Warszawa, lipiec 2025

# Wyzwania transformacji cyfrowej w obszarach podsystemu sterowanie

**dr hab. inż. Andrzej Kochan, prof. PW**

## Wprowadzenie

Do 2040 roku zostało 15 lat. W ogólnym rozumieniu dla kolei to nie jest odległy termin. Jest jednak obszar, który na pewno przez ten czas zrewolucjonizuje kolejowe systemy transportowe. Mam tu na myśli proces transformacji cyfrowej kolei.

Można zadać pytanie dlaczego ten proces jest tak ważny dla branży. Najsilniejszym argumentem jest oczywiście argument ekonomiczny i społeczny.

Z branży kolejowej odpływa bardzo dużo pracowników, którzy nie są zastępowani nowym pokoleniem. Dodatkowo realizacja różnych zadań przez człowieka staję coraz droższa, a kolej musi dążyć do obniżenia kosztów działalności aby zwiększać swą konkurencyjność.

Dlatego proces transformacji cyfrowej, który umożliwi znacznie głębszą automatyzację jest na kolei nieunikniony. Dyskusja o tym procesie w kontekście całej kolei wykracza poza możliwości tego tekstu. Skupię się tutaj tylko na podsystemie sterowanie.

Większość automatyków w tym momencie powie, że w sterowaniu technika cyfrowa to nic nowego bo urządzenia komputerowe do kierowania i sterowania ruchem kolejowym (ksrk) stosowane są w Polsce od 40 lat. Oczywiście będą mieli rację, jednak zastosowanie komputerów do realizacji poszczególnych funkcji ksrk to tylko cześć procesu, o którym chcę napisać.

W tym miejscu jeszcze jedna podobna uwaga. Aktualnie mówiąc o cyfrowym srk skupiamy się na pracy dyżurnego ruchu i sterowaniu urządzeniami wykonawczymi. Myślę, że czas wyraźnie zaznaczyć iż to pole widzenia należy rozszerzyć do obszaru inżynierii ruchu kolejowego, którego sterowanie jest częścią, a do którego należą również organizacja ruchu kolejowego i ruch pojazdów kolejowych oraz pociągu.

Dla tak rozszerzonego spektrum chciałbym zaproponować następujące obszary transformacji cyfrowej podsystemu sterowanie:

- opis infrastruktury i procesu ruchowego,
- prowadzenie ruchu kolejowego,
- prowadzenie pociągu i cyfrowa łączność radiowa mobilna,
- diagnostyka i utrzymanie.

# Opis infrastruktury i procesu ruchowego

Cyfrowy opis infrastruktury kolejowej jest bazą dla wszystkich aktywności związanych procesem przewozowym. Ze względu na fakt dużego rozproszenia i intensywnych inwestycji wprowadzających zmiany do infrastruktury wyzwaniem staje się aktualność i wiarygodność tych danych.

Sprawny przebieg procesu ruchowego warunkuje efektywność działania kolei. Na etapie jego przygotowania ważne jest przygotowanie opisu zasad ruchowych. Ich cyfrowy charakter jest niezbędny w celu zapewnienia automatycznego przetwarzania. Ich formułowanie w postaci instrukcji tekstowych jest niewystarczające i powinno być uzupełniane przez formalny opis prawidłowo realizowanego prowadzenia ruchu. Istotne zagadnienia w tym obszarze to:

- cyfrowy opis infrastruktury torowej,
- cyfrowy opis infrastruktury funkcjonalnej,
- cyfrowy opis zasad ruchowych,
- cyfrowy projekt systemu kolei,
- cyfrowy opis zasad bezpieczeństwa.

## Cyfrowy opis infrastruktury torowej

Opis infrastruktury torowej (inaczej: układu torowego) na potrzeby zagadnień inżynierii ruchu jest pewną abstrakcją konstrukcji torowiska. Istotą tego modelu jest dostarczenie dokładnego odwzorowania geometrycznego osi toru. Dokładność powinna być na tyle duża, aby odzwierciedlała odległości z dokładnością do dziesiątek centymetrów.

