ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

METROPOLITEN ESKALATORLARIDA YO'LOVCHILAR OQIMI VA XAVFSIZLIK MUAMMOLARINING TEXNIK-TEXNOLOGIK TAHLILI.

Pardaboyev Humoyun Ravshan o‘g‘li
“Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti” davlat muassasasi tayanch doktoranti.
ORCID: https://orcid.org/0009-0003-3689-9820
Email: h.pardaboyev@tsue.uz

Annotatsiya. Mazkur maqolada metropoliten eskalatorlarida yo'lovchilar oqimi va xavfsizlik muammolarining texnik-texnologik jihatlari tahlil etilgan. Tadqiqotda eskalatorlarning texnik tavsiflari, yo'lovchilar oqimining asosiy ko'rsatkichlari (zichlik va tezlik) hamda zamonaviy metropoliten tizimlarida uchraydigan xavfsizlik muammolari ko'rib chiqilgan. Ilmiy adabiyotlar tahlili va Toshkent metropoliteni amaliyoti asosida eskalatorlarda yuzaga keladigan asosiy texnik-texnologik kamchiliklar aniqlanib, ularni bartaraf etishning zamonaviy yo'nalishlari taqdim etilgan. Tadqiqot natijalari sun'iy intellekt asosidagi vizual nazorat tizimlarini joriy etish orqali eskalatorlardagi xavfsizlik darajasini sezilarli oshirish mumkinligini ko'rsatadi. Maqola xulosalari Toshkent metropoliteni sharoitida amaliy tatbiq qilish uchun ilmiy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Kalit so'zlar: metropoliten eskalatorlari, yo'lovchilar oqimi, oqim zichligi, xavfsizlik, texnik-texnologik tahlil, vizual nazorat, sun'iy intellekt.

Аннотация. В настоящем статье анализируются технико-технологические аспекты пассажиропотока и проблем безопасности на эскалаторах метрополитена. В исследовании рассмотрены технические характеристики эскалаторов, основные показатели пассажиропотока (плотность и скорость), а также проблемы безопасности, возникающие в современных системах метрополитена. На основе анализа научной литературы и практики Ташкентского метрополитена выявлены основные технико-технологические недостатки, возникающие на эскалаторах, и представлены современные направления их устранения. Результаты исследования показывают, что внедрение систем визуального мониторинга на основе искусственного интеллекта позволяет значительно повысить уровень безопасности на эскалаторах. Выводы тезиса могут служить научной основой для практического применения в условиях Ташкентского метрополитена.

Ключевые слова: эскалаторы метрополитена, пассажиропоток, плотность потока, безопасность, технико-технологический анализ, визуальный мониторинг, искусственный интеллект.

Abstract. This article analyzes the technical and technological aspects of passenger flow and safety issues on metro escalators. The research examines the technical characteristics of escalators, the main indicators of passenger flow (density and speed), as well as safety problems encountered in modern metro systems. Based on the analysis of scientific literature and the practice of the Tashkent Metro, the main technical and technological shortcomings on escalators are identified, and modern directions for their elimination are presented. The research results demonstrate that the implementation of visual monitoring systems based on artificial intelligence can significantly improve the level of safety on escalators. The conclusions of the thesis can serve as a scientific basis for practical application in the conditions of the Tashkent Metro.

Keywords: metro escalators, passenger flow, flow density, safety, technical and technological analysis, visual monitoring, artificial intelligence.

KIRISH.

Zamonaviy shaharlarda jamoat transporti tizimi, xususan metropoliten, kundalik yo'lovchi tashish hajmi va xizmat ko'rsatish sifati jihatidan eng muhim infratuzilma obyektlaridan biriga aylangan. Toshkent metropoliteni Markaziy Osiyodagi eng yirik metro tizimi bo'lib, 1977-yildan buyon faoliyat ko'rsatib kelmoqda va hozirgi kunda umumiy uzunligi 70 kilometrdan oshiq tarmoqda 50 ga yaqin bekat orqali yiliga 200 milliondan ortiq yo'lovchiga xizmat ko'rsatmoqda [1].

Bekatlar va platformalar o'rtasida yo'lovchilar harakatini ta'minlashda eskalatorlar markaziy rolni bajaradi. Tig'iz soatlarda eskalatorlarda yo'lovchilar oqimi zichligi me'yoriy ko'rsatkichlardan oshib ketishi, bu esa yiqilish, tiqilinch va boshqa baxtsiz hodisalar xavfini keskin oshiradi. Xalqaro statistika shuni ko'rsatadiki, metropoliten bekatlarida ro'y beradigan baxtsiz hodisalarning sezilarli qismi aynan eskalatorlarda sodir bo'ladi [2].

So'nggi yillarda dunyo metropolitenlarida sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi texnologiyalari asosida eskalatorlarda yo'lovchilar oqimini real vaqtda nazorat qilish va xavfsizlikni ta'minlash tizimlari joriy etilmoqda [3]. Biroq O'zbekiston sharoitida, jumladan Toshkent metropoliteni eskalatorlarida bunday intellektual tizimlarning kompleks tatbiq etilishi bo'yicha tadqiqotlar yetarli darajada olib borilmagan. Bu esa eskalatorlarning texnik-texnologik xususiyatlari, yo'lovchilar oqimi parametrlari va xavfsizlik muammolarini chuqur tahlil qilishni dolzarb vazifa sifatida belgilab beradi.

Tadqiqotning maqsadi — metropoliten eskalatorlaridagi yo'lovchilar oqimi va xavfsizlik muammolarining texnik-texnologik jihatlarini tahlil qilish, ularning sun'iy intellekt asosidagi yechimlar bilan bog'liqligini asoslashdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

ISSN 3030-3907

Eskalatorlarda yo'lovchilar oqimi va xavfsizlik masalalari xalqaro va mahalliy olimlar tomonidan turli yo'nalishlarda tadqiq etilgan. Mavzu bo'yicha ilmiy adabiyotlarni to'rt asosiy yo'nalishga ajratish mumkin: piyodalar oqimi nazariyasi, eskalator xavfsizligi va inson omili, sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi texnologiyalari hamda metropoliten transportiga AI tatbiqi.

Piyodalar oqimi nazariyasi yo'nalishida fundamental hissa Fruin (1971) tomonidan qo'shilgan bo'lib, u piyodalar harakatining matematik modelini va xizmat ko'rsatish darajasi (Level of Service) konsepsiyasini taklif qilgan [4]. Helbing va Molnár (1995) tomonidan ishlab chiqilgan Ijtimoiy kuch modeli (Social Force Model) piyodalar dinamikasini fizik qonuniyatlar asosida tushuntirib beradi va olomon harakatini simulyatsiya qilish imkonini yaratadi [5]. Mazkur klassik nazariyalar zamonaviy AI-tizimlar uchun matematik asos bo'lib xizmat qilmoqda.

Eskalator xavfsizligi va inson omili yo'nalishida Al-Sharif (2006) eskalatorlardagi baxtsiz hodisalarning sabablarini chuqur tahlil qilib, asosiy xavf omillarini aniqlagan [6]. Uning tadqiqotlariga ko'ra, eskalatorlardagi hodisalarning aksariyati yo'lovchining xatti-harakati va texnik nosozliklar bilan bog'liq bo'lib, ularning ko'pchiligi avtomatik nazorat tizimlari yordamida oldini olish mumkin.

Sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi sohasida so'nggi yillarda inqilobiy o'zgarishlar yuz berdi. Goodfellow va boshqalar (2016) chuqur o'qitishning nazariy asoslarini tizimli bayon etgan fundamental monografiyani taklif qildilar [7]. Redmon va boshqalar (2016) tomonidan taklif qilingan YOLO (You Only Look Once) arxitekturasi obyektni real vaqtda aniqlashda inqilob yasab, video oqimida yo'lovchilarni yuqori aniqlik bilan kuzatish imkonini berdi [8]. Wojke va boshqalar (2017) tomonidan ishlab chiqilgan DeepSORT algoritmi ko'p obyektli kuzatish vazifasini samarali hal etib, olomon ichidagi har bir yo'lovchini alohida kuzatish imkonini taqdim etadi [9].

Metropoliten transportiga AI tatbiqi yo'nalishida Park va boshqalar (2022) Seul metropoliteni misolida AI-asosidagi yo'lovchi xizmati tizimlarini tahlil qilib, ularning yo'lovchilar qoniqishini sezilarli oshirishini va operatorlar yuklamasini kamaytirishini tasdiqladilar [3]. Zhang va boshqalar (2022) tomonidan taklif qilingan ByteTrack algoritmi olomon zichligi yuqori bo'lgan sharoitlarda yo'lovchilarni kuzatishning yangi yondashuvini taqdim etib, eskalatorlar uchun ham qo'llanilishi mumkinligini ko'rsatdi [10].

Mavjud ilmiy adabiyotlarning tahlili shuni ko'rsatadiki, eskalator xavfsizligi, piyodalar oqimi nazariyasi va sun'iy intellekt texnologiyalari alohida-alohida chuqur o'rganilgan. Biroq mazkur uch yo'nalishni birlashtirib, Toshkent metropoliteni sharoitida eskalatorlarda yo'lovchilar oqimini AI asosida real

ISSN 3030-3907

vaqtda nazorat qilish va xavfsizlikni avtomatik ta'minlash bo'yicha kompleks tadqiqotlar amalda olib borilmagan. Bundan tashqari, O'zbekiston Respublikasining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasi [11] doirasida transport infratuzilmasini intellektuallashtirish dolzarb vazifa sifatida belgilab berilgan. Bu esa joriy tadqiqotning ilmiy va amaliy ahamiyatini asoslab beradi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI.

Tadqiqot sharh-tahliliy (review-analytical) yondashuv asosida olib borildi va to'rt asosiy bosqichni qamrab oldi. Metodologiya ilmiy adabiyotlarning tizimli tahlili, xorijiy tajribani qiyosiy o'rganish, statistik ma'lumotlarni umumlashtirish va sintez qilish usullariga asoslangan.

Birinchi bosqich — ma'lumot manbalarini yig'ish bosqichida xalqaro ilmiy bazalardan (Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, Google Scholar) so'nggi 10 yil davomida chop etilgan ilmiy maqolalar, klassik monografiyalar hamda xalqaro tashkilotlarning rasmiy hisobotlari (UITP, ISO) o'rganildi [12]. Manbalar quyidagi kalit so'zlar bo'yicha tanlandi: escalator safety, pedestrian flow, computer vision in transportation, metro passenger monitoring, deep learning object detection.

Ikkinchi bosqich — adabiyotlarni tizimli tahlil qilish bosqichida to'plangan manbalar to'rt asosiy yo'nalish bo'yicha tasniflandi: piyodalar oqimi nazariyasi, eskalator xavfsizligi, sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi texnologiyalari hamda metropoliten transportiga AI tatbiqi. Har bir yo'nalishda asosiy g'oyalar, foydalanilgan metodlar va olingan natijalar qiyosiy tahlil qilindi.

Uchinchi bosqich — texnik-texnologik tahlil bosqichida eskalatorlarning xalqaro standartlari (ISO 25745-3:2015), yo'lovchilar oqimining matematik modellari ($Q = \rho \times v \times W$) va xizmat ko'rsatish darajasi (Level of Service) konsepsiyasi tadqiq etildi. Toshkent metropoliteni eskalatorlarining texnik xususiyatlari va xavfsizlik holati xorijiy tajriba bilan qiyoslab o'rganildi.

To'rtinchi bosqich — sintez va xulosalar bosqichida olingan natijalar umumlashtirildi, eskalatorlardagi xavfsizlik muammolarining tasnifi shakllantirildi va sun'iy intellekt asosidagi yechim yo'nalishlari ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari Transformer arxitekturasi [13] va zamonaviy obyektni aniqlash modellari (YOLO, DeepSORT, ByteTrack) imkoniyatlari asosida Toshkent metropoliteni sharoitiga moslashtirish bo'yicha takliflar bilan yakunlandi.

Tadqiqotning cheklovlari sifatida sharh-tahliliy yondashuvning xususiyatlari (eksperimental ma'lumotlarning yo'qligi) hamda Toshkent metropoliteni eskalatorlari bo'yicha rasmiy statistik ma'lumotlarning cheklanganligi qayd etiladi. Mazkur cheklovlar tadqiqotning keyingi

ISSN 3030-3907

bosqichlarida real ma'lumotlar yig'ish va eksperimental sinovlar o'tkazish orqali bartaraf etiladi.

Metropoliten eskalatorlarining texnik tavsiflari va turlari.

Eskalator — uzluksiz harakatlanuvchi zinapoyali transport vositasi bo'lib, asosan vertikal va qiya yo'nalishdagi yo'lovchi tashish vazifasini bajaradi. Zamonaviy metropoliten tizimlarida eskalatorlar bekatlar va platformalar o'rtasida yo'lovchilar oqimini ta'minlashning eng samarali vositalaridan biri hisoblanadi. Eskalatorlarning texnik xususiyatlari xalqaro ISO 25745-3:2015 standartiga muvofiq tartibga solinadi.

Eskalatorlar bir qator texnik parametrlar bo'yicha turkumlanadi. Asosiy parametrlar quyidagilardan iborat: harakat tezligi (odatda 0,5 m/s dan 0,75 m/s gacha), qiyalik burchagi (30° yoki 35°), zinapoya kengligi (600, 800 yoki 1000 mm), hamda soatlik o'tkazuvchanlik qobiliyati (4 500 dan 13 500 kishi/soatgacha). Metropoliten bekatlarida asosan tezkor eskalatorlar qo'llaniladi, chunki ular yuqori intensivlikdagi yo'lovchilar oqimini samarali boshqarish imkonini beradi.

Eskalatorning asosiy konstruktiv elementlariga quyidagilar kiradi: harakatlanuvchi zinapoyalar (steps), balustrada va qo'l ushlagich (handrail), boshlovchi va olib boruvchi mexanizmlar, xavfsizlik sensorlari hamda boshqaruv tizimi. Zamonaviy eskalatorlar avtomatik tezlikni o'zgartirish, favqulodda to'xtash hamda yo'lovchilarning mavjudligini aniqlash vazifalarini bajaradi. Ushbu komponentlarning xususiyatlari va vazifalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

Eskalator turlari va texnik xususiyatlari.

Eskalator turi	Tezligi (m/s)	Qiyalik (°)	O'tkazuvchanligi (kishi/soat)	Qo'llanilish sohasi
Standart	0,5 – 0,65	30	4 500 – 9 000	Bekatlar, savdo markazlari
Tezkor	0,75	30	9 000 – 13 500	Metropolitenlar
Og'ir yuk uchun	0,5	35	6 000 – 10 000	Aeroportlar, vokzallar
Sayyor (transit)	0,5 – 0,75	0 – 6	10 000 – 14 000	Aeroport koridorlari

Manba: ISO 25745-3:2015 standarti va eskalator ishlab chiqaruvchilar texnik hujjatlari asosida

Metropoliten sharoitida eskalatorlar uzluksiz rejimda, kuniga 18-20 soat davomida ishlaydi va katta yuklamani ko'taradi. Toshkent metropoliteni bekatlarining aksariyatida standart va tezkor turdagi eskalatorlar o'rnatilgan bo'lib, ular SSSR davrida qurilgan tizimlar va so'nggi yillarda modernizatsiya qilingan qismlardan iborat.

Yo'lovchilar oqimining asosiy ko'rsatkichlari.

