

TRANSPORT TIZIMLARIDA YO‘LOVCHI OQIMLARINI PROGNOZLASHNING AXBOROT-TAHLILY MODELLARI VA USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH YO‘NALISHLARI: TOSHKENT METROPOLITENI MISOLIDA

**Ostanaqulov Hikmatillo Akmaljon o‘g‘li¹,
Nazarova Gulchehra Nurmuxanbetovna²**

¹ “Toshkent metropoliteni” AJ Metropoliten kadrlarini tayyorlash ilmiy-innovatsion markazi Malaka bilimlarini baholash bo‘limi bosh mutaxassisi.

² Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti dotsenti.

¹ ORCID: 0009-0003-9138-9874

¹ E-mail: hikmatillo199907@gmail.com

ANNOTATSIYA

Metropoliten tarmog‘i kengayganda yangi stansiyalarda oldingi yillarga oid ma‘lumotlar bo‘lmasligi, mavjud stansiyalardagi yo‘lovchi oqimi esa vaqt davomida o‘zgarib borishi prognozlashni murakkablashtiradi. Maqolada ushbu muammolarni yechishga qaratilgan Meta-LSTM, Metro-MGAT va IMGSN modellarining ishlash xususiyatlari yoritildi. Toshkent metropolitenida yo‘lovchilar sonining 2016-yildagi 53,5 milliondan 2025-yilda 287 milliongacha ko‘payishi va tarmoqni 2030-yilgacha 79 ta stansiya hamda 103 kilometr ga yetkazish rejalari mavjud prognozlash tizimini yangilash zarurligini ko‘rsatadi. Turniket, elektron to‘lov, qatnov jadvali va stansiyalarga oid ma‘lumotlarni birlashtirish, yangi stansiyalar oqimini o‘xshash stansiyalar ko‘rsatkichlari orqali dastlabki baholash hamda prognozni yangi ma‘lumotlar asosida muntazam yangilab borish Toshkent metropoliteni uchun maqbul yo‘nalishlar sifatida belgilandi.

Kalit so‘zlar: yo‘lovchi oqimi, Toshkent metropoliteni, fazoviy-vaqtli tahlil, graf neyron tarmog‘i, transfer o‘rganish, inkremental o‘rganish, yangi stansiya, axborot-tahliliy boshqaruv.

DIRECTIONS FOR IMPROVING INFORMATION AND ANALYTICAL MODELS AND METHODS OF PASSENGER FLOW FORECASTING IN TRANSPORT SYSTEMS: THE CASE OF THE TASHKENT METRO

ABSTRACT

The expansion of a metro network complicates passenger-flow forecasting because newly opened stations have no historical observations, while demand at

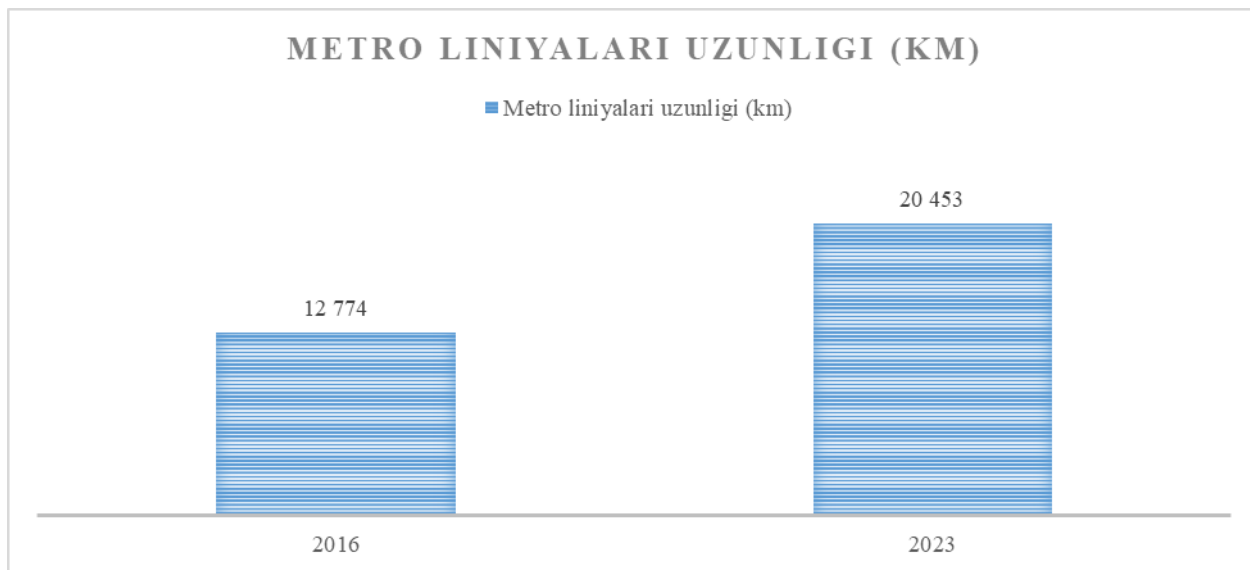
existing stations changes over time. This article examines the operating principles of the Meta-LSTM, Metro-MGAT, and IMGSN models developed to address these problems. Annual ridership on the Tashkent Metro increased from 53.5 million passengers in 2016 to 287 million in 2025, while the network is planned to reach 79 stations and 103 kilometres by 2030. These changes require an updated approach to passenger-flow forecasting. For the Tashkent Metro, the most suitable directions include combining turnstile, electronic payment, timetable, and station-level data; estimating initial demand at new stations using data from similar stations; and regularly updating forecasts as new observations become available.

