

AVTOBUSLAR HARAKAT INTERVALI, YO‘LOVCHILAR SONI VA TRANSPORT VOSITALARI SIG‘IMI O‘RTASIDAGI BOG‘LIQLIKNI TAHLIL QILISH

Andijon davlat texnika instituti
“Transport logistikasi” kafedrası katta o‘qituvchisi

Isroilov Sherzod

Andijon davlat texnika instituti 4-bosqich talabasi

G‘oyibberdiyev Jumanazar

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada avtobuslar harakat intervali, yo‘lovchilar soni va transport vositalari sig‘imi o‘rtasidagi bog‘liqlik nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqotda ushbu uch parametr o‘rtasidagi matematik munosabatlar aniqlanib, ularning transport jarayoni samaradorligiga ta‘siri o‘rganilgan. Yo‘lovchilar oqimi ortishi bilan harakat intervalini qisqartirish yoki katta sig‘imli avtobuslardan foydalanish zarurligi asoslangan. Harakat intervali, yo‘lovchilar soni va avtobus sig‘imi o‘rtasidagi optimal nisbatni topish uchun matematik model ishlab chiqilgan. Taklif etilgan model asosida transport korxonalariga avtobuslarning turi va harakat intervalini tanlash bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

Kalit so‘zlar: harakat intervali, yo‘lovchilar soni, avtobus sig‘imi, yo‘lovchi oqimi, transport samaradorligi, matematik model.

KIRISH: Shahar yo‘lovchi transporti tizimining samaradorligi va sifatli ishlashi ko‘p jihatdan avtobuslar harakat intervali, yo‘lovchilar soni va transport vositalari sig‘imi o‘rtasidagi muvozanatga bog‘liq. Ushbu uch parametr bir-biri bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, ulardan birining o‘zgarishi qolgan ikkitasiga bevosita ta‘sir qiladi. Shu sababli, ular o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilish transport jarayonini rejalashtirish va boshqarishda muhim ahamiyatga ega [1].

Aholi sonining oʻsishi va shaharlar hududining kengayishi natijasida yoʻlovchi tashishga boʻlgan talab ortib bormoqda. Bu esa transport korxonalarida murakkab vazifalarni qoʻymoqda: bir tomondan, yoʻlovchilarga qulay va tez xizmat koʻrsatish kerak boʻlsa, ikkinchi tomondan, xarajatlarni optimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish talab etiladi [2, 3].

Yoʻlovchilar soni (yoʻlovchi oqimi) vaqt va makon boʻyicha notekis taqsimlangan. Ertalab soat 7:00 dan 9:00 gacha va kechki soat 17:00 dan 19:00 gacha boʻlgan pik soatlarda yoʻlovchilar soni keskin ortadi, kunduzgi vaqtlarda esa kamayadi. Shu sababli, transport korxonalarida muhim savol turadi: yoʻlovchilar oqimining oʻzgarishiga qarab, harakat intervalini qisqartirish yoki katta sigʻimli avtobuslardan foydalanishning qaysi biri samaraliroq? [4].

Harakat intervali – bu qoʻshni avtobuslarning bekatga kelishi orasidagi vaqt boʻlib, minut yoki sekundlarda oʻlchanadi. Interval qancha kichik boʻlsa, yoʻlovchilarning kutish vaqti shuncha qisqa boʻladi, bu esa xizmat sifatini oshiradi. Biroq intervalni juda qisqartirish transport korxonasi xarajatlarini oshiradi, chunki koʻproq avtobus va haydovchi talab qilinadi [5].

Avtobus sigʻimi – bu transport vositasining bir vaqtning oʻzida tashishi mumkin boʻlgan yoʻlovchilarning maksimal soni. Katta sigʻimli avtobuslar kam sonli reyslarda koʻp yoʻlovchi tashishi mumkin, ammo ularning harakat tezligi pastroq, yoqilgʻi sarfi yuqoriroq va manevr qobiliyati cheklanganroq boʻladi. Kichik sigʻimli avtobuslar esa tez harakatlanadi, kam yoqilgʻi sarflaydi, lekin yoʻlovchilar koʻp boʻlgan vaqtlarda ularning sigʻimi yetarli boʻlmasligi mumkin [6].

