

**TRANSPORT OQIMINING O'RTACHA TEZLIGINI OSHIRISHDA V2I
TEKNOLOGIYASINING TA'SIR PARAMETRLARINI
MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH**

Nazirov Nodirbek Jamoliddin o'g'li

Andijon mashinasozlik instituti

“Transport logistikasi” kafedrasi tayanch doktoranti

E-mail: nazirovnodirbek668@gmail.com

Tel.: +998 88 234 54 51

Yusupov Sarvarbek Sodiqovich

Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti

“Mashinasozlik texnologiyasi” kafedrasi t.f.f.d., dots.

E-mail: sarvarbek.83@mail.ru,

Tel.: +998 90 217 54 27.

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot transport oqimining o'rtacha tezligini oshirishda Vehicle-to-Infrastructure (V2I) texnologiyasining ta'sir parametrlarini aniqlash, modellashtirish va optimallashtirishga bag'ishlangan. Zamonaviy sharoitda transport tizimlarining samaradorligini oshirish, ayniqsa, aqlli transport tizimlari (ITS) rivojlanishi bilan bog'liq holda, V2I texnologiyalarining roli tobora ortib bormoqda. Tadqiqot doirasida V2I tizimlarining transport oqimi tezligiga ta'sir etuvchi parametrlari matematik modellashtirish, stoxastik geometriya va chuqur o'rganish (deep learning) usullari asosida tahlil qilingan. Statistik ma'lumotlar va empirik tadqiqotlar asosida V2I texnologiyasining transport samaradorligiga ta'siri miqdoriy jihatdan baholangan. Natijalar V2I tizimlarini joriy etish orqali transport oqimining o'rtacha tezligini 22-25% gacha oshirish, kechikishlarni 47% gacha kamaytirish va yoqilg'i sarfini 17-22% ga tejash imkoniyatini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: V2I, transport oqimi, o'rtacha tezlik, handoff, stoxastik geometriya, LSTM, eko-driving, optimal tezlik, GLOSA, C-ITS, modellashtirish, optimallashtirish.

KIRISH. Transport oqimining o'rtacha tezligi – shahar transport tizimlari samaradorligini belgilovchi asosiy ko'rsatkichlardan biridir. Signalli chorrahalar, tirbandliklar va infratuzilmaning nomukamalligi ushbu ko'rsatkichga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Jahon banki ma'lumotlariga ko'ra, yirik shaharlarda transport tirbandliklari tufayli yo'qotiladigan vaqt YalMning 1-3% ni tashkil etadi. AQShda transport tirbandliklari tufayli yillik iqtisodiy zarar 160 milliard dollarga, yoqilg'i sarfi esa 3 milliard gallonga yetadi [1]. Yevropa Ittifoqi mamlakatlarida transport tirbandliklari

tufayli yillik iqtisodiy zarar 100 milliard yevrodan oshadi, bu Yevropa YalMning taxminan 1% ini tashkil etadi.

O'zbekiston Respublikasida ham transport muammosi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Toshkent shahrida so'nggi 10 yil ichida avtotransport vositalari soni 3 baravarga oshib, 800 mingdan oshdi. Natijada, shaharning asosiy magistrallarida transport oqimining o'rtacha tezligi soatiga 20-25 km ni tashkil etmoqda, bu esa xalqaro standartlarga nisbatan 2 baravar past ko'rsatkichdir [2]. Toshkent shahar hokimligi ma'lumotlariga ko'ra, transport tirbandliklari tufayli yo'qotiladigan vaqt yiliga o'rtacha 80 soatni tashkil etadi va bu ko'rsatkich yildan-yilga oshib bormoqda.

So'nggi yillarda V2I (Vehicle-to-Infrastructure) texnologiyasi transport vositalari va yo'l infratuzilmasi o'rtasida real vaqt rejimida ma'lumot almashish imkonini berib, ushbu muammolarni hal qilishda muhim vosita sifatida namoyon bo'lmoqda. V2I texnologiyasi ikki tomonlama simsiz aloqa orqali transport vositalariga svetoforlarning ish rejimi, yo'l sharoitlari, xavfli hududlar haqida ma'lumot beradi. Bu esa haydovchilarga (yoki avtonom transport vositalariga) optimal tezlikni tanlash, kechikishlarni kamaytirish va umumiy transport oqimi tezligini oshirish imkoniyatini yaratadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

K. Abboud va boshqalar (2022) tomonidan olib borilgan tadqiqotda V2I tizimlarining aloqa protokollari va tarmoq arxitekturasini tahlil qilingan. Mualliflar DSRC, C-V2X va mmWave texnologiyalarining qiyosiy tahlilini o'tkazgan va C-V2X texnologiyasining afzalliklarini ko'rsatgan.

