

Tadeusz Cisowski, Józef Stokłosa

# Procesy decyzyjne w zarządzaniu strukturą pracy rozrządowej na kolei

**System organizacji potoków wagonów ma bezpośredni wpływ na jakość pracy eksploatacyjnej dowolnej sieci kolejowej. Miarą racjonalności tego systemu jest koszt przemieszczania wagonów od stacji nadania do stacji przeznaczenia. Jego minimalizacja prowadzi do skrócenia obrotu wagonów, a tym samym do zwiększenia ich rezerwy, niezbędnej dla prawidłowego funkcjonowania kolei. System organizacji potoków wagonów stanowi również bazę normatywną do rozwiązywania najważniejszych zadań, dotyczących kierowania procesem transportowym, takich jak konstruowanie wykresu ruchu pociągów, opracowanie harmonogramów pracy stacji rozrządowych i manewrowych itp.**

Ważnym problemem decyzyjnym w organizacji potoków wagonów na sieci kolejowej jest optymalizacja struktury pracy rozrządowej, polegająca na racjonalnym wyborze stacji rozrządowych i właściwym rozdzieleniu pracy rozrządowej w warunkach rzeczywistych potrzeb przewozowych. Do rozwiązania tego typu zadań szczególnie przydatne okazują się modele i metody powiązane z technologiami informatycznymi.

## Zadania zarządzania potokami wagonów na sieci kolejowej

Opracowanie optymalnego planu zestawienia pociągów oraz racjonalizacja struktury pracy rozrządowej odnoszą się do jednego obiektu sterowania – systemu organizacji potoków wagonów.

Na rysunku 1 przedstawiono strukturę zależności wymienionych zadań.

Optymalna struktura pracy rozrządowej zapewniać powinna realizację normatywnego modelu organizacji potoków wagonów  $X^*[n-1]$  w warunkach oddziaływania na ten model zakłóceń „istotnych”.

Można wydzielić trzy sytuacje, wymagające działań decyzyjnych, dotyczących zmiany funkcjonującego systemu organizacji potoków wagonów.

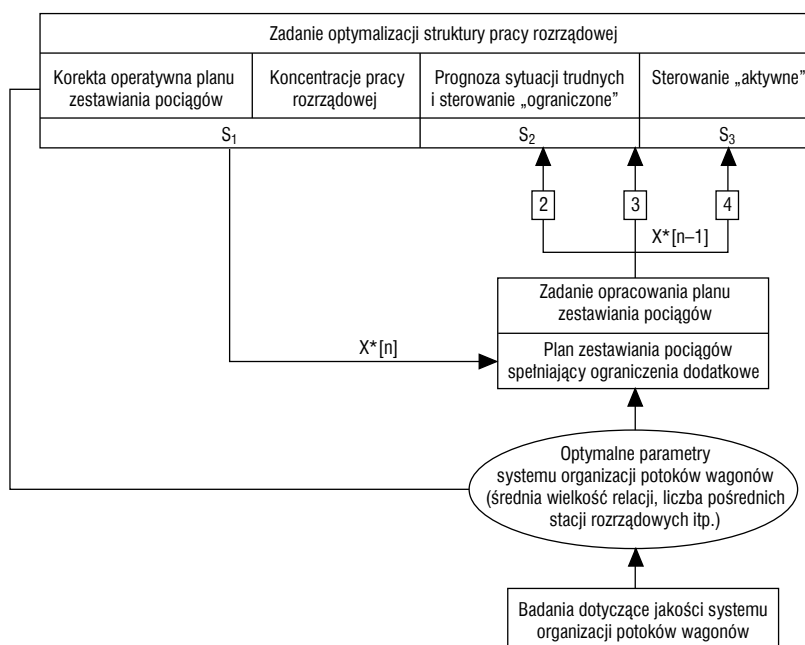
Pierwsza sytuacja  $S_1$  – dotyczy istniejących lub planowanych trudności, związanych z przemieszczeniem potoków wagonów, przez które rozumiane będą ograniczenia zdolności przepustowej odcinka linii, zdolności przerobowej stacji rozrządowych, liczby torów kierunkowych itp.

Procesy decyzyjne w takiej sytuacji wymagać będą rozwiązań spełniających dodatkowe ograniczenia, takie jak oszczędności wagonogodzin itp.

Sytuację  $S_1$  można umownie podzielić na trzy podsytuacje.

Pierwszą podsytuację  $S_1^1$  opisują trudności, które prowadzą do przeciążenia odpowiednich elementów sieci kolejowej. Stanowią je:

- brak odpowiedniej zdolności przepustowej odcinka linii kolejowej, zdolności przerobowej stacji rozrządowej i liczby torów kierunkowych;
- błędne decyzje dotyczące regulacji i planowania potoków wagonów, prowadzące do przeciążenia stacji i szlaków;
- brak stabilizacji w pracy lokomotyw, systemów energetycznych itp. w określonych rejonach sieci kolejowej;



Rys. 1. Struktura zależności zadań związanych ze sterowaniem potokami wagonów

- zwiększony ruch pociągów;
- prace remontowo-modernizacyjne na wybranych liniach;
- konieczność bezwarunkowego wypełnienia zadań, dotyczących przewozu wybranych rodzajów ładunków.

Do dodatkowych ograniczeń nałożonych na plan zestawienia pociągów można zaliczyć: liczbę torów stacyjnych, zdolność przerobczą stacji, stopień stabilizacji planu normatywnego przy niewielkich jego zakłóceniach itp.

Podsytuację drugą  $S_1^2$  charakteryzują zmiany w pracy sieci kolejowej, które pozwalają poprawić mierