

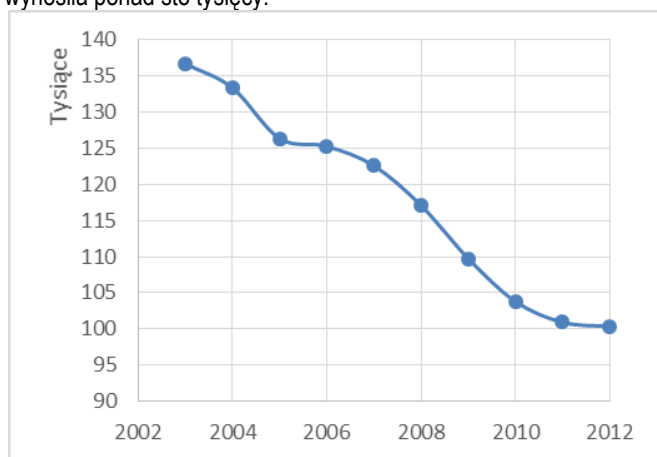
ZASTOSOWANIE PROGRAMÓW OBRAZUJĄCYCH DZIAŁALNOŚĆ PASAŻERSKICH PRZEWOŹNIKÓW KOLEJOWYCH DO CELÓW DYDAKTYCZNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono podstawowe informacje dotyczące planowania obiegów taboru oraz realizacji procesu przewozowego na kolei. Opisano dwa programy komputerowe związane z działalnością pasażerskich przewoźników kolejowych. Program Traafik, wykorzystywany na kolejach estońskich, ułatwia planowanie obiegów taboru i umożliwia ich przedstawienie w postaci dyspozytorskiego rozkładu jazdy oraz schematycznej mapki. Symulator Pojazdów Szynowych MaSzyrna jest instalowany na stanowiskach szkoleniowych dla maszynistów. Oba programy mogą być wykorzystywane na zajęciach ze studentami uczelni wyższych.

WSTĘP

Transport kolejowy jest ze swej natury bardzo złożony i wymaga współdziałania specjalistów z wielu dziedzin: energetyków, drogowców, automatyków, mechaników, i przedstawicieli wielu innych grup zawodowych. Według danych Eurostatu przedstawionych na rysunku 1, liczba osób zatrudnionych w głównych przedsiębiorstwach polskiego sektora kolejnictwa co prawda stale się zmniejsza, ale w 2012 roku (skąd pochodzą najbardziej aktualne dane) wciąż wynosiła ponad sto tysięcy.



Rys. 1. Liczba osób zatrudnionych w głównych przedsiębiorstwach sektora kolejowego [4]

Szeregi osób zatrudnionych w sektorze kolejnictwa zasilane są corocznie przez absolwentów specjalności związanych z transportem kolejowym. Zajęcia organizowane dla studentów tych specjalności są z oczywistych przyczyn bardzo zróżnicowane, aby choć w minimalnym zakresie przedstawić zasady funkcjonowania poszczególnych elementów systemu kolei. Niemożliwością jest wskazanie, który z nich jest bardziej, a który mniej istotny – tak jak nie da się przewidzieć dalszych losów zawodowych osób kończących studia wyższe.

Z drugiej jednak strony, cel funkcjonowania kolei jest dobrze określony i polega na umożliwieniu przewozu osób i ładunków. Z tego względu przekazanie podstawowych informacji na temat zasad funkcjonowania przewoźników kolejowych wydaje się niezbędne do tego, aby studenci mieli ogólne rozeznanie w temacie

transportu kolejowego. W ocenie autorów niniejszej pracy, rozumienie zasad przygotowywania rozkładów jazdy, planowania obiegów taboru czy kierowania pojazdem trakcyjnym powinno należeć do podstawowych kompetencji także tych osób, które podejmą pracę niezwiązaną bezpośrednio z prowadzeniem ruchu pociągów.

Dalsza część artykułu poświęcona zostanie przewoźnikom pasażerskim, gdyż ich działalność jest dla studentów bardziej zrozumiała, wiele z informacji odnosi się jednak w równym stopniu do transportu towarowego. W rozdziale 1 omówiona zostanie specyfika działalności pasażerskich przewoźników kolejowych, ze szczególnym uwzględnieniem planowania obiegów taboru oraz realizacji procesu przewozowego. W rozdziałach 2 i 3 przedstawione zostanie współtworzone przez autorów tej pracy oprogramowanie, które może zostać wykorzystane podczas zajęć laboratoryjnych ze studentami.

1. SPECYFIKA DZIAŁALNOŚCI PRZEWOŹNIKA KOLEJOWEGO

1.1. Wprowadzenie

Zgodnie z definicją podaną w [9], przewoźnik kolejowy to podmiot dysponujący pojazdami trakcyjnymi, który – korzystając z udostępnionej infrastruktury kolejowej – realizuje przewozy towarów i/lub pasażerów. Przewoźnicy kolejowi są, wraz z zarządcami infrastruktury, głównymi podmiotami na rynku kolejowym. Dyrektywa Unii Europejskiej o bezpieczeństwie kolei [3, art. 4] stanowi, że to na tych dwóch typach przedsiębiorstw spoczywa odpowiedzialność za bezpieczne funkcjonowanie systemu kolei i nadzór nad ryzykiem związanym z nim zagrożeniami.

Dla transportu pasażerskiego w [9] wymieniono cztery grupy zadań: przewozy dalekobieżne międzyaglomeracyjne i międzyregionalne, przewozy lokalne oraz miejscowe. Nieco inny podział układów przewozowych znaleźć można w [15, s. 210], gdzie wyróżniono:

- układ przewozów międzynarodowych
- układ przewozów międzyregionalnych
- układ przewozów regionalnych poza obszarami dużych miast i zespołów miejskich
- układ przewozów w dużych miastach i zespołach miejskich.

Tego typu podziały są oczywiście umowne i zależą także od rozpatrywanej sieci kolejowej. Przykładowo na kolejach rosyjskich

wyróżnia się przewozy dalekobieżne (powyżej 700 km), lokalne (150-700 km) i podmiejskie – do 150 km [10, s. 216].

Przedstawione sposoby podziału przewozowej działalności pasażerskiej mają odzwierciedlenie w ofercie przewoźników faktycznie istniejących na rynku. W Polsce działa obecnie około 15 przedsiębiorstw kolejowych zajmujących się przewozem osób, do największych z nich należą [7]: Przewozy Regionalne, PKP Intercity oraz PKP SKM.

Niezależnie od wielkości i skali działalności przewoźników pasażerskich, w ich funkcjonowaniu wyróżnić można dwie podstawowe fazy, związane z [16]:

- organizacją przewozów, a więc ustaleniem rozkładu jazdy i sposobu jego wykonania
- realizacją przewozów.

Obie fazy w już istniejących przedsiębiorstwach występują jednocześnie. Oznacza to, że przewoźnik na bieżąco monitoruje realizację zadań przewozowych. Pozwala to na wprowadzanie drobnych korekt (np. zmiany długości składów kursujących w danej relacji), prowadzących do poprawy wyników finansowych lub opinii pasażerów. Większe zmiany dotyczyć mogą np. godzin kursowania pociągów, ich relacji i liczby – są one wprowadzane wraz z nowym rozkładem jazdy w drugą sobotę grudnia.

1.2. Planowanie obiegów taboru

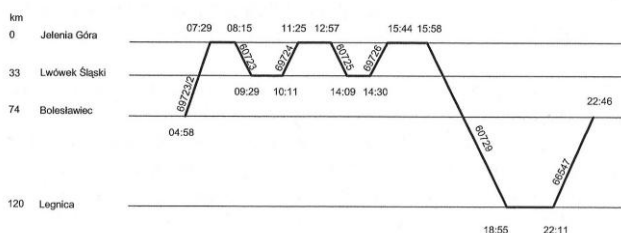
Obieg taboru (składu, lokomotywy) definiowany jest jako zbiór pociągów (relacji), który dany skład lub lokomotywa obsługuje w okresie od odjazdu ze stacji początkowej do ponownego odjazdu z tej samej stacji początkowej z pociągiem o tym samym numerze [9]. Czas trwania obiegu nazywany jest obrotem składów i można go wyrazić wzorem [16]:

$$T = \sum_{p=1}^P t_p + \sum_{z=1}^Z t_z \quad (1)$$

gdzie:

- T – obrót składów (lokomotywy) [godz.],
- t_p – czas jazdy z pociągiem p [godz.],
- P – liczba obsługiwanych pociągów,
- t_z – czas z tego przejścia na stacji zwrotnej [godz.],
- Z – liczba przejść na stacjach zwrotnych.

Obieg przedstawić można w postaci listy numerów pociągów obsługiwanych przez dany tabor (skład, lokomotywę), wygodniej jednak jest posługiwać się zapisem graficznym. Przykład schematu obrazującego obieg zespołu trakcyjnego poruszającego się po jednej linii kolejowej przedstawiono na rysunku 2. W przypadku, gdy tabor porusza się po kilku liniach, wygodniej jest posługiwać się schematami, na których każdemu pociągowi przyporządkowany jest jeden prostokąt, jak pokazano na rysunku 3.



Rys. 2. Przykład przedstawienia obiegu taboru na tle schematu linii kolejowej [16 s. 50]

Mo	St. Werrigerode Westertor Est. Werrigerode gültig vom 28.05.1989 bis 26.05.1990		Umlaufplan Tzf. BR 99.722 Bedarfsverkehr		Stand: 28.05.1989 Fahrzeugbedarf: 1 Tzf. Laufleistung aller Fzg. pro Woche: 330,4 km mittl. Laufleistung pro Fzg. und Tag: 66,1 km	
	0	1	2	3	4	5
1						1
Fr 1						Di 1
Wd 1						Do 1
66.1 km						66.1 km

Rys. 3. Przykład przedstawienia obiegu taboru za pomocą prostokątów [1 s. 26]

Ze względu na ograniczone zasoby taborowe przewoźników, obiegi taboru stanowią istotny czynnik przy konstrukcji rozkładów jazdy [13]. Do przykładowych sytuacji, w których obiegi odgrywają decydującą rolę, należą m.in.:

- kursy w szczycie, gdy popyt na usługę transportową jest znacząco wyższy w jednym kierunku danej relacji – ze względu na ograniczoną ilość taboru trudno jest uniknąć konieczności zaplanowania prawie pustych kursów powrotnych
- kursy wieczorne i poranne – liczba składów przyjeżdżających wieczorem do danej stacji musi być równa liczbie składów opuszczających ją rano.

Dodatkową trudność w trakcji spalinowej stanowić może zaopatrzenie pojazdów trakcyjnych w paliwo. Jest to szczególnie istotne w sytuacji, gdy tabor w nocy znajduje się na stacjach, które nie umożliwiają jego zatankowania.

Planowanie obiegów taboru nie jest zadaniem jednorazowym. Konieczność zmian w obiegach wywołana jest nierównomiernością rozkładu jazdy – część pociągów kursuje tylko w dni robocze, nie kursuje w święta państwowe itd. Pojawić się może konieczność wycofania danego pojazdu z użytkowania, np. w celu przeprowadzenia przeglądów kontrolnych różnych poziomów oraz napraw [13]. Do decyzji o wprowadzeniu zmian może skłonić również chęć poprawienia oferty dla pasażerów i np. wprowadzenia na niektórych relacjach trakcji podwójnej.

1.3. Realizacja procesu przewozowego

Proces przewozowy obejmuje czynności procesu transportowego, w które zaangażowany jest tabor, tj. naładunek, przewóz i wylądunek. Przewóz w transporcie kolejowym odbywa się poprzez ruch pociągów. W celu prowadzenia ruchu pociągów w sposób bezpieczny konieczne było opracowanie szeregu zasad, które zostały zapisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji [14], a zaaplikowane m.in. w Instrukcji o prowadzeniu ruchu pociągów Ir-1 [11] i Instrukcji sygnalizacji Ie-1 [12]. Znajomość tych aktów prawnych jest niezbędna, aby współpraca między dyżurnymi ruchu i maszynistami przebiegała sprawnie, nie powodując powstania opóźnień.

Realizacja procesu przewozowego zaczyna się w momencie podstawienia pociągu na stacji początkowej. Aby jednak było to możliwe, konieczny jest do wykonania szereg czynności, do których zobligowany jest maszynista. Wśród nich można wyróżnić m.in. podłączenie pojazdu trakcyjnego ze składem pociągu (względnie pojazdów trakcyjnych ze sobą), wykonanie próby hamulca czy zgłoszenie gotowości do jazdy [11].

