

Bartłomiej Ulatowski, Zbigniew Łukasik, Alfred Kurkowski

Rodzaje danych eksploatacyjnych w Systemach Sterowania Ruchem Kolejowym

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.480
Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W tym artykule omówiono zagadnienia danych eksploatacyjnych w krajowych i europejskich systemach Sterowania Ruchem Kolejowym tj. w systemach ERTMS / ETCS oraz SRK. W artykule przedstawiono możliwości i ograniczenia dotyczące systemów ERTMS. Podano również ogólne zasady wdrażania systemów, a także przedstawiono określone poziomy funkcjonalne systemu Sterowania Ruchem Kolejowym. Artykuł opisuje i przedstawia dane eksploatacyjne związane bezpośrednio z systemami kolejowymi, które oparte zostały na normie opisanej w dokumencie E-1758. W artykule zwrócono uwagę na złożoność procesów Sterowania Ruchem Kolejowym, a także przedstawiono fakt konieczności unowocześnienia rozwiązań, które w nadchodzących latach będą prawdziwym wyzwaniem dla przemysłu kolejowego.

Słowa kluczowe: kolej, sterowanie ruchem kolejowym, eksploatacja.

Wstęp

Eksploatacja systemów Sterowania Ruchem Kolejowym, a także podzespołów oraz innych systemów wykorzystywanych w kolejnictwie wymaga ciągłego monitoringu umożliwiając przy tym bezpieczne i bezkolizyjne zarządzanie ruchem kolejowym w każdych warunkach. Większość krajów europejskich w chwili obecnej posiada własne specyfikacje techniczne dla systemów sterowania ruchem kolejowym. Jest to m.in. różne szerokości torów. W chwili obecnej opracowywane są standardy, które za pośrednictwem ujednoczonych systemów sterowania ruchem kolejowym mają pozwolić na unowocześnienie technologii transportowych w Polsce, Europie, a także na całym świecie. W chwili obecnej w Unii Europejskiej istnieje około 30 systemów sygnalizacyjnych służących do zarządzania ruchem kolejowym.

1 System ERTMS (European Rail Traffic Management System)

1.1 System ERTMS?

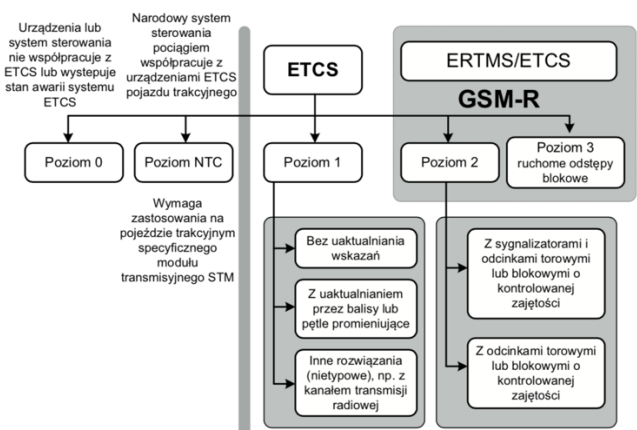
ERTMS to międzynarodowy program stworzony w celu opracowania wspólnej interoperacyjnej platformy dla kolei, systemów zarządzania i sygnalizacji. Obecnie przyjęcie i odpowiednie wdrożenie systemów ERTMS jest konieczne na wszystkich liniach kolejowych kolei dużych prędkości, ale może być również zainstalowane na linii konwencjonalnej.

Podstawowe cele interoperacyjności opierają się na potrzebie uproszczenia, poprawy i rozwoju międzynarodowych usług transportu kolejowego. Ujednoczenie systemu może znacząco przyczynić się do stopniowego tworzenia otwartego i konkurencyjnego rynku w zakresie dostaw systemów kolejowych oraz budowy, odnawiania, restrukturyzacji i tworzenia usług operacyjnych oraz ustanawiają ujednoczony Europejskich procedur oceny zgodności z wymogami interoperacyjności.

