

UDK: 372(575.1)072

**HUDUDDAGI OQIMLARNI TRANSPORT TARMOG'IDA OPTIMAL  
TAQSIMLASH MASALASINING MATEMATIK MODELI**

**Kuziyev Abdimurot Urokovich**

texnika fanlari nomzodi, dotsent, Termiz davlat universiteti, O'zbekiston;

**Muratov Abobakr Xolikberdievich**

texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), Termiz davlat universiteti,  
O'zbekiston;

**Raxmonqulov Baxtiyor To'ychiboyevich**

Ishlab chiqarish ta'limi bo'yicha direktor o'rinbosari, Uzun qishloq xo'jalik  
texnikumi

**Annotatsiya:** Maqolada transport sektori va kommunikatsiyalari rivojlanishi va muammolari, iqtisodiyoti o'sib borayotgan sharoitda unga qo'yiladigan yangi talablar tahlil etilgan. Shuningdek hududdagi yuk oqimlarini avtomobil va temir yo'l transporti vositalari va tarmog'idan samarali foydalanilgan holda o'zlashtirish hamda ularni istiqboldagi yuk oqimlarini o'sishiga mos ravishda rivojlantirish masalasining qo'yilishi va matematik modeli qaralgan.

**Kalit so'zlar:** transport, avtomobil, temir yo'l, tarmoq, multitarmoq, rivojlantirish, yo'l sxemasi, optimal, matematik model, yuk tashish.

**Аннотация:** В статье приведен анализ развития и проблемы транспортного сектора и транспортных коммуникаций а также новые требования к ним в условиях роста экономики. На ряду с этим рассмотрены вопросы постановки задачи и модели освоение грузопотоков при наилучшем использовании перевозочных средств автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортной сети и их развития с учётом перспективного роста грузопотоков, приведен анализ критерии оптимальности решения задачи развития транспортной сети.

**Annotation:** The article presents the analysis of the development and problems of the transport sektor and transport communications, new requirements to it in a growing economy. As well as the issues of posing challenges and the development of models of assimilating goods traffic in the best use of the means of automobile and rail transport and transport networks and their development taking

into account the perspective growth of goods traffic, making analysis of the criteria for the optimal solution of transport network development.

**Keywords:** Transport, automobile, railway, network, multiset, development, road scheme, optimal, mathematical model, freight traffic.

**Kirish.** Yuk oqimlarini transport tarmog'ida optimal taqsimlash va ularni rivojlantirish muammosi bir qancha asosiy omillar bilan belgilanadi. Birinchidan, jadal globallashuv va jahon savdosining o'sishi sharoitida yuk tashish hajmi sezilarli darajada o'sib bormoqda, bu transport tizimlarining samaradorligi va barqarorligiga qo'yiladigan talablarni oshiradi. Ikkinchidan, zamonaviy transport oqimlarining murakkabligi va dinamikasi mavjud transport resurslari va infratuzilmasidan optimal foydalanishni ta'minlaydigan rejalashtirish va boshqarishning yangi yondashuvlarini ishlab chiqishni talab qiladi. Uchinchidan, ekologik barqarorlik muammolari va transportning atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish zarurati iqtisodiy manfaatlar va ekologik xavfsizlik o'rtasidagi muvozanatni topish dolzarb hisoblanadi. Yuk oqimlarini optimal taqsimlashga qaratilgan tadqiqot mintaqaning transport tizimi samaradorligini oshirishga, barqaror iqtisodiy rivojlanishga ko'maklashishga va atrof-muhitga salbiy ta'sirni minimallashtirishga yordam beradi, bu esa uni zamonaviy sharoitlarda ayniqsa dolzarbligini oshiradi.

**Adabiyotlar sharhi.** Respublikada ishlab chqarilayotgan mahsulotlarni ichki va tashqi bozorlarga olib chiqishda kam xarj transport tarmoqlari (avtomobil va temir yo'l)ni tanlash va ularni optimal rivojlantirish masalalari dolzarb hisoblanadi.

Ishlab chqarilayotgan mahsulotlarni yetkazib berishda kam xarj transport tarmoqlarini tanlash va ularni optimal rivojlantirish masalalari hal yetish uchun ekspertlar tomonidan bir necha usullar tavsiya etilgan [1]:

-ekstensiv, yo'l infratuzilmasini qurish;

-intensiv, transport oqimini optimallashtirish va boshqarishda intellektual transport tizimlari (ITT)ni qo'llash.

