

RESTEL Franciszek J.¹

OBIEGI TABORU W ASPEKCIE SYSTEMU WSPOMAGANIA ZARZĄDZANIEM EKSPLOATACJĄ

Artykuł stanowi fragment merytoryczny do opracowywanego przez Politechnikę Wrocławską systemu wspomagania zarządzaniem eksploatacją autobusów szynowych. W artykule opisano moduł prognozowania przebiegów oraz liczby motogodzin. Wartości tych parametrów determinują możliwość użytkowania lub konieczność obsługi technicznego autobusu szynowego. Zależne są w pełni od realizowanych przewozów, a zatem obiegów przypisanych do pojazdów. W chwili obecnej zauważalny jest sposób określania obiegów w postaci papierowej lub arkuszy kalkulacyjnych, w wersji dedykowanej do chwilowych potrzeb. Występujące zdarzenia niepożądane oraz zmiany rozkładu jazdy powodują konieczność ponownego, czasochłonnego opracowania obrotów. Tworzony system ma między innymi wspomagać, upraszczać i przyspieszać konstruowanie obiegów.

ROLLING STOCK CIRCUITS IN THE ASPECT OF EXPLOITATION MANAGEMENT SUPPORT SYSTEM

The paper is a substantive part of rail busses exploitation management support system that is prepared by the Wrocław University of Technology. The article describes prediction module of mileage and number of operating hours. The values of these parameters determine the possibility of using or need to repair rail buses. The parameters are fully dependent on realized transport, therefore on circuits assigned to vehicles. At the moment, it is noticeable, that circuits determining is made on paper or spreadsheets (dedicated to temporary needs). Occurring unwanted events and time table changes circuit remakes are time-consuming. The developed system has, among other, to support, simplify and accelerate construction of circuits.

1. WSTĘP

Pierwsze uwzględnienie obrotów pojazdów trakcyjnych następuje już w chwili opracowywania rozkładu jazdy pociągów. Obok zamawianych u przewoźnika zadań przewozowych jest to drugi istotny czynnik jaki przy konstrukcji rozkładu odgrywa rolę. Przyjmując proces eksploatacji pojazdów jako zdeterminowany, można by opracować jednorazowo obiegi pojazdów wraz z chwilą wprowadzenia rozkładu jazdy. Problem ten

¹Politechnika Wroclawska, Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, e-mail: franciszek.restel@pwr.wroc.pl

staje się złożony, ponieważ obok dziennego okresu należy uwzględnić również szerszy, zawierający potrzebę wycofania pojazdu na przeglądy kontrolne różnych poziomów, a w dalszej perspektywie również naprawy. Rozwiązanie takiego zagadnienia bez komputerowego wspomagania wydaje się bardzo czasochłonne.

Dodatkowym aspektem przemawiającym za wdrożeniem systemu wspomagania jest losowość procesu eksploatacji pojazdów. Wystąpienie uszkodzenia pojazdu powoduje konieczność zastąpienia go przez inny lub wprowadzenia komunikacji zastępczej. W takim przypadku deterministycznie przyjęte obiegi oraz prognozowane liczby motogodzin pojazdów szynowych stają się nieaktualne. Możliwość szybkiej modyfikacji obrotów pojazdów daje tylko informatyczny system wspomagania zarządzaniem eksploatacją.

2. INWENTARYZACJA ELEMENTÓW SYSTEMU I PROCESÓW

W celu opracowania takiego systemu należy określić zbiór parametrów podsystemu infrastruktury, podsystemu taboru oraz procesów transportowych. Następnie z tego zbioru należy pozyskać istotne parametry.

Do najbardziej istotnych parametrów charakteryzujących proces przewozowy należą:

- rodzaj pociągu (pośpieszny, regionalny, aglomeracyjny),
- liczba wymaganych miejsc siedzących (zależna liczby pasażerów),
- zużycie energii (zależne od taboru i linii),
- rozkład jazdy:
 - chwila rozpoczęcia realizacji zadania przewozowego,
 - chwila zakończenia realizacji zadania przewozowego,
 - miejsce rozpoczęcia kursu,
 - miejsce zakończenia kursu,
 - liczba uruchamianych pociągów,
 - czas wymiany pasażerów,
- praca przewozowa w pociągo-kilometrach,
- rodzaj taboru,
- inne.

Powyższe parametry informują przede wszystkim o wymogach stawianych pojazdom, a zatem determinują serię lub serie pojazdów jakie można do konkretnych zadań przewozowych wykorzystywać.

