



SHAHAR AVTOBUS YO‘NALISHLARIDA HARAKAT MUNTAZAMLIGINI TA‘MINLASH UCHUN DISPETCHERLIK BOSHQARUVI VA QATNOV INTERVALINI OPTIMALLASHTIRISH MODELI

Ikromov Muzaffar Dilmurod o‘g‘li

Toshkent davlat transport universiteti doktoranti

e-mail:muzaffarikromov@gamail.com

Annotatsiya.

Mazkur maqolada shahar avtobus yo‘nalishlarida harakat muntazamligini oshirish uchun dispetcherlik boshqaruvi va rejalashtirilgan qatnov intervalini optimallashtirish modeli ishlab chiqiladi. Tadqiqotda muntazamlik, yo‘lovchi kutish vaqti va ekspluatatsion xarajat o‘rtasidagi muvozanat asosiy mezon sifatida olindi. Modelda aylanish vaqti, parkdagi avtobuslar soni, nazorat nuqtalarida ushlab turish strategiyasi va interval bo‘yicha cheklovlar hisobga olindi. Illyustrativ hisob-kitoblar 10 daqiqalik interval va boshqariluvchi holding strategiyasi ko‘rilayotgan sharoitda eng maqbul natijani berishini ko‘rsatdi.

***Kalit so‘zlar:** dispetcherlik boshqaruvi, holding strategy, qatnov intervali, optimallashtirish, bus bunching, yo‘lovchi kutish vaqti, operatsion xarajat, harakat muntazamligi.*

KIRISH

Qisqa interval bilan ishlovchi shahar avtobus yo‘nalishlarida asosiy boshqaruv muammosi jadvaldan og‘ishning o‘zi emas, balki intervalning parchalanishidir. Bir avtobus biroz kechiksa, keyingi bekatlarda ko‘proq yo‘lovchi yig‘iladi va dwell time uzayadi; orqadagi avtobus esa bo‘shroq harakatlanib, birinchisiga yaqinlashadi. Natijada bus bunching hodisasi yuz beradi [3].



Shu sababli ko‘plab tadqiqotlarda headway-based control yondashuvi taklif etilgan. Daganzo tomonidan ko‘rsatilishicha, real vaqt rejimida nazorat nuqtalarida ushlab turish orqali intervalni jadvalga nisbatan kamroq bo‘sh vaqt sarflab barqarorlashtirish mumkin [7]. Van Oort va hammualliflar esa qisqa intervaldagi xizmatlarda holding strategy yo‘lovchi uchun qo‘shimcha vaqt yo‘qotishlarini kamaytirishi mumkinligini ko‘rsatgan [8].

Mazkur maqolaning maqsadi rejalashtirilgan interval va dispetcherlik boshqaruvi parametrlarini birgalikda optimallashtirish hamda muntazamlik, yo‘lovchi kutish vaqti va ekspluatatsion xarajat o‘rtasidagi eng maqbul muvozanatni topishdan iborat.

ADABIYOTLAR SHARHI

Daganzo modeli nazorat nuqtalarida real vaqt interval ma‘lumotlaridan foydalanib ushlab turish vaqtini tanlaydi va shu orqali intervalni me‘yoriy diapazonda ushlab turadi [7].

Van Oort va hammualliflar schedule-based va headway-based holding strategiyalarini qiyoslab, qisqa intervaldagi xizmatlarda headway-based yondashuv muntazamlikni yaxshilashini ko‘rsatadi [8].

Yang va hammualliflar bus bunching bo‘yicha 2024 yilgi sharhida boshqaruv choralarini uch guruhga ajratadi: operatsion strategiyalar, signal ustuvorligi va haydovchi xatti-harakatlariga ta‘sir etuvchi qoidalar. Sharhga ko‘ra, biror bitta vosita yetarli emas, rejalashtirish va ekspluatatsiya choralarini birgalikda qo‘llash zarur [9].

TADQIQOT METODIKASI

Qatnov intervalini optimallashtirish uchun quyidagi integral maqsad funksiyasi qabul qilindi: $J(h) = w_1 D_h + w_2 W_p + w_3 C_{op}$, bu yerda D_h - interval og‘ishi ko‘rsatkichi, W_p - yo‘lovchining o‘rtacha kutish vaqti, C_{op} - ekspluatatsion xarajat, $w_1 + w_2 + w_3 = 1$



Interval og‘ishi sifatida koeffitsiyent variatsiya qabul qilinadi: $D_h = \frac{\sigma_H}{\bar{H}}$, bu yerda σ_H - kuzatilgan intervalning standart og‘ishi, \bar{H} - o‘rtacha interval. TCQSMda aynan shu ko‘rsatkich qisqa intervaldagi marshrutlar uchun asosiy reliability mezon sifatida tavsiya etiladi [1].