ISSN 3030-3907

Eskalatorlardagi yo'lovchilar oqimini ilmiy nuqtai nazardan tahlil qilish uchun piyodalar harakati nazariyasi (pedestrian flow theory) doirasida shakllantirilgan asosiy ko'rsatkichlardan foydalaniladi. Mazkur nazariya transport oqimi mexanikasiga asoslangan bo'lib, uch asosiy parametrni o'z ichiga oladi: oqim zichligi (ρ), harakat tezligi (v) va oqim intensivligi (Q).

Oqim zichligi (ρ) — birlik maydonda joylashgan yo'lovchilar soni bilan ifodalanadi va kishi/m² birligida o'lchanadi:

$$\rho = N / A$$

bu yerda: N — yo'lovchilar soni; A — eskalator maydoni (m²).

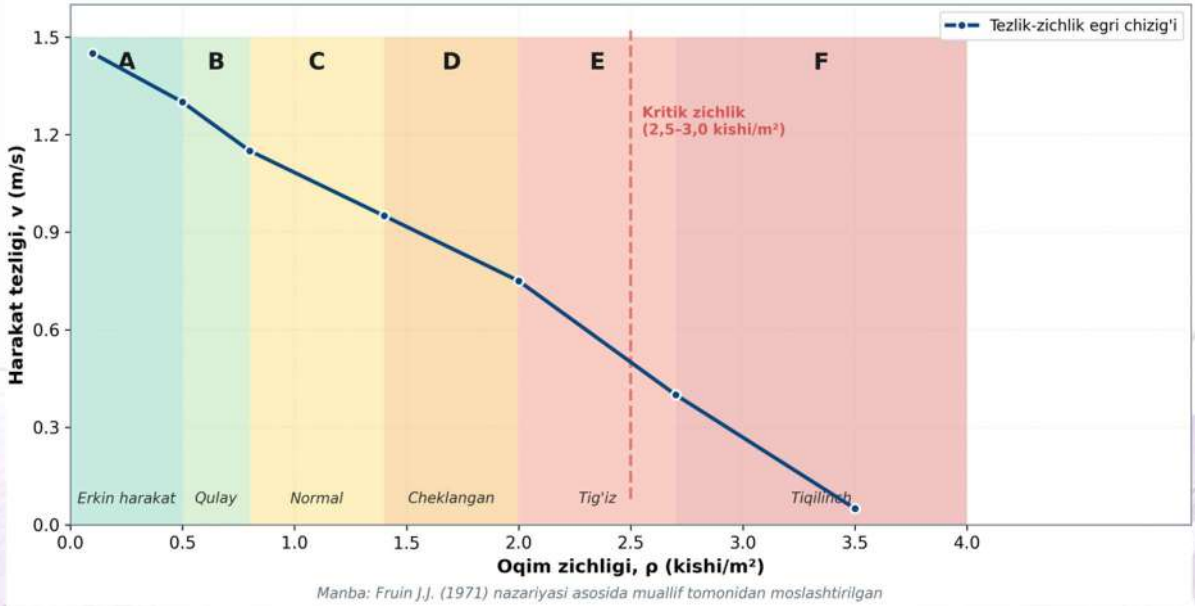
Harakat tezligi (v) — yo'lovchilarning eskalatorga nisbatan o'rtacha harakat tezligi bo'lib, m/s birligida o'lchanadi. Statik holatda yo'lovchining tezligi eskalator tezligiga teng, dinamik holatda esa yo'lovchining xususiy yurish tezligi qo'shiladi.

Oqim intensivligi (Q) — vaqt birligida eskalator orqali o'tuvchi yo'lovchilar soni bo'lib, kishi/soat birligida ifodalanadi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$Q = \rho \times v \times W$$

bu yerda: W — eskalator zinapoyasining samarali kengligi (m).

