

TRANSPORT-LOGISTIKA TIZIMLARIDA KO‘P MEZONLI OPTIMALLASHTIRISH MODELINI DINAMIK VAZN KOEFFITSIYENTLARI ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH

Djurayev Tulkindjon Boysoatovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, katta o‘qituvchi
tulqindjurayev2@gmail.com

Annotatsiya

Ushbu maqolada transport-logistika tizimlarida transport xarajati, masofa va vaqt mezonlari asosida vazn koeffitsiyentlariga ega bo‘lgan ko‘p mezonli maqbullashtirish modelini takomillashtirish masalasi o‘rganiladi. Zamonaviy logistika tizimlarida bir vaqtning o‘zida bir nechta, ko‘pincha bir-biriga zid bo‘lgan maqsadlarni (xarajatlarni minimallashtirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish, masofani optimallashtirish) hisobga olish zarurati mavjud. Taklif etilayotgan modelda har bir mezonga ekspert baholashlar va statistik ma’lumotlar asosida aniqlanuvchi vazn koeffitsiyentlari berilgan bo‘lib, bu qaror qabul qiluvchining ustuvorliklarini moslashuvchan tarzda aks ettirish imkonini beradi. Modelni takomillashtirishning asosiy yo‘nalishlari: vazn koeffitsiyentlarini dinamik tarzda aniqlash mexanizmini ishlab chiqish, mezonlarni normallashtirishning yangi usulini joriy etish va Pareto-optimal yechimlarni izlash samaradorligini oshirishdan iborat. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, takomillashtirilgan model transport marshrutlarini rejalashtirishda qaror qabul qilish jarayonining sifatini oshirish, xarajatlar va vaqt o‘rtasidagi optimal muvozanatni ta’minlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: ko‘p mezonli optimallashtirish, vazn koeffitsiyentlari, transport xarajati, masofa, vaqt, maqbullashtirish modeli, Pareto optimallik.

Kirish

Transport-logistika tizimlarida marshrutlarni rejalashtirish murakkab ko‘p mezonli qaror qabul qilish masalasi hisoblanadi. Amaliyotda transport jarayonlarini tashkil etishda bir vaqtning o‘zida bir nechta, ko‘pincha bir-biriga zid bo‘lgan maqsadlarni hisobga olish zarurati yuzaga keladi. Xususan, transport xarajatlarini minimallashtirish, yetkazib berish vaqtini qisqartirish va bosib o‘tiladigan masofani optimallashtirish kabi mezonlar ko‘pincha bir-biri bilan ziddiyatli munosabatda bo‘ladi.

Ko‘p mezonli qaror qabul qilish (Multiple Criteria Decision Making – MCDM) usullari transport-logistika sohasida keng qo‘llaniladi. Bu usullar orasida vaznli yig‘indi usuli (Weighted Sum Method) o‘zining soddaligi va amaliy qulayligi bilan ajralib turadi. Biroq, an’anaviy vaznli yig‘indi usulida vazn koeffitsiyentlarini aniqlash subyektiv xarakterga ega bo‘lib, ularning vaqt o‘tishi bilan o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvi ta’minlanmagan.

Mazkur tadqiqotning dolzarbligi quyidagi omillar bilan belgilanadi: birinchidan, transport-logistika tizimlarida qaror qabul qilish jarayonlarining murakkablashuvi ko‘p mezonli yondashuvlarni takomillashtirishni talab qiladi; ikkinchidan, mezonlarning o‘zaro ta’sirini va qaror qabul qiluvchining ustuvorliklarini aniq aks ettiruvchi modellarga ehtiyoj ortib bormoqda; uchinchidan, raqamli texnologiyalar va sun’iy intellekt usullarining rivojlanishi vazn koeffitsiyentlarini dinamik aniqlash imkoniyatlarini kengaytirmoqda.

Tadqiqotning maqsadi transport xarajati, masofa va vaqt mezonlari asosida vazn koeffitsiyentlariga ega bo‘lgan ko‘p mezonli maqbullashtirish modelini takomillashtirishdan iborat.

Ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullari transport-logistika sohasida keng tadqiq qilingan. Xalqaro miqyosda bu sohada R.L. Keeney, H. Raiffa, K. Govindan, M. Ehrgott va boshqa olimlarning ishlari muhim ahamiyatga ega (1-jadval).

