

Piotr KISIELEWSKI

KOLEJOWY SYSTEM KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA DYSPOZYCJI ZADAŃ TRAKCYJNYCH

Streszczenie. W niniejszej pracy przedstawiono komputerowy system planowania pracy drużyn trakcyjnych oraz bezpośredniej dobowej dyspozycji zadań w transporcie kolejowym. Sformułowano podstawy problemu i jego praktyczne uwarunkowania na przykładzie PKP Cargo SA. Omówiono podstawy zarówno długoterminowego planowania zadań, jak i bieżącej dyspozycji i weryfikacji wykonania planu. Przedstawiono implementację praktycznie wdrożonego systemu. Sformułowano wnioski w odniesieniu do kompleksowego wdrożenia dla całej sieci PKP Cargo.

RAILWAY SYSTEM OF COMPUTER AIDED DISPATCHING OF TRACTION TASKS

Summary. Computer system of traction crew scheduling and direct dispatching of daily tasks in railway transport has been presented in the paper. The basic problem has been formulated and its practical conditions on the example of Polish State Railways - PKP Cargo S.A. The basis of long term task planning has been discussed as well as current dispatching and plan realization verification. The practical implementation of the system has been presented. The conclusions have been formulated concerning complex implementation of the system in PKP Cargo network.

1. WSTĘP

Zagadnienie przydziału zadań dla maszynistów dużej floty pojazdów stanowi podstawę prawidłowej pracy przedsiębiorstwa kolejowego w sensie pełnego wykonania przyjętych do realizacji zadań przy minimum kosztów ich realizacji.

W sensie matematycznym problem zwykle definiowany jest jako zagadnienie optymalnego pokrycia zbioru, z licznymi ograniczeniami. Problem ten jest przedmiotem badań licznych ośrodków naukowych w wielu krajach [1,2,3,7,8]. Zainteresowane wynikami i

praktyczną ich implementacją są przede wszystkim duże firmy komunikacyjne transportu kolejowego, lotniczego i samochodowego.

Z uwagi na wielkość floty i realizowanych przewozów/zadań krajowi przewoźnicy kolejowi stanowią największy praktyczny poligon dla optymalizacji przedziału zadań transportowych. Zasięg terytorialny operatora kolejowego – zwykle obszar całego kraju, oraz liczebność floty odzwierciedla skalę problemu rzutującą zasadniczo na wynik finansowy przedsięwzięcia. Skala wielkości problemu w sensie obszaru (sieć kolejowa), wielkości bazy i koniecznej szybkości przetwarzania danych silnie warunkują możliwe rozwiązania informatyczne.

Koncepcja systemu powstała na bazie doświadczeń licznych przedsiębiorstw komunikacyjnych. Artykuł prezentuje program komputerowego wspomaganie planowania pracy drużyn trakcyjnych przedsiębiorstwa kolejowego, w praktycznej realizacji dla polskiego operatora PKP Cargo SA.

2. OPIS SYSTEMU

W projekcie programu o umownej nazwie „Grafik Służb” przyjęto koncepcję interakcyjnego systemu planowania z zastosowaniem określonych procedur automatycznej generacji i optymalizacji. W tym sensie program planowania jest programem projektowym, wyposażonym w odpowiednie narzędzia projektanta, zatem bardziej zbliżonym do programów klasy CAD niż klasycznych programów obsługi baz danych. Program umożliwia budowę harmonogramu pracy według dowolnych, definiowanych przez użytkownika, wielu różnych schematów stosowanych w przedsiębiorstwie.

Program umożliwia nie tylko budowę planu, ale także jego dynamiczną edycję w trakcie wykonania dzień po dniu, tj. bieżącą weryfikację wykonania. W tym sensie program Grafiki współpracuje z systemowym programem „Dyspozytor”, stanowiącym pełny graficzny panel dyspozytorski do bieżącej kontroli realizacji zadań transportowych w czasie rzeczywistym.