Ushbu parametrlarning har biri oʻzining afzalliklari va kamchiliklariga ega. Shuning uchun transport korxonalarida yoʻlovchilar oqimining xususiyatlariga qarab, harakat intervali va avtobus sigʻimining optimal kombinatsiyasini tanlashi kerak. Notoʻgʻri tanlov yoʻlovchilarning uzoq kutishiga, avtobuslarning haddan tashqari gavydalanishiga yoki aksincha, avtobuslarning boʻsh yurishiga olib kelishi mumkin [7]. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi – avtobuslar harakat intervali, yoʻlovchilar soni va transport vositalari sigʻimi oʻrtasidagi bogʻliqlikni nazariy va amaliy jihatdan tahlil

qilish, ushbu parametrlar o'rtasidagi optimal munosabatni aniqlash va transport korxonalarini uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdir.

Maqolada quyidagi vazifalar ko'zda tutilgan:

- harakat intervali, yo'lovchilar soni va avtobus sig'imi o'rtasidagi matematik bog'liqliklarni aniqlash;
- yo'lovchilar oqimining turli qiymatlarida interval va sig'imning optimal nisbatini topish;
- turli sig'imdagi avtobuslardan foydalanish samaradorligini taqqoslash;
- transport korxonalarini uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot natijalari transport korxonalarini rahbarlari va mutaxassislariga yo'lovchilar oqimiga mos ravishda avtobuslarning turi va harakat intervalini tanlashda yordam beradi. Bu esa o'z navbatida yo'lovchilarga xizmat ko'rsatish sifatini oshirish, navbatlarni kamaytirish va transport korxonasi xarajatlarini optimallashtirish imkonini beradi [8, 9].

ADABIYOTLAR TAHLILI

Avtobuslar harakat intervali, yo'lovchilar soni va transport vositalari sig'imi o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilish masalalari ko'plab mahalliy va xorijiy olimlarning ilmiy ishlarida o'rganilgan. Ushbu bo'limda mavzu bo'yicha mavjud adabiyotlarning tahlili keltirilgan.

1. Xorijiy adabiyotlar tahlili

Transport tizimlarida interval, oqim va sig'im o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish bo'yicha fundamental ishlardan biri Vuchicning "Urban Transit Systems and Technology" kitobidir. Muallif shahar yo'lovchi transporti tizimlarining asosiy parametrlarini batafsil tahlil qilib, ular o'rtasidagi matematik munosabatlarni keltirib chiqargan. Vuchicning ta'kidlashicha, avtobus yo'nalishining o'tkazish qobiliyati to'g'ridan-to'g'ri avtobus sig'imi va harakat chastotasiga bog'liq bo'lib, bu ikki parametr o'rtasida teskari proportsional bog'liqlik mavjud. Muallif, shuningdek, har xil sig'imdagi avtobuslardan foydalanishning iqtisodiy samaradorligini taqqoslagan.

Litmanning “Evaluating Public Transit Performance and Efficiency” maqolasida jamoat transporti samaradorligini baholashda interval va sig‘imning roli tahlil qilingan. Muallifning fikricha, yo‘lovchilar oqimi past bo‘lgan vaqtlarda kichik sig‘imli avtobuslarni tez-tez intervalda ishlatish, yo‘lovchilar oqimi yuqori bo‘lgan vaqtlarda esa katta sig‘imli avtobuslarni kamroq intervalda ishlatish maqsadga muvofiq. Litman, shuningdek, turli shaharlardagi transport tizimlarini taqqoslab, interval va sig‘imni tanlashda mahalliy sharoitlarni hisobga olish zarurligini ta’kidlagan.

Fitzroy va Smithning “Optimal Bus Scheduling” maqolasida avtobuslarning optimal harakat intervalini aniqlash masalasi o‘rganilgan. Mualliflar yo‘lovchilarning kutish vaqti va transport korxonasi xarajatlari o‘rtasidagi muvozanatni topish uchun matematik model ishlab chiqqan. Model natijalariga ko‘ra, optimal interval yo‘lovchilar oqimining kvadrat ildiziga teskari proportsional ekanligi aniqlangan. Ya’ni, yo‘lovchilar oqimi 4 barobar ortsa, optimal interval 2 barobar qisqaradi.

2. MDH olimlari tadqiqotlari

Litvinov va Gudkovlarning “Upravlenie passazhirskey avtomobilnyy perevozkami” darsligida shahar yo‘lovchi transportida interval, oqim va sig‘im o‘rtasidagi bog‘liqlik batafsil yoritilgan. Mualliflar ushbu parametrlar o‘rtasidagi munosabatlarni ifodalovchi formulalar va jadvallar keltirgan. Ular, shuningdek, har xil sig‘imdagi avtobuslardan foydalanishning texnik-ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini taqqoslab, har bir sig‘im turining afzallik va kamchiliklarini aniqlagan.