W przypadku pojazdów można wyszczególnić następujące parametry:

- wiek taboru,
- całkowity przebieg pojazdów,
- okresy między obsługowe (zgodnie z DTR i DSU)
- pojemność (liczba miejsc),
- droga hamowania,
- moc zainstalowana,
- przyśpieszenie,
- prędkość maksymalna,
- rezerwy w taborze,
- masa pociągu brutto,
- naciski na osie,

- chwilowe położenie na sieci,
- inne.

Infrastruktura opisana jest następującymi parametrami:

- prędkość konstrukcyjna,
- prędkość szlakowa,
- liczba ograniczeń prędkości,
- wartości ograniczeń prędkości,
- długość linii,
- liczba przejazdów kolejowych,
- rodzaje przejazdów kolejowych (zabezpieczone rogatkami przez personel, zabezpieczone rogatkami automatycznie, zabezpieczone sygnalizacją świetlną automatycznie, niezabezpieczone)
- liczba posterunków ruchu (umożliwiający zmianę toru, kierunku ruchu, linii),
- rodzaj urządzeń sterowania ruchem,
- liczba punktów wymiany pasażerów,
- położenie zakładów taboru,
- liczba torów,
- trakcja elektryczna tak/nie,
- źródła zasilania trakcji elektrycznej-liczba,
- rodzaje pociągów,
- naciski na osie,
- inne.

Uwzględniając zapotrzebowanie modułu obiegu taboru na informacje wybrano następujące cechy:

- seria pojazdu:
 - liczba miejsc,
 - moc jednostkowa zestawu pociągowego,
 - masa zestawu pociągowego (naciski na osie),
 - rodzaj napędu pojazdu (elektryczny, spalinowy),
- numer pojazdu:
 - rok produkcji,
 - całkowity przebieg pojazdu w danej chwili,
 - chwilowe położenie pojazdu na sieci,
 - chwilowy przebieg do następnej obsługi,
 - chwilowy stan zbiornika paliwa,
- zadanie przewozowe:
 - relacja:
 - miejsce wyjazdu,
 - miejsce przyjazdu,
 - chwila wyjazdu,
 - chwila przyjazdu,
 - okres kursowania,
 - serie pojazdów mogące wykonywać zadanie,
 - zużycie paliwa,

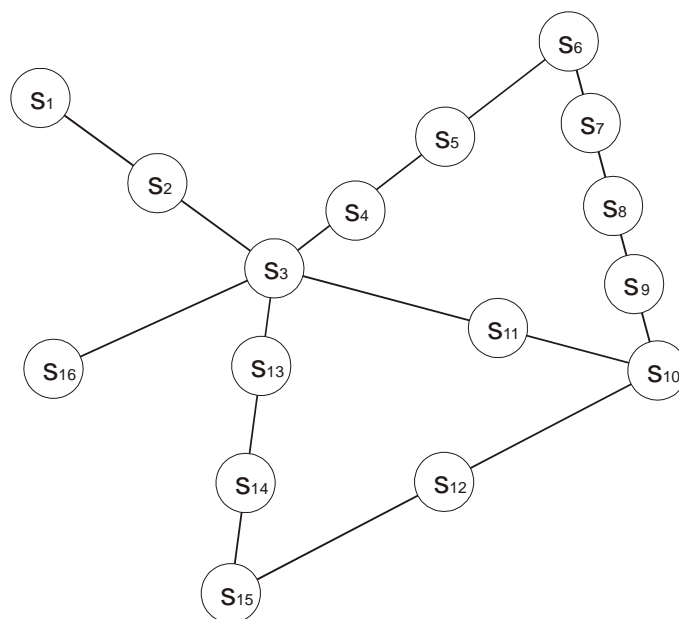
Seria pojazdu informuje o cechach ogólnych, konstrukcyjnych oraz eksploatacyjnych, które determinują obszar zastosowania pojazdów, ich zasięg i okresy między przeglądowe. Są to parametry potrzebne do planowania użytkowania oraz obsługi pojazdów.

Obok cech ogólnych serii istotną grupą są cechy opisujące stan konkretnego pojazdu w danej chwili. Wiek pojazdu informuje o czynnościach obsługowych, które należy wykonać niezależnie od przebiegu pojazdu. Przykładem tego jest np. okres dopuszczenia zbiorników ciśnieniowych. Następnie są cechy mówiące o okresach pozostałych do czynności zależnych od przebiegu. Dla przydzielania zadań przewozowych niezbędna jest również informacja na temat chwilowego położenia pojazdu na sieci.

