сети для построения рациональных мультимодальных маршрутов пассажирских перевозок // Бюллетень результатов научных исследований. 2023. № 4. С. 158–172. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-4-158-172. EDN DZRYGW.

10. Kostenko V.V., Golubtsov V.A., Pank R.V., Shmidt A.O. Optimization of regional transport networks based on a mathematical model of passenger preferences // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 2131. Issue 3. P. 032101. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/3/032101

11. Кудрявцев Н.Г., Кудин Д.В., Беликова М.Ю. Программирование на VBA MS Excel: учебное пособие. Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2015. 116 с.

12. КиберФорум — форум программистов, компьютерный форум, программирование. 2024. URL: <https://www.cyberforum.ru>

13. Планета Excel. 2024. URL: <https://www.planetaexcel.ru/>

REFERENCES

1. Makisha E.V. Analysis of methods of regulation requirements translation into machine-readable format for verification of building information models. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(2):339–350. DOI: 10.26102/2310-6018/2019.25.2.028. EDN TRHLQE. (In Russ.).

2. Savelyev B.I., Skoryukina N.S., Arlazarov V.V. A Method for Machine-Readable Zones Location Based on a Combination of the Hough Transform and the Search for Feature Points. *Bulletin of the South Ural State University. Series "Mathematical Modelling, Programming and Computer Software"*. 2022;15(2):100–110. DOI: 10.14529/mmp220208. EDN AMJMXK.

3. Lakhtin S., Tsimbal V., Amelenkov A. Classification of data formats for electronic documents for serialisation of legal regulations in machine-readable form. *Legal Informatics*. 2023;3:75-88. EDN RDXGWO. (In Russ.).
4. Voloshchuk V.A., Nekrasevich O.V., Hanko A.O. Methods of a highly efficient human-machine interface. *Automation of Technological and Business Processes*. 2020;12(4):12-21. DOI: 10.15673/atbp.v12i4.1930
5. Akifueva I.A., Voytenkov S.S. Coordination of bus route schedules in regional passenger transport. *T-Comm*. 2020;14(9):31-37. DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-9-31-37. EDN TQVVTB. (In Russ.).
6. Vakulenko S.P., Aisina L.R., Shmal V.N., Nasybullin A.M. Train timetable taking into account the convenience of transfer for passengers. *Economics of Railways*. 2022;4:67-74. EDN MAQPSK. (In Russ.).
7. Andronov S.A., Ulvacheva O.V. Synchronization of schedules at the transfer hub in the PTV Visum environment. *System Analysis and Logistics*. 2022;2(32):73-87. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-2-73-87. EDN IUYPQJ. (In Russ.).

8. Goryaev N.K., Myachkov K.Yu., Penkovskaya T.V., Bandurko S.O. Automation of traffic schedule for intermunicipal passenger transportation. *Bulletin of SUSU. Series "Economics and Management"*. 2020;14(3):188-192. DOI: 10.14529/em200320. EDN MPZEZY. (In Russ.).
9. Kostenko V., Golubcov V. A model of the regional transport network for constructing rational multimodal passenger traffic routes. *Bulletin of Scientific Research Results*. 2023;4:158-172. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-4-158-172. EDN DZRYGW. (In Russ.).
10. Kostenko V.V., Golubtsov V.A., Pank R.V., Shmidt A.O. Optimization of regional transport networks based on a mathematical model of passenger preferences. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2131(3):032101. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/3/032101
11. Kudryavtsev N.G., Kudin D.V., Belikova M.V. *Programming in VBA MS Excel: textbook*. Gorno-Altaysk, RIO GAGU, 116;2015. (In Russ.).
12. *The forum of programmers and sysadmins Cyberforum*. 2024. URL: <https://www.cyberforum.ru/> (In Russ.).
13. *Planet Excel*. 2024. URL: <https://www.planetaexcel.ru/> (In Russ.).

Об авторах

Денис Викторович Язев — аспирант кафедры «Железнодорожные станции и узлы»; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; SPIN-код: 9793-0549, ORCID: 0000-0002-5573-2116; denchik_yazik167@mail.ru;

Владимир Васильевич Костенко — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы»; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; SPIN-код: 2550-5115, Scopus: 57430957100, ORCID: 0000-0002-7535-2540; docentkostenko@yandex.ru.

Bionotes

Denis V. Iazev — postgraduate student of the Department of "Railway Stations and Junctions"; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; SPIN-code: 9793-0549, ORCID: 0000-0002-5573-2116; denchik_yazik167@mail.ru;

Vladimir V. Kostenko — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of "Railway Stations and Junctions"; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky pr., St. Petersburg, 190031, Russian Federation; SPIN-code: 2550-5115, Scopus: 57430957100, ORCID: 0000-0002-7535-2540; docentkostenko@yandex.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Денис Викторович Язев, denchik_yazik167@mail.ru.

Corresponding author: Denis V. Iazev, denchik_yazik167@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 15.08.2024; одобрена после рецензирования 20.09.2024; принята к публикации 28.10.2024.

The article was submitted 15.08.2024; approved after reviewing 20.09.2024; accepted for publication 28.10.2024.