Yo‘lovchining o‘rtacha kutish vaqti interval tasodifiy bo‘lganda $W_p = \frac{E(H^2)}{2E(H)}$ formula bilan yaqinlashtiriladi. Shu bois interval o‘zgaruvchanligining oshishi nafaqat boshqaruv, balki yo‘lovchi foydasiga ham bevosita ta’sir qiladi.

Ekspluatatsion cheklovlardan biri parkdagi avtobuslar sonidir: $m \geq \left\lceil \frac{T_c}{h} \right\rceil$, bu yerda T_c - marshrutning to‘liq aylanish vaqti, h - rejalashtirilgan interval. Bundan tashqari, interval uchun $h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$, ushlab turish vaqti uchun esa $0 \leq u_k \leq u_{\max}$ cheklovlari qo‘yiladi.

Nazorat nuqtasida headway-based holding qoidasining soddalashtirilgan ko‘rinishi quyidagicha berildi: $u_k = \max\{0, \min(u_{\max}, \alpha(H^* - H_k^-))\}$, bu yerda H^* - maqsad interval, H_k^- - nazorat nuqtasiga kelayotgan avtobus bilan oldingi avtobus orasidagi amaldagi interval, α - sezgirlik koeffitsiyenti.

Optimallashtirish modelining asosiy parametr va o‘zgaruvchilari 1 jadval

Belgilanish	Ko‘rsatkich	Mazmuni	Izoh
h	Rejalashtirilgan interval	Ketma-ket avtobuslar jo‘nash oralig‘i	Qaror o‘zgaruvchisi
T_c	Aylanish vaqti	Marshrutning to‘liq sikl vaqti	Cheklov parametri
m	Avtobuslar soni	Yo‘nalishga biriktirilgan park birligi	Butun son



u_k	Holding vaqti	Nazorat nuqtasida ushlab turish	Boshqaruv o'zgaruvchisi
D_h	Interval og'ishi	Koeffitsiyent variatsiya	Minimallashtiriladi
W_p	Kutish vaqti	Yo'lovchining o'rtacha kutish vaqti	Minimallashtiriladi

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Illyustrativ hisob-kitoblar 8, 10, 12 va 14 daqiqalik interval ssenariylari uchun bajarildi. Aylanish vaqti $T_c = 100$ daqiqa deb olinganda mos ravishda zarur park birligi soni \$13\$, \$10\$, \$9\$ va \$8\$ ta bo'ladi. Biroq faqat parkni kamaytirish maqsadi bilan intervalni oshirish har doim ham foydali emas, chunki bu yo'lovchi kutish vaqtini va intervalning o'zgaruvchanligini oshiradi.

Hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, 8 daqiqalik intervalda yuqori chastota tufayli marshrut tirbandlikka sezgir bo'lib, bunching xavfi ortadi; 14 daqiqalik intervalda esa park tejaladi, biroq yo'lovchi kutish vaqti sezilarli oshadi. 10 daqiqalik interval va nazorat nuqtalarida ushlab turish strategiyasi muvozanatli natija berib, muntazamlikni 89 foizgacha ko'tardi.

Boshqacha aytganda, intervalni optimallashtirish bir vaqtning o'zida ikki darajadagi masaladir: rejalashtirish bosqichida maqbul h ni tanlash va ekspluatatsiya bosqichida real vaqt ushlab turish strategiyasini qo'llash. Faqat bittasi qo'llansa, muntazamlikni barqaror ushlab turish qiyin bo'ladi [4], [7], [8].

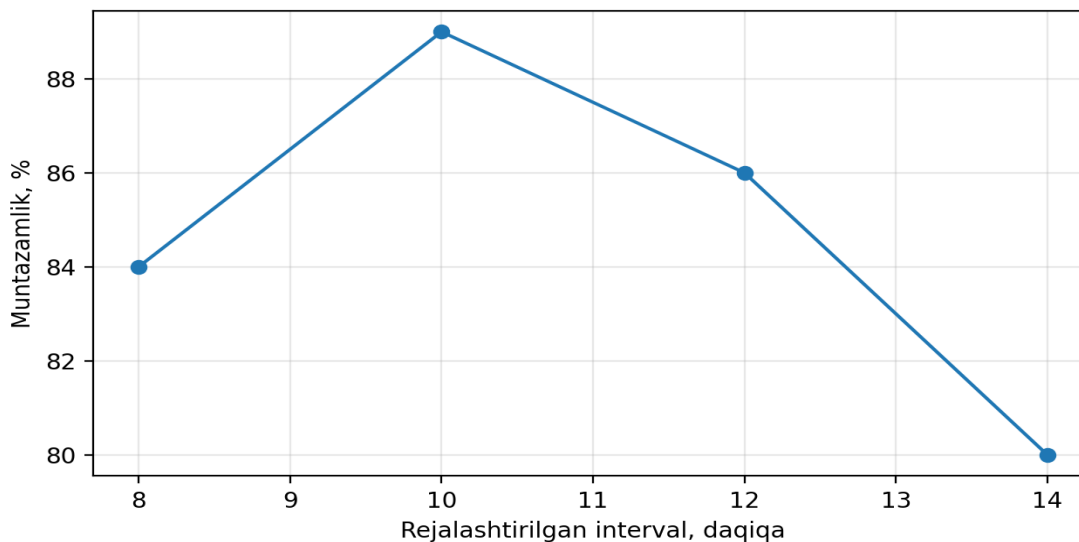
Interval ssenariylari bo'yicha illyustrativ natijalar

