



## SHAHAR YO‘NALISHLI AVTOBUSLAR HARAKAT MUNTAZAMLIGIGA TA’SIR ETUVCHI OMILLARNI BAHOLASH VA MATEMATIK MODELLASHTIRISH

*Ikromov Muzaffar Dilmurod o‘g‘li*

*Toshkent davlat transport universiteti doktoranti*

*e-mail:muzaffarikromov@gmail.com*

### **Annotatsiya.**

Mazkur maqolada shahar yo‘nalishli avtobuslar harakat muntazamligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar tizimli ravishda o‘rganiladi va ularni baholash uchun matematik model taklif etiladi. Tadqiqotning maqsadi yo‘nalish uzunligi, bekatlar soni, yo‘lovchi oqimi, bekatdagi turib qolish vaqti, tirbandlik darajasi va rejalashtirilgan interval kabi omillarning muntazamlikka ta’sirini son jihatdan ifodalashdan iborat. Metodik asos sifatida muntazam qatnovlar ulushiga tayanuvchi ko‘rsatkich hamda binomial-logit modeldan foydalanildi. Natijada muntazamlikka eng kuchli salbiy ta’sir qiluvchi omillar sifatida yo‘nalish uzunligi, tirbandlik indeksi, yo‘lovchi oqimi va bekatlardagi turib qolish vaqti ajratib ko‘rsatildi. Maqola oxirida transport korxonalarini va dispetcherlik xizmatlari uchun amaliy tavsiyalar berildi.

***Kalit so‘zlar:** shahar avtobus transporti, harakat muntazamligi, logit model, yo‘lovchi oqimi, tirbandlik, bekatdagi xizmat vaqti, marshrut parametrlari, matematik modellashtirish.*

### **KIRISH**

Jamoat transporti sifatini belgilovchi eng muhim ko‘rsatkichlardan biri bu harakat muntazamligidir. Ayniqsa qisqa interval bilan ishlovchi yo‘nalishlarda yo‘lovchi uchun asosiy mezon jadvalga aniq rioya qilishdan ko‘ra avtobuslar orasidagi vaqt oralig‘ining barqaror saqlanishidir. TCQSMda 10 daqiqa va undan



qisqa interval bilan ishlovchi yoʻnalishlarda ishonchlilikni baholash uchun headway adherence, yaʼni intervalning ogʻishlari asosiy mezon sifatida olinadi [1].

Zamonaviy adabiyotlarda avtobuslar harakatidagi nomuntazamlik koʻpincha bus bunching, yaʼni avtobuslarning bir-biriga yopishib qolishi orqali izohlanadi. Soʻnggi sharhlarda bu holatning asosiy determinantlari sifatida yoʻnalish uzunligi, bekatlar soni, yoʻlovchi talabi, bekatdagi xizmat vaqti, tirbandlik hamda boshqaruvning yetarli emasligi qayd etilgan [2], [3].

Mazkur maqolaning ilmiy vazifasi muntazamlikka taʼsir qiluvchi omillarni yagona modelga birlashtirish, ularning ishorasi va kuchini aniqlash hamda rejalashtirish bosqichida foydalanish mumkin boʻlgan baholash vositasini taklif etishdan iborat.

### ADABIYOTLAR SHARHI

Bus transport systems boʻyicha yirik adabiyotlar sharhida rejalashtirish, ekspluatatsiya va real vaqt boshqaruvi masalalari oʻzaro bogʻliq holda qaraladi; mualliflar real vaqt nazorati va operatsion boshqaruv muntazamlikni ushlab turishda markaziy oʻrin tutishini koʻrsatadi [4].

Tirachini va hammualliflar tomonidan tayyorlangan sharhda interval oʻzgaruvchanligining asosiy omillari sifatida dispatching notekisligi, rejalashtirilgan chastota, yoʻnalish masofasi, yoʻlovchi talabi, dwell time va bekatlar soni qayd etilgan [2]. Bu holat muntazamlik muammosini faqat haydovchi intizomi bilan emas, balki butun marshrut tizimi bilan bogʻliq masala sifatida koʻrsatadi.

