Central Asian Research Journal of Natural and Exact Sciences
INTERNATIONAL SCIENTIFIC, APPLIED AND THEORETICAL JOURNAL
2026 / № 1(2)
SCIENCE FOR A SUSTAINABLE CENTRAL ASIA

SHAHAR CHORRAHALARIDA YO‘L HARAKATI QOIDABUZARLIKLARINI KOMPYUTERLI KO‘RISH YORDAMIDA ANIQLASH TIZIMI

Umirzaqova Tursunoy Akramjon qizi
Andijon davlat texnika instituti ATT yo‘nalishi 3-bosqich talabasi
E-mail: **umirzaqovatursunoy65@gmail.com**

Annotatsiya. Shahar chorrahalarida yo‘l harakati qoidabuzarliklarini avtomatik aniqlash tizimi videokuzatuv kameralari tasvirini kompyuterli ko‘rish va sun’iy intellekt vositalarida real vaqtda tahlil qilishga asoslanadi. Maqolada qizil chiroqda harakatni davom ettirish va to‘xtash chizig‘ini bosib o‘tish holatlarini aniqlash uchun YOLO (obyektlarni aniqlash), DeepSORT (harakatni kuzatish) va OpenCV (tasvirni qayta ishlash) asosidagi dasturiy yechim tavsiflanadi. Transport vositasining trayektoriyasi svetofor holati bilan solishtirilib, ehtimoliy qoidabuzarlik qayd etiladi va dalil sifatida foto hamda video lavha saqlanadi. Shuningdek, ixtisoslashtirilgan neyron tarmoq yordamida tez yordam, o‘t o‘chirish va IIB avtomobillarini aniqlash hamda ularga ustuvorlik berish imkoniyati ko‘rib chiqiladi. Tizim samaradorligini baholash ko‘rsatkichlari (aniqlik, qamrov, F1-score, FPS) va sinov metodikasi keltirilgan.

Kalit so‘zlar: intellektual transport tizimlari, kompyuterli ko‘rish, qoidabuzarliklarni aniqlash, qizil chiroq, svetofor, neyron tarmoqlar, YOLO, DeepSORT, avtomatik monitoring.

Annotatsiya. The system analyses surveillance-camera video in real time using computer vision and artificial intelligence. The article describes a software solution built on YOLO (object detection), DeepSORT (multi-object tracking) and OpenCV (image processing) that detects running a red light and crossing the stop line. A vehicle’s trajectory is compared with the state of the traffic light, a probable violation is logged, and photo and video evidence is stored. A dedicated neural network for recognising ambulances, fire trucks and police vehicles is also considered, as a basis for giving them

priority. Evaluation metrics (precision, recall, F1-score, FPS) and a testing methodology are presented.

Keywords: intelligent transportation systems, computer vision, violation detection, red light, traffic light, neural networks, YOLO, DeepSORT, automated monitoring.

Аннотация. Система в реальном времени анализирует видео с камер наблюдения средствами компьютерного зрения и искусственного интеллекта. В статье описано программное решение на основе YOLO (обнаружение объектов), DeepSORT (отслеживание объектов) и OpenCV (обработка изображений), которое выявляет проезд на красный сигнал и пересечение стоп-линии. Траектория транспортного средства сопоставляется с состоянием светофора, вероятное нарушение фиксируется, а фото- и видеодоказательства сохраняются. Рассмотрена также специализированная нейронная сеть для распознавания автомобилей скорой помощи, пожарных и полиции с целью предоставления им приоритета проезда. Приведены метрики оценки (precision, recall, F1-score, FPS) и методика испытаний.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, компьютерное зрение, обнаружение нарушений, красный сигнал, светофор, нейронные сети, YOLO, DeepSORT, автоматический мониторинг.

