

## Nowoczesny demonstrator symulatora dla operatorów pojazdów szynowych zwiększający bezpieczeństwo i efektywność ich działania – część I

Przemysław BRONA<sup>1</sup>, Adam DĄBROWSKI<sup>2</sup>

### Streszczenie

W artykule przedstawiono trzy zadania wykonane w latach 2013–2015 przez Instytut Kolejnictwa w projekcie budowy demonstratora symulatora dla operatorów pojazdów szynowych w ramach przedsięwzięcia pilotażowego „DEMONSTRATOR+” Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). W opisywanych zadaniach opracowano wymagania funkcjonalne i formalne dla demonstratora, wymagania dotyczące importu i przetwarzania danych przestrzennych GIS, a także założenia dla scenariuszy, w tym: określenie profili jazdy oraz definicje parametrów charakteryzujących scenariusze szkoleniowe.

**Słowa kluczowe:** lokomotywa, symulator, wirtualna rzeczywistość

### 1. Wstęp

W niedawno opublikowanym artykule „Udział Instytutu Kolejnictwa w opracowaniu wymagań technicznych oraz sprawdzeniu ich spełnienia dla symulatora lokomotyw EP09 i EU44 spółki PKP Intercity S.A.” [1] opisano zakres wsparcia merytorycznego, jakiego Instytut Kolejnictwa udzielił spółce PKP Intercity S.A. w przedmiocie zamówienia, budowy oraz odbioru symulatora lokomotyw elektrycznych. Najważniejszym elementem tego wsparcia było określenie wymagań technicznych dla symulatora, a następnie wykonanie stosownych badań i sprawdzeń na etapie odbiorów. Wymagająca dużej kreatywności praca, wykonywana na rzecz PKP Intercity S.A., stała się źródłem wiedzy i doświadczenia, które są podstawą uczestnictwa zespołu specjalistów z Instytutu Kolejnictwa w kolejnych projektach związanych z zastosowaniem technik symulacyjnych w kolejnictwie.

Od grudnia 2013 r. Instytut Kolejnictwa jest członkiem konsorcjum realizującego projekt Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pn. „Nowoczesny demonstrator symulatora dla operatorów pojazdów szynowych zwiększający bezpieczeństwo i efektywność ich działania”. Oprócz Instytutu Kolejnictwa w skład konsorcjum wchodzi także firma informatyczna QUMAK S.A. (w roli lidera), Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego

w Warszawie oraz Centrum Kształcenia i Doradztwa IKKU Sp. z o.o. Zasadniczym celem (produktem) projektu jest wybudowanie demonstratora (czyli prototypu, wersji demonstracyjnej) symulatora pojazdów trakcyjnych<sup>3</sup>. Cały projekt obejmuje jednak o wiele szerszy kontekst zagadnień, skupiając się również na określeniu formalnych ram oraz zasad wykorzystania symulatorów w procesie rekrutacji, szkolenia i egzaminowania maszynistów lub kandydatów na maszynistów. Prowadzone prace mają dać odpowiedź nie tylko na pytanie, jak pod względem technicznym powinien wyglądać nowoczesny i konkurencyjny symulator pojazdów trakcyjnych, lecz również na pytanie jak powinien być on wykorzystywany w celu możliwie dobrego wykształcenia nowej kadry maszynistów.

### 2. Określenie wymagań funkcjonalnych i formalnych dla demonstratora

Od grudnia 2013 r. do czerwca 2014 r. specjaliści z Instytutu Kolejnictwa zaangażowali się w określenie wymagań funkcjonalnych i formalnych, jakie powinien spełniać demonstrator. Było to jedno z kluczowych zadań w projekcie (na który składało się łącznie 31 zadań), ponieważ w jasny sposób definiowało cechy projektowanego urządzenia: zarówno w wymiarze sprzętowym, jak i pod względem opro-

<sup>1</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: pbrona@ikolej.pl.

<sup>2</sup> Mgr inż.; Instytut Kolejnictwa, Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów; e-mail: adabrowski@ikolej.pl.

<sup>3</sup> W założeniach projektu nie określono z góry, czy demonstrator symulatora ma odwzorowywać tylko jeden pojazd trakcyjny, czy też grupę pojazdów, np. przez zastosowanie wymiennych elementów pulpitu w demonstratorze i zaimplementowanie elastycznego oprogramowania.

gramowania. Biorąc pod uwagę fakt, że demonstrator ma być wzorem dla przyszłych symulatorów komercyjnych, każdemu z wymagań nadano jeden z trzech priorytetów (1 – obligatoryjny składnik demonstratora, 2 – fakultatywny składnik demonstratora, ale obligatoryjny dla komercyjnego symulatora, 3 – fakultatywny składnik demonstratora oraz komercyjnego symulatora). We wstępnej fazie prac przygotowano **słownik najważniejszych pojęć** oraz sformułowano **podstawowe założenia** dla urządzenia, a w szczególności: elementy składowe, wskazówki dotyczące pojazdu do odwzorowania (ostatecznie wybór padł na elektryczny zespół trakcyjny serii EN57AKM<sup>4</sup>), przewidywane zastosowanie (charakter pracy maszynisty), podstawowe wymagania dla systemu informatycznego oraz sposób zasilania energią elektryczną.

