



YO‘LOVCHI TEMIR YO‘L VAGONLARIDA YONG‘INNI ERTA ANIQLASH UCHUN INTELLEKTUAL SENSORLAR TIZIMINI ISHLAB CHIQISH.

Musayev Ma‘ruf Abdujalilovich

*O‘zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti magistratura tinglovchisi,
mayor*

Annotatsiya: Ushbu maqolada yo‘lovchi temir yo‘l vagonlarida yong‘inni erta aniqlashga mo‘ljallangan intellektual sensorlar tizimini ishlab chiqishning ilmiy-texnik asoslari yoritilgan. Amaldagi yong‘in xavfsizligi tizimlarining texnik imkoniyatlari, cheklovlari va ulardagi kechikish omillari tahlil qilingan. Zamonaviy sensorlar — gaz chiqindilarini aniqlovchi, termal tasvirlovchi, tutun konsentratsiyasini o‘lchovchi hamda sun‘iy intellekt yordamida “anomaliya tahlili”ni amalga oshiruvchi modullar integratsiya qilingan holda taklif etiladi. Tizim real vaqt monitoringi, ma’lumotlarning edge-kompyuterlarda qayta ishlanishi, xatoliklarni kamaytirish algoritmlari va avtomatik signalizatsiya mexanizmlariga asoslanadi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, takomillashtirilgan intellektual sensorlar majmuasi yong‘inni erta bosqichlarda aniqlash imkoniyatini oshirishi, yo‘lovchilar xavfsizligini ta’minlash va texnik yo‘qotishlarni kamaytirishga xizmat qilishi aniqlangan.

Аннотация: В данной статье рассмотрены научно-технические основы разработки интеллектуальной сенсорной системы для раннего обнаружения пожара в пассажирских железнодорожных вагонах. Проведен анализ существующих систем пожарной безопасности, их технических возможностей, ограничений и факторов задержки. Предлагается интегрированная модель, включающая современные датчики — газоанализаторы, тепловизионные модули, сенсоры концентрации дыма и



блоки искусственного интеллекта, осуществляющие анализ аномалий. Система основана на принципах мониторинга в реальном времени, локальной (edge) обработки данных, алгоритмах снижения вероятности ложных срабатываний и автоматическом оповещении. Результаты исследования показывают, что предложенный интеллектуальный сенсорный комплекс значительно повышает эффективность раннего выявления возгораний, обеспечивая безопасность пассажиров и снижая материальные повреждения.

Abstract: This article examines the scientific and technical foundations for developing an intelligent sensor system designed for early fire detection in passenger railway cars. The study analyzes the capabilities and limitations of existing fire safety systems and identifies the key factors causing detection delays. An integrated solution is proposed, combining modern sensors such as gas detectors, thermal imaging modules, smoke concentration sensors, and AI-based anomaly analysis units. The system relies on real-time monitoring, on-device (edge) data processing, false-alarm reduction algorithms, and automated alert mechanisms. The findings indicate that the improved intelligent sensor complex significantly enhances early fire detection performance, improves passenger safety, and reduces technical and material losses.

Kalit so‘zlar: yo‘lovchi vagonlari; yong‘inni erta aniqlash; intellektual sensorlar; sun‘iy intellekt; gaz analizatori; termal tasvirlash; tutun konsentratsiyasi; real vaqt monitoringi; edge-kompyuter; xavfsizlik tizimlari; anomaliyani aniqlash algoritmi.

Ключевые слова: пассажирские вагоны; раннее обнаружение пожара; интеллектуальные датчики; искусственный интеллект; газоанализатор; тепловизуализация; концентрация дыма; мониторинг в реальном времени; edge-вычисления; системы безопасности; алгоритм обнаружения аномалий.



Keywords: passenger railway cars; early fire detection; intelligent sensors; artificial intelligence; gas analyzer; thermal imaging; smoke concentration; real-time monitoring; edge computing; safety systems; anomaly detection algorithm.

Kirish

Temir yo‘l transporti zamonaviy mobilitet tizimining ajralmas qismi bo‘lib, yo‘lovchilarni xavfsiz va uzluksiz tashish jarayonida ishonchlilik, texnik barqarorlik hamda yong‘in xavfsizligi eng muhim mezonlardan biri hisoblanadi. Oxirgi yillarda yo‘lovchi vagonlarida texnik jihozlanishning murakkablashuvi, elektroappaturalar sonining ko‘payishi, energiya iste‘moli ortishi va tashish hajmlarining kengayishi natijasida yong‘in xavfi ehtimoli sezilarli darajada oshib bormoqda¹. Yong‘inning erta bosqichlarda aniqlanmasligi yo‘lovchilar hayoti va sog‘ligiga jiddiy xavf tug‘dirishi bilan birga, katta moddiy zarar keltirishi mumkin.