Keywords: passenger flow, Tashkent Metro, spatiotemporal analysis, graph neural network, transfer learning, incremental learning, new station, information and analytical management.

KIRISH

Ma'lumki, yo'lovchi oqimini prognozlash transport tarmog'ining muayyan bekati, yo'nalishi yoki uchastkasidan ma'lum vaqt oralig'ida foydalanishi kutilayotgan yo'lovchilar sonini oldindan baholash jarayonidir. Bunday prognozlar poyezdlar harakat oralig'ini belgilash, harakat tarkibini yo'nalishlar bo'yicha taqsimlash, stansiyalardagi xodimlar sonini rejalashtirish, almashinuv tugunlaridagi yuklamani nazorat qilish va tig'iz vaqtlarda yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash uchun zarur. Yo'lovchi oqimi yetarlicha aniq baholanmasa, bir tomondan, stansiya va vagonlarda ortiqcha zichlik, kechikish hamda xizmat sifati pasayishi yuzaga keladi; ikkinchi tomondan, talabdan ortiq transport quvvatini ajratish foydalanish xarajatlari va energiya sarfining oshishiga olib keladi [1]. Shu sababli yo'lovchi oqimi prognozi shahar transportini tezkor boshqarish va uning rivojlanishini rejalashtirishning asosiy axborot manbalaridan biri hisoblanadi [2].

Yildan yilga metropoliten tarmoqlarining kengayishi prognozlash masalasining ko'lamini sezilarli darajada oshirdi. Xalqaro jamoat transporti uyushmasi ma'lumotlariga ko'ra, jahondagi metropoliten liniyalarining umumiy uzunligi 2016-yildagi 12 774 kilometrdan 2023-yilda 20 453 kilometrga yetgan, ya'ni yetti yil davomida 60,1 foizga ko'paygan. 2023-yil yakunida dunyoning 202 ta shahar aglomeratsiyasida 831 ta metro liniyasi faoliyat yuritgan va ular orqali yil davomida qariyb 58 milliard yo'lovchi tashilgan. Faqat 2021–2023-yillarda 13 ta yangi shahar metro tizimini ishga tushirgan [1].



1-rasm. Jahon metropoliten tarmog'ining kengayishi

Tarmoqning bunday sur'atda kengayishi amaldagi stansiyalar bilan bir qatorda hali yetarli tarixiy ma'lumotga ega bo'lmagan yangi stansiya va yo'nalishlarda ham yo'lovchilar talabini oldindan aniqlash zaruratini yuzaga keltirmoqda. Mazkur davrda yo'lovchi tashish hajmining keskin va bir tekis bo'lmagan o'zgarishi ham kuzatildi. Jahon metropolitenlarida yo'lovchilar soni 2012–2019-yillarda yiliga o'rtacha 4,1 foizdan o'sib borgan bo'lsa, 2020-yilda pandemiya ta'sirida 2019-yilga nisbatan 40 foizga kamaygan. Yo'lovchi tashish hajmi faqat 2023-yilga kelib pandemiya oldingi darajaga qaytgan [1]. Ushbu holat transport talabi faqat avvalgi kun yoki haftalardagi oqimning takrorlanishidan iborat emasligini ko'rsatdi. Ish va o'qish tartibining o'zgarishi, yangi yo'nalishlarning ochilishi, tarif siyosati, ommaviy tadbirlar, ob-havo va favqulodda holatlar vaqt qatorlarining tuzilishini o'zgartirishi mumkin. Shuning uchun bir marta o'qitilib, keyinchalik o'zgarmaydigan statik prognozlash modeli transport tizimining rivojlanayotgan sharoitida o'z aniqligini saqlab qolmasligi mumkin.

