УДК 519.852.33
DOI: 10.53015/18159958_2025_21_2_76

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРАВИЛ К ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК

APPLICATION OF THE GENETIC ALGORITHM BASED ON PRODUCTION RULES TO THE TRANSPORTATION PLANNING PROBLEM

©2025

Боровкова Галина Сергеевна[1,3], кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и системного анализа
Елетин Евгений Васильевич[2,5], директор
Погодаев Анатолий Кирьянович[1,4], доктор технических наук, профессор кафедры прикладной математики и системного анализа
Borovkova Galina Sergeevna[1,3], Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Applied Mathematics Department and systems analysis
Eletin Evgeny Vasil'evich[2,5], Director
Pogodaev Anatoly Kiryanovich[1,4], Doctor of Technical Sciences, Professor of the Applied Mathematics Department and systems analysis

[1]Липецкий государственный технический университет, Липецк (Россия)
[2]ООО «Центр корпоративных решений», Липецк (Россия)
[1]Lipetsk State Technical University, Lipetsk (Russia)
[2]Corporate Solutions Center LLC, Lipetsk (Russia)

E-mail: haligh@mail.ru [3]ORCID: https://orcid.org/0009-0004-9851-6634
E-mail: pak@stu.lipetsk.ru [4]ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4049-2199
E-mail: eletin_ev@cscentr.co [5]ORCID: https://orcid.org/0009-0003-1649-8413

Аннотация: Задачи планирования перевозок относятся к категории NP-полных задач, это означает, что время решения такой задачи полиномиально зависит от ее размерности. Генетические алгоритмы являются универсальным инструментом для решения различных задач, в том числе оптимизационных. В данной работе представлено применение классического генетического алгоритма к решению задачи планирования перевозок на примере планирования расписания движения железнодорожного транспорта для горнодобывающего предприятия, отличающегося применением продукционных правил в качестве функции выживаемости особей.

Ключевые слова: математическое моделирование, генетические методы оптимизации, целочисленное программирование, задачи железнодорожного планирования, теория расписаний, организация перевозок, организация движения поездов.

Для цитирования: Боровкова, Г.С. Применение генетического алгоритма на основе продукционных правил к задаче планирования перевозок / Г.С. Боровкова, Е.В. Елетин, А.К. Погодаев // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2025. – Т. 21, № 2 (78). – С. 76-84. – DOI 10.53015/18159958_2025_21_2_76.

Abstract: Transportation planning problems belong to the category of NP-complete problems, which means that the solution time of such a problem depends polynomially on its dimensionality. Genetic algorithms are a universal tool for solving various problems, including optimization problems. This paper presents the application of a classical genetic algorithm to the transportation planning problem, using the example of scheduling railroad transportation for a mining enterprise, which is characterized by the use of production rules as the survival function of individuals.

Keywords: mathematical modeling, genetic optimization methods, integer programming, railway planning problems, schedule theory, transportation organization, train traffic organization.

For citation: Borovkova, G.S. Application of genetic algorithm on the basis of production rules to the transportation planning problem / G.S. Borovkova, E.V. Yeletin, A.K. Pogodaev // Vesti of Higher Educational Institutions of the Chernozem region. – 2025. – Vol. 21, № 2 (78). – P. 76-84. – DOI 10.53015/18159958_2025_21_2_76.

ВВЕДЕНИЕ

Задачи поиска оптимального решения часто возникают в науке, технике и в любой другой области человеческой деятельности: при моделировании реальных процессов, при синтезе систем управления, идентификации, анализе данных и других областях, где необходимо получить экстремум целевой функции на множестве допустимых параметров [1]. Поиск оптимального решения для задачи планирования перевозок относится именно к такой категории. Получить точное решение такой задачи можно и с помощью простого перебора или перебора со склеиванием вершин, однако при больших размерах получить решение за приемлемое время невозможно. Одним из подходов к сокращению времени поиска решения может выступать эвристический алгоритм, такой как генетический алгоритм [2]. Он позволяет находить субоптимальное решение, но за ограниченное время. Такой подход является еще более актуальным в связи с необходимостью непрерывного планирования с учетом меняющихся с течением времени условий.