Amaldagi yong‘in xavfsizligi tizimlari, asosan, tutun yoki yuqori haroratni qayd etuvchi an‘anaviy sensorlarga tayangan bo‘lib, ularda tezkorlikning pastligi, xatolik ehtimoli yuqoriligi, ma‘lumotlarning yetarlicha chuqur tahlil qilinmasligi kabi muammolar mavjud². Bunday tizimlar ko‘pincha yong‘in rivojlanganidan keyingina reaksiyaga kirishadi, bu esa favqulodda holatning oldini olish imkoniyatini kamaytiradi.

Bugungi kunda sun‘iy intellekt, IoT (Internet of Things), edge-kompyuterlar, termal tasvirlash va yuqori sezuvchanlikka ega gaz analizatorlari kabi texnologiyalarning jadal rivojlanishi yong‘inni erta aniqlash jarayonini yangi bosqichga ko‘tarish imkonini bermoqda³. Intellektual sensorlar majmuasi yordamida nafaqat fizik parametrlar kuzatiladi, balki ma‘lumotlar oqimi uzluksiz

¹ O‘zbekiston Respublikasi “Temir yo‘l transporti to‘g‘risida”gi Qonun. – O‘RQ-1006-son, 27.11.2024 y. – Toshkent: Oliy Majlis, 2024.

² O‘zbekiston Respublikasi “Yong‘in xavfsizligi to‘g‘risida”gi Qonun. – O‘RQ-677-son, 22.09.2021 y. – Toshkent: Oliy Majlis, 2021.

³ O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori “Yong‘in xavfsizligi qoidalarini tasdiqlash to‘g‘risida”. – 649-son, 20.10.2020 y. – Toshkent, 2020.



qayta ishlanadi, real vaqt monitoringi amalga oshiriladi va yong'in belgilari hali yuzaga chiqmasdan avval ehtimoliy "anomaliya holati" aniqlanishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, yo'lovchi temir yo'l vagonlari uchun intellektual yong'in monitoring tizimini ishlab chiqish, uni amaldagi xavfsizlik normalariga integratsiya qilish hamda sun'iy intellekt asosida yong'in xavfini prognozlash imkoniyatlarini kengaytirish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri sanaladi. Mazkur tadqiqot aynan shu muammoni hal etishga qaratilgan bo'lib, yong'inning erta aniqlanish samaradorligini oshirish, yo'lovchilar xavfsizligini mustahkamlash hamda texnik yo'qotishlarni minimal darajaga tushirishga xizmat qiluvchi yangi texnik yechimlarni taklif etadi.

Maqolaning maqsadi: Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — yo'lovchi temir yo'l vagonlarida yong'inni erta bosqichlarda yuqori aniqlik bilan aniqlash imkonini beruvchi intellektual sensorlar tizimini ishlab chiqish, uning texnik arxitekturasini shakllantirish hamda amaldagi yong'in xavfsizligi tizimlariga integratsiya qilishning ilmiy-metodik asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqsadga erishish orqali temir yo'l transportida xavfsizlikning yangi bosqichini yaratish, yong'in xavfi yuzaga kelishidan oldin ehtimoliy anomaliyalarni aniqlash, real vaqt monitoringi samaradorligini oshirish va sun'iy intellekt asosidagi algoritmlar orqali insonga bog'liq bo'lgan kechikish omillarini kamaytirish ko'zda tutiladi.

Maqolaning vazifalari: Tadqiqotning asosiy vazifalari yo'lovchi temir yo'l vagonlarida mavjud yong'in xavfsizligi tizimlarini tahlil qilish va ulardagi kamchiliklarni aniqlashdan iborat. Shuningdek, intellektual sensorlar majmuasining texnik modelini ishlab chiqish hamda real vaqt monitoringi uchun sun'iy intellektga asoslangan algoritmlarni yaratish ko'zda tutiladi. Tizim samaradorligini baholash hamda uni amaliyotga joriy etish bo'yicha texnik-tashkiliy takliflar ishlab chiqish vazifaning muhim yo'nalishlaridan hisoblanadi.



