

**HARAKATDAGI TEMIR YO‘L TARKIBINING REAL VAQT REJIMIDA
JOYLASHUVINI ANIQLASH VA MONITORING QILISH ORQALI
XAVFSIZLIKNI TA‘MINLASH TIZIMI**

Saitxonov Ilyosxon Axmat o‘g‘li

“Temiryo‘lkargo” AJ Personalni boshqarish bo‘limi kadrlar

bo‘yicha yetakchi mutaxassisi

El.pochta: isaitxonov29@gmail.com

Tel: +99891-132-44-66

Sherzodova Xulkar Sherzod qizi

Toshkent davlat transport universiteti 1-bosqich magistranti

El.pochta: xulkarsherzodova@gmail.com

Tel: +99890-119-11-97

Annotatsiya: *Temir yo‘l transporti tizimining xavfsizligi har doim dolzarb muammo bo‘lib kelgan. Ushbu ishda temir yo‘l tizimlaridagi xavfli vaziyatlarning oldini olish va xavfsizlikni oshirish maqsadida real vaqt rejimida vagonlarning joylashuvini aniqlashning texnologik imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Maqolada GPS, IoT (Internet of Things), 5G, LoRaWAN kabi ilg‘or aloqalar tarmog‘i, sensorlar yordamida tizimning qanday ishlashi va qanday algoritmlar orqali xavfli holatlar aniqlanishi muhokama qilinadi. Maqola tahlilida mavjud texnologiyalar, temir yo‘l tarmoqlarida amalga oshirilgan real va zamonaviy tizimlar asosida tadqiqot natijalari vagonlar harakatini monitoring qilish tizimining xavfsizlikni oshirishga, texnik nosozliklar va kutilmagan holatlarning oldini olishga qaratilganligini ko‘rsatiladi.*

Abstract: *The safety of the railway transport system has always been a pressing issue. This article explores the technological capabilities for determining the real-time location of wagons in order to prevent hazardous situations and enhance safety in railway systems. It discusses how the system operates using advanced communication networks such as GPS, IoT (Internet of Things), 5G, and LoRaWAN, along with sensors and algorithms that help detect dangerous conditions. The analysis shows that existing technologies and modern systems implemented in*

railway networks are aimed at improving safety, preventing technical failures, and avoiding unexpected incidents through the monitoring of wagon movements.

Аннотация: *Безопасность системы железнодорожного транспорта всегда оставалась актуальной проблемой. В данной статье рассматриваются технологические возможности определения местоположения вагонов в режиме реального времени с целью предотвращения опасных ситуаций и повышения безопасности в железнодорожных системах. В статье обсуждается, как работает система с использованием передовых сетевых технологий связи, таких как GPS, IoT (Интернет вещей), 5G, LoRaWAN, а также сенсоров и алгоритмов, позволяющих выявлять опасные состояния. Анализ показывает, что существующие технологии и реализованные современные системы в железнодорожных сетях направлены на повышение безопасности, предотвращение технических неисправностей и непредвиденных ситуаций за счёт мониторинга движения вагонов.*

Kalit so‘zlar: *Xavfsizlik, Real vaqt monitoring, GPS texnologiyasi, IoT, 5G aloqa tarmog‘i, LoRaWAN, Sensor texnologiyalari*

Keywords: *Safety, Real-time monitoring, GPS technology, IoT, 5G communication network, LoRaWAN, Sensor technologies.*

Temir yo‘l transporti dunyoning turli mintaqalarida muhim transport tarmog‘i sifatida faoliyat ko‘rsatadi. Yirik shaharlarda va o‘lkalararo yo‘nalishlarda harakat qilayotgan temir yo‘l tarkiblarining xavfsizligi eng dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Temir yo‘l tarmoqlari keng ko‘lamdagi yo‘lovchilar va yuklarni tashishda ishlatiladi, shuning uchun harakatdagi vagonlar va boshqa tarkiblarning xavfsizligi nafaqat iqtisodiy samaradorlikni, balki jamoat xavfsizligini ta‘minlashni ham o‘z ichiga oladi. Xavfsizlikni ta‘minlashning an‘anaviy usullari, masalan, vagonlarni qo‘lda nazorat qilish va yuqori texnik xizmat ko‘rsatish usuli, bugungi kunda juda cheklangan bo‘lib, samarali deb bo‘lmaydi. Harakatdagi temir yo‘l tarkibining joylashuvini real vaqt rejimida aniqlash va monitoring qilish, ayniqsa yirik tarmoqlar va intensiv harakatlar o‘tkaziladigan joylarda xavfsizlikni oshirishda yangi imkoniyatlar yaratadi. Hozirgi kunda mavjud texnologiyalar, masalan, GPS tizimlari, IoT sensorlari, 5G tarmoqlari va boshqa ilg‘or aloqa texnologiyalari