Kamxarj avtotransport tarmog'ini aniqlash va optimallashtirish modellari va uslublari [2] takomillashtirilgan. Bunda yillik transport harajatlari va amortizatsion ajratmalarning minimal yig'indisi bo'yicha eng yaxshi transport tarmog'i variantini topish taklif etilgan.

Multimodal transport tarmog'ini loyihalash shakllari va o'tkazish qobiliyatining metodologik asoslari [3] ko'rilgan.

Slovakiyada transport quvvatini oshirish yo'llari, qayta yuklash stantsiyalarini ("Slovakiyada transport quvvatini oshirish, qayta yuklash stantsiyalarini qurish") va SHarqiy Yevropa va Osiyodan tashib kelinayotgan yuk oqimi tashish vaqtini

qisqartirish uchun Yevropada keng koleyali yo'llarni qurish istiqbollari tahlil etilgan [4].

Respublikamizda B.A. Xo'jayev, Sh.A. Bo'tayev, G.A. Samatov, K.T.Xudayberganov, A.M. Bagdasarov, N.N. Ibragimov, R.Z.Nurmuxamedov, D.Ilyosaliev va boshqa olimlar tashishni optimallashtirish usullari va algoritmlarini ishlab chiqish va har xil transport turlarining o'zaro birgalikdagi harakatini samarali boshqarishni takomillashtirishga salmoqli hissa qo'shgan.

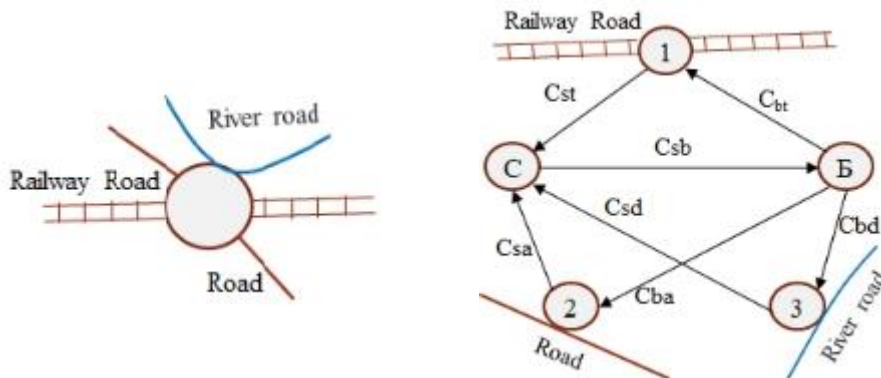
Surxondaryo viloyatining yer usti transporti multitarmog'i ishlab chiqilgan, unda yuk oqimlari umumiy foydalanishdagi avtomobil yo'llarini hisobga olgan holda optimal taqsimlangan. Turli transport turlari o'rtasida yuklarni qayta ortish imkoniyatini ta'minlovchi qo'shimcha tarmoq kiritilgan bo'lib, avtomobil va temir yo'l transporti multitarmog'ini shakllantirishning umumiy sxemasi ishlab chiqilgan [5, 6].

Transport tarmog'ida yuk oqimini optimal taqsimlash asosida transport tarmog'ini rivojlantirishga uslubiy yondoshuv hamda tarmoq uchastkalarining past yuklamali uchastkalarini aniqlash muammosi va ularni rivojlantirish tendensiyalari hamda imkoniyatlari tahlil etilgan [7, 8, 9, 10, 12]. Yo'qorida keltirilgan, ya'ni transport tarmog'ida yuk oqimlarini samarali taqsimlanish va ularni kelajakdagi yuk oqimlarini o'sishi (dinamikasi)ga mos ravishda rivojlantirish borasidagi ishlab chiqilgan modellar va usullarda faqat belgilangan yo'nalish va yuk uchun hamda bitta transport turi doirasida yechish ko'zda tutilgan. Vaholanki, har qanday hudud maydonida shakllanayotgan yuk oqimlarini tashish kamida ikkita yoki undan ortiq transport tarmoqlari ishtirokida amalga oshiriladi.

**Tadqiqot metodologiyasi.** Maqolani yoritishda graflar nazariyasi, matematik usullar, multitarmoq va boshqa usullardan foydalanilgan.