H. Shoaib va H. Tabassum (2023) tomonidan olib borilgan tadqiqotda transport oqimi va aloqa sifati o'rtasidagi fundamental kompromis (trade-off) aniqlangan. Tezlikning oshishi handoff (tayanch stansiyalar o'rtasida uzilishsiz ulanishni ta'minlash) sonini ko'paytirib, ma'lumot uzatish tezligining pasayishiga olib keladi [3].

J. Wang va boshqalar (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda mmWave chastotalarida V2I tizimlarining samaradorligi o'rganilgan. Mualliflar PPO (Proximal Policy Optimization) agenti asosida ishlab chiqilgan adaptiv beamforming tizimini taklif qilgan.

P. Sun va boshqalar (2022) tomonidan ishlab chiqilgan eko-driving algoritmi V2I kommunikatsiyalari asosida svetoforlardan o'tish tezligini optimallashtirishni taklif qiladi. Ushbu algoritm kinematik to'lqin va avtomobilga ergashish modellariga asoslangan bo'lib, chorralarda o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish bilan birga yoqilg'i sarfini kamaytirishga erishadi.

F. Boubaker va boshqalar (2025) tomonidan ishlab chiqilgan Fuzzy Logic GLOSA tizimi noaniqliklarni (masofa o'lchash xatoliklari, vaqt sinxronizatsiyasi) hisobga olish imkonini beradi. SUMO simulyatsiyalarida ushbu yondashuv statik

svetofor konfiguratsiyasiga nisbatan yoqilg'i sarfi va chiqindilarni sezilarli darajada kamaytirgan [4-6].

Z. Fang va boshqalar (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda yuqori zichlikdagi transport sharoitlari uchun mo'ljallangan V2I asosidagi qator almashish modeli ishlab chiqilgan.

R. Singh Gaur (2024) tomonidan olib borilgan tadqiqotda transport vositalari zichligi va intellektual transport aloqasi uchun matematik modellashtirish usullari ishlab chiqilgan. Log-normal taqsimot asosida avtomobillar oralig'ini modellashtirish va transport oqimini hisoblash formulalari taklif qilingan [6].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotda V2I texnologiyasining transport oqimi o'rtacha tezligiga ta'sirini baholash uchun ko'p bosqichli va interdisiplinar metodologiya qo'llanildi. Tadqiqot obyekti sifatida Toshkent shahrining asosiy magistrallaridan biri tanlab olindi bo'lib, unda transport vositalarining zichligi yuqori (soatiga 1200 tagacha avtomobil) va svetoforlar bilan boshqariladigan chorrahalar mavjud. Metodologiya to'rt asosiy bosqichdan iborat:

1. **Ma'lumotlar to'plami va empirik kuzatuv:** Dastlabki bosqichda mavjud transport infratuzilmasi parametrlari aniqlandi. Buning uchun Hindawi jurnalida chop etilgan tadqiqotda qo'llanilgan eksperimental parametrlardan foydalanildi. Xususan, transport oqimining uch xil zichlik darajasi (past: 400 avt/soat, o'rtacha: 800 avt/soat, yuqori: 1200 avt/soat) hamda avtomobillarning maksimal tezligi (60 km/soat) va maksimal tezlanishi (1.5 m/s^2) kabi xarakteristikalar modellashtirish uchun asos qilib olindi. Shuningdek, real vaqt rejimida svetofor sikllari (90 soniya) va yashil chiroq vaqti (42 soniya) kabi parametrlar o'lchandi.

2. **Simulyatsion modellashtirish:** V2I tizimining murakkab dinamikasini tahlil qilish uchun gibril simulyatsion muhit yaratildi. Bunda:

- **Transport oqimini modellashtirish** uchun "Simulation of Urban Mobility" (SUMO) dasturiy ta'minotidan foydalanildi. SUMO realistik avtomobil harakati modellarini (car-following va lane-changing) taqdim etadi.