Model ten stanowi szkielet, na którym opisywane są różne parametry toru często nazywane profilami (np. gradient) jako, że są formułowane w funkcji drogi jazdy. Model układu torowego również służy do rozmieszczania urządzeń przytorowych wchodzących w skład systemu srk nazywanych elementami infrastruktury funkcjonalnej w kontekście drogi jazdy.

## Cyfrowy opis infrastruktury funkcjonalnej

Infrastrukturę funkcjonalną należy rozumieć jako zbiór elementów srk, fizycznych (np. odcinek kontrolowany, sygnalizator) i abstrakcyjnych (np. tor) wraz z konfiguracją aplikacji (np. liczba i znaczenie komór, lokalizacja czujników koła na końcach odcinka kontrolowanego). Kształtuje ona funkcjonalność systemu sterowania ruchem kolejowym na poszczególnych obiektach sieci kolejowej (stacjach, szlakach). Każde urządzenie oprócz lokalizacji, która była już wspomniana opisane jest przez parametry konfiguracyjne, które mają charakter statyczny i operacyjne (eksploatacyjne) o charakterze dynamicznym. Wyzwania w tym zakresie w ciągu najbliższych lat powinny skupiać się na zebraniu wiarygodnych danych i utworzeniu zbioru danych, którego aktualność byłaby monitorowana i regularnie potwierdzana.

## Cyfrowy opis zasad ruchowych

Transformacja cyfrowa opisu zasad ruchowych wydaje się być najmniej zaawansowana. Aktualna forma instrukcji PKP PLK w postaci paragrafów i punktów jest wykorzystywana przez personel prowadzenia ruchu do zapoznawania się bądź odświeżania tej wiedzy. Jednak w praktyce istotne jest odpowiednie zastosowanie tych zasad w konkretnych sytuacjach ruchowych.

Dlatego też potrzebna jest transformacja do opisu cyfrowego (np. diagramy stanu, diagramy aktywności, diagramy BPMN) z przykładami w formie symulacji umożliwiającymi automatyczne przetwarzanie tych zasad np. przy analizie rzeczywistych sytuacji ruchowych. Te nowe formy powinny zachowywać odniesienia do dokumentów w formie przepisów.

## Cyfrowy projekt systemu kolei

Cyfrowy projekt systemu kolei jest zagadnieniem silnie powiązanym z opisem infrastruktury torowej i funkcjonalnej. Jednak tych obszarów cyfryzacji nie należy utożsamiać. Cyfrowy projekt jest o wiele dokładniejszym odwzorowaniem. Dodatkowo dotyczy najczęściej elementów, które nie istnieją w rzeczywistości. Jest planem realizacji infrastruktury opisanym z różną dokładnością w zależności od etapu projektowania. Transformacja cyfrowa tego obszaru w najbliższych latach powinna doprowadzić do ustandaryzowania projektu cyfrowego w postaci modeli danych i ontologii zgodnych z trendami UIC i EURA. Powinna wspomagać zmianę postrzegania projektu jako schematu uzupełnionego opisami do postaci bazy danych o odpowiedniej strukturze i powiązaniach pomiędzy poszczególnymi danymi.

Innym aspektem transformacji cyfrowej w obszarze projektu kolei jest cyfrowy interfejs pomiędzy różnymi branżami fizycznie stycznymi z podsystem sterowanie. Sprawna wymiana danych pomiędzy zespołami projektowymi w celu identyfikacji kolizji np. tras kablowych jest jednym z kluczowych czynników wspierających efektywne prowadzenie inwestycji. Wspomniany interfejs powinien być zrealizowany z wykorzystaniem technologii BIM.

