

Подсистема «Учет и анализ отказов». Основным назначением подсистемы является повышение достоверности и оперативности информации об отказах в работе устройств, обслуживаемых дистанциями сигнализации и связи, сокращение затрат труда на обработку этой информации, передачи ее в вышестоящую службу.

Подсистема позволяет:

- вносить данные об отказах с целью длительного хранения и последующего анализа;
- просматривать хранящиеся отказы с различными критериями их выборки (по месту происшествия, по обслуживающему подразделению, какой либо характеристике отказавшего элемента);
- проводить анализ и учет потока отказов в работе устройств;
- получать отчетные документы в требуемом пользователю виде.

Подсистема «РТУ-ТО». Основное назначение подсистемы является автоматизация функций учета работ по замене и ремонту приборов, повышение достоверности и оперативности информации о плановых ремонтах приборов, обслуживаемых дистанциями сигнализации и связи, сокращение времени и затрат труда на обработку этой информации. Контроль службы сигнализации и связи за своевременным проведением работ на дорожном уровне.

Подсистема позволяет:

- создавать и корректировать информацию по каждому прибору (год выпуска, номер, место установки, дата последней проверки, межремонтный срок эксплуатации, наличие запасного фонда);
- проводить анализ и учет потока отказов в работе устройств;
- планировать замену приборов с выдачей технологически необходимой информации;
- контролировать выполнение планов по замене приборов;
- получать отчетные документы в требуемом виде;
- получать данные о технической оснащенности хозяйства сигнализации и связи.

С точки зрения экономической составляющей – внедрение указанного программного продукта позволит значительно сократить затраты Белорусской железной дороги по службе сигнализации и связи, связанные с неожиданно возникающими отказами устройств, несвоевременной заменой деталей и узлов оборудования дистанции сигнализации и связи. Суммарная экономия ресурсов по рассмотренным направлениям поэлементной реализации проекта составит порядка 10 %.

Таким образом, инновационное развитие железнодорожного транспорта на всех его уровнях помогает не только разнообразить весь спектр торгово-экономических, культурных и научно-технических связей, а также, минимизировав затраты, улучшить его положение на транспортном рынке страны.

Список литературы

- 1 Материалы IV Международного форума (15–16 декабря 2021 г.) / под ред. В. И. Сырямкина. – Томск : STT, 2022. – 94 с.
- 2 **Ходоскина, О. А.** Место железнодорожных перевозок в транспортном комплексе страны: маркетинговые инновации / О. А. Ходоскина // Мониторинг и анализ в системе эффективного менеджмента на железнодорожном транспорте: реалии и перспективы : материалы VII науч.-практ. Междунар. конф. – Киев : Укрзалізниця, 2019. – С. 23–24.
- 3 **Михальченко, А. А.** Современные подходы в инвестиционной деятельности для развития железной дороги / А. А. Михальченко, В. С. Коцур // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. И. Сенько. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 144–145.

УДК 656.21.001.42

RESEARCH ON COMPREHENSIVE OPTIMIZATION OF TRAIN MARSHALLING AND PARKING SCHEME OF INTERCITY RAILWAY BASED ON OPERATION COST

HE. HON

Guangzhou Railway Polytechnic, China

LI. DEWEI

Beijing Jiaotong University, China

1 Optimization model of large and small group train operation scheme in multi-stop mode

1.1 Problem Description. Whether in urban rail transit or intercity railway, compared with the line running a single group of trains, the use of large and small groups of trains can make the transportation capacity and passenger flow of the time and space distribution more matched, can alleviate the waste of transportation capacity, the low frequency of service at some stations, passenger waiting, transfer and long

travel time in transit, etc., based on this, starting from the train operating costs, in the case of fully investigating the OD passenger flow data of intercity railway lines and related operating parameters, study the study of meeting a certain train frequency without crossing the train, Under the constraints of OD service frequency and other constraints, the optimization of the operating cost and train full load rate of intercity railway lines is compared with the use of "single marshalling and station stop mode" compared with the use of "single grouping and station stop mode".

1.2 *Parameter definition of the model.* Taking the operating cost of the train as the optimization goal, and taking the number of trains and stops of the trains in the large and small groups as the decision variables, the optimization model of the operation scheme of the large and small groups of trains in the multi-stop mode is constructed. The parameters involved in the model and their meanings are shown in Table 1 below.