Formułując **wymagania funkcjonalne dla stanowisk demonstratora**, zespół pracowników Instytutu Kolejnictwa zaproponował, aby demonstrator składał się ze stanowiska szkoleniowego podstawowego (SS1), stanowiska szkoleniowego dodatkowego (SS2), stanowiska instruktora (SI) i stanowiska obserwacyjnego (SO). Wybudowanie dwóch stanowisk szkoleniowych (pełnego SS1 i uproszczonego SS2) ma na celu zaprezentowanie prawidłowego działania systemu informatycznego, a szczególnie możliwości nadzorowania z jednego stanowiska instruktora (SI), dwóch stanowisk szkoleniowych, w tym prowadzenia **jazdy interaktywnej** (tzn. dwa pociągi są prowadzone przez różne osoby w ramach jednego scenariusza).

Dla każdego ze stanowisk demonstratora określono szczegółowe wymagania techniczne. Przedstawiono również oczekiwane rozwiązania w zakresie mobilności urządzenia (stanowisko SS1 łatwe w demontażu, stanowiska SS2 i SI ograniczone do odpowiednio wyposażonych komputerów PC), tak aby było możliwe łatwe przemieszczanie urządzenia i prezentacja osiągnięć projektu w dowolnym miejscu.

W zakresie **wymagań funkcjonalnych dla systemu informatycznego** demonstratora (SIS-beta) określono oczekiwania stawiane systemowi w różnych aspektach jego zastosowania, począwszy od jego ogólnej intuicyjności, elastyczności i mobilności, które to cechy są bardzo ważne w kontekście zakładanej komercjalizacji projektu. Podkreślono rolę właściwego odwzorowania parametrów pociągu, tak aby w odpowiedni sposób była imitowana dynamika jazdy pociągu oraz wzajemne reakcje składu wagonów i prowadzącej go lokomotywy, zarówno przy jeździe pojedynczej, jak i w trakcji wielokrotnej.

Jednym z istotnych założeń projektu było podjęcie próby poszukiwania rozwiązań w pełni lub częściowo **zautomatyzowanego tworzenia środowiska wirtualnego (scenerii)**, według opisu infrastruktury pochodzącego

z systemów informatycznych zarządców infrastruktury oraz numerycznych opracowań cyfrowych. Doświadczenia specjalistów z Instytutu Kolejnictwa uzyskane choćby podczas wizyt zagranicznych i konferencji wskazują, że jest to tzw. temat na czasie, tzn. zagadnienie nie jest jeszcze do końca opracowane.

W celu oceny możliwości odwzorowania **linii kolejowych o różnym charakterze** (a – linia aglomeracyjna, b – linia górską, c – linia nizinna) i **różnej dostępności danych** (a – linia po modernizacji z dostępnym numerycznym modelem terenu, b – linia niezmodernizowana z dostępnym numerycznym modelem terenu, c – linia niezmodernizowana bez numerycznego modelu terenu) do odwzorowania w demonstratorze wybrano odcinki:

- a) Katowice – Tychy (17,8 km) linii kolejowej nr 139 Katowice – Zwardoń (GP),
- b) Rajcza – Zwardoń – Granica Państwa (16,0 km) linii kolejowej nr 139 Katowice – Zwardoń (GP),
- c) Mostówka – Wyszków (11,2 km) linii kolejowej nr 29 Tłuszcz – Ostrołęka.

Zespół specjalistów z Instytutu Kolejnictwa postawił szczegółowe wymagania co do wyglądu scenerii, w tym bardzo ważne i zarazem nowatorskie wymaganie zachowania tzw. **odległości wirtualnej** dla sygnalizatorów świetlnych. Oznacza to, że symulator powinien być wyposażony w taki system informatyczny i urządzenia wyświetlające obraz, które w świecie wirtualnym gwarantują uzyskanie widzialności sygnałów zgodnej z widzialnością występującą w warunkach naturalnych i wynikającej z przepisów o usytuowaniu sygnalizatorów. Poprawne sformułowanie wymagania zachowania „odległości wirtualnej”, np. w „opisach przedmiotu zamówienia”, przeniesie na wykonawcę ciężar doboru odpowiedniego sprzętu (np. rozdzielczości zastosowanych monitorów), czego zwykle nie jest w stanie zrealizować strona zamawiająca. Analogicznie do wyglądu scenerii i systemu wizualizacji, postawiono wymagania dotyczące poziomu odwzorowania dźwięków w pojeździe trakcyjnym i w jego otoczeniu.