3. PARAMETRYZACJA SYSTEMU WSPOMAGANIA

3.1. Infrastruktura i rozkład jazdy

Parametryzacja infrastruktury rozpoczyna się od określenia wszystkich punktów handlowych oraz punktów obsługi do których docierają rozpatrywane pojazdy. Sieć powstałą w wyniku połączenia punktów przedstawiono schematycznie na rysunku 1. Rzeczywista sieć kolejowa w danym regionie może być znacznie większa niż obszar obsługiwany danymi pojazdami.



Rys. 1. Schemat sieci obsługiwanej przez rozpatrywane pojazdy. s_1-s_{15} są punktami handlowymi, natomiast s_{16} jest punktem obsługi. Opracowanie własne.

Zbiór wszystkich punktów obsługiwanych przez pojazdy można zapisać następująco:

$$S = (s_1, s_2, \dots, s_m) \quad (1)$$

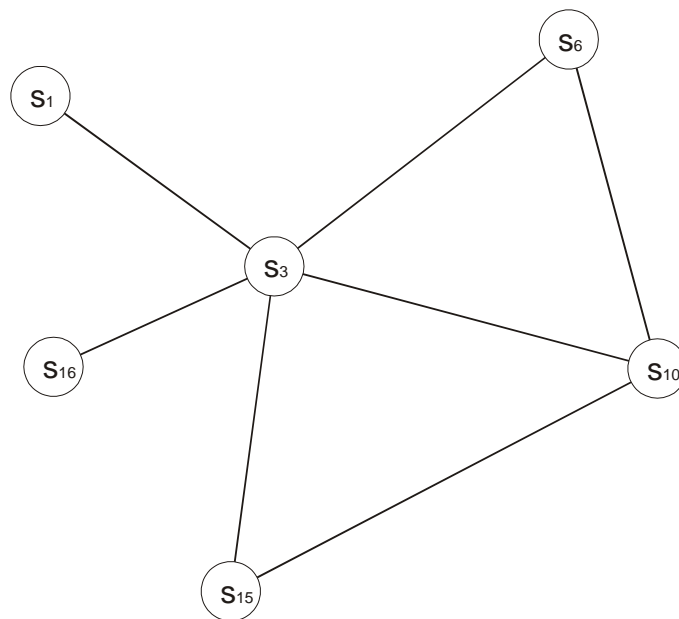
gdzie: S – zbiór punktów,
 s_1, s_2, \dots – poszczególne punkty.

Poszczególne punkty opisane są dokładnym położeniem geograficznym, wysokością nad poziomem morza, znaczeniem dla prowadzenia ruchu i znaczeniem dla prowadzonych przewozów.

$$s_m = \langle xy_m, z_m, zr_m, zp_m \rangle \quad (2)$$

gdzie: xy_m – położenie geograficzne punktu m ,
 z_m – wysokość nad poziomem morza punktu m ,
 zr_m – znaczenie punktu m w prowadzeniu ruchu,
 zp_m – znaczenie punktu m w realizowanych przewozach.

Cecha mówiąca o znaczeniu punktu w prowadzeniu ruchu opisuje czy jest to stacja z możliwością wykonywania manewrów i zmiany kierunku ruchu, przystanek osobowy bez obsługi ruchowej itp. Znaczenie punktu w realizowanych przewozach opisuje czy jest to przystanek lub stacja przejściowa, przystanek lub stacja końcowa, stacja węzłowa itp.



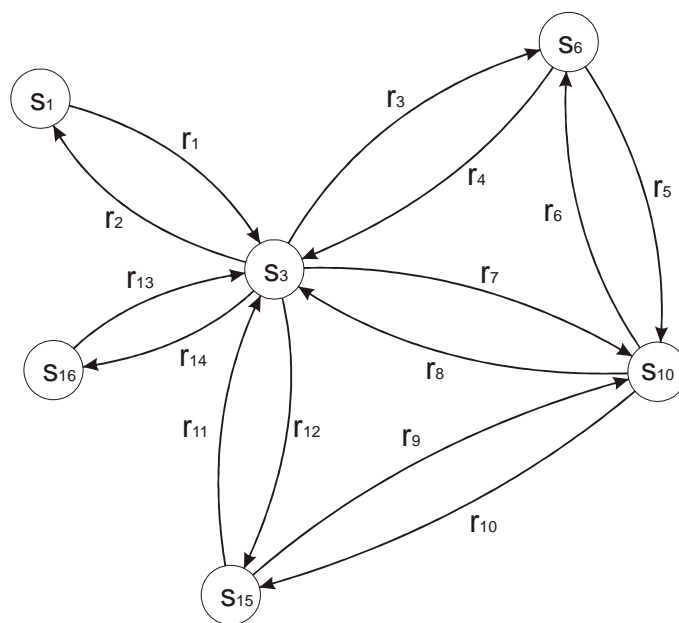
Rys. 2. Schemat sieci obsługiwanej przez rozpatrywane pojazdy, w którym pozostawiono tylko istotne punkty. Opracowanie własne.