yordamida vagonlarning joylashuvini aniq va tezda aniqlash mumkin, bu esa harakatni nazorat qilishni sezilarli darajada samarali qiladi. Temir yo‘l transportidagi xavfsizlikni oshirish va xavfli vaziyatlarning oldini olishda real vaqt monitoring tizimlari yuqori samaradorlikka ega. Shuningdek, avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida vagonlarning texnik holati, harakat yo‘nalishlari va tezligi doimiy ravishda kuzatiladi, bu esa kutilmagan holatlar va avariylar ehtimolini kamaytiradi. Bu nafaqat operatorlarning ishini yengillashtiradi, balki butun temir yo‘l tizimi xavfsizligini oshirishi ham mumkin.

Ushbu izlanishning asosiy maqsadi harakatdagi temir yo‘l tarkibining real vaqt rejimida joylashuvini aniqlash va monitoring qilish tizimining xavfsizlikni ta‘minlashdagi o‘rnini tadqiq qilish, **harakatdagi temir yo‘l tarkibining monitoringini ta‘minlash uchun qo‘llaniladigan zamonaviy — GPS, IoT, 5G, LoRaWAN va boshqa ilg‘or texnologiyalarning temir yo‘l tizimlarida qanday qo‘llanilishini tahlil qilish, vagonlar harakatini nazorat qilish samaradorligini oshirishda real vaqt monitoring tizimlari o‘rnini baholash** — real vaqt monitoring tizimlari orqali xavfli vaziyatlarni aniqlash va oldini olish imkoniyatlarini ko‘rib chiqish, **xavfli holatlarni aniqlash va ularga tezkor javob berish uchun tizimdagi algoritmlarni tahlil qilish** — tizimlar yordamida xavfli vaziyatlar va nosozliklar aniqlanishi, ularga qanday choralar ko‘rilishi zarurligini o‘rganishdan iborat.

Temir yo‘l transporti tarmoqlari, ayniqsa, yirik mamlakatlarda va xalqaro yo‘nalishlarda o‘zining keng qamrovli tarmog‘iga ega bo‘lib, har kuni millionlab yo‘lovchilar va yuklarni tashiydi. Shunga qaramay, temir yo‘l tizimida xavfsizlikka oid muammolar, masalan, to‘xtab qolgan vagonlar, nosozliklar, belgilangan yo‘nalishdan chiqish kabi holatlar mavjud. Ushbu xavfli vaziyatlarni oldini olish va temir yo‘l tizimlarining samaradorligini oshirishda real vaqt monitoring tizimlarining ahamiyati ortib bormoqda. Yangi texnologiyalar yordamida vagonlarning joylashuvi va holatini doimiy ravishda kuzatish, ularni real vaqt rejimida nazorat qilish, xavfli holatlar yuzaga kelganda tezkor ogohlantirish va aralashuvni ta‘minlash mumkin bo‘ladi. Ushbu tizimlar nafaqat operatorlarga qulaylik yaratadi, balki temir yo‘l tizimining xavfsizlik darajasini ham sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, bunday tizimlarning yo‘lga qo‘yilishi transport tizimining samaradorligini oshiradi va avariylar sonini kamaytiradi, bu esa jamiyat uchun iqtisodiy va ekologik foyda keltiradi. Yuqoridagi holatlarga asoslanib, temir yo‘l tizimlarida real vaqt monitoring

tizimlarini joriy etish orqali xavfsizlikni ta'minlash va xavfli vaziyatlarni oldini olishning innovatsion imkoniyatlari ko'rib chiqildi.