Kirish

Transport infratuzilmasining rivojlanishi va avtomobillar sonining o‘sishi yo‘l harakati qoidalariga rioya etilishini nazorat qilishni tobora murakkablashtirmoqda. An’anaviy nazorat asosan yo‘l-patrul xizmati xodimlari va statsionar fiksatsiya kameralari orqali amalga oshiriladi. Oddiy kameralar cheklangan funksiyalarga ega bo‘lib, dinamik qoidabuzarliklarni har doim ham to‘liq va xatosiz aniqlay olmaydi, inson omili esa xatolik va subyektivlik xavfini oshiradi. Shu sababli zamonaviy kompyuterli ko‘rish va chuqur o‘qitish (deep learning) texnologiyalariga asoslangan, qoidabuzarliklarni inson ishtirokisiz avtomatik aniqlaydigan intellektual tizimlarni

yaratish bugungi kunning dolzarb talablaridan biridir. Bunday tizim qoidabuzarlik faktini qayd etibgina qolmay, foto va videolavhalarni dalil sifatida jamlab, vakolatli idoralarga uzatish imkonini ham beradi. Tadqiqotning maqsadi — shahar chorrahalarida qizil chiroqda o‘tish va to‘xtash chizig‘ini buzish holatlarini aniqlaydigan avtomatlashtirilgan dasturiy yechimni ishlab chiqish, shuningdek, favqulodda xizmat avtomobillarini aniqlash orqali tizim imkoniyatlarini kengaytirishdir. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo‘yildi:

• videooqimdan transport vositalari va svetofor holatini aniqlash;

• har bir transport vositasini ketma-ket kadrlar bo‘yicha kuzatish;

• to‘xtash chizig‘i va nazorat hududi asosida qoidabuzarlik qoidalarini shakllantirish;

• favqulodda xizmat avtomobillarini oddiy transportdan ajratish;

• tizim samaradorligini aniq ko‘rsatkichlar bilan baholash metodikasini belgilash.

Mavzuning dolzarbligi va muammoning qo‘yilishi

Chorrahalar yo‘l harakatining eng xavfli va gavjum qismlaridir. Haydovchilarning qizil chiroqqa e’tibor bermasligi yoki taqiqlovchi signalda to‘xtash chizig‘idan o‘tib ketishi og‘ir yo‘l-transport hodisalariga sabab bo‘ladi. Mavjud kameralar ko‘pincha faqat ma’lum bir nuqtada ishlaydi, holbuki intellektual tizim videokuzatuv kamerasining imkoniyatlaridan to‘liq foydalanib, bir vaqtning o‘zida ham avtomobil harakatini, ham svetoforning qaysi rangda yonib turganini birgalikda tahlil qilishi lozim. Bu dasturiy ta’minotdan yuqori aniqlik va mantiqiy bog‘liqlikni talab qiladi. Favqulodda xizmat mashinalariga ustuvorlik berish uchun an’anaviy ravishda radiochastotali (RFID) datchiklar yoki GPS monitoring qo‘llaniladi. Biroq bu usullar barcha chorrahalarga qimmatbaho qo‘shimcha uskunalar o‘rnatishni talab qiladi. Kompyuterli ko‘rish esa shaharda allaqachon mavjud oddiy videokuzatuv kameralaridan foydalanish imkonini beradi, bu esa joriy etish xarajatini kamaytiradi. Asosiy ilmiy-texnik muammo — tez yordam yoki o‘t o‘chirish mashinasini oddiy oq rangli mikroavtobus yoki qizil rangli yuk mashinasidan ishonchli farqlashdir. Chorrahaga yaqinlashayotgan avtomobillar oqimi

kamera orqali skanerlanadi, maxsus o‘qitilgan ma’lumotlar bazasi (dataset) asosidagi neyron tarmoq modeli esa tez yordam (Ambulance), o‘t o‘chirish (Firetruck) va IIB avtomobillarini oddiy mashinalardan ajratadi.