Dalsze wymagania dla systemu informatycznego skupiły się na kwestiach związanych z przyszłymi szkoleniami. Sporo miejsca poświęcono scenariuszom, formułując listę **elementów definiujących scenariusz**. Należy wśród nich wymienić:

- 1) scenerię;
- 2) zmienne parametry scenerii:
  - porę roku,
  - porę dnia,
  - warunki atmosferyczne;
- 3) konfigurację pociągu:
  - rodzaj / serię pojazdu trakcyjnego,
  - zestawienie pociągu,

<sup>4</sup> O wyborze serii pojazdu trakcyjnego do odwzorowania w demonstratorze w dużej mierze zadecydowały czynniki praktyczne, tj. dostępność podzespołów pojazdu oraz dokumentacji technicznej.

- stan początkowy urządzeń na pojeździe;
- 4) ustalony punkt początkowy i końcowy jazdy pociągu;
- 5) prędkość początkową pociągu (tj. prędkość w punkcie początkowym);
- 6) warunki ruchu kolejowego:
  - stan urządzeń srk,
  - ruch innych pociągów;
- 7) zestaw zaprogramowanych zdarzeń nietypowych wraz z określonym prawdopodobieństwem ich wystąpienia;
- 8) zestaw uprawnień instruktora do ingerencji w przebieg scenariusza w trakcie jego realizacji.

Z uwagi na **prawdopodobieństwo wystąpienia**, zdarzenia nietypowe podzielono na:

- 1) **zdarzenia niezależne określone** – zaprogramowane z określonym prawdopodobieństwem wystąpienia;
- 2) **zdarzenia niezależne losowe** – zaprogramowane bez określonego prawdopodobieństwa wystąpienia;
- 3) **zdarzenia zależne** – zaprogramowane w taki sposób, że występują w zależności od spełnienia lub niespełnienia określonych warunków lub wystąpienia innego zdarzenia;
- 4) **zdarzenia instruktorskie** – o których wystąpieniu decyduje instruktor w czasie trwania scenariusza.

Ze względu na możliwość ingerencji instruktora w przebieg scenariusza, wprowadzono podział scenariuszy na:

- 1) **scenariusze otwarte** – instruktor może na bieżąco regulować wszystkie elementy scenariusza;
- 2) **scenariusze ograniczone** – instruktor może na bieżąco regulować jedynie z góry zdefiniowane elementy scenariusza;
- 3) **scenariusze zamknięte** – instruktor nie może zmieniać elementów scenariusza w trakcie jego realizacji, pozostaje zatem biernym obserwatorem realizowanego scenariusza i jego rola ogranicza się do oceny przeprowadzonej sesji symulacyjnej.

W dziedzinie zarządzania danymi wskazano, które parametry powinny podlegać rejestracji w trakcie prowadzonych sesji symulacyjnych i w jakim zakresie powinna być prowadzona ich analiza porównawcza z parametrami wzorcowymi. Na tym etapie prac sformułowano również zalecenia dotyczące baz danych w systemie (baza osób szkolonych, baza instruktorów, baza scenariuszy oraz baza raportów i ocen sesji symulacyjnych). Należy podkreślić istotną rolę powiązania wymienionych baz, tak aby szkolenia można było analizować również pod względem poszukiwania i rozwiązywania **problemów systemowych**.

Niezależnie od wymienionych prac, przeprowadzono również identyfikację **wymagań formalnych dla demonstratora**, a w szczególności analizę polskich aktów prawnych, aktów normatywnych oraz innych przepisów (np. instrukcji kolejowych), które powinny być brane pod uwagę przy budowie i eksploatacji demonstratora.

### 3. Opracowanie wymagań dotyczących importu i przetwarzania danych przestrzennych GIS

Po opracowaniu wymagań funkcjonalnych i formalnych dla demonstratora, od lutego 2014 r. do września 2015 r., specjaliści z Instytutu Kolejnictwa przeanalizowali dane o infrastrukturze kolejowej dostępnej w zasobach narodowego zarządcy infrastruktury, tj. spółki PKP PLK S.A., w celu oceny możliwości ich wykorzystania w demonstratorze. W pierwszej kolejności opracowano odpowiednio pogrupowany zestaw danych niezbędnych do opracowania wizualizacji oraz nawiązano współpracę z PKP PLK S.A.

