



**ПОДОБРЯВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НАДЕЖДНОСТ,
РАБОТОСПОСОБНОСТ И СИГУРНОСТ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ
ПРЕЛЕЗИ ПОСРЕДСТВОМ ПРЕДИКТИВНА ПОДДРЪЖКА, ЧРЕЗ
ИЗКУСТВЕН ИНТЕЛЕКТ И АЛГОРИТМИ ЗА МАШИННО
ОБУЧЕНИЕ**

Димитрина Асенова
Didi.s.asenova@gmail.com

**ВТУ „Тодор Каблешков”,
1574 София, ул. Гео Милев 158,
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** надеждност, работоспособност, сигурност, железопътни прелези, изкуствен интелект*

***Резюме:** Докладът се фокусира върху възможностите за прогнозна поддръжка, съчетана с машинно обучение, което може значително да подобри надеждността, работоспособността и безопасността на системите за железопътни прелези.*

Прогнозната поддръжка използва данни, събрани от сензори и други източници, за прогнозиране на потенциални повреди, преди те да се появят. Алгоритмите за машинно обучение анализират тези данни, за да открият модели и да предвидят кога и къде трябва да се извърши поддръжка. Моделите за машинно обучение могат да идентифицират фини промени в работата на железопътните прелези, които могат да показват предстояща повреда. Чрез адресиране на проблемите, преди те да доведат до повреда, предсказуемата поддръжка минимизира неочакваните повреди. Това увеличава общото време за работа на системите за прелези, като гарантира, че влаковете и пътният трафик са по-малко вероятно да имат закъснения поради повреда на оборудването. Работоспособността се отнася до способността на железопътната прелезна система да бъде в състояние, готово за използване.

Прогнозната поддръжка допринася за безопасността. Чрез предвиждане на аварии, предсказуемата поддръжка може да предотврати аварии, причинени от неизправност на оборудването. Алгоритмите за машинно обучение могат непрекъснато да анализират данни от сензори в реално време, за да гарантират, че всички компоненти на системата за преминаване функционират правилно.

Използвайки тези технологии, железопътните оператори могат значително да подобрят производителността и безопасността на своите системи за прелези, което в крайна сметка води до по-безопасни, по-надеждни и ефективни железопътни услуги

ВЪВЕДЕНИЕ

Този документ изследва трансформационното въздействие на прогнозната поддръжка и машинното обучение върху системите за железопътни прелези. Фокусът е

върху техния потенциал да повишат надеждността, работоспособността и безопасността, като значително подобрят управлението и експлоатацията на тези ключови пресичания. Железопътните прелези са критични точки, където се пресичат автомобилният и железопътният трафик, създавайки уникални предизвикателства за безопасността и управлението на трафика. Ефективното функциониране на тези системи е от съществено значение за предотвратяване на инциденти и осигуряване на гладък поток на движение както на влаковете, така и на автомобилите. С навлизането на съвременните технологии, железопътните оператори вече разполагат с инструменти, които им позволяват не само да предвиждат потенциални повреди преди да се случат, но и да планират поддръжката по-ефективно и да наблюдават състоянието на инфраструктурата в реално време. Интеграцията на прогнозна поддръжка и машинно обучение в железопътните операции представлява значителен напредък в управлението на тези сложни системи. Използвайки усъвършенствани аналитични инструменти, железопътните оператори могат да подобрят безопасността, надеждността и ефективността на железопътните прелези, като по този начин намалят вероятността от инциденти и прекъсвания и насърчават по-безопасна и надеждна транспортна мрежа. Тази дискусия има за цел да подчертае ползите, стратегиите и по-широките последици от тези технологии, проправяйки пътя за бъдещи подобрения в управлението на железопътните системи.

1. Повишена надеждност

Техники за прогнозна поддръжка - прогнозната поддръжка на железопътните прелези разчита в голяма степен на интеграцията на усъвършенствани сензорни технологии с алгоритми за машинно обучение. Основните използвани технологии включват:

- Вибрационни сензори: тези сензори наблюдават и записват вибрации от механичните компоненти на системата за железопътен прелез, предоставяйки ключови данни, които разграничават нормалните от ненормалните оперативни модели.

- Термо-камери: тези устройства откриват топлинни сигнатури от оборудването, идентифицирайки горещи точки, които могат да посочат потенциално претоварване или предстояща повреда.

- Акустични сензори: те са от решаващо значение за улавяне на необичайни звуци, като стържене или тракане, които могат да посочат механични неизправности.

Всички тези сензори предават своите данни към усъвършенствани платформи за машинно обучение като TensorFlow или PyTorch, които са оборудвани с възможности за дълбоко обучение. Тези платформи използват невронни мрежи, които са особено ефективни при разпознаване на модели и откриване на аномалии в големи, сложни набори от данни.

Чрез използване на модели за дълбоко обучение, железопътните оператори могат да анализират сложните модели в сензорните данни, за да открият дори най-малките аномалии, които човешките оператори могат да пропуснат. Например, невронна мрежа може да анализира исторически данни за вибрации, за да предскаже точния момент на повреда на лагер на мотор въз основа на фини промени във вибрационните модели с течение на времето. Забележително приложение на тази технология е железопътен прелез, оборудван със сензори, свързани с платформа за обработка на данни, работеща на TensorFlow. Тази система анализира вибрационни данни, използвайки конволюционна невронна мрежа (CNN), вид модел за дълбоко обучение, който е отличен в разпознаването на модели в пространствени данни, като последователните показания на сензорите от железопътното оборудване. CNN откри необичаен модел на вибрации, който беше леко извън нормата, но последователен през няколко цикъла. При проверката, екипите за поддръжка откриха малка пукнатина в механизма на

преградното рамо, която беше ремонтирана навреме. Чрез ранно справяне с този проблем, железопътният оператор предотврати потенциална повреда по време на пиковите часове, като по този начин поддържа безопасното и непрекъснато обслужване. Това използване на дълбокото обучение не само повишава точността на предсказването, но и значително подобрява надеждността и безопасността на операциите на железопътните прелези, като ги прави по-устойчиви на повреди и намалява времето за престой.

2. Повишена работоспособност - планиране на поддръжка въз основа на състоянието

Прогнозната поддръжка трансформира традиционния подход към планирането на поддръжката, като използва данни в реално време, за да определи кога са необходими интервенции, вместо да разчита на фиксирани интервали за поддръжка. Тази промяна се улеснява от технологии като:

- IoT устройства: тези устройства събират и предават данни от различни части на системата за железопътен прелез към централизирани платформи за наблюдение.

- Облачни изчисления: използването на облачни платформи като Amazon Web Services или Microsoft Azure позволява събирането и анализа на огромни набори от данни в реално време. Тази възможност поддържа динамично планиране въз основа на действителното състояние на оборудването.

- Усъвършенствани аналитични инструменти: инструменти като SAP Predictive Analytics предоставят сложни възможности за анализ на данни, които прогнозира кога трябва да се извършва поддръжка, за да се предотвратят повреди.

Моделите за машинно обучение, особено тези, изградени върху алгоритми за обучение чрез подсилване, са особено ефективни в този контекст. Тези модели изучават оптималните стратегии за поддръжка с течение на времето, като непрекъснато анализират ефективността на предишни действия по поддръжка. Този адаптивен процес на обучение гарантира, че ресурсите за поддръжка се разпределят ефективно, като се фокусира върху областите, където те са най-необходими, за да се предотвратят повреди и да се сведе до минимум времето на престой.

Отличен пример за повишена работоспособност чрез технология може да се види в система за железопътен прелез, която внедри решение за прогнозна поддръжка, захранвано от Microsoft Azure Machine Learning. Това решение използва обучение чрез подсилване, за да оптимизира графици за поддръжка въз основа на данни в реално време от IoT сензори, инсталирани в цялата инфраструктура на прелеза. Системата се научи да идентифицира оптималните моменти за извършване на превантивна поддръжка, като смазване на механизми на бариерите или замяна на износени части, които исторически са склонни да се повредят по време на критични периоди. В резултат на това прелезът поддържа по-висок процент на работоспособност, с по-малко непланирани прекъсвания и по-надеждно обслужване. Този подход не само поддържа железопътните прелези в работно състояние за по-дълги периоди, но също така гарантира, че поддръжката се извършва само когато е необходимо, като намалява както разходите, така и въздействието на поддръжката върху работоспособността на системата. Тази стратегическа оптимизация на ресурсите значително подобрява общата ефективност и производителност на железопътната мрежа.

3. Подобрена безопасност – предотвратяване на повреди

Прогнозната поддръжка играе ключова роля в предотвратяването на катастрофални повреди, които биха могли да доведат до сериозни инциденти на железопътните прелези. Чрез непрекъснато наблюдение на компонентите на системата и предсказване на потенциални проблеми, екипите по поддръжка могат да се справят с проблемите преди те да доведат до неизправности на системата. Този проактивен

подход значително намалява риска от инциденти, при които бариерите не функционират правилно, когато влаковете се приближават, което е от решаващо значение за осигуряване на безопасността както на автомобилния, така и на пешеходния трафик.

Алгоритмите за машинно обучение повишават безопасността, като позволяват непрекъснато наблюдение в реално време на системите за железопътен прелез. Тези алгоритми анализират данни от сензори, инсталирани на различни части на механизма на прелеза, включително бариери, предупредителни светлини и релсови вериги. Те могат да откриват аномалии, които може да не са очевидни за човешките наблюдатели, като леки отклонения във времената на работа или нередовни движения на бариерите.

Интеграцията на машинно обучение също така подобрява диагностичните възможности, като предоставя по-точни анализи на събраните данни. Например, модел за машинно обучение може да анализира исторически данни, за да идентифицира тенденции, които показват влошаващо се състояние на компонентите, което позволява ранна подмяна или ремонт. Това ниво на детайлност помага за фино настройване на графици и интервенциите по поддръжка, като гарантира, че всички потенциални рискове за безопасността са адресирани своевременно.

Пример за подобрена безопасност чрез прогнозна поддръжка може да се види в системите, които използват акустично наблюдение за откриване на повреди в лагерите на механизми на бариерите. Чрез анализиране на звуците, произведени от лагерите, моделите за машинно обучение могат да идентифицират промени в акустичните сигнатури, които предхождат повредите на лагерите. Такива ранни предупреждения позволяват на екипите по поддръжка да подменят или ремонтират лагерите, преди те да се повредят, като по този начин се избягват ситуации, при които неизправността на бариерата може да доведе до опасно състояние на прелеза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Този документ разгледа значителните предимства, които прогнозната поддръжка и машинното обучение носят на системите за железопътни прелези, като подчерта тяхното въздействие върху повишаването на надеждността, работоспособността и безопасността. Чрез интегриране на съвременни сензорни технологии, анализ на данни в реално време и модели за машинно обучение, железопътните оператори могат да предвиждат и предотвратяват потенциални повреди, да оптимизират графици за поддръжка въз основа на действителното състояние на оборудването и да осигуряват непрекъснато наблюдение за безопасност. Изследванията и анализите в този документ ясно показват, че прогнозната поддръжка и машинното обучение не само адресират текущите предизвикателства, но и създават нови възможности за подобрение. Чрез автоматизация и интелигентни системи за управление, железопътните оператори могат значително да подобрят ефективността на своите операции. Основните предимства включват:

Превенция на неочаквани аварии: сензорите и алгоритмите за машинно обучение позволяват ранно откриване на потенциални проблеми, което значително намалява риска от неочаквани повреди и свързаните с тях инциденти.

Оптимизация на ресурси: вместо да разчитат на фиксирани интервали за поддръжка, операторите могат да използват състоянието на оборудването, за да планират точни и навременни интервенции. Това води до по-добро използване на ресурси и намаляване на разходите за поддръжка.

Подобрена безопасност: непрекъснатият мониторинг и анализ позволяват проактивно управление на безопасността, като се осигурява, че системите функционират в оптимално състояние и се минимизира рискът от инциденти.

Повишена надеждност и достъпност: прогнозната поддръжка увеличава времето на безаварийна работа на системите и намалява времето за престой, което е критично за ефективното и надеждно управление на железопътните прелези.

В бъдеще потенциалът за по-нататъшно развитие на технологиите за прогнозна поддръжка и машинно обучение е огромен. С продължаващото им развитие, техните възможности ще се разширяват, което ще позволи още по-прецизни прогнози и ефективни операции. Тази прогресия обещава не само да подобри още повече безопасността и ефективността на железопътните прелези, но и да революционизира цялата железопътна индустрия. Операторите, които продължат да инвестират в и адаптират тези иновации, вероятно ще видят увеличени оперативни ефективности и подобрени показатели за безопасност.

Продължаващото развитие и усъвършенстване на технологиите за прогнозна поддръжка трябва да бъде приоритет за всички заинтересовани страни в железопътната индустрия. Продължаващите инвестиции в научноизследователска и развойна дейност, сътрудничеството между разработчиците на технологии и железопътните оператори и ангажиментът за обучение и интеграция на персонала с тези нови системи са от съществено значение за реализирането на пълния потенциал на тези технологии.

Също така е важно да се признаят предизвикателствата, които идват с внедряването на такива съвременни системи, включително необходимостта от значителни инвестиции, сложността на интегрирането на нови решения със съществуващата инфраструктура и осигуряването на сигурността на все по-дигиталните операции.

Чрез приемане на тези технологии и непрекъсната адаптация към новите разработки, железопътната индустрия може да постигне безпрецедентни нива на ефективност и безопасност, поставяйки стандарт за други сектори в стремежа към технологичен напредък и оперативно съвършенство. Този документ подчертава трансформационното въздействие на прогнозната поддръжка и машинното обучение, като акцентира върху значението на тяхното разширено използване, докато се движим към по-свързано и ориентирано към данни бъдеще в управлението на железопътните системи.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Национална компания „Железопътна инфраструктура“ - <https://www.rail-infra.bg/>

IMPROVING RAILWAY CROSSING RELIABILITY, OPERATIONAL AND SAFETY THROUGH PREDICTIVE MAINTENANCE, THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING ALGORITHMS

Dimitrina Asenova
didi.s.asenova@gmail.com

*Todor Kableshkov University of Transport,
158 Geo Milev Street, Sofia,
BULGARIA*

Key words: *reliability, operability, security, railway crossings, artificial intelligence*

Abstract: *The report focuses on the capabilities of predictive maintenance combined with machine learning that can significantly improve the reliability, operability and safety of level crossing systems.*

Predictive maintenance uses data collected from sensors and other sources to predict potential failures before they occur. Machine learning algorithms analyze this data to discover patterns and predict when and where maintenance should be performed. Machine learning models can identify subtle changes in the operation of railroad crossings that may indicate impending failure. By addressing problems before they lead to failure, predictive maintenance minimizes unexpected breakdowns. This increases the overall uptime of crossing systems, ensuring that trains and road traffic are less likely to experience delays due to equipment failure. Serviceability refers to the ability of a level crossing system to be in a state ready for use.

Predictive maintenance contributes to safety. By anticipating breakdowns, predictive maintenance can prevent breakdowns caused by equipment failure. Machine learning algorithms can continuously analyze sensor data in real time to ensure that all components of the crossing system are functioning properly.

By using these technologies, rail operators can significantly improve the performance and safety of their level crossing systems, ultimately leading to safer, more reliable and efficient rail services