Temir yo'l transporti ko'p yillardan beri ishonchli va iqtisodiy jihatdan foydali transport vositasi sifatida e'tirof etiladi. Biroq, zamonaviy texnologik taraqqiyotga qaramay, temir yo'l tarmoqlari hali ham bir qancha xavfsizlik muammolari bilan yuzma-yuz kelmoqda. Ushbu muammolar nafaqat texnik nosozliklardan iborat, balki monitoring va nazorat tizimlarining eskirganligidan ham kelib chiqadi. Ayniqsa, vagonlarning harakati real vaqt rejimida nazorat qilinmasa, ularning noto'g'ri yo'nalishda harakatlanishi, to'xtab qolishi yoki boshqa tarkiblar bilan to'qnashuvi kabi holatlar yuzaga kelishi mumkinligini inobatga olib asosiy xavfsizlik muammolari quyidagicha taqsimlandi:

1. Vagonlar yoki lokomotivlardagi texnik nosozliklar (*masalan, tormoz tizimlaridagi muammolar, g'ildiraklar yemirilishi, tebranish darajasining ortishi*) odatda muntazam texnik ko'riklar bilan aniqlanadi. Ammo bunday nosozliklar harakat jarayonida yuzaga kelganda ularni aniqlash qiyinlashadi va bu xavfli vaziyatlarga olib kelishi mumkin.

2. **Harakat yo'nalishining buzilishi.** Ayrim holatlarda vagonlar noto'g'ri yo'nalishda harakatlanib ketadi (*tarkibdan ajralib qolish, avtosepka uzilishi*). Bunday xatolar operatorlar tomonidan darhol aniqlanmasa, boshqa tarkiblar uchun ham kattagina xavf yuzaga keladi.

3. **To'xtab qolish va yirik kechikishlar.** Harakat jadvalidan chetga chiqish yoki nosozlik sababli to'xtab qolgan vagonlar butun tarmoq ishiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, tarkiblar zich harakatlanadigan yo'nalishlarda to'xtab qolsa, butun yo'nalishda zanjirli kechikishlar yuzaga kelishi mumkin.

4. Ko'plab holatlarda xavfsizlikka oid muammolar inson xatolari bilan bog'liq bo'ladi. Masalan, operatorlar tomonidan noto'g'ri signal berilishi yoki holatni noto'g'ri baholash natijasida xavfli vaziyatlar paydo bo'ladi. Avtomatlashtirilgan tizimlarning yo'qligi yoki cheklanganligi bu xatolarning oldini olishga to'sqinlik qiladi.

5. Temir yo'l tizimida harakatdagi vagonlarning aniq joylashuvi haqida doimiy ma'lumotga ega bo'lmaslik xavfni yanada oshiradi. Agar vagon qayerda ekanligi noma'lum bo'lsa, yo'nalishlar kesishadigan nuqtalarda to'qnashuv xavfi yuqoriligicha qolaveradi.

Statistik jihatdan olib qaralganda, “European Union Agency for Railways” ma’lumotlariga ko’ra, har yili Yevropa ittifoqida yuzlab temir yo’l hodisalari qayd etiladi, ularning asosiy sabablari qatorida noto’g’ri boshqaruv va texnik nosozliklar ildamlilik qiladi. 2022-yilda AQShda 1,164 ta temir yo’l to’qnashuvi sodir bo’lgan va ularning katta qismi real vaqt monitoring tizimlarining cheklanganligidan kelib chiqqan (manba: [Federal Railroad Administration](#)).

Umuman olganda Temir yo’l transportidagi xavfsizlikni ta’minlash faqatgina texnik xizmatlar yoki signal tizimlariga tayanmasligi kerak. Buning o’rniga, harakatdagi temir yo’l tarkibining har bir holatini real vaqt rejimida kuzatish, ularning joylashuvi va holati to’g’risida avtomatik ravishda ma’lumot olish imkonini beruvchi tizimlar zarur. Bu tizimlar vagonlarning istalgan vaqtda va istalgan joyda aniqlanishini ta’minlab, to’qnashuv, noto’g’ri harakat va nosozlik kabi xavfli vaziyatlarni ancha kamaytiradi.

Zamonaviy temir yo’l transporti tizimlarida xavfsizlikni ta’minlash va operatsion samaradorlikni oshirish uchun harakatdagi tarkibning real vaqt rejimida monitoring qilinishi katta ahamiyatga ega. Bunday monitoringning asosi bo’lgan texnologiyalar — **global joylashuv tizimlari (GPS), IoT qurilmalari, yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish tarmoqlari (5G, LoRaWAN)** — harakatdagi vagonlarning real vaqtda joylashuvini aniqlash, holatini baholash va xavfli holatlarni avtomatik aniqlash imkonini beradi.

