

**TRANSPORT OQIMIDAGI YO‘L-TRANSPORT HODISALARINI
KAMAYTIRISHDA V2X (VEHICLE-TO-EVERYTHING)NING ROLI****Xakimov Mavlonbek Solijon o‘g‘li**

Andijon davlat texnika instituti, PhD doktoranti

e-mail: mavlonbekxakimov2897@gmail.com

Tel.: +998 95 060 28 97

Yusupov Sarvarbek Sodiqovich

Toshkent Kimyo xalqaro universiteti, PhD., dotsenti

e-mail: sarvarbek.83@mail.ru

Tel.: +998 90 217 54 27

Annotatsiya. Mazkur tezisda avtonom transport vositalarining (AV) yo‘l harakati xavfsizligi va transport tizimi samaradorligini oshirishdagi o‘rni hamda Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) texnologiyasining imkoniyatlari tahlil qilinadi. Sun‘iy intellekt, mashina ko‘rish tizimlari va ilg‘or sensorlarga asoslangan avtonom transport vositalarining umumiy transport tizimiga integratsiyalashuvi transport oqimini optimallashtirish, inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytirish va yo‘l-transport hodisalarini oldini olish imkonini beradi. Xitoy tajribasi asosida C-V2X texnologiyasining real transport tizimlariga keng joriy etilishi yo‘l-transport hodisalarining 80 % gacha qismini kamaytirishi mumkinligi ko‘rsatib berilgan.

Kalit so‘zlar: Avtonom transport vositalari (AV), Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X); V2V, V2I, V2P aloqalari, Sun‘iy intellekt, DSRC, LoRa, SPAT (Signal Phase and Timing).

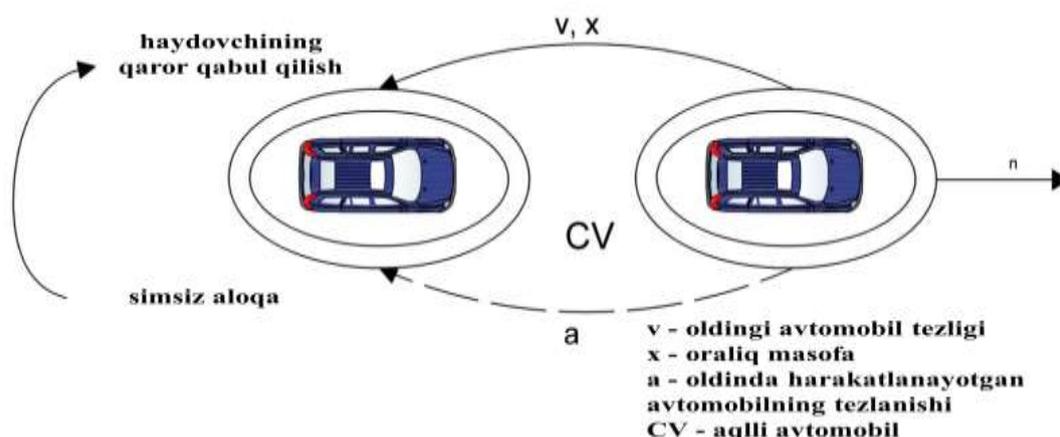
KIRISH. Avtonom transport – bu yo‘l harakati xavfsizligini oshirish va yo‘l-transport hodisalarini kamaytirishda katta salohiyatga ega innovatsion texnologiyadir. Sun‘iy intellekt, mashina ko‘rish tizimlari va turli xil sensorlardan foydalanishni o‘z ichiga olgan bunday transport vositalarining umumiy transport tizimiga integratsiyalashuvi yo‘l harakati oqimini boshqarishda yangi imkoniyatlarni ochib bermoqda. Ushbu texnologiyalarning qo‘llanishi inson omili ta‘sirini ya‘ni avtohalokatlarning asosiy sabablaridan birini kamaytirib, yo‘l xavfsizligini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi [1].

Tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, yo‘llarda avtonom transport vositalari (AV) ulushi oshishi bilan yo‘l-transport ziddiyatlari keskin kamayadi. Masalan, ulanish imkoniyatiga ega va avtonom transport vositalarining (CAV) 18,9 % dan 94,1 % gacha bo‘lgan kirib kelish darajasi yo‘l ziddiyatlari sonining bosqichma-bosqich kamayishiga olib kelgan [2]. Bundan tashqari, AVlarning transport oqimiga qo‘shilishi transport kechikishlarini 26 % dan 74,2 % gacha qisqartiradi, bu ularning umumiy transport tarmog‘idagi ulushiga bog‘liqdir [3].

Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) texnologiyasining yo‘l xavfsizligi va transport



samaradorligini oshirishdagi roli bugungi kunda dolzarb masala hisoblanadi. Masalan, kanal holati ma’lumotlarining nomukammalligi sharoitida C-V2X barqarorligini tahlil qilish uchun keng tan olingan nazariy-metodologik asos ko‘rsatadiki, adaptiv quvvat boshqaruvi va xavf ko‘rsatkichlari kabi parametrlar dinamik muhitlarda aloqa ishonchliligini optimallashtirib, xavfsiz va samarali transport tizimiga hissa qo‘shadi [4]. Shuningdek, 5G C-V2X tarmoqlariga moslashtirilgan ilg‘or ma’lumotlarni qayta ishlash tizimlari ma’lumotlarni qayta ishlash tezligini oshirdi va protsessor yukini kamaytirdi, bu esa kooperativ intellektual transport tizimlarining real vaqt talablarini qondirmoqda [5].



1-rasm. Ulangan transport vositasi uchun ergashib harakatlanish modelining konfiguratsiyasi.

C-V2X texnologiyasining LoRa va DSRC kabi boshqa aloqa standartlari bilan integratsiyasi har bir texnologiyaning ustunliklaridan — masalan, masshtablanish qobiliyati va to‘siqlardan qochish imkoniyatlaridan — foydalanadigan gibrid tizimlarda istiqbolli natijalarni ko‘rsatdi. Bunday yondashuv shahar chorrahalarida xavfsizlik va samaradorlikni maksimal darajada oshirishga xizmat qiladi [6]. Ushbu moslashuvchanlik ssenariyga bog‘liq parametrlarni optimallashtirish orqali yanada qo‘llab-quvvatlanadi, bu esa zich transport sharoitlarini modellashtirish uchun Simulation of Urban MObility (SUMO) [7] va OMNET++ [8] vositalaridan foydalanilgan tadqiqotda ko‘rsatib o‘tilgan. Natijada, C-V2X kechikish va masshtablanish (kengayuvchanlik) qobiliyati bilan bog‘liq muammolarni samarali tarzda hal etgani aniqlangan [9]. Butun dunyo bo‘yicha C-V2Xning keng qo‘llanilishi avtonom haydash va oldindan YTH oldini olish tizimlarini rivojlantirishda muhim omil sifatida qayd etilmoqda, bu esa real vaqt rejimida ma’lumot almashinuvini ta’minlab, transport oqimini yaxshilashga yordam bermoqda [8]. Shu bilan birga, C-V2X tarmoqlarida axborot xavfsizligi muhim masala bo‘lib qolmoqda. Tadqiqotlar ma’lumot yaxlitligini va foydalanuvchi maxfiylikini himoya qiluvchi ishonchli protokollarga ehtiyoj borligini ta’kidlamogda [10]. C-V2X infratuzilmasida optimal aktivlashtirish zonalari kabi innovatsion xizmatlar aloqa samaradorligi va kengayuvchanligini oshirib, zich transport muhitida samarali qo‘llanilishi



uchun yo‘l ochmoqda [11]. Amaliy misollardan biri – SPAT (Signal Phase and Timing) ilovalari bo‘lib, ular svetofor ma‘lumotlaridan foydalanib AVlar uchun yo‘lni rejalashtirish va xavfsizlikni oshirish imkonini beradi [12].