Mavzu bo‘yicha adabiyotlar tahlili

Yo‘l harakati qoidabuzarliklarini avtomatik aniqlash masalasi intellektual transport tizimlari (Intelligent Transportation Systems, ITS) sohasining eng ko‘p o‘rganiladigan yo‘nalishlaridan biridir. Mavjud yondashuvlarni shartli ravishda uch guruhga bo‘lish mumkin: datchikka asoslangan, klassik tasvirni qayta ishlashga asoslangan va chuqur o‘qitishga asoslangan usullar. Dastlabki video tahlil tizimlari fonni ayirish (background subtraction), qirralarni aniqlash, optik oqim (optical flow) va qo‘lda tanlangan belgilar (HOG, SIFT kabi) asosida ishlagan [1]. Bunday usullar yorug‘lik o‘zgarishi, soyalar, yomg‘ir va transport vositalarining bir-birini to‘sib qo‘yishi (okklyuziya) holatlarida beqaror ishlaydi. Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) paydo bo‘lgach, obyektlarni aniqlash sifati keskin oshdi. Ikki bosqichli detektorlar (masalan, Faster R-CNN [10]) yuqori aniqlik beradi, biroq nisbatan sekin ishlaydi. Bir bosqichli detektorlar — YOLO oilasi [7] va RetinaNet [2] — aniqlik va tezlik o‘rtasida yaxshi muvozanat ta’minlaydi va real vaqt tizimlari uchun qulay hisoblanadi. Ko‘p obyektli kuzatish sohasida SORT [11] algoritmi Kalman filtri va venger algoritmiga asoslangan sodda va tez yechim taklif etdi, DeepSORT [8] esa tashqi ko‘rinish (appearance) xususiyatlarini qo‘shib, identifikatorlarning almashib ketishini kamaytirdi. Bu ishning o‘ziga xosligi shundaki, tizim faqat transport vositasini aniqlash bilan cheklanmaydi: u (1) harakat trayektoriyasini, (2) svetofor holatini va (3) to‘xtash chizig‘i geometriyasini bitta mantiqiy qoidada birlashtiradi hamda (4) favqulodda xizmat avtomobillarini aniqlash modulini qo‘shimcha funksiya sifatida taklif etadi. Barchasi shaharda mavjud oddiy videokuzatuv kameralari asosida amalga oshirilishi mo‘ljallangan, bu esa qo‘shimcha uskuna xarajatlarini kamaytiradi.

3-jadval. Qoidabuzarliklarni aniqlash yondashuvlarining qiyosiy tahlili

Yondashuv	Afzalliklari	Kamchiliklari
Datchiklar (induktiv sirtmoq, radar)	Yuqori aniqlik, ob-havoga chidamli	Qimmat o‘rnatish va xizmat ko‘rsatish, dalil sifatida tasvir bermaydi
Klassik tasvir tahlili	Hisoblash resursi kam talab qilinadi	Yorug‘lik va okklyuziyaga sezgir, umumlashtirish yomon
Ikki bosqichli CNN detektorlari	Yuqori aniqlik	Real vaqt uchun sekin, kuchli apparat talab etadi
Bir bosqichli detektorlar (YOLO)	Aniqlik va tezlik muvozanati, real vaqt	Mayda va uzoq obyektlarda aniqlik pasayishi mumkin

Tizim arxitekturasi va qo‘llaniladigan usullar

Tizim videokuzatuv kameralaridan olingan tasvirlarni sun’iy intellekt yordamida tahlil qilishga asoslanadi va quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Videokadrlarni olish. OpenCV kutubxonasi orqali videooqim o‘qiladi va kadrlar dastlabki qayta ishlashdan (o‘lchamni moslash, yorug‘likni tekislash) o‘tkaziladi.

2. Obyektlarni aniqlash. YOLO algoritmi transport vositalari va svetoforni tezkor aniqlaydi, ularning tasvirdagi koordinatalari va sinfini (yengil avtomobil, yuk mashinasi, avtobus va h.k.) belgilaydi. YOLO tasvirni bir martalik o‘tishda tahlil qilgani uchun real vaqt rejimiga mos keladi.

3. Harakatni kuzatish. DeepSORT algoritmi har bir transport vositasini ketma-ket kadrlarda kuzatib, unga individual identifikator biriktiradi. Bu avtomobilning butun trayektoriyasini tiklash va bir xil mashinani ikki marta sanamaslik imkonini beradi.

4. Svetofor holatini aniqlash. Svetofor hududida yonayotgan chiroq rangi (qizil, sariq, yashil) aniqlanadi va har bir kadr uchun signal holati sifatida saqlanadi.

5. Qoidabuzarlikni aniqlash. Videotasvirda to‘xtash chizig‘i va nazorat hududi oldindan belgilanadi. Avtomobilning nazorat hududiga kirishi, chiziqni kesib o‘tishi va shu vaqtdagi svetofor holati solishtiriladi. Agar transport vositasi taqiqlovchi signal vaqtida chiziqdan o‘tsa, hodisa ehtimoliy qoidabuzarlik sifatida qayd etiladi.

6. Tasdiqlash va saqlash. Noto‘g‘ri xulosalarni kamaytirish uchun hodisa bir necha ketma-ket kadrda tahlil qilinadi va qo‘shimcha tekshiruvdan o‘tkaziladi. Tasdiqlangan hodisa vaqti, identifikatori va foto/video lavhalari bilan ma’lumotlar bazasiga yoziladi.