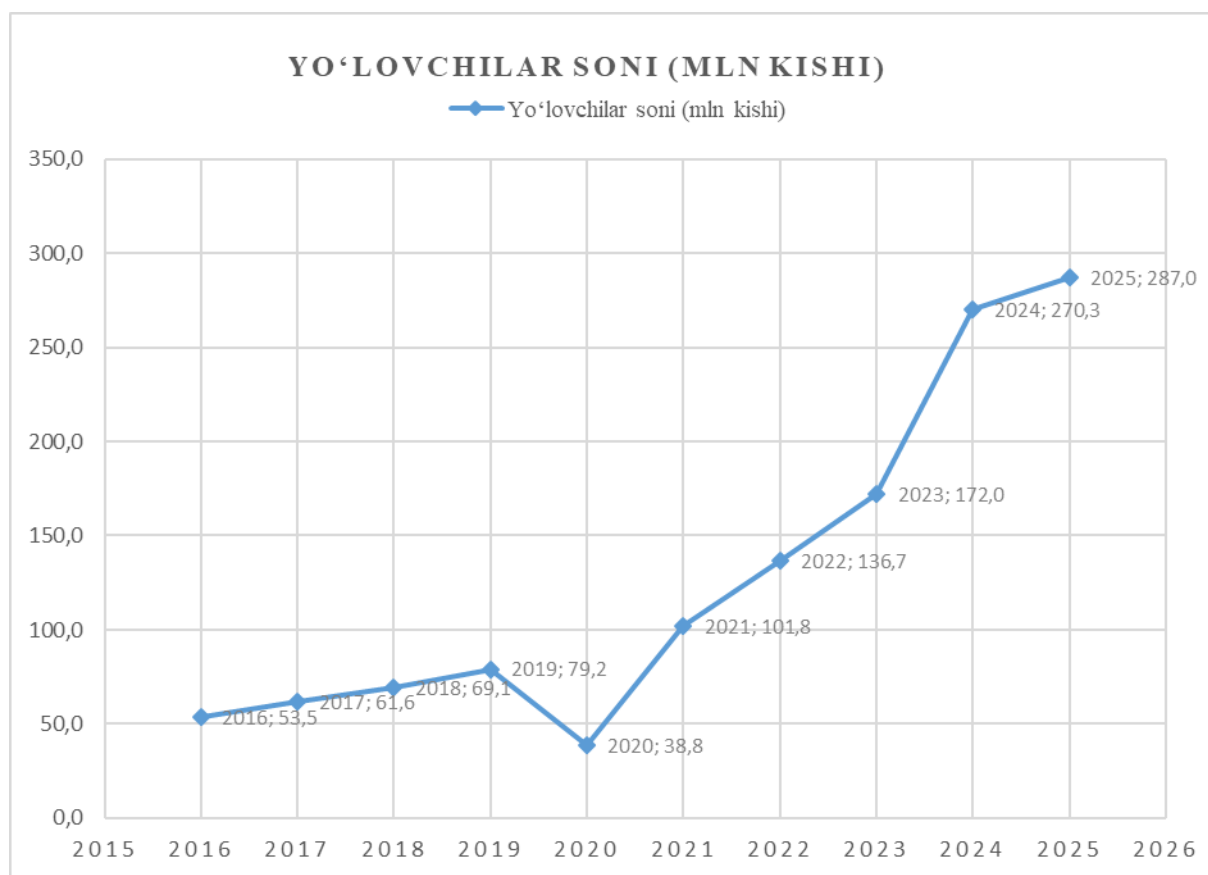
2016–2025-yillarda yo'lovchi oqimini prognozlash usullarining rivojlanishi ham ushbu ehtiyoj bilan bog'liq bo'ldi. Dastlab alohida stansiyaning vaqt qatoriga asoslangan ARIMA, eksponensial silliqlash, regressiya va an'anaviy mashinali o'rganish algoritmlaridan foydalanilgan bo'lsa, keyingi bosqichda LSTM va GRU kabi rekurrent neyron tarmoqlari qo'llanila boshlandi. Biroq bitta stansiyadagi oqim qo'shni stansiyalar, almashinuv tugunlari va tarmoqdagi umumiy harakat bilan bog'liq bo'lganligi sababli, vaqt dinamikasini alohida o'rganish yetarli natija bermaydi. Shu bois so'nggi tadqiqotlarda stansiyalar o'rtasidagi bog'lanishni graf orqali, vaqt bo'yicha o'zgarishni esa rekurrent neyron tarmog'i orqali ifodalovchi fazoviy-vaqtli modellar rivojlandi [2; 3].