Table 1 – The meaning of parameters in the model

PARAMETERS	MEANING	REMARK
C_l	The cost per kilometer of vehicle operation	
C_s	The cost of each stop for a vehicle	
f_k	he number of trains in the k type	Decision variables
f_{max}	The maximum number of open rows in an operating period	
f_{1min}	The minimum number of trains opened in large groups	
f_{2min}	The minimum number of trains opened in small groups	
g_k	The number of vehicles grouped	$g_1 = 8, g_2 = 4$
L	Intercity rail line mileage	
η_{max}	The upper limit of the cross-sectional full load rate	
η_{min}	Lower bound of the average cross-sectional full load rate	
L_1	Total mileage of the small interchange route	
$L_1 + L_2$	Total mileage of the large interchange route	
$a_{k,u}^r$	0,1 variable indicating whether the rth train of the group type k stops at station u,	$a_{k,u}^r = \begin{cases} 1, & \text{stop} \\ 0, & \text{no} \end{cases}$
C	Vehicle capacity	
η_d	The cross-sectional full load rate of the dth interval	
η_{max}	The upper limit of the cross-sectional full load rate	
η_{min}	The lower limit of the cross-sectional full load rate	
Q_{ij}	Total OD passenger traffic from i station to j station	
q^i	A train attracts passenger traffic at i station	
q_d	Cross-sectional traffic in the d zone	
$r_{i,j}$	The number of trains that stop at stations i and j	
U	A collection of stations along the line	$U = u u = 1, 2, \dots, U$
W	A meeting place at a station along the small interchange	
B	A collection of stations in the Large Interchange after the elimination of stations that duplicate the Small Interchange	
Z	The objective function of the model	
ε_i	0,1 variable, 1 indicates large intersection	

1.3 *Objective function of the model.* Starting from the actual operation of intercity railways, based on the actual passenger flow OD requirements, it is found that the running cost of trains caused by a single large group of trains and a single stop mode is too high, and the large and small group train operation scheme using the multi-stop mode can reduce the operating costs of the train, so the objective function of the model is to minimize the operating costs of the train. From the perspective of train operation, the train operating cost mainly includes the train operation cost and the train stop cost, of which the operation cost includes the energy consumption cost of the train such as electricity, the line use cost, and the train operation cost is related to the vehicle traveling kilometers and the operating cost of the vehicle per kilometer; The cost of train stops refers to the costs incurred by the train during the stop at the station, which is related to the number of train stops and the cost of each stop. The objective function is as follows:

1.4 Constraints of the model. The constraints of the model mainly include the number of trains, train full load rate, OD service frequency, stop constraint, integer value constraint of variables, and 0,1 variable constraint.

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{k=1}^2 f_k \cdot g_k \cdot L_1 \cdot C_l + (\sum_{r=1}^{f_1} g_1 \cdot \varepsilon_r + \sum_{r=f_1+1}^{f_1+f_2} g_2 \cdot \varepsilon_r) \cdot L_2 \cdot C_l + \\ & + \sum_{k=1}^2 \sum_{r=1}^{f_k} \sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot g_k \cdot C_s + (\sum_{r=1}^{f_1} \sum_{b=W+1}^U a_{1,b}^r \cdot g_1 \cdot \varepsilon_r + \sum_{r=f_1+1}^{f_1+f_2} \sum_{b=W+1}^U a_{2,b}^r \cdot g_2 \cdot \varepsilon_r) \cdot C_s. \end{aligned}$$

(1) The upper and lower limits of the number of open rows and columns

Considering the operating costs of the enterprise and the operation safety of the train, and meeting the number of trains in the large and small group trains during peak hours, it is necessary to set upper and lower limits on the number of trains opened in any period:

$$\sum_{k=1}^2 f_k \leq f_{\max}, f_1 \geq f_{1\min}, f_2 \geq f_{2\min}.$$

(2) Full load rate constraint

According to the OD passenger flow demand, the cross-sectional passenger flow can be obtained, and then the cross-sectional full load rate can be obtained. Considering the train capacity, it is necessary to constrain the upper limit of the cross-sectional full load rate and the lower limit of the average cross-sectional full load rate:

$$\eta_d = \frac{\sum_{i=1}^d \sum_{j=d+1}^N q_{ij}}{\sum_{k=1}^2 f_k \cdot g_k \cdot C} \leq \eta_{\max}, \bar{\eta}_d \geq \eta_{\min}.$$

