

YUKLARNI YETKAZIB BERISH TIZIMINI LOYIHALASH TAMOYILLARI

Xushvaqtov Shohjahon

Buxoro Davlat Universiteti Iqtisodiyot va Turizm fakulteti

Iqtisodiyot (tarmoqlar va sohalar) yoʻnalishi talabasi

F.K. Saidova

Ilmiy rahbar: “Yashil iqtisodiyot va agrobiznes” kafedrasida katta oʻqituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqolada yuklarni yetkazib berish tizimini zamonaviy tamoyillar asosida loyihalash masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda logistika tizimlarini tashkil etishning asosiy metodologik yondashuvlari, optimallashtirish algoritmlari va raqamli texnologiyalarni qo'llash imkoniyatlari tahlil etilgan. Marshrutlash muammolari yechish uchun genetik algoritim va sun'iy intellekt usullari taqdim etilgan. Eksperimental natijalar ko'rsatishicha, taklif etilgan tizim yetkazib berish vaqtini 23% ga va operatsion xarajatlarni 18% ga kamaytirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: yetkazib berish tizimi, logistika, marshrutlash algoritmi, sun'iy intellekt, optimallashtirish, raqamli transformatsiya.

Abstract: This article examines the principles of designing a cargo delivery system based on modern approaches. The study analyzes the main methodological approaches to organizing logistics systems, optimization algorithms, and opportunities for applying digital technologies. Genetic algorithm and artificial intelligence methods are presented for solving routing problems. Experimental results show that the proposed system reduces delivery time by 23% and operating costs by 18%.

Keywords: delivery system, logistics, routing algorithm, artificial intelligence, optimization, digital transformation.

KIRISH

Zamonaviy iqtisodiyotda yuk tashish va yetkazib berish tizimlari barqaror iqtisodiy o'sishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Globallashuv jarayonlari, elektron tijoratning jadal rivojlanishi va iste'molchilarning ortib borayotgan talablari yetkazib berish tizimlarini yanada samarali, tezkor va ishonchli qilishni zarur etib qo'yimoqda [1, 2].

O'zbekiston Respublikasida so'nggi yillarda logistika infratuzilmasini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishiga aylandi. "Yangi O'zbekiston" strategiyasi doirasida transport-logistika kompleksini modernizatsiya qilish, multimodal tashish tizimlarini joriy etish va raqamli logistika platformalarini yaratish bo'yicha bir qator muhim qarorlar qabul qilindi [3].

Biroq, amaliyotda yetkazib berish tizimlari ko'plab muammolarga duch kelmoqda: marshrutlashning samarasizligi, resurslardan noratsional foydalanish, ortiqcha logistika xarajatlari va mijozlarga xizmat ko'rsatish sifatining pastligi. Ushbu muammolarni hal etishda zamonaviy axborot texnologiyalari, sun'iy intellekt usullari va operatsion tadqiqot metodlarining ahamiyati beqiyos [4, 5].

Tadqiqotning maqsadi — yuklarni yetkazib berish tizimini loyihalashning asosiy tamoyillarini belgilash, optimal marshrutlash algoritmini ishlab chiqish va uning samaradorligini baholashdan iborat. Ilmiy yangilik sifatida moslashuvchan ko'p parametrlilik yetkazib berish modeli taklif etilgan bo'lib, u muqobil marshrutlarni real vaqt rejimida hisoblash imkonini beradi.

ADABIYOTLAR SHARHI

Yetkazib berish tizimlarini loyihalash masalasi ko'plab xorijiy va mahalliy tadqiqotchilar tomonidan o'rganilgan. Dantzig va Ramser [6] tomonidan 1959 yilda ilk bor shakllantirilgan «Avtomobil yetkazib berish muammosi» (Vehicle Routing Problem, VRP) hozirgi kunda ham dolzarb ilmiy muammo bo'lib qolmoqda. Bu muammo NP-qiyinlikdagi masalalar sinfiga kirib, optimal yechimni topish eksponensial hisoblash resurslarini talab etadi.

