

ЗАДАЧА ОПЕРАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА СТАНЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ

А.Н. Баушев

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9
E-mail: banban2008@yandex.ru

А.А. Лазарев

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: jobmath@mail.ru

Е.Г. Мусатова

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН
Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65
E-mail: nekolyar@mail.ru

А.Т. Осминин

Объединенный ученый совет ОАО «РЖД»
Россия, 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., 10
E-mail: Osminin.aleksandr@vniizht.ru

Ключевые слова: формирование поездов, оперативное управление, целочисленная оптимизация, железнодорожные перевозки.

Аннотация: Рассматривается задача динамического формирования поездов на сортировочной станции в условиях, когда известны технические маршруты всех вагонов и прогнозируемое время прибытия новых групп вагонов на станцию. Ставится задача минимизации общего количества вагоночасов, проведенных на станции за период планирования. Предлагается модель оперативного регулирования в виде задачи целочисленного линейного программирования, а также точный и эвристический методы ее решения.

1. Введение

Общая задача построения плана формирования поездов — это крупномасштабная задача маршрутизации с миллионами, и даже миллиардами переменных. Качество решения данной задачи напрямую влияет на эффективность организации грузовых перевозок на железной дороге. Однако размер и математическая сложность данной задачи не позволяют решить ее точно с помощью какого-либо коммерческого программного обеспечения [1]. В связи с этим большинство исследований в области формирования поездов и распределения вагонопотоков посвящены разработке быстрых эвристических алгоритмов (см., например, [2, 3]). Кроме того, часто используется декомпозиция общей задачи на ряд последовательно решаемых задач. Выделяются следующие подзадачи железнодорожного планирования [4]:

- задача объединения вагонов в блоки, где каждый блок характеризуется станцией отправления и станцией назначения, при этом входящие в его состав вагоны могут иметь иные станции формирования и назначения;
- задача построения маршрутов и расписания поездов;
- задача назначения блоков поездам.

Постановка задачи формирования грузовых поездов в России определяется специфическим порядком построения плана формирования. Так различают два плана формирования поездов: базовый и адаптивный. Базовый план формирования поездов строится на год вперед и определяет для каждой станции назначения поездов, формируемых на ней. Задача адаптивного плана формирования — определение технических маршрутов следования грузов, т.е. последовательностей станций, через которые грузы должны следовать до станции назначения, а также определение, какой груз на каком поезде отправляется. Построение адаптивного плана формирования — NP-трудная задача большой размерности, которая, в свою очередь может быть разбита на две подзадачи: задачу технической маршрутизации, которая определяет технические маршруты вагонов, и задачу оперативного регулирования для каждой отдельной станции формирования поездов. Текущая работа посвящена решению задачи оперативного регулирования.

2. Описание задачи

Рассматривается станция переработки (сортировочная станция). Пусть n — количество назначений поездов, формируемых на данной станции. Под назначением формируемого грузового поезда понимается станция его расформирования. В качестве горизонта планирования выбирается временной отрезок, длина которого зависит от имеющейся в наличии оперативной информации о прибытии на станцию грузовых поездов. На практике оперативное планирование осуществляется на сутки вперед. Пусть $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ — моменты прибытия поездов на станцию в рассматриваемом горизонте планирования. В начальный момент времени в n накопителях, соответствующих n назначениям, уже имеются неделимые группы вагонов. Кроме того, имеется r_0 локомотивов. Это локомотивы, которые доставили на станцию группы вагонов до начального момента времени, но еще не были использованы для отправки поездов. В моменты времени t_i , $i \in \{1, 2, \dots, m\}$, на станцию прибывают поезда, содержащие неделимые группы вагонов. Данные группы вагонов распределяются по накопителям в соответствии с их назначениями, увеличивая тем самым количество вагонов в соответствующих составах, а прибывший локомотив может быть использован для отправки нового поезда.

Каждая неделимая группа вагонов имеет следующие характеристики: момент прибытия на станцию, назначение, количество вагонов в группе, время, которое провела группа в накопителе к начальному моменту времени.

Пусть заданы минимальное и максимальное количества вагонов, входящих в составы, формируемые на данной станции, т.е. отправление состава может происходить только если количество вагонов в нем удовлетворяет верхним и нижним границам. Предполагается, что в начальный момент времени в каждом из накопителей количество вагонов меньше минимально требуемого для формирования поезда в данном направлении. В каждый из моментов времени T необходимо принять решение, отправлять ли поезда, в каком назначении, а также определить, какие группы вагонов будут входить в эти поезда. В качестве целевой функции выступает суммарное количество вагоночасов, проведенных на станции за рассматриваемый период времени.

В работе предлагается модель оперативного регулирования в виде задачи целочисленного линейного программирования. Рассматриваются модификации модели для уменьшения перебора допустимых решений при использовании метода ветвей и границ. Для задач средней размерности (сортировочных станций с вагонопотоком до 1500 вагонов в сутки) представлены результаты работы точного метода решения. Для задач высокой размерности (сортировочных станций с вагонопотоком до 6000 вагонов в сутки) предлагается эвристический алгоритм. Для сортировочной станции Сызрань на основе известных суточных вагонопотоков сгенерированы тестовые задачи (13 назначений, приблизительно 25 поездов в сутки), которые были успешно решены предлагаемым подходом.

3. Заключение

Рассмотрена задача оперативного регулирования формирования поездов на железнодорожной станции, предложена математическая модель данной задачи и методы ее решения в зависимости от размера вагонопотока на станции. Обсуждается возможность практического применения предлагаемого подхода для повышения эффективности грузовых железнодорожных перевозок.

Список литературы

1. Ahuja R.K., Jha K.C., Liu J. Solving real-life railroad blocking problems // Interfaces. 2007. Vol. 37, No. 5. P. 404-419.
2. Zhang X., Kang L., Liu W., Yao Y. Solving Train Formation Plan Problem in Freight Transportation Corridors // Proceedings of the International Conference on Engineering Science and Management, 2016. Atlantis Press, 2016. P. 102–104.
3. Yaghini M., Momeni M., Sarmadi M. Solving train formation problem using simulated annealing algorithm in a simplex framework // Journal of Advanced Transportation. 2014. Vol. 48, No. 5. P. 402-416.
4. Xiao J., Lin B. Comprehensive optimization of the one-block and two-block train formation plan // Journal of Rail Transport Planning & Management. 2016. Vol. 6, No. 3. P. 218-236.