

SHAHAR MAGISTRAL KO'CHALARIDA YO'L HARAKATI XAVFSIZLIGINI TA'MINLASH AMALIYOTI TAHLILI

Baynazarov Xayrullo Raximovich

t.f.f.d. (PhD), dotsent,

Andijon davlat texnika instituti

“Transport logistikasi” kafedrasi dotsenti

ORCID: 0000-0002-1219-9059

avtodorj2012@gmail.com

To‘raboyev Holmurod

Andijon davlat texnika instituti

“Transport logistikasi” kafedrasi katta o‘qituvchisi

Nosirov Abdunabi Rustamovich

Andijon davlat texnika instituti mustaqil tadqiqotchisi

Xalimjonov Elmurod

Andijon davlat texnika instituti tayanch doktoranti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot shahar magistral ko‘chalarida yo‘l harakati xavfsizligini ta‘minlash amaliyotini tahlil qilishga bag‘ishlangan bo‘lib, transport oqimlari va xavfli zonalarni aniqlash metodikasi GIS va ITS kabi raqamli texnologiyalar asosida o‘rganildi; natijada xavfli zonalarni aniqlash va real vaqtli monitoring tizimi ishlab chiqildi hamda yo‘l-transport hodisalarini kamaytirish, tirbandliklarni boshqarish va favqulodda xizmatlar faoliyatini optimallashtirishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar taklif etildi, bu esa shahar infratuzilmasini rejalashtirish va transport logistikasi sohasida qo‘llanish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: Yo‘l harakati xavfsizligi, magistral ko‘chalar, yo‘l transport hodisalari zonalari, GIS tahlil, real vaqtli monitoring, shahar infratuzilmasi, tirbandlik, tezlik, favqulodda xizmatlar.

Аннотация. В исследовании анализируется практика обеспечения безопасности дорожного движения на городских магистральных улицах. С использованием цифровых технологий (GIS, ITS) разработаны методики выявления опасных зон и проведения мониторинга в реальном времени. Полученные результаты позволяют предложить научно-практические рекомендации, направленные на снижение дорожно-транспортных

происшествий, управление транспортными потоками и повышение эффективности работы экстренных служб, что может быть применено при планировании городской инфраструктуры и транспортной логистики.

Ключевые слова. Безопасность дорожного движения, магистральные улицы, зоны дорожно-транспортных происшествий, анализ GIS, мониторинг в реальном времени, городская инфраструктура, пробки, скорость, экстренные службы.

Abstract. The study analyzes practices for ensuring road traffic safety on urban arterial streets. Using digital technologies (GIS, ITS), methodologies for identifying hazardous zones and conducting real-time monitoring were developed. The results provide scientific and practical recommendations aimed at reducing road traffic accidents, managing traffic flows, and improving the efficiency of emergency services, with potential applications in urban infrastructure planning and transport logistics.

Keywords. Road traffic safety, arterial streets, road traffic accident zones, GIS analysis, real-time monitoring, urban infrastructure, congestion, speed, emergency services.

Kirish. Shaharlarning magistral yo'llari zamonaviy shaharsozlik infratuzilmasining ajralmas qismi bo'lib, transport oqimini tartibga solish, iqtisodiy markazlar, turar-joy hududlari va ijtimoiy obyektlar o'rtasida uzluksiz aloqani ta'minlaydi. Urbanizatsiya jarayonining jadallashuvi, avtomobillar sonining ortishi va piyodalar harakatining ko'payishi transport tizimida tirbandlik, yo'l-transport hodisalari hamda ekologik muammolarni kuchaytirayotgan omillardir. Ayniqsa, magistral yo'llarda harakat zichligi yuqori bo'lganligi sababli xavfsizlik infratuzilmasining yetarli darajada rivojlanmaganligi YTHlar sonining ortishiga olib kelmoqda.

Shaharlashuv – aholi sonining ko'payishi, shahar hududlarining kengayishi va iqtisodiy faoliyatning markazlashuvi – transport tizimlariga sezilarli bosim o'tkazmoqda. Avtomobillar sonining ortishi magistral ko'chalarda tirbandlikni

kuchaytiradi, atrof-muhitga salbiy ta'sirni oshiradi va yo'l-transport hodisalari xavfini yuqoriroq darajaga ko'taradi. Ayniqsa, shahar markazlaridagi asosiy arteriyalar iqtisodiy, ijtimoiy va favqulodda xizmatlar uchun muhim ahamiyat kasb etadi, biroq bu hududlarda xavfsizlik infratuzilmasining etishmasligi muammolarni yanada keskinlashtiradi.