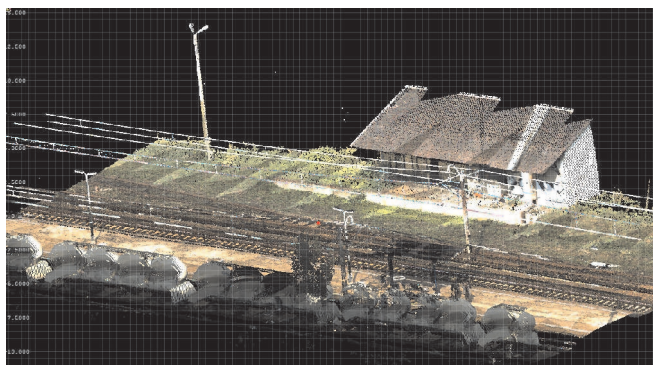
Analizę rozpoczęto od **dokumentacji papierowej** oraz **rozproszonej dokumentacji elektronicznej** (np. w postaci arkuszy kalkulacyjnych), uwzględniając również dane ogólnodostępne, umieszczone na oficjalnej stronie internetowej zarządcy. Przeanalizowano źródła informacji dotyczące:

- 1) ogólnego opisu sieci kolejowej:
  - instrukcja „Wykaz linii Id-12 (D-29)” [10],
  - załącznik 2.4 do RPTP „Wykaz posterunków ruchu i punktów ekspedycyjnych” [4];
- 2) układu geometrycznego toru kolejowego:
  - dokument „Profil linii kolejowej”,
  - arkusze kalkulacyjne „Plan linii” oraz „Profil linii”;
- 3) nawierzchni toru kolejowego – arkusz „Paszportyzacja nawierzchni kolejowej”;
- 4) rozjazdów i skrzyżowań torów – arkusz „Paszportyzacja rozjazdów”;
- 5) przekrojów linii kolejowych – przekroje typowe według instrukcji „Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1)” [9];
- 6) skrajni linii kolejowych – ewidencja skrajni;
- 7) skrzyżowań jednopoziomowych linii kolejowych z drogami kołowymi:
  - dokument „Metryka przejazdowa”,
  - arkusz „Zestawienie przejazdów kolejowych”;
- 8) urządzeń automatyki i telekomunikacji:
  - dokument „Plan schematyczny urządzeń srk”,
  - arkusz „Raport o stanie technicznym urządzeń srk”;
- 9) urządzeń elektroenergetyki:
  - Załącznik 2.10 do RPTP „Wykaz parametrów sieci trakcyjnej” [5],
  - dokument „Katalog sieci trakcyjnej 3 kV prądu stałego”;
- 10) innych elementów infrastruktury:
  - Załącznik 2.4A do RPTP „Wykaz peronów” [3],
  - Załącznik 2.4B do RPTP „Wykaz ogólnodostępnych torów ładunkowych z przyległym placem lub rampą będących w zarządzie PKP PLK S.A. do wykonywania czynności ładunkowych” [6],
  - dokument „Karta ewidencyjna obiektu inżynierskiego”.

Wiele uwagi poświęcono **planom schematycznym punktów eksploatacyjnych**, zawierającym najczęściej warstwy informacyjne dla infrastruktury kolejowej różnych branż.

Kontynuacją pracy było omówienie systemów informatycznych funkcjonujących w spółce PKP PLK S.A. lub przewidywanych do wdrożenia. Szczegółowo scharakteryzowano bardzo ważny **System Informacji dla Linii Kolejowych SILK** wraz z jego integralnymi składnikami (Liniowym Systemem Referencyjnym LRS, Mapą Interaktywną Linii Kolejowych MILK oraz modułami „Dokumentacja”, „Nieruchomości”, „Umowy” i „Prawa dostępu”) i równie istotny system **Prowadzenie Opisu Sieci POS**, w tym aplikację POS, moduł intranetowy e-POS i aplikację Zmiana Parametrów Eksploatacyjnych Linii Kolejowych ZMIPEL. Ponadto omówiono inne mniejsze systemy informatyczne spółki, takie jak **Poznański System Ewidencji Ograniczeń Prędkości i ich Rozliczenia POSEOR**, system **Ewidencja Infrastruktury 2 EWI-2**, system **Przejazdy**, system **Baza Danych o Urządzeniach Automatyki i Telekomunikacji na Linii AUTEL** oraz oparty na założeniach zespołu Instytutu Kolejnictwa, choć jak dotąd niewdrożony, **System Wspomagania Zarządzania Infrastruktura SWZI** [11]. Omawiając systemy informatyczne spółki PKP PLK S.A. wspierano się wiedzą specjalistów z Centrali, tj. z Biura Nieruchomości i Geodezji Kolejowej, Biura Dróg Kolejowych, Biura Automatyki i Telekomunikacji oraz Biura Energetyki.

W kolejnej fazie analizy skupiono się na **numerycznych opracowaniach cyfrowych**. Omówiono źródła danych takie, jak: Numeryczne Modele Terenu (NMT), Numeryczne Modele Pokrycia Terenu (NMPT), także mapy i bazy danych (mapa poziomu 2., TBD – baza danych topograficznych, ortofotomapa), w szczególności analizując dane zgromadzone w zasobie geodezyjnym i kartograficznym PKP PLK S.A. Zwrócono również uwagę na najbardziej aktualne formy pozyskiwania danych, jak **skaning laserowy** (rys. 1) wykonywany na potrzeby kodyfikacji linii kolejowych. Do realizacji projektu demonstratora, spółka PKP PLK S.A. udostępniła Numeryczny Model Terenu (NMT) dla linii kolejowej nr 139 (odcinki Katowice – Tychy i Rajcza – Zwardoń – Granica Państwa) oraz dane pomiarowe pochodzące ze skaningu laserowego i pomiarów fotogrametrycznych (chmura punktów oraz zdjęcia) dla linii nr 8 na odcinku Kozłów – Niedźwiedź (km 295,782 – km 262,098).