Planowanie służb i obsługa realizacji planu stanowi wyjściową bazę danych dla pozostałych służb przedsiębiorstwa, stąd interakcyjny system planowania Grafiki stanowi bazowy program dla działu planowania i rozliczeń przewozów w przedsiębiorstwie.

Program Grafiki Służb jest programem wspomagającym konstruowanie długo- i krótkoterminowych planów pracy drużyn trakcyjnych. Program pozwala na układanie planów pracy, zgodnie z obowiązującymi przepisami Kodeksu Pracy, Ustawy o czasie pracy kierowców oraz wewnętrznymi przepisami stosowanymi w Przedsiębiorstwie PKP Cargo SA.

Program w 100% eliminuje podstawowe błędy ręcznie sporządzanego harmonogramu, takie jak przydział kilku maszynistów do jednej służby lub pozostawienie nie obsadzonych służb, a szczególnie służb występujących okazjonalnie, na przykład kilka razy w miesiącu lub roku. System automatów zastosowanych w programie Grafiki na polecenie planisty dokonuje samoczynnej generacji planu wg przyjętej wersji i weryfikacji tak ułożonego planu.

Pełne wykorzystanie Grafiki Służb odbywa się nie tylko na płaszczyźnie konstruowania miesięcznych planów pracy dla pracowników drużyn trakcyjnych, ale także w ścisłej współpracy z Dyspozytorem przy wykonaniu tego planu. Jednolita baza danych programów Grafiki – Dyspozytorem pozwala na bieżącą kontrolę czasu pracy maszynistów (zwłaszcza w zakresie tzw. godzin nadliczbowych), wprowadzanie korekt wykonania planów pracy i kontrolę wykorzystania urlopów. Planowanie pociągów dodatkowych oraz innych służb nie ujętych w planach pracy pozwala dzięki automatom weryfikacyjnym uniknąć błędów

popelnianych przez dyspozytorów podczas planowania tych służb. Planista po wykonaniu planów pracy pozostaje odpowiedzialny za ich bieżącą realizację.

2.1. Zarządzanie projektami

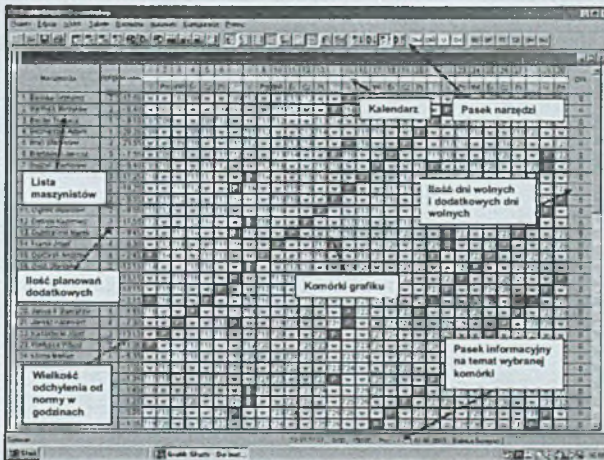
Każdy miesięczny grafik służb stanowi oddzielny projekt. Dzięki przyjętej technice zarządzania projektami możliwe jest tworzenie dowolnej liczby wariantowych, zależnych lub niezależnych rozwiązań/planów. Program czuwa nad zarządzanymi projektami – notując i rozpoznając następstwo kolejnych miesięcznych planów. Podczas pracy nad planem lub realizacji grafiku w trakcie miesiąca dostępny jest podgląd każdego projektu i aktywne wykorzystanie go w tworzonym planie.

Program automatycznie otwiera rzeczywisty kalendarz dla otwieranego projektu miesiąca. Dla każdego dnia miesiąca definiowany jest typ rozkładu jazdy (i kolor oznaczenia), który może być dowolnie zmieniony przez użytkownika.