Transport xavfsizligi masalalari ko'p qirrali bo'lib, ular quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- YTHlar sonining ortishi: piyodalar, velosipedchilar va avtomobil haydovchilari o'rtasidagi to'qnashuvlar;
- favqulodda xizmatlar harakatining cheklanishi: tez tibbiy yordam va yong'inga qarshi xizmat transport vositalarining tirbandlikda harakatlanishi qiyinlashadi;
- svetofor va boshqaruv tizimlarining eskirishi: adaptiv boshqaruvning yo'qligi oqibatida harakat oqimi tartibsizlashadi;
- piyodalar xavfsizligi: ajratilmagan o'tish joylari, yoritilmagan chorrahalar va noto'g'ri joylashtirilgan yo'l belgilari.

Xalqaro tadqiqotlarga ko'ra, shaharlashuv darajasi yuqori bo'lgan hududlarda YTHlar soni va oqibatlarining og'irligi keskin ortmoqda [1, 2]. Shu munosabat bilan zamonaviy shaharlar transport xavfsizligini ta'minlashda GIS texnologiyalari, aqlli transport tizimlari (ITS) va agent asosli modellash kabi raqamli yondashuvlardan keng foydalanmoqda.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 1-sentyabrdagi PF-158-son Farmoni ("2030-yilgacha bo'lgan davrda transport sohasini rivojlantirish strategiyasi to'g'risida") mamlakat transport tizimini modernizatsiya qilish, xavfsizlikni oshirish va raqamli texnologiyalarni joriy etish bo'yicha kompleks yondashuvni belgilab berdi. Ushbu strategik hujjatda shahar magistral ko'chalarida yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash ustuvor yo'nalishlardan biri sifatida ta'kidlangan [3].

Material va metodlar

Tadqiqot kompleks yondashuv asosida amalga oshirildi. Yo'l harakati xavfsizligini ta'minlash amaliyoti statistik, huquqiy va muhandislik nuqtai nazaridan o'rganildi. Magistral ko'chalarda sodir bo'layotgan YTHlar soni, ularning sabablari va oqibatlari ko'p omilli tahlil usullari yordamida tahlil qilindi.

Metodologiya transport xavfsizligini ilmiy asosda baholash, ko'rsatkichlar tizimini ishlab chiqish va amaliy choralarni belgilashga qaratilgan. Zamonaviy statistik usullar, GIS texnologiyalari va xalqaro tajriba integratsiyasi tadqiqotning ilmiy yangiligini ta'minlaydi.

Tadqiqot natijalari. Shahar magistral ko'chalari yirik shaharlardagi asosiy transport arteriyalari bo'lib, yuqori harakat intensivligi, ko'p yo'nalishli oqim va strategik bog'lovchi funksiyaga ega. Magistral ko'chalar odatda shaharni tumanlararo, shaharlararo yoki xalqaro yo'llar bilan bog'lab, transport tizimining tayanch qismini tashkil etadi.

Shahar magistral ko'chalarida transport oqimini tahlil qilish va yo'l harakati xavfsizligini baholashda oqim–zichlik–tezlik o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi klassik nazariy modellarning ahamiyati katta. Bu modellarning har biri tirbandlik holatlarini modellashtirish, harakat samaradorligini baholash va xavfsizlik choralari rejallashtirishda nazariy asos vazifasini bajaradi.

Transport oqimi nazariyasida tezlik va zichlik o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalovchi bir qator klassik modellar mavjud bo'lib, ular yo'l o'tkazuvchanligini baholash, tirbandlik jarayonlarini bashorat qilish hamda transport siyosatini ilmiy asosda rejallashtirish uchun qo'llaniladi. Masalan, Greenshields modeli tezlik va zichlik o'rtasidagi chiziqli munosabatni ko'rsatadi. Underwood modeli esa eksponensial shakldagi munosabatni taqdim etadi. Ushbu modellar transport oqimining turli zichlik sharoitlarida qanday o'zgarishini tahlil qilish, optimal tezlik va oqim darajasini aniqlash hamda shahar infratuzilmasini samarali rejallashtirish borasida muhim metodologik vosita sifatida qo'llaniladi.