GPS — global sun’iy yo’ldoshlar tizimi bo’lib, harakatlanuvchi obyektlarning koordinatalarini yuqori aniqlikda aniqlash imkonini beradi. Temir yo’l tarkibiga o’rnatilgan GPS qurilmalar yordamida vagonlarning joylashuvi aniqlanadi va bu ma’lumotlar markaziy monitoring tizimiga uzatiladi. Bu bilan esa tizim faoliyatida global qamrov (*deyarli butun dunyo bo’ylab ishlaydi*), yuqori aniqlik (*2–5 metrgacha*), doimiy signal (*harakatdagi obyektlar uchun ideal variant*)ga erishiladi. GPS tizimidan foydalanganda tunnel, baland bino yoki tog’li hududlarda signal yo’qolishi, ichki binolarda ishlamasligi mumkin. O’z o’rnida avfzalliklar bilan bir qatorda tizim kamchiliklarini ham ta’kidlab o’tish maqsadga muvofiq bo’ladi. Bu esa izlanish davomida ko’rib chiqiladigan vaziyatlardan eng samaradorini olish imkonini beradi.

IoT — obyektlarning internetga ulangan sensorlar orqali o’zaro ma’lumot almashishidir. Temir yo’l vagonlariga o’rnatilgan IoT qurilmalar yordamida vagon

ichidagi harorat, namlik, tebranish, tormoz tizimi holati, texnik nosozlik belgilarini aniqlash kabi parametrlarni nazorat qilib IoT qurilmalari ma'lumotlarni GPS orqali aniqlangan joylashuvga biriktiradi. Bu orqali kompleks monitoring tizimini yaratishga erishish mumkin. Shu bilan birga harakat vaqtida texnik holatni kuzatish imkoniyati, real vaqt monitoring, anomal holatlarni aniqlash afzalliklariga ega bo'linadi. Tizimning uzoq masofali aloqada energiya sarfi yuqori bo'lishi va signal uzatishda tarmoq infratuzilmasiga bevosita bog'liqlik kabi cheklovlari mavjud.

5G — beshinchi avlod mobil aloqa texnologiyasi bo'lib, real vaqt monitoring uchun zarur bo'lgan **yuqori tezlikdagi ma'lumot uzatish** imkoniyatini yaratadi. Bu texnologiya ayniqsa temir yo'l transportida vagonlar va boshqaruv markazi o'rtasida doimiy, tezkor va kechikishsiz aloqa uchun qulay. Afzalliklari juda past kechikish (*latency* <1 ms), yuqori ma'lumot uzatish tezligi (1–10 Gbps), bir vaqtning o'zida minglab qurilmalarni ulash imkoniyati mavjud. Cheklovlari esa tarmoq infratuzilmasi har joyda mavjud emasligi hamda uzoq va chekka hududlarda signal o'z kuchini yo'qotishi mumkin. (*Ma'lumot o'rnida: Deutsche Bahn (Germaniya) – o'zining "Smart Train" dasturi doirasida vagonlarga IoT sensorlar va GPS qurilmalar o'rnatib, 5G orqali real vaqt monitoringni yo'lga qo'ygan. Indian Railways – har bir vagon uchun o'zining GPS asosidagi "Real Time Train Information System (RTIS)"ni ishlab chiqqan. Ushbu tizim har bir poezd holatini 30 soniyada yangilab, nazorat markaziga yuboradi.*)

Temir yo'l transporti xavfsizligini real vaqt rejimida ta'minlash uchun zamonaviy texnologiyalar jumladan GPS, IoT, 5G tarmoqlari muhim ahamiyatga ega. Ushbu texnologiyalar birgalikda ishlagan holdagina vagonlarning joylashuvi, texnik holati va harakat parametrlarini uzluksiz kuzatish, xavfli vaziyatlarga tezkor javob berish imkonini beradi. Tizimlar integratsiyasi esa temir yo'l tarmog'ining umumiy samaradorligini oshiradi. Harakatdagi temir yo'l tarkibini real vaqt rejimida kuzatish va xavfsizlikni ta'minlash uchun monitoring tizimining arxitekturasini murakkab, lekin funksional jihatdan aniq va modulli bo'lishi kerak. Endi esa vagonlarga o'rnatiladigan qurilmalar, markaziy monitoring markazi, ma'lumot uzatish kanallari va foydalanuvchi interfeysi kabi asosiy komponentlar haqida to'xtalamiz. Monitoring tizimining umumiy arxitekturasini taxminan quyidagicha tuzib chiqish mumkin:

Vagon darajasidagi qurilmalar (ma'lumot yig'uvchi qatlam)

har bir vagon yoki lokomotivga quyidagi qurilmalar o'rnatiladi (lokomotivlarga o'rnatilishi maqsadga muvofiq).