2.2. Panel główny programu

Program wykorzystuje szeroko możliwości graficzne systemu Windows. Panel główny programu (rys.1) odzwierciedla naturalny plan służb i uzupełnia go bogatymi narzędziami graficznymi. Narzędzia dla użytkownika dostępne są z poziomu rozbudowanego menu i palety ikon. Użytkownik ma szerokie możliwości ustawienia parametrów graficznych panelu – wielkości fontów, skalowania itp. według własnych potrzeb i upodobań.

Użytkownik decyduje o charakterze panelu – widok pełny czy skrótowy. Widok pełny umożliwia szczegółową obserwację planu w układzie służb, czasów i pojazdów. Widok skrótowy daje praktyczną prezentację planu całego miesiąca w układzie zmianowym. Panel umożliwia podgląd planu miesiąca poprzedniego lub dowolnie wybranego. Podgląd jest aktywny, tzn. umożliwia wykonywanie wszystkich operacji w oparciu o wzorzec z miesiąca poprzedniego. Bieżącą kontrolę poprawności planu umożliwia dynamiczny bilans godzin pracy kierowcy – uwzględniający alternatywnie, wg różnych wariantów rozliczeń, historię pracy kierowcy w poprzednich miesiącach.



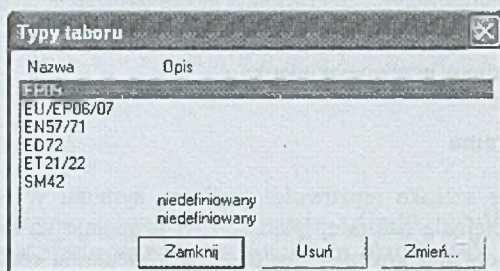
Rys. 1. Panel główny programu Grafik Służb
Fig. 1. Main panel of program "Grafik"

2.3. Baza danych

Aby rozpocząć normalną pracę z programem należy wprowadzić dane potrzebne do tworzenia planów pracy. Z poziomu użytkownika program pozwala na definiowanie i edycję danych związanych z maszynistami, pojazdami, służbami i szlakami. Wprowadzanie danych dokonuje się w naturalnie zaprojektowanych ergonomicznych oknach edycyjnych.

Z maszynistami związane są dowolnie definiowane ich cechy oraz systemy pracy. Maszyniści mogą być klasyfikowani w dowolnie definiowane grupy.

Definiowane przez użytkownika prace stanowią służby miesięcznego grafiku. Pojazdy można dzielić na definiowane przez użytkownika typy (rys.2) i klasyfikować do odpowiednich grup.



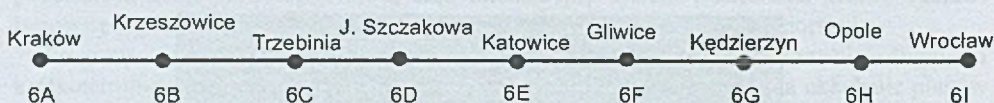
Rys. 2. Typy taboru

Fig. 2. Type of vehicles

Zapis tabeli szlaków polega na nadaniu identyfikatorów i podzieleniu na odcinki, w miejscach które mogą być również stacjami końcowymi.

Przykład:

Szlak Kraków – Wrocław z identyfikatorem 6 podzielony na 8 wybranych odcinków.



Rys. 3. Definicja szlaku

Fig. 3. Rail route definition

Baza danych maszynistów zawiera podstawowe dla tworzenia planu dane o maszynistach (rys. 4), w tym wymaganą znajomość szlaków i taboru. Bilans godzin pracy „odkłada” się w bazie automatycznie ze zrealizowanych planów.