Greenshields modeli. Transport oqimi parametrlarini aniqlash va zichlikni baholash bo'yicha Greenshields tomonidan taklif etilgan model transport oqimi

parametrlarining birinchi empirik ifodalaridan biri bo‘lib, tezlik (v) va zichlik (k) o‘rtasidagi chiziqli bog‘liqlikni ko‘rsatadi [4].

O‘rtacha tezlik v va zichlik k o‘rtasidagi munosabatni quyidagicha ifodalanadi:

$$v = v_f - \frac{v_f}{k_j} \cdot k, \quad (1)$$

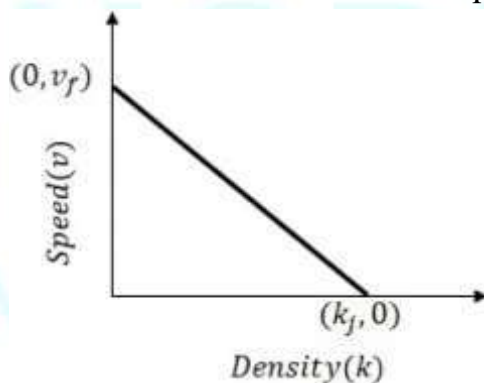
bu yerda: v - joriy harakat tezligi bo‘lib, u real vaqtdagi avtomobil tezligini bildiradi (km/soat);

v_f - erkin harakat tezligi (tirbandlik yo‘q holatda avtomobil erkin harakatlanadigan maksimal tezlik, km/soat);

k - joriy zichlik bo‘lib, yo‘lning har bir kilometrida nechta avtomobil harakatlanayotganini bildiradi (avtomobil/km);

k_j - maksimal zichlik (yo‘l to‘liq avtomobillar bilan to‘ldirilgan holatdagi zichlik).

Greenshields modeliga ko‘ra, zichlik ortgani sari tezlik pasayadi. Bu model magistral ko‘chalarda tirbandlikni oldindan baholashda qo‘llaniladi (1-rasm).



1-rasm. Tezlik va zichlik o‘rtasidagi bog‘liqlik.

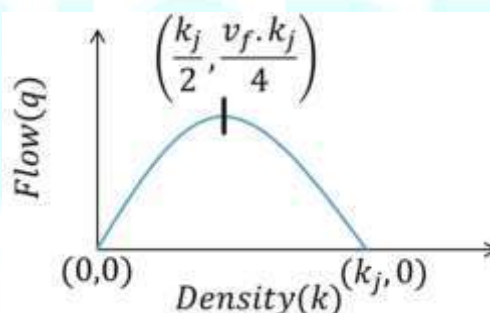
Oqim-zichlik munosabatlari. Oqim-zichlik munosabatlari transport oqimining uchta asosiy ko‘rsatkichi - tezlik (v), zichlik (k) va oqim intensivligi (q) o‘rtasidagi bog‘liqlikni ifodalaydi. Bu munosabatlar yo‘l harakati tirbandligini tahlil qilish va transport siyosatini rejalashtirishda muhim ahamiyatga ega.

Oqim-zichlik munosabatlari egri chizig‘i transport oqimining turlicha zichlik sharoitida qanday o‘zgarishini ilmiy asosda aks ettiradi. Ushbu model yo‘l harakati jarayonida transport vositalari soni, ularning tezligi va oqim intensivligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni ko‘rsatib, tirbandlikning yuzaga kelish mexanizmini tushuntiradi. Egri chiziqning boshlanishida past zichlik sharoitida oqim tezligi yuqori bo‘lsa, o‘rta zichlikda oqim intensivligi maksimal darajaga yetadi, yuqori zichlikda esa tezlik

keskin pasayib, oqim kamayadi. Shu tariqa oqim-zichlik munosabatlari transport tizimining samaradorligini baholash, tirbandlikni prognozlash va shahar infratuzilmasini rejalashtirishda muhim ilmiy vosita sifatida qo'llaniladi.

$$q = v_f \cdot k - \frac{v_f}{k_j} \cdot k^2, \quad (2)$$

Past zichlik sharoitida transport oqimi zichlik ortishi bilan ko'payadi, biroq ma'lum chegaraga yetgach pasayishni boshlaydi va zichlik kritik nuqtaga chiqqanda keskin kamayib, tirbandlik yuzaga kelishini ifodalaydi. 5-rasmda ushbu munosabat grafik ko'rinishda tasvirlangan bo'lib, egri chiziq yo'l sig'imini baholash, transport oqimining optimal darajasini aniqlash hamda turli zichlik sharoitlarida maksimal barqaror oqimni belgilash imkonini beradi. Mazkur model transport tizimining samaradorligini baholash, tirbandlikni prognozlash va shahar infratuzilmasini ilmiy asosda rejalashtirishda muhim metodologik vosita sifatida qo'llaniladi



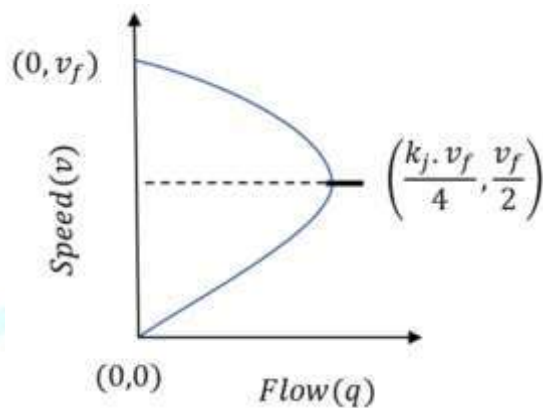
2-rasm. Oqim va zichlik o'rtasidagi bog'liqlik

Tezlik va oqim munosabatlari. Transport oqimida tezlik (v) va oqim intensivligi (q) o'zaro bog'liq bo'lib, ular yo'l harakati samaradorligini baholashda muhim ko'rsatkichlar hisoblanadi. Bu munosabatni (1) va (2) tenglamalardan kelib chiqib quyidagicha ifodalanishi mumkin:

$$q = k_j \cdot v - \frac{k_j}{v_f} \cdot v^2, \quad (3)$$

Tezlik–oqim munosabati egri chizig'i transport hajmi ortishi jarayonida tezlikning pasayishini ilmiy asosda aks ettiradi. Ushbu jarayon tirbandlikning shakllanishi, transport vositalarining o'zaro ta'siri va yo'l sig'imi kabi omillar bilan bevosita bog'liqdir. Grafik ko'rinishda (3-rasm) bu munosabat transport tizimining samaradorligini baholash, yo'l o'tkazuvchanligini aniqlash hamda turli sharoitlarda optimal tezlik va oqim darajasini belgilash imkonini beradi. Mazkur model shahar

infratuzilmasini rejalashtirish, tirbandlikni prognozlash va transport siyosatini takomillashtirishda muhim metodologik vosita sifatida qo'llaniladi.



3-rasm. Tezlik va oqim o'rtasidagi bog'liqlik

Underwood modeli. Underwood modeli transport oqimi nazariyasidagi makroskopik modellaridan biri bo'lib, transport vositalari tezligi zichlik oshishi bilan eksponensial ravishda kamayishini taxmin qiladi. Bu model Greenshields va Greenberg modellariga alternativ hisoblanadi [5].

Underwood modelining asosiy jihati shundan iboratki, u tezlik (v) va zichlik (k) o'rtasidagi eksponensial bog'liqlikni ifodalaydi. Modelning asosiy tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$v = v_f e^{-k/k_m}$$

bu yerda: v_f - erkin oqim tezligi (ya'ni, tirbandlik yo'qligidagi maksimal tezlik);

k – zichlik;

k_m - maksimal oqim tezligi ostidagi zichlik (sig'imga erishilganda).