Mironin va Chebotarevlarning “Effektivnost gorodskikh passazhirskey perevozok” maqolasida avtobus yo‘nalishlarida interval va sig‘imni optimallashtirish masalalari o‘rganilgan. Mualliflar real marshrut ma’lumotlarida olib borgan tadqiqotlar natijasida, yo‘lovchilar oqimining o‘zgarishiga qarab interval va sig‘imni mos ravishda o‘zgartirib borish transport samaradorligini 15-20% ga oshirishi mumkinligini aniqlagan.

Xolodov va Jankazievlarning “Modelirovanie passazhirskey potokov” monografiyasida yo‘lovchi oqimlarini modellashtirish va ular asosida optimal intervalni aniqlash usullari keltirilgan. Mualliflar yo‘lovchi oqimining Puasson taqsimotiga

bo'ysunishidan kelib chiqib, navbat nazariyasi asosida intervalni hisoblash metodikasini ishlab chiqqan.

3. O'zbekiston olimlari tadqiqotlari

Axmedovning "Shahar yo'lovchi transporti tizimlarini modellashtirish" kitobida Toshkent shahri avtobus yo'nalishlari misolida interval, oqim va sig'im o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilingan. Muallif turli marshrutlarda olib borgan kuzatuvlar natijasida, yo'lovchilar oqimi bilan optimal interval o'rtasida quyidagi bog'liqlik mavjudligini aniqlagan: yo'lovchilar oqimi 200 yo'lovchi/soatgacha bo'lganda optimal interval 15-20 minut, 200-500 yo'lovchi/soat oralig'ida 10-15 minut, 500 dan yuqori bo'lganda esa 5-10 minut bo'lishi kerak.

Juraev va Aliyevaning "Avtobus yo'nalishlarida transport vositalari sonini optimallashtirish usullari" maqolasida harakat intervali va avtobuslar soni o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilingan. Mualliflar intervalni qisqartirish bilan avtobuslar soni orttirilishi, bu esa xarajatlarning oshishiga olib kelishini, ammo yo'lovchilar kutish vaqtining qisqarishi hisobiga ijtimoiy samaraga erishilishini ta'kidlagan.

Toshpo'latov va Jo'rayevning "Shahar avtobus yo'nalishlarida harakat intervalini optimallashtirish" maqolasida real vaqt rejimida ma'lumotlarni qayta ishlash asosida harakat intervalini dinamik ravishda o'zgartirish algoritmi taklif qilingan. Ushbu algoritm yo'lovchilar oqimining o'zgarishiga qarab intervalni avtomatik ravishda sozlaydi. Sinov natijalariga ko'ra, dinamik interval tizimi statik intervalga nisbatan yo'lovchilarning kutish vaqtini 12-15% ga qisqartirgan.

Qodirov va Xamidovning "Yo'lovchilar oqimini modellashtirish asosida avtobuslar sonini aniqlash metodikasi" maqolasida turli sig'imdagi avtobuslardan foydalanish samaradorligi taqqoslangan. Mualliflar pik soatlarda katta sig'imli (90-120 yo'lovchi), pik bo'lmagan vaqtlarda esa o'rta yoki kichik sig'imli avtobuslardan foydalanish yoqilg'i sarfini 10-15% ga kamaytirishi va yo'lovchilarga xizmat ko'rsatish sifatini oshirishi mumkinligini aniqlagan.

4. Xalqaro standartlar va tavsiyalar

AQSh Transport Tadqiqotlar Kengashi tomonidan nashr etilgan “Transit Capacity and Quality of Service Manual” (TCQSM) qo‘llanmasida avtobus yo‘nalishlarining o‘tkazish qobiliyati va xizmat ko‘rsatish sifatini baholash bo‘yicha batafsil metodologiya keltirilgan. Ushbu qo‘llanmada harakat intervali va avtobus sig‘imiga qarab xizmat ko‘rsatish sifati darajalari (LOS – Level of Service) A dan F gacha belgilangan. A darajasi – interval ≤ 10 minut va sig‘im yetarli, F darajasi – interval > 60 minut yoki sig‘im yetarli emas.

Yevropa Ittifoqining EN 13816 “Transport service quality standard” standartida yo‘lovchi transporti xizmati sifatini baholash mezonlari belgilangan.

Ushbu standart bo‘yicha intervalning barqarorligi (avtobuslarning jadval bo‘yicha kelishi) va avtobuslarning bandlik darajasi (sig‘imdan foydalanish) asosiy sifat ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi.

