

Warszawa, dn. 02.06.2015r.

dr hab. Jolanta Żak
Zakład Logistyki i Systemów Transportowych
Wydział Transportu PW

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Janusza Szkopińskiego „Model oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności”

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej z dnia 26 marca 2015 roku (pismo Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej prof. dr. hab. inż. Wojciecha Wawrzyńskiego z dn. 19.05.2015 r.).

I. Uwagi wstępne

Recenzowana praca będąca przedmiotem rozprawy obejmuje:

- 208 stron wraz z załącznikami oprawione w książkę formatu A4;
- 17 rysunków, ponumerowanych i podpisanych, w tekście zasadniczym;
- 32 tabele w tekście zasadniczym, które są ponumerowane i opisane;
- 13 załączników zamieszczonych na końcu pracy;
- bibliografię liczącą 113 pozycji krajowych i zagranicznych w tym: trzy pozycje Autora rozprawy (wszystkie jako Współautor).

Zasadnicza treść rozprawy zawarta jest w rozdziałach 1÷7. Wstęp do rozprawy stanowi wprowadzenie do identyfikacji jej obszaru badawczego. Rozprawę kończy podsumowanie (rozdział 8) zawierające analizę otrzymanych wyników oraz wnioski wynikające z przeprowadzonych w pracy rozważań.

Załączniki do rozprawy doktorskiej zawierają syntetyczny przegląd zmian technicznych wynikających z wdrażania wymagań interoperacyjności oraz dane analizowanego przykładu a także zrzuty z ekranu stosowanej aplikacji.

Rozprawa zawiera również streszczenie w języku polskim i angielskim, spis oznaczeń i stosowanych skrótów oraz spis rysunków i tabel.

II. Ocena doboru tematu rozprawy

Przystąpienie w roku 2004, Rzeczypospolitej Polskiej do Unii Europejskiej (UE) wiązało się z otwarciem rynku produktów i usług również w obszarze transportu kolejowego. Spełnienie wymogów integracyjnych wiąże się ze zmianami dotychczas istniejącego systemu transportu kolejowego na taki, w którym przemieszczanie się pociągów pomiędzy różnymi państwami nie powoduje strat czasu wynikających z przekroczenia granicy. Osiągnięcie

powyższego stanu, jest możliwe tylko w przypadku wprowadzenia zmian w obszarze zarówno suprastruktury jak i infrastruktury kolejowej. Zdolność systemu kolejowego do zapewnienia bezpiecznego i nieprzerwanego przejazdu pociągów spełniających określone parametry techniczno-technologiczne określana jest jako interoperacyjność. Zdolność ta wiąże się ze spełnieniem zarówno warunków prawnych, technicznych jak i operacyjnych. W praktyce oznacza to, że interoperacyjny tabor może poruszać się po interoperacyjnej infrastrukturze kolejowej i przemieszczać pomiędzy sieciami kolejowymi poszczególnych państw (zarządców infrastruktury) bez konieczności: zatrzymywania się na granicach, wymiany lokomotyw na granicach, zmiany maszynistów na granicach, jak również bez potrzeby wykonywania przez maszynistów jakichkolwiek czynności specyficznych dla danego zarządcy infrastruktury.

Jak wynika z powyższego wdrożenie interoperacyjności wymaga dostosowania przepisów UE do prawa polskiego, a także określenia wymagań administracyjnych, techniczno-technologicznych i organizacyjnych w zakresie funkcjonowania systemu transportu kolejowego. Jednocześnie nie można zapominać o tym, że zmiany te muszą zostać dokonane w określonym horyzoncie czasowym, przy zachowaniu ciągłości funkcjonowania ruchu kolejowego na sieci kolejowej. Wdrażanie interoperacyjności jest działaniem długookresowym o ściśle określonym przebiegu. W strategii wdrożeniowej dotyczącej interoperacyjności na plan pierwszy wysuwa się konieczność wprowadzenia Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (European Rail Traffic Management System - ERTMS), składającego się z GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway - europejska radiołącność pociągowa) oraz ETCS (European Train Control System - Europejski System Sterowania Pociągiem).

W chwili obecnej na rynku brak jest narzędzia, które umożliwi ocenę dostosowania elementów systemu kolejowego (w tym linii kolejowych) do wymagań interoperacyjności. Akty prawne i szczegółowe przepisy zostały już opracowane ale brak jest instrumentu w postaci opracowanej metodyki, która umożliwiłaby w sposób precyzyjny ocenę dostosowania.