W tym celu podstawowymi działaniami mającymi na celu osiągnięcie interoperacyjności było zdefiniowanie zestawu podsystemów i komponentów platformy, a także określenie ich zasadniczych

wymagań i interfejsów poprzez opracowanie specyfikacji funkcjonalnych i technicznych.

Pod koniec 1993 r. Rada UE wydała dyrektywę w sprawie interoperacyjności i podjęto decyzję o utworzeniu grupy ekspertów kolejowych o nazwie ERTMS Group, składającej się pierwotnie z DB, FS i SNCF, ale później dołączyły do niej inne europejskie przedsiębiorstwa kolejowe. Celem było zrealizowanie struktury określającej TSI (Technical Specification for Interoperability).



Rys. 1 Rysunek przedstawiający podsystemy ETCS, a także ERTMS/ETCS

1.2 Charakterystyka systemów ERTMS

Wdrożenie systemów ERTMS w Europie można analizować pod względem pięciu głównych parametrów jakimi są:

- Bezpieczeństwo, które pozwala na:
- stałe monitorowanie prędkości,
 - bezpośredni nadzór systemów informowania o transporcie - jednolite europejskie strefy kierowców,
 - TSR (Tymczasowe redukcje prędkości) wysyłane do sieci,

Koszty:

- brak lub zmniejszona liczba sygnałów fizycznych,
- mniej magnesów przytorowych z połączeniami kablowymi,
- ujednoczony europejski standard,
- tańsze systemy sygnalizacyjne,

Dostępność:

- zmniejszona liczba magnesów torowych i brak kabli,
- szybsze uzyskiwanie informacji o ewentualnych błędach dzięki zmniejszonej liczbie systemów,

Interoperacyjność:

- jednolita techniczna sieć komunikacyjna i infrastruktura,
- jednolity interfejs obsługujący sieć energetyczną i infrastrukturę,

Konserwacja:

- ustandaryzowane systemy,

- mniej krytycznych interfejsów związanych z bezpieczeństwem obsługi systemów kolejowych,
- jedynie kilku dostawców rozwiązań na rynku co ułatwia określoną specjalizację rozwiązań.

1.3 Poziomy systemu ERTMS?

ETCS dzieli się na różne poziomy funkcjonalne. Określenie poziomów zależy od sposobu wyposażenia linii kolejowej i sposobu przekazywania informacji do pociągu.

Pociąg wyposażony w kompletne wyposażenie i funkcje ERTMS / ETCS / SRK może działać na dowolnej trasie ETCS / SRK bez żadnych ograniczeń technicznych.

Zastosowanie technologii ERTMS zostało stworzone w celu umożliwienia pociągom przekraczania granic krajów bez konieczności zmiany lokomotywy lub kierowcy. To właśnie europejski system zarządzania ruchem kolejowym (ERTMS / ETCS) jest systemem wiodącym i jest obecnie wdrażany w większości krajów w Europie. System został opracowany przez kluczowych partnerów europejskiego przemysłu kolejowego i sygnalizacyjnego (UNISIG).

Głównymi zalety wdrożenia systemu ERTMS są poza wymienionymi w punkcie 1.2 charakterystykami:

- Interoperacyjność i operacje transgraniczne,
- Zdolność do nadzorowania każdego pociągu zgodnie z jego optymalnymi właściwościami,
- Wyższa prędkość linii i krótsze przejazdy między pociągami dużych prędkości,
- Zwiększona wydajność linii,
- Większe bezpieczeństwo i wydajność dla pasażerów,
- Zwiększony potencjał zarobkowy dla operatorów,
- Niższe koszty konserwacji i cyklu życia.

Poziom 1 obejmuje ciągły nadzór ruchu pociągu podczas nieciągłej komunikacji między pociągiem, a trakcją (zwykle za pomocą eurobalis). Sygnały linii bocznej są konieczne, a wykrywanie pociągów jest wykonywane przez urządzenia przytorowe poza zakresem ERTMS.