Yo'lovchilar oqimining sifatini baholash uchun xalqaro amaliyotda Xizmat ko'rsatish darajasi (Level of Service, LoS) tushunchasi qo'llaniladi. Mazkur tushuncha Fruin tomonidan taklif qilingan bo'lib, oqim zichligiga ko'ra olti darajaga (A dan F gacha) bo'linadi [4]. A darajasi yo'lovchilarning erkin harakatini, F darajasi esa kritik tiqilinch holatini ifodalaydi. Eskalatorlardagi yo'lovchilar oqimi parametrlari va xizmat ko'rsatish darajalari o'rtasidagi bog'liqlik 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Yo'lovchilar oqimi parametrlari va xizmat ko'rsatish darajalari (LoS) .

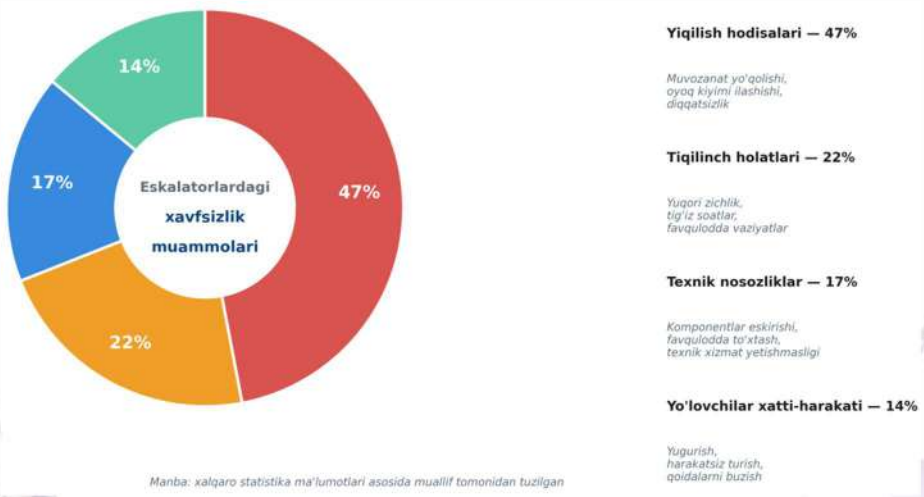
ISSN 3030-3907

Metropoliten eskalatorlarida kritik zichlik (ρ_kritik) — bu zichlikning shunday qiymatiki, undan oshganda yo'lovchilar harakati turg'unligini yo'qotadi va xavfsizlik xavfi keskin ortadi. Tadqiqotlar ko'rsatishicha, eskalatorlarda kritik zichlik 2,5–3,0 kishi/m² oralig'ida bo'lib, bu qiymatdan oshganda yiqilish va tiqilinch xavfi sezilarli ortadi. Tig'iz soatlarda Toshkent metropolitenining markaziy bekatlarida zichlik kritik chegaraga yetishi kuzatiladi, bu esa intellektual nazorat tizimini joriy etish zaruratini asoslab beradi.

Eskalatorlardagi xavfsizlik muammolari va ularning statistik tahlili.

Metropoliten bekatlaridagi eskalatorlarda yuz beradigan baxtsiz hodisalar yo'lovchi xavfsizligi nuqtai nazaridan jiddiy muammo hisoblanadi. Xalqaro statistika shuni ko'rsatadiki, jamoat transporti infratuzilmasida ro'y beradigan baxtsiz hodisalarning 15–25% qismi aynan eskalatorlarda sodir bo'ladi va ularning aksariyati oldindan oldini olish mumkin bo'lgan holatlar bilan bog'liq [6].