Definiowanie maszynisty

Ogólne
 Nazwisko: Kowalski
 Imię: Jan
 Identyfikator: 0125
 Część etatu: 1 / 1
 System: brak
 Badania do: 14.02.2004
 Aktywny:

Tabor
 EP09
 EU/EP06/07
 EN57/71
 ED72
 ET21/22

Szlaki
 1 AB Kraków - Kozłów
 6 AE Kraków - Katowice
 11 AF Kraków - Zakopane
 16 AC Trzebnia - Czechowice Dz.
 18 AC Czechowice Dz. - Zyrardow

Bilans godzin
 Nad:
 Pod:
 Bilansowany:
 Nadgodz. do oddania:

Schemat
 Numer: Nr 7: Jednostkowy
 Data statowa: 15.01.2003
 Pozycja w schemacie: 15

Urlop
 14.06.2003 - 02.07.2003

Adres
 Miejscowość: Kraków
 Telefon: (12) 623-11-65
 Ulica nr domu:
 Kod:
 ul. Kasprzowicza 12/7
 35-888

Wolne
 Rodzaj: <nieokreślone>
 Data statowa:
 Odstęp (dni):

Rys. 4. Okno edycyjne maszynistów
 Fig. 4. Loco drivers edit window

Definiowanie pracy

Ogólne
 Nazwa: 135
 Praca główna:
 Pociąg: 3500
 Pociąg powrotny: 1317
 M-ce początku: Kr. Prąszów
 M-ce końca: Kr. Główny
 Stacja docelowa: Warszawa
 Aktywna od: 01.05.2003
 Aktywna do: 23.06.2003
 Rodzaj: EP09 EX

Opis
 LE do Ka
 wypr. z KG z stł adu na 3500
 poc. 3500
 9.20 W-wa Wsch
 zmiana lok
 12.00 W-wa Grochów
 poc. 1317

Tabor
 EP09
 EU/EP06/07
 EN57/71
 ED72
 ET21/22

Typ rozkładu
 Dni robocze
 Soboty robocze
 Soboty wolne
 Niedziele
 Święta
 Dni specjalne

Czas pracy
 Początek: 4.00
 Koniec: 16.00
 T: 12 h 0 m

 Odjazd: 6.00

Dostępna w dni
 Poniedziałek
 Wtorek
 Środa
 Czwartek
 Piątek
 Sobota
 Niedziela

Szlaki
 1 AB Kraków - Warszawa

Praca obca
 Praca obca: Dłuższa:

Rys. 5. Okno edycyjne służb
 Fig. 5. Task edit window

Baza służb zawiera podstawowe dane o zadaniach do realizacji, wynikających m.in. z rozkładu jazdy pociągów (rys. 5), w tym typ rozkładu, taboru, pokrycie szlaków, identyfikator pociągu, rodzaj, okres aktywności oraz parametry czasu pracy.

2.4. Grupowanie, filtrowanie i sortowanie

Cechy, typy i grupy umożliwiają efektywne wykorzystanie filtrów służb i kierowców niezwykle pomocnych przy sporządzaniu grafiku. Wszystkie filtry są trójstopniowe – włączony, wyłączony, neutralny. Kierowcy mogą być filtrowani wg cech, systemu pracy, statusu i bilansu czasu pracy. Prace są filtrowane wg typu rozkładu jazdy, zmiany, dnia oraz rodzaju. Pojazdy filtrowane są wg typu.

Oprócz zwykłych filtrów dostępne są z menu lub ikony filtry grupowe – kierowców i służb. Filtry grupowe operują na grupach definiowanych wg dowolnych zasad użytkownika.

Sortowanie kierowców i służb może odbywać się wg wielu różnych kryteriów. Opcjonalny jest też kierunek sortowania.

2.5. Edycja planu służb

Planowanie pracy drużyn trakcyjnych jest procesem skomplikowanym, wymagającym niezbędnej wiedzy z zakresu prawa pracy i doskonałej znajomości zasad funkcjonowania transportu kolejowego.