В статье приведена адаптация классического генетического алгоритма к решению задачи планирования перевозок, а также численный пример решения задачи планирования расписания движения железнодорожного парка горнодобывающего предприятия с использованием набора продукционных правил в качестве функции выживаемости особей. Продукционные правила представляют собой конструкцию типа «если – то», что является прямым описанием логических выводов, возникающих при решении поставленной задачи.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассматриваемая железнодорожная транспортная сеть включает N станций, между которыми осуществляются перевозки грузовых вагонов. Имеется множество заказов на перевозку грузов. Каждый заказ характеризуется станцией отправления, станцией назначения и имеет определенный директивный вес. Расписание движения каждого состава состоит из последовательности времён прибытия на каждую станцию и времён отбытия с каждой станции на маршруте следования поезда.

Для данной постановки задачи решением является последовательность состояний локомотивов, приводящая к выполнению заданного набора заказов с наименьшим временем выполнения всех заказов. Возможны следующие состояния для локомотивов – движение с заказами, ожидание, холостой ход.

Введем следующие обозначения:

– n – общее количество станций;

– m – общее количество локомотивов;

– $k=\{k_{uv}\}$ – вектор выполненных заказов, где k_{uv} – количество доставленных локомотивом заказов с u-ой станции отправления на v-ую станцию назначения;

– $t \in T$ – момент времени в расписании локомотива;

– s – станция расположения локомотива;

– S (s, t, k) – состояние локомотива в соответствующий момент времени.

В качестве функционала качества будем использовать время завершения всех зака-

зов, а в качестве целевой функции его минимум:

$$F=\min_{s\in S} t_{end},$$

где t_{end} – время завершения последнего заказа, S – все возможные наборы характеристик состояния локомотива, представляющие собой массив.

Требуется найти такой набор состояний локомотива, при котором время выполнения всех заказов будет минимальным. Решение представляет собой последовательность состояний S (s, t, k).

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК

Генетические оптимизационные методы широко известны науке еще с середины XX века, описание базовых терминов и подходов можно найти в литературе, например, в [1, 2, 4]. В рамках данной работы приведем адаптацию генетических алгоритмов к задаче планирования перевозок.

В качестве оптимизационной задачи рассмотрим задачу логистического типа, когда необходимо составить расписание движения локомотивов по железнодорожной сети с целью выполнения заказов по перевозке грузов [5, 6]. В рамках данной работы остановимся на вещественном кодировании.

Предлагается рассматривать хромосомы (расписание) в виде последовательности вершин, по которой перемещается локомотив. При этом время, перевезенные вагоны и счетчик холостых ходов рассчитываем после скрещивания как критерий определения жизнеспособности хромосомы-потомка.

В нашей задаче в качестве гена рассматривается станция, на которой находится локомотив в заданный момент времени.

Функция выживаемости (пригодности) представляет собой продукционную модель. Пусть u и v – начальная и конечная станции расположения локомотива соответственно (два соседних гена в хромосоме). Тогда введем следующие продукционные правила:

– Если существует путь из u в v, ищем соответствующий заказ.

– Если заказ из u в v существует, выполняем его и уменьшаем на грузоподъемность локомотива. Увеличиваем текущее время t на время выполнения заказа.

– Если заказ из u в v не существует, проверяем, появится ли он. Если появится, то ожидаем и увеличиваем текущее время. Иначе говоря, осуществляем перемещение локомотива из u в v без выполнения заказа (холостой ход) и увеличиваем время на единицу, равную времени перемещения.

– Если путь из u в v не существует, особь признается нежизнеспособной.

Для особей, признанных выжившими по продукционным правилам, рассчитываем относительную пригодность как функцию, обратную времени окончания выполнения всех заказов:

$$ОП_i=\frac{1}{t_i}, \quad (1)$$

где i – номер хромосомы, i=1, …, n, n – размер популяции.