Mgr inż. Janusz Szkopiński podejmując tą problematykę wpisuje się idealnie w lukę badawczą w tym zakresie. Rozprawa dotyczy jednego z elementów wdrażania interoperacyjności, tj. narzędzia wspomagającego do oceny stanu aktualnego linii kolejowych w kontekście ich ewentualnej modernizacji, z uwzględnieniem warunków: technicznych, eksploatacyjnych, ruchowo – przewozowych i ekonomicznych, której celem jest wprowadzenia pociągów interoperacyjnych.

Reasumując uważam, że podjęcie przez mgr. inż. Janusza Szkopińskiego opracowania narzędzia do oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności, należy uznać za uzasadniony i niezwykle aktualny, a sformułowanie tematu rozprawy za właściwe.

III. Analiza zakresu, celu i treści rozprawy

W przedstawionej do recenzji rozprawie, Autor podjął się rozwiązania złożonego zagadnienia dotyczącego wieloaspektowej oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności. Zakres pracy przedstawiony w rozprawie jest obszerny i prezentuje obszar badawczy, którym Doktorant się zajmuje. Został on podporządkowany udowodnieniu tezy

badawczej i realizacji celu rozprawy, który Doktorant formułuje jako (str. 31), cytując: „opracowanie autorskiej metody wspomagają ocenę stopnia dostosowania linii kolejowej do wymagań interoperacyjności”. Jako cel naukowy mgr inż. J. Szkopiński określa (str. 32) cytując: „opracowanie modelu symulacyjnego pozwalającego na ocenę stopnia dostosowania linii kolejowej do wymagań interoperacyjności”.

Uwzględniając tak określone cele rozprawy Doktorant formułuje tezę rozprawy, cytując: „Zastosowanie narzędzi symulacyjnych i metod matematycznych pozwoli na opracowanie modelu oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności uwzględniając uwarunkowania: techniczne, ruchowo – przewozowe i eksploatacyjne”.

Treść rozdziałów jest powiązana z tytułem rozprawy i stanowi jego rozwinięcie oraz odpowiada sformułowanemu celowi rozprawy.

We **Wstępie (5 stron)** nakreślono zagadnienia omawiane w dalszej części pracy. Przedstawiono aktualny stan wdrożenia aktów normatywnych dotyczących interoperacyjności na kolei w warunkach polskich.

W **rozdziale 1. (16 stron)** Doktorant przedstawił problematykę interoperacyjności oraz genezę integracji systemów transportu kolejowego w państwach członkowskich UE. Nakreślił uwarunkowanie historyczne, których efektem są rozbieżności w systemach transportowych różnych krajów w zakresie: technicznym, eksploatacyjnym, organizacyjnych i zarządzania ruchem pociągów. Doktorant dokonał krytycznego przeglądu szerokiego spektrum piśmiennictwa dotyczącego wdrożenia interoperacyjności uwzględniając zarówno pozycje naukowe jak i akty legislacyjne. Mgr inż. Janusz Szkopiński skupił się przede wszystkim na przedstawieniu kluczowych, z punktu widzenia funkcjonowania, obszarów transportu kolejowego. W rozdziale tym zdefiniowany został również cel i teza pracy, której udowodnienie, jest przedmiotem dalszej części rozprawy. Rozdział ten syntetyzuje zamierzenia Autora rozprawy w zakresie potrzeby opracowania narzędzia aplikacyjnego wspomagającego ocenę dostosowania linii kolejowej do warunków interoperacyjności.

W **rozdziale 2. (46 stron)** Doktorant dokonał analizy obszarów badawczych dotyczących obszaru interoperacyjności. Na podstawie przeprowadzonych rozważań zidentyfikował czynniki, które decydują o interoperacyjności struktury systemu i jej powiązań. Ponadto dokonano przeglądu uwarunkowań: technicznych, eksploatacyjnych, ruchowo – przewozowych, a także ekonomicznych, istotnych z punktu widzenia modernizacji linii kolejowej w celu dostosowania jej do standardów interoperacyjności. Przeprowadzona przez Autora analiza pozwoliła na zdefiniowanie założeń i warunków brzegowych w modelu matematycznym, który został zapisany w sposób formalny w rozdziale 4.

Ważnym elementem tej części rozprawy a zarazem oryginalnym osiągnięciem Doktoranta jest przedstawiona identyfikacja czynników decydujących o interoperacyjności struktury systemu i jej powiązań.