Proces konstrukcji planów pracy składa się z etapów:

- wstępna generacja planu,
- wstawianie badań okresowych i urlopów,
- generowanie dni wolnych od pracy oraz dodatkowych dni wolnych,
- weryfikacja służb,
- uzupełnianie służb nie obsadzonych,
- wyrównanie godzin pracy maszynisty do zaplanowanego wymiaru czasu pracy,
- koordynacja planów miesięcznych,
- powtórna weryfikacja służb.

Tworzenie planu i jego edycja w programie może odbywać się „ręcznie” lub automatycznie. Edycja ręczna polega na wyborze służby myszką z podręcznego menu, kopiowaniu z innego dnia, przeniesieniu w ramach tego samego dnia lub kasowaniu (z opcją zapamiętania w schowku). Kopiowanie może być dokonane z podglądu planu poprzednich miesięcy. Kopiowanie może być dokonywane przez schowek lub bezpośrednią operację myszką. Rozróżnienia bezpośredniej operacji myszką – kopiowania/przenoszenia dokonuje się automatycznie bez absorbowania uwagi operatora. Podobnie kopiowanie w ramach dni różnego rozkładu dokonywane jest inteligentnie bez potrzeby nadzoru planisty. Edycja grafiku może dotyczyć nie tylko pojedynczej komórki grafiku, ale także dowolnie zaznaczonego bloku.

2.6. Automaty wspomagające

W celu automatyzacji prac zostały zdefiniowane specjalne automaty wspomagające działania typowe i uciążliwe dla ręcznej edycji. Wszystkie automaty są parametryczne – tj. pracują na grupach służb, kierowców i przedziale dni zadanych przez operatora, wykorzystując dodatkowo definiowane przez użytkownika parametry.

Parametryzacja automatów umożliwia ich szerokie stosowanie. Automaty można podzielić na trzy zasadnicze grupy: automaty wspomagające przydział dni wolnych, automaty wspomagające przydział służb i automaty wspomagające przydział pojazdów.

Automaty zbudowane są w oparciu o funkcje zdeterminowane, losowe lub mieszane. Przykładem automatu mieszanego jest możliwość generacji planu wg dowolnie długiego zdeterminowanego przez użytkownika schematu następstwa służb (rys.6), w którym określone są służby alternatywne, w kolejności ich preferencji obsady dla danego dnia i kierowcy, która może być losowo zmienna w trakcie realizacji.

Ostatnim etapem układania planu jest zaznaczenie dni wolnych (dw) oraz dodatkowych dni wolnych (ddw). Zastosowany automat rozpoznaje liczbę dw i ddw i wstawia je w odpowiednie wolne komórki aż do momentu wstawienia odpowiedniej ich liczby lub braku możliwości wstawiania.

Schematy

Służby

Nazwa	Aktywna od	Aktywna do	DR	SR	SW	ND	SW	DS	pn	wt	śr	cz	pt	sb	nd
402	01.04.2003														
403	01.05.2003														
404	01.04.2003														
405	01.04.2003														
406	19.06.2003	03.11.2003													
407	01.05.2003	01.05.2003													
407	01.05.2003														
407	01.05.2003														
408	01.04.2003														
409	01.04.2003														

Szczegóły

Linia: Wóz:

Do: 4:00 Do: 13:00

Czas O1: Czas O1:

Czas T: 9:00 Czas G: 9:00

Km T: 0:000 Km D: 0:000

Wstaw Filtr F.grupowy

Służby specjalne

Dobry wieczór

Dzień świąteczny wolny
Dodatkowy dzień wolny
WOLNE
Wolne 4

Aktualny schemat

Nr 4. mieszany ED

Nowy Usuń Nazwa

Składniki schematu

Lp	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
4	w									
5	403	P								
6	404	P								
7	w									
8	43A	43A	43A	43A	43A	471	P			
9	w									
10	w									
11	405	405	P							
12	406	P								
13	w									
14	w									
15	407	407	P							
16	408	P								
17	w									
18	43B	43B	43B	471	P					

Usuń składnik Wstaw wg zaznaczenia z grafiku Nadpisywanie Zakończ

Rys. 6. Okno definicyjne automatów generacyjnych

Fig. 6. Automatic generation definition window

2.7. Weryfikacja planu

Ważnym etapem planowania jest zweryfikowanie poprawności przypisania służb pod kątem odstępów między służbami, odstępów początków służb, znajomości taboru, znajomości szlaków, wymaganych ustawowych odpoczynków i dni wolnych. Weryfikacja wykonywana jest automatycznie. Pozostałe po weryfikacji służby widzimy w specjalnej tabeli – rys. 7.

