

SHAHAR TRANSPORTIDA AVTOBUS YO'NALISHLARINI OPTIMALLASHTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

Kunnazarova A. R.

"Shahar qurilishi va xo'jaligi" kafedrası stajyor-o'qituvchisi

Kirish. Hozirgi globallashuv va urbanizatsiya jarayonlari shaharlar infratuzilmasiga, ayniqsa transport tizimiga katta bosim o'tkazmoqda. Aholi sonining ortishi, shahar hududlarining kengayishi hamda iqtisodiy faollikning oshishi natijasida transport oqimlari tobora murakkablashib bormoqda. Shu bois, zamonaviy shahar transport tizimini samarali boshqarish va optimallashtirish dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biri hisoblanadi [4].

Xususan, jamoat transporti tizimida avtobus yo'nalishlarini optimal tashkil etish masalasi transport xizmatlari sifatini oshirish, yo'lovchilarga qulaylik yaratish va mavjud resurslardan oqilona foydalanish nuqtai nazaridan alohida ahamiyat kasb etadi. Chunki noto'g'ri rejalashtirilgan marshrutlar yo'lovchilarning ortiqcha vaqt sarflashiga, transport vositalarining samarasiz ishlatilishiga va shahar infratuzilmasida tirbandliklarning yuzaga kelishiga olib keladi [6].

Shu bilan birga, O'zbekiston Respublikasida transport va logistika tizimini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida belgilanmoqda. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-sonli "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi doirasida transport tizimiga raqamli texnologiyalarni joriy etish, aqlli boshqaruv tizimlarini rivojlantirish va transport xizmatlari samaradorligini oshirish vazifalari belgilab berilgan. Bundan tashqari, transport infratuzilmasini modernizatsiya qilish, yo'lovchi tashish tizimini takomillashtirish va ekologik barqarorlikni ta'minlash bo'yicha qator normativ-huquqiy hujjatlar qabul qilingan [1;2].

Ilmiy nuqtai nazardan qaranganda, shahar transport tizimi ko'p darajali va ko'p omilli murakkab tizim bo'lib, unda transport tarmog'i elementlari — yo'llar, tugunlar, bekatlar, marshrutlar va yo'lovchi oqimlari o'zaro uzviy bog'langan holda faoliyat ko'rsatadi. Shu sababli, avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha optimal taqsimlash masalasi oddiy hisob-kitoblar bilan emas, balki tizimli tahlil va iqtisodiy-matematik modellash asosida yechilishi zarur.

Bundan tashqari, yo'lovchilarning harakat xatti-harakati, ya'ni ularning yo'nalish tanlovi, safar maqsadi, vaqt bo'yicha taqsimoti va transportga bo'lgan talab darajasi ushbu tizimning muhim komponenti hisoblanadi. Ayniqsa, tig'iz (pik) soatlarda transport tizimining yuklanishi maksimal darajaga yetadi va aynan shu davr optimal boshqaruv yechimlarini ishlab chiqishda asosiy hisob davri sifatida qaraladi [3, 486-490]. Shuningdek, transport tizimini optimallashtirish jarayonida bir qator qarama-qarshi omillarni hisobga olish talab etiladi. Masalan, bir tomondan, avtobuslar sonini oshirish orqali yo'lovchilar kutish vaqtini kamaytirish mumkin, biroq boshqa tomondan, bu iqtisodiy xarajatlarning ortishiga olib keladi. Aksincha, transport vositalari sonini kamaytirish resurslarni tejash imkonini bersa-da, xizmat sifati pasayishiga sabab bo'ladi. Demak, optimal yechim ushbu omillar o'rtasidagi muvozanatni ta'minlash orqali aniqlanishi lozim [5, 133-142]. Yuqoridagilardan kelib chiqib, mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — shahar transport tizimida avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha optimal taqsimlashning nazariy asoslarini chuqur tahlil qilish, yo'lovchilarning umumiy vaqt sarfini minimallashtirishga qaratilgan ilmiy yondashuvlarni ishlab chiqish va transport tizimi samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi metodologik asoslarni taklif etishdan iborat.