Poziom 2 obejmuje ciągły nadzór ruchu pociągu z ciągłą komunikacją, która jest zapewniana przez technologię GSM-R, zarówno pomiędzy pociągiem, jak i przy torach. Sygnały linii bocznej są w tym przypadku opcjonalne, a wykrywanie pociągów jest wykonywane przez urządzenie przytorowe poza zakresem ERTMS.

Poziom 3 to także system sygnalizacji, który zapewnia ciągły nadzór pociągu z ciągłą komunikacją między pociągiem, a trakcją. Główną różnicą pomiędzy poziomem 3 i poziomem 2 jest to, że w poziomie 3 lokalizacja i integralność pociągu jest zarządzana w ramach systemu ERTMS, tj. Nie ma potrzeby stosowania sygnałów przytorowych lub systemów wykrywania pociągów na poboczu torów innych niż eurobalisy. Integralność pociągu jest nadzorowana przez pociąg, tj. pociąg nadzoruje bycie kompletnym i sprawdza czy nie został przypadkowo rozdzielony.

Ponadto zdefiniowano jeszcze dwa poziomy: poziom 0, który jest przeznaczony dla pociągów wyposażonych w ETCS biegnących wzdłuż nieobowiązkowych linii; oraz poziom STM, który jest przeznaczony dla pociągów wyposażonych w ETCS działających na liniach, na których system klasy B musi być obsługiwany. Jeśli chodzi o poziom STM, ETCS działa jako interfejs między maszynistą a krajową ATP.

Tryby działania opisywanej technologii można zdefiniować poprzez zróżnicowane warunki, które są wymagane do zarządzania różnymi sytuacjami dotyczącymi stanu torów i samego pociągu. W przeciwieństwie do poziomów ETCS (związanych z komunikacją przytorową), tryby ETCS są związane z okolicznościami eksploatacyjnymi linii lub statusem wyposażenia pokładowego.

Głównym trybem ETCS jest pełny nadzór. Wyposażenie pokładowe ERTMS / ETCS powinno działać w trybie pełnego nadzoru, czyli stanu gdy wszystkie dane dotyczące pociągu i toru, które są wymagane do pełnego nadzoru pociągu, są dostępne na pokładzie. W tym trybie pokładowy sprzęt ERTMS / ETCS odpowiada za ochronę pociągu.

Istnieją również inne tryby dla różnych sytuacji eksploatacyjnych, jak np. Tryb manewrowy, który pozwala pociągowi na wejście do zajętej sekcji czy też tryb obserwacji, który umożliwia pociągowi przemieszczanie się pod odpowiedzialnością kierowcy.

2 Rodzaje danych eksploatacyjnych

2.1 Sposoby przetwarzania i przechowywania danych

Powyższe rozwiązania posiadają elementy, systemy, a także podsystemy, które muszą być nadzorowane w sposób ciągły. Rozwiązaniem sugerowanym w analizowanych systemach bazujących na technologii Sterowania Ruchem Kolejowym oraz ETRMS jest przechowywanie danych eksploatacyjnych w specjalnie przygotowanych do tego celu bazach danych. To właśnie bazy danych jako zintegrowane zbiory logicznie powiązanych rekordów lub plików skonsolidowanych we wspólną pulę, są idealnym sposobem na przechowywanie danych eksploatacyjnych. Dane w bazie danych są uporządkowane według określonego modelu bazy danych. Najbardziej rozpowszechnionym i mającym zastosowanie w systemach SRK mógłby być model relacyjny.

Baza danych może być zdefiniowana jako zbiór danych zapisanych na twardym dysku systemu komputerowego lub serwera. Utworzone na potrzeby systemu SRK bazy danych pozwoliłyby każdemu uprawnionemu użytkownikowi w sposób szybki i względnie łatwy uzyskać dostęp do danych, wprowadzić je i analizować. Baza danych jest zbiorem zapytań, tabel i widoków. Dane przechowywane w bazach danych są zwykle zorganizowane w celu modelowania i analizowania w środowiskach, które wspierają procesy wymagające przechowywania i pobierania informacji. Największy fragment danych jest przechowywany w repozytorium zwanym bazą danych. Interfejs użytkownika dla baz danych nazywa się systemem zarządzania bazami danych, to za jego pośrednictwem można analizować i wprowadzać nowe dane do systemu.