Rys. 7. Okno służb nieprzypisanych
Fig. 7. Unassigned task window

2.8. Statystyki

Operator-planista ma w każdej chwili możliwość podglądu statystyki układanego grafiku w odniesieniu do bilansu godzin i dni wolnych. Wyświetlone dane statystyczne pozwalają na natychmiastową ocenę jakości sporządzonego planu i ułatwiają jego ewentualną korektę. Operator ma do dyspozycji przełączniki wyświetlenia statystyki bieżącego miesiąca, na początek i na koniec miesiąca.

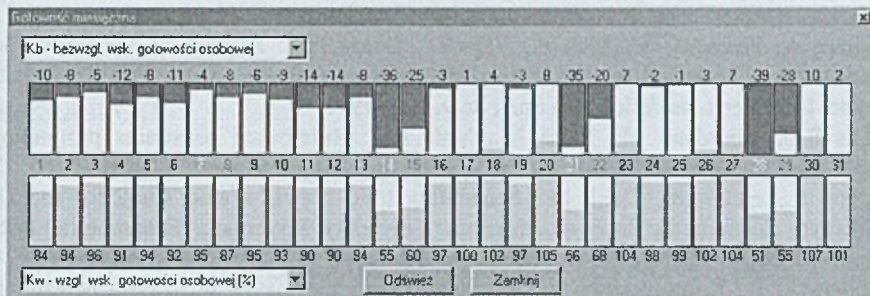
Bilans	Nadgodz	Podgodz
Suma :	952.46	188.24
Max :	71:10	76.00
Srednia :	38.06	26.54
Odchylenie standardowa		33:11
Liczba kierowców z podgodz :		7

Początek miesiąca
 Bieżący miesiąc
 Koniec miesiąca

Rys. 8. Statystyka ogólna
Fig. 8. General statistics

Program wykorzystuje opracowane przez autora wskaźniki gotowości przedsiębiorstwa do realizacji zadań przewozowych, które pozwalają w każdym momencie na podgląd i weryfikację możliwości realizacji planu.

Wskaźniki gotowości odnoszą się do gotowości kierowców i pojazdów do wykonania planowych zadań przewozowych. Wskaźniki wyświetlane są w liczbach bezwzględnych i procentach, również w postaci wykresów graficznych w układzie całego miesiąca jak i na poszczególne dni, co umożliwi bardzo dokładną wizualną weryfikację gotowości przedsiębiorstwa z dokładnością do zmiany roboczej w dniu.



Rys. 9. Gotowość miesięczna

Fig. 9. Monthly readiness

2.9. Bieżąca realizacja planu

System Grafik - Dyspozytor umożliwia nie tylko budowę planu, ale także dynamiczną jego edycję, tj. bieżącą weryfikację wykonania. Realizacja (planu) dnia jest potwierdzana i uwidoczniana w planie. Zmiany wynikłe z realizacji są dynamicznie nanoszone w planie i korygowany jest automatycznie bilans kierowców.

W trakcie realizacji dynamicznie nanoszone są zmiany planu w programie Dyspozytor i automatycznie korygowana jest gotowość realizacji planu na nadchodzące dni.

Przyjęta technika umożliwia nie tylko konstruowanie optymalnego planu, ale dynamiczne czuwanie nad jego realizacją w trakcie miesiąca. W programie dostępna jest szeroka paleta sparametryzowanych raportów/wydruków.