- GPS moduli: geografik koordinatalarni aniqlaydi.
- IoT sensorlar: harorat, tebranish, vibratsiya, namlik, harakat holati, eshiklar ochilishi, tormoz holati va boshqa muhim texnik parametrlarni o'lchaydi.
- Mikrokontroller (MCU): ma'lumotlarni yig'ish, qayta ishlash va uzatish uchun ishlatiladi (masalan, Raspberry Pi, STM32, Arduino asosidagi modullar).
- SIM-karta / 5G / LoRaWAN modem (uzoq masofali, past energiya sarf qiluvchi, kam tezlikdagi ma'lumot uzatish texnologiyasi bo'lib, temir yo'l monitoringida signal uzatish uchun foydali hisoblanadi. Ayniqsa, chekka hududlardagi IoT qurilmalar uchun ideal moslama): uzluksiz ma'lumot uzatishni ta'minlaydi.
- Batareya quvvat manbai yoki elektr tizimi bilan integratsiya: uzoq muddatli ishlash uchun.

Hindiston temir yo'llarida o'rnatilgan RTIS qurilmalari har 30 soniyada GPS signalni markaziy tizimga yuboradi. [CRIS RTIS tizimi haqida](#)

Ma'lumot uzatish tarmog'i (aloqa qatlam) ma'lumotlar harakatdagi vagonlardan markaziy tizimga uzatiladi. Aloqa texnologiyasidan kelib chiqib 5G yoki 4G LTE (tezkor va katta hajmdagi ma'lumot uzatish uchun), LoRaWAN (past energiya sarf qiluvchi, uzoq masofali aloqa uchun), **Wi-Fi** (stansiyalarda yoki depo hududida ma'lumot sinxronlashtirish) shuningdek, **zaxira variant sifatida** Bluetooth yoki RFID (agar real vaqt muhim bo'lmasa)lar qo'llaniladi.

Bulutli yoki markaziy monitoring tizimi (ma'lumotlar markazi) barcha yig'ilgan ma'lumotlar **bulutli serverlar** (masalan, AWS IoT Core, Microsoft Azure, Google Cloud) va **on-premise (mahalliy) serverlar** — temir yo'l operatoriga tegishli ichki tarmoqlarda saqlanib qayta ishlanadi. O'z navbatida ushbu serverlar ma'lumotlarni to'plash, tozalash va saqlash, tahlil qilish va vaziyatlarni aniqlash, vizual interfeys orqali kuzatish va boshqarish (real vaqt xarita, grafikalar), ogohlantirishlar yuborish (SMS, e-mail, tizimdagi ogohlantirishlar) kabi vazifalarni bajaradi.

Monitoring interfeysi (foydalanuvchi qatlam) bunda operatorlar va texnik xodimlar uchun maxsus interfeyslar orqali tizim holatini kuzatish imkoniyati mavjud.

Bu uchun esa **Web interfeys (*real vaqt xarita bilan*)** har bir vagonning joylashuvi va holatini ko‘rsatadi. **Mobil ilovalar (*texnik xodimlar harakatda ham ma’lumotlarni ko‘ra oladi*)**. **Signal va ogohlantirish tizimi (*muhim o‘zgarishlar bo‘lsa, avtomatik tarzda xabar beriladi*)** ni ishlab chiqish kerak bo‘ladi.

Natijani esa quyidagicha ifodalash mumkin:

□ [GPS + IoT sensorlar] → [Vagondagi mikrokontroller] → [5G/LoRaWAN modem] → [Aloqa tarmog‘i] → [Markaziy server yoki bulut] → [Operator interfeysi (Web, Mobil)]

Jarayon orqali tizimdagi har bir vagon individual nazoratda bo‘ladi. Muammolar real vaqt rejimida aniqlanadi. Nosozliklar bo‘yicha oldindan texnik xizmat ko‘rsatish rejalashtiriladi. To‘xtab qolishlar va xavfli vaziyatlar aniqlanganda avtomatik ogohlantirishlar yuboriladi.