Istnieje oprogramowanie do zarządzania bazami, które nosi nazwę Management Studio (w przypadku oprogramowania Microsoft jest to Microsoft SQL Server Management Studio). System zarządzania bazą danych składa się z oprogramowania, które organizuje i przechowuje danych. DBMS kontroluje tworzenie, utrzymanie i wykorzystanie struktur pamięci masowej organizacji i ich użytkowników końcowych. To oprogramowanie umożliwia organizacjom sprawowanie kontroli nad rozwojem bazy danych w całej organizacji poprzez administratorów baz danych (DataBase Administrator) i innych specjalistów. W dużych systemach zarządzania bazą danych oprogramowanie umożliwia użytkownikom i innym systemom przechowywanie i pobieranie danych w uporządkowany sposób. To właśnie głównie z tego powodu system do zbierania danych eksploatacyjnych powinien zostać zrealizowany w specjalnie przystoso-

-wanych do tego bazach danych. W przypadku obiektów rozproszonych po całym kraju, a także w całej Europie, rozwiązaniem sugerowanym umożliwiającym wydajną pracę systemów analizujących przechowywane dane, byłoby utworzenie baz rozlokowanych w kilku miejscach, które automatycznie migrowałyby się do głównej bazy danych.

Utworzenie niezbędnej bazy danych mogłoby pozwolić na stworzenie systemu przechowującego różne rodzaje danych eksploata-

- Nazwa posterunku ruchu, obiektu, szlaku lub kategoria przejazdu
- Zasięg LCS (nazwa LCS)
- "Typ urządzeń srk [lista wybieralna]"
- Km obiektu lub początek szlaku
- "Charakter uszkodzenia [lista wybieralna]"
- "Koszty (dla kradzieży i dewastacji) [w zł]"
- "Uszkodzenia podzespołu srk [lista wybieralna]"
- "Uszczegółowienie podzespołu srk [lista wybieralna]"

Czas trwania uszkodzenia				Lokalizacja uszkodzenia																
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
L.p.	Czas trwania usterki [godz.]	Data wystąpienia zgodnie z E-1758 [rrrr-mm-dd gg:mm]	Data zakończenia zgodnie z E-1758 [rrrr-mm-dd gg:mm]	Sekcja Eksploatacji	Zakład Linii Kolejowych [lista wybieralna]	Nr linii wg Id-12 (D29)	Rodzaj obiektu [lista wybieralna]	Nazwa posterunku ruchu, obiektu, szlaku lub kategoria przejazdu	Zasięg LCS (nazwa LCS)	Typ urządzeń srk [lista wybieralna]	Km obiektu lub początek szlaku	Charakter uszkodzenia [lista wybieralna]	Koszty (dla kradzieży i dewastacji) [w zł]	Uszkodzenia podzespołu srk [lista wybieralna]	Uszczegółowienie podzespołu srk [lista wybieralna]	Objawy uszkodzenia wg odpisu w E-1758	Szczegółowy opis usterki zgodnie z E-1758 (ostatnia stwierdzona przyczyna usterki)	Kod błędu z panelu diagnostycznego	Uszkodzenie/zakłócenie zaistniałe w wyniku przejazdu pojazdu szynowego [podać typ]	Czas opóźnień pociągów wg SEPE [w min]

Rys. 2. Zrzut ekranu wykonany w programie Excel przedstawiający sugerowaną strukturę danych eksploatacyjnych pliku wsadowego do systemu bazodanowego

cyjnych, które ze względu na swoją specyfikę można sklasyfikować tworząc określoną strukturę rekordów. Zgodnie z nią łatwiej można byłoby je w przyszłości analizować.