Underwood modeli transport oqimi nazariyasida yo'l harakatini tahlil qilish, prognozlash va trafik boshqaruv tizimlarini optimallashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Biroq ayrim mutaxassislar yuqori zichlik sharoitida tezlikni to'liq aniqlikda prognozlay olmasligi sababli, modeldan foydalanishda ehtiyotkorlikni tavsiya etadilar. Shunga qaramay, ushbu yondashuv tirbandlik holatlarini yanada realistik tarzda modellashtirish imkonini beradi, ayniqsa zichlik keskin ortadigan shahar markazlarida. Model, shuningdek, svetoforlar va adaptiv boshqaruv tizimlari

samaradorligini baholashda qo'llanilib, transport infratuzilmasini ilmiy asosda takomillashtirishga xizmat qiladi. [1,7]

Daganzo modeli. 1997-yilda transport oqimi nazariyasi bo'yicha taniqli olim Karlos Daganzo tomonidan taklif qilingan model an'anaviy fundamental diagrammalarga (masalan, Greenshields modeliga) muhim alternativ bo'lib, shok to'liqlar va tirbandlik kabi murakkab hodisalarni tahlil qilish imkonini beradi. Daganzo makroskopik fundamental diagrammasining eng muhim jihatlaridan biri uning uchburchak shaklida ifodalanishidir [6].

Zhang va Wang tomonidan olib borilgan tadqiqot [9] aqlli transport tizimlari (ITS) tuzilmasi va boshqaruv algoritmlarini texnologik hamda funksional jihatdan tizimli tahlil qilishga qaratilgan bo'lib, shahar transportini optimallashtirish va yo'l harakati xavfsizligini oshirishga xizmat qiluvchi ilmiy asoslangan yondashuvlarni yoritgan.

Endashaw et al. tomonidan olib borilgan tizimli tahlilda GIS texnologiyalari asosida yo'l-transport hodisalarini tahlil qilish va xavfsizlikni baholash bo'yicha 75 ta retsenziyalangan manbaga tayangan holda kompleks va ilmiy yondashuv taklif etilgan [11].

Ma et al. tomonidan olib borilgan tadqiqot shaharlardagi yo'l-transport hodisalarining fazoviy va vaqtli (kun, hafta, mavsum) tarqalish xususiyatlarini GIS texnologiyalari orqali tahlil qilishga qaratilgan bo'lib, xavfli joylarni aniqlash, xavfsizlikni oshirish va transport siyosatini shakllantirishda samarali metodlarni taklif etgan [12].

Droj et al. tomonidan olib borilgan tadqiqot transport infratuzilmasini rekonstruksiya qilish ishlari va COVID-19 pandemiyasi sharoitida shahar transport oqimiga ta'sirni baholashda GIS texnologiyalarining amaliy qo'llanilishini ochib bergan [13].

Sayed et al. tomonidan olib borilgan tadqiqot [14] transport oqimini bashorat qilishda sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarining qo'llanilishiga bag'ishlangan bo'lib, intellektual transport tizimlarini rivojlantirishda muhim nazariy va amaliy

asos yaratadi. Mualliflar IoT va ITS orqali jamlangan ma'lumotlar asosida LSTM (Long Short-Term Memory), CNN (Convolutional Neural Network) va GAN (Generative Adversarial Network) kabi neyron tarmoqlarni qo'llash orqali bashorat aniqligini oshirishga erishish mumkinligini ko'rsatadilar [15].

Shuningdek, Zrigui et al. adaptiv svetofor boshqaruvi va tarqatilgan aloqa orqali harakatni optimallashtirish strategiyasini ishlab chiqqan [16]. Tadqiqot shahar transport tizimini intellektual boshqarishga qaratilgan bo'lib, adaptiv svetofor boshqaruvi va tarqatilgan aloqa (distributed communication) orqali harakat oqimini optimallashtirishni ta'minlaydi.

Sohaib et al BIM (Building Information Modeling) va GIS integratsiyasi orqali shahar yo'l xavfsizligini baholash uchun mikrosimulyatsiya asosidagi modelni taklif qilgan [17]. Ishlab chiqilgan tadqiqot BIM va GIS integratsiyasi orqali shahar yo'l infratuzilmasini tahlil qilish va xavfsizlikni baholashda mikrosimulyatsiya usulini samarali qo'llashga qaratilgan bo'lib, zamonaviy transport muammolarini - jumladan tirbandlik, ifloslanish va yo'l-transport hodisalarini - kamaytirishga xizmat qiluvchi kompleks modelni taklif etadi.

