UO‘K 656. 073

BO‘SH VAGONLARNI MIJOZLARGA TAQDIM ETISHNING SAMARALI CHORA-TADBIRLARI

Farrukh Samiev

Toshkent davlat transport universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

Abstract: In this article, a mathematical model of the rational distribution of empty wagons across the section was developed. This increases the efficiency of wagons and ensures the continuity of cargo transportation processes. The proposed mathematical model allows the railway system to make effective decisions based on real-time data. Based on this, the distribution of empty wagons to customers will be automated. This expands the possibilities of optimizing transportation processes in the railway network, increasing the speed of service, more fully satisfying customer needs, and ensuring economic efficiency. Thus, the proposed mathematical model not only effectively organizes wagon turnover, but also increases the competitiveness of the entire transport system

Keywords: prefabricated train, technical station, intermediate station, delivery time, locomotive, distribution of cars, assembly of cars.

Annotatsiya: Ushbu maqolada bo‘sh vagonlarni uchastka bo‘ylab oqilona taqsimlashning matematik modeli ishlab chiqildi. Bu esa vagonlarni samaradorligini oshiradi va yuk tashish jarayonlarining uzluksizligini ta’minlaydi. Taklif etilayotgan matematik model orqali temir yo‘l tizimini real vaqt ma’lumotlari asosida samarali qaror qabul qilish imkoniyatini yaratadi. Shu asosida mijozlarga bo‘sh vagonlarni yetkazib berish taqsimoti avtomatlashtiriladi. Bu esa temir yo‘l tarmoqlarida tashish jarayonlarini optimallashtirish, xizmat ko‘rsatish tezligini oshirish, mijozlarning ehtiyojini to‘liqroq qondirish va iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash imkoniyatlarini kengaytiradi. Shunday qilib, taklif etilayotgan matematik model nafaqat vagonlar aylanishini samarali tashkil etadi, balki butun transport tizimining raqobatbardoshligini ham oshiradi.

Kalit so‘zlar: mahalliy poyezd, stansiya, oraliq stansiya, yetkazib berish, lokomotiv, vagonlarni tarqatish, vagonlarni yig‘ishtirish.

Аннотация: В данной статье разработана математическая модель рационального распределения пустующих вагонов по участку. Это повышает эффективность работы вагонов и обеспечивает бесперебойность грузовых процессов. С помощью предлагаемой математической модели железнодорожная система может принимать эффективные решения на основе данных в реальном времени. На этой основе автоматизируется распределение поставок пустых вагонов клиентам. Это позволит оптимизировать транспортные процессы в железнодорожных сетях, повысить скорость обслуживания, обеспечить более полное удовлетворение потребностей

ISSN 3030-3907

клиентов и экономическую эффективность. Таким образом, предлагаемая математическая модель не только эффективно организует оборот вагонов, но и повышает конкурентоспособность всей транспортной системы.

Ключевые слова: местный поезд, станция, промежуточная станция, доставка, Локомотив, распределение вагонов, сборка вагонов.

Kirish.

Stansiyalarda bo‘sh vagonlarni yuklash uchun ta’minlashning oqilona yechimlarini berishda matematik modelni ishlab chiqish talab etiladi. Ushbu matematik model bo‘sh vagonlarni bekor turib qolishini, yuklashni kutishni, bo‘sh vagonlar oqimini kamaytirishni hamda bo‘sh vagonlarni yetkazib berishda iqtisodiy samaradorlikni oshirish orqali yuk egalariga vagonlarni berishni ta’minlab beradi. Bo‘sh vagonlarni - ortish tushirish punktariga yetkazib berishda unga tasir etuvchi omillarni kurib chiqish talab etiladi.