## Cyfrowy opis zasad bezpieczeństwa

PKP PLK obliguje wykonawców do dokumentowania systemów w zakresie zasad bezpieczeństwa w formie tabelarycznej przeznaczonej głównie do interpretacji przez człowieka. Transformacja cyfrowa w najbliższych latach powinna wspomagać migrację zapisów do usystematyzowanej postaci cyfrowej pozwalającej na ich automatyczne przetwarzanie np. przy walidacji konkretnych aplikacji. Należy zauważyć, iż cyfrowy opis zasad bezpieczeństwa ruchu kolejowego funkcjonuje od dłuższego czasu u producentów komputerowych urządzeń zależnościowych.

Są to jednak rozwiązania mocno powiązane z konkretnymi produktami, często uwzględniające ich konstrukcyjne cechy charakterystyczne. Dodatkowo są objęte

tajemnicą producenta, więc nie mogą być wykorzystane przez PKP PLK jako uniwersalna dokumentacja.

Ważne natomiast jest, aby przyjęty przez PKP PLK standard informacyjnie pokrywał wszystkie potrzeby zespołów korzystających z tych danych np. zespołów tworzących aplikacje systemów srk.

# Prowadzenie ruchu kolejowego

Prowadzenie ruchu kolejowego to trudne i złożone zadanie szczególnie w sytuacjach dużego zagęszczenia ruchu kolejowego np. w węzłach kolejowych. Do tego należy zwrócić uwagę iż w Polsce obserwujemy regularne wzrosty przewozów pasażerskich i wzmożone dyskusje o potrzebie zwiększenia przewozów towarowych. Te czynniki wskazują na potrzebę rozwoju narzędzi wspomagających prowadzenie ruchu na poziomach zarządzania, kierowania i sterowania.

Transformacja cyfrowa w obszarze prowadzenia ruchu powinna skupić się na określeniu i wdrożeniu cyfrowych funkcji wspomagających automatyzację. Rozwiązania te powinny być dopasowane do rzeczywistych sytuacji ruchowych takich jak opóźnienia, konflikty ruchowe pierwotne i wtórne, skomunikowania czy automatyczne nastawianie przebiegów.

Do realizacji tych celów potrzebna jest odpowiednia architektura sprzętowo programowa, która pozwoli na realizację wszystkich funkcjonalności w postaci oprogramowania i jego separację od specyficznej infrastruktury sprzętowej IT.

## Automatyczne prowadzenie ruchu TMS

Automatyczne prowadzenie ruchu to jeden z dwóch filarów koncepcji w pełni zautomatyzowanego systemu kolei (o drugim piszę nieco dalej).

Obszar TMS (ang. Traffic Management System ) czy też obszar ksrk - kierowania i sterowania ruchem kolejowym to przestrzeń, gdzie transformacja cyfrowa powinna się skupić w najbliższym czasie na integracji cyfrowego opisu infrastruktury, cyfrowego opisu zasad ruchowych i cyfrowego opisu zasad bezpieczeństwa z funkcjami wspomagającymi personel prowadzenia ruchu.

Dużym wyzwaniem jest tutaj praktyczne zastosowanie tych rozwiązań z uwzględnieniem sytuacji nadzwyczajnych i awaryjnych. Istotnymi funkcjami oprócz tych wymienionych w poprzednim punkcie jest systemowe powiązanie pomiędzy personelem zarządcy infrastruktury, a maszynistami prowadzącymi pociągi, w celu minimalizacji potrzeby komunikacji głosowej w tym zakresie. Nie mniej istotnym wyzwaniem jest praktyczne wdrożenie Automatycznego Nastawiania Przebiegów (APN).

Mechanizm ten znany już od dłuższego czasu nie może być uruchomiony w pełnej funkcjonalności ze względu na brak danych o rzeczywistym ruchu pociągów w

otoczeniu obszarów zdalnego prowadzenia ruchu wyposażonych w ANP. To duże zadania do realizacji w najbliższych latach dla transformacji cyfrowej.

## Komputerowe nastawnice

Transformacja cyfrowa w najbliższych latach powinna doprowadzić do zupełnego oddzielenia oprogramowania realizującego funkcje bezpiecznego nastawiania przebiegów od warstwy sprzętowej. To wydaje się już osiągalne.