Chen va hammualliflar ishonchlilikni bekat, yoʻnalish va tarmoq darajalarida oʻlchash mumkinligini, ayniqsa bekat darajasida interval ogʻishi yoʻlovchi sezadigan sifatga eng yaqin koʻrsatkich ekanini taʼkidlaydi [5]. Demak, muntazamlikni baholashda bekat darajasidagi kuzatuvlar alohida ahamiyatga ega.

### TADQIQOT METODIKASI



Maqolada muntazamlikning asosiy natijaviy ko'rsatkichi sifatida quyidagi nisbat qabul qilindi:  $R_i = \frac{r_i}{N_i}$ , bu yerda  $R_i$  -  $i$ -yo'nalish bo'yicha muntazamlik darajasi,  $r_i$  - me'yoriy chetlanish doirasida bajarilgan qatnovlar soni,  $N_i$  - jami kuzatilgan qatnovlar soni.

Agar  $r_i$  qiymati tasodifiy miqdor sifatida qaralsa, u holda  $r_i \sim \text{Binomial}(N_i, p_i)$  deb olinadi, bu yerda  $p_i$  - alohida qatnovning muntazam bajarilish ehtimoli. Shundan kelib chiqib, muntazamlik ehtimoli logit funksiya yordamida modellashtiriladi:  $\log \frac{p_i}{1-p_i} = \beta_0 + \beta_1 s_i + \beta_2 b_i + \beta_3 q_i + \beta_4 d_i + \beta_5 c_i + \beta_6 h_i$ , bu yerda  $s_i$  - yo'nalish uzunligi,  $b_i$  - bekatlar soni,  $q_i$  - yo'lovchi oqimi,  $d_i$  - bekatdagi o'rtacha turib qolish vaqti,  $c_i$  - tirbandlik indeksi,  $h_i$  - rejalashtirilgan interval.

Modeldagi kutilayotgan ta'sir ishoralari quyidagicha qabul qilindi:  $\beta_1 < 0$ ,  $\beta_2 < 0$ ,  $\beta_3 < 0$ ,  $\beta_4 < 0$ ,  $\beta_5 < 0$ . Interval koeffitsiyenti esa marshrut turiga qarab ijobiy yoki noliner bo'lishi mumkin; amaliyotda juda kichik interval bus bunching xavfini oshiradi, juda katta interval esa yo'lovchi kutish vaqtini ko'paytiradi [1], [2].

Muntazamlikka omillarning chegaraviy ta'siri quyidagi formula bilan aniqlanadi:  $\frac{\partial p_i}{\partial x_{ij}} = \beta_j p_i (1 - p_i)$ . Mazkur hosila omilning bir birlikka o'zgarishi muntazamlik ehtimolini qanchaga o'zgartirishini ko'rsatadi.

### *Muntazamlik modelida qo'llanilgan asosiy omillar*

*1 jadval.*

Belgilanish	Ko'rsatkich	Mazmuni	Kutilayotgan ta'sir
$s_i$	Yo'nalish uzunligi	Marshrutning bir yo'nalishdagi uzunligi, km	Salbiy
$b_i$	Bekatlari soni	Yo'nalishdagi bekatlar soni	Salbiy
$q_i$	Yo'lovchi oqimi	Soatlik o'rtacha yo'lovchilar soni	Salbiy



$d_i$	Bekatlardagi dwell time	Bir bekatda o'rtacha xizmat vaqti, sek	Salbiy
$c_i$	Tirbandlik indeksi	Yo'l sharoitining yuklanganlik darajasi	Salbiy
$h_i$	Rejalashtirilgan interval	Ketma-ket avtobuslar orasidagi vaqt, daq	Nolinear / shartli

### NATIJALAR VA MUHOKAMA

Model asosida tuzilgan illyustrativ hisob-kitoblarda yo'nalish uzunligi oshishi bilan muntazamlikning pasayishi kuzatildi. Buning sababi yo'l sharoitidagi tasodifiy og'ishlar marshrut uzun bo'lganda ko'proq to'planib borishidir. Uzoq yo'nalishlarda birinchi yarmida paydo bo'lgan kichik kechikish ham keyingi bekatlarda yo'lovchi oqimi va dwell time ortishi orqali kuchayadi.