W trakcie procesu przewozowego maszynista kieruje pojazdem trakcyjnym zgodnie ze wskazówkami i nakazami, jakie są mu przekazywane przez dyżurnego ruchu (ustnie bądź pisemnie), sygnały na sygnalizatorach i wskaźnikach, drużynę konduktorską oraz innych pracowników. Jednocześnie powinien on przestrzegać zaleceń dotyczących techniki prowadzenia pojazdu trakcyjnego, jazdy energooszczędnej oraz nie powodować opóźnienia pociągu.

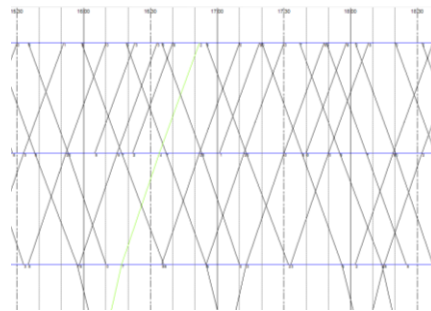
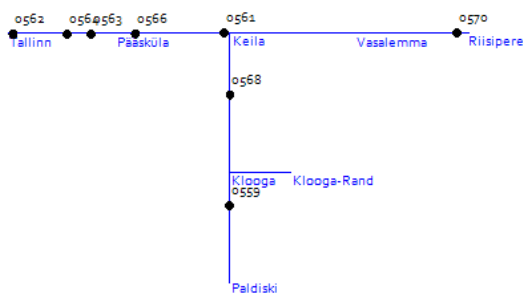
2. OPRACOWYWANIE PLANÓW OBIEGU TABORU W PROGRAMIE TRAAFIK

Program Traafik jest opracowywany od 2011 roku z myślą o planowaniu obiegów taboru największego estońskiego przewoźnika pasażerskiego. Główne okno programu podczas pracy przedstawiono na rysunku 4.

Do głównych cech programu należy:

- możliwość utworzenia dla jednego rozkładu jazdy dwóch powiązanych ze sobą schematów obiegów – jednego dla taboru, drugiego dla drużyn trakcyjnych
- obsługa trakcji podwójnej – w szczególności łączenia i rozłączania jednostek wewnątrz obiegów (na stacjach pośrednich)
- automatyczne obliczanie czasu trwania i długości obiegu – pomoc w planowaniu pracy drużyn trakcyjnych i częstotliwości tankowania
- kolorowanie symboli pociągów w zależności od relacji – ułatwienie w odczytywaniu schematów
- intuicyjny interfejs – przesuwanie pociągów między obiegami za pomocą myszy, łatwa edycja własności kilku pociągów jednocześnie.

Dla potrzeb zajęć ze studentami najważniejsza jest oczywiście możliwość przesuwania pociągów pomiędzy składami w taki sposób, aby uzyskany plan spełniał określony warunek, np. wymagał użycia jak najmniejszej liczby składów, równomiernie wykorzystywał wszystkie dostępne składy itp. Efekt wykonanej pracy można przedstawić także w postaci dyspozytorskiego rozkładu jazdy oraz schematycznej mapki, co przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Alternatywne możliwości przedstawienia obiegu taboru w programie Traafik (opracowanie własne)

3. SYMULACJA PRZEJAZDU POCIĄGU W PROGRAMIE MASZYNA

3.1. Opis programu

Symulator Pojazdów Szynowych MaSzyna powstał w roku 2001 [6]. Obecnie jest to rozbudowany symulator ruchu pociągu z perspektywy maszynisty w czasie rzeczywistym. Wizualizacja ruchu pojazdów odbywa się w środowisku trójwymiarowym, co przedstawiono na rysunku 6. W symulatorze odwzorowane są najpopularniejsze pojazdy: EU07, ET22, SM42, EN57. Najbardziej rozbudowana symulacja napędu dotyczy pojazdów z silnikami szeregowymi prądu stałego i rozruchem oporowym. Trwają prace nad implementacją napędu z silnikami indukcyjnymi sterowanymi przez falownik. Umożliwi to symulację ruchu współcześnie produkowanych pojazdów. Na szczególną uwagę zasługuje wciąż ulepszana symulacja działania układu hamulcowego, która uwzględni działanie różnych rodzajów materiałów ciernych.

Format zapisu segmentów torów pozwalana na kładzenie torowiska w trzech wymiarach z uwzględnieniem przechyłek, pochyleń i krzywych przejściowych. Na scenerii jest możliwe umieszczenie dowolnych sygnalizatorów i wskaźników, słupów i pręseł sieci trakcyjnej, statycznych i animowanych modeli budynków, pojazdów, infrastruktury itd.