Trudniejszym wyzwaniem jest zmiana podejścia do dowodu bezpieczeństwa takiego rozwiązania. Aktualnie dowody bezpieczeństwa skupiają się na wykazaniu, iż część sprzętowa rozwiązania zachowa się bezpiecznie w odniesieniu do ruchu kolejowego w sytuacjach awaryjnych.

Migracja funkcjonalna w kierunku oprogramowania wymaga natomiast oceny bezpieczeństwa architektury i systemowych mechanizmów właśnie oprogramowania, które zapewnią bezpieczną realizację funkcji w przypadku usterek. Tu już nie jest wystarczająca ocena samego procesu wytwarzania oprogramowania jak by to mogło wynikać z normy PN EN 50128.

## Sterowniki obiektowe

Transformacja cyfrowa w obszarze sterowników cyfrowych powinna iść w dwóch kierunkach. Po pierwsze minimalizacji części sprzętowej do postaci, która jest niezbędna dla zapewnienia odpowiedniego sterowania obiektem.

Po drugie przeniesienie jak największej części funkcjonalności do oprogramowania, które może zostać odseparowania jej od części sprzętowej. Te działania powinny doprowadzić do integracji sterowników z obiektami sterowanymi co będzie prowadzić do uproszczenia systemów okablowania. To uproszczenie można dodatkowo pogłębić stosując nowoczesne systemy transmisji bezprzewodowej.

## System transmisji danych

Systemy transmisji danych to krwioobieg cyfrowych systemów ksrk. Transformacja cyfrowa w tym obszarze powinna dotyczyć lepszego zarzadzania jego zasobami tzn. przepustowością, dostępnością i niezawodnością. Lepsze zarządzanie w tych aspektach wymaga większej elastyczności w konfiguracji rozwiązań sieciowych. Należy to zrealizować z wykorzystaniem takich rozwiązań jak protokół MPLS-TP . Narzędzia tej klasy pozwalają na świadome kształtowanie kanałów transmisji danych o określonych parametrach.

Ewolucja w systemach transmisji danych powinna dotyczyć również uelastycznieniu architektury systemów łączności mobilnej. Ten komponent systemów transmisji danych powinien być standardowym elementem podobnie jak kablowe sieci stałe. Konieczne w tym zakresie jest zastosowanie takich rozwiązań jak OpenRAN w celu zwiększenia możliwości rekonfiguracji i utrzymania sieci na odpowiednim poziomie technicznym.

Rozwój znaczenia systemów transmisji danych wymusza świadome podejście do cyberbezpieczeństwa. Oczywiście pełne rozwiązanie w tym zakresie powinno być opracowywane na wyższym poziomie systemowym jednak systemy transmisji danych są miejscem gdzie szczególnie ta tematyka jest widoczna.

W tym zakresie transformacja cyfrowa w najbliższych latach powinna obejmować świadome zarządzanie prawami dostępu, automatyczną dystrybucję kluczy kryptograficznych, rozwijanie technik monitorowania ruchu w sieci transmisji oraz wykrywania zagrożeń.

# Prowadzenie pociągu i cyfrowa łączność radiowa mobilna

Transformacja cyfrowa w zakresie prowadzenia pociągu w ciągu najbliższych lat będzie się skupiała na wdrażaniu nowych wymagań dla systemu ETCS związanych z wzorcem 4.0 oraz zdefiniowanymi wersjami systemu. W tym działaniu potrzebne jest ujęcie procesowe mające swoje korzenie w inżynierii ruchu kolejowego.

Branża będzie musiała się również przygotować do wdrożenia nowych rozwiązań takich jak ATO czy FRMCS, które już niedługo będą stanowić podsystemy ERTMSu. Dotychczasowe doświadczenia pokazują iż złożoność ERTMS wymaga badań laboratoryjnych wykorzystujących modelowanie i symulacje z zastosowaniem modeli opisanych już wcześniej oraz zaawansowanych modeli taboru.