Musa et al. tomonidan olib borilgan tadqiqot [18] IoT va intellektual transport tizimlari (ITS) texnologiyalarini integratsiyalash orqali barqaror shahar harakatini tashkil etishga qaratilgan bo'lib, transport tizimlarini ekologik, samarali va xavfsiz boshqarish uchun innovatsion yechimlarni taklif etadi.

Gonzalez-Cuevas et al. tomonidan olib borilgan tadqiqot [19] imtiyozga ega transport vositalarining (tez yordam, o't o'chirish, FVV) harakatini optimallashtirishga qaratilgan bo'lib, agent-based modellar va GIS texnologiyalari orqali shahar muhitida ularning samarali va ustuvor harakatini ta'minlash strategiyalarini ishlab chiqadi GIS ma'lumotlari asosida shahar yo'l tarmog'i, chorrahalar va to'siqlar modelga kiritilib, turli ssenariylar - tirbandlik, avariya, rekonstruksiya sharoitida imtiyozga ega transport vositalarining harakat samaradorligi baholanadi.

Echo Analytics [20] da GIS texnologiyalarining shahar transport tizimini samarali boshqarishdagi roli keng yoritilgan bo‘lib, real-time tahlil, bashoratlash va xavfli uchastkalarni aniqlashdagi afzalliklari alohida ta’kidlangan.

Vohidov D.A. (2023) tomonidan olib borilgan tadqiqot [21] da shaharda transport oqimini boshqarishning nazariy asoslari ishlab chiqilgan bo‘lib, unda yo‘l tarmog‘ining o‘tkazuvchanligini oshirish, tirbandlikni kamaytirish va harakat xavfsizligini ta’minlashga qaratilgan takliflar ilgari surilgan. GIS va statistik tahlil usullari orqali transport oqimi samaradorligi baholangan. K.Sh. Matrasulov va D.F. Yo‘ldoshevlarning ishi [22] da jamoat transporti infratuzilmasiga ta’sir etuvchi omillar SWOT tahlil asosida o‘rganilgan. Tadqiqotda texnik, ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni hisobga olgan holda infratuzilma rivoji uchun strategik yondashuvlar taklif etilgan. A. Sultonov va B. Karimovlarning ishi [23] da IoT texnologiyalarini transport infratuzilmasiga integratsiyalash orqali real vaqtli monitoring, avariya holatlarini oldindan aniqlash va harakat xavfsizligini oshirishga qaratilgan model ishlab chiqilgan. Tadqiqotda mahalliy sharoitga moslashtirilgan raqamli yechimlar taklif etilgan.

Xulosa.

Mazkur tadqiqot shahar magistral ko‘chalarida yo‘l harakati xavfsizligini ta’minlash amaliyotini kompleks yondashuv asosida tahlil qilishga qaratildi. Shaharlashuv jarayoni, transport vositalari sonining ortishi va piyodalar harakatining ko‘payishi natijasida tirbandlik, yo‘l-transport hodisalari va ekologik yuklamalar sezilarli darajada oshib borayotgani aniqlangan. Tadqiqotda statistik ma’lumotlar, huquqiy me’yorlar va muhandislik yondashuvlari asosida xavfli zonalarni aniqlash metodikasi ishlab chiqish hamda GIS texnologiyalari, aqlli transport tizimlari va raqamli modellashtirish vositalaridan foydalanish samaradorligi ko‘rsatildi.