**Tahlil va natijalar muhokamasi.** Transport multitarmog'i oddiy tarmoqdan bir nechta transport uchastkalari va qo'shimcha (fiktiv) uzellari borligi bilan farq qiladi. U quyidagi tartibda tuziladi. Har bir transport turlarining mavjud punktlari (jo'natish, qabul qilish, iqtisodiy-texnikaviy, o'tkazish qobiliyati va boshqa ko'rsatkichlari bo'yicha) grafaning uzellari sifatida ko'rsatiladi.





1-rasm. Transport tarmog‘ining ko‘rinishi  
2-rasm. Multitarmoqda transport tarmog‘ining ko‘rinishi

Har xil transport turlari tutashgan manzillar, ya’ni bir transport turidan boshqasiga qayta yuklash imkoniyati mavjud bo‘lgan punktlar mos ravishda bir nechta manzillar ko‘rinishda tasvirlanadi, bu oqimlarni “eshikdan-eshikgacha” yetkazishdagi transport xarajatlarini to‘liqroq hisobga oladi (1-va 2-rasmlar).

Har xil transport turlari tutashgan real punkt B - jo‘natuvchi, S - qabul qiluvchi shartli va neytral 1, 2, 3 zvenolarga bo‘lingan. Shartli zvenolar orasida o‘tkazilgan orientrli yoy mos transport turlarining boshlang‘ich – so‘nggi operatsiyasi bo‘yicha xarajatlarini hamda bir transport turidan boshqasiga qayta yuklash bo‘yicha xarajatlarni aks ettiradi.

Shuning uchun  $S_{BA}$  va  $S_{SA}$  – avtomobil transporti,  $S_{BT}$  va  $S_{ST}$  – temir yo‘l,  $S_{BD}$  va  $S_{SD}$  – daryo transporti bo‘yicha boshlang‘ich va so‘nggi operatsiyalar tannarxini belgilaydi,  $S_{SB}$  – esa yuklarni saqlash bo‘yicha qo‘shimcha xarajatlarni ko‘rsatadi (2-rasm). Tarmoqqa boshqa transport (havo) turlarini ham kiritish mumkin bo‘ladi.

Masalani qo‘yilishi va modelini ishlab chiqish uchun transport tarmog‘iga oid asosiy tushuncha va ko‘rsatkichlarni kiritamiz [11, 13, 14].

Avtomobil va temir yo‘l transporti tarmog‘ini asosiy tushunchasi-bu turli yo‘l zvenolari (yoylari) kelib tutashadigan (birlashadigan) manzillar (uzellar)dir. Bunday punktlarni biz tutashma manzillar (TM) deb ataymiz. TMLar-bu yuk jo‘natuvchi yoki qabul qiluvchi, yuklarni bir transport turidan boshqasiga uzatuvchi, temir yo‘l yoki avtomobil yo‘llarini turli yo‘nalishdagi zvenolari o‘zaro kesishadigan manzillardir. Tarmoqning TMLari sifatida istiqbolda ishga tushirilishi mumkin bo‘lgan yuk jo‘natuvchi, qabul qiluvchi yoki bir transport turidan boshqasiga yuk o‘tkazuvchi manzillarni ham qabul qilish mumkin.

Masalani yoritish uchun quyidagi belgilanishlar kiritamiz.