Najbliższe lata to okres doskonalenia narzędzi o takich funkcjonalnościach. Innym kierunkiem transformacji cyfrowej będzie rozwój modułów systemu TMS umożliwiających integrację maszynisty do tego systemu czyli moduły C-DAS. Ideą jest zbudowanie odpowiednich interfejsów dla maszynisty z wykorzystaniem danych z obszaru dyspozytorskiego.

Te rozwiązania stanowią kamienie milowe dla automatycznego prowadzenia pociągu. To drugi filar w pełni zautomatyzowanej kolei. Tak więc, w tym obszarze należy rozważać takie zagadnienia jak:

- ETCS,
- ATO,
- C-DAS,
- RMR,
- Cyfrowy sprzęg.

## ETCS

Dla ETCS najbliższe lata to odpowiednie rozpoznanie wzorca 4.0 i wersji systemu w nim zdefiniowanych. Działania te powinny skupić się na dwóch celach: zwiększeniu efektywności prowadzenia ruchu kolejowego i pociągu oraz doprecyzowanie protokołów interfejsów wymiany danych pomiędzy różnymi modułami funkcjonalnymi.

Ten pierwszy cel powinien być realizowany nie tylko w celu uwzględnienia nowych wymagań w istniejących zasadach ruchowych, ale również z wykorzystaniem podstaw inżynierii ruchu. Zgodnie z celami dla transformacji zasad prowadzenia ruchu forma opisu powinna umożliwiać automatyczne przetwarzanie.

Należy prowadzić prace badawczo-rozwojowe w oparciu o symulatory dotyczące zasad ruchowych wykorzystujących w pełni ETCS L2 jako podstawowe rozwiązanie techniczne zapewniające bezpieczeństwo ruchu pociągu (ATP).

## ATO

Ten obszar funkcjonalności ERTMS jest nierozpoznaną przestrzenią w polskim kolejnictwie. Zespół naukowo dydaktyczny Sterowania Ruchem Kolejowym Wydziału transportu Politechniki Warszawskiej prowadził w tym zakresie pewne prace kilka lat temu w kontekście poziomów automatyzacji GoA i rozwiązań technicznych takich jak APM firmy Bombardier.

Jednak aktualnie wyzwaniem nie jest samo rozwiązanie techniczne, ale jego wdrożenie i efektywne zastosowanie. ATO w powiazaniu z ETCS stanowi spójne rozwiązanie, które skutecznie wspomaga pracę maszynisty i przygotowuje branżę do automatyzacji prowadzenia pociągu.

## RMR

Mobilna radiołączność kolejowa to część cyfrowego sytemu transmisji opisywanego już wcześniej. Ze względu na dynamikę konfiguracji i możliwość zakłócania sygnału radiowego stanowi wyzwanie samo w sobie. Oczywistym gamechanger’em w nadchodzących latach będzie standard FRMCS.

Pierwszym i najważniejszym zadaniem jest przygotowanie założeń do praktycznego wdrożenia, w takich aspektach jak optymalna lokalizacja stacji bazowych zapewniająca bezpieczne pokrycie obszaru kolejowego sygnałem radiowym przy efektywnym wykorzystaniu infrastruktury powstałej dla GSM-R, efektywne łączenie się terminali mobilnych z siecią i przełączanie pomiędzy stacjami bazowymi.

Kolejne zadania to koncepcja wykorzystania usług FRMCS w obszarze kolejowym dla wsparcia procesu przewozu pasażerów jak również towarów.

## Cyfrowy sprzęg

Kolejny element układanki, który umożliwi w przyszłości pełną automatyzację ruchu towarowego. Najbliższe lata transformacji cyfrowej w tym obszarze powinny się skupiać na zbieraniu praktycznych doświadczeń z testów tego rozwiązania i popularyzacji tej koncepcji.

# Diagnostyka i utrzymanie

Transformacja cyfrowa procesu diagnostyki i utrzymania elementów podsystemu sterowanie w ciągu najbliższych kilku lat powinna umożliwić zmianę polityki z reaktywnej na predykcyjną.