При этом для вычисления вероятности отбора хромосомы в будущую популяцию будем использовать формулу:

$$P_i=\frac{ОП_i}{\sum_{i=n}^{i=1} ОП_i}. \quad (2)$$

В данной работе будем использовать селекцию усечением. В этом способе селекции хромосомы сортируются в соответствии со значением ОП [7]. В родительскую популяцию отбираются только лучшие хромосомы, у которых ОП превышает заданный порог. Остальные хромосомы отбрасываются.

Используем различные способы скрещивания, основанные в т. ч. и на ОП.

Оператор мутации реализован инверсией, где два случайно выбранных последовательных гена хромосомы меняются местами между собой [8]. Первый ген не будет участвовать в мутации, поскольку начальное положение локомотивов фиксировано. При таком способе мутации возможно получение некорректного решения, которое после оценки выживаемости признается нежизнеспособным, так как перегоны существуют не у каждой пары станций.

ПРИМЕР РАБОТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

На заданном графе железнодорожной сети G = (N, E), вершины которого соответствуют станциям, N – их общее число, а ребра – перегонам между станциями, E – их общее число, каждой вершине (станции) ставятся в соответствие заказы (вагоны), которые необходимо перевести на другие станции. Локомотив имеет ограниченную грузоподъемность. Необходимо составить такое расписание, чтобы все заказы были выполнены за наименьшее время.

Пусть один локомотив обслуживает три станции, расположенные по кругу. Схема расположения вершин представлена на рис.1. В каждый момент времени локомотив может находиться в одном из четырех состояний. Если локомотив перевозит заказ со станции отправления на станцию назначения, то он находится в состоянии «доставка». Если локомотив находится на станции, не выполняя никаких заказов, то он находится в состоянии «ожидание». Несколько ожиданий подряд допустимо. Если локомотив движется из одной станции в другую, при этом не перевозя грузов, то он находится в состоянии «холостой ход». Два и более холостых ходов подряд недопустимо. Если локомотив не функционирует, его состояние – «простой».

Пусть заданы станции отправления – 1 и 2, станции назначения – 2 и 3, маршруты следования – 12 (то есть со станции 1 на станцию 2), 13, 23. Заказы поступают на станции отправления в моменты времени 1 и 3, размер одного заказа равен 1 единице, грузоподъемность локомотива равна 2 единицам. Требуется найти расписание, при котором все заказы будут выполнены за наименьшее время.

Такая постановка задачи не является сложной для решения методом перебора, но она выбрана для того, чтобы продемонстрировать эффективность алгоритма. Решение методом перебора продемонстрировано в [9, 10], при этом известно, что возможно всего 45 различных маршрутов движения.

Для демонстрации работы алгоритма выберем небольшую начальную популяцию размером 4-й хромосомы. В табл. 1 приведен пример исходной популяции со значением функции относительной пригодности, рассчитанной по формуле (1) (столбец ОП) и с вероятностью отбора хромосомы (P) с точностью до 0,01, рассчитанной по формуле (2). Строка S – это и есть маршрут, то есть последовательность станций на пути локомотива, t – это момент времени, в который локомотив оказался в станции S, k12, k13 и k23 – количество выполненных заказов в данный момент времени по заданному направлению.

Приступим к процедуре скрещивания. Наибольшее значение вероятности отбора у 1-й и 4-й хромосом, но их скрещивание даст копию родителей, поэтому будем скрещивать другие хромосомы.