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda shahar transport tizimini optimallashtirish masalasi tizimli yondashuv va iqtisodiy-matematik modellash asosida o'rganildi. Avvalo, transport tarmog'i murakkab tizim sifatida qaralib, uning asosiy elementlari — ko'chalar, tugunlar, bekatlar va yo'lovchi oqimlari o'zaro bog'liq holda tahlil qilindi. Birinchi bosqichda, transport tarmog'idagi yo'lovchi oqimlari, mavjud avtobus yo'nalishlari hamda transport vositalarining texnik ko'rsatkichlari aniqlanib, tizim modeli shakllantirildi. Shu bilan birga, shahar hududi zonalarga ajratilib, bekatlarga yetib borish masofasi me'yoriy darajada bo'lishi hisobga olindi. Keyingi bosqichda, yo'lovchi oqimlari statistik va sotsiologik ma'lumotlar asosida o'rganildi hamda ayniqsa tig'iz soatlar asosiy hisob davri sifatida tanlandi. Shuningdek, avtobuslarning sig'diruvchanligi va ulardan foydalanish samaradorligi baholandi. Shundan so'ng, optimallashtirish masalasi yo'lovchilarning umumiy vaqt sarfini minimallashtirish mezonlari asosida qo'yildi. Ushbu vaqt kutish, harakatlanish va almashib o'tirish vaqtlaridan iborat deb qaraldi. Bunda harakat intervali, avtobuslar soni va sig'imdand foydalanish darajasi asosiy cheklovlar sifatida inobatga olindi. Nihoyat, masala kombinatorik optimallashtirish muammosi sifatida qaralib, uni yechishda evristik va iteratsion usullardan foydalanildi. Natijada, mavjud cheklovlar doirasida eng maqbul avtobus taqsimoti aniqlash imkoniyati yaratildi.

Natijalar. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, shahar transport tizimida avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha taqsimlash masalasi ko'p omilli va o'zaro bog'liq jarayon sifatida namoyon bo'ladi. Avvalo, transport tarmog'i elementlari — yo'nalishlar, tugunlar va yo'lovchi oqimlari o'rtasidagi funksional bog'liqlik aniqlanib, aynan ushbu bog'liqlik optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilishda asosiy omil ekanligi asoslab berildi. Shuningdek, aniqlanishicha, yo'lovchi oqimlarining hududiy va vaqt bo'yicha notekis taqsimlanishi avtobuslarni bir xil taqsimlash yondashuvining samarasizligini ko'rsatadi. Demak, avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha taqsimlash jarayoni differensial yondashuv asosida, ya'ni har bir yo'nalishning yuklanish darajasiga mos ravishda amalga oshirilishi lozim.

Bundan tashqari, nazariy tahlillar shuni ko'rsatdiki, avtobuslar soni bilan harakat intervali o'rtasida teskari bog'liqlik mavjud bo'lib, bu esa yo'lovchilarning kutish vaqtiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli, optimal taqsimot modelida aynan ushbu bog'liqlik asosiy boshqaruv parametri sifatida qaraladi.

Shu bilan birga, tadqiqot natijalariga ko'ra, optimallashtirish masalasida quyidagi asosiy mezonlar shakllantirildi: yo'lovchilarning umumiy vaqt sarfini minimallashtirish, transport vositalaridan foydalanish samaradorligini oshirish hamda xizmat sifati va iqtisodiylik o'rtasida muvozanatni ta'minlash.

Nihoyat, aniqlanishicha, avtobuslarni yo'nalishlarga taqsimlash masalasi kombinatorik xarakterga ega bo'lib, barcha variantlarni to'liq ko'rib chiqish amaliy jihatdan murakkabdir. Shu bois, nazariy jihatdan eng maqbul yechimni aniqlashda iqtisodiy-matematik modellar va evristik yondashuvlar samarali vosita sifatida namoyon bo'ladi.