Adabiyotlar

1. World Health Organization. (2018). Global status report on road safety. Geneva: WHO.

2. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2020). World cities report 2020: The value of sustainable urbanization. Nairobi: UN-Habitat. ISBN 978-92-1-132872-0
3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. (2023, September 11). “O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida” PF–158-son. Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining rasmiy hujjatlari. Retrieved from <https://lex.uz>
4. Greenshields, B. D. (1935). A study of traffic capacity. Highway Research Board Proceedings, 14, 448–477. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10643053>
5. Underwood, R. T. (1961). Speed, volume, and density relationships. New Haven: Yale Bureau of Highway Traffic.
6. Daganzo, C. F. (1997). Fundamentals of transportation and traffic operations. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
7. Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). The handbook of road safety measures (2nd ed.). Bingley: Emerald Group Publishing Limited. ISBN 978-1-84720-726-2
8. Papageorgiou, M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos, A., & Wang, Y. (2003). Review of road traffic control strategies. Proceedings of the IEEE, 91(12), 2043–2067. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2003.819610>
9. Zhang, Y., & Wang, Y. (2016). Intelligent transportation systems: Architecture, control strategies, and algorithms. Journal of Advanced Transportation, 50(5), 879–902. <https://doi.org/10.1002/atr.1384>
10. Masoud, M., Zhang, Q., & Liu, S. Q. (2022). A traffic congestion analysis by user equilibrium and system optimum with incomplete information. Journal of Combinatorial Optimization, 43(5), 1391–1404. <https://doi.org/10.1007/s10878-021-00755-7>
11. Endashaw, D. K., Habtegiorgis, K. A., Al-Ramadan, B. M., Al-Ahmadi, H. M., & Deressa, B. F. (2025). A systematic review on GIS-based road traffic accidents analysis and road safety audit. Computational Urban Science, 5(1), Article 221. <https://doi.org/10.1007/s43762-025-00221-w>
12. Ma, Q., Huang, G., & Tang, X. (2021). GIS-based analysis of spatial–temporal correlations of urban traffic accidents. European Transport Research Review, 13, Article 50. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00509-y>
13. Droj, G., Droj, L., Badea, A.-C., & Dragomir, P. I. (2023). GIS-based urban traffic assessment in a historical European city under the influence of infrastructure works and COVID-19. Applied Sciences, 13(3), Article 1355. <https://doi.org/10.3390/app13031355>

14. Sayed, A. S., Abdel-Hamid, Y., & Hefny, H. A. (2023). Artificial intelligence-based traffic flow prediction: A comprehensive review. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 10, Article 13. <https://doi.org/10.1186/s43067-023-00081-6>
15. Hussain, K. (2025). Smart traffic management in urban transportation: AI innovations for infrastructure optimization and mobility efficiency.
16. Zrigui, I., Khoulji, S., & Kerkeb, M. L. (2025). Integrated strategy for urban traffic optimization: Prediction, adaptive signal control, and distributed communication via messaging. *arXiv preprint. arXiv:2501.02008*
17. Sohaib, M., Najeeb, A., Umair, M., Khan, M. A., Zubair, M. U., Jehan, Z., & Khattak, A. (2024). Improving urban road infrastructure analysis and design using an integrated BIM-GIS and traffic microsimulation framework. *Innovative Infrastructure Solutions*, 9, Article 285. <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01609-z>
18. Musa, A. A., Malami, S. I., Alanazi, F., Ounaies, W., Alshammari, M., & Haruna, S. I. (2024). Sustainable traffic management for smart cities using Internet-of-Things-oriented intelligent transportation systems (ITS): Challenges and recommendations. *Sustainability*, 15(13), Article 9859. <https://doi.org/10.3390/su15139859>
19. Gonzalez-Cuevas, A., Wong, A., & Suppi, R. (2024). Agent-based modeling of urban traffic scenarios for improved priority vehicle mobility. In *Proceedings of SIMUL 2024: The Sixteenth International Conference on Advances in System Simulation* (pp. 80–86).
20. Echo Analytics. (2025). How GIS improves urban traffic flow and safety. *Echo Analytics Blog*. Retrieved from <https://www.echo-analytics.com/blog/how-gis-improves-urban-traffic-flow>
21. Vohidov, D. A. (2023). Shaharda transport oqimini boshqarish asoslari. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, (5), 1033–1040.
22. Matrasulov, K. Sh., & Yo‘ldoshev, D. F. (2025). Shahar jamoat transporti infratuzulmasiga ta’sir etuvchi omillarning nazariy asoslari. *Mekhanika i tekhnologiya*, (1).
23. Sultonov, A., & Karimov, B. (2024). Transport infratuzilmasini raqamlashtirish va xavfsizlikni oshirishda IoT texnologiyalarining roli. *O‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy axborotnomasi*, (2), 45–52.
24. Xamidov, Sh., & Tursunova, M. (2025). QGIS asosida transport xavfsizligini fazoviy tahlil qilish metodikasi. *Andijon muhandislik-iqtisodiyot instituti ilmiy to‘plami*, (3), 67–74.