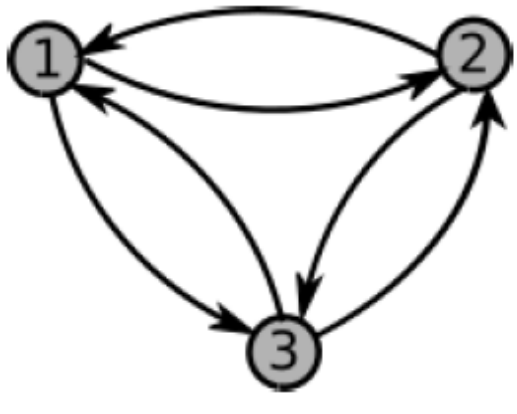


Рис. 1. Схема расположения вершин
Fig. 1. Schematic of vertex arrangement

Таблица 1

Начальная популяция

Table 1

Initial population

Хромосома 1									ОП	Р
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8		
S	1	2	2	3	1	2	1	3	0,08	0,27
t	0	2	3	5	7	9	11	13		
k12	0	0	0	0	0	2	2	2		
k13	0	0	0	0	0	0	0	2		
k23	0	0	0	2	2	2	2	2		
Хромосома 2									ОП	Р
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8		
S	1	2	3	1	2	3	1	3	0,07	0,23
t	0	2	4	6	8	10	12	14		
k12	0	0	0	0	2	2	2	2		
k13	0	0	0	0	0	0	0	2		
k23	0	0	1	1	1	2	2	2		
Хромосома 3									ОП	Р
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8		
S	1	2	1	2	1	3	2	3	0,07	0,23
t	0	2	4	6	8	10	12	14		
k12	0	0	0	2	2	2	2	2		
k13	0	0	0	0	0	2	2	2		
k23	0	0	0	0	0	0	0	2		
Хромосома 4									ОП	Р
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8		
S	1	1	2	3	1	2	1	3	0,08	0,27
t	0	1	3	5	7	9	11	13		
k12	0	0	1	1	1	2	2	2		
k13	0	0	0	0	0	0	0	2		
k23	0	0	0	2	2	2	2	2		

Результат скрещивания 1-й и 2-й хромосом представлен в табл. 2. В этом случае выбрано одноточечное скрещивание между 3-м и 4-м генами. Эта точка кроссовера была выбрана неслучайно, именно в этот момент появляется последний заказ для выполнения локомотивом.

В табл. 2 и далее в остальных жирным выделены одинаковые гены, серым залиты ячейки таблицы с генами от 1-го родителя, белым от второго. Потомок 1 в табл. 2 оказался нежизнеспособным, поскольку исходя из продукционных правил, представленных выше, по такому маршруту нельзя выполнить всю работу по перевозке вагонов.

Далее скрещиваем 4-ю и 2-ю хромосомы (табл. 3). Здесь проводилось скрещивание произвольных генов, поровну от обоих родителей, поскольку их вероятность выбора отличается незначительно. Оба их потомка оказались жизнеспособными, исходя из продукционных правил функции выживаемости.

Таблица 2

Скрещивание 1-й и 2-й хромосом

Table 2

Crossbreeding of the 1st and 2nd chromosoms

Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	t
Хромосома 1	1	2	2	3	1	2	1	3	13
Хромосома 2	1	2	3	1	2	3	1	3	14
Потомок 1	1	2	3	3	1	2	1	3	-
Потомок 2	1	2	2	1	2	3	1	3	13

И последняя пара, 4-я и 2-я хромосомы (табл. 4). Здесь также проводилось скрещивание произвольных генов, поровну от обоих родителей. После применения функции выживаемости, представленной в виде продукционных правил, становится ясно, что потомок 2 оказался нежизнеспособным.

Из табл. 5 видно, что время выполнения заказов в популяции потомков стало лучше. Продолжим процедуру скрещивания с популяцией потомков, обозначим ее как популяция 2. Следует отметить, что у новой популяции совпадают 6 генов из 8.

Продолжим скрещивание хромосом 2-й популяции. У них у всех равное время выполнения заказов, а следовательно, равные значения ОП и вероятности отбора. Скрещивание 1-й и 2-й, 1-й и 4-й, 2-й и 3-й хромосом из 2-х популяций даст копии родителей. Скрестим 3-ю и 4-ю хромосомы из 2-х популяций. Поскольку они отличаются только 2-м и 3-м генами, просто поменяем их местами. Скрестим 1-ю и 3-ю хромосомы из 2-х популяций. Новых решений такое скрещивание не дало и улучшения времени тоже нет. Процедуру скрещивания прекращаем.