To zadanie będzie możliwe jeżeli zarządcy infrastruktury zaczną zbierać automatycznie dane o parametrach pracy poszczególnych urządzeń, a następnie przetwarzać je pozyskując wiedzę na temat ich stanu.

Dużym wyzwaniem jest zbudowanie ustandaryzowanych modeli danych i protokołów wymiany danych oraz ontologii. To warunek konieczny, aby spójnie budować wiedzę o stanie systemów srk.

W transformacji cyfrowej diagnostyki i utrzymania możemy wyróżnić następujące podobszary:

- cyfrowy monitoring infrastruktury,
- cyfrowy bliźniak infrastruktury,
- cyfrowa książka kontroli urządzeń,
- predykcyjne i prewencyjne utrzymanie infrastruktury,
- zdalne czynności utrzymaniowe urządzeń,
- zarządzanie częściami zamiennymi.

## Cyfrowy monitoring infrastruktury

W ciągu najbliższych kilkunastu lat PKP PLK scyfryzuje zbieranie danych eksploatacyjnych i utrzymaniowych dla systemów srk. Jest to złożony proces organizacyjny, który w efekcie zastąpi ręczne wypełnianie dokumentów papierowych.

Cyfrowy monitoring docelowo powinien być zautomatyzowany jednak zanim to nastąpi konieczna jest standaryzacja modeli danych i ontologii oraz praktyczne wdrożenie tych standardów w celu potwierdzenia właściwego opisu parametrów infrastruktury przez zunifikowaną terminologię.

W tym samym czasie rozwijane powinny być urządzenia pomiarowe, które bezpośrednio z gruntu będą dostarczać odpowiednich danych.

## Cyfrowy bliźniak infrastruktury

Technologia cyfrowych bliźniaków znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Jednym z najczęstszych praktycznych zastosowań jest wykorzystanie jej do precyzyjnego odwzorowania parametrów urządzenia lub systemu w cyfrowym środowisku w celu obserwacji, badania zależności pomiędzy różnymi parametrami w czasie rzeczywistym.

W najbliższych latach dla elementów podsystemu sterowanie prowadzone zostaną takie rozwiązania, co pozwoli na pozyskiwanie dokładnych wartości parametrów pracy

urządzeń będących podstawą do pozyskiwania wiedzy na potrzeby podejmowania działań utrzymaniowych.

## Cyfrowa książka kontroli urządzeń

Książka E1758 to podstawowy dokument PLK, który musi być poddany cyfryzacji w ciągu nadchodzących lat. W tym zadaniu nie jest wyzwaniem jego odwzorowanie w postaci cyfrowej, ale wdrożenie w taki sposób, aby umożliwiał zbieranie danych w sposób nie wymagający podejmowania dodatkowych działań, umożliwiający obsługę w terenie z wykorzystaniem urządzeń mobilnych.

Takie wdrożenie wymaga opracowania scenariuszy operacyjnych dla występujących w rzeczywistości przypadków użycia przez personel utrzymania. Jednocześnie w tym procesie powinny być uwzględnione mechanizmy automatycznego wykrywania awarii lub ich symptomów wbudowane w systemy srk i obsługiwane w spójny sposób z procesami realizowanymi przez ludzi.

## Predykcyjne i prewencyjne utrzymanie infrastruktury

Poprzednie zagadnienia są obszarami składowymi niezbędnymi dla implementacji predykcyjnej diagnostyki i prewencyjnego utrzymania. Cyfrowa transformacja w ciągu najbliższych lat w tym obszarze będzie skupiać się na opracowaniu odpowiednich algorytmów przetwarzania danych i podejmowania decyzji w celu realizacji takiej polityki utrzymania, aby minimalizować występowanie stanów awaryjnych, które ograniczają dostępność systemów srk i minimalizować ilość podejmowanych działań utrzymaniowych.