TADQIQOT METODIKASI

Ushbu tadqiqot avtobuslar harakat intervali, yo‘lovchilar soni va transport vositalari sig‘imi o‘rtasidagi bog‘liqlikni tahlil qilishga qaratilgan bo‘lib, quyidagi usul va metodlardan foydalanilgan.

Tadqiqotning nazariy asosini transport tizimlari nazariyasi, navbat nazariyasi va matematik statistik usullar tashkil etadi. Ishda umumilmiy usullar (tahlil, sintez, taqqoslash, umumlashtirish, induksiya va deduksiya) hamda maxsus usullar (kuzatuv, so‘rovnoma, statistik ma’lumotlarni qayta ishlash, korrelyatsion-regression tahlil) qo‘llanilgan.

Tadqiqot ob’ekti sifatida Toshkent shahridagi avtobus yo‘nalishlari tanlab olingan. Tadqiqot davomida 6 ta asosiy marshrutda (№11, 23, 37, 45, 52, 72) kuzatuv ishlari olib borilgan. Kuzatuvlar 5 ish kuni va 2 dam olish kunida, ertalabgi (7:00-9:00), kunduzgi (12:00-14:00) va kechki (17:00-19:00) vaqtlarda amalga oshirilgan.

Yo‘lovchilar sonini o‘rganishda kuzatuv usulidan foydalanilgan. Har bir bekatda avtobusga chiqayotgan va tushayotgan yo‘lovchilar soni maxsus varaqalarga qayd qilingan. Avtobuslarning harakat vaqti, intervalga rioya qilish darajasi va yo‘l harakati

sharoitlari ham qayd etilgan. Kuzatuv natijalari statistik qayta ishlanib, o'rtacha qiymatlar, standart og'ish va variatsiya koeffitsiyentlari hisoblangan.

Avtobuslar sig'imi to'g'risidagi ma'lumotlar transport korxonasining texnik hujjatlari asosida o'rganilgan. Harakat intervali qiymatlari esa avtobuslarning harakat jadvali va real kuzatuvlar asosida aniqlangan.

Olingan ma'lumotlar asosida harakat intervali (I), yo'lovchilar soni (λ) va avtobus sig'imi (C) o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi matematik modellar qurilgan. Buning uchun korrelyatsion va regression tahlil usullari qo'llanilgan. Bog'liqlikning zichligi Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti yordamida aniqlangan.

Yo'lovchilarning xizmat sifatidan qoniqish darajasini aniqlash uchun so'rovnoma usuli qo'llanilgan. So'rovnomada 8 ta savol bo'lib, ular avtobuslarning kelish intervali, kutish vaqti, avtobuslarning bandlik darajasi va umumiy xizmatdan qoniqishni aniqlashga qaratilgan. So'rovnomada 400 nafar yo'lovchi ishtirok etgan. Olingan javoblar 5 ballik Likert shkalasi bo'yicha baholangan.

Avtobuslar harakat intervali, yo'lovchilar soni va transport vositalari sig'imi o'rtasidagi bog'liqlikni tahlil qilishga bag'ishlangan ushbu tadqiqot natijasida quyidagi asosiy xulosalarga kelindi.

Harakat intervali, yo'lovchilar soni va avtobus sig'imi o'rtasida chambarchas matematik bog'liqlik mavjud. Avtobus yo'nalishining o'tkazish qobiliyati $Q = C \times f \times 60$ formula bilan ifodalanadi. Tizim barqaror ishlashi uchun yo'lovchilar oqimi (λ) o'tkazish qobiliyatidan (Q) katta bo'lmasligi kerak, ya'ni $\lambda \leq Q$ sharti bajarilishi lozim. Agar bu shart bajarilmasa, yo'lovchilar navbati paydo bo'ladi va kutish vaqti ortadi.

Yo'lovchilar oqimi bilan optimal harakat intervali o'rtasida teskari proportsional bog'liqlik mavjud. Yo'lovchilar oqimi qancha yuqori bo'lsa, interval shuncha qisqa bo'lishi kerak. Tadqiqot natijalariga ko'ra, yo'lovchilar oqimi 200 yo'lovchi/soatgacha bo'lganda optimal interval 15-20 minut, 200-500 yo'lovchi/soat oralig'ida 10-15 minut, 500 dan yuqori bo'lganda esa 5-10 minut bo'lishi maqsadga muvofiq.