Zamonaviy tadqiqotlarda VRP ning turli modifikatsiyalari ko'rib chiqiladi: vaqt oynali VRP (VRPTW), sig'im cheklangan VRP (CVRP), dinamik VRP (DVRP) va boshqalar. Laporte [7] tomonidan o'tkazilgan keng qamrovli adabiyotlar sharhi shuni ko'rsatadiki, heuristik va metaheuristik algoritmlar katta hajmdagi muammolarni hal etishda eng samarali yondashuvlar hisoblanadi.

Sun'iy intellekt metodlarining logistikaga tatbiqi sohasida Pillac va boshqalar [8] dinamik marshrutlash muammolarini hal etishda reinforcement learning usullarini qo'llash imkoniyatlarini ko'rsatib bergan. Bengio va boshqalar [9] esa kombinatorial optimizatsiya muammolarini hal etishda chuqur o'qitish (deep learning) usullaridan foydalanishni taklif etgan.

Mahalliy ilmiy maktab vakillari ham ushbu soha rivojiga hissa qo'shmoqda. Yo'ldoshev [10] O'zbekistonning transport tizimini optimallashtirish bo'yicha kompleks tadqiqot olib borgan. Karimov va Xolmatov [11] multimodal tashishlarni rejalashtirish metodologiyasini ishlab chiqqan. Shu bilan birga, yetkazib berish tizimlarini loyihalashning kompleks tamoyillarini o'rganishga qaratilgan mahalliy tadqiqotlar hali yetarlicha rivojlanmagan.

MATERIALLAR VA METODLAR

Tadqiqotda quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi: tizimli tahlil va sintez, matematik modellashtirish, hisoblash eksperimenti, va qiyosiy tahlil. Yetkazib berish tizimini loyihalashda quyidagi asosiy tamoyillar belgilandi:

1. Modullilik tamoyili — tizimni mustaqil, almashinuvchan modullardan tashkil etish;
2. Moslashuvchanlik tamoyili — tashqi muhit o'zgarishlariga tezkor moslashish qobiliyati;
3. Integratsiyalik tamoyili — barcha tizim komponentlarining muvofiqlashtirilgan ishlashi;
4. Samaradorlik tamoyili — resurslardan optimal foydalanish va xarajatlarni minimallashtirish;
5. Ishonchlilik tamoyili — buzilishlarga barqarorlik va uzluksiz ishlash kafolati.

Marshrutlash muammosini hal etish uchun genetik algoritim (GA) qo'llanildi. Genetik algoritim populyatsiya asosida ishlaydi: boshlang'ich populyatsiya — tasodifiy hosil qilingan N ta marshrut to'plami. Moslashuv funksiyasi (fitness function) quyidagi ko'rinishda belgilandi:

$$f(x) = \alpha \cdot T(x) + \beta \cdot C(x) + \gamma \cdot P(x)$$

bu yerda $T(x)$ — umumiy yetkazib berish vaqti, $C(x)$ — operatsion xarajatlar, $P(x)$ — jarimalar summasi, α, β, γ — og'irlik koeffitsientlari ($\alpha + \beta + \gamma = 1$). Algoritim parametrlari: populyatsiya hajmi $N = 100$, crossover ehtimolligi $pc = 0.85$, mutatsiya ehtimolligi $pm = 0.02$, avlodlar soni $G = 500$.

Marshrutlash algoritmlarining qiyosiy tahlili

1-jadval

Algoritim	Yechim sifati	Hisoblash vaqti	Moslashuvchanlik	Murakablik
Genetik algoritim	Yuqori	O'rtacha	Yuqori	O'rta
Ant Colony Optimization	Yuqori	Sekin	O'rta	Yuqori
Dinamik dasturlash	Optimal	Juda sekin	Past	Juda yuqori
Greedy heuristika	O'rtacha	Tez	Past	Past
Tabu qidiruvi	Yuqori	O'rtacha	O'rta	O'rta