Yo'lovchi oqimining ortishi ham muntazamlikka salbiy ta'sir ko'rsatadi. Yo'lovchilar ko'payganda bekatdagi chiqish-tushish operatsiyalari uzayadi, natijada bir avtobusning kechikishi ortidan kelayotgan avtobus uchun nisbatan qulay holat paydo bo'ladi va interval parchalanadi [3].

Tadqiqot uchun tuzilgan ssenariy ma'lumotlarida yo'nalish uzunligi 8 km dan 24 km gacha oshganda bashorat qilingan muntazamlik 90 foizdan 72 foizgacha kamaydi. Xuddi shuningdek, soatlik yo'lovchi oqimi 400 nafardan 1400 nafargacha ortganda muntazamlik 89 foizdan 71 foizgacha pasaydi. Bu natijalar route length va demand omillari boshqaruv qarorlarida alohida inobatga olinishi kerakligini ko'rsatadi.

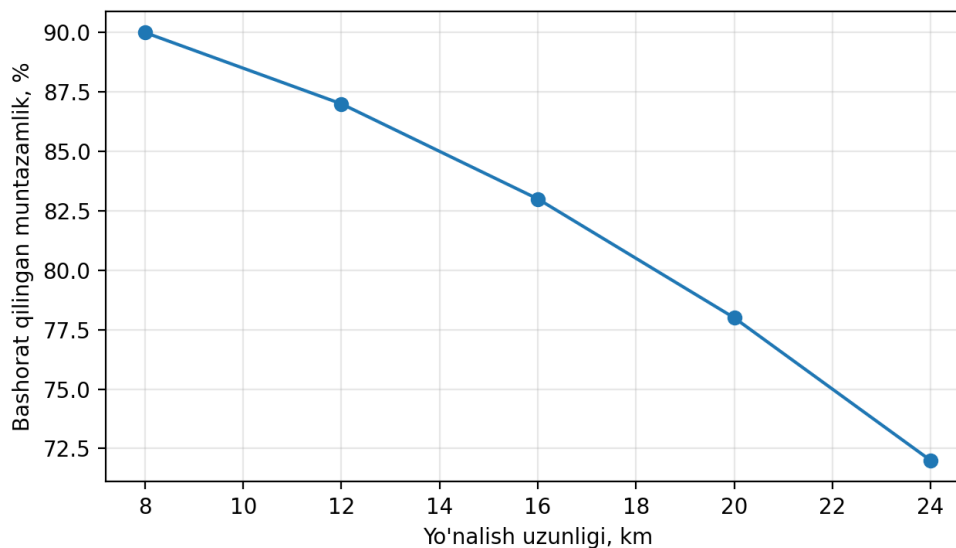
#### *Illyustrativ ssenariylar bo'yicha muntazamlik bahosi*