Przyjęto, że przykładowa sieć zawiera pięć linii z ruchem pasażerskim: 1(s_1-s_3), 2(s_3-s_6), 3(s_6-s_{10}), 4($s_3-s_{11}-s_{10}$) oraz 5($s_3-s_{15}-s_{10}$). Linie 1, 2, 3 i 4 obsługiwane są w całości.

Natomiast na linii 5 występuje zróżnicowanie w pociągach. Część pociągów kursuje w relacji s_3 - s_{15} , pozostałe są wydłużone do s_{10} . Pozostały punkt s_{16} jest miejscem obsługi pojazdów, które może znajdować się w obrębie węzła s_3 , ale może być również w innej miejscowości, znajdującej się w pewnej odległości od węzła.

Na rysunku 1 spośród wszystkich punktów można wydzielić te, które nie stanowią początku/końca relacji i które nie są węzłami. Te punkty mają małe znaczenie w aspekcie planowania obiegów, stąd usunięto je ze zbioru punktów w celu uproszczenia modelu. Tak powstały zbiór istotnych punktów oznaczono jako S' . Schemat ze zmniejszoną liczbą punktów przedstawiono na rysunku 2.

Rozpatrując schemat z rysunku 2 jako graf można zauważyć, że gałęzie łączące węzły stanowią relacje. W przypadku grafu niezorientowanego można relacjom przyporządkować tylko odległość, która jest stała w obydwu kierunkach. Po zorientowaniu grafu dochodzą dodatkowe cechy opisujące relacje. Są nimi czas jazdy i zużycie paliwa, które mogą być zróżnicowane w zależności od kierunku. Należy jednak zwrócić uwagę, iż te dwie cechy nie są wyłącznie funkcją linii, ale również serii pojazdów, a nawet konkretnych pojazdów. Zorientowany graf, z nadanymi relacjami przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Graf sieci obsługiwanej przez dane pojazdy z nadanymi relacjami. Opracowanie własne.

W takim ujęciu powstaje zbiór relacji:

$$R = (r_1, r_2, \dots, r_x) \quad (3)$$

gdzie: R – zbiór relacji,

r_1, r_2, \dots – poszczególne relacje.

Każda relacja opisana jest następująco:

$$r_x = \langle s_{px}, s_{kx}, l_x, t_{xi}, d_{xi} \rangle \quad (4)$$

gdzie: s_{px} – punkt początkowy relacji x ,

s_{kx} – punkt końcowy relacji x ,

l_x – długość linii zawierającej się w relacji x ,

t_{xi} – czas jazdy dla relacji x , przy obsłudze i -tym pojazdem,

d_{xi} – zużycie paliwa podczas realizacji przewozów na relacji x , dla i -tego pojazdu.

Następnie przyporządkowano każdej relacji godziny wyjazdu i przyjazdu otrzymując zadania przewozowe. Zbiór zadań przewozowych ma postać:

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_t) \quad (5)$$

gdzie: Z – zbiór zadań przewozowych,

z_1, z_2, \dots – poszczególne zadania przewozowe.

Każde zadanie przewozowe opisane jest następująco:

$$z_t = \langle s_{px}, T_{px}, s_{kx}, T_{kx}, l_x, d_{xi}, OK_t, G_t \rangle \quad (6)$$

gdzie: s_{px} – punkt początkowy relacji x , na której realizowane jest zadanie t ,

T_{px} – rozkładowa chwila rozpoczęcia realizacji zadania przewozowego,

s_{kx} – punkt końcowy relacji x ,

T_{kx} – rozkładowa chwila zakończenia realizacji zadania przewozowego,

l_x – długość linii zawierającej się w relacji x ,

d_{xi} – zużycie paliwa podczas realizacji przewozów na relacji x , dla i -tego pojazdu,

