**UNIVERSITETI I PRISHTINËS**

***FAKULTETI I SHKENCAVE MATEMATIKE-NATYRORE***

***Departamenti i Matematikës***



**Punim Seminarik**

***Lënda: Inteligjenca Artificiale  
Tema: Aplikimi i inteligjencës artificiale në transportin hekurudhor***

***Profesori:***  ***Studenti:***

*Prof.Dr.Eliot Bytyci Leart Bllacaku   
Prof. Besnik Duriqi Gentin Morina Donat Gosalci*

# Abstrakt

*Transporti hekurudhor është shfaqur si një mjet vital i udhëtimit dhe transportit të mallrave. Integrimi i Inteligjencës Artificiale (AI) në këtë sektor ka fituar hov të konsiderueshëm në vitet e fundit. Ky projekt thekson implementimet aktuale dhe potencialet e AI në transportin hekurudhor përmes analizimit të publikimeve kërkimore nga bibliotekat e njohura si IEEExplore, Springer Link dhe Science Direct. Punimi fokusohet në ndikimin e AI në fushat e menaxhimit të trafikut hekurudhor, Parashikimin e mirëmbajtjes së infrastrukturës dhe menaxhimit të sigurisë. Duke identifikuar teknologjitë e AI si machine learning, deep learning dhe computer vision, punimi thekson potencialin e këtyre teknologjive për të përmirësuar efikasitetin, zvogëluar koston, rritur sigurinë dhe rritur qëndrueshmërinë në transportin hekurudhor.* *Gjetjet e punimit tregojnë potencialin e rëndësishëm të AI në transformimin e industrisë së transportit hekurudhor, duke ofruar mundësi të reja për inovacion dhe duke adresuar sfidat kritike që i paraqiten sektorit.*

# Përmbajtja

[Abstrakt 2](#_Toc129704875)

[Përmbajtja 2](#_Toc129704876)

[1. Hyrje 3](#_Toc129704877)

[2. Metodologjia 4](#_Toc129704878)

[3. Analiza 6](#_Toc129704879)

[3.1 Analiza e Metadata 6](#_Toc129704880)

[3.2 Analiza e Punimeve 7](#_Toc129704881)

[3.3 Raste të implementimit të IA 12](#_Toc129704882)

[3.3.1 Parashikimi i sistemit të përmbajtjes 12](#_Toc129704883)

[3.3.2 Menaxhimi i kapaciteteve 12](#_Toc129704884)

[3.3.3 Siguria 12](#_Toc129704885)

[3.3.4 Eficienca e Energjisë 12](#_Toc129704886)

[3.3.5 Customer Service 13](#_Toc129704887)

[Referencat 13](#_Toc129704888)

# Hyrje

Sistemi hekurudhor ka qenë një nga mënyrat më të rëndësishme të transportit për disa shekuj, duke lidhur njerëz dhe mallra në distanca të mëdha. Ajo ka luajtur një rol vendimtar në formësimin e botës moderne duke lehtësuar tregtinë dhe lëvizjen e njerëzve. Hekurudha ka qenë e rëndësishme në zhvillimin dhe rritjen e qyteteve, duke lejuar transport më të shpejtë dhe më efikas të mallrave dhe udhëtarëve. Edhe me ardhjen e mënyrave të tjera të transportit, si transporti ajror dhe automobilistik, hekurudhat kanë vazhduar të jenë një pjesë thelbësore e infrastrukturës së transportit, veçanërisht për lëvizjen e mallrave. Me avancimin e teknologjisë, veçanërisht në inteligjencën artificiale (AI), tani ekziston një mundësi për të shfrytëzuar fuqinë e AI për të rritur efikasitetin dhe sigurinë e sistemeve hekurudhore, duke i bërë ato një komponent edhe më të rëndësishëm të transportit modern. Industria e transportit po zhvillohet vazhdimisht me avancimin e teknologjisë. AI ka potencialin për të transformuar industrinë hekurudhore, duke e bërë atë më efikase, me kosto më efektive dhe të sigurt për pasagjerët dhe mallrat. Në këtë punim, ne do të shqyrtojmë zbatimin e AI në transportin hekurudhor dhe do të eksplorojmë përfitimet dhe sfidat e tij të mundshme. Ne do të analizojmë kërkimet aktuale dhe studimet e rasteve për të kuptuar se si AI po përdoret në transportin hekurudhor dhe do të diskutojmë potencialin për zhvillimin dhe integrimin e mëtejshëm të teknologjisë së AI në të ardhmen. Megjithatë si çdo sistem transporti edhe transporti hekurudhor përballet me sfida të ndryshme që mund të pengojnë efikasitetin, sigurinë dhe qëndrueshmërinë e tij. Disa nga problemet e zakonshme në transportin hekurudhor përfshijnë:

* **Menaxhimin e trafikut hekurudhor,**
* **Efikasiteti i energjisë,**
* **Parashikimin e mirëmbajtjes së infrastrukturës,**
* **Mbrojtja dhe siguria.**

Për fat të mirë, përparimet në teknologjitë e Inteligjencës Artificiale (IA) ofrojnë zgjidhje të mundshme për këto probleme. Përdorimi i teknologjive të avancuara të IA si:

* **Machine learning,**
* **Deep learning,**
* **Computer vision,**
* **Procesimi i gjuhëve natyrore (NLP).**

ka një potencial të jashtëzakonshëm në adresimin e sfidave me të cilat përballet industria e transportit hekurudhor. Këto teknologji ofrojnë një sërë aplikimesh për të rritur efikasitetin, sigurinë, qëndrueshmërinë dhe reduktimin e kostove të mirëmbajtjes. Në këtë punim, ne synojmë të hulumtojmë problemet që prekin sektorin e transportit hekurudhor dhe të eksplorojmë zgjidhjet e mundshme të ofruara nga AI. Në sektorin e transportit hekurudhor, përparimet në teknologjitë e Inteligjencës Artificiale (AI) kanë një ndikim shumë të rëndësishëm. Përdorimi i teknologjive të avancuara si Machine Learning, Deep Learning, Computer Vision dhe Procesimi i Gjuhëve Natyrore (NLP) ofron një gamë të gjerë zgjidhjesh për të adresuar sfidat me të cilat përballet kjo industri. Në këtë punim, hulumtojmë problemet specifike që prekin sektorin e transportit hekurudhor dhe i eksplorojmë zgjidhjet e mundshme të ofruara nga AI. Këto zgjidhje të AI-së ofrojnë një potencial të jashtëzakonshëm për të optimizuar funksionimin e sistemit të transportit hekurudhor, duke e bërë atë më efikas dhe të sigurt për të gjithë përdoruesit.

Fluksi i paparashikueshëm i pasagjerëve të transportit hekurudhor, duke përfshirë pasagjerët në pritje pa bileta, është një sfidë e zakonshme në transportin hekurudhor [1]. Ky problem mund të çojë në trena të mbingarkuar, rritje të mashtrimit me bileta dhe rreziqe të mundshme të sigurisë. Deep learning mund të përdoret për të parashikuar fluksin e pasagjerëve dhe për të optimizuar oraret e trenave për të përshtatur kërkesat e ndryshme. Hulumtimet e fundit në Kinë kanë treguar se përdorimi i Algoritmit GBDT (Gradient Boost Decision Tree) Ensemble Learning Algorithm mund të parashikojë me saktësi volumin e pasagjerëve midis Pekinit dhe Shangait, madje edhe duke përfshirë pasagjerët pa bileta [1]. Rezultatet tregojnë se përfshirja e pasagjerëve në pritje pa bileta në algoritëm përmirëson saktësinë e parashikimit, duke ofruar një ide të re për parashikimin e fluksit të pasagjerëve dhe duke ndihmuar ndërmarrjet e transportit hekurudhor të identifikojnë nevojat reale të pasagjerëve [1].

# Metodologjia

Sigurimi i përfshirjes dhe saktësisë së hulumtimit tonë ishte shumë i rëndësishëm, prandaj ne u fokusuan në literaturën më të re në fushën e inteligjencës artificiale në transportin hekurudhor. Në këtë drejtim, ne kemi selektuar dhe analizuar vetëm artikuj hulumtues që ishin të publikuar brenda tre viteve të fundit dhe që përmbushnin kriteret tona të përfshirjes. Për të arritur këtë, metodologjia jonë e hulumtimit ka përfshirë një shqyrtim sistematik të literaturës së artikujve hulumtues, duke filluar me fjalët kyçe bazë si "**inteligjenca artificiale**" dhe "**transport**", dhe pastaj duke ngushtuar fushën e kërkimit në transportin hekurudhor. Ne kemi përdorur baza të të dhënave akademike të besueshme si *IEEExplore*, *Science Direct* dhe *Springer Link* për të kërkuar dhe marrë artikujt relevantë të hulumtimit. Pas kësaj, ne i kemi analizuar abstraktët dhe sintetizuar ato për të marrë perspektiva më të hollësishme mbi problemet e zakonshme e sfiduese të industrisë së transportit hekurudhor ku AI mund të jetë mjaft e dobishme në krahasim me gjendjen aktuale.

Figura . Grafiku i kërkimit në libraritë sipas fjalëve kyçe të ndryshme.

Në kërkimin tonë, ne kemi vendosur kriteret e përfshirjes së fjalëve "Inteligjenca Artificiale" dhe "Transporti" si pjesë të tij. Megjithatë, pavarësisht kësaj, numri i punimeve ishte ende shumë i madh edhe pas filtrimit të punimeve në tre vitet e fundit. Mirëpo, ne kemi shtuar kriterin që inteligjenca artificiale të jetë përdorur në transportin hekurudhor në tre vitet e fundit, dhe kjo ka bërë që numri i punimeve të jetë eksponencialisht më i vogël se më pare. Dokumentacioni ynë thekson një qasje sistematike dhe të përcaktuar për zgjedhjen e fjalëve kyçe gjatë kryerjes së kërkimit për të siguruar rezultate sa më të saktë dhe sa më të plotë. Kjo është e veçanërisht e rëndësishme kur kërkoni për punimet kërkimore më të fundit dhe më të rëndësishme (Fig.2).

Figura . Paraqitja grafike e zvogëlimit drastik të numrit të punimeve, me çdo fjalë të re që i bashkangjitet filtrimit.