Rys. 1. Wizualizacja danych ze skaningu laserowego dla stacji Słomniki [8]

Na podstawie wcześniej opracowanych zagadnień, specjaliści z Instytutu Kolejnictwa przygotowali **specyfikację bazy danych opisu linii kolejowej** dla demonstratora (symulatora), nadając jej postać załącznika tabelarycznego. Zastosowano następujący układ prezentacji danych:

- 1) grupa danych (np. linia kolejowa, tor kolejowy, rozjazd, przejazdy kolejowe, perony, rampy / place, obiekty inżynierijne, sygnalizatory, wskaźniki, hektometry, sieć trakcyjna);
- 2) podgrupa danych (np. opis, lokalizacja, plan, profil, przekrój, nawierzchnia, sterowanie, parametry, wyposażenie, ruch, przewody sieci jezdnej, konstrukcje wsporcze, zespoły podwieszzeń, przęsła naprężenia, linie SN na słupach sieci trakcyjnej);
- 3) szczegół (dane szczegółowe);
- 4) jednostki (w jakiej są wyrażone dane);
- 5) priorytet:
  - A – dane niezbędne, konieczne szczegółowe określenie,
  - B – dane niezbędne, możliwość określenia przybliżonego,
  - C – dane dodatkowe, wpływające na realizm odwzorowania,
  - (A) – dotyczy odwzorowania automatycznego,
  - (T) – dotyczy symulatorów do szkolenia w zakresiejazd manewrowych;
- 6) elektroniczne źródła danych;
- 7) pozostałe źródła danych;
- 8) uwagi.

Ponadto określono **metodykę pozyskiwania i przetwarzania danych** z uwzględnieniem podziału na dane dostępne publicznie i dane niedostępne publicznie.

Wiedza zdobyta w trakcie zgłębiania wymienionych zagadnień stała się przyczynkiem do zorganizowania przez Instytut Kolejnictwa w dniu 15 lipca 2015 r. warsztatów roboczych pod tytułem „Wirtualne odwzorowanie infrastruktury kolejowej na potrzeby symulacji komputerowej”, w których wzięli udział przedstawiciele Instytutu Kolejnictwa, QUMAK S.A., Wojskowej Akademii Technicznej, IKKU Sp. z o.o., oraz wymienionych biur Centrali PKP PLK S.A. W formie prezentacji multimedialnych i żywej dyskusji, tematyka symulacji komputerowej została przybliżona pracownikom zarządcy infrastruktury, którzy z kolei odwziewczyli się informacjami związanymi z pozyskiwaniem konkretnych danych. W trakcie warsztatów omówiono również temat możliwości zintegrowania symulatorów pojazdów trakcyjnych z symulatorami dla dyżurnych ruchu, co pozwalałoby na prowadzenie interaktywnych ćwiczeń przy udziale różnych uczestników ruchu kolejowego.

#### 4. Opracowanie założeń dla scenariuszy

W celu opracowania założeń do scenariuszy, w pierwszej kolejności zdefiniowano profile jazd symulacyjnych prowadzonych podczas sesji szkoleniowych. Przez profil jazdy na-

leży rozumieć komplet zasymulowanych warunków w danej sesji symulacyjnej, na które składają się scenariusz oraz zestaw zdarzeń związanych z prowadzonym pojazdem trakcyjnym i składem pociągu. Dla każdego profilu określono wartości parametrów wykorzystywanych w tworzeniu scenariuszy symulacyjnych. Profile jazdy podzielono na 6 kategorii:

- 1) **rekrutacyjny** mający na celu sprawdzenie u potencjalnego kandydata na maszynistę jego predyspozycji i cech psychomotorycznych do wykonywania zawodu;
- 2) **edukacyjny**, w tym:
  - **na licencję maszynisty**, którego celem jest pogłębienie wiedzy związanej z ogólnymi zasadami prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji;
  - **na świadectwo maszynisty**, mający charakter szkoleniowo-egzaminacyjny, którego celem jest ugruntowanie wiedzy we wszystkich aspektach pracy maszynisty: zasad prowadzenia ruchu kolejowego, obsługi pojazdu trakcyjnego oraz techniki prowadzenia pociągu; w ramach tego profilu przeprowadza się również sesję egzaminacyjną polegającą na sprawdzeniu nabytej wiedzy i weryfikację kwalifikacji kandydata do samodzielnego prowadzenia pojazdów trakcyjnych;
  - **w ramach pouczeń**;
- 3) **egzaminacyjny**, mający na celu przede wszystkim sprawdzenie wiedzy i umiejętności zdobytych podczas szkolenia na licencję lub świadectwo maszynisty oraz egzaminów okresowych bądź sprawdzianów wiedzy i umiejętności;
- 4) **weryfikacyjny**, stosowany w przypadku osób, które miały przerwy w pracy na stanowisku maszynisty spowodowane chorobą lub inną nieobecnością; ponadto profil ten dotyczy osób, które uczestniczyły w zdarzeniach i wypadkach kolejowych;
- 5) **profilaktyczny**, mający charakter szkoleń okresowych wynikających z obowiązujących przepisów; celem jest ugruntowanie wiedzy z zakresu bezpieczeństwa ruchu kolejowego, przepisów sygnalizacji i ruchu kolejowego, obsługi pojazdu trakcyjnego oraz bezpieczeństwa i higieny pracy;
- 6) **doświadczalny**, mający charakter testów badawczych uwzględniających m.in. nowo wprowadzane przepisy, nowe rozwiązania w konstrukcji pojazdów trakcyjnych; celem jest sprawdzenie zachowań i reakcji grup maszynistów na nowe rozwiązania przed ich wprowadzeniem; ponadto celem może być również odtworzenie zdarzeń kolejowych i poddanie analizom prawdopodobnego przebiegu tych zdarzeń.

Jak już wspomniano w rozdziale 2, przy tworzeniu wymagań funkcjonalnych i formalnych dla demonstratora przyjęto założenie, że każdy ze scenariuszy będzie miał zestaw parametrów bazowych. W założeniach do scenariuszy parametry definiujące scenariusze szkoleniowe podzielono na pięć głównych kategorii:

- 1) **parametry scenarii**, do których zalicza się:
  - **drogę kolejową**, tj. układ torowy w płaszczyźnie poziomej i profilu, głowice rozjazdowe z uwzględnieniem typu rozjazdów (w tym prędkość po torze zasadni-

czym i torze zwrotnym), nawierzchnia kolejowa (podkłady z podsypką lub nawierzchnia bezpodsypkowa), skrzyżowania z drogami (z uwzględnieniem kategorii), obiekty inżynieryjne (mosty, wiadukty, przepusty, tunele itp.), perony, rampy, budynki kolejowe;

- **osygnalizowanie linii kolejowej**, tj. wszelkiego rodzaju sygnalizatory, a więc: semafony wjazdowe, wyjazdowe, odstępowe (obsługiwane lub samoczynnej blokady liniowej), tarcze ostrzegawcze, tarcze manewrowe, tarcze zaporowe, sygnalizatory samoczynnej sygnalizacji przejazdowej (tzw. tarcze TOP). Rozmieszczenie sygnalizatorów powinno być zgodne ze stanem faktycznym (np. według dokumentacji zarządcy infrastruktury) oraz zgodne z obowiązującymi przepisami (np. instrukcja sygnalizacji PKP PLK S.A. Ie-1). Do elementów osygnalizowania linii kolejowej należy zaliczyć również wszelkiego rodzaju wskaźniki umieszczone przy torze, jak również na konstrukcjach sieci trakcyjnej. Elementami sygnalizacji kolejowej są także wszelkiego rodzaju czujniki zlokalizowane w torze kolejowym, takie jak: elektromagnesy shp, liczniki osi oraz urządzenia detekcji awarii taboru tzw. DSAT. W przypadku wyposażenia linii w system ERTMS w scenarii powinny być odwzorowane balisy umieszczone w torze kolejowym;
- **pora roku**, tj. wiosna, lato, jesień i zima. Dotyczy to odwzorowania warunków zewnętrznych charakterystycznych dla poszczególnych pór roku, takich jak: warunki oświetleniowe (tj. intensywność oświetlenia słonecznego), zachmurzenie, możliwość występowania opadów atmosferycznych, występowanie zasp śnieżnych i nawiewanie śniegu na tory w porze zimowej, opady liści w porze jesiennej;
- **pora dnia**, w zależności od wyboru godziny, warunki oświetleniowe powinny odpowiadać porze dnia, w której jest prowadzona sesja symulacyjna. Szczególnie dotyczy to pory nocnej, poranka, jazdy w pełnym słońcu (oślepiające słońce), kiedy oświetlenie może spowodować niezauważenie przez maszynistę niektórych elementów, np. wyposażenia linii lub niewłaściwe odczytanie sygnałów na sygnalizatorach;
- **warunki atmosferyczne**, dotyczą w szczególności odwzorowania możliwości wystąpienia opadów deszczu, śniegu lub śniegu z deszczem (rys. 2). Warunki atmosferyczne dotyczą również zmiennych warunków widoczności, spowodowanych występowaniem mgły;



