

## System informatyczny planowania i dyspozycji drużyn trakcyjnych na PKP Cargo S.A.

*W artykule, 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 S.A. 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 systemu dla całej sieci PKP Cargo.*

### 1. Wstęp

Zagadnienie przydziału zadań dla maszynistów pojazdów szynowych 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 [1,2,3,4,5]. Zainteresowane wynikami i praktyczną ich implementacją są przede wszystkim duże firmy komunikacyjne transportu kolejowego, lotniczego i samochodowego.

Z uwagi na wielkość taboru 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 taboru odzwierciedla skalę problemu, rzutującą zasadniczo na wynik finansowy przedsiębiorstwa. 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. Wprowadzenie do 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 Grafik 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 Grafik stanowi bazowy program dla działu planowania i rozliczeń przewozów w przedsiębiorstwie.

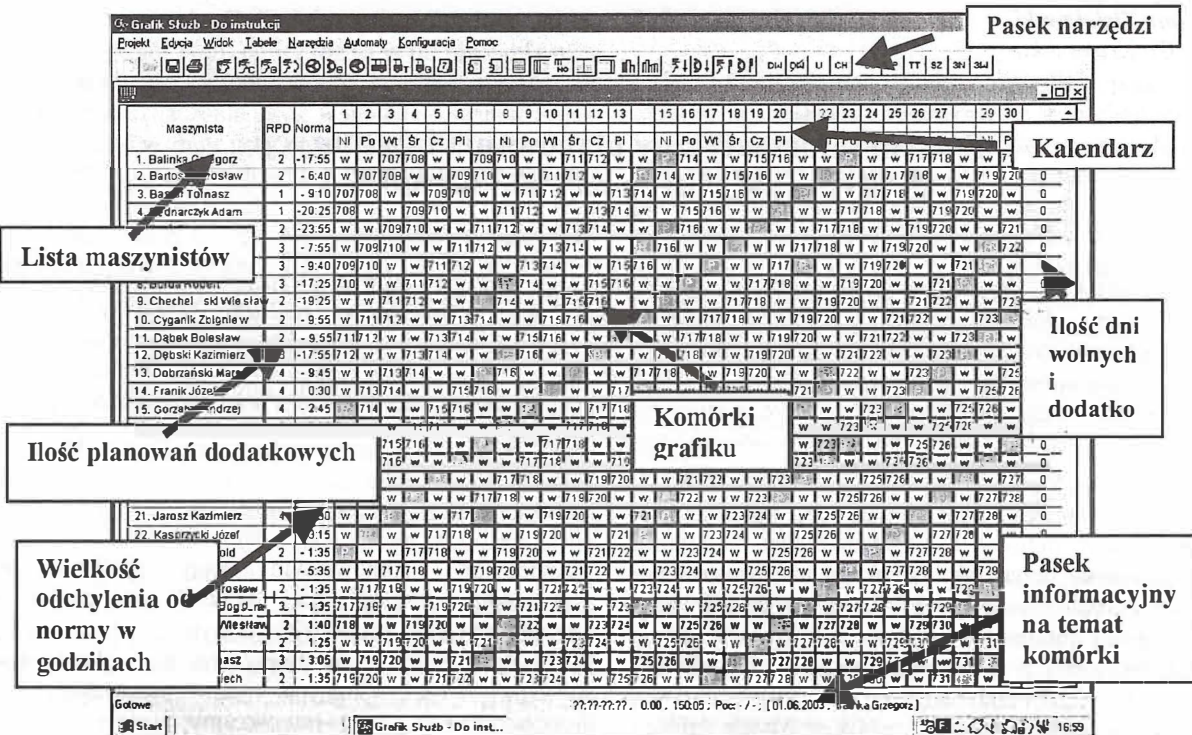
Program Grafik Służb jest programem wspomagającym konstruowanie długo - i krótkoterminowych planów pracy drużyn trakcyjnych. Program pozwala na układanie planów pracy zgodnie z obowiązującymi przepisami Kodeksu Pracy, Ustawy o czasie pracy kierowców oraz wewnętrznymi przepisami stosowanymi w Przedsiębiorstwie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

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

Pełne wykorzystanie Grafiku 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 Grafik – Dyspozytor 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 popełnianych przez dyspozytorów podczas planowania tych służb. Planista po wykonaniu planów pracy pozostaje odpowiedzialny za ich bieżącą realizację.

### 3. 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.



Rys.1. Panel główny programu Grafik Służb

W trakcie pracy nad planem lub realizacji grafiku w trakcie miesiąca dostępny jest podgląd każdego projektu i aktywne wykorzystanie go w tworzonej planie.

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

#### 4. 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.

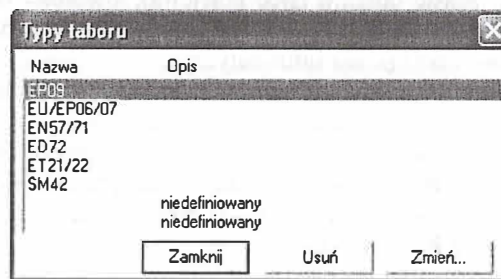
#### 5. Baza danych

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

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 i podzielony na 8 wybranych odcinków.




Rys. 3. Definicja szlaku



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

Rys. 4. Okno edycyjne maszynistów

Rys. 5. Okno edycyjne służb

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

## 6. 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 podlegać filtrowaniu 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.