3. PODSUMOWANIE

Prezentowane zagadnienie stanowi część opracowywanej przez autora koncepcji kompleksowego systemu komputerowego wspomaganie eksploatacji technicznej dużej floty pojazdów przedsiębiorstwa komunikacyjnego. Prezentowany system został z powodzeniem wdrożony w wybranych zakładach taboru PKP Cargo S.A. Na bazie krytyki koncepcji scentralizowanego planowania ze wsadowym przetwarzaniem informacji na serwerze centralnym bez możliwości interakcyjnego projektowania planów, który nie doczekał się pozytywnej realizacji, powstała koncepcja systemu dla rozproszonego projektowania interakcyjnego w podległych PKP Cargo zakładach. Podstawą rozwoju systemu jest wykorzystanie serwera z centralną bazą danych PKP Cargo, z replikacją do niej dynamicznie tworzonych baz, rozproszonych jednostek sieci. Takie rozwiązanie zapewnia nieporównywalnie wyższą niezawodność systemu informatycznego, możliwość pracy niezależnie od sprawności serwera centralnego czy też sprawności zdalnego połączenia z centralnym serwerem bazy. Rozwiązanie takie ogranicza również w zasadniczy sposób ilość przesyłanych do centralnego serwera informacji w systemie on-line i umożliwia ograniczenie zasobów centralnego serwera do wymaganych ogólnodostępnych w sieci danych.

Literatura

1. Caprara A, Fischetti M., Toth P., Vigo D., Guida P.L.: Algorithms for railway crew management. Technical report, DEIS, University of Bologna, Italy, DMI, University of Udine, Italy, Ferrovie dello Stato SpA, Italy, June 1997.
2. Ftulis S.G., Giordano M., Pluss J.J., Vota R.J.: Rule-based constraints programming: application to crew assignment. *Expert Systems with Applications* 15 (1998), 77-85.
3. Freling R., Lentink R., Odijk M.: Scheduling train crews: a case study for the Dutch Railways. Econometric Institute, Erasmus University Rotterdam, Econometric Institute Report EI2000-17/A.
4. Kisielewski P.: Komputerowy system planowania i dyspozycji dużą flotą pojazdów. IX Warsztaty Naukowe PTSK, Koszalin-Osicki 2002.
5. Kisielewski P.: Komputerowe wspomaganie planowania pracy kierowców dużej floty pojazdów. Konferencja TRANSCOMP 2002, Politechnika Radomska, Radom-Zakopane 2002.
6. Kisielewski P.: Nowoczesne systemy komputerowe planowania i sterowania komunikacją zbiorową. I Ogólnopolska Konferencja Komunikacji Miejskiej; materiały konferencyjne, Lubin 1995.
7. Opcom Pty Ltd: Rail crew scheduling, rostering and management. Opcom Pty Ltd 2001.
8. Ross C., Wren A., Greedy genetic algorithms, optimizing mutations and bus driver scheduling. *Computer-Aided Transit Scheduling*, number 430 in *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, pages 213–235. Springer, 1993.

Abstract

Computer system of traction crew scheduling and direct dispatching of daily tasks in railway transport has been presented in the paper. The basic problem has been formulated and its practical conditions on the example of Polish State Railways - PKP Cargo S.A. The basis of long term task planning has been discussed as well as current dispatching and plan realization verification. The practical implementation of the system has been presented. The conclusions have been formulated concerning complex implementation of the system in PKP Cargo network. Presented problem is the part of the general idea of the complex computer aided system for technical operation of large vehicle fleet of transport company. The system has already been successfully implemented in several departments of Polish State Railways – Cargo S.A. The systems of batch central planning without interactive schedule designing has failed and on the basis of its critics the new idea of the system has emerged with disperse interactive scheduling in remote departments of PKP. Development of the system depends on central data base and application server with interactive planning in remote PKP departments.