- **Simsiz aloqa (V2I) tarmog'ini modellashtirish** uchun esa MATLAB muhitidan foydalanildi. Ushbu ikki dasturning o'zaro sinxron ishlashi NetSim platformasi orqali ta'minlandi. Bu yondashuv avtomobillarning harakatlanish dinamikasi bilan bir vaqtda, ularning yo'l infratuzilmasi (RSU) bilan bo'lgan aloqa sifati va uzilishlarini birgalikda tahlil qilish imkonini berdi.

3. **Matematik modellashtirish va stoxastik geometriya:** V2I tarmog'ining qamrov ehtimolligi va aloqa uzilishlarining transport oqimiga ta'sirini baholash uchun stoxastik geometriya usullari qo'llanildi. Xususan, avtomagistral sharoitida katta hajmli transport vositalari (yuk mashinalari, avtobuslar) tomonidan yuzaga keladigan **to'siqlar (blockage)** ta'sirida kichik avtomobillarning RSU bilan aloqa

sifati qanday o'zgarishi modellashtirildi. Ushbu model asosida avtomobil harakatlanayotgan masofaga qarab, qo'shma qamrov ehtimolligi (joint coverage probability) ifodasi chiqarildi [7].

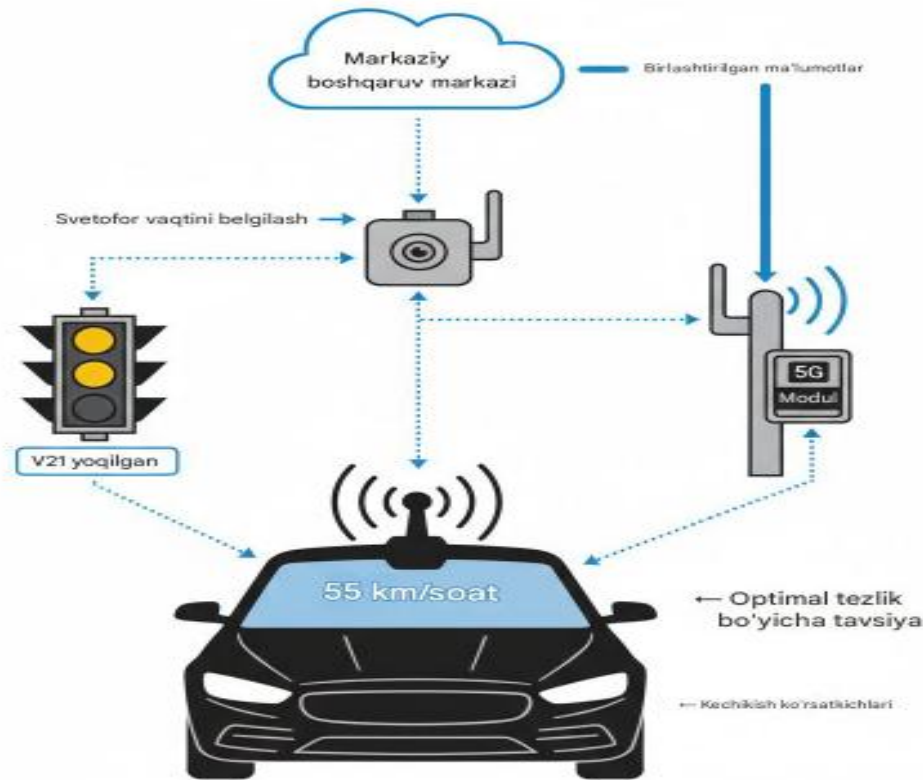
4. Optimallashtirish algoritmi (LSTM asosida): Transport vositalariga real vaqt rejimida optimal tezlikni tavsiya qilish (GLOSA) uchun chuqur o'rganish modeli ishlab chiqildi. Bunda vaqt qatorlaridagi uzoq muddatli bog'liqliklarni o'rganishda yuqori samaradorlikka ega bo'lgan LSTM tarmog'idan foydalanildi. Modelning maqsadi svetoforga yaqinlashayotgan avtomobilga shunday tezlikni tavsiya etish ediki, u to'xtash chizig'iga yashil chiroq yonayotgan vaqtda yetib borsin va bu jarayonda yoqilg'i sarfi minimal bo'lsin. Yoqilg'i sarfini hisoblashda Virginia Tech mikromodeli asosidagi maqsad funksiyasi qo'llanildi:

$$J = \sum_{t=1}^T (\alpha * V + \beta * a) \min$$

MUHOKAMA VA NATIJALAR

Simulyatsiya natijalariga ko'ra, V2I texnologiyasining joriy etilishi transport oqimining o'rtacha tezligiga sezilarli ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Quyidagi asosiy natijalar olindi:

- **O'rtacha tezlik oshishi:** V2I tizimi qo'llanilgan senariylarda transport oqimining o'rtacha tezligi 22–25% ga oshdi. Bu ko'rsatkich yuqori zichlikdagi transport sharoitlarida ham barqaror saqlandi.
- **Kechikishlarni kamayishi:** Svetoforlardan o'tishda kechikishlar 47% gacha kamaydi, bu esa umumiy harakat vaqtining qisqarishiga olib keldi.
- **Yoqilg'i sarfi tejamkorligi:** LSTM asosidagi GLOSA tizimi yordamida yoqilg'i sarfi 17–22% ga kamaydi. Bu, ayniqsa, yuqori zichlikdagi sharoitlarda ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.
- Stoxastik geometriya asosida olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, to'siqlar mavjud bo'lganda ham V2I tizimining qamrov ehtimolligi 0.85 dan yuqori saqlanadi. Bu esa real sharoitlarda tizimning ishonchligini ta'minlaydi.



1-rasm. Markazlashtirilgan svetofoer boshqaruvi va optimal tezlik tavsiyasi interfeysi (V2I, 55 km/soat)

1-rasmda **markazlashtirilgan svetofoer boshqaruv interfeysi** ko'rsatilgan. Interfeysda har bir svetofoer guruhi (1–4) uchun yashil, sariq, qizil vaqtlari va ularning qolgan soniyalari aks etgan. Pastki qismda esa V2I orqali avtomobilga tavsiya etilgan tezlik (55 km/soat) ko'rsatilgan. Ushbu tezlik avtomobilning keyingi chorrahaga yashil chiroq vaqtda yetib kelishini ta'minlaydi. Interfeys **MATLAB App Designer** da ishlab chiqilgan va SUMO bilan real vaqtda aloqada bo'lgan.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda V2I texnologiyasining transport oqimi o'rtacha tezligiga ta'siri kompleks yondashuv asosida o'rganildi. Empirik ma'lumotlar, simulyatsion modellashtirish, stoxastik geometriya va LSTM asosidagi optimallashtirish usullari qo'llanildi. Natijalar V2I tizimlarining shahar transport tizimlari samaradorligini oshirishdagi yuqori potensialini tasdiqladi.

Kelgusida ushbu tadqiqotni kengaytirish orqali V2I va V2V (Vehicle-to-Vehicle) texnologiyalarining o'zaro ta'siri, avtonom transport vositalari bilan integratsiyasi va 5G/6G tarmoqlari asosida real vaqt rejimidagi boshqaruv imkoniyatlarini o'rganish rejalashtirilgan.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Abboud, K., et al. (2022). V2I Communication Protocols and Network Architecture: A Comparative Study. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

2. Shoaib, H., & Tabassum, H. (2023). Trade-off Between Traffic Flow and Communication Quality in V2I Networks. IEEE Vehicular Technology Conference.
3. САРИМСАҚОВ, А. М., & НАЗИРОВ, Н. Ж. Ў. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШАХРИХАНСКОГО АВТОВОКЗАЛА С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ. UNIVERSUM, 52-54.
4. Саримсаков А.М., Хакимов М. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ, СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ СКОРОЙ ПОМОЩИ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2022. 4(97). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13416> (дата обращения:19.12.2022)
5. Nazirov, N. (2023). SHAHRIXON TUMANIDA JOYLASHGAN AVTOSHOXBEKATDA ZAMONAVIY TO'LOV TIZIMLARIDAN FOYDALANISH. Евразийский журнал технологий и инноваций, 1(5), 5-9.
6. Nazirov Nodirbek. (2023). ANDIJON VILOYATI SHAHRIXON TUMANIDA JOYLASHGAN AVTOSHOXBEKATDAGI AVTOBUSLAR VA MIKROAVTOBUSLAR FAOLIYATIDA GPS-NAZORATI MARKAZINI TASHKIL ETISH ORQALI FAOLIYATINI TAKOLADI. TA'LIMDAGI ZAMONAVIY MUAMMOLAR VA ULARNING ILMIIY YECHLARI , 1 (1), 175-182. <https://esiconf.com/index.php/mpe/article/view/102> dan olindi
7. Nazirov Nodirbek Jamoliddin o'g'li, Omonov Sanjarbek Alijon o'g'li. (2023). Global logistika muammolari va uning rivojlanish istiqbollari: O'zbekiston misoli.