<b>Tarmoq</b>	
$N$	uzellar to'plami
$S$	yuk jo'natuvchi
$t$	qabul qiluvchi
$S, t, N$	mazkur to'plam $S$ va $t$ manzillar to'plamini o'z ichiga oladi $S$
<b>Parametrlar</b>	
$X_{ij}^p$	Tashish oqimini xarakterlovchi parametr o'zgaruvchisi
$ij$	transport tarmog'ini $i$ manzilini $j$ manzili bilan bog'lovchi zveno (yoy)
$i$	$i = 1, 2, \dots, n$ -yuk jo'natuvchi
$j$	$j = 1, 2, \dots, m$ -yuk qabul qiluvchi
$l$	mazkur oqimga oid yuk turi
$P$	tashish oqimi yoyini rivojlanish darajasi
$a_i^l$	har bir $i$ manzildan jo'natilayotgan yuk hajmi
$b_j^l$	har bir $j$ manzilga qabul qilinayotgan yuk hajmi
$l$	$l=1, 2, \dots, k$ -yuk turini ko'rsatuvchi indekslar to'plami
$X_{ij}^p$	tashilayotgan yuklar oqimi
$D_{ij}^{p \max}$	$ij$ yo'l uchastkasi o'rtacha bir sutkada yo'ldan o'tadigan avtotransport vositalarini mumkin bo'lgan maksimal soni
$X_{ij}^p \cdot \frac{1}{D_x \cdot q_{ij}^p} \cdot K_{ij}^p$	tashilayotgan yuklar oqimi parametridan bir sutkada $ij$ yoy uchastkasidan o'tuvchi avtotransport vositalarini mumkin bo'lgan maksimal soniga o'tkazish
$q_{ij}^p$	$ij$ yoyini $P$ rivojlanish darajasida uchastkadan o'tuvchi avtotransport vositalarini o'rtacha yuk ko'taruvchanligi, t
$K_{ij}^p$ -	uchastkadan o'tuvchi transport oqimi tarkibida yuk avtomobillaridan tashqari boshqa turdagi transport vositalari salmog'ini ko'rsatuvchi koeffitsient
$D_x$ -	kalendar kunlari soni
$C_{ij}^p$	ko'rsatkichi, ya'ni bir birlik hajmdagi yuk tashish tannarxi

Endi transport tarmog'ining yoyini yuk oqimlarini o'tkazib yuborishga oid xarakteristikalarini tahlil etishga o'tamiz. Umumiy holda ko'rilayotgan masalani optimallik mezoni sifatida tarmoqning barcha  $\bar{v}$  yoylarida barcha  $l$ -yuk turlari bo'yicha tashish xarajatlarining elementlari  $C_{\bar{v}}^P$  va  $X_{\bar{v}}^P$  parametrlarining ko'paytmalari yig'indisini qabul qilish mumkin. Ammo bunda mazkur masala transport tarmog'ining qaysi rivojlanish darajasi  $P$  uchun ko'rilayotganligiga muvofiq  $C_{\bar{v}}^P$  parametr tarkibini turlicha aniqlash lozim bo'ladi. Masalan, agar masala amaldagi mavjud tarmoq uchun yechilayotgan bo'lsa, ya'ni  $P=0$ , unda  $C_{\bar{v},l}^P = C_{\bar{v},l}^{P(\max)}$ . Bunda  $C_{\bar{v},l}^{P(\max)}$  bir birlik tashish hajmiga to'g'ri keluvchi joriy xarajatlar bo'yicha tashish tannarxidir. Aksincha, agar  $P > 0$  bo'lsa unda  $C_{\bar{v},l}^P = C_{\bar{v},l}^{P(\max)}$  bo'ladi va  $C_{\bar{v},l}^{P(\max)}$  bir birlik hajmdagi yuk tashishga to'g'ri keladigan joriy xarajatlar va kapital mablag'lar yig'indisidan iborat bo'ladi. Turli xil transport tarmoqlari va operatsiyalari uchun yuk tashishni joriy va to'la tannarxi shakllanishini analitik ifodalari keyingi maqolalarda batafsil tahlil etiladi.

Masalani matematik modelini shakllantirishdagi yana muhim bir masala-bu optimallashtirish lozim bo'lgan parametr  $X_{\bar{v},l}^P$  ni,  $\bar{v}$  yoylaridagi yuk tashish oqimlarini transport tarmog'ining har bir yoyi uchun uning rivojlanish darajasiga muvofiq ravishda belgilanadigan cheklovchi qiymat doirasidan oshmasligini ta'minlashdan iboratdir. Bunday cheklash har bir transport turi uchun turlicha parametrlar ko'rinishda ifodalanadi. Masalan, avtomobil yo'llari tarmog'i uchun rivojlanish darajasi yo'l kategoriyalari orqali belgilanadi va har bir kategoriyadagi  $\bar{v}$  yo'l uchastkasi o'rtacha bir sutkada yo'ldan o'tadigan avtotransport vositalarini mumkin bo'lgan maksimal soni  $D_{\bar{v}}^{P(\max)}$  bilan xarakterlanadi. Bu cheklovni masalaning modelida ifodalash uchun tashilayotgan yuklar oqimi parametri  $X_{\bar{v},l}^P$  dan bir sutkada  $\bar{v}$  yoy uchastkasidan o'tuvchi avtotransport vositalarini mumkin bo'lgan maksimal soni  $D_{\bar{v}}^{P(\max)}$  ga o'tish lozim bo'ladi. Bunday o'tish esa  $X_{\bar{v},l}^P \cdot \frac{1}{A_n \cdot q_{\bar{v}}^P} \cdot K_{\bar{v}}^P$  ifodasi vositasida amalga oshirilishi mumkin, bu yerda