Harakatni kuzatish moduli: DeepSOR. Detektor har bir kadrni alohida tahlil qiladi va avtomobillar “xotirasiga” ega emas. Qoidabuzarlikni aniqlash uchun esa bir xil avtomobilning vaqt bo‘yicha harakatini bilish zarur: avtomobil chiziqdan *oldin* qayerda bo‘lgani va *keyin* qayerga o‘tganini solishtirish kerak. Shuning uchun har bir aniqlangan obyektga barqaror identifikator (ID) beriladi. DeepSORT algoritmi [8] ikkita asosiy g‘oyaga tayanadi: Kalman filtri har bir kuzatilayotgan avtomobilning keyingi kadrdagi o‘rnini bashorat qiladi. Holat vektori odatda to‘rtburchak markazi, tomonlar nisbati, balandligi va ularning tezliklaridan iborat bo‘ladi. Detektor vaqtincha obyektni ko‘rmay qolsa ham (masalan, boshqa avtobus to‘sib qo‘ysa), filtr taxminiy trayektoriyani davom ettiradi. Tashqi ko‘rinish deskriptori — alohida neyron tarmoq har bir avtomobil tasviridan xususiyat vektori chiqaradi. Treklar va yangi aniqlashlar moslashtirilganda faqat joylashuv emas, tashqi ko‘rinish o‘xshashligi ham hisobga olinadi. Moslikni aniqlash venger (Hungarian) algoritmi yordamida bajariladi: u treklar va aniqlashlar o‘rtasidagi umumiy “narx”ni minimallashtiradigan juftliklarni topadi. Ketma-ket bir necha kadrda tasdiqlanmagan treklar o‘chiriladi, yangi obyektlar esa dastlab “vaqtinchalik” holatda turib, bir necha kadrdan so‘ng tasdiqlanadi. Natijada har bir avtomobil uchun markaz nuqtalari ketma-ketligi, ya’ni trayektoriya hosil bo‘ladi. Kuzatishning asosiy xavfi — identifikatorlarning almashib ketishi (ID switch). Ikki avtomobil bir-birini to‘sganda ID lar almashib qolsa, tizim noto‘g‘ri avtomobilga qoidabuzarlik yozib qo‘yishi mumkin. Shu sababli “Kuzatuv barqarorligi” ko‘rsatkichi baholash metodikasiga alohida kiritilgan.

Tizim qoidabuzarlik haqida faqat “ha/yo‘q” xulosasi bilan cheklanmaydi: har bir hodisa uchun tekshirilishi mumkin bo‘lgan dalillar to‘plami shakllantiriladi. Ma’lumotlar bazasida har bir yozuv quyidagilarni o‘z ichiga oladi: hodisaning aniq vaqti va kamera identifikatori; qoidabuzarlik turi (qizil chiroq, to‘xtash chizig‘i, noto‘g‘ri yo‘nalish); trek identifikatori va avtomobil sinfi; chiziqni kesib o‘tish lahzasidagi foto; hodisadan bir necha soniya oldin va keyingi qisqa video lavha; svetoforning o‘sha paytdagi holati; modelning ishonchlilik darajasi.

Ishonchlilik darajasi past hodisalar avtomatik jazolanmaydi, balki operatorning qo‘lda tekshiruviga yo‘naltiriladi. Shunday qilib, tizim inson o‘rnini to‘liq bosmaydi, balki inspektorning ish yukini kamaytiradigan qaror qabul qilishni qo‘llab-quvvatlash vositasi sifatida ishlaydi. Bu yondashuv noto‘g‘ri jarimalar xavfini kamaytiradi.