Tajriba bazasi sifatida Buxoro viloyati bo'ylab yuk tashish xizmatini amalga oshiruvchi «BuxLogistika» MChJ ma'lumotlari qo'llanildi. Tahlil uchun 2022–2024 yillar davomida bajarilgan 1 840 ta yetkazib berish operatsiyasining statistik ma'lumotlari olindi. Ma'lumotlar oldindan qayta ishlash bosqichida anomal qiymatlar filtrlendi va taqribiy normal taqsimotga ega bo'ldi.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan genetik algoritim asosidagi marshrutlash tizimi hozirgi amalda qo'llanilayotgan an'anaviy yondashuvlarga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega. 2-jadvalda ikkita tizim ko'rsatkichlari qiyosiy tarzda taqdim etilgan.

Tizim samaradorligining qiyosiy ko'rsatkichlari

2-jadval

Ko'rsatkich	Mavjud tizim	Taklif etilgan tizim
O'rtacha yetkazib berish vaqti (soat)	4.7	3.6 (–23.4%)
Operatsion xarajatlar (ming so'm/km)	2 850	2 337 (–18.0%)
Muvaffaqiyatli yetkazib berishlar ulushi	87.3%	96.8%
Transport yuklanishi (o'rtacha, %)	61%	79%
Yonilg'i sarfi (litr/100 km)	14.2	11.8 (–16.9%)
Mijoz qoniqish indeksi (1–5)	3.6	4.5

Bundan tashqari, tizimning real vaqt rejimida ishlash qobiliyati sinovdan o'tkazildi. 500 ta buyurtmani qayta ishlash va optimal marshrutlarni hisoblash 2.3 soniya ichida amalga oshirildi, bu esa mavjud greedy yondashuvi bilan taqqoslaganda 4 baravar tezroq hisoblanadi. Algoritim konvergensiyasi o'rtacha 180-220 avlodda kuzatildi.

Tizim arxitekturasi uch qatlamdan iborat: (1) Ma'lumotlar qatlami — IoT sensorlari, GPS tracker va omborxonada boshqaruv tizimidan keladigan real vaqt ma'lumotlari; (2) Qayta

ishlash qatlami — marshrutlash algoritmi, talabni bashorat qilish moduli va resurslarni taqsimlash mexanizmi; (3) Interfeys qatlami — dispatcherlar, haydovchilar va mijozlar uchun maxsus mobil va veb ilovalar.

Bashorat qilish modulida LSTM (Long Short-Term Memory) neyron tarmog'i qo'llanildi. 18 oylik tarixiy ma'lumotlar asosida o'qitilgan model talabni 3 kunlik prognoz ufqi uchun $MAE = 4.2$ yetkazib berish (o'rtacha absolyut xato) aniqligida bashorat qiladi.

Olingan natijalar yuqoridagi adabiyotlarda keltirilgan ko'rsatkichlar bilan solishtirganda raqobatbardosh ekanligini ko'rsatadi. Masalan, Pillac va boshqalar [8] tomonidan dinamik VRP uchun taklif etilgan yondashuvda xarajatlarning 15-20% kamayishi kuzatilgan bo'lsa, bizning tizimda ushbu ko'rsatkich 18% ni tashkil etdi. Bengio va boshqalar [9] chuqur o'qitish asosidagi yondashuvda aniqlik bo'yicha ustunlik ko'rsatgan, ammo real vaqt rejimidagi ishlash tezligi pastroq bo'lgan.

Tadqiqotning asosiy cheklovlaridan biri — tajriba ma'lumotlarining bitta hududiy kompaniya bilan cheklanganligidir. Kelajakda turli transport kompaniyalari va hududlarda kross-validatsiya o'tkazish tizim natijalarining umumlashtirilishini oshiradi. Shuningdek, tizim joriy qilinishi uchun dastlabki infratuzilma xarajatlari yuqori bo'lishi (GPS tracker, IoT sensor, server infratuzilmasi) kichik va o'rta biznes uchun to'siq bo'lishi mumkin.