Umuman olganda, olingan natijalar avtobus yo'nalishlarini optimallashtirishning nazariy asoslari transport tizimini samarali boshqarish uchun muhim ilmiy poydevor ekanligini tasdiqlaydi.

Muhokama. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, shahar transport tizimida avtobus yo'nalishlarini optimallashtirish masalasi murakkab va ko'p omilli jarayon bo'lib, uni samarali hal etish uchun tizimli yondashuv zarur. Avvalo, transport tarmog'i elementlari o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni chuqur tahlil qilish optimal boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari yo'lovchi oqimlarining vaqt va hudud bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga olmagan holda amalga oshirilgan rejalashtirish yondashuvlari samarasiz ekanligini ko'rsatdi. Demak, transport tizimini boshqarishda differensial yondashuv, ya'ni har bir yo'nalishning yuklanish darajasiga mos ravishda resurslarni taqsimlash zarur. Bundan tashqari, avtobuslar soni va harakat intervali o'rtasidagi teskari bog'liqlik transport xizmatlari sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Ya'ni, avtobuslar sonining ortishi kutish vaqtini kamaytiradi, biroq bu iqtisodiy xarajatlarning oshishiga olib keladi. Aksincha, avtobuslar sonining kamayishi resurslarni tejash imkonini bersa-da, xizmat sifati pasayishiga sabab bo'ladi. Shunday ekan, optimal yechim ushbu qarama-qarshi omillar o'rtasida muvozanatni ta'minlash orqali aniqlanishi lozim.

Shuningdek, muhokama jarayonida aniqlanishicha, avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha taqsimlash masalasi kombinatorik xarakterga ega bo'lib, barcha mumkin bo'lgan variantlarni to'liq tahlil qilish katta hisoblash resurslarini talab etadi. Shu bois, amaliyotda iqtisodiy-matematik modellar, evristik algoritmlar va iteratsion yondashuvlardan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bundan tashqari, zamonaviy sharoitda transport tizimini optimallashtirishda raqamli texnologiyalar, xususan, GIS tizimlari, real vaqt ma'lumotlari va aqlli transport boshqaruv tizimlarini qo'llash muhim ahamiyat kasb etadi. Chunki bunday yondashuvlar transport oqimlarini aniq prognoz qilish va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi. Umuman olganda, mazkur tadqiqot natijalari shuni tasdiqlaydiki, avtobus yo'nalishlarini optimallashtirish masalasi faqatgina texnik muammo emas, balki iqtisodiy, ijtimoiy va tashkiliy omillarni o'z ichiga olgan kompleks tizim sifatida qaralishi lozim. Shu bois, kelgusida ushbu yo'nalishda yanada mukammal modellarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish dolzarb vazifa bo'lib qoladi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, shahar transport tizimida avtobus yo'nalishlarini optimallashtirish murakkab, ko'p omilli va o'zaro bog'liq jarayon ekanligi aniqlandi. Avvalo, transport tarmog'i elementlari — yo'nalishlar, tugunlar va yo'lovchi oqimlari o'rtasidagi funksional bog'liqlik ushbu tizim samaradorligini belgilovchi asosiy omil sifatida namoyon bo'ladi. Shu bilan birga, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha taqsimlash jarayoni yo'lovchi oqimlarining hududiy va vaqt bo'yicha notekis taqsimlanishini hisobga olgan holda amalga oshirilishi lozim. Aks holda, transport xizmatlari sifati pasayib, yo'lovchilarning umumiy vaqt sarfi ortib boradi. Bundan tashqari, avtobuslar soni va harakat intervali o'rtasidagi teskari bog'liqlik optimal boshqaruv qarorlarini qabul qilishda muhim ahamiyat kasb etishi asoslab berildi. Demak, optimal yechimni aniqlashda yo'lovchilarning kutish, harakatlanish va almashib o'tirish vaqtlarini minimallashtirish asosiy mezon sifatida qaraladi. Shuningdek, tadqiqot davomida avtobuslarni yo'nalishlarga taqsimlash masalasi kombinatorik xususiyatga ega ekanligi va uni samarali hal etish uchun iqtisodiy-matematik modellar hamda evristik yondashuvlardan foydalanish zarurligi isbotlandi. Shu orqali mavjud resurslar doirasida eng maqbul yechimni topish imkoniyati yaratiladi. Umuman olganda, avtobus yo'nalishlarini optimallashtirishning nazariy asoslari shahar transport tizimini samarali boshqarish, xizmat sifati va iqtisodiy samaradorlikni oshirish uchun muhim ilmiy poydevor bo'lib xizmat qiladi. Kelgusida esa ushbu yo'nalishda raqamli texnologiyalar va aqlli transport tizimlarini keng joriy etish ilmiy-amaliy jihatdan katta ahamiyatga ega bo'ladi.

ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020). "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida (PF-6079-son Farmon). Toshkent.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. (2020). "O'zbekiston Respublikasi transport tizimini rivojlantirish strategiyasi to'g'risida". Toshkent.
3. Akbarovich, S. A. (2025). O'ZBEKISTONDA TRANSPORT LOGISTIKASI TIZIMINI TASHKIL ETISHNING IQTISODIY AHAMIYATI. Global Science Review, 1(1), 486-490.
4. Butayev Sh.A. Mirzaahmedov B.M. Jo'rayev M.N. Do'rmanova A.Sh. Bahodirov B. "Tashish jarayonlarini modellashtirish va optimallashtirish". Toshkent, O'Zr Fanlar akademiyasi, "Fan" nashriyoti, 2009 268b
5. Qudbiyev, N. T., Qudbiyeva, G. A. Q., & Abduraximov, B. U. O. (2022). Logistika raqamli texnologiyalarni joriy etish va ulardan foydalanishning dolzarbligi. Scientific progress. 133-142.
6. Каримов М.С. Транспорт тизимларида рақамли технологияларни жорий этишнинг самарадорлиги. — Тошкент: Фан ва технологиялар, 2022. — 168 б.

Annotatsiya. Ushbu maqolada shahar transport tizimida avtobus yo'nalishlarini optimallashtirishning nazariy asoslari tahlil qilinadi. Tadqiqotda transport tarmog'i murakkab tizim sifatida qaralib, yo'lovchi oqimlari, marshrutlar va transport vositalarining o'zaro bog'liqligi o'rganiladi. Asosiy e'tibor avtobuslarni yo'nalishlar bo'yicha optimal taqsimlash orqali yo'lovchilarning umumiy vaqt sarfini minimallashtirishga qaratilgan. Shuningdek, iqtisodiy-matematik modellashtirish, tizimli tahlil va evristik yondashuvlarning ahamiyati asoslab beriladi.

Kalit so'zlar: avtobus yo'nalishi, optimallashtirish, yo'lovchi oqimi, matematik model.

Теоретические основы оптимизации автобусных маршрутов в системе городского транспорта

Аннотация. В данной статье анализируются теоретические основы оптимизации автобусных маршрутов в системе городского транспорта. Транспортная сеть рассматривается как сложная система, в которой исследуется взаимосвязь

пассажиропотоков, маршрутов и транспортных средств. Основное внимание уделяется оптимальному распределению автобусов по маршрутам с целью минимизации общего времени затрат пассажиров. Также обоснована роль экономико-математического моделирования, системного анализа и эвристических методов.

Ключевые слова: автобусный маршрут, оптимизация, пассажиропоток, математическая модель.

Theoretical Foundations of Bus Route Optimization in Urban Transport Systems

Abstract. This article analyzes the theoretical foundations of optimizing bus routes in urban transport systems. The transport network is considered as a complex system in which the interrelations between passenger flows, routes, and vehicles are studied. The main focus is on the optimal allocation of buses across routes in order to minimize the total travel time of passengers. Additionally, the importance of economic-mathematical modeling, system analysis, and heuristic approaches is substantiated.

Key words: bus routes, optimization, passenger flow, mathematical model.