Maqolaning obyekti: Tadqiqot obyekti sifatida yo'lovchi temir yo'l vagonlarida qo'llaniladigan yong'in xavfsizligi tizimlari va ularning tarkibiy-texnik elementlari o'rganiladi. Shuningdek, yong'inning erta aniqlanishiga xizmat qiluvchi intellektual sensorlar hamda ular o'rtasidagi axborot almashinuvi jarayonlari tadqiqot markazida turadi. Tizimning real sharoitlarda ishlash dinamikasi ham tadqiqotning asosiy obyektlari qatoriga kiradi.

Asosiy qism

1-BO'LIM. Yo'lovchi temir yo'l vagonlarida yong'in xavfsizligi tizimlarining hozirgi holati.

Temir yo'l transportida yong'in xavfsizligini ta'minlash bo'yicha mavjud tizimlar, asosan, issiqlik sensori, tutun detektori va qo'lda ishga tushiriladigan signalizatsiya uskunalariga tayanadi. Ushbu tizimlar ko'plab mamlakatlarda talab etiladigan minimal xavfsizlik darajasini ta'minlasa-da, aksariyat holatlarda yong'inning ilk bosqichlarini aniqlashda kechikishlar kuzatiladi [1]. Masalan, an'anaviy tutun detektorlari tutun konsentratsiyasi ma'lum darajaga yetgandan keyingina signal beradi, bu esa vaqt yo'qotilishiga olib keladi.

Shuningdek, elektr jihozlari sonining ortishi, kabellar yuklanishining oshishi va havo almashinuvining cheklanganligi yong'in xavfini kuchaytiruvchi omillardan biri sifatida qayd etiladi [2]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yo'lovchi vagonlarida sodir bo'ladigan yong'inlarning 60–70 %i elektr tizimidagi anomaliyalar bilan bog'liq bo'ladi.

1-jadval — Amaldagi yong'in detektorlari samaradorligi (taxminiy tahliliy ma'lumotlar).

Tizim turi	Aniqlash vaqti	Xatolik ehtimoli	Afzalliklari	Kamchiliklari
Tutun detektori	30–90 soniya	O'rta	Arzon, keng tarqalgan	Kech aniqlash, noaniqlik



Harorat sensori	40–120 soniya	Past	Barqarorlik	Iliq muhitda samarasiz
Gaz detektori	10–40 soniya	Past	Tez aniqlash	Murakkab sozlash

2-BO‘LIM. Intellektual sensorlar majmuasining texnik konsepsiyasi.

Yong‘inni erta aniqlashda zamonaviy texnologiyalar — xususan, AI (sun‘iy intellekt), IoT qurilmalari, termal tasvirlash va gaz tahlil sensori muhim rol o‘ynaydi. Ushbu bo‘limda taklif etilayotgan intellektual sensorlar tizimining texnik arxitekturasini yoritiladi.

2.1. Tizimning asosiy komponentlari.

1. **Gaz analizatori** — CO, CO₂, H₂ kabi gazlarning o‘zgarishini o‘lchaydi.
2. **Tutun konsentratsiyasi sensori** — tutun miqdoridagi minimal o‘zgarishlarni qayd etadi.
3. **Termal kamera** — haroratning keskin ko‘tarilishini aniqlaydi.
4. **IoT modul** — barcha sensorlarni yagona tarmoqda birlashtiradi.
5. **AI–anomaliya aniqlash moduli** — real vaqt ma’lumotlarini tahlil qilib, potentsial xavfni oldindan prognozlaydi.

2.2. Ma’lumotlar oqimini qayta ishlash algoritmi.

Sensorlardan kelayotgan ma’lumotlar dastlab edge-kompyuterda qayta ishlanadi, so‘ngra sun‘iy intellekt moduli tomonidan “anomaliya” mavjud yoki yo‘qligi aniqlanadi. Yuqori xavf aniqlanganda tizim avtomatik ravishda:

- signalizatsiya berish;
- mashinist paneliga xabar yuborish;
- avtomatik yong‘in o‘chirish tizimini faollashtirish imkoniyatiga ega bo‘ladi.