## 7. Edycja planu służb

Planowanie pracy drużyn trakcyjnych jest procesem skomplikowanym, wymagającym niezbędnej wiedzy w zakresie 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,
- weryfikacja służb,
- uzupełnianie służb nie obsadzonych,
- wyrównanie godzin pracy maszynisty do zaplanowanego wymiaru czasu pracy,
- koordynacja planów miesięcznych,
- powtórna weryfikacja służb,
- zaznaczenie dni wolnych od pracy oraz dodatkowych dni wolnych.

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. Rozróżnienie bezpośredniej operacji myszką – kopiowanie/przenoszenie 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.

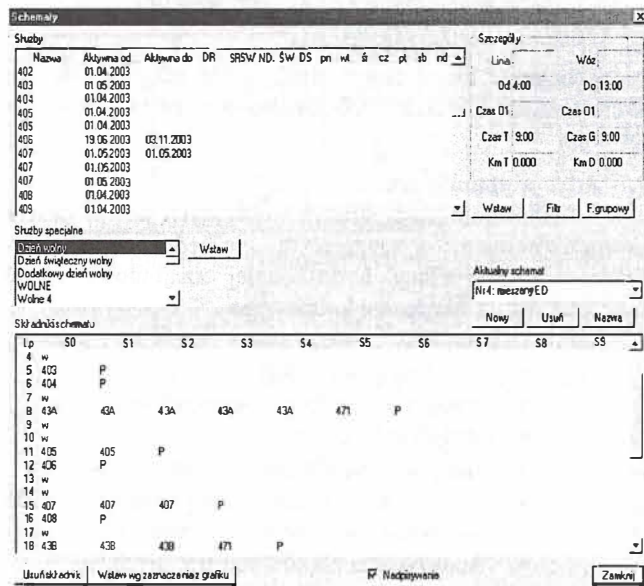
## 8. Automaty wspomagające

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 zadanym przez operatora, wykorzystując dodatkowo definiowane przez użytkownika parametry.

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

Automaty zbudowane są w oparciu o funkcje zdefiniowane, losowe lub mieszane. Przykładem automatu mieszane 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 zmieniana w trakcie realizacji.

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



Rys. 6. Okno definicyjne schematów automatów generacyjnych

## 9. Weryfikacja planu

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



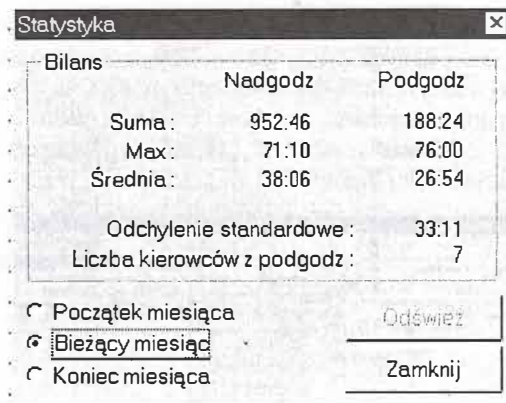
Rys. 7. Okno służb nieprzypisanych

## 10. Statystyki

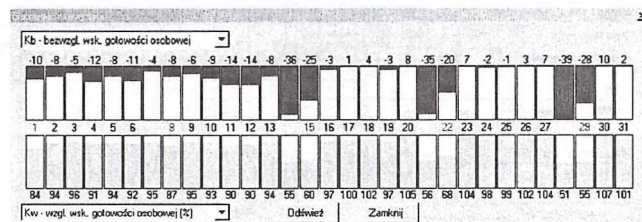
Operator-planista ma w każdej chwili możliwość podglądu statystyki układanego grafiku w odniesieniu do bilansu godzin i dni wolnych. Wyświetlone dane statystyczne pozwalają na natychmiastową ocenę jakości sporządzonego planu i ułatwiają jego ewentualną korektę. Operator ma do dyspozycji przełączniki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

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.



Rys. 8. Okno podglądu statystyki ogólnej



Rys. 9. Okno podglądu gotowości miesięcznej

Wskaźniki wyświetlane są w liczbach bezwzględnych i procentach, również w postaci wykresów graficznych w układzie całego miesiąca jak i na poszczególne dni, co umożliwia bardzo dokładną wizualną weryfikację gotowości przedsiębiorstwa z dokładnością do zmiany roboczej w danym dniu.

## 11. Bieżąca realizacja planu

System Grafiki - 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.

## 12. Uwagi końcowe

Prezentowane zagadnienie stanowi część opracowanej przez autora, koncepcji kompleksowego systemu komputerowego wspomaganie eksploatacji technicznej dużej ilości pojazdów przedsiębiorstwa komunikacyjnego. Prezentowany system został z powodzeniem wdrożony w jednym z zakładów taboru PKP Cargo S.A., w odróżnieniu od koncepcji tzw. systemu DPD, scentralizowanego planowania z wsadowym przetwarzaniem informacji na serwerze centralnym bez możliwości interakcyjnego projektowania planów, który nie doczekał się żadnej pozytywnej realizacji. Na bazie krytyki systemu DPD powstała koncepcja systemu dla rozproszonego projektowania interakcyjnego w podległych PKP Cargo zakładach.



Koncepcją 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] Opcom Pty Ltd, *Rail crew scheduling, rostering and management. Opcom Pty Ltd 2001.*
- [5] 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.*