Fazoviy-vaqtli chuqur o'rganish modellari stansiyadagi yo'lovchi oqimining qaysi soatlarda va haftaning qaysi kunlarida ortishi yoki kamayishini aniqlash uchun uzoq muddatli kuzatuvlarga tayanadi. Yangi stansiya ishga tushirilganda bunday ma'lumotlar hali shakllanmagan bo'ladi. Natijada model uning tig'iz va sokin vaqtlarini, mavsumiy o'zgarishlarini hamda qo'shni stansiyalar bilan bog'liq yo'lovchi harakatini ishonchli aniqlay olmaydi. Aynan shu masalada xorijiy olimlardan K. Han va hammualliflar 2024-yilda Meta-LSTM modelini ishlab chiqqan. Model avval Nanning, Hangzhou va Pekindagi ma'lumoti yetarli stansiyalarning turli yo'lovchi oqimi xususiyatlarini o'rganadi, keyin hosil qilingan boshlang'ich parametrlarni kuzatuvlari kam bo'lgan yangi stansiyaga ko'chiradi. Natijada yangi stansiya bo'yicha oz miqdordagi ma'lumot bilan ham qisqa muddatli prognozlashni boshlash imkoniyati yaratilgan [4]. Shuningdek, F. Ding va hammualliflar 2024-yilda taklif qilgan Metro-MGAT modeli masalani kengaygan metro tarmog'ining yangi tuzilishini hisobga olish orqali rivojlantirgan. Unda stansiyalar o'rtasidagi bog'lanish bitta graf bilan cheklanmagan: geografik yaqinlik, funksional o'xshashlik va safar qarshiligi kabi bog'lanishlar bir necha graf ko'rinishida ifodalangan. Shahar muhiti va metro topologiyasiga oid ma'lumotlar ushbu graflar bilan birlashtirilib, diqqat mexanizmi orqali yangi stansiyaning ehtimoliy yo'lovchi talabi baholangan. Model Shanxay metrosi tarmog'ining kengayish ma'lumotlarida sinovdan o'tkazilgan [5]. F. Wu va hammualliflarning 2025-yilda ishlab chiqqan IMGSN modeli esa tarmoqdagi o'zgarishlardan keyin modelni barcha tarixiy ma'lumotlarda qayta o'qitish muammosiga yechim taklif qilgan. Model yo'lovchi oqimi o'zgarayotgan asosiy stansiyalarni aniqlaydi, yangi kuzatuvlarni bosqichma-bosqich o'zlashtiradi va muhim eski parametrlarni saqlash orqali avval o'rganilgan qonuniyatlarning yo'qolishiga yo'l qo'ymaydi. Nankin metrosidagi sinovlarda 30 va 60 daqiqalik prognoz qadamlarida inkremental model noinkremental modellarga nisbatan o'rtacha 45,69 foiz, zamonaviy taqqoslash modellariga nisbatan 29,39 foiz yuqori natija ko'rsatgan [6].

Shunday qilib, Meta-LSTM yangi stansiya uchun boshlang'ich bilimni shakllantirishni, Metro-MGAT kengaygan tarmoqdagi yangi fazoviy bog'lanishlarni aniqlashni, IMGSN esa modelni yangi ma'lumotlar asosida uzluksiz yangilashni ta'minlaydi. Toshkent metropoliteni uchun ishlab chiqilayotgan modelda ushbu uch mexanizm — fazoviy bog'lanishni modellashtirish, yangi stansiyaga bilim ko'chirish va modelni inkremental yangilash — yagona prognozlash jarayonida o'zaro bog'lanadi.

Toshkent metropolitenidagi so'nggi o'n yillik ko'rsatkichlar mazkur muammoning milliy miqyosdagi dolzarbligini tasdiqlaydi. Rasmiy statistikaga ko'ra,

metropoliten orqali tashilgan yo‘lovchilar soni 2016-yildagi 53,5 milliondan 2019-yilda 79,2 millionga yetib, 48 foizga oshgan. Pandemiya ta’sirida 2020-yilda bu ko‘rsatkich 38,8 milliongacha, ya’ni 2019-yilga nisbatan 51 foizga kamaygan. Keyingi davrda yo‘lovchilar soni 2021-yilda 101,8 million, 2022-yilda 136,7 million, 2023-yilda 172 million va 2024-yilda 270,3 millionga yetgan. 2025-yilda metropoliten orqali 287 million yo‘lovchi tashilgan [7]. Shunday qilib, 2016–2025-yillar davomida yillik yo‘lovchilar soni 5,36 baravar, metro transportining yo‘lovchi aylanmasi esa 0,4 milliard yo‘lovchi-kilometrdan 2,1 milliard yo‘lovchi-kilometrgacha oshgan [7; 8]. Biroq bu o‘shish bir maromda kechmagan: pandemiya, yangi stansiyalarning ochilishi va tarmoqning kengayishi vaqt qatorida keskin tarkibiy o‘zgarishlarni yuzaga keltirgan.