Bugungu kunda temir yo‘l transportida vagonlarni va konteynerlarni yuk ortish uchun yetkazib berishda optimal variantlarini tashkil qilish uchun ularni qayta taqsimlash metodikasi ishlab chiqish kerakligi tahlil qilingan. 2024-yil o‘rtacha sutkalik tahliliy natijalarga ko‘ra Toshkent mintaqaviy temir yo‘l uzelida, stansiyada maximum 19680 tonna yuk ortilayotganligi va 105 ta vagondan yuk tushirilayotganligi hamda boshqa stansiyada 205 ta vagondan yuk tushurilayotganda 157 ta vagonga yuk ortilayotganda vagonlarni turlari har xilligini inobatga olib tushirishga berilayotgan vagonlarni ortishga berilayotganligini inobatga olib taqsimlash kerakligi aniqlangan. Vagonlarga yuklarni ortish-tushirishda nomutanosibligini inobatga olib taqsimlab yetkazib berishni optimal variantini taklif qilingan.

Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili. M.A. Kobdikov – t.f.d., professor [1] ishlarida bo‘sh yarim ochiq vagonlarni berishni algoritrimini ishlab chiqilgan. [2] E.G. Golshteyn va D.B. Yudin ishlarida Vagonlar parkini oqilona boshqarish masalasiga e'tibor qaratilgan. A.V. Krushevsky va K.I. Shvetsov ishida yuklangan va bo‘sh vagonlarning umumiy masofasini minimallashtirish mezoni asosida kompleks boshqarish modeli taklif etiladi. V.V Lavrus, E.S Salmina [3] ishlarida bo‘sh vagonlar parkidan foydalanish samaradorligi oshirish bo‘yicha yo‘nalishini ko‘rib chiqqan. A.I Shekhovtsov [4] alohida shartlar asosida tashiladigan yuklar uchun bo‘sh vagonlar bilan ta’minlash jarayonlarini boshqarishni avtomatlashtirish bo‘yicha takliflar ishlab chiqqan. Shuningdek boshqa olimlar uz ilmiy ishlarida takliflarini berishgan [5-10].

Tadqiqot metodologiyasi. Bo‘sh vagonlarni mijozlarga samarali yetkazib berish uchun ayrim o‘zgartirishlar yordamida matematik modeli ishlab chiqish talab etiladi. Buning uchun (1-rasm):

- agar $m > n$ bo‘lsa, samarali N ni berish kerak, bu yerda: (l=1,2,...,a_m; k=m+1, m+2,...,a_n);
- ikkinchidan, agar $a_n > a_m$ bo‘lsa, yetkazib berilgan bo‘sh vagonlarni N deb olinadi, bu yerda N — yetakchi darajada katta son, masalan:

ISSN 3030-3907

$N = \sum_{m=1} \sum_{k=m} a_{mn}$; natijada b_{lk} elementlardan tashkil topgan (n×n) o‘lchamli kvadrat matritsa hosil qilinadi.

Bo‘sh vagonlarni yetkazib berish uchun bir qancha algoritmlar mavjud [1]. Ammo zarurat bo‘lgan hollarda, modelda ko‘rsatilgan cheklovlardan tashqari, qo‘shimcha shartlarni hisobga oladigan maxsus algoritm ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Masalan, ma’lum miqdordagi tashuvlarni belgilangan vaqtda yakunlash samarali hisoblanmay qoladi.

Bunday hollarda faqat optimal reja emas, balki unga yaqin bo‘lgan ruxsat etilgan rejalarni ham tahlil qila oladigan algoritmga ega bo‘lish foydali bo‘ladi.

Ortish – tushirish punktlarida bo‘sh vagonlar bilan taminlashning samarali tashkel qilish uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini yaratish zarur [4-5]. Avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimini yaratish uchun bir qancha ta’sir etuvchi omillarni kurib chiqiladi. Ortish – tushirish punktlariga vagonlarni yetkazib berishda N ta punktlarni hisobga olib bajarish lozim $t_{ij} (i = 1,2,...,N; j = 1,2,...,M)$

N – bo‘sh vagon turgan punkt.

M – bo‘sh vagon talab etiladigan punkt.

t_{ij} – bu ikkala punkt orasidagi harakatlanish uchun ketadigan vaqti.