Favqulodda xizmat avtomobillarini aniqlash. Yo‘l harakati xavfsizligini oshirishda tez yordam, yong‘in xavfsizligi va ichki ishlar xizmatiga tegishli avtomobillarni o‘z vaqtida aniqlash muhim ahamiyatga ega. Buning uchun maxsus belgilangan tasvirlar to‘plamida o‘qitilgan neyron tarmoqdan foydalanish mumkin. Model avtomobilning tashqi ko‘rinishi, maxsus yozuvlari, belgilari va boshqa vizual xususiyatlarini tahlil qiladi. Faqat rangga qarab qaror chiqarish yetarli emas, chunki oddiy avtomobillar ham favqulodda xizmat transportiga o‘xshash rangda bo‘lishi mumkin. Shu sababli ma’lumotlar to‘plami turli yoritish, ob-havo va kamera burchaklarini qamrab olishi, oddiy mashinalardan iborat “salbiy” namunalarni ham o‘z ichiga olishi kerak. Aniqlash ishonchliligini oshirish maqsadida videotasvir tahlili qo‘shimcha usullar bilan birlashtirilishi mumkin: sirena ovozini (chastotasini) mikrofon modullari yordamida aniqlash yoki maxsus elektron signal bilan tasdiqlash. Favqulodda xizmat avtomobili aniqlanganda tizim tegishli boshqaruv moduliga xabar uzatadi. Biroq svetoforni avtomatik boshqarish alohida xavfsizlik mexanizmlari va vakolatli boshqaruv tizimi bilan integratsiyani talab qiladi, shuning uchun taklif etilayotgan tizim dastlabki bosqichda faqat xabar berish (signal) vazifasini bajaradi.

Avtomatik video nazorat tizimlari shaxsga oid ma’lumotlarni qayta ishlash bilan bog‘liq. Avtomobil davlat raqami va ba’zan haydovchining yuzi tasvirga tushadi. Shu sababli tizimni joriy etishda quyidagilarga amal qilish zarur: ma’lumotlarni faqat qoidabuzarlikni qayd etish maqsadida yig‘ish va saqlash muddatini cheklash; dalillarga kirishni vakolatli xodimlar bilan chegaralash va har bir kirishni qayd etish; O‘zbekiston Respublikasining shaxsga doir ma’lumotlar to‘g‘risidagi qonunchiligi va Yo‘l harakati qoidalari talablariga rioya etish [3]; jarima qo‘llashdan oldin hodisani inson tomonidan tasdiqlash imkoniyatini saqlash.

Bundan tashqari, model turli turdagi avtomobillar va turli sharoitlarda bir xil sifatda ishlashi uchun ma’lumotlar to‘plami xolis shakllantirilishi kerak, aks holda ayrim guruhlar nomutanosib ravishda ko‘proq xato qayd etilishi mumkin.

Xulosa

YOLO va DeepSORT algoritmlariga asoslangan intellektual monitoring tizimi transport vositalarini aniqlash, ularning harakatini kuzatish va svetofor signallari bilan bog‘liq qoidabuzarliklarni qayd etish uchun samarali texnologik yechim bo‘lishi mumkin. Favqulodda xizmat avtomobillarini aniqlash imkoniyatining qo‘shilishi tizimning funksional imkoniyatlarini kengaytiradi. Kelgusida tizimga sirena chastotasini tahlil qiluvchi mikrofonli modullarni qo‘shish rejalashtirilgan. Tizimning haqiqiy samaradorligi amaliy tajribalar natijalari asosida baholanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing (4th ed.). New York: Pearson Education.

2. Lin, T. Y., Goyal, P., Girshick, R., He, K., & Dollár, P. (2017). Focal loss for dense object detection. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 2980–2988.

3. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. (2022). Yo‘l harakati qoidalarini tasdiqlash to‘g‘risidagi 172-son qarori. Toshkent.

4. Ke, R., Li, Z., Tang, J., Pan, Z., & Wang, Y. (2019). Real-time video analytics for traffic violation detection using edge computing. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 21(12), 5123–5134.

5. Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., & Chintala, S. (2019). PyTorch: An imperative style, high-performance deep learning library. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS), 32, 8026–8037.

6. Siddikov, I. X., & Yunusov, J. B. (2023). Avtotransport vositalari harakatini

kompyuterli ko‘rish usullari bilan nazorat qilish. O‘zbekiston Axborot Texnologiyalari va Kommunikatsiyalari Jurnali, 4(2), 45–52.

7. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779–788.

8. Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 3645–3649.

9. Bradski, G. (2000). The OpenCV Library. Dr. Dobb’s Journal of Software Tools.

10. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS), 28, 91–99.

11. Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). Simple online and realtime tracking. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 3464–3468.

12. Kuhn, H. W. (1955). The Hungarian method for the assignment problem. Naval Research Logistics Quarterly, 2(1–2), 83–97.

13. Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. Journal of Basic Engineering, 82(1), 35–45.