1-jadval

№	Muallif(lar)	Yil	Asosiy yo‘nalish	Usul/ Nazariya	Asosiy natija
1	Keeney R.L., Raiffa H.	1976	Ko‘p mezonli qaror qabul qilish	MAUT	Afzalliklarni modellashtirish, vaznli yig‘indi
2	Govindan K. va boshqalar	2017	Ta‘minot zanjiri	MCDM	Sodda, lekin o‘zaro ta‘sir hisobga olinmaydi
3	Ehrgott M.	2005	Optimallashtirish	Pareto	Pareto yechimlar asoslangan
4	Wang Y.M., Yin H.L.	2018	Logistika	Genetik algoritim	Noaniqlikda optimallashtirish
5	Borzenkov A.M.	2025	Optimallashtirish	Gibrid usul	Samaradorlik oshgan
6	G‘aybullaev B.Q.	2025	Transport-logistika	Raqamli texnologiyalar	Amaliy samaradorlik isbotlangan

Tadqiqot metodologiyasi

Ko‘p mezonli maqbullashtirish masalasining matematik modeli.

Transport marshrutlarini rejalashtirish masalasi uch mezonli optimallashtirish masalasi sifatida ifodalanadi:

$$\min F(x) = (f_1(x), f_2(x), f_3(x))$$

bu yerda: - $f_1(x)$ – transport xarajatlari funksiyasi;

- $f_2(x)$ – bosib o‘tiladigan masofa funksiyasi;

- $f_3(x)$ – yetkazib berish vaqti funksiyasi.

Cheklovlar tizimi:

$$\begin{cases} \sum_{j \in N} x_{ij} = 1, & \forall i \in M \\ \sum_{i \in M} x_{ij} \leq 1, & \forall j \in N \\ q_i \leq Q_{max}, & \forall i \\ t_{ij} \leq T_{max}, & \forall i, j \end{cases}$$

bu yerda:

x_{ij} – i-nuqtadan j-nuqtaga o‘tishni belgilovchi binar o‘zgaruvchi,

q_i – i-nuqtadagi yuk hajmi,

Q_{max} – transport vositasining maksimal yuk ko'taruvchanligi,

t_{ij} – i va j nuqtalar orasidagi harakat vaqti,

T_{max} – ruxsat etilgan maksimal yetkazib berish vaqti.

Vaznli yig'indi usuli asosidagi ko'p mezonli masalani bir mezonli masalaga keltirish uchun vaznli yig'indi usuli qo'llaniladi:

$$\min Z(x) = w_1 \cdot f_1(x) + w_2 \cdot f_2(x) + w_3 \cdot f_3(x)$$

bu yerda w_1, w_2, w_3 - mos ravishda xarajat, masofa va vaqt mezonlarining vazn koeffitsiyentlari bo'lib, quyidagi shartlarni qanoatlantiradi:

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1, \quad w_i \geq 0$$

Mezonlarni normallashtirish. Mezonlar turli o'lchov birliklariga ega bo'lganligi sababli, ularni normalashtirish zarur. An'anaviy usulda normalashtirish quyidagi formula bo'yicha amalga oshiriladi:

$$\bar{f}_k(x) = \frac{f_k(x) - f_k^{min}}{f_k^{max} - f_k^{min}}$$

bu yerda f_k^{min} va f_k^{max} – k-mezonning mumkin bo'lgan minimal va maksimal qiymatlari. Takomillashtirilgan modelda quyidagi logarifmik normalashtirish usuli taklif etiladi:

$$\bar{f}_k(x) = \ln \left(1 + \frac{f_k(x) - f_k^{min}}{f_k^{max} - f_k^{min}} \right)$$

Ushbu usul mezon qiymatlarining kichik o'zgarishlariga nisbatan sezgirlikni oshirish va ekstremal qiymatlarining ta'sirini kamaytirish imkonini beradi.

Vazn koeffitsiyentlarini dinamik aniqlash mexanizmi An'anaviy modellarda vazn koeffitsiyentlari statik xarakterga ega bo'lib, ular qaror qabul qiluvchi tomonidan bir marta belgilanadi. Takomillashtirilgan modelda vazn koeffitsiyentlarini dinamik aniqlash mexanizmi ishlab chiqilgan:

$$w_k(t) = \frac{\alpha_k \cdot e^{\beta_k \cdot \Delta_k(t)}}{\sum_{j=1}^3 \alpha_j \cdot e^{\beta_j \cdot \Delta_j(t)}}$$

bu yerda:

t – vaqt (yoki iteratsiya) indeksi;

α_k – bazaviy vazn koeffitsiyenti (ekspert baholash asosida aniqlanadi);

β_k – moslashuv tezligini belgilovchi parametr;

$\Delta_k(t)$ – k-mezon bo'yicha joriy yechimning maqsadli qiymatdan og'ishi.