Bunda N punktda bo‘sh vagon turadigan bo‘lsa so‘raliyotgan M punktda talab etilayotgan bo‘sh vagonlar oqimini t vaqt oralig‘ida olib kelish uchun belgilab olinadi. Ta’sir etuvchi omillar sababli vaqt birligiga qo‘shimcha qilib boshqa omillarni ham inobatga olinadi. Vaqt birligiga ta’sir qilishi natijasida bo‘sh vagonni bekor turib qolishi, harakatlanish vaqti, qayta ishlanish vaqti, bu omillarning barchasi iqtisodiy samaraga ta’sir qiladi.

Agar quyidagilar ma’lum bo‘lsa:

I_i — N punktda yuk tushirilganidan keyin t_i vaqtida bo‘shagan va M punktiga yuborishga tayyor bo‘lgan vagonning bir birlik vaqtga to‘g‘ri keladigan **bekor turish xarajatining shartli bahosi**;

I_j - M punktda yuk tashishga tayyor bo‘lgan yukning t_i vaqtida bir birlik vaqt davomida **kutish xarajatining shartli bahosi**;

c_{ij} – bo‘sh vagonni N punktidan M punktigacha olib borishdagi vaqti bo‘yicha xarajatlarning shartli qiymati. Vagonlarni olib borishda vaqt birligi ichida amalga oshirilayotgan bo‘lsa ularga ta’sir etayotganligini hisobga olib vagonning harakatlanish funksiyasini tuzish talab etiladi. Bunda matematik modelini yaratishda maqsad funksiyasini quyidagicha amalga oshirish kerak:

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} \left(t_{ij\lambda\eta} + c_{ij}\right) x_{ij\lambda\eta} \to \min; \qquad (1)$$

ISSN 3030-3907

$$t_{ij\lambda\eta} = \left[t_{ij} - \left(\varphi_{j\eta} + r_{ij}\right)\right] I_i _ agar, bo'lsa _ t_{i\lambda} \geq \varphi_{j\eta} + r_{ij}; \quad (2)$$

$$t_{ij\lambda\eta} = \left[\left(\varphi_{j\eta} + r_{ij}\right) - t_{ij}\right] I_j _ agar, bo'lsa _ t_{i\lambda} < \varphi_{j\eta} + r_{ij}. \quad (3)$$

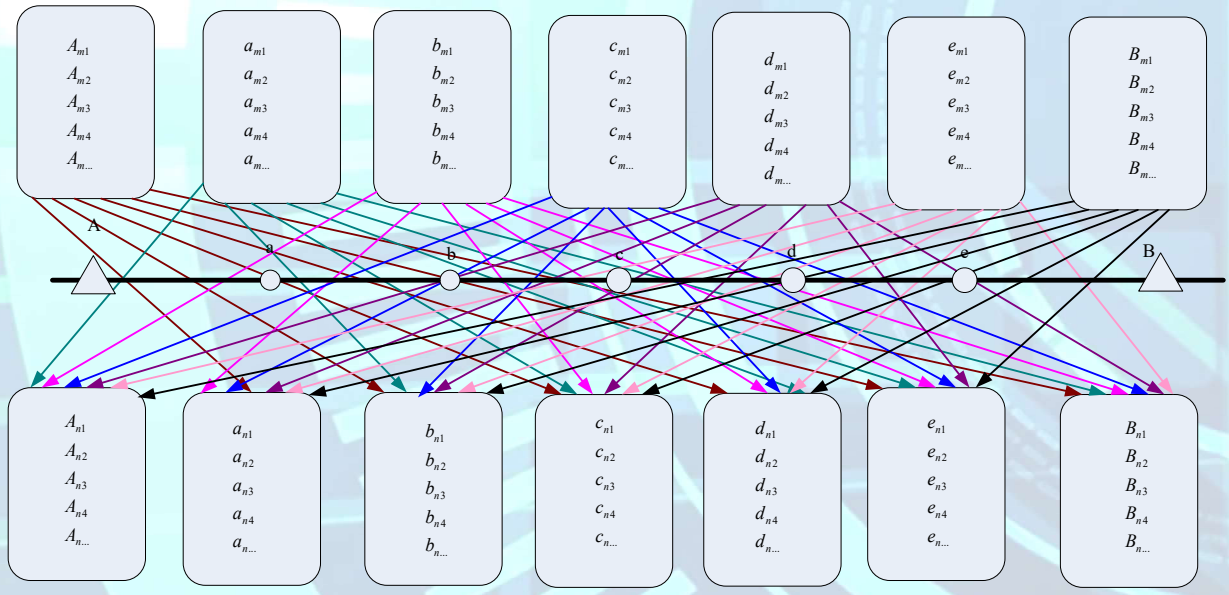
I-agar vagon yuk tushurish stansiyasida bo‘ladigan bo‘lsa , shu yerning o‘zida bo‘sh vagonga yuklanadi. Natijada vagonlarni yetkazib berish ushbu stansiyaning o‘zidan berilgani uchun harajatlar nolga teng bo‘ladi.