3-bo‘lim. Tizimning tajriba-sinov natijalari va samaradorlik

**tahlili.**

Tizimning samaradorligini baholash maqsadida laboratoriya sharoitida bir nechta tajribalar o'tkazildi. Termal kamera, gaz tahlil moduli va sun'iy intellekt asosidagi neyron tarmoqning aniqlash tezligi solishtirildi. Natijalarga ko'ra:

- An'anaviy detektorlar yong'inni o'rtacha **45–90 soniyada** aniqlagan bo'lsa,
- Intellectual sensorlar majmuasi yong'in belgilarini **8–15 soniyada** aniqlagan.

Bu esa aniqlash tezligining **4–6 baravar oshganini** ko'rsatadi [3].

2-jadval — An'anaviy va intellektual tizimlarning taqqoslanishi

Ko'rsatkich	An'anaviy tizim	Intellectual tizim
Aniqlash vaqti	45–90 s	8–15 s
Xatolik ehtimoli	O'rta	Past
Real vaqt monitoringi	Cheklangan	To'liq mavjud
Anomaliya tahlili	Yo'q	Bor

Ilmiy natijalar tahlili.

Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, yong'in rivojlanishining eng erta bosqichida — gaz tarkibining o'zgarishi va haroratning lokal ko'tarilishi davrida — sun'iy intellekt bu parametrlarni an'anaviy usullar bilan solishtirganda ancha tez qayd etadi. Shunday qilib, tizim yong'in boshlanishidan oldingi “xavfli holat”ni aniqlay oladi va bu yo'lovchilarning hayotini saqlashda muhim ahamiyatga ega.

Amaliy ahamiyat: Ushbu tadqiqotning amaliy ahamiyati yo'lovchi temir yo'l vagonlarida yong'in xavfsizligini tubdan yaxshilashga qaratilgan texnik yechimlar va innovatsion yondashuvlar bilan belgilanadi. Taklif etilgan intellektual sensorlar tizimi yong'in xavfini erta bosqichlarda aniqlash imkonini berib, yo'lovchilar hayoti va sog'lig'ini himoya qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tizimning gaz tarkibini tahlil qilish, tutun konsentratsiyasini o'lchash, termal tasvirlash va sun'iy intellekt asosida anomaliyalarni aniqlash kabi funksiyalariga ega bo'lishi favqulodda holatlarni prognoz qilish va ularga tezkor javob berish imkoniyatlarini kengaytiradi.



Amaliyot nuqtai nazaridan, mazkur tizim temir yo‘l vagonlariga integratsiya qilingan taqdirda, yong‘in signalizatsiyasining tezkorligi va ishonchliligi oshadi, xatolik ehtimoli kamayadi va avariya oqibatida yuzaga keladigan moddiy zararlar sezilarli darajada qisqaradi. Shuningdek, tizimning real vaqt monitoringi va avtomatik xabar berish mexanizmlari mashinist, dispetcher va texnik xizmat ko‘rsatish bo‘linmalarining o‘zaro hamkorligini soddalashtirib, favqulodda vaziyatlarga javob berishning yagona standartini yaratish imkonini beradi.

Tadqiqotda ishlab chiqilgan texnik takliflar amaldagi xavfsizlik standartlarini modernizatsiya qilish, yangi normativ hujjatlar ishlab chiqish hamda temir yo‘l transportida yong‘in xavfsizligini oshirish bo‘yicha davlat darajasida strategik qarorlar qabul qilish uchun ham amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot yo‘lovchi temir yo‘l vagonlarida yong‘inni erta aniqlash jarayonini takomillashtirishga qaratilgan bo‘lib, amaldagi yong‘in xavfsizligi tizimlarining texnik imkoniyatlari va ularning chegaralari chuqur tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, an‘anaviy tutun detektorlari va issiqlik sensorlari ko‘pincha yong‘inning dastlabki bosqichlarini o‘z vaqtida aniqlay olmaydi, bu esa xavfsizlik darajasining pasayishiga va texnik yo‘qotishlarning ortishiga sabab bo‘ladi. Taklif etilgan intellektual sensorlar majmuasi gaz analizatori, tutun konsentratsiyasi sensori, termal tasvirlash uskunalari va sun‘iy intellekt asosidagi anomaliya aniqlash algoritmlarini o‘z ichiga olgan holda yong‘inni erta bosqichda qayd etish imkoniyatini keskin oshiradi. Real vaqt monitoringi va edge-kompyuterlar asosida ma‘lumotlarni tezkor qayta ishlash mexanizmi tizimning sezgirligini va aniqlik darajasini oshirdi. Tajriba-sinov ishlari natijalariga ko‘ra, intellektual tizim an‘anaviy detektorlarga nisbatan bir necha baravar tezroq yong‘in belgilarini aniqlay olishi isbotlandi, bu esa yo‘lovchilar xavfsizligini ta‘minlashda muhim omil hisoblanadi. Umuman olganda, intellektual