Na rysunku (Rys. 2) przedstawiono sugerowaną strukturę bazy danych, która bazując na informacjach zawartych w wymaganiach przedstawionych w książce E-1758 może mieć ściśle określoną kolejność przechowywanych danych. Zachowanie ww. struktury może pozwolić na utworzenie standardów przechowywania danych, a także odpowiedniego importu/exportu danych eksploatacyjnych do przygotowanych baz danych.

Dzięki odpowiedniemu przygotowaniu pliku wsadowego możliwe byłoby przeprowadzenie testów eksploatacyjnych poprzez przeanalizowanie zaistniałych awarii pod kątem możliwości wystąpienia problemów w przyszłości.

2.2 Struktura danych eksploatacyjnych

Zgodnie z punktem 2.1 niniejszego artykułu sugerowanym rozwiązaniem jest ujednoczenie przechowywanej struktury zgodnie z określonymi wytycznymi. Struktura analizowanych danych wymaga przechowywania określonych informacji umożliwiających ich analizę. Poniżej przedstawiona została struktura danych eksploatacyjnych, które zgodnie z normą e-1758 w chwili obecnej są przechowywane i przetwarzane w systemach i podsystemach sterowania ruchem kolejowym.

Są to:

- Liczba porządkowa (ułatwiająca porządkowanie i lokalizowanie zaistniałych awarii)
- "Czas trwania usterki [godz.]"
- "Data wystąpienia zgodnie z E-1758 [rrrr-mm-dd gg:mm]"
- "Data zakończenia zgodnie z E-1758 [rrrr-mm-dd gg:mm]"
- Sekcja Eksploatacji
- "Zakład Linii Kolejowych [lista wybieralna]"
- "Nr linii wg Id-12 (D29)"
- "Rodzaj obiektu [lista wybieralna]"

- "Objawy uszkodzenia wg odpisu w E-1758"
- "Szczegółowy opis usterki zgodnie z E-1758 (ostatnia stwierdzona przyczyna usterki)"
- Kod błędu z panelu diagnostycznego
- "Uszkodzenie/zakłócenie zaistniałe w wyniku przejazdu pojazdu szynowego [podać typ]"
- "Czas opóźnień pociągów wg SEPE [w min]"

Powyższa lista po odpowiedniej implementacji pozwala na osiągnięcie szczegółowej analizy zaistniałych awarii w systemach SRK, a także ERTMS. Na Rys. 3 przedstawiono wycinek pliku Excel przedstawiający przykładowe dane eksploatacyjne dotyczące usterki komputerowego systemu zależnościowego EbiLock 950.

2.3 Norma E-1758

Powyższe analizy skupiają się na standardach opisanych w dokumencie jakim jest książka kontrolna urządzeń E-1758. Jest to obok dziennika ruchu (D 831), jest jeden z podstawowych dokumentów opisujących ruch pociągów, w szczególności zakłócenia ich biegu. W związku z tym działanie E-1758 opisano w kilku dokumentach wewnętrznych regulujących zasady prowadzenia i dokumentowania ruchu kolejowego.

Wstępna analiza funkcjonalności E-1758 w obecnej formie papierowej pokazuje złożoność działań, które należy podjąć w celu wprowadzenia cyfrowego zapisu tego dokumentu. Pełny obraz powinien również zawierać liczbę stanowisk uprawnionych do prowadzenia wpisów, a także sposób regulowania uprawnień do ich wykonywania, a także obowiązujące procedury wymuszające nawet kolejność wprowadzania wpisów. Złożoności obsługi dokumentów wdrożenie norm E-1758 w technologii elektronicznej może okazać się technicznie bardzo trudne, ale w porównaniu do dziennika ruchu, który jest obsługiwany przez praktycznie jedną osobę i jedną pozycję, złożoność i dostępność elektronicznej wersji dokumentu E-1758 jest znacznie wyższa.