*2 jadval.*

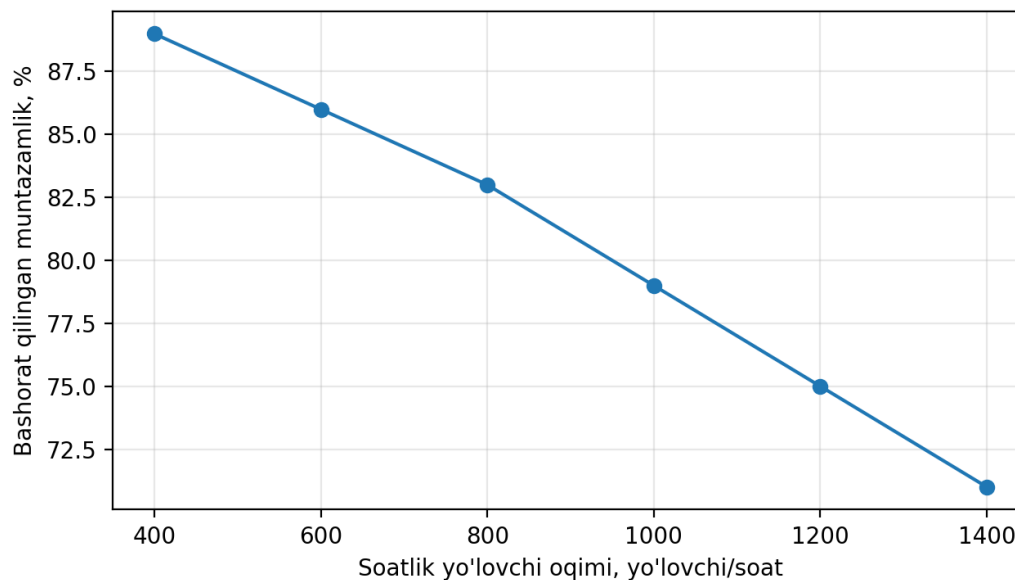
Ssenariy	Yo'nalish uzunligi, km	Yo'lovchi oqimi, yo'lovchi/soat	Tirbandlik indeksi	Bashorat qilingan muntazamlik, %
A	8	400	0.30	90
B	12	600	0.40	87



C	16	900	0.55	82
D	20	1100	0.68	77
E	24	1400	0.80	72



**1-rasm. Yo'nalish uzunligi oshganda bashorat qilingan muntazamlik darajasi**



**2-rasm. Yo'lovchi oqimi ortishi bilan bashorat qilingan muntazamlik darajasi**



## XULOSA

Birinchiidan, shahar avtobuslari harakat muntazamligi ko'p omilli jarayon bo'lib, uni faqat jadval intizomi bilan izohlab bo'lmaydi. Yo'nalish uzunligi, bekatlar soni, yo'lovchi oqimi, dwell time va tirbandlik bir-biri bilan bog'langan holda muntazamlikka ta'sir qiladi.

Ikkinchiidan, maqolada taklif etilgan  $R_i = \frac{r_i}{N_i}$  ko'rsatkichi va binomial-logit model muntazamlikni son jihatdan baholash uchun qulay metodik asos beradi. Mazkur yondashuv transport korxonalarini uchun muammoli marshrutlarni erta aniqlash, reja tuzish va resurs taqsimotini asoslash imkonini yaratadi.

Uchinchiidan, amaliy boshqaruvda uzun va yuqori talabga ega yo'nalishlarda zaxira vaqt, differensial interval va kuchaytirilgan dispatcherlik nazorati zarurligi isbotlandi. Kelgusida modelni real AVL/APC ma'lumotlari bilan kalibrlash maqsadga muvofiqdir.

### Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Transit Capacity and Quality of Service Manual. Transportation Research Board, 3rd ed.
- [2] Tirachini A., Godachevich J., Cats O., Munoz J.C., Soza-Parra J. Headway variability in public transport: A review of metrics, determinants, effects for quality of service and control strategies. *Transport Reviews*, 2021, Vol. 42(3), pp. 337-361.
- [3] Rezazada M. et al. Bus bunching: a comprehensive review from demand, supply and decision-making perspectives. *Transport Reviews*, 2024.
- [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.



[5] Chen X., Yu L., Zhang Y., Guo J. Analyzing urban bus service reliability at the stop, route, and network levels. *Transportation Research Part A*, 2009, Vol. 43(8), pp. 722-734.

[6] ITDP. BRT Guide - Basic Service Planning Concepts. 2024 update.