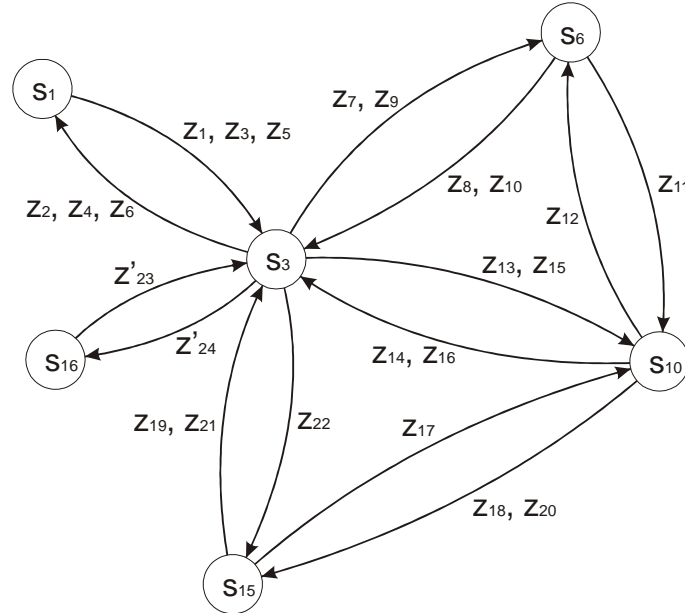
OK_t – zbiór dni w których realizowane jest zadanie przewozowe t ,

G_t – zbiór pojazdów mogących wykonać zadanie przewozowe t .

W zadaniu przewozowym wykorzystano cechy relacji, zastępując czas jazdy chwilą rozpoczęcia i zakończenia realizacji zadania przewozowego. Ponieważ zadania mogą być dedykowane dla konkretnych serii pojazdów, wprowadzono także zbiór pojazdów mogących wykonać dane zadanie. A zatem spełniających następujące wymogi:

- właściwa liczba miejsc,
- zachowanie dopuszczalnych nacisków na oś i masy całkowitej,
- parametry trakcyjne pozwalające na realizację zadania przewozowego zgodnie z rozkładem jazdy.

Na rysunku 4 pokazano schematycznie zadania przewozowe realizowane w danej sieci transportowej. Zadania z'_{23} i z'_{24} oznaczają dojazd do punktu obsługi pojazdów.



Rys. 4. Schemat podziału zadań przewozowych na danych relacjach. Opracowanie własne.

3.2. Tabor

Wszystkie pojazdy w danej populacji tworzą zbiór:

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_i) \quad (7)$$

gdzie: P – zbiór pojazdów,
 p_1, p_2, \dots – poszczególne pojazdy.

Pojazdy opisane są dokładnym położeniem geograficznym, wysokością nad poziomem morza, znaczeniem dla prowadzenia ruchu i znaczeniem dla prowadzonych przewozów.

$$p_i = \langle v_i(z), l_i(z), mth_i(z), s_i(z), PU_i, PT_i \rangle \quad (8)$$

gdzie: $v_i(z)$ – objętość paliwa pozostałego w baku i-tego pojazdu,
 $l_i(z)$ – przebieg i-tego pojazdu,
 $mth_i(z)$ – liczba motogodzin i-tego pojazdu,
 $s_i(z)$ – dyskretne położenie pojazdu,
 PU_i – zbiór informacji na temat okresów między przeglądami wszystkich poziomów utrzymania (w tym dopuszczenia czasowe),
 PT_i – zbiór parametrów technicznych.

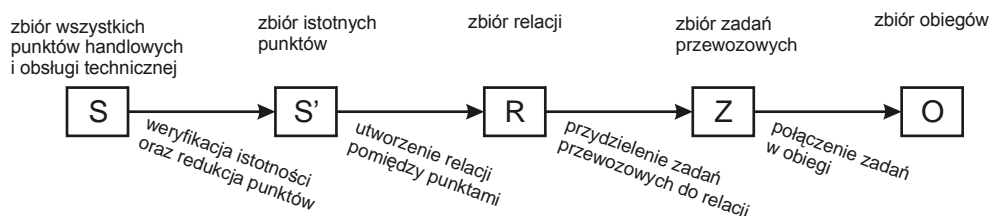
Dla obiegów przyjęto model wykorzystujący dyskretne pozyskiwanie danych. Źródłami aktualizacji są:

- dyspozytor po zakończeniu zadania przewozowego przez pojazd,
- stacja paliw,
- stacja obsługi technicznej.