Rozdział 3. (22 strony) zawiera precyzyjne definicje interoperacyjności, w aspekcie linii kolejowych, taboru i systemu kolejowego. Ważnymi zagadnieniami podjętymi przez Doktoranta w rozdziale są: określenie warunków dopuszczenia suprastruktury i infrastruktury do eksploatacji oraz przedstawienie wymagań interoperacyjności w legislacji Unii Europejskiej. W części tej przedstawiono również procedury wymagane w przypadku

dopuszczenia pociągu interoperacyjnego do poruszania się po interoperacyjnej linii kolejowej. Na podstawie analizy literatury wskazano zagrożenia dotyczące oceny spełniania wymagań interoperacyjności oraz przedstawiono przewidywane koszty i korzyści wdrożenia interoperacyjności dla poszczególnych interesariuszy tj.: zarządców infrastruktury, przewoźników i klientów. Rozdział ten stanowi podstawę dla założeń przyjętych w modelu matematycznym opisanym w kolejnym rozdziale.

Rozdziały od 4 do 7 stanowią moim zdaniem oryginalne osiągnięcie Autora rozprawy. Niewątpliwie zarówno model matematyczny wraz z wskaźnikami oceny i warunkami brzegowymi, algorytmy jego rozwiązania jak i aplikacja komputerowa MODIK wraz z walidacją i weryfikacją stanowią początek nowego podejścia do oceny linii kolejowej w aspekcie dostosowania jej do warunków interoperacyjności.

W **rozdziale 4. (23 strony)** Doktorant przedstawił analizowany problem badawczy w postaci modelu matematycznego. Na podstawie przyjętych założeń i proponowanych rozwiązań zaproponowano zapis formalny parametrów modelu. Wskazano również warunki brzegowe i ograniczenia modelu oceny. Zdefiniowano wskaźniki oceny możliwości dostosowania poszczególnych odcinków linii kolejowej do wymagań interoperacyjności.

W **rozdziale 5. (10 stron)** zostały opisane algorytmy zastosowane w aplikacji opracowanego przez Autora modelu. Algorytmy wynikały z określonych wcześniej założeń. Na zadanych macierzach tras pociągów można było przeprowadzić modyfikację w celu uzyskania zbioru rozwiązań dopuszczalnych. Doktorant zaproponował wzór na czas następstwa pociągów interoperacyjnych wyposażonych w system ERTMS. Ostatnim typem opracowanych przez Doktoranta algorytmów są algorytmy sprawdzające prawidłowość rozłożenia tras pociągów na wykresie ruchu np. z punktu widzenia dodatniego efektu ekonomicznego czy też minimalnej liczby pociągów interoperacyjnych.

Rozdział 6. (14 stron) zawiera opis autorskiej aplikacji MODIK, w postaci poszczególnych modułów. Przedstawione w rozdziale 5. algorytmy zostały zaimplementowane w środowiska dwóch programów: Excel i Scilab. Zastosowanie tych programów pozwoliło użytkownikowi aplikacji na wykorzystanie wygodnego i ogólnie dostępnego interfejsu wprowadzania danych wejściowych w postaci plików Excelowych a następnie przeniesienie ich do programu symulacyjnego Scilab, również ogólnie dostępnego. Poszczególne moduły dotyczą: wprowadzania danych, transpozycji danych, obliczeń sprawdzania warunków lokalnych i globalnych oraz otrzymanych wyników. W rozdziale tym przedstawiono również procedurę postępowania i przebieg symulacji.

W **rozdziale 7. (19 stron)** Autor dokonał weryfikacji i walidacji modelu na danych rzeczywistych. Badaniu poddano odcinki trzech linii kolejowych: Warszawa Wsch.-Łódź Kaliska, Warszawa Wsch.-Katowice, Łódź Kaliska- Kutno. Dla oceny wyników symulacji, odniesiono je do wartości rzeczywistych podanych w literaturze. W rozdziale tym dokonano również oceny przyjętych w założeń, co do rozkładów zgłoszeń i obsługi pociągów w przypadku zastosowanego algorytmu wykorzystującego teorię masowej obsługi. Na podstawie oceny statystycznej weryfikacji tras pociągów przeprowadzonej za pomocą testu zgodności λ -Kolmogorowa oraz rozkładów tras rzeczywistych dla wymienionych wcześniej linii kolejowych, sprawdzono typ rozkładu czasu obsługi pociągów.