Таблица 3

Скрещивание 4-й и 2-й хромосом

Table 3

Crossbreeding of the 4st and 2nd chromosoms

Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	t
Хромосома 4	1	1	2	3	1	2	1	3	13
Хромосома 2	1	2	3	1	2	3	1	3	14
Потомок 1	1	1	2	1	2	3	1	3	13
Потомок 2	1	1	3	1	2	3	1	3	13

Таблица 4

Скрещивание 2-й и 3-й хромосом

Table 4

Crossbreeding of the 2 nd and 3rd chromosoms

Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	t
Родитель 1	1	2	3	1	2	3	1	3	14
Родитель 2	1	2	1	2	1	3	2	3	14
Потомок 1	1	2	1	1	2	3	1	3	13
Потомок 2	1	2	3	2	1	3	2	3	-

Таблица 5

Сравнение 1-й и 2-й популяций

Table 5

Comparison of the 1st and 2nd populations

Популяция 1									t
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	
Хромосома 1	1	2	2	3	1	2	1	3	13
Хромосома 2	1	2	3	1	2	3	1	3	14
Хромосома 3	1	2	1	2	1	3	2	3	14
Хромосома 4	1	1	2	3	1	2	1	3	13
Популяция 2									t
Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	
Потомок 1	1	2	2	1	2	3	1	3	13
Потомок 2	1	1	2	1	2	3	1	3	13
Потомок 3	1	1	3	1	2	3	1	3	13
Потомок 4	1	2	1	1	2	3	1	3	13

Таблица 6

Скрещивание 3-й и 4-й хромосом

Table 6

Crossbreeding of the 3rd and 4st chromosoms

Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	t
Родитель 1	1	1	3	1	2	3	1	3	13
Родитель 2	1	2	1	1	2	3	1	3	13
Потомок 1	1	1	1	1	2	3	1	3	11
Потомок 2	1	2	3	1	2	3	1	3	14

Таблица 7

Скрещивание 1-й и 3-й хромосом

Table 7

Crossbreeding of the 1st and 3rd chromosoms

Ген	1	2	3	4	5	6	7	8	t
Родитель 1	1	2	2	1	2	3	1	3	13
Родитель 2	1	1	3	1	2	3	1	3	13
Потомок 1	1	2	3	1	2	3	1	3	14
Потомок 2	1	1	2	1	2	3	1	3	13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, потомок 1 из табл. 7 является искомым решением. Результат работы генетического алгоритма совпал с решением методом перебора.

Продукционные правила выбраны в качестве функции выживаемости, поскольку позволяют определить, какие из маршрутов решают задачу перевозки всех вагонов. С их помощью формализованы логические заключения, возникающие при решении данной задачи.

В работе приведено применение классического генетического алгоритма для решения задачи планирования перевозок, отли-

чающегося использованием продукционных правил в качестве функции выживаемости особей. Рассмотрен пример поиска оптимального расписания движения железнодорожного транспорта. На практике при большей размерности задачи такого эффекта может не быть, но субоптимальное решение, т. е. близкое к оптимальному, будет найдено за ограниченное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. 432 с. ISBN 978-5-9221-0337-7.

2. Прохорова И.А., Аверьянова С.С. Применение генетических алгоритмов при решении многокритериальных задач // Наука ЮУрГУ : материалы 72-й научной конференции. Секции экономики, управления и права. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. Челябинск. 2020. С. 112-120.

3. Kostenko V.A. Scheduling algorithms for real-time computing systems admitting simulation models. DOI 10.1134/S0361768 813050034 // Programming and Computer Software. 2013. Vol. 39, N 5. P. 255-267.

4. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы : учебник. 2-е изд. Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. 368 с. ISBN 978-5-9221-0510-1.

5. Управление автотранспортными предприятиями с применением теории расписания и генетических алгоритмов / Е.С. Галактионова, Т.В. Корытова, Ю.И. Авадэни, В.Е. Граматчикова // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2021. Т. 10, № 2 (35). С. 145-148.