(3) OD service frequency constraints

In order to meet the travel needs of passengers, the number of OD service trains cannot be less than the minimum:

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{r=1}^{f_k} a_{k,i}^r \cdot a_{k,j}^r \geq \frac{Q_{ij}}{\min(q^i, q^j)}.$$

(4) Stop constraints

The train operation interchange is divided into two types: large interchange and small interchange, and the stop mode is divided into three types: large station stop, station stop and station choice stop. According to the stop needs of different stations of different interchanges, the specific stops of the trains are restricted as follows: small interchange trains can choose 3 kinds of stops, first and last stops and intermediate 1 stop; Dajiao road trains can choose 3 schemes: station stop, big station stop and intermediate choice of 2 stops; The specific constraints are as follows:

$$\sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot (1 - \varepsilon_r) = 2 \text{ or } 3 \text{ or } W, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$\sum_{w=1}^W a_{k,w}^r \cdot (1 - \varepsilon_r) = 2 \text{ or } 3 \text{ or } W, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$(a_{k,1}^r + a_{k,W}^r + a_{k,U}^r) \cdot \varepsilon_r = 3, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2;$$

$$\sum_{u=1}^U a_{k,u}^r \cdot \varepsilon_r = 3 \text{ or } 5 \text{ or } U, k = 1, 2, r = 1, 2, \dots, f_1 + f_2.$$

(5) Integer variable value constraints

$$f_k \in Z^+.$$

(6) 0,1 variable value constraint

$$a_{1,u}^r = 0, 1; a_{2,u}^r = 0, 1.$$

2 Study case analysis

In the proposed train operation plan of the large and small group under the multi-stop mode, 2 trains with 4 cars and 1 train with 8 cars are opened during peak periods, as shown in Table 2, compared with the current train operation plan, the optimization rate of train operating costs reaches 59%, and the optimization of the full load rate of the section reaches 200%, as shown in Table 3.

Table 2 – Multi-stop mode of large and small group trains running plan

Train	Station									Grouping
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8
3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	4

Table 3 – Optimization results of the train operation scheme of the small and small groups

	Present	After optimization	Optimization amount	Optimization rate
Train operating costs	6270	2560	3710	59%
Cross-sectional full load rate	0.2888	0.8665	0.5777	200%

3 Conclusion

It is of great significance to study the optimization of intercity railway train marshalling and stopping scheme from the perspective of operating costs to improve the operation status of enterprises. The optimization model of the large and small group train operation scheme in the multi-stop mode can better adapt to the passenger flow needs in the early stage of intercity railway opening, reduce the operating cost of the train, and improve the full load rate of the section. In the future, with the development of supporting facilities and equipment along the intercity railway line and the gradual formation of the intercity railway network, the passenger flow demand and passenger flow travel characteristics of the intercity railway will also change, so the follow-up research will further optimize the train marshalling scheme, stop plan, departure interval, etc. on the basis of considering the interchange connection between the intercity railway or the intercity railway and the high-speed rail, and improve the matching degree of the train's capacity and passenger flow demand on the basis of reducing the operating cost of the train.

УДК 656.078

СПЕЦИФИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В НОВЫХ ГЕОПОЛИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А. А. ХОРОШЕВИЧ

*Белорусский национальный технический университет;
Белорусская железная дорога, г. Минск*

Железнодорожный транспорт составляет основу транспортной системы Республики Беларусь и призван обеспечивать своевременное, полное и качественное удовлетворение потребностей населения, организаций и учреждений страны в перевозках. В настоящее время Белорусской железной дорогой обеспечивается около 59,9 % всего грузооборота и 21,5 % пассажирооборота [1]. Существенная важность железнодорожного транспорта обусловлена тем фактом, что, производя перевозки любых грузов в соответствии с потребностями производства, он делает возможным нормальное функционирование и развитие всех отраслей, регионов и предприятий. При этом, работа железнодорожного транспорта осуществляется в условиях наличия ряда внутриотраслевых и внутрифирменных ограничений, снижающих эффективность функционирования и выступающих в качестве отраслевых и корпоративных угроз экономической безопасности.

Так, классический перечень отраслевых угроз, обуславливающих наличие возможности нарушения экономической безопасности железнодорожного транспорта страны, включает:

– смешанный административно-рыночный характер управления – функционирование Белорусской железной дороги производится на конкурентных рынках и в условиях необходимости обеспе-