Rys. 4. Główne okno programu Traafik podczas pracy (opracowanie własne)



Rys. 6. Obraz generowany w symulatorze MaSzyzna z wnętrza kabiny lokomotywy EU07 [5]

Symulator umożliwia zaprogramowanie pewnych działań uruchamianych poprzez najechanie lub stanięcie pojazdu na torze, bądź wpływ czasu symulacji. Jednocześnie możliwe jest sterowanie innymi pojazdami bezpośrednio przez program, który potrafi prowadzić pociąg i wykonywać podstawowe manewry taborem.

Symulator MaSzyzna może być dowolnie konfigurowany i rozbudowywany. Formaty używanych plików konfiguracyjnych taboru i scenerii oraz kod źródłowy są otwarte, co wydatnie powiększa możliwości dopasowywania przebiegu symulacji do potrzeb użytkownika. Jednocześnie istnieje możliwość komunikacji symulatora z zewnętrznymi urządzeniami poprzez złącze USB oraz z zewnętrznymi aplikacjami przez komunikaty systemowe.

3.2. Typowe zastosowania

Symulator MaSzyzna początkowo był wykorzystywany dla rozrywki. Umożliwiał on każdemu poprowadzenie wirtualnego pociągu i spojrzenie na kolej z perspektywy maszynisty. Nosiło to jednocześnie pewien walor edukacyjny, ponieważ do prawidłowej obsługi symulatora konieczna jest znajomość przepisów dotyczących sygnalizacji, prowadzenia ruchu pociągu oraz rozumienie zasad działania lokomotywy.

Symulator MaSzyzna jest obecnie wykorzystywany jako oprogramowanie symulacyjne w co najmniej czterech stanowiskach szkoleniowych. Na trzech z nich symulowany jest elektryczny zespół trakcyjny EN57, zaś na czwartym (przedstawionym na rysunku M1) – lokomotywa ET22. Dzięki temu kandydaci na maszynistów mogą w bezpiecznych warunkach spróbować prowadzenia pociągu. Jednocześnie umożliwia to sprawdzenie ich znajomości przepisów dotyczących sygnalizacji i prowadzenia ruchu kolejowego oraz wiedzy teoretycznej z zakresu obsługi pojazdów.

Obecny poziom odwzorowania dynamiki ruchu pojazdów kolejowych pozwala na zastosowanie symulatora MaSzyzna do pracy naukowej. Wyróżniające jest to, że symulacja jest zasadniczo przeprowadzana w czasie rzeczywistym z możliwością ciągłej ingerencji użytkownika w symulowany proces. Jest to szczególnie istotne przy prowadzeniu badań opartych na interakcji człowieka z pojazdem lub uwzględniających opóźnienia zachodzące w układach sterowania pojazdu. Cechy te zostały wykorzystane do oceny możliwości realizacji rozkładów jazdy [2].



Rys. 7. Widok stanowiska szkoleniowego z pulpitem lokomotywy ET22 (opracowanie własne)

3.3. Możliwe zastosowania dydaktyczne

Jak zostało wspomniane w podrozdziale 3.2, symulator MaSzyzna jest wykorzystywany dydaktycznie w procesie kształcenia kandydatów na maszynistów starających się o licencję maszynisty.

Na poziomie akademickim możliwe jest wykorzystanie symulatora do zapoznania studentów ze specyfiką prowadzenia ruchu kolejowego oraz występującymi przy tym procedurami. W związku z tym studenci będą mogli poznać zakres obowiązków maszynisty, przepisy kolejowe, technikę

prowadzenia pojazdów trakcyjnych różnego typu, zasadę działania poszczególnych rodzajów układów napędowych i hamulcowych oraz porównać je ze sobą. Dzięki temu absolwenci będą mieć świadomość m.in. czasu niezbędnego do przygotowania pociągu do jazdy i wyprawienia go w drogę, czy też wpływu budowy i wyposażenia pojazdów trakcyjnych na ich możliwości trakcyjne i bezpieczeństwo prowadzenia pociągów.

Jednocześnie możliwe wykorzystanie symulatora MaSzyzna do symulacji ruchu pociągów dla innych aplikacji, np. ISDR [8]. W ten sposób możliwe będzie przedstawienie zakresu obowiązków, jakie ciążyą na dyżurnych ruchu poszczególnych posterunków.