Sektora Eksploatacji	Zakład Linii Kolejowych <i>[lista wybieralna]</i>	Nr linii wg Id-12 (D29)	Rodzaj obiektu <i>[lista wybieralna]</i>	Nazwa posterunku ruchu, obiektu, szlaku lub kategoria przejazdu	Zasięg LCS (nazwa LCS)	Typ urządzeń srk <i>[lista wybieralna]</i>	Km obiektu lub początek szlaku	Charakter uszkodzenia <i>[lista wybieralna]</i>	Koszty (dla kradzieży i dewiacji) <i>[w zł]</i>
ISE Koluźki	Łódź	1	ST	Koluźki KI		1_EBILOCK 950	105,194	eksploatacyjne	
Uszkodzenia podzespołu srk <i>[lista wybieralna]</i>	Uszczegółowienie podzespołu srk <i>[lista wybieralna]</i>	Objawy uszkodzenia wg odpisu w E-1758		Szczegółowy opis ustarki zgodnie z E-1758 (oszczędnie stwierdzona przyczyna ustarki)		Kod błędu z panelu diagnostycznego	Uszkodzenia/zakłócenia zaisniące w wyniku przejazdu pojazdu szynowego (podać typ)		Czas opóźnień pociągów wg SEPE <i>[w min]</i>
sygnalizator	syg_ sygnalizator świetlity - żarówka	sem.B nie wyświetla się na sygnal bezwzględny, wja.SzB 1poc.		przepalona żarówka światła zielonego sem.B- wymieniono					3

Rys. 3. Wycinek próbnych danych eksploatacyjnych opisanych zgodnie z normą E1758.

Podsumowanie

Stworzenie ustandaryzowanych technik przechowywania danych eksploatacyjnych wydaje się być elementem kluczowym dla dalszego rozwoju technik kolejowych w Polsce, w Europie, a także na całym świecie. Dzięki zastosowaniu jednolitych technik przechowywania danych eksploatacyjnych możliwym byłoby stworzenie dużej bazy danych (Big Data), która po odpowiedniej analizie pozwoliłaby wykryć i uzyskać informacje nt. najczęstszych przyczyn awarii w systemach kolejowych, a także w przyszłości pozwolić na szybszą reakcję w przypadku wystąpienia ewentualnych awarii.

Bibliografia:

1. Leveque O., ETCS Implementation Book, Paris 2008 ISBN 2-7461-1499-2.
2. Strona internetowa Komisji Europejskiej: https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/ertms/what-is-ertms/levels_and_modes_en
3. Cetera A., Informatyzacja procesów opisowych eksploatacji i utrzymania urządzeń automatyki i telekomunikacji na posterunkach ruchu, TTS 5/2016
4. Lewiński A., Toruń A., Gradowski P., ERTMS/ETCS jako metoda poprawy funkcjonalności i przepustowości na liniach kolejowych, Logistyka 4/2015
5. Strona internetowa: <https://rail.bombardier.com>
6. Kycko M., Zabłocki W., Wybrane zagadnienia analizy wyboru systemu SRK dla linii kolejowej o zadanych parametrach ruchowo-przewozowych, PRACE NAUKOWE POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ, 2016

7. The ERTMS/ETCS signalling system: www.railwaysignalling.eu 2013-2014

Types of operating data in Rail Traffic Control Systems

This article discusses the issues of operating data in national and European Rail Traffic Control systems, i.e. in the ERTMS / ETCS and SRK systems. The article presents the possibilities and limitations of ERTMS systems. General principles of system implementation are also given, as well as specific functional levels of the Rail Traffic Control System are presented. The article describes and presents operational data related directly to the railway systems, which are based on the standard described in document E-1758. The article draws attention to the complexity of Rail Traffic Control processes, as well as the fact that it is necessary to modernize solutions that in the coming years will be a real challenge for the railway industry.

Keywords: railway, railway traffic control, operation.

Autorzy:

mgr inż. Bartłomiej Ulatowski – doktorant, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu
 Prof. dr hab. inż. Zbigniew Łukasik – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, z.lukasik@uthrad.pl
 mgr inż. Alfred Kurkowski - Bombardier Transportation (ZWUS) Polska, alfred.kurkowski@rail.bombardier.com