C-V2X zaif yo‘l foydalanuvchilarini (VRU) himoya qilishda ham muhim rol o‘ynaydi. Masalan, smartfon orqali ishlovchi to‘qnashuv ogohlantirish tizimlari piyodalar va haydovchilarni yuqori aniqlik va past kechikish bilan ogohlantiradi [13]. C-V2X Mode 4 resurslarini taqsimlash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar zich shahar hududlaridagi aloqa samaradorligini yaxshilab, xabar ishonchliligini oshirgan va to‘qnashuv ehtimolini kamaytirgan [14]. Shu jihatdan, V2P (vehicle-to-pedestrian) aloqalarida ham kechikishni qisqartirish muhimdir. Multi-access Edge Computing (MEC) serverlaridan foydalanish natijasida shahar kesishmalarida xavfsizlik yanada yaxshilangan [15,16].

Masshtablash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar C-V2Xning zich transport oqimlariga moslasha olish qobiliyatini tasdiqladi. Yuqori tirbandlik sharoitida optimallashtirilgan resurs boshqaruvi murakkab muhitlarda ham samarali aloqa ta‘minlab berdi [17]. Shuningdek, ilg‘or tarmoq konfiguratsiyalari va gibrid yondashuvlar C-V2Xning moslashuvchanligini, kengayuvchan, xavfsiz va ishonchli ITS ilovalari uchun asosiy texnologiya ekanini namoyon etdi [18,19].

Avtonom transport vositalari harakatini simulyatsiya qilish transport tizimi xavfsizligi va samaradorligiga ta‘sirini tahlil qilish va prognoz qilish uchun muhim vositadir. Bunday tajribalar turli transport ssenariylarini, jumladan, an‘anaviy transport vositalari va AVlardan iborat aralash oqimlarni hisobga olish imkonini beradi. Shu orqali potentsial xavf-xatarlar aniqlanib, ularni kamaytirish choralari ishlab chiqish mumkin. Masalan, molekulyar dinamika modellaridan foydalanish avtomobillarning “ketma-ket ergashish” xavfsizlik ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilab, barqaror va xavfsiz harakatlanishni ta‘minlagan [20].

Yo‘l xavfsizligini oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan yana biri – o‘yin nazariyasi asosidagi algoritmlar bo‘lib, ular bo‘lak almashtirish jarayonlarini optimallashtirib, to‘qnashuv ehtimolini kamaytiradi [21].

Shuningdek, ulanadigan transport vositalaridan olingan ma‘lumotlar haydovchilar va boshqa yo‘l foydalanuvchilari o‘rtasida real vaqt rejimida axborot almashinuvini ta‘minlab, yo‘l xavfsizligini yanada oshiradi [22]. Masalan, Xitoyda hozirda C-V2X texnologiyasi bo‘yicha faol tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu tizim 4G va 5G kabi uyali texnologiyalar evolyutsiyasiga asoslangan bo‘lib, transport vositalari, yo‘l infratuzilmasi, bazaviy stansiyalar va bulut platformalari o‘rtasida samarali axborot almashish imkonini beradi [23]. Mutaxassislarning fikricha, ushbu texnologiya transport tizimi elementlari o‘rtasida yanada aniq va o‘z vaqtida ma‘lumot almashinuvi orqali mavjud yo‘l-transport hodisalarining 80 % gacha qismini bartaraf etishi mumkinligi aniqlangan [24].