Rys. 2. Wizualizacja pory zimowej [2]

2) **parametry pociągu**, na które składają się:

- **rodzaj pojazdu**, z możliwością wyboru typu lokomotywy, zespołu trakcyjnego lub pojazdu roboczego. Wybór typów pojazdów trakcyjnych dotyczy przypadków, w których istnieje możliwość podłączenia różnych typów kabin/stanowisk szkoleniowych odwzorowujących konkretny typ pojazdu trakcyjnego;
- **rodzaj trakcji**, tj. trakcja elektryczna (lokomotywa elektryczna lub elektryczny zespół trakcyjny) lub trakcja spalinowa (lokomotywa spalinowa, spalinowy zespół trakcyjny lub autobus szynowy);
- **rodzaj pociągu**, skład pociągu pasażerskiego (skład zestawiony z wagonów osobowych) lub pociągu towarowego (skład zestawiony z wagonów towarowych). W uzasadnionych przypadkach powinna istnieć możliwość wyboru składu mieszanego zestawionego z wagonów osobowych i towarowych. Oprócz typowych składów pociągów pasażerskich i towarowych, do rodzaju pociągu należy również zaliczyć skład pociągu roboczego przeznaczonego do przewozu maszyn roboczych;
- **skład pociągu**, zdefiniowany liczbą wagonów oraz masą brutto całego składu pociągu – dotyczy to zarówno składu wagonów z lokomotywą, jak i zespołów trakcyjnych. W przypadku zespołów trakcyjnych należy przewidzieć możliwość jazdy pojedynczej (jeden zespół trakcyjny) lub jazdy wielokrotnej (skład dwóch lub większej liczby zespołów trakcyjnych);
- **stan urządzeń na pojeździe**, czyli jazda bezawaryjna (wszystkie urządzenia w symulowanym pojeździe trakcyjnym działają prawidłowo) lub jazda z usterkami. Usterki na pojeździe należy traktować jako stałe, czyli takie, które nie pojawiają się podczas trwania sesji symulacyjnej;

3) **rodzaj jazdy**, w tym:

- **jazda pociągiem pasażerskim lub towarowym po linii kolejowej**. W scenariuszu powinna być odwzorowana sygnalizacja kolejowa, na podstawie której jest możliwa jazda pociągiem na poszczególnych szlakach i odcinkach linii kolejowej;
- **jazda manewrowa**, np. dojazd pojazdem trakcyjnym do składu pociągu, przyłączanie lub odłączanie wagonów od składu pociągu i temu podobne;
- **jazda mieszana**, uwzględniająca zarówno jazdę manewrową (np. dojazd lokomotywy do składu pociągu i połączenie z tym składem), jak i jazdę pociągową (po sprzęgnięciu lokomotywy ze składem wagonów wyjazd składu pociągu na szlak);
- **jazda w trakcji podwójnej ze sterowaniem wielokrotnym**, podczas której jeden maszynista obsługuje jednocześnie dwa pojazdy trakcyjne sprzęgnięte ze sobą (np. dwie lokomotywy lub dwa zespoły trakcyjne);

4) **warunki ruchu kolejowego**, które uwzględniają różne sposoby prowadzenia ruchu kolejowego, tj.:

- telefoniczne zapowiadanie pociągów,
- półsamoczynną blokadę liniową,
- samoczynną blokadę liniową (wyposażenie linii kolejowej w semaforów odstępowe na szlaku pomiędzy posterunkami ruchu),

5) **zdarzenia nietypowe**, które podzielono na następujące kategorie:

- awarie i nieprawidłowości w prowadzonym pojeździe trakcyjnym lub w składzie prowadzonego pociągu,
- zdarzenia związane z innymi pojazdami kolejowymi występującymi w scenariuszu, tj. sygnały nadawane przez te pojazdy, awarie i nieprawidłowości w mijających pojazdach kolejowych oraz nieprawidłowości w zakresie ruchu innych pojazdów kolejowych,
- prowadzenie ruchu kolejowego według scentralizowanych urządzeń prowadzenia ruchu kolejowego lub według sygnałów ręcznych i dźwiękowych podawanych przez pracowników kolejowych;
- zdarzenia związane z infrastrukturą kolejową, w tym uszkodzenia i problemy związane z urządzeniami srk i wskaźnikami, urządzeniami przejazdowymi, urządzeniami łączności, infrastrukturą drogową, infrastrukturą elektroenergetyczną, a także roboty na torach, ryzyko kolizji z pojazdem drogowym, ryzyko najechania na osobę postronną;
- zdarzenia nietypowe losowe, do których można zaliczyć, np. obecność przeszkody w torze, efekt zbitej szyby ograniczający widoczność lub brak działania wycieraczek (zabrudzona szyba).

W każdym scenariuszu powinna istnieć możliwość wyboru tych parametrów w zależności od zastosowanego profilu jazdy.