6. Рогачев А.Ф., Захаров Д.С. Использование модифицированных генетических алгоритмов для составления расписаний // Инновационное развитие строительного комплекса региона: задачи, состояние, перспективы : материалы II Всероссийской научно-практической конференции Себряковского филиала ФГБОУ ВО "Волгоградский государственный технический университет". Волгоград, 2020. С. 238-240.

7. Архипов И.В. Применение генетического алгоритма для многокритериальной задачи календарного планирования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15, № 3. С. 525-531.

8. Федоренко К.В., Оловянников А.Л. Исследование основных параметров генетического алгоритма применительно к задаче поиска оптимального маршрута // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9, № 4. С. 714-723.

9. Елетин Е.В., Боровкова Г.С., Галкин А.В. Планирование оптимальной загрузки железнодорожного транспорта горнодобывающей компании // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 1. С. 50-56.

10. Елетин Е.В., Боровкова Г.С., Галкин А.В. Формализация задачи железнодорожного планирования для горнодобывающего предприятия // Прикладная математика и вопросы управления. 2022. № 1. С. 37-51.

11. Application of Genetic Algorithms to the Train Scheduling Problem / E.V. Eletin, G.S. Borovkova, A.V. Galkin [et al.] // Proceedings - 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2022, P. 700-703.

REFERENCES

1. Emelyanov V.V., Kureichik V.V., Kureichik V.M. Theory and practice of evolutionary modeling. Moscow : FIZMATLIT, 2003. 432 p. ISBN 978-5-9221-0337-7.

2. Prokhorova I.A., Averyanova S.S. Application of genetic algorithms in solving multicriteria problems // Nauka SUSU : Proceedings of the 72nd scientific conference. Sections of Economics, Management and Law. Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, South Ural State University. Chelyabinsk. 2020. P. 112-120.

3. Kostenko V.A. Scheduling algorithms for real-time computing systems admitting simulation models. DOI 10.1134/S0361768

813050034 // Programming and Computer Software. 2013. V. 39, № 5. P. 255-267.

4. Gladkov L.A., Kureichik V.V., Kureichik V.M. Genetic algorithms: textbook. 2nd ed. Moscow : FIZMATLIT, 2010. 368 p. ISBN 978-5-9221-0510-1.

5. Management of auto-transport enterprises with the application of the theory of schedule and genetic algorithms / E.S. Galaktionova, T.V. Korytova, Y.I. Avadeni, V.E. Gramatchikova // Azimut Scientific Research: Economics and Management. 2021. Vol. 10, № 2 (35). P. 145-148.

6. Rogachev A.F., Zakharov D.S. Use of modified genetic algorithms for scheduling // Innovative development of the construction complex of the region: tasks, status, prospects. Proceedings of the II All-Russian scientific-practical conference of the Sebryakovsky branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education “Volgograd State Technical University”. Volgograd. 2020. P. 238-240.

7. Arkhipov I.V. Application of genetic algorithm for multicriteria problem of calendar planning // Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2015. Vol. 15, № 3. P. 525-531.

8. Fedorenko K.V., Olovyannikov A.L. Investigation of the main parameters of the genetic algorithm in relation to the task of searching for the optimal route // Bulletin of the State University of Sea and River Fleet named after Admiral S.O. Makarov. 2017. Vol. 9, № 4. P. 714-723.

9. Eletin E.V., Borovkova G.S., Galkin A.V. Planning of the optimal loading of the iron-rail transport of the mining company // Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics. 2023. № 1. P. 50-56.

10. Eletin E.V., Borovkova G.S., Galkin A.V. Formalization of the railway planning problem for a mining enterprise // Applied Mathematics and Management Issues. 2022. № 1. P. 37-51.

11. Application of Genetic Algorithms to the Train Scheduling Problem / E.V. Eletin, G.S. Borovkova, A.V. Galkin [et al.] // Proceedings - 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2022, P. 700-703.