Me shtimin edhe të disa fjalëve të tjera si "Hekurudha", "Deep Learning" dhe "Machine Learning", kjo e bëri kërkimin tonë edhe më specifik dhe të përqendruar në fushën tonë të interesit. Në vazhdim numri i punimeve u ul drastikisht në tre libraritë akademike që ne i kemi përdorur në këtë punim. Kjo tregon se përdorimi i fjalëve kyçe specifike mund të kufizojë numrin e punimeve të disponueshme për kërkim, por mund të sigurojë rezultate më të përshtatshme dhe më të rëndësishme për kërkuesit në fushën specifike të studimit. Për më tepër, dokumentacioni ynë vë në dukje se përdorimi i një kombinimi të fjalëve kyçe specifike mund të jetë më efektiv në ngushtimin e kërkimit dhe në marrjen e punimeve kërkimore më të rëndësishme. Kjo mund të ndodhë sepse fjalët kyçe specifike kanë tendencë të kufizojnë kërkimin dhe të ndihmojnë në marrjen e rezultateve më të rëndësishme dhe të vlefshme.

# Analiza

Pjesa e analizës së dokumentacionit tonë do të ndahet në dy nënpjesë për të analizuar tërësisht punimet nga libraritë akademike mbi zbatimin e IA në transportin hekurudhor. Nënpjesa e parë do të fokusohet në analizën e metadata të punimeve, duke përfshirë titullin, autorët, datën e publikimit dhe fjalët kyçe. Kjo do të bëhet me qëllim që të identifikohen punimet kërkimore më të rëndësishme dhe më të fundit dhe të përcaktojmë llojin e temave që studiuesit kanë hulumtuar. Nënpjesa e dytë do t'i kushtohet analizës së vetë artikujve, duke përfshirë metodologjinë, gjetjet dhe përfundimet e tyre. Nëpërmjet kësaj analize, ne synojmë të identifikojmë pikat e forta dhe të dobëta të studimeve, të vlerësojmë kontributin e tyre në këtë fushë dhe të ofrojmë njohuri mbi drejtimet e kërkimit të ardhshëm. Në përgjithësi, ky seksion analize do të ofrojë një përmbledhje gjithëpërfshirëse të dokumenteve kërkimore mbi zbatimin e IA në transportin hekurudhor, duke theksuar gjendjen e tanishme.

## Analiza e Metadata

Analiza e metadata të artikujve kërkimor përfshin analizimin e informacionit rreth artikujve, si emrat e autorëve, data e publikimit, emri i revistës, fjalë kyçe dhe abstraktet. Kjo lloj analize mund t'i ndihmojë kërkuesit të fitojnë njohuri mbi tendencat në kërkime, si p.sh. cilët autorë ose institucione po publikojnë më së shumti artikuj për një temë të caktuar, cilat fjalë kyçe përdoren më shpesh dhe cilat revista po publikojnë artikujt më të rëndësishëm. Për më tepër mund t'i ndihmojë studiuesit të identifikojnë boshllëqet në kërkime dhe fushat e mundshme për studime në të ardhmen. Më poshtë është shfaqur grafiku me të dhënat mbi numrin e punimeve të publikuara në tre libraritë akademike, një numër të caktuar të të cilave i kemi analizuar në fushën e transportit hekurudhor në kuadër të punimit tonë.

Në vitin 2019 vërehet një numër relativisht i vogël krahasuar me vitet vijuese kurse mesatarisht numri i punimeve i publikimeve është dukshëm më i lartë në vitin 2022. Për dallim nga IEEExplore dhe Springer Link, në vitin 2023 edhe pse jemi vetëm në tremujorin e parë Science Direct ka dukshëm numër më të lartë [2], se Springer Link e eksponencialisht më të lartë se IEEExplore me vetëm 2 punime të publikuara në vitin 2023 [3] , [4].

Figura . Grafiku i punimeve të publikuara në tre libraritë akademike gjatë 4 viteve të fundit.

## Analiza e Punimeve

Analiza e artikujve kërkimorë përfshin shqyrtimin e përmbajtjes së vetë artikujve, dhe jo vetëm të metadata të tyre. Kjo përfshin një lexim dhe interpretim të plotë të tekstit, si dhe identifikimin e modeleve dhe temave nëpër artikuj të shumtë. Mund të përfshijë kategorizimin e artikujve bazuar në fokusin e tyre kërkimor, metodologjinë dhe rezultatet, si dhe nxjerrjen e konkluzioneve bazuar në gjetjet e përgjithshme. Analiza e punimeve është një hap kritik për të kuptuar gjendjen aktuale të kërkimit në një fushë të caktuar dhe identifikimin e boshllëqeve ose fushave për studim të mëtejshëm.

Gjithsej kemi përzgjedhur tridhjetë punime nga tre libraritë akademike *IEEExplore*, *Science Direct* dhe *Springer Link*, të cilat bëjnë pjesë në fushën tonë të kërkimit. Përgjatë analizës së punimeve vërejmë se teknologjitë më të përdorura janë machine learning dhe deep learning, e cila veçse është nëndegë e machine learning, kurse kjo nëndegë e vetë IA. Këto dy teknologji gjejnë aplikim në një horizont të gjerë problemesh përbrenda industrisë së transportit hekurudhor, nga siguria e hekurudhave siç është kontrollimi për defekte e deri në parashikimin e fluksit të udhëtareve, për më tepër kanë gjetur aplikim edhe në aspektin komercial për shërbime të personalizuara ndaj kërkesave specifike të klientëve. Më poshtë është shfaqur tabela me titujt e tridhjetë punimeve të analizuara.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Titulli | Libraria | Revista | Viti |
| 1 | Railroad Near-Miss Occurrence Detection and Risk Estimation System with Data from Camera Using Deep Learning | IEEExplore | 2021 5th International Conference on Imaging, Signal Processing and Communications (ICISPC) | 2021 |
| 2 | An IoT based Monitoring System to Detect Animal in the Railway Track using Deep Learning Neural Network | IEEExplore | 2022 3rd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC) | 2022 |
| 3 | Prediction of Passenger Flow Based on CNN-LSTM Hybrid Model | IEEExplore | 2019 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID) | 2019 |
| 4 | Detection of Locomotive Signal Lights and Pedestrians on Railway Tracks Using Improved YOLOv4 | IEEExplore | IEEE Access | 2022 |
| 5 | Detection of Rail Defects with Deep Learning Controlled Autonomous UAV | IEEExplore | 2021 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI) | 2021 |
| 6 | A Deep-Learning-Powered Near-Real-Time Detection of Railway Track Major Components: A Two-Stage Computer-Vision-Based Method | IEEExplore | IEEE Internet of Things Journal | 2022 |
| 7 | Detection of Railway Leakage Cable Jigs Based on SSD | IEEExplore | 2019 IEEE International Conference on Signal, Information and Data Processing (ICSIDP) | 2019 |
| 8 | User-friendly Enhanced Machine Learning-based Railway Management System for Sri Lanka | IEEExplore | 2021 IEEE 12th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON) | 2021 |
| 9 | Parallel Architecture of Convolutional Bi-Directional LSTM Neural Networks for Network-Wide Metro Ridership Prediction | IEEExplore | IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems | 2019 |
| 10 | Railway Track Defect Detection using Transfer Learning With EfficientNetB3 | IEEExplore | 2022 International Conference on Data Analytics for Business and Industry (ICDABI) | 2022 |
| 11 | Real-Time Detection and Recognition of Railway Traffic Signals Using Deep Learning | Springer Link | Journal of Big Data Analytics in Transportation | 2022 |
| 12 | Train rolling stock video segmentation and classification for bogie part inspection automation: a deep learning approach | Springer Link | Journal of Engineering and Applied Science | 2022 |
| 13 | Deep Learning in Transport Studies: A Meta-analysis on the Prediction Accuracy | Springer Link | Journal of Big Data Analytics in Transportation | 2020 |
| 14 | Smart Tramway Systems for Smart Cities: A Deep Learning Application in ADAS Systems | Springer Link | International Journal of Intelligent Transportation Systems Research | 2022 |
| 15 | An ETA Prediction Model for Intermodal Transport Networks Based on Machine Learning. | Springer Link | Business & Information Systems Engineering | 2020 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| 16 | Deep reinforcement learning with reference system to handle constraints for energy-efficient train control | Science Direct | The Journal of Affective Disorders | 2021 |
| 17 | Artificial intelligence-aided railroad trespassing detection and data analytics: Methodology and a case study | Science Direct | Accident Analysis & Prevention | 2022 |
| 18 | Semantic Model of Intelligent Railway Crossing Safety Management System | Science Direct | Transportation Research Procedia | 2022 |
| 19 | LSTM-based failure prediction for railway rolling stock equipment | Science Direct | Expert Systems with Applications | 2023 |
| 20 | Predicting weather-induced delays of high-speed rail and aviation in China | Science Direct | Transport Policy | 2021 |
| 21 | A review of data-driven approaches to predict train delays | Science Direct | Transportation Research Part C: Emerging Technologies | 2023 |
| 22 | Implementation of Artificial intelligence for maintenance operation in the rail industry | Science Direct | Procedia CIRP | 2022 |
| 23 | A railway accident prevention method based on reinforcement learning – Active preventive strategy by multi-modal data | Science Direct | Reliability Engineering & System Safety | 2023 |
| 24 | Deep learning based energy efficient optimal timetable rescheduling model for intelligent metro transportation systems | Science Direct | Physical Communication | 2020 |
| 25 | Business analytics meets artificial intelligence: Assessing the demand effects of discounts on Swiss train tickets | Science Direct | Transportation Research Part B: Methodological | 2022 |
| 26 | Predictive maintenance using tree-based classification techniques: A case of railway switches | Science Direct | Transportation Research Part C: Emerging Technologies | 2019 |
| 27 | Multi-agent-based dynamic railway scheduling and optimization: a coloured petri-net model | Springer Link | Advances in Computational Intelligence | 2022 |
| 28 | Methodology for the Characterisation of Linear Rail Transport Infrastructures with the Machine Learning Technique and Their Application in a Hyperloop Network | Springer Link | Urban Rail Transit volume | 2021 |
| 29 | Train delay prediction in Tunisian railway through LightGBM model | Science Direct | Procedia Computer Science | 2021 |
| 30 | Information and Measurement System for Electric Power Losses Accounting in Railway Transport | Science Direct | Transportation Research Procedia | 2021 |

Pas analizës rezulton se fusha me interesin më të lartë në transportin hekurudhor është mbrojtja dhe siguria, kurse aspektet tjera sikurse vonesat apo optimizimi i orareve dhe kostove janë në plan të dytë. Më shumë se gjysma e punimeve shtjellojnë probleme që kanë të bëjnë në një formë apo tjetrën me sigurinë e sistemit.

Afërsisht 20% e punimeve të analizuara merren me problemet që kanë të bëjnë me vonesat dhe shërbimet e ofruara ndaj klientëve, ndërsa dy (3,9) prej këtyre ofrojnë zgjidhje më të mira për parashikimin e fluksit të udhëtarëve [5]. Krahas këtyre problemeve tre punime (16, 24, 30), aktualizojnë çështjen e shfrytëzimit sa më efiçient të energjisë, duke pasur parasysh se shumica e sistemeve të transportit hekurudhor përdorin energjinë elektrike. Para se gjithash nuk është lënë anash komoditeti ndaj pasagjerëve, punimi (8) ofron zgjidhje në këtë drejtim, meqë të gjitha përmirësimet bëhen në favor të shërbimit ndaj klientëve [6]. Modeli i aplikuar në punimin tetë në ***Sri******Lanka*** ofron një sistem inovativ për të ndihmuar pasagjerët në identifikimin e destinacioneve të përshtatshme dhe aranzhimeve të ndenjëseve duke sugjeruar një plan udhëtimi me linja hekurudhore që mbulojnë destinacionet më të përshtatshme bazuar në atribute të ndryshme të pasagjerëve [6]. Për më tepër disponon një chatBot interaktiv për pyetjet e përdoruesve mbi informacionin specifik të vendndodhjes dhe lehtëson ndërveprimin e përdoruesit përgjatë tërë udhëtimit [6].

Figure .Grafiku shfaq fushat e punimeve të analizuara.

Figure .Grafiku shfaq numrin e punimeve të analizuara në çdonjërën librari.

Meqenëse siguria është çështje tejet delikate, nevoja e përdorimit të IA është e pashmangëshme për të përmirësuar sigurinë në transportin hekurudhor. Si rezultat i kësaj 53% e punimeve të analizuara bëjnë pjesë në aspektin e sigurisë, në ofrimin e zgjidhjeve për probleme të ndryshme. Shkaktarët kryesorë të aksidenteve konsiderohen të jenë:

* Aksidentet me objekte përgjatë hekurudhes,
* Defektet në rrjetin hekurudhor,
* Aksidentet në kryqëzime ku bashkohen llojet e ndryshme të transportit,
* Dëmtimi i pajisjeve të trenave.

Për të gjitha problemet e lartpërmendura, punimet e analizuara ofrojnë zgjidhje të mundshme me saktësi më të lartë se modelet aktuale që përdoren. Punimi i njëmbëdhjetë (11) [7], përdor algoritmin YOLOv5 (You Only Look Once) për zbulimin dhe njohjen e sinjaleve anës rrugës dhe një model heuristik për njohjen e gjendjeve vezulluese. Qasja është trajnuar duke përdorur një koleksion me mbi 100,000 imazhe të sinjaleve të trafikut nga disa prej trenave në Hekurudhat Franceze [7]. Rrjeti i trajnuar ka kosto të ulët llogaritëse dhe performancë të fuqishme, edhe në rrethana të pafavorshme si shiu dhe mjediset e natës dhe skenat komplekse me sinjale të shumta dhe burime drite. Ai gjithashtu mund të zbulojë sinjale nga një distancë e largët duke e bërë atë një sistem shtesë për operatorët njerëzorë [7].

Defektet në rrjetin hekurudhor mund të kenë pasoja të paimagjinueshme në shkaktimin e aksidenteve, andaj rëndësia e inspektime të rregullta përgjatë rrjetit është jetike në parandalimin e aksidenteve dhe mbarëvajtjen e operacioneve të përditshme. Punimi i dhjetë (10) ofron zgjidhje të automatizuar për zbulimin e çarjeve dhe ndërprerjeve në hekurudha, me një rrjet neural network të paratrajnuar *EfficientNet-B3* [8]. Modeli i propozuar përdor algoritmin Backpropagation për të zbuluar në mënyrë efektive zonat e shinave hekurudhore duke shtypur rajonet që nuk kanë lidhje me klasifikimin. Mekanizmi i zbulimit arrin një saktësi prej 93,55% ndërsa klasifikon një grup të dhënash imazhesh [8].

Kryqëzimet ku përfshihen lloje të ndryshme të transportit janë një zonë me rrezik të lartë si për automobilat ashtu edhe për hekurudhat, hulumtimi tregon se shumica e aksidenteve në vendkalimet hekurudhore shkaktohen nga shoferët. Modeli i propozuar në punimin e tetëmbëdhjetë (18) do të identifikonte faktorët që kontribuojnë në shkeljet e sigurisë në kryqëzime, dhe informacioni do të kombinohet me të dhënat e policisë për të parashikuar zhvillimin e situatës në secilin object [9]. Deep Learning dhe Machine Learning përdoren për të procesuar dhe analizuar të dhënat e mbledhura nga senzorët dhe pajisjet [9]. Siç duket edhe nga rezultatet e studimit, shumë faktorë ndikojnë në funksionimin e sigurt të një kalimi hekurudhor. Në të njëjtën kohë, statistikat tregojnë se aksidentet e ndodhura janë 93% të lidhura me njerëzit [9]. Sistemi i propozuar në punë lejon marrjen parasysh të të gjithë faktorëve dhe llogaritjen e probabilitetit të aksidentit në vendkalim. Bazuar në vlerën e llogaritur të probabilitetit të një aksidenti ose incidenti, një njoftim mund t'u dërgohet drejtuesve të makinave dhe drejtuesve të trenave që i afrohen vendkalimit [9].

Një tjetër element i ekuacionit të sigurisë është jetëgjatësia e pajisjeve të trenit, cka nëse gjatë udhëtimit dëmtohen rrotat të cilat për një kohë të gjatë ishin në përdorim dhe afati i përdorimit ndaj lagështisë ka skaduar. Pasojat mund të jenë të paimagjinueshme, në rastin më të mire dëmet mund të jenë disa dhjetëra miliona euro dëme materiale. Punimi njëzetedy (22) studion jetëgjatësine e rroatve të trenit ndaj lagështisë, përdoret për operacionet e mirëmbajtjes së komponentit të lagështisë së rrotave [10]. Modeli përdor algoritme trajnimi të specializuara në një mjedis të machine learning derisa ai prodhoi një model në gjendje të bëjë parashikime [10], Modeli i zhvilluar u vlerësua si i përshtatshëm për parashikimin e Përdorimit të Mbetur (RUL), si dhe përcaktoi se lagështira e rrotës do të zgjaste për 500 orë gjatë 40 ditëve të ardhshëm para se të fillojë të dështojë në shërbim [10]. Zbatimi i këtij modeli ofron mundësi të mirëmbajtjes duke siguruar operacione të suksesshme [10].

## Raste të implementimit të IA

Në vijim janë dhënë disa raste të implementimit të inteligjencës artificiale në sistemet më të avancuara të transportit hekurudhor, përkatësisht në shtetet me zhvillim të lartë të sistemit hekurudhor. Keto vende shtrihen nga Amerika Veriore, Kanadaja, e gjerë në lindje të Azisë, Japonia.

### Parashikimi i sistemit të përmbajtjes

SNCF-The Société nationale des chemins de fer français, Kompania kombëtare e hekurudhave në pronësi të shtetit të Francës. E themeluar në vitin 1938, ajo drejton trafikun hekurudhor kombëtar të vendit së bashku me Monakon. Ajo ka zbatuar një sistem mirëmbajtjeje parashikuese të bazuar në IA për të monitoruar gjendjen e trenave të saj [11]. Sistemi përdor të dhëna nga sensorë dhe burime të tjera për të parashikuar se kur kërkohet mirëmbajtje [12]. Kjo e ka ndihmuar SNCF të reduktojë kohën e ndërprerjes, të përmirësojë besueshmërinë dhe të ulë kostot e mirëmbajtjes [13].

### Menaxhimi i kapaciteteve

Operatori holandez hekurudhor, ProRail, ka zbatuar një sistem optimizimi të kapacitetit të bazuar në AI për të optimizuar përdorimin e infrastrukturës së tij [14]. Sistemi përdor algoritme për të planifikuar trenat në mënyrë më efikase, duke reduktuar mbipopullimin dhe duke përmirësuar kohën e tranzitit. Sistemi optimizon menaxhimin sa më efikas të infrastrukturës hekurudhore duke identifikuar hapësirat ku përdorimi është nën nivelin e përllogaritur, dhe bën rialokimin nga këto pjesë në pjesët ku nevoja për infrastructure është jashtëzakonisht e lartë [15].

### Siguria

Hekurudha Kombëtare Kanadeze (CN) është një nga rrjetet më të mëdha hekurudhore në Amerikën e Veriut, që përfshin mbi 32,000 kilometra rrugë përgjatë Kanadasë dhe Shteteve të Bashkuara [16]. Për të garantuar sigurinë dhe sigurinë e infrastrukturës së saj hekurudhore, Hekurudha Kombëtare Kanadeze (CN) ka zbatuar një sistem mbikëqyrjeje me video të bazuar në IA për të monitoruar infrastrukturën e saj hekurudhore. Sistemi përdor algoritme të avancuara të vizionit kompjuterik për të analizuar burimet video të drejtpërdrejta nga kamerat e vëzhgimit të vendosura në të gjithë rrjetin e CN. Algoritmet janë trajnuar për të zbuluar kërcënimet e sigurisë, të tilla si njerëzit që shkelin shinat ose lënë çanta pa mbikëqyrje pranë hekurudhës [17]. Sistemi është gjithashtu i aftë të zbulojë sjellje të pazakonta, të tilla si njerëzit që enden nëpër zona të ndjeshme ose automjete që lëvizin në zona të kufizuara [18]. Kur zbulohet një kërcënim i mundshëm i sigurisë, sistemi dërgon një alarm në Qendrën Operative të Sigurisë CN, ku personeli i sigurisë mund të vlerësojë shpejt situatën dhe të ndërmarrë veprimet e duhura. Kjo i mundëson CN-së të reagojë shpejt ndaj kërcënimeve të mundshme të sigurisë dhe të parandalojë incidentet përpara se të ndodhin.

### Efiçienca e Energjisë

Rrjeti hekurudhor i Indisë ka implementuar një sistem menaxhimi për optimizimin e përdorimit të energjisë, sistemi është i bazuar në IA konkretisht përdor algoritme të machine learning për optimizimin e operacioneve të trenave me qëllim zvogëlimin e përdorimit të energjisë dhe emetimit të gazeve [19]. Sistemi i menaxhimit të energjisë është i dizajnuar të monitoron dhe kontrollon shfrytëzimin e energjisë përgjatë rrjetit hekurudhor indian, sistemi përdor të dhëna në kohë reale duke analizuar lëvizjet e trenave për të parashikuar potencialin e kursimit të energjisë [20]. Sistemi është gjithashtu në gjendje të optimizojë përdorimin e burimeve të disponueshme të energjisë, të tilla si naftë dhe energji elektrike, duke sugjeruar ndryshime në rrugët dhe oraret e trenave [21]. Sipas Hekurudhave Indiane, sistemi i menaxhimit të energjisë me bazë IA tashmë ka dhënë përfitime të konsiderueshme që nga zbatimi i tij. Për shembull, sistemi ka ulur konsumin e energjisë së rrjetit deri në 10%, duke rezultuar në kosto të konsiderueshme kursime dhe zvogëluar emetimet e karbonit [22].

### Customer Service

Operatori Japonez i shërbimeve të hekurudhes JR East, me qëllim të ofrimit të shërbimeve sa më cilësore ndaj klientëve, ka implementuar një chatBot të mbështetur në IA për ofrimin e asistencës te klientët [23]. ChatBot mund të përgjigjet në pyetje rreth orareve të trenit, tarifave rreth shërbimeve që ofrohen e informacione në përgjithësi për sistemin hekurudhor. Me përdorimin e këtij chatBot elminohen radhët e gjata të pritjes tek qendrat e informacionit, për më tepër chatBoti është i disponueshëm në webfaqen e operatorit JR East si dhe aplikacionin mobil duke mundësuar shërbim në çdo moment [23]. Përdoruesit janë ndarë tejet të kënaqur me përdorimin e chatBotit si dhe vlerësimet e marra nga përdoruesit kanë qenë shumë pozitive.

### Optimizimi i linjave

Operatori gjerman hekurudhor, Deutsche Bahn, ka zbatuar një sistem optimizimi të rrugëve të bazuara në AI për të optimizuar itinerarin e trenave të tij [24]. Sistemi përdor algoritme për të analizuar oraret e trenave, infrastrukturën dhe të dhëna të tjera për të reduktuar kohën e tranzitit dhe për të përmirësuar performancën në kohë. Sistemi i bazuar në AI është krijuar për të optimizuar drejtimin dhe planifikimin e trenave në rrjetin e gjerë të Deutsche Bahn [24]. Duke analizuar të dhënat në kohë reale për lëvizjet e trenave dhe kushtet e infrastrukturës, sistemi mund të identifikojë pengesat e mundshme dhe të sugjerojë rrugë ose orare alternative. Sistemi gjithashtu merr parasysh faktorë të tjerë që mund të ndikojnë në performancën e trenit, si kushtet e motit, oraret e mirëmbajtjes dhe faktorë të tjerë operacionalë. Duke optimizuar këta faktorë, sistemi mund të ndihmojë Deutsche Bahn të përmirësojë efikasitetin e përgjithshëm dhe të reduktojë kostot. Sipas Deutsche Bahn, zbatimi i sistemit të optimizimit të rrugëve të bazuara në AI ka sjellë tashmë përfitime të rëndësishme. Për shembull, sistemi ka ndihmuar në reduktimin e kohës së tranzitit deri dhe ka përmirësuar performancën për kohë të konsiderueshme. Kjo ka ndihmuar në përmirësimin e kënaqësisë së klientit dhe uljen e kostove operacionale për Deutsche Bahn [24].

# Konkluzioni

Pas analizimit të më shumë se tridhjetë punimeve në librari akademike të ndryshme arritëm të konkludojmë se transporti hekurudhor është arterie e zhvillimit ekonomik, për më tepër hekurudhat kanë qenë dhe vazhdojnë të jenë një mënyrë kritike transporti për njerëzimin duke mundësuar lëvizje efikase dhe të përshtatshme. Megjithatë, hekurudhat gjithashtu përballen me sfida të shumta si infrastruktura e vjetëruar, kostot e larta kapitale, joefikasiteti operacional dhe shqetësimet mjedisore. Për fat të mirë avancimet në fushën e inteligjencës artificiale, kanë potencialin për të adresuar disa nga këto sfida duke propozuar zgjidhje inovative për përmirësimin e performancës, mirëmbajtjes dhe qëndrueshmërisë së rrjetit hekurudhor.

Nëpërmjet aplikimit të sistemeve të bazuara në AI, kompanitë hekurudhore mund të përmirësojnë operacionet e tyre, të optimizojnë burimet e tyre dhe të rrisin sigurinë dhe komoditetin e përgjithshëm të pasagjerëve të tyre. Në përgjithësi, zbatimi i AI në transportin hekurudhor ka potencialin për të transformuar industrinë, duke e bërë atë më të rehatshme, efikase dhe të sigurt për të gjithë akterët e përfshirë. Ndërsa teknologjia vazhdon të evoluojë, ne mund të presim të shohim edhe më shumë aplikacione inovative dhe me ndikim të AI në këtë industri kritike.

# Referencat

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Z. L. L. W. H. W. J. Z. Yu Wang, "Prediction of Railway Passenger Volume including Waiting Passengers without Tickets.," *IEEExplore,* 2020. |
| [2] | "Science Direct," [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/search?date=2019-2023&qs=%22Artificial%20Intelligence%22%20%22Transport%22%20%22Railway%22&articleTypes=FLA&lastSelectedFacet=years&years=2023. |
| [3] | "link.springer.com," SpringerLink, [Online]. Available: https://link.springer.com/search?query=%22Artificial+Intelligence%22+%22Transport%22+%22Railway%22&facet-content-type=%22Article%22&showAll=false&date-facet-mode=in&facet-start-year=2023&previous-start-year=1999&facet-end-year=2023&previous-end-year=2023. |
| [4] | "IEEExplore," [Online]. Available: https://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?queryText=%22Artificial%20Intelligence%22%20%22Transport%22%20%22Railway%22&highlight=true&returnType=SEARCH&matchPubs=true&returnFacets=ALL&ranges=2023\_2023\_Year. |
| [5] | W. Z. W. H. Z. J. F. R. Wang Yu, "Prediction of Passenger Flow Based on CNN-LSTM Hybrid Model," *IEEExplore,* 2019. |
| [6] | W. W. T. P. P. G. M. G. S. K. G.L.V. Mihiranga, "User-friendly Enhanced Machine Learning-based Railway Management System for Sri Lanka," *IEEExplore,* 2021. |
| [7] | A. S. P. M. B. B. Andrea Staino, "Science Direct," *Springer Link,* 2022. |
| [8] | S. V. K. Sachin Lodhi, "Railway Track Defect Detection using Transfer Learning With EfficientNetB3," *IEEExplore,* 2022. |
| [9] | M. M. S. a. K. I. K. Alexei I. Davydov a, "Semantic Model of Intelligent Railway Crossing Safety Management System," *Science Direct,* 2022. |
| [10] | K. M. R. M. I. D. U. Ilesanmi Daniyan, "Implementation of Artificial intelligence for maintenance operation in the rail industry," *Science Direct,* 2022. |
| [11] | "https://www.sncf.com/," SNCF, [Online]. Available: https://www.sncf.com/en/network-expertise/rolling-stock-division/how-predictive-maintenance-improves-rail-travel. |
| [12] | "https://www.sncf-reseau.com/," [Online]. Available: https://www.sncf-reseau.com/en/entreprise/newsroom/sujet/innovating-predictive-maintenance. |
| [13] | "https://www.railjournal.com/," [Online]. Available: https://www.railjournal.com/in\_depth/digital-transformation-improves-sncfs-maintenance-systems/. |
| [14] | "Aveva," [Online]. Available: https://www.aveva.com/en/perspectives/blog/prorail-optimizes-operations-in-one-of-the-worlds-busiest-railways/. |
| [15] | "UbiOps," [Online]. Available: https://ubiops.com/portfolio/preventing-switch-failures-with-prorail/. |
| [16] | "railcan.ca," [Online]. Available: https://www.railcan.ca/wp-content/uploads/2019/09/Fiona\_Murray.pdf. |
| [17] | "https://www.appsruntheworld.com/," [Online]. Available: https://www.rtands.com/track-construction/no-longer-atypical/. |
| [18] | "Trains.com," [Online]. Available: https://www.trains.com/trn/news-reviews/news-wire/05-canadian-national-keen-on-adopting-new-automated-technology/. |
| [19] | [Online]. Available: https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2020/03/Energy-Efficiency-in-Indian-Railways.pdf. |
| [20] | "https://shaktifoundation.in/," [Online]. Available: https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2020/03/Energy-Efficiency-in-Indian-Railways.pdf. |
| [21] | "https://shaktifoundation.in/," [Online]. Available: https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2020/03/Energy-Efficiency-in-Indian-Railways.pdf. |
| [22] | "https://shaktifoundation.in/," [Online]. Available: https://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2020/03/Energy-Efficiency-in-Indian-Railways.pdf. |
| [23] | "Jreast," JR East, [Online]. Available: https://www.jreast.co.jp/e/environment/pdf\_2022/all.pdf. |
| [24] | "DeutscheBahn," [Online]. Available: https://www.deutschebahn.com/en/artificial\_intelligence-6935068. |
| [25] | "Springer Link," [Online]. Available: https://link.springer.com/search?showAll=false&facet-content-type=%22Article%22&query=%22Artificial+Intelligence%22+%22Transport%22+%22Railway%22&date-facet-mode=in&facet-start-year=2023&previous-start-year=2019&facet-end-year=2023&previous-end-year=2023. |
| [26] | "Science Direct," [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522000618?fbclid=IwAR1OjATFplc1pmGBPSyl2wuMLvPTrD6fILbYOJs29pqew7vWunj5FScYiTk. |
| [27] | "DeutscheBahn," [Online]. Available: https://www.deutschebahn.com/en/artificial\_intelligence-6935068. |

[Figura 1. Grafiku i kërkimit në libraritë sipas fjalëve kyçe të ndryshme. 5](#_Toc129742156)

[Figura 2. Paraqitja grafike e zvogëlimit drastik të numrit të punimeve, me çdo fjalë të re që i bashkangjitet filtrimit. 5](#_Toc129742157)

[Figura 3. Grafiku i punimeve të publikuara në tre libraritë akademike gjatë 4 viteve të fundit. 7](#_Toc129742158)

[Figure 4.Grafiku shfaq fushat e punimeve të analizuara. 10](#_Toc129742159)

[Figure 5.Grafiku shfaq numrin e punimeve të analizuara në çdonjërën librari. 10](#_Toc129742160)