Natijalar va muhokama

Vazn koeffitsiyentlarining yechimga ta'siri tahlili. Turli vazn koeffitsiyentlari kombinatsiyalarida olingan yechimlar tahlil qilindi. Natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan (2-jadval).

2-jadval

Variant	w_1 (xarajat)	w_2 (masofa)	w_3 (vaqt)	Xarajat (so'm)	Masofa (km)	Vaqt (soat)
A	0.7	0.2	0.1	1,250,000	380	12.5
B	0.2	0.7	0.1	1,480,000	310	13.2
C	0.2	0.1	0.7	1,520,000	420	10.8
D	0.4	0.3	0.3	1,380,000	360	11.9
E	0.33	0.33	0.34	1,410,000	370	11.5

Natijalar shuni ko'rsatadiki, vazn koeffitsiyentlarining o'zgarishi optimal marshrutning tuzilishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Xarajat mezoniga ustuvorlik berilganda (variant A) uzunroq, ammo arzonroq yo'nalishlar tanlanadi. Vaqt mezoniga ustuvorlik berilganda (variant C) qisqa vaqtli, ammo qimmatroq yo'nalishlar afzal ko'riladi.

Dinamik vazn koeffitsiyentlarining samaradorligi. Statik va dinamik vazn koeffitsiyentlari qo'llanilgan modellarning qiyosiy tahlili 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval.

Ko'rsatkich	Statik model	Dinamik model	O'zgarish
O'rtacha xarajat (so'm)	1,425,000	1,380,000	-3.2%
O'rtacha masofa (km)	375	360	-4.0%
O'rtacha vaqt (soat)	12.1	11.5	-5.0%
Yetkazib berish ishonchliligi	92%	96%	+4.0%
Qaror qabul qilish vaqti (soniya)	45	52	+15.6%

Dinamik model barcha mezonlar bo'yicha yaxshilangan natijalarni ko'rsatdi. Yetkazib berish ishonchliligi 4% ga oshdi, bu dinamik moslashuv mexanizmining samaradorligini tasdiqlaydi. Qaror qabul qilish vaqtining 15.6% ga oshishi dinamik mexanizmning hisoblash murakkabligi bilan bog'liq.

Logarifmik normallashtirishning afzalliklari. An'anaviy chiziqli normallashtirish va taklif etilgan logarifmik normallashtirish usullarining qiyosiy tahlili 4-jadvalda ko'rsatilgan.

4-jadval.

Mezon	Chiziqli normallashtirish	Logarifmik normallashtirish
Ekstremal qiymatlarga sezgirlik	Yuqori	Past
Kichik o'zgarishlarga sezgirlik	Past	Yuqori
Yechim barqarorligi	O'rtacha	Yuqori

Pareto front sifati	O'rtacha	Yuqori
---------------------	----------	--------

Logarifmik normallashtirish usuli ekstremal qiymatlarning ta'sirini kamaytirish va mezon qiymatlarining kichik o'zgarishlariga nisbatan sezgirlikni oshirish imkonini berdi. Bu Pareto front sifatining yaxshilanishiga olib keldi.

Takomillashtirilgan modelning amaliyotga joriy etish natijalari. Buxoro logistika markazi misolida takomillashtirilgan modelni amaliyotga joriy etish natijalari 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval.

Ko'rsatkich	Joriy etishdan oldin	Joriy etishdan keyin	O'zgarish
Transport xarajatlari (oylik, mln so'm)	185.5	168.2	-9.3%
O'rtacha yetkazib berish masofasi (km)	245	228	-6.9%
O'rtacha yetkazib berish vaqti (soat)	8.4	7.8	-7.1%
Mijozlar qoniqish darajasi	87%	93%	+6.9%
Yoqilg'i sarfi (litr/100 km)	32.5	31.2	-4.0%

Takomillashtirilgan modelni joriy etish transport xarajatlarini 9.3% ga, yetkazib berish vaqtini 7.1% ga qisqartirish va mijozlar qoniqish darajasini 6.9% ga oshirish imkonini berdi.