2-rasm. Toshkent metropolitenida yo‘lovchilar soni dinamikasi

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 4-dekabrdagi PQ–368-son qarorida 2030-yilga qadar Toshkent shahri aholisining jamoat transportidan foydalanish darajasini 60 foizga, metropoliten tarmog‘i uzunligini 103 kilometrga yetkazish belgilangan. Ushbu qarorda transport, yo‘lovchi va piyodalar oqimlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarni yig‘ish hamda yagona ma’lumotlar bazasini shakllantirish Toshkent shahrida yo‘l harakatini tashkil etish markazining vazifalaridan biri sifatida belgilangan [9]. Prezidentning 2026-yil 15-maydagi PQ–191-son qaroriga ko‘ra esa

2030-yilgacha Toshkent metropolitenining kunlik tashish hajmini 1,8 million yo'lovchiga, stansiyalar sonini 79 taga yetkazish va poyezdlar harakat oralig'ini 2–3 daqiqagacha qisqartirish nazarda tutilgan [10]. Ushbu ko'rsatkichlarga erishish har bir stansiya va vaqt oralig'i bo'yicha kutiladigan talabni oldindan baholash, poyezdlar soni hamda qatnov oralig'ini prognoz natijalariga muvofiq boshqarishni talab qiladi.

TADQIQOT MATERIALLARI VA USULLARI

Tahlil 2016–2025-yillarda yo'lovchi oqimini prognozlash bo'yicha chop etilgan ilmiy tadqiqotlar, xalqaro transport tashkilotlarining hisobotlari, O'zbekiston Respublikasining rasmiy statistik ma'lumotlari hamda sohaga oid normativ-huquqiy hujjatlar o'rganildi. Tadqiqotda tizimli tahlil, qiyosiy tahlil va statistik ko'rsatkichlarning dinamik tahlili usullaridan foydalanildi. Mavjud yondashuvlar yangi stansiyalarda prognozlash, transport tarmog'idagi fazoviy bog'lanishlarni hisobga olish, modelni yangi ma'lumotlarga moslashtirish va prognoz natijalaridan boshqaruvda foydalanish mezonlari bo'yicha taqqoslandi.

TAHLIL NATIJALARI VA MUHOKAMA

Xalqaro tajriba va mamlakatimiz transport tizimining amaldagi holatini qiyosiy o'rganish yo'lovchi oqimini prognozlash muammosi faqat prognozlash algoritmini tanlash bilan cheklanmasligini ko'rsatdi. Prognozning ishonchliligi, avvalo, ma'lumotlarning qanday yig'ilishi, stansiya va vaqt kesimida shakllantirilishi, turli axborot tizimlari o'rtasida birlashtirilishi hamda natijalarning boshqaruv qarorlarida qo'llanishiga bog'liq. Jahon metropoliten tarmoqlarining umumiy uzunligi 2016–2023-yillarda 60,1 foizga kengaygani, 2020-yilda yo'lovchilar soni 40 foizga kamayib, 2023-yilda pandemiyadan oldingi darajaga qaytgani transport talabining barqaror emasligini ko'rsatadi [1]. Shu sababli xalqaro amaliyotda ma'lumotlarni standartlashtirish, yangi stansiyalarda yo'lovchi talabini oldindan baholash, prognozlarni muntazam yangilash va ularni tezkor boshqaruv tizimlariga bog'lash ustuvor vazifaga aylangan.

Transport ma'lumotlarining turli tashkilotlar va axborot tizimlarida alohida saqlanishi xalqaro miqyosdagi asosiy muammolardan biridir. Muammoni kamaytirish maqsadida GTFS Schedule standarti bekatlar, yo'nalishlar, qatnovlar va jadvallarni yagona formatda taqdim etishni, GTFS Realtime esa transport vositalarining joylashuvi, kechikishlar, bekor qilingan qatnovlar va xizmatdagi o'zgarishlarni tezkor uzatishni nazarda tutadi [11]. Yevropa Ittifoqida 2017/1926-son delegatsiyalangan reglament orqali statik va dinamik transport ma'lumotlarini milliy kirish nuqtalari orqali taqdim etish hamda multimodal axborot almashinuvini yo'lga qo'yish talablari belgilangan [12]. Bu choralar turli transport turlaridan olingan ma'lumotlarni bir xil

tuzilmaga keltirish va ularni tahliliy tizimlarda birgalikda ishlatish imkonini yaratmoqda.

Ikkinchi masala yo'lovchining qayerdan yo'lga chiqqani, qaysi stansiyalarda almashgani va qayerda safarni yakunlagani haqidagi ma'lumotlarning to'liq shakllanmasligi bilan bog'liq. Xalqaro amaliyotda avtomatlashtirilgan to'lov tizimi, smart-karta, turniket va transport vositalarining joylashuv ma'lumotlarini birlashtirish orqali yo'lovchilarning harakat zanjiri tiklanmoqda. Masalan, Mashhad jamoat transportida bir yillik smart-karta operatsiyalaridan foydalanib, avtobus va metro yo'lovchilarining kelib chiqish–manzil matritsasi shakllantirilgan [13]. Bunday yondashuv qaysi stansiyalar o'rtasida talab yuqori ekanini, almashinuv tugunlarining yuklanishini va yo'nalishlar kesimidagi haqiqiy yo'lovchi harakatini aniqlashga xizmat qiladi.