$t_{ij\lambda\mu} \in N$ holatda ma‘lum bir vaqt oralig’ida vagonlarni yetkazib sharti bajariladi. Bunda bo‘sh vagon qayerda bo‘lsa olib borish vaqti haqida yurish masofasi iqtisodiy samaradorlikka ta‘sir etadi. Bu yerda olib borish vaqtiga nisbatda uning masofasi haqida stansiyaning mahalliy poezdlar oqimi nazarda tutilgan.

Ushbu maqsad funksiyasi bo‘sh vagonlarni yuklashga taqsimlash rejasini shunday tuzishga yo‘naltirilganki, bunda vagonlarning yuklashni kutishdagi bekor turish xarajatlari va yukning yuklashni kutishdagi kutish xarajatlari, shuningdek, vagonni tushirish punktidan yuklash punktigacha yetkazib berish xarajatlari hisobga olingan holda, umumiy xarajatlar ayrim cheklovlar doirasida taqqoslanib minimal darajaga olib kelinadi.

Modeldagi cheklovlar quyidagilarni ta’minlaydi:

Cheklovlar berish natijasida mahalliy poyezdlarni inobatga olib yurish vaqtlari harakatini belgilab olish talab etiladi.



1-rasm. Bo‘sh vagonlarni stansiyalarga berishning texnologik sxemasi.

Bo‘sh vagonlarni stansiyalar kesimida taqsimlashda eng samarali ishlarni tashkil etishda matematik modelini ishlab chiqildi. Stansiyalarda taqsimlashda quyidagi formularni keltirib chiqarilib, barcha vagon turlari, stansiyalardagi joylashuvi, vagon-km va lokomotiv-km xarajatlari hamda uchastkada vagonlar oqimi hisobga olingan [6,7].

$I = \{1,...,n\}$ – stansiyalar, uchastkadagi n ta stansiya.

ISSN 3030-3907

• $A = \{(i,j)\}$ — uchastkadagi tarmoq yo‘nalishlari. Oddiy chiziqli tarmoq uchun Texnik stansiyalar orasidagi oraliq yoki yuk stansiyalarni hisobga olinadi: $(i,i+1)va(i+1,i)$.

• K — vagon turlari to‘plami.

• S_{ij} — stansiyalar (i,j) bo‘yicha masofasi (km). (faqat qo‘shni stansiyalardan olinayotgan bo‘lsa, bosib o‘tilgan masofasi bo‘yicha, umumiy masofa esa stansiyalar orasidagi masofalar yig‘indisi orqali olinadi);

• $N_{m.i}^{k}$ —vagonning turi k bo‘yicha i stansiyada mavjud bo‘lgan bo‘sh vagonlar soni (supply).

• $N_{k.i}^{k}$ — vagonning turi k bo‘yicha i stansiyaga kerak bo‘lgan bo‘sh vagonlar soni (demand).

• c_{ω} – vagon-km bo‘yicha xarajat (so‘m/vagon·km).