Temir yo‘l tizimlarida xavfsizlikni ta‘minlash faqatgina vagonlar harakatini kuzatish bilan cheklanmaydi. Muammo yuzaga kelishidan **oldin** uni aniqlash, ogohlantirish berish va avtomatik choralar ko‘rish bugungi monitoring tizimlarining asosiy vazifasiga aylanmoqda. Bunday imkoniyatni esa sun‘iy intellekt, ma’lumotlarni tahlil qilish va signalni qayta ishlash algoritmlari yaratib beradi. Monitoring tizimining arxitekturasida esa real vaqt monitoringning asosiy tayanchi bo‘lib, vagonlarga o‘rnatilgan sensorlar, aloqa tarmoqlari va markaziy nazorat tizimidan iborat. Har bir qatlamning funksional birligi xavfsizlikni ta‘minlash, nosozliklarni oldindan aniqlash va muvofiqlashtirilgan harakatni boshqarish uchun muhimdir.

Zamonaviy temir yo‘l transportida xavfsizlikni ta‘minlash, texnik xizmat samaradorligini oshirish va transport harakatini real vaqt rejimida nazorat qilish zamonaviy monitoring texnologiyalarining joriy etilishini talab qiladi. Ushbu maqolada biz harakatdagi temir yo‘l tarkibining real vaqt rejimida joylashuvini aniqlash va monitoring qilish orqali xavfsizlikni oshirish imkoniyatlarini ko‘rib chiqdik. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, GPS, IoT, 5G, LoRaWAN kabi texnologiyalar birgalikda qo‘llanilganda harakatdagi vagonlarning aniqligini, texnik holatini va harakat traektoriyasini doimiy ravishda nazorat qilish mumkin bo‘ladi. Bundan tashqari, xavfli vaziyatlarni aniqlovchi algoritmlar — anomaliya tahlili, signalni

qayta ishlash va sun'iy intellekt modellari orqali muammolarni oldindan aniqlash, ularni avtomatik tarzda bartaraf etish imkonini beradi.

O‘zbekiston temir yo‘llarida monitoring tizimlarini joriy etishda mahalliy sharoitlarga mos modullar (masalan, tejamkor LoRaWAN tarmoqlari, energiyani tejovchi IoT sensorlar) tanlanishi, mavjud infratuzilma bilan integratsiyalashuv bosqichma-bosqich amalga oshirilishi lozim bo‘ladi. Amaliy tajriba shuni ko‘rsatadiki, dunyoning rivojlangan temir yo‘l tizimlarida bunday monitoring tizimlari allaqachon joriy qilingan va samarali ishlamoqda (*masalan, Hindiston RTIS, Germaniya Deutsche Bahn AI monitoring, Fransiya Alstom HealthHub va boshqalar*). O‘zbekiston temir yo‘llarida ham shunday tizimlarni bosqichma-bosqich joriy etish orqali xavfsizlik va transport boshqaruvi darajasini sezilarli darajada oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. CRIS (Centre for Railway Information Systems), “Real Time Train Information System (RTIS)” — <https://cris.org.in/RTIS>
2. Deutsche Bahn AG, “Smart Train Monitoring using AI and IoT”, Telekom press release — <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/smart-railway-projects-with-deutsche-bahn-606056>
3. Alstom, “HealthHub - Digital train diagnostics platform” — <https://www.alstom.com/solutions/digital-mobility/healthhub>
4. Federal Railroad Administration, USA — Safety Statistics — <https://railroads.dot.gov/>
5. European Union Agency for Railways, Annual Safety Report 2022 — <https://www.era.europa.eu>
6. Raj, V. & Sharma, S. (2021). “Railway Safety Monitoring using IoT and Predictive Analytics”, *International Journal of Computer Applications*, Vol. 183(43). DOI: 10.5120/ijca2021183414
7. Zhang, H. et al. (2020). “Anomaly detection in rail transport based on sensor fusion”, *IEEE Internet of Things Journal*. DOI: 10.1109/JIOT.2020.2998453
8. Rao, N., & Mehta, P. (2019). “Real-Time Train Tracking System using GPS and GSM”, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.