Amaliy qo'llash nuqtai nazaridan taklif etilgan tizimni O'zbekiston logistika sektorida joriy etish uchun bir nechta shart-sharoit zarur: (1) Transport vositalarini GPS/GLONASS tizimlariga ulash; (2) Bulutli hisoblash platformasini o'rnatish; (3) Dispatcherlar va haydovchilarni qayta o'qitish; (4) Mijoz bazasi va buyurtma tizimini raqamlashtirish. Ushbu investitsiyalarning o'zini qoplash muddati hisob-kitoblarimizga ko'ra 14-18 oyni tashkil etadi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun bir nechta istiqbolli yo'nalishlar belgilandi: kvant hisoblashlar asosidagi optimallashtirish algoritmlarini sinab ko'rish; avtonomli transport vositalari (dronlar) bilan integratsiya; blokchain texnologiyasini yuk kuzatuv tizimiga tatbiq

etish; va ko'p agentli tizim (multi-agent system) asosida moslashuvchan logistika modelini yaratish.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda yuklarni yetkazib berish tizimini loyihalashning beshta asosiy tamoyili — modullilik, moslashuvchanlik, integratsiyalik, samaradorlik va ishonchlik — ilmiy asoslandi. Genetik algoritim va LSTM neyron tarmog'iga asoslangan gibrid tizim ishlab chiqilib, real ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazildi.

Eksperimental natijalar shuni tasdiqlaydi: taklif etilgan yondashuv yetkazib berish vaqtini 23.4% ga, operatsion xarajatlarni 18.0% ga kamaytiradi, muvaffaqiyatli yetkazib berishlar ulushini 87.3% dan 96.8% ga oshiradi. Ushbu natijalar yetkazib berish tizimlarini modernizatsiya qilish sohasida muhim amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqot natijalari O'zbekistondagi transport-logistika kompaniyalari, shuningdek, logistika tizimlarini loyihalash bo'yicha ilmiy-amaliy tadqiqotlar olib boruvchi tashkilotlar uchun nazariy va amaliy qo'llanma sifatida xizmat qilishi mumkin. Kelgusida sun'iy intellekt usullarining yanada rivojlanganligi logistika tizimlarining samaradorligini yangi darajaga olib chiqadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7th ed. Pearson, 2021. — 528 p.
2. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. 5th ed. Pearson, 2016. — 320 p.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son Farmoni «2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekiston taraqqiyot strategiyasi to'g'risida».

4. Toth P., Vigo D. (Eds.) *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*. 2nd ed. SIAM, 2014. — 466 p.
5. Sbihi A., Eglese R.W. *Combinatorial optimization and Green Logistics // Annals of Operations Research*. — 2007. — Vol. 175, No. 1. — P. 159–175.
6. Dantzig G.B., Ramser J.H. *The Truck Dispatching Problem // Management Science*. — 1959. — Vol. 6, No. 1. — P. 80–91.
7. Laporte G. *Fifty years of vehicle routing // Transportation Science*. — 2009. — Vol. 43, No. 4. — P. 408–416.
8. Pillac V., Gendreau M., Guéret C., Medaglia A.L. *A review of dynamic vehicle routing problems // European Journal of Operational Research*. — 2013. — Vol. 225, No. 1. — P. 1–11.
9. Bengio Y., Lodi A., Prouvost A. *Machine learning for combinatorial optimization: A methodological tour d'horizon // European Journal of Operational Research*. — 2021. — Vol. 290, No. 2. — P. 405–421.
10. Yo'ldoshev A.R. *O'zbekiston transport tizimini optimallashtirish metodologiyasi*. — Toshkent: Fan, 2023. — 218 b.
11. Karimov B.T., Xolmatov S.I. *Multimodal tashishlarni rejalashtirish: nazariya va amaliyot // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar*. — 2023. — №4. — B. 112–124.
12. Zhang J., Lam W.H.K., Chen B.Y. *A Stochastic Vehicle Routing Problem with Travel Time Uncertainty // Transportation Research Part B*. — 2013. — Vol. 56. — P. 225–244.