Biorąc pod uwagę powyższe założenie określono stan zbiornika paliwa, przebieg, liczbę motogodzin oraz położenie pojazdu, jako funkcje zrealizowanych zadań przewozowych.

3.3. Obiegi

Codzienne przydzielanie kilku pojedynczych zadań przewozowych do pojazdu jest czasochłonne, a zatem zniechęcające dla dyspozytora. Ponadto wiadomo, że rozkład jazdy jest tworzony z uwzględnieniem obrotów pojazdów. W związku z tym zdecydowano się na zestawienie zadań przewozowych w grupy – obiegi. Dopiero w następnym kroku przydzielany ma być pojazd do obiegu. Na rysunku 5 pokazano schemat konstruowania obiegów według proponowanego modelu.



Rys. 5. Schemat konstruowania obiegów. Opracowanie własne.

System wspomaganie zarządzaniem eksploatacją musi przeprowadzić weryfikację poprawności łączenia zadań przewozowych w obieg. Podstawą do tego są:

- zgodność dni kursowania dla wszystkich zadań przewozowych w obiegu,
- punkt końcowy poprzedzającego zadania w obiegu musi być punktem początkowym następnego itd.,
- chwila zakończenia poprzedzającego zadania przewozowego w obiegu musi być wcześniejsza od chwili rozpoczęcia następnego,
- konieczność dopuszczenia tego samego typu pojazdów do wykonywania wszystkich zadań w ramach jednego obiegu.

4. OPIS MODUŁU OBIEGÓW

Wraz z wejściem w życie nowego rozkładu jazdy pociągów wprowadzane są do systemu wspomaganie zadania przewozowe. Praca do poziomu relacji została wykonana wcześniej. Następnie zestawia się zadania w obiegi, z bieżącą weryfikacją poprawności. Obiegi będą obejmowały jeden dzień pracy.

Z kilkudniowym wyprzedzeniem przydzielane będą pojazdy do obiegów, z weryfikacją poprawność na podstawie:

- zgodności położenia pojazdu z punktem początkowym obiegu we właściwej chwili czasu,

- dostępność pojazdu ze względu na obsługę techniczną – odpowiedź na pytania:
 - czy pojazd będzie w chwili rozpoczęcia obiegu w przeglądzie?
 - czy wykonanie obiegu nie spowoduje przekroczenia liczby motogodzin lub przebiegu do następnego przeglądu?
 - czy zasób paliwa będzie wystarczający do wykonania obiegu?
- zgodność parametrów technicznych przydzielanego pojazdu z wymogami dla zadań przewozowych w obiegu.

System będzie informował w przypadku zbliżania się terminu przeglądu lub innej obsługi technicznej. Przypisanie pojazdów do obiegów z odpowiednim wyprzedzeniem będzie pozwalało na eliminację jednoczesnego wyłączenia kilku pojazdów (ze względu na planową obsługę techniczną).

Prawidłowe prognozowanie terminów przeglądów i wskazywanie aktualnej dostępności pojazdów będzie uzależnione od dyscypliny pracowników wprowadzających dane. Istnieje bowiem ryzyko błędnych uzyskania błędnych informacji w wyniku nieterminowego wypełnienia bazy danych.

5. WNIOSKI

System wspomaganie zarządzaniem eksploatacją flotą pojazdów szynowych jest niezbędnym narzędziem. Pozwala na zmniejszenie liczby błędów oraz ich skutków w kontekście niewłaściwego wyprawiania pojazdów. Ponadto wymaga mniejszych nakładów czasowych podczas codziennego przydzielania pojazdów do obiegów. Jest elastyczny i pozwala na rozwiązywanie obiegów w przypadku wystąpienia zdarzeń niepożądanych.

W chwili obecnej pozyskiwanie danych nie następuje automatycznie. Nie mniej jednak pominięcie takich rozwiązań pozwala na uproszczenie systemu, przy zachowaniu jego funkcjonalności.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Gołąbek A.: *Elementy teorii eksploatacji*, Wrocław, Politechnika Wroclawska 1979.
- [2] Gruszczyński J.: *Eksploatacja pojazdów trakcyjnych*, Warszawa, WKiŁ 1977.
- [3] Kocepup E.: *Eksploatacja taboru kolejowego*, Warszawa, WKiŁ 1967.
- [4] Nieliwodzki J.: *Gospodarka pojazdami trakcyjnymi PKP*, Warszawa, WKiŁ 1975.