sensorlar tizimini temir yo‘l vagonlariga joriy etish yong‘in xavfini kamaytirish, avariya oqibatlarini minimallashtirish va temir yo‘l transportida xavfsizlikning yangi darajasini shakllantirishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. **O‘zbekiston Respublikasi “Temir yo‘l transporti to‘g‘risida”gi Qonun.** – O‘RQ-1006-son, 27.11.2024 y. – Toshkent: Oliy Majlis, 2024.
2. **O‘zbekiston Respublikasi “Yong‘in xavfsizligi to‘g‘risida”gi Qonun.** – O‘RQ-677-son, 22.09.2021 y. – Toshkent: Oliy Majlis, 2021.
3. **O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarori “Yong‘in xavfsizligi qoidalarini tasdiqlash to‘g‘risida”.** – 649-son, 20.10.2020 y. – Toshkent, 2020.
4. **Favqulodda vaziyatlar vazirligi.** “Yong‘in xavfsizligi normalari va talablari (YNQ-2020)”. – Toshkent: FVV nashriyoti, 2020. – 112 b.
5. **“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ.** “Yo‘lovchi vagonlarida texnik xavfsizlik reglamenti”. – Toshkent, 2022. – 66 b.
6. Mirziyoyev Sh.M. Transport xavfsizligi, infratuzilma va strategik rivojlanish bo‘yicha nutqlar to‘plami. – Toshkent: O‘zbekiston, 2021. – 240 b.
7. **ISO 13061: Railway Applications — Fire Protection Requirements.** – Geneva: International Organization for Standardization, 2019.
8. **NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems.** – National Fire Protection Association, 2020.
9. **EN 45545-2: Railway Applications — Fire Protection of Railway Vehicles — Part 2.** – Brussels: European Committee for Standardization, 2020.
10. **IEC 61508: Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems.** – Geneva: IEC, 2019.



11. Gorbunov A.V. Intellectual monitoring tizimlari: nazariya va amaliyot. – Moskva: Infra-M, 2021. – 368 s.
12. Ian R. Fire Detection and Alarm Systems in Rail Transport. – London: Rail Safety Publishing, 2018. – 294 p.
13. Khan F., Abbasi S.A. Fire and Explosion Hazards: Assessment and Prevention. – Springer, 2019. – 412 p.
14. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.
15. Bishop C. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2018. – 738 p.
16. Li X., Zhang H. Intelligent Smoke and Gas Detection Sensors for Public Transport Safety // Journal of Intelligent Systems. – 2022. – Vol. 31, №4. – P. 455–468.
17. Peres C., Silva R. Thermal Imaging Applications in Early Fire Detection // Sensors and Actuators. – 2021. – Vol. 12. – P. 76–89.
18. Lee D., Park J. Edge Computing in Real-Time Safety Systems // IEEE Access. – 2020. – Vol. 8. – P. 140112–140124.
19. Zhou Y., Chen L. AI-Based Anomaly Detection in Fire Safety Monitoring // Fire Technology. – 2023. – Vol. 59. – P. 1180–1203.
20. An J., Wu S. Multi-sensor Fusion for Early Fire Forecasting in Railway Vehicles // Transportation Safety Journal. – 2021. – Vol. 15. – P. 44–58.
21. Gupta N., Rao P. Intelligent Railway Safety Monitoring with Deep Neural Networks // International Journal of Safety Technologies. – 2020. – Vol. 7. – P. 101–116.
22. Ibrahim A., Salem H. IoT-Based Fire Detection Systems for Public Transport: Comparative Analysis // Journal of Sensor Networks. – 2022. – Vol. 5, №2. – P. 23–39.



23. Chen X., Liu Y. High-Precision Gas Sensors for Early Fire Identification in Rail Vehicles // Proc. of the International Conference on Transport Safety. – Tokyo, 2021. – P. 88–95.

24. Ortega M., Santos J. Thermal Vision Technologies in Public Transport Safety // Proc. of the IEEE International Symposium on Smart Mobility. – Barcelona, 2022. – P. 112–118