Rozdział 8. (2 strony) zawiera podsumowania pracy i uzyskanych wyników. W rozdziale przedstawiono zakres przeprowadzonych w rozprawie rozważań zarówno teoretycznych jak i praktycznych. Ponadto Doktorant nakreślił kierunki dalszych prac badawczych.

Do pracy dołączonych jest 13 załączników ściśle przedstawiających zagadnienia dotyczące wdrażania interoperacyjności oraz opracowaną przez Autora aplikację komputerową i rzeczywiste rozkłady tras pociągów z rozdziału 7.

IV. Ocena rozprawy

W mojej opinii zasadniczym i najważniejszym dorobkiem mgr inż. Janusza Szkopińskiego jest opracowany przez Niego Model symulacyjny MODIK stanowiący narzędzie do wspomagania oceny dostosowania linii kolejowych do warunków interoperacyjności, w szczególności wprowadzenia ruchu pociągów interoperacyjnych.

Niewątpliwie opracowany model może stanowić wygodne narzędzie dla różnego typu menedżerów, np. projektantów, zarządców infrastruktury kolejowej oraz operatorów obsługi ruchu kolejowego, podejmujących decyzje w zakresie wprowadzania pociągów interoperacyjnych na linie kolejową. Aplikacja umożliwia przeprowadzenie oceny dostosowania linii kolejowej z uwzględnieniem szerokiego spectrum czynników wielu obszarów funkcjonalnych i strukturalnych.

Jak już wcześniej zaznaczyłam w swojej recenzji za oryginalne osiągnięcie Autora rozprawy uważam: **opracowany model matematyczny wraz z wskaźnikami oceny i warunkami brzegowymi, zaproponowane algorytmy jego rozwiązania oraz aplikację komputerową MODIK wraz z walidacją i weryfikacją zawarte w rozdziałach od 4 do 7. Niewątpliwie ta część rozprawy zasługuje na bardzo wysoką ocenę.**

Reasumując uważam zatem, że podjęty przez Doktoranta problem jest bardzo ważny zarówno z naukowego oraz z inżynierskiego punktu widzenia. Rozwiązując go Doktorant wykazał dojrzałość badawczą wynikającą ze sprawnego posługiwania się zastosowaną metodą oraz posiadał wystarczającą znajomość metod oceny dostosowania systemu kolejowego do wymagań interoperacyjności.

W zakresie dokonań naukowych za oryginalne osiągnięcie mgr. inż. Janusza Szkopińskiego uważam:

1. przedstawienie obszernej analizy badanego obszaru transportu kolejowego z uwzględnieniem istotnych z punktu widzenia wdrożenia interoperacyjności elementów.
2. uwzględnienie w analizie aspektu zasadności modernizacji linii kolejowych,
3. identyfikację warunków brzegowych niezbędnych do wprowadzenia interoperacyjnych pociągów na linie, a tym samym wdrożenia interoperacyjności na cały system kolejowy,
4. opracowanie wskaźników spełnienia warunków interoperacyjności w zakresie minimalnej wymaganej liczby pociągów interoperacyjnych, zachowania płynności ruchu na badanej linii oraz zakresu uzyskania dodatniego efektu ekonomicznego z przeprowadzenia modernizacji linii,

5. opracowanie autorskiej metody oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności,
6. opracowanie procedury metody oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności,
7. implementację opracowanej w postaci aplikacji komputerowej MODIK umożliwiającej ocenę wpływu zmian parametrów infrastruktury kolejowej związanych na przykład z modernizacją linii i taboru na wdrożenie interoperacyjności.

Dużą zaletą pracy jest jej użyteczny charakter, co jest bardzo ważne przy tego typu opracowaniach. Aplikacja proponowanego podejścia, w oparciu o dane rzeczywiste, dla wybranych linii kolejowych przedstawiona w rozdziale siódmym potwierdza możliwości praktycznego zastosowania zaproponowanego narzędzia aplikacyjnego.

Uważam, że w zakresie dokonań praktycznych mgr. inż. Janusza Szkopińskiego największym osiągnięciem jest możliwość wykorzystania opracowanego modelu oceny dostosowania linii kolejowej do warunków interoperacyjności przez projektantów, zarządców infrastruktury kolejowej oraz operatorów obsługi ruchu kolejowego. Opracowana przez Doktoranta aplikacja MODIK zapewne znajdzie zastosowanie podczas podejmowania decyzji o alokacji środków inwestycyjnych, określania zakresu analiz studialnych i projektów technicznych itp. odnośnie wprowadzania interoperacyjnych pociągów na danej linii kolejowej.