## Zdalne czynności utrzymaniowe urządzeń

W kontekście utrzymania infrastruktury zasady zdalnego dostępu do urządzeń i systemów srk muszą zostać uporządkowane. Technika ta jest stosowana od dawna przez producentów, ale nie zawsze w sposób uprawniony. Jednak ze względu na swoje zalety potrzeba zdalnego dostępu jest niepodważalna.

Działania transformacji cyfrowej w tym zakresie powinny objąć wdrożenie bezpiecznych rozwiązań, które będą pozwalały na taki dostęp tylko wskazanym i zweryfikowanym użytkownikom. Znacząca cześć pracy do wykonania powinna się skupiać na odpowiednio skonfigurowanych usługach i prawach dostępu, czyli konfiguracji systemów transmisji danych i mechanizmów autoryzacji.

## Zarządzanie częściami zamiennymi

Transformacja cyfrowa w tym obszarze powinna doprowadzić do utworzenia jednego wirtualnego magazynu części zamiennych dla całej sieci kolejowej.

Oczywiście podstawą działania takiego magazynu powinna być informacja o stanie liczbowym, ale również o lokalizacji poszczególnych komponentów zamiennych. Uzupełnieniem tej informacji powinny być opracowane procedury logistyczne

optymalizujące składowanie części zamiennych z punktu widzenia decyzji generowanych przez predykcyjną diagnostykę i prewencyjne utrzymanie.

## Podsumowanie

Uważny czytelnik mógł zauważyć, iż w wielu miejscach zwracałem uwagę że istotnymi zadaniami transformacji cyfrowej w ciągu najbliższych lat będzie standaryzacja w zakresie tworzenia modeli danych, protokołów, algorytmów ich przetwarzania oraz ontologii. Brak działań w tych kierunkach może zniweczyć wysiłki, które są i będą podejmowane we wprowadzaniu składowych komponentów cyfrowej kolei. Bez współpracy pomiędzy nimi trudno będzie uzyskać zwiększenie efektywności transportu kolejowego. Na podobne zagrożenia zwracano uwagę na konferencji Rail Data Forum w 2025 i 2024 roku organizowaną przez EURA.

Ośrodek Certyfikacji Transportu korzystając z zasobów laboratorium CEMISLab na Wydziale Transportu prowadzi kilka wewnętrznych projektów badawczo rozwojowych związanych z wybranymi zagadnieniami transformacji cyfrowej sytemu kolei. Zespół pracujący nad tymi zagadnieniami zakończył niedawno z sukcesem dwa duże projekty dla sieci KDP, która będzie budowana w Polsce.

Poprzez współpracę z firmą ITC (wykonawca wspomnianych projektów), ciągu trzech lat udało się opracować wymagania dla architektury i funkcjonalności podsystemu sterowanie uwzgledniającej warstwę TMS, IXL, ETCS i sterowników obiektowych oraz zasady ruchowe przyjmujące jako podstawę do prowadzenia ruchu system ETCS L2 bez sygnalizatorów co jest precedensem w warunkach polskich.

W tym tekście celowo nie poruszałem zagadnień związanych z cyberbezpieczeństwem. Praktycznie dla każdego ze wskazanych obszarów można wskazać, że to element związany z transformacją cyfrową. To obszerny materiał na osobny tekst. Oczywiście nie chodzi o pisanie o dyrektywach NIS2, CER, CRA czy DataAct. Chodzi o praktyczne rozwiązania, które powinny być wdrażane dla poszczególnych podobszarów. Zasygnalizuję tylko, iż ważne jest aby śledzić specyfikacje EULYNX w tym temacie oraz publikację oficjalnej wersji normy IEC 63452.

Na koniec zasygnalizuję jeszcze jeden temat. W realizacji wielu zadań transformacji cyfrowej może znaleźć zastosowanie sztuczna inteligencja (AI). Tej technologii nie wolno lekceważyć. Jednak też nie należy bezkrytycznie jej wdrażać nie znając jej właściwości. Czy znajdziemy zasoby, aby ją ujarzmić na potrzeby cyfrowej kolei? Czas pokaże.