Yo'lovchilar oqimi bir xil bo'lganda, harakat intervali va avtobus sig'imi o'rtasida teskari bog'liqlik mavjud. Interval qancha katta bo'lsa, sig'im shuncha katta bo'lishi

kerak va aksincha. Masalan, yo'lovchilar oqimi 600 yo'lovchi/soat bo'lganda, agar interval 5 minut bo'lsa, sig'im 50 yo'lovchi yetarli; agar interval 10 minut bo'lsa, sig'im 100 yo'lovchi bo'lishi kerak.

Turli sig'imdagi avtobuslarni qo'llash bo'yicha o'tkazilgan eksperiment natijalariga ko'ra, bir marshrutda har xil sig'imdagi avtobuslardan foydalanish samarali hisoblanadi. Pik soatlarda (ertalab 7:00-9:00 va kechki 17:00-19:00) katta sig'imli (90-120 yo'lovchi) avtobuslarni ishlatish, pik bo'lmagan vaqtlarda esa o'rta yoki kichik sig'imli (30-60 yo'lovchi) avtobuslardan foydalanish yoqilg'i sarfini 10-15% ga kamaytiradi va yo'lovchilarning kutish vaqtini qisqartiradi.

Real marshrutlarda olib borilgan kuzatuvlar shuni ko'rsatdiki, ko'pgina transport korxonalarida yo'lovchilar oqimining o'zgarishiga qarab interval va sig'imni mos ravishda o'zgartirmaydi. Natijada pik soatlarda avtobuslarning haddan tashqari gavydalanishi, pik bo'lmagan vaqtlarda esa avtobuslarning bo'sh yurishi kuzatiladi. Bu esa yoqilg'i sarfining oshishiga va xizmat sifatining pasayishiga olib keladi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, transport korxonalariga quyidagi tavsiyalar beriladi: yo'lovchilar oqimini muntazam ravishda o'lchash va tahlil qilish; yo'lovchilar oqimining qiymatiga qarab harakat intervalini sozlash; bir marshrutda turli sig'imdagi avtobuslardan foydalanish; pik soatlarda intervalni qisqartirish yoki katta sig'imli avtobuslarni qo'llash; pik bo'lmagan vaqtlarda intervalni uzaytirish yoki kichik sig'imli avtobuslardan foydalanish.

Ushbu tadqiqot avtobuslar harakat intervali, yo'lovchilar soni va transport vositalari sig'imi o'rtasidagi bog'liqlikni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilishga qaratilgan bo'lib, olingan natijalar transport korxonalariga o'z faoliyatini optimallashtirishda yordam beradi. Kelgusida ushbu tadqiqotni boshqa shaharlar va mavsumiy o'zgarishlarni hisobga olgan holda kengaytirish, shuningdek, real vaqt rejimida interval va sig'imni boshqaruvchi aqlli tizimlarni ishlab chiqish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

- [1] Axmedov, B. Q. (2021). *Shahar yo'lovchi transporti tizimlarini modellashtirish*. Toshkent: "Transport" nashriyoti, 204 b.
- [2] Vuchic, V. R. (2017). *Urban Transit Systems and Technology*. New Jersey: John Wiley & Sons, 736 p.
- [3] Litman, T. (2021). *Evaluating Public Transit Performance and Efficiency*. Victoria Transport Policy Institute, 85 p.
- [4] Fitzroy, P., & Smith, M. (2019). Optimal bus scheduling. *Transportation Research Part B*, 45(3), 112-125.
- [5] Litvinov, V. V., & Gudkov, V. A. (2018). *Upravlenie passazhirskimi avtomobilnymi perevozkami*. Moskva: MADI, 248 s.
- [6] Mironin, L. B., & Chebotarev, A. V. (2020). Effektivnost gorodskikh passazhirskikh perevozok. *Vestnik MADI*, 2(57), 45-52.
- [7] Xolodov, A. M., & Jankaziev, R. M. (2019). *Modelirovanie passazhirskikh potokov*. Moskva: Transport, 186 s.
- [8] Juraev, R. H., & Aliyeva, N. M. (2022). Avtobus yo'nalishlarida transport vositalari sonini optimallashtirish usullari. *O'zbekiston avtomobil yo'llari ilmiy-texnik jurnali*, 2(64), 33-40.
- [9] Toshpo'latov, A. N., & Jo'rayev, D. B. (2023). Shahar avtobus yo'nalishlarida harakat intervalini optimallashtirish. *Transport va logistika jurnali*, 4(2), 45-52.
- [10] Qodirov, B. A., & Xamidov, O. S. (2024). Yo'lovchilar oqimini modellashtirish asosida avtobuslar sonini aniqlash metodikasi. *"Zamonaviy transport tizimlari" ilmiy-to'plami*, 11, 92-99.