Temir yo'l transporti yoylari uchun yuk oqimlarini cheklovchi hajm mazkur uchastkaning bir sutkada o'tkazishi mumkin bo'lgan tashish hajmini maksimal qiymati  $Q_{\bar{v}}^{P(\max)}$  bilan xarakterlanadi. Har xil transport tarmoqlari yoylaridagi yuk oqimlariga qo'yiladigan cheklovchi parametrlar turlicha bo'lganligi tufayli hudud maydonidagi yoylar to'plami  $L$  ni har bir transport turi bo'yicha yoylarning lokal



to'plamlariga, ya'ni  $U_{AB}$ -avtomobil yo'llari yoylari va  $U_{TR}$ -temir yo'llari yoylarining lokal to'plamlariga ajratish lozim bo'ladi.

Shunday qilib, masalani qo'yilishi va matematik modeli quyidagicha shakllanadi: iqtisodiy hudud maydonida berilgan tutashma manzillararo  $ij$  yoylar bo'yicha tashiladigan va manfiy bo'lmagan  $l$ - yuklar oqimlari  $X_{ij,l}^p$  ni aniqlash, ya'ni

$$X_{ij,l}^p \geq 0, ij \in U \quad \text{va} \quad (1)$$

bunda barcha avtomobil yo'llari yoylaridan o'tuvchi transport harakati jadalligi shu uchastkani transport oqimini maksimal o'tkazib yuborish qobiliyati  $D_{ij}^{p,max}$  dan yuqori bo'lmaydi

$$\sum_{l=1}^k X_{ij,l}^p \cdot \frac{1}{D_n \cdot q_{ij}^p} \cdot K_{ij}^p \leq D_{ij}^{p,max}, ij \in U_{AB}; \quad (2)$$

temir yo'l tarmog'ining barcha yoylarida tashilayotgan hamma yuk turlari bo'yicha tashish oqimi shu uchastkadan yuk o'tkazib yuborishning maksimal imkoniyati  $Q_{ij}^{p,max}$  doirasidan oshmaydi

$$\sum_{l=1}^k X_{ij,l}^p \leq Q_{ij}^p, ij \in U_{TR}; \quad (3)$$

barcha yoylar bo'yicha TMDan jo'natiluvchi oqimlar hajmi keyingi manzilda qabul qilinuvchi oqimlar hajmiga teng bo'ladi

$$\sum_i a_i = \sum_j b_j \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, n; \\ j = 1, 2, \dots, m; \end{cases} \quad (4)$$

har bir uzal uchun  $i = 1, 2, \dots, n$  va har bir yuk uchun  $l = 1, 2, \dots, k$ ;

$$\sum_j \sum_i X_{ij,l} - \sum_j \sum_i X_{ji,l} = \begin{cases} a_i, azap, i \in S; \\ 0, azap, i \notin S, t; \\ b_j, azap, j \in t. \end{cases} \quad (5)$$

Hudud yuk oqimlarini tashishning joriy ( $F_X$ ) yoki to'la ( $F_T$ ) xarajatlari minimal darajada

$$F_X = \sum_{ij} \sum_l C_{ij,l}^{p(X)} \cdot X_{ij,l} \rightarrow MIN \quad (6)$$

$$F_T = \sum_{ij} \sum_l C_{ij,l}^{p(TX)} \cdot X_{ij,l} \rightarrow MIN \quad (7)$$

Transport tarmog'ini optimal rivojlantirish masalalarining bunday ko'rinishi (formulirovkasi) mavjud transport tarmog'i zvenolarini kengaytirish, qayta qurish va yangitdan qurishning har xil variantlarini hisobga oladi. Bunda tarmoqqa har xil transport turlari tarmoqlariga oid yangi uchastkalarini qo'shish imkoniyati bor. Umuman olganda, istalgan tur transport uchastkasi  $ij$  zveno sifatida modelga o'ziga

xos tashish tannarxi bilan kirish mumkin. Faqat ushbu tannarx asoslangan holda aniqlangan bo'lishi kerak.