Eskalatorlardagi xavfsizlik muammolari tabiatiga ko'ra to'rt asosiy guruhga ajratiladi (2-rasm). Birinchi guruh — yo'lovchilarning yiqilishi bilan bog'liq hodisalar bo'lib, ular barcha hodisalarning eng katta ulushini (45–50%) tashkil etadi. Yiqilish odatda muvozanatning yo'qolishi, oyoq kiyimining zinapoyaga ilashishi yoki yo'lovchining diqqatsizligi natijasida yuzaga keladi. Ikkinchi guruh — oqim zichligining ortishi tufayli yuzaga keladigan tiqilinch holatlari (20–25%). Bu holatlar tig'iz soatlarda yoki favqulodda vaziyatlarda kuchayadi. Uchinchi guruh — texnik nosozliklar va favqulodda to'xtashlar (15–20%) bo'lib, ular asosan eskalator komponentlarining eskirishi yoki texnik xizmat ko'rsatishning yetishmasligi bilan bog'liq. To'rtinchi guruh — yo'lovchilarning xavfli xatti-harakati (yugurish, harakatsiz turish, qoidalarga rioya qilmaslik) — qolgan 10–15% ni tashkil etadi.



2-rasm. Eskalatorlardagi xavfsizlik muammolarining tasnifi.

Toshkent metropoliteni eskalatorlarida ham mazkur muammolar dolzarbligini saqlab qolmoqda. Markaziy bekatlarda (Alisher Navoiy, Paxtakor

ISSN 3030-3907

va Yunus Rajabiy) tig'iz soatlarda yo'lovchilar oqimi zichligi me'yoriy ko'rsatkichlardan oshib ketishi, mavjud nazorat tizimlarining yetarli emasligi va xavfsizlik xodimlarining cheklangan qamrov imkoniyatlari muammoni yanada kuchaytiradi. Ushbu vaziyat sun'iy intellekt asosidagi avtomatik vizual nazorat tizimini joriy etish zaruratini asoslab beradi.

Eskalatorlardagi xavfsizlik muammolarini bartaraf etishning zamonaviy yo'nalishlari.

So'nggi yillarda dunyo metropolitenlarida eskalatorlardagi xavfsizlikni ta'minlashning an'anaviy yondashuvlari — mexanik sensorlar, vizual kuzatuv kameralari va xavfsizlik xodimlari nazorati — yetarli samaradorlik ko'rsatmasligi tobora ko'proq ayon bo'lib bormoqda. Bu yondashuvlarning asosiy cheklovi inson omiliga bog'liqligi, real vaqtdagi qaror qabul qilishning sustligi va qamrov chegaralarining torligida ifodalanadi.

Hozirgi paytda eng istiqbolli yo'nalish — sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi (Computer Vision) texnologiyalari asosidagi avtomatik vizual nazorat tizimlarini joriy etishdan iborat [7]. Bunday tizimlar quyidagi imkoniyatlarni taqdim etadi: yo'lovchilar oqimini real vaqtda hisoblash va zichlikni baholash, yiqilish va xavfli xatti-harakatlarni avtomatik aniqlash, kritik holatlar yuzaga kelganda dispetcherlik xizmatini ogohlantirish, hamda eskalator tezligini oqim ko'rsatkichlariga moslab boshqarish.

Zamonaviy obyektni aniqlash modellari (YOLO, Faster R-CNN, DETR) va ko'p obyektli kuzatish algoritmlari (DeepSORT, ByteTrack) eskalator sharoitida 90% dan yuqori aniqlik bilan ishlay olishi tasdiqlangan. Janubiy Koreya (Seul Metro), Yaponiya (Tokyo Metro) va Xitoy (Pekin Metro) tajribasi shuni ko'rsatdiki, intellektual nazorat tizimlarini joriy etish baxtsiz hodisalar sonini 35–50% ga kamaytirish va dispetcher xizmati samaradorligini sezilarli oshirish imkonini beradi.

Toshkent metropoliteni eskalatorlarida mazkur texnologiyalarni joriy etish quyidagi afzalliklarni ta'minlashi mumkin: uzluksiz 24/7 nazorat, inson omili bilan bog'liq xatolarning kamayishi, energiya iste'molining optimallashuvi (eskalator tezligini oqimga moslab boshqarish orqali) va yo'lovchilar uchun xizmat sifatining yaxshilanishi. Mazkur yo'nalish O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasi vazifalariga to'liq mos keladi.