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie specjalistycznego oprogramowania może przyczynić się do podnoszenia jakości kształcenia studentów. W przypadku kierunków związanych z transportem szynowym możliwe jest wykorzystanie programów Traafik i MaSzyzna. Dzięki temu studenci zdobędą doświadczenie z zakresu planowania i realizacji procesu transportowego, które pozwoli im na lepsze przygotowanie do przyszłej pracy zawodowej. Dzięki programowi Traafik będą w stanie poznać zasady budowania oferty przewozowej oraz dopasowywania jej do istniejących ograniczeń związanych z liczbą posiadanego taboru i personelu. Program MaSzyzna umożliwi im poznanie procedur obowiązujących przed wyprawieniem pociągu w drogę oraz w czasie jazdy. Jednocześnie będą oni mogli utrwalić i zweryfikować swoją wiedzę z zakresu budowy pojazdów szynowych.

Wydaje się zasadne, aby do programu studiów kierunków związanych z transportem szynowym włączyć zajęcia laboratoryjne z wykorzystaniem opisanego oprogramowania. W związku z tym konieczne są dalsze prace ukierunkowane na opracowanie przebiegu zajęć i zadań stawianych studentom.

BIBLIOGRAFIA

1. Ausgewählte Beispiele zum RailML®-Format (Auszug) [online, dostęp 8.09.2015]
http://www.irfp.de/download/railml_doku_beispiele.pdf
2. Cierniak M., Application of driving simulator in evaluation of railway timetables, Journal of Mechanical and Transport Engineering, Vol 67 No 2, 2015, s. 5–13
3. Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r – Dyrektywa w sprawie bezpieczeństwa kolei
4. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database> [online, dostęp 1.09.2015]
5. <http://eu07.pl/dla-prasy/> [online, dostęp 6.09.2015]
6. <http://eu07.pl/rozwoj/> [online, dostęp 6.09.2015]
7. <http://utk.gov.pl/pl/analizy-i-monitoring/statystyka-miesieczna/przewozy-pasazerskie-20/5641,Przewozy-pasazerskie-2015.html> [online, dostęp 1.09.2015]
8. <http://www.isdr.pl/> [online, dostęp 6.09.2015]
9. Leksykon terminów kolejowych, pod red. M. Starczewskiej, KOW sp. z o.o., Warszawa 2011. ISBN 978-83-933737-0-3
10. Обšй курс жеlezных дорог, pod red. J. Efimenko, Centrum Wydawnicze Akademia, Moskwa 2011. ISBN 978-5-7695-7941-7
11. PKP PLK SA., Instrukcja o prowadzeniu ruchu pociągów Ir-1 (R-1), Warszawa, 2008
12. PKP PLK SA., Instrukcja o sygnalizacji Ie-1 (E-1), Warszawa, 2015
13. Restel F.J., Obiegi taboru w aspekcie systemu wspomagania zarządzaniem eksploatacją, Logistyka 6/2011
14. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 18 lipca 2005 r. w sprawie ogólnych warunków prowadzenia ruchu kolejowego i sygnalizacji, Dz.U. 2005 nr 172 poz. 1444
15. Zalewski P., Siedlecki P., Drewnowski A., Technologia transportu kolejowego, WKiŁ Warszawa 2004. ISBN 83-206-1519-4
16. Żurkowski A., Pawlik M., Ruch i przewozy kolejowe. Sterowanie ruchem, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., Warszawa 2010. ISBN 978-83-930600-5-4

Autorzy:

mgr inż. **Maciej Cierniak** – Politechnika Poznańska
mgr inż. **Piotr Smoczyński** – Politechnika Poznańska

APPLICATION FOR EDUCATIONAL PURPOSES OF PROGRAMS RELATED TO ACTIVITIES OF RAILWAY UNDERTAKINGS OPERATING PASSENGER SERVICES

Abstract

In the paper basic information on trainset rosterings and realization of railway transportation process was presented. Two computer programs related to activities of railway undertakings operating passenger services were described.. Program Traafik, used on Estonian railways, facilitates planning of rosterings and can show the output in a form of a dispatcher timetable or a schematic map. Railway Vehicles' Simulator MaSzyna is being installed in training centers for train drivers. Both programs can also be used for work with university students.