• c_{l} — lokomotiv-km bo‘yicha xarajat (so‘m/lok·km).

• N_{tar} — bitta lokomotiv bir yurishda olib ketishi mumkin bo‘lgan tarkibdagi maksimal vagonlar soni.

Matematik modelini tuzishda bo‘sh vagonlar oqimini tashkil qilishda qarorlarni samarali amalga oshirish uchun quyidagilarni belgilab olish kerak.

• $f_{ij}^{k} \in Z \geq 0 - st(i \to j)$ orqali tur k dagi **vagonlar soni** (ya’ni shu *st*-stansiya yo‘nalishi bo‘yicha jo‘natiladigan bo‘sh vagonlar).

• $z_{ij} \in Z \geq 0$ lokomotiv yonalishi bo‘yicha (lokomotivning yurishi stansiyalar orasidagi masofa uzunligi bo‘yicha lokomotiv-km hosil qiladi).

• $u_{i}^{k} \in Z \geq 0$ —i stansiya oxirida qoladigan ortiqcha bo‘sh vagonlar soni vagon turi k bo‘yicha tarqatiladi.

Bo‘sh vagonlarni taqsimlashda vaqt sarfini kamaytirish va vagonning bo‘sh holatida yurishining iqtisodiy samarasini amalga oshirish kerak. Bunda vagonlarni berishda vaqt va iqtisodiy samaradorligi solishtirilgan holda amalga oshirish talab etiladi.

Bo‘sh vagonni yetkazishda uning umumiy xarajatini keltirib olish kerak — vagon-km xarajatlari + lokomotiv-km xarajatlari:

$$\min Z = \sum_{(i,j)\in A}\sum_{k\in K} c_{\omega}(S_{ij}) f_{ij}^{k} + \sum_{(i,j\in A)} c_{l}(S_{ij}) z_{ij}.$$

Har bir stansiya i va tur k uchun stansiyadan chiqadigan jami vagonlar dastlab mavjud bo‘lgan $N_{m.i}^{k}$ dan oshmasin:

$$\sum_{j:(i,j)\in A} f_{ij}^{k} \leq N_{m.i}^{k} \quad \forall i \in I, \forall k \in K. \qquad (4)$$

Har bir i stansiya va vagon turi k uchun kiruvchi vagonlar talabni kamida qondirsin;

ISSN 3030-3907

$$\sum_{j:(j,i)\in A} f_{ji}^{k} \geq N_{k.i}^{k} \quad \forall i \in I, \forall k \in K. \qquad (5)$$

Har bir i stansiya va k vagon turi uchun:

$$N_{m.i}^{k} + \sum_{j:(j,i)\in A} f_{ji}^{k} = \sum_{j:(i,j)\in A} f_{ij}^{k} + N_{k.i}^{k} + u_{i}^{k} \quad \forall i \in I, \forall k \in K. \qquad (6)$$

Natija. Stansiyadagi bo‘sh vagonlar soni talab etilayotgan stansiyaga ta’minlashda ularni maxsimum darajada beriladi. Agar kerak bo‘lmagan vagonlarni texnik stansiya yoki stansiyaning vagonlar zaxira yo‘lida to‘planishini amalga oshiradi.

Har bir yo‘nalish uchun bitta yurishda tarkibda olib ketilayotgan umumiy vagonlar soni yoki tonna bilan cheklanadi:

$$\sum_{k\in K} f_{ij}^{k} \leq N_{tar} \cdot z_{ij} \qquad \forall (i,j) \in A. \qquad (7)$$

Bunda z_{ij} — lokomotivning yo‘nalishi bo‘yicha bajarilgan lokomotiv-yurishlar soni.