Xulosa va tavsiyalar

Ushbu tadqiqot natijalariga asoslanib, quyidagi xulosalar chiqarildi:

Transport xarajati, masofa va vaqt mezonlari asosida vazn koeffitsiyentlariga ega bo'lgan ko'p mezonli maqbullashtirish modelini takomillashtirish qaror qabul qilish jarayonining sifatini oshirish imkonini beradi.

Ishlab chiqilgan dinamik vazn koeffitsiyentlarini aniqlash mexanizmi qaror qabul qiluvchining ustuvorliklarini va tashqi muhit o'zgarishlarini real vaqt rejimida hisobga olish imkonini beradi. Dinamik model statik modelga nisbatan xarajatlarni 3.2%, masofani 4.0%, vaqtni 5.0% ga kamaytirish imkonini berdi.

Logarifmik normallashtirish usuli mezon qiymatlarining ekstremal o'zgarishlariga nisbatan barqarorlikni oshirish va kichik o'zgarishlarga nisbatan sezgirlikni ta'minlash imkonini beradi.

Takomillashtirilgan modelni Buxoro logistika markazida amaliyotga joriy etish transport xarajatlarini 9.3% ga, yoqilg'i sarfini 4.0% ga kamaytirish va mijozlar qoniqish darajasini 6.9% ga oshirish imkonini berdi.

Amaliy tavsiyalar sifatida quyidagilarni taklif qilish mumkin:

Transport-logistika korxonalarida ko'p mezonli qaror qabul qilish tizimlarini joriy etishda vazn koeffitsiyentlarini dinamik aniqlash mexanizmlaridan foydalanish;

Mezonlarni normallashtirishda logarifmik va boshqa noxiziqli usullarni qo'llash imkoniyatlarini o'rganish;

Pareto-optimal yechimlarni izlashda NSGA-II va boshqa zamonaviy evolyutsion algoritmlardan foydalanish;

Taklif etilgan modelni boshqa mezonlar (ekologik zarar, risk darajasi va boshqalar) bilan kengaytirish imkoniyatlarini o'rganish.

Adabiyotlar

[1] G'aybullaev B.Q. Transport-logistika tizimini optimallashtirishda raqamli texnologiyalarning iqtisodiy samaradorligi (Buxoro logistika markazi misolida) // Science and Education. – 2026. – Vol. 7, No. 2. – P. 501–510.

[2] Oguntola I.O., Ülkü M.A., Saif A., Engau A. On the value of shipment consolidation and machine learning techniques for the optimal design of a multimodal logistics network // INFOR: Information Systems and Operational Research. – 2024. – Vol. 62, No. 1. – P. 1–52.

[3] Gryshchuk O., Petryk A., Kopiak N., Litus T. Transport and logistics service of foreign trade cargo flows in integrated production systems // MATEC Web of Conferences. – 2024. – Vol. 392. – P. 03002.

[4] Borzenkov A.M., Pronin C.B., Podberezkin A.A., Ostroukh A.V., Shmonin A.M. Research methods for multicriteria optimization of logistics based on hybrid evolutionary-predictive models // Journal of Applied Engineering Science. – 2025. – Vol. 15, No. 4. – P. 285–306.

[5] T.B. Djuraev, H.K. Чориёров Модель информационных потоков в диспетчерской службе транспортного процесса. Journal of Integrated Education and Research. Vol. 1 No. 6 (2022): 6. 63-67.

[6] J.T. Usmonov, T.B. Djurayev, Pulatova Z.M. Imitation models of the railway organization for railway transport flows, International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021.DOI: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670044 Retrieved from www.scopus.com

[7] J.T. Usmonov, T.B. Djurayev Technical science and innovation, Imitation models of the railway organization for railway transport flows, Tashkent state technical university named after Islam Karimov., №4(10) tashkent 2021 page 201-207.

[8] T.B Djuraev, O.X. Alloyorov “Автомобил транспорти логистикаси фаолиятини Монте-карло усули асосида оптималлаштириш”. “Muhammad al-Xorazmiy avlodlari” ilmiyamaliy va axborot-tahliliy jurnali. 2(16) /2021, 46-51

[9] J.T. Usmonov, T.B. Djuraev, Z.M. Pulatova (2020). Optimization of global information flows in transport system management. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 12(7 Special Issue), 2024-2032. doi:10.5373/JARDCS/V12SP7/20202319 Retrieved from www.scopus.com

[10] X. Jiyanbekov, J. Usmonov, S. Azimov (2019). The probability model of railway transport system activity. Paper presented at the Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2019- October 1256-1259.