2 jadval

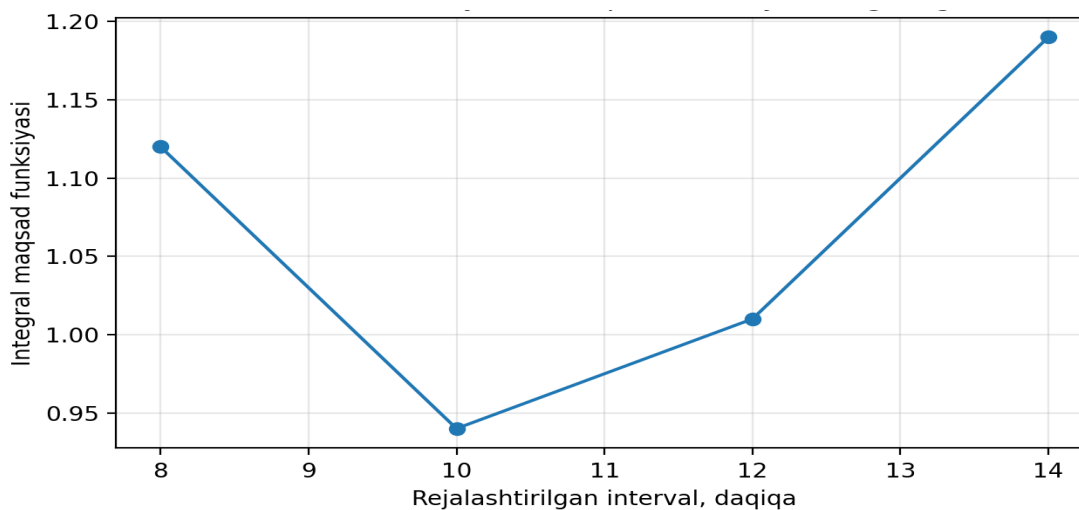
Interval, daq	Park, ta	Muntazamlik, %	O'rtacha kutish, daq	Nisbiy xarajat	Maqsad funksiyasi $J(h)$
8	13	84	5.4	1.08	1.12
10	10	89	5.7	1.00	0.94
12	9	86	6.3	0.95	1.01



14	8	80	7.1	0.91	1.19
----	---	----	-----	------	------



3-rasm. Rejalashtirilgan intervalga qarab muntazamlik darajasining o'zgarishi



4-rasm. Interval bo'yicha maqsad funksiyasining o'zgarishi

XULOSA

Maqolada ishlab chiqilgan optimallashtirish modeli shuni ko'rsatadiki, shahar avtobus yo'nalishlarida muntazamlikni ushlab turish uchun rejalashtirilgan interval va real vaqt dispetcherlik boshqaruvi birgalikda ko'rilishi lozim.



Qisqa intervaldagi marshrutlarda headway-based holding strategiyasi muntazamlikni yaxshilash, bunching xavfini pasaytirish va yo‘lovchi kutish vaqtini cheklashda samarali vosita bo‘lib xizmat qiladi [7], [8].

Illyustrativ hisob-kitoblarda 10 daqiqalik interval eng maqbul variant sifatida aniqlandi. Kelgusida modelga real AVL ma‘lumotlari, tirbandlikning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi va yo‘lovchi oqimining stoxastik tavsifi qo‘shilsa, natijalar yanada amaliy ko‘rinishga ega bo‘ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Transit Capacity and Quality of Service Manual. Transportation Research Board, 3rd ed.

[4] Ibarra-Rojas O.J., Delgado F., Giesen R., Munoz J.C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. Transportation Research Part B, 2015, Vol. 77, pp. 38-75.

[7] Daganzo C.F. A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons. Transportation Research Part B, 2009, Vol. 43(10), pp. 913-921.

[8] van Oort N., Wilson N.H.M., van Nes R. Reliability improvement in short headway transit services. Transportation Research Record, 2010, No. 2143, pp. 67-76.

[9] Yang Y., Cheng J., Liu Y. An overview of solutions to the bus bunching problem in urban bus systems. Frontiers of Engineering Management, 2024, Vol. 11(4), pp. 661-675.

[10] Xuan Y., Argote J., Daganzo C.F. Dynamic bus holding strategies for schedule reliability: Optimal linear control and performance analysis. Transportation Research Part B, 2011, Vol. 45(10), pp. 1831-1845.

[11] Bartholdi J.J., Eisenstein D.D. A self-coordinating bus route to resist bus bunching. Transportation Research Part B, 2012, Vol. 46(4), pp. 481-491.