Bo‘sh vagonlarni uchastka bo‘yicha taqsimlashda matematik modelini tuzishda ushbu ko‘rsatkichlarni bir biriga ta’sirini quyidagicha belgilab olinadi. Kutilayotgan natijani tengsizlik orqali amalga oshirish talab etiladi.

$$f_{ij}^{k} \in Z \geq 0, \qquad z_{ij} \in Z \geq 0, \qquad u_{i}^{k} \in Z \geq 0. \qquad (8)$$

Xulosa: Bo‘sh vagonlarni mijozlarga yetkazib berishni rejalashtirish orqali lokomotivlarni yurish masofasi hamda bo‘sh vagonlarni yurish masofasini qisqartirish orqali Z_{min} xarajatlarini kamaytirish taklif etildi. Stansiyadagi bo‘sh vagonlarni taqdim etishda kerakli joyga taqsimlashni samarali usulini ishlab chiqildi. Ushbu maqolada bo‘sh vagonlarni uchastka boylab oqilona taqsimlashning matematik modeli ishlab chiqildi. Bu esa vagonlarni samaradorligini oshiradi va yuk tashish jarayonlarining uzluksizligini ta’minlaydi. Taklif etilayotgan matematik model orqali temir yo‘l tizimini real vaqt ma’lumotlari asosida samarali qaror qabul qilish imkoniyatini yaratadi. Shu asosida mijozlarga bo‘sh vagonlarni yetkazib berish taqsimoti avtomatlashtiriladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Кобдиков, М., Богданович, С., Киселева, О. Алгоритм расчёта прогнозных значений сдачи порожних вагонов. КазККА Хабаршиси №3 (64), 2010.
2. Голштейн, Э., Юдин, Д. Задачи линейного программирования транспортного типа.-М.: Наука, 1969. – 382 с.
3. Крушевский, А., Швесов, К. Математической программирование и моделирование в экономике. – К.: Виша школа. Головное изд-во, 1979. – 456 с.
4. Лаврус, В., Салмина, Э. Повишения эффективности исползования парка порожних вагонов. Вестник СамГУПС № 3 (29), 2015.

ISSN 3030-3907

5. Kobulov, J., Shermatov, E., Saidivaliev, S., Sattorov, S., Barotov, J. Overdue waiting of wagons on railway branch tracks: Problems and solutions. E3S Web of Conferences, 2024, 515, 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202451503008
6. Jamshid Barotov, Jamshid Kobulov, Shuxrat Saidivaliyev, Samandar Sattorov, Gaybullo Fayzullayev and Adylkhan Kibishov. Effective organization of acceleration of local train movement at railway transport departments. E3S Web of Conferences, 2024, 515, 02002. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451502002
7. N. Aripov, Sh. Suyunbayev, M. Khadjimukhametova, Sh. Jumayev; Technology of shunting operations to divide a group of Wagons in the freight train into two directions. AIP Conf. Proc. 15 March 2023; 2612 (1): 060022. https://doi.org/10.1063/5.0114454
8. M. Saburov, D. Butunov, S. Khudayberganov and M. Akhmedova. Optimization of operator companies on Uzbekistan railways. AIP Conference Proceedings 2612, 060008 (2023). 060008-1-060008-9. DOI: https://doi.org/10.1063/5.0131055
9. Dilmurod Butunov, Zhansaya Kalimbetova, Sardor Abdukodirov, Shuhrat Buriyev and Mafiratxon Tuxtaxodjayeva. Mathematical modeling of technological operations performed by trains at stations. E3S Web of Conferences 460, 06002 (2023). 1-09. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346006002.
10. Rasulov, M., Masharipov, M., Sattorov, S., & Bozorov, R. (2023). Study of specific aspects of calculating the throughput of freight trains on two-track railway sections with mixed traffic. In E3S Web of Conferences (Vol. 458, p. 03015). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345803015.
11. Kobulov J., Baratov., Samiev F., Merganov A. Effective organization of customer service work in the logistics system. Railway transport: topical issues and innovations, 2025 №2.
12. Baratov J., Tashmatova M., Samiev F. Universum: технические науки. Выпуск: 4(133) апрель 2025.
13. Ergasheva Z., Baratov J., Samiev F. Improving the container handling technology as part of the block train for departure at the junction station of the railway terminal. Известия Транссиба. № 3(55) 2023.

ISSN 3030-3907