Dokonując oceny układu rozprawy, należy podkreślić, że jej ogólna forma i zakres wynikają z realizacji celu i tezy rozprawy. Cel rozprawy został osiągnięty, a teza w mojej opinii obroniona.

Uważam, że omówiona konstrukcja rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań zasługują na ocenę co najmniej dobrą i właściwą dla tego rodzaju prac.

Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w reprezentowanej dyscyplinie nauki transport, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz umiejętnością analitycznego rozwiązania rozpatrywanego problemu.

V. Uwagi szczegółowe

Zawartość merytoryczną rozprawy oceniam pozytywnie. Mimo mojej wysokiej oceny pracy, podczas czytania, nasunęły mi się pewne pytania.

1. W założeniach do modelu pisze Pan o potrzebie wyznaczenia minimalnej liczby pociągów interoperacyjnych kursujących na danej linii kolejowej, dla której cykliczność i częstotliwość będzie akceptowana przez interesariuszy. Liczba ta zależy od minimalnego popytu, który został przyjęty jako wartość stała. Mam pytanie: od czego zależy wielkość tego popytu i kto decyduje o przyjęciu tej wielkości.
2. Czy zastanawiał się Pan nad zastosowaniem algorytmów uwzględniających dynamikę na sieci kolejowej, tj. pozwalających lub nie na jazdę pociągu interoperacyjnego w zależności od chwilowej sytuacji na szlaku.

3. Rozumiem, że Pana model ma zastosowanie głównie dla linii dwutorowych, natomiast w przypadku linii jednotorowej, jak Pan pisze, należy model rozbudować. Mam pytanie: czy w przypadku polskiego systemu kolejowego wdrażanie interoperacyjności na liniach tego typu jest zasadne.
4. Czy zaproponowana przez Pana agregacja typów pociągów, w tym interoperacyjnych, jest wystarczająca? Czy przeprowadzał Pan analizy z większą liczbą typów, a jeśli tak to jak to wpłynęło na otrzymane wyniki.

Odpowiedzi na powyższe pytania oczekuję podczas publicznej obrony.

W recenzowanej dysertacji Doktorant nie ustrzegł się błędów redakcyjnych. Błędy redakcyjne (np. różne formy zapisu literatury, błędy w numeracji wzorów i rysunków), które zauważyłam w recenzowanej rozprawie, przekazane zostały Doktorantowi w bezpośredniej rozmowie. Nie wpływają one na wysoką ocenę merytoryczną rozprawy, a utrudniają jedynie zrozumienie niektórych jej fragmentów. Do błędów, takich zaliczam m.in.:

1. różne definiowanie zbioru T (str. 91 i str. 114),
2. bardzo długie zdania (zawierające ponad 30 wyrazów).

VI. Wniosek końcowy oceny rozprawy

Przedstawioną do recenzji pracę oceniam bardzo wysoko, została ona wykonana na bardzo dobrym poziomie merytorycznym. Wnosi ona istotne elementy poznawcze do dotychczasowego stanu wiedzy z zakresu oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności. Doktorant dobrze orientuje się zarówno w problematyce kolejowej jak i modelowania systemów transportowych. Treści merytoryczne zawarte w pracy świadczą o dużej dojrzałości naukowej i wiedzy merytorycznej Doktoranta.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań są oryginalnym dorobkiem naukowym Doktoranta, a rezultaty pracy mogą zostać bezpośrednio wykorzystane w praktyce, czego dowodem jest zweryfikowanie ich na przykładzie trzech linii kolejowych: Warszawa Wsch.-Łódź Kaliska, Warszawa Wsch.-Katowice, Łódź Kaliska- Kutno. Zawarte w rozprawie badania i analizy są na wysokim poziomie merytorycznym, a ich wyniki rozszerzają wiedzę z zakresu oceny linii kolejowych w aspekcie interoperacyjności.

Uwagi krytyczne nie umniejszają wysokiej wartości merytorycznej pracy. Na taką ocenę pracy ma wpływ fakt, iż cel pracy został osiągnięty, a teza obroniona i potwierdzona wynikami praktycznymi.

Reasumując stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki przewidziane w Ustawie z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. Nr 65, poz. 595.

Stawiam więc wniosek o przyjęcie opracowania pt. „Model oceny dostosowania linii kolejowych do wymagań interoperacyjności” przedstawionego do recenzji – jako rozprawy doktorskiej mgr. inż. Janusza Szkopińskiego na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Transport i dopuszczenie jej do publicznej obrony.