**Xulosa.** Transport tarmog'ini rivojlantirish asosan yo'llarning transport ekspluatatsion holatidan kelib chiqib, navbati bilan amalga oshiriladi. Bu esa hudud transport tarmog'ini rivojlantirish uchun ajratilgan kapital mablag'larini ratsional taqsimlash imkoniyatini beradi.

Ushbu tadqiqot natijalaridan foydalanish transportida yuk tashish tarmog'ini istiqboldagi rivojini rejalashtirish va loyihalashda katta imkoniyat beradi. Bizning fikrimizcha, iqtisodiy hududda oqimlarni transport tarmog'ida samarali taqsimlash masalasini hal etish bilan bir vaqtda, viloyatda transport tarmog'ini rivojlantirishni aniqroq va atroflicha asoslaydi. Demak, ishlab chiqarish kuchlarining transportga bo'lgan xarajatlarini sezilarli darajada tejab qoladi. Bu esa o'z navbatida ishlab chiqarilayotgan mahsulot va butun iqtisodiyotimizning raqobatdoshligini oshiradi.

#### ADABIYOTLAR

1. Merenkov A.O. Zarubejniy opit v oblasti realizatsii intellektualnix transportnix sistem/ Vestnik Universiteta №7.-2015.

2. Livshits V.N., Belousova N.I., Bushanskiy S.P. Sovershenstvovanie teoreticheskix osnov, modeley i metodov optimizatsii razvitiya seti avtomobilnix dorog//Sb. nauch. tr. ZAO. Kompyuterniy audit, №3. 2004-S. 114-120.

3. Mouna Mnif, Sadok Bouamama. (2017) Firework Algorithm For Multi-Objective Optimization Of A Multimodal Transportation Network Problem//Procedia Computer Science. Rr. 1670–1682.

4. S.M.Goncharuk, V.A. Anisimov, N.S. Nesterova, N.A. Lebedeva (2012) Methodological Foundation for Designing Stage-by-Stage Development of Layout and Capacity of Multimodal Transportation Network: A Monograph, Khabarovsk, Izdatelstvo DVGUPS.

5. Kuziev, A. U. (2022). Methodology of development of the regional road network. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(5), 969-975.

6. Butayev, Sh.A., Sidiknazarov, K.M., Murodov, A.S., & Kuziev A.U. (2012). Logistika (Yetkazib berish zanjirida oqimlarni boshqarish). *Toshkent, "Ekstremum Press*, 577.

7 Kabashkin, I. (2015). Modelling of regional transit multimodal transport accessibility with Petri net simulation. *Procedia Computer Science*, 77, 151-157.

8 Fedorova, A., Kuzmenkov, A., & Emelianova, E. (2023). Road transport infrastructure of republic of Karelia automobile roads: assessment of the state and development trends. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 371). EDP Sciences.



VOLUME-2, ISSUE-3

9. Kuziev A. Hudud ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanishiga transport tarmogʻi holatining taʼsiri //Innovatsion texnologiyalar. – 2023. – T. 50. – №. 02. – S. 63-72.

10. Shermuxamedov A.A., Kuziyev A.U. Hudud avtomobil yoʻl tarmogʻini rivojlantirish metodikasi // Innovatsion texnologiyalar. Ilmiy texnik jurnal. – 2022. №3, – 59-65 b.

11. Kuziev, A., Juraev, M., Yusufkhonov, Z., & Akhmedov, D. (2023, March). Application of multimodal transportation in the development of future flows of the region. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2612, No. 1). AIP Publishing.

12. Kuziev A.U., Muratov A.Kh. Improving the method of delivery of construction cargo in auto transport. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal* Vol. 11, Issue 8, August 2021. pp. 207-216. <https://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:aca&volume=11&issue=8&article=038>

13. Abobakr Kholikberdievich Muratov. (2022). Increasing The Efficiency of Cargo Delivery to Consumers. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 12, 20–23. Retrieved from <https://www.geniusjournals.org/index.php/ejet/article/view/2688>

14. Muratov A.X. Statement and Mathematical Model of the Problem of General Service in the Transportation of Cargo by Motor Vehicle. *European Multidisciplinary Journal of Modern Science*. 6, (May 2022), pp.288–291. <https://emjms.academicjournal.io/index.php/emjms/article/view/392>