XULOSA. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, avtonom transport vositalari va C-V2X texnologiyasining integratsiyasi transport tizimining xavfsizlik va samaradorlik ko'rsatkichlarini sezilarli darajada oshiradi. Ulanadigan transport vositalari ulushi ortishi bilan yo'l-transport hodisalari va ziddiyatlari keskin kamayishi, transport kechikishlarining esa 74 % gacha qisqarishi aniqlangan. Xitoy va boshqa mamlakatlarda olib borilgan tadqiqotlar shuni tasdiqladiki, C-V2X texnologiyasining keng ko'lamli joriy etilishi transport hodisalarini 80 % gacha kamaytirish imkonini beradi. Shu bois, C-V2X texnologiyasi avtonom transport vositalarining samarali ishlashini ta'minlash, yo'l harakati xavfsizligini oshirish va transport oqimini barqaror boshqarish uchun strategik muhim texnologiya sifatida qaraladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Talebpour, A.; Mahmassani, H.; Bustamante, F. Modeling Driver Behavior in a Connected Environment: Integrated Microscopic Simulation of Traffic and Mobile Wireless Telecommunication Systems. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* **2016**, 2560, 75–86. [[Google Scholar](#)]
2. Mitra, P.; Choudhury, A.; Aparow, V.R.; Kulandaivelu, G.; Dauwels, J. Towards Modeling of Perception Errors in Autonomous Vehicles. In Proceedings of the 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), Maui, HI, USA, 4–7 November 2018. [[Google Scholar](#)]
3. Wang, S.; Li, Z. Exploring the mechanism of crashes with automated vehicles using statistical modeling approaches. *PLoS ONE* **2019**, 14, e0214550. [[Google Scholar](#)]
4. Shui, T.; Saad, W.; Chen, M. A Resilience Perspective on C-V2X Communication Networks under Imperfect CSI. *arXiv* **2024**, arXiv:2411.10925. [[Google Scholar](#)]
5. Liu, B.; Chen, W.; Sheng, Z.; Barakat, A.; Guan, Y.L. Highly Concurrent Data Processing Design for 5G C-V2X Intelligent Transportation Systems (ITS). In Proceedings of the 2024 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC), Hangzhou, China, 7–9 August 2024; pp. 1245–1250. [[Google Scholar](#)]
6. Zadobrischi, E.; Havriliuc, Ş. Enhancing Scalability of C-V2X and DSRC Vehicular Communication Protocols with LoRa 2.4 GHz in the Scenario of Urban Traffic Systems. *Electronics* **2024**, 13, 2845. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
7. Ulrich, H.D. The SUMO system: An overview. *Methods Mol. Biol.* **2009**, 497, 3–16. [[Google Scholar](#)] [[PubMed](#)]
8. Chamberlain, T. *Learning OMNeT++*; Packt Publishing: Birmingham, UK, 2013; p. 102. [[Google Scholar](#)]
9. Abdullah, N.F.; Shen, T.E.; Abu Samah, A.; Nordin, R. Internet of Vehicles Based on Cellular-Vehicle-To-Everything (C-V2X). *Int. J. Integr. Eng.* **2023**, 15, 244–252. [[Google Scholar](#)]



10. Ziwen, L. Review of C-V2X Research on Intelligent Connected Vehicles. *Comput. Sci. Technol.* **2023**, 2, 30. [[Google Scholar](#)]
11. Chen, S.; Hu, J.; Zhao, L.; Zhao, R.; Fang, J.; Shi, Y. C-V2X Security Technology. In *Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X); Wireless Networks*; Springer: Singapore, 2023. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
12. Zaman, M.; Saifuddin, M.; Razzaghpour, M.; Fallah, Y.P. Performance Analysis of V2I Zone Activation and Scalability for C-V2X Transactional Services. In Proceedings of the 2022 IEEE 96th Vehicular Technology Conference (VTC2022-Fall), London, UK, 26–29 September 2022; pp. 1–5. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
13. Miao, L.; Chien, S.-C.; Chang, F.-C.; Hua, K.-L. C-V2X Solution for SPAT Application and Maintenance. In Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Consumer Electronics—Taiwan, Taipei, Taiwan, 6–8 July 2022; pp. 405–406. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
14. Zhang, C.; Wei, J.; Qu, S.; Huang, C.; Dai, J.; Fu, P.; Wang, Z.; Li, X. Implementation of a V2P-Based VRU Warning System with C-V2X Technology. *IEEE Access* **2023**, 11, 69903–69915. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
15. Ali, M.; Hwang, H.; Kim, Y.-T. Performance Enhancement of C-V2X Mode 4 with Balanced Resource Allocation. In Proceedings of the ICC 2022—IEEE International Conference on Communications, Seoul, Republic of Korea, 16–20 May 2022; pp. 2750–2755. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]