XULOSA VA ISTIQBOLLAR.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, metropoliten eskalatorlaridagi yo'lovchilar oqimi va xavfsizlik muammolari texnik-texnologik nuqtai nazardan kompleks tahlil qilinishi zarur bo'lgan ko'p qirrali muammodir. Olib borilgan tahlil asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

ISSN 3030-3907

Birinchidan, eskalatorlardagi yo'lovchilar oqimi uch asosiy parametr — zichlik (ρ), tezlik (v) va intensivlik (Q) bilan ifodalanadi, ular orasidagi matematik bog'liqlik $Q = \rho \times v \times W$ formulasi orqali aniqlanadi. Eskalatorlarda kritik zichlik 2,5–3,0 kishi/m² oralig'ida bo'lib, undan oshganda xavfsizlik xavfi keskin ortadi.

Ikkinchidan, eskalatorlardagi xavfsizlik muammolari to'rt asosiy guruhga (yiqilish, tiqilinch, texnik nosozliklar, yo'lovchilar xatti-harakati) bo'linadi va ularning aksariyati sun'iy intellekt yordamida real vaqtda aniqlanishi va oldini olinishi mumkin.

Uchinchidan, an'anaviy nazorat tizimlari (mexanik sensorlar, xavfsizlik xodimlari) zamonaviy talablarga to'liq javob bermaydi. Sun'iy intellekt va kompyuter ko'rishi texnologiyalari asosidagi avtomatik vizual nazorat tizimlari baxtsiz hodisalar sonini 35–50% ga kamaytirish imkonini beradi.

Istiqbol yo'nalishi sifatida Toshkent metropoliteni bekatlari eskalatorlarida sun'iy intellekt asosidagi vizual nazorat va avtomatik boshqaruv tizimini ishlab chiqish hamda joriy etish bo'yicha keng qamrovli ilmiy tadqiqot olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning kelgusi bosqichlarida YOLO arxitekturasi asosidagi obyektni aniqlash modellari, ko'p obyektli kuzatish algoritmlari va Toshkent metropoliteni sharoitiga moslashtirilgan datasetni ishlab chiqishga e'tibor qaratiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Toshkent metropoliteni AJ. Yillik faoliyat hisoboti. — Toshkent: Toshkent metropoliteni, 2024. — 92 b. — URL: https://metro.tashkent.uz
2. International Association of Public Transport (UITP). Public Transport Safety Report. — Brussels: UITP Publishing, 2023. — 145 p.
3. Park J., Kim S., Lee H. AI-Powered Passenger Service Systems in Urban Metro: Implementation and Evaluation // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. — 2022. — Vol. 2676, No. 8. — P. 234–248.
4. Fruin J. J. Pedestrian Planning and Design. — New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971. — 206 p.
5. Helbing D., Molnár P. Social Force Model for Pedestrian Dynamics // Physical Review E. — 1995. — Vol. 51, No. 4. — P. 4282–4286.
6. Al-Sharif L. Escalator Human Factors: Passenger Behaviour, Accidents and Design // Lift Report. — 2006. — Vol. 32, No. 4. — P. 28–35.
7. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. — Cambridge: MIT Press, 2016. — 800 p.
8. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016. — P. 779–788.

ISSN 3030-3907

9. Wojke N., Bewley A., Paulus D. Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric // IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). — 2017. — P. 3645–3649.
10. Zhang Y., Sun P., Jiang Y., Yu D., Weng F., Yuan Z., Luo P., Liu W., Wang X. ByteTrack: Multi-Object Tracking by Associating Every Detection Box // European Conference on Computer Vision (ECCV). — 2022. — P. 1–21.
11. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risidagi farmoni // O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami. — 2020. — № 41. — URL: https://lex.uz
12. Snyder H. Literature Review as a Research Methodology: An Overview and Guidelines // Journal of Business Research. — 2019. — Vol. 104. — P. 333–339.
13. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). — 2017. — Vol. 30. — P. 5998–6008.

ISSN 3030-3907