## 5. Podsumowanie

Omówione dotychczasowe działania specjalistów z Instytutu Kolejnictwa w projekcie „Nowoczesny demonstrator symulatora dla operatorów pojazdów szynowych zwiększający bezpieczeństwo i efektywność ich działania” dowodzą skali przedstawionego zagadnienia. Ujmując rzecz w największym skrócie, zaangażowani w projekt pracownicy Instytutu Kolejnictwa pełnią w konsorcjum rolę dostawcy wiedzy kolejowej i to zarówno wiedzy technicznej oraz inżynierskiej (np. określenie wymagań dla demonstratora, ocena możliwości wykorzystania danych z PKP PLK S.A.), jak i wiedzy z zakresu organizacji i przebiegu procesu szkoleniowego (wykorzystanie symulatora w procesie szkoleniowym – opracowanie założeń dla scenariuszy). Ponadto, udzielają oni konsorcjantom bieżącego wsparcia w problemach taborowych i proceduralnych (np. uzyskanie informacji o procedurze występowania o zezwolenia na wstęp na teren kolejowy, co jest niezbędne przy wykonywaniu wizji lokalnych).

Kolejne planowane działania w projekcie, podjęte na początku 2016 r., były prowadzone w trakcie przygotowywania niniejszego artykułu. Dotyczą one opracowania programu szkoleń maszynistów (w szczególności opracowania dokładnych scenariuszy) oraz opracowania zakresu formalnego metodyki ćwiczeń.

Należy podkreślić, że prace wykonywane przez specjalistów z Instytutu Kolejnictwa i całe konsorcjum, sprzyjają integracji środowiska kolejowego w zakresie wykorzystania technik symulacyjnych. Współpraca z PKP PLK S.A. umożliwia wzajemną wymianę informacji, w tym poszukiwanie sposobów efektywnego powiązania systemów informatycznych zarządcy infrastruktury z oprogramowaniem odpowiedzialnym za tworzenie wirtualnych scenarii w symulatorach oraz powiązania symulatorów pojazdów trakcyjnych z symulatorami dla dyżurnych ruchu. Wynikami prac są również zainteresowani liczni przewoźnicy, którzy już od 2018 roku będą musieli sprostać nowym zasadom szkolenia maszynistów, według których każdy maszynista 3 godziny rocznie będzie musiał poświęcić zajęciom na symulatorze [7].

*W realizacji pracy pt. „Nowoczesny demonstrator symulatora dla operatorów pojazdów szynowych zwiększający bezpieczeństwo i efektywność ich działania” udział wzięli: mgr inż. Adam Dąbrowski (Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów, koordynator), mgr inż. Ewa Bargiel (Dział Biuro Dyrekcji), mgr inż. Przemysław Brona (Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów), mgr inż. Krzysztof Ochociński (Zakład Dróg Kolejowych i Przewozów) oraz mgr inż. Zbigniew Szafranski (Ośrodek Koordynacji Projektów i Współpracy Międzynarodowej).*

## Bibliografia

1. Dąbrowski A.: *Udział Instytutu Kolejnictwa w opracowaniu wymagań technicznych oraz sprawdzeniu ich spełnienia dla symulatora lokomotyw EP09 i EU44 spółki PKP Intercity S.A.*, Prace Instytutu Kolejnictwa, zeszyt 149, Warszawa 2016.
2. Materiały Wojskowej Akademii Technicznej.
3. Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy pociągów 2014/2015, Załącznik 2.4A „Wykaz peronów”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2015.
4. Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy pociągów 2014/2015, Załącznik 2.4 „Wykaz posterunków ruchu i punktów ekspedycyjnych”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2015.
5. Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy pociągów 2014/2015, Załącznik 2.10 „Wykaz parametrów sieci trakcyjnej”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2015.
6. Regulamin przydzielania tras pociągów i korzystania z przydzielonych tras pociągów przez licencjonowanych przewoźników kolejowych w ramach rozkładu jazdy pociągów 2014/2015, Załącznik 2.4B „Wykaz ogólnodostępnych torów ładunkowych z przyległym placem lub rampą będących w zarządzie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. do wykonywania czynności ładunkowych”, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2015.
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 10 lutego 2014 r. w sprawie świadectwa maszynisty. Dz.U. z dn. 17. Lutego 2014 r., poz. 212.
8. Warda A., Leszczewicz Z.: *Analiza sposobów pozyskiwania i przechowywania danych na temat infrastruktury kolejowej spółki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. w kontekście możliwości ich zastosowania do tworzenia środowiska wirtualnego (scenerii) w symulatorach kolejowych pojazdów trakcyjnych*, Warszawa, 2015.
9. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1), PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2005.
10. Wykaz linii Id-12 (D-29). PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa, 2009.
11. Założenia systemu wspomagania zarządzania infrastrukturą PKP PLK S.A., temat nr 4517/12, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2012.