Uchinchisi — yangi ochilgan stansiya va yo'nalishlarda tarixiy kuzatuvlarning mavjud emasligidir. Xalqaro tadqiqotlarda ushbu masalani hal qilish uchun ma'lumoti yetarli stansiyalarning tajribasidan foydalanish, yangi stansiyaning atrofidagi aholi, ish joylari, ta'lim muassasalari va boshqa obyektlarni hisobga olish, shuningdek, tarmoqdagi o'rnini mavjud stansiyalar bilan qiyoslash choralari qo'llanmoqda. Meta-LSTM, Metro-MGAT va inkremental prognozlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar yangi stansiya bo'yicha dastlabki prognozni shakllantirish hamda kuzatuvlar ko'paygani sari uni aniqlashtirish mumkinligini ko'rsatgan [4–6]. Demak, tarmoq kengayishini prognozlash jarayonida yangi stansiyaning oddiy mavjud stansiya sifatida baholash yetarli emas; unga alohida axborot va baholash tartibi kerak.

Mamlakatimizdagi holat ham yuqoridagi muammolar bilan bevosita bog'liq. Toshkent metropolitenida tashilgan yo'lovchilar soni 2016-yildagi 53,5 milliondan 2025-yilda 287 millionga yetgan. Shu davrda 2020-yilgi keskin pasayish, 2021–2024-yillardagi tez tiklanish va yangi stansiyalarning ishga tushirilishi yo'lovchi oqimi tarkibini sezilarli o'zgartirgan [7]. Ochiq e'lon qilinayotgan rasmiy statistik ma'lumotlar yillik va umumlashtirilgan ko'rinishda bo'lib, ular uzoq muddatli rivojlanish yo'nalishini baholashga imkon beradi. Biroq poyezdlar harakat oraliq'i, stansiyalardagi tig'izlik, vagonlar va xodimlarni taqsimlash kabi tezkor vazifalar uchun stansiya hamda vaqt oraliq'i kesimidagi ma'lumotlar zarur. Bu holat metropolitenning ichki axborot tizimlarida batafsil ma'lumot mavjud emasligini anglatmaydi; muammo turli manbalardagi ma'lumotlarni yagona tahliliy jarayonga birlashtirish va ulardan muntazam foydalanish tartibini shakllantirish bilan bog'liq. Respublikamizda ham bu yo'nalishdagi tashkiliy choralar boshlangan. PQ–368-son qarorda Toshkent shahridagi transport, yo'lovchi va piyodalar oqimi parametrlarini yig'ish, yagona ma'lumotlar bazasini shakllantirish, mavjud oqimlarni baholash,

transport loyihalarini matematik modellashtirish va virtual sinovdan o'tkazish Toshkent shahrida yo'l harakatini tashkil etish markazining vazifalari sifatida belgilangan. Shuningdek, 2030-yilgacha aholining jamoat transportidan foydalanish darajasini 60 foizga, metropoliten tarmog'i uzunligini 103 kilometr ga yetkazish nazarda tutilgan [9]. Demak, huquqiy hujjatda ma'lumotlarni yig'ishdan boshlab ularni modellashtirish va boshqaruv qarorlariga tatbiq etishgacha bo'lgan asosiy yo'nalishlar belgilab berilgan. PQ-191-son qarorda esa 2030-yilgacha metropolitenning kunlik tashish hajmini 1,8 million yo'lovchiga, stansiyalar sonini 79 taga yetkazish va poyezdlar harakat oralig'ini 2-3 daqiqagacha qisqartirish vazifalari qo'yilgan. Bundan tashqari, 2027-2035-yillarga mo'ljallangan Toshkent metropolitenini rivojlantirish strategiyasida liniyalarni ikki baravar, yo'lovchi tashish hajmini 2,5 baravar oshirish, zarur harakat tarkibini aniqlash va xavfsizlik tizimlarini takomillashtirish nazarda tutilgan [10]. Bu vazifalarni bajarishda kelajakdagi yo'lovchi talabini faqat yillik umumiy ko'rsatkichlar asosida baholash yetarli bo'lmaydi. Qaysi stansiyada, qaysi vaqtda va qaysi yo'nalishda talab oshishini aniqlash talab etiladi. O'tkazilgan qiyosiy tahlil xalqaro va milliy amaliyotdagi muammolar, ko'rilayotgan choralar hamda tadqiqot vazifalarining quyidagi bog'lanishini ko'rsatdi.

1-jadval.

Yo'lovchi oqimini prognozlashdagi muammolar va ularni hal etish bo'yicha xalqaro hamda milliy yondashuvlar

Aniqlangan muammo	Xalqaro	O'zbekistonda
Ma'lumotlarning turli tizimlarda tarqoq saqlanishi	GTFS va GTFS Realtime kabi yagona axborot standartlarini joriy etish	Transport oqimlari bo'yicha yagona ma'lumotlar bazasini shakllantirish [9]
Stansiya va vaqt kesimidagi ma'lumotlarning yetarlicha tizimlashtirilmasligi	AFC, smart-karta, turniket va transport harakati ma'lumotlarini birlashtirish	Transport va yo'lovchi oqimlari parametrlarini markazlashgan holda yig'ish [9]
Yangi stansiyalarda tarixiy ma'lumot yo'qligi	O'xshash stansiyalar va shahar muhiti ko'rsatkichlari asosida dastlabki baholash [4; 5]	Metro tarmog'ini 79 stansiya va 103 kilometr gacha kengaytirish [10]
Yo'lovchi talabining vaqt davomida keskin o'zgarishi	Prognozlarni yangi kuzatuvlar asosida muntazam yangilash [6]	Yo'lovchilar soni va tarmoq ko'rsatkichlarini doimiy monitoring qilish [9]
Prognoz natijalarining boshqaruvga yetarlicha bog'lanmasligi	Tahliliy natijalarni jadval, sig'im va resurslarni boshqarishda qo'llash	Harakat oralig'ini 2-3 daqiqagacha qisqartirish va harakat tarkibini ko'paytirish [10]
Prognoz sifatini nazorat qilish	Xatolikni vaqt, stansiya va	Transport loyihalarini

tartibining yetarli emasligi	yoʻnalish kesimida muntazam tekshirish	matematik modellashtirish va virtual sinash [9]
------------------------------	---	--

Tahlil natijalariga koʻra, bugungi kunda Toshkent metropolitenida yoʻlovchi oqimini axborot-tahliliy boshqarishni takomillashtirish boʻyicha quyidagi ustuvor vazifalarni hal etish zarur:

1. Toshkent metropolitenida yoʻlovchi oqimiga oid mavjud axborot manbalari, ularning tarkibi, davriyligi va aniqlik darajasini oʻrganish.
2. Turniket, avtomatlashtirilgan toʻlov, qatnov jadvali va stansiya xususiyatlariga oid maʼlumotlarni stansiya hamda vaqt kesimida yagona tartibga keltirish.
3. Yoʻlovchi oqimining kunning vaqti, hafta kuni, mavsum, bayram, ommaviy tadbir va tarmoqdagi oʻzgarishlarga bogʻliqligini aniqlash.
4. Tarixiy maʼlumoti yetarli stansiyalar va yangi ochilgan stansiyalar uchun alohida baholash tartibini ishlab chiqish.
5. Prognoz aniqligini stansiya, yoʻnalish va vaqt oraligʻi kesimida tekshirish hamda maʼlumotlar oʻzgarganda natijalarni qayta hisoblash tartibini belgilash.
6. Olingan prognozlardan poyezdlar harakat oraligʻini belgilash, vagonlar va xodimlarni taqsimlash, tigʻiz stansiyalarni nazorat qilish hamda transport infratuzilmasini rejalashtirishda foydalanish yoʻllarini asoslash.

Demak, xalqaro amaliyotda asosiy eʼtibor maʼlumotlarni standartlashtirish, real vaqt rejimida yangilash va turli transport manbalarini birlashtirishga qaratilgan. Mamlakatimizda yagona maʼlumotlar bazasini yaratish, transport oqimlarini matematik modellashtirish va metro tarmogʻini kengaytirish boʻyicha huquqiy hamda tashkiliy asoslar shakllantirilmoqda. Tadqiqotning vazifasi ushbu chora-tadbirlarni ilmiy-uslubiy jihatdan bogʻlash, yoʻlovchi oqimi haqidagi maʼlumotni amaliy prognoz va boshqaruv qaroriga aylantirish tartibini asoslashdan iborat.

XULOSA

Oʻtkazilgan tahlil yoʻlovchi oqimini ishonchli prognozlash faqat muayyan algoritmnini tanlashga emas, balki maʼlumotlarni stansiya va vaqt kesimida muntazam yigʻish, turli axborot manbalarini birlashtirish hamda prognozlarni yangi kuzatuvlar asosida yangilab borishga bogʻliqligini koʻrsatdi. Xalqaro tajribada transport maʼlumotlarini standartlashtirish, smart-karta va turniket maʼlumotlari asosida yoʻlovchilarning harakat yoʻnalishlarini aniqlash, yangi stansiyalar uchun oʻxshash stansiyalar tajribasidan foydalanish hamda prognozlarni real vaqt maʼlumotlariga moslashtirish asosiy yoʻnalishlar sifatida shakllangan. Toshkent metropolitenida

yo'lovchilar sonining 2016–2025-yillarda 53,5 milliondan 287 milliongacha oshishi, tarmoqning kengayishi va yangi stansiyalarning ishga tushirilishi stansiya hamda vaqt kesimidagi prognozlarga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirmoqda. Respublikada transport oqimlari bo'yicha yagona ma'lumotlar bazasini shakllantirish, matematik modellashtirishni rivojlantirish va metropolitenning tashish quvvatini oshirish bo'yicha huquqiy hamda tashkiliy choralar belgilangan. Shu bois Toshkent metropolitenida turniket, elektron to'lov, qatnov jadvali va stansiya xususiyatlariga oid ma'lumotlarni yagona axborot-tahliliy jarayonda birlashtirish ustuvor ahamiyatga ega. Tahlil natijalariga ko'ra, Toshkent metropoliteni uchun fazoviy-vaqtli bog'lanishlarni hisobga olish, tarixiy ma'lumoti kam bo'lgan yangi stansiyalarga mavjud stansiyalarda aniqlangan qonuniyatlarni ko'chirish va prognozni yangi kuzatuvlar asosida bosqichma-bosqich yangilash istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Mazkur yondashuvni amaliyotga joriy etish poyezdlar harakat oralig'ini belgilash, harakat tarkibi va xodimlarni taqsimlash, tig'iz stansiyalardagi yuklamani nazorat qilish hamda transport infratuzilmasini rejalashtirish qarorlarining axborot asosini mustahkamlashi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Association of Public Transport (UITP). Global Metro Figures 2024. Brussels: UITP, 2025. URL: <https://www.uitp.org/publications/global-metro-figures-2024/>
2. Xue Q., Zhang W., Ding M., Yang X., Wu J. et al. Passenger flow forecasting approaches for urban rail transit: a survey // International Journal of General Systems. 2023. Vol. 52, No. 8. P. 919–947. DOI: <https://doi.org/10.1080/03081079.2023.2231133>
3. Fu X., Wu M., Ponnarasu S., Zhang L. A hybrid deep learning approach for real-time estimation of passenger traffic flow in urban railway systems // Buildings. 2023. Vol. 13, No. 6. Article 1514. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13061514>
4. Han K., Zhang J., Tian X., Li S., Zhu C. Meta-learning based passenger flow prediction for newly-operated stations // GeoInformatica. 2024. Vol. 28. P. 433–457. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10707-023-00510-8>
5. Ding F., Liang Y., Wang Y., Tang Y., Zhou Y., Zhao Z. A graph deep learning model for station ridership prediction in expanding metro networks // Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Advances in Urban-AI (UrbanAI'24). Atlanta, 2024. P. 6–14. DOI: <https://doi.org/10.1145/3681780.3697247>
6. Wu F., Zheng C., Du M., Ma G., Wu Z. Adaptive passenger flow prediction in metro systems: an incremental learning framework for evolving patterns // Journal of

Transportation Engineering, Part A: Systems. 2025. Vol. 151, No. 8. Article 04025058. DOI: <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.TEENG-8964>

7. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Metropolitenda tashilgan yo‘lovchilar soni: yillik ko‘rsatkichlar // SIAT statistik axborot tizimi. URL: <https://siat.stat.uz/data/622/?lang=uz>

8. O‘zbekiston Respublikasi Milliy statistika qo‘mitasi. Metro transportining yo‘lovchi aylanmasi: yillik ko‘rsatkichlar // SIAT statistik axborot tizimi. URL: <https://siat.stat.uz/data/563/?lang=uz>

9. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 4-dekabrdagi PQ–368-son “Toshkent shahrida transport tizimi boshqaruvini takomillashtirish hamda tirbandliklarning oldini olishga qaratilgan qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori. URL: <https://lex.uz/uz/docs/7883405>

10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 15-maydagi PQ–191-son “Toshkent metropoliteni faoliyati samaradorligini oshirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori. URL: <https://lex.uz/uz/docs/8209289>

11. General Transit Feed Specification. GTFS Schedule and GTFS Realtime Overview. URL: <https://gtfs.org/documentation/overview/>

12. European Commission. Commission Delegated Regulation (EU) 2017/1926 of 31 May 2017 supplementing Directive 2010/40/EU with regard to the provision of EU-wide multimodal travel information services. Consolidated version, 4 March 2024. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2017/1926/2024-03-04/eng

13. Radfar S., Koosha H., Gholami A., Amindoust A. Improved public transport OD matrix estimation using an enhanced trip chain model with smart card data // International Journal of Intelligent Transportation Systems Research. 2025. Vol. 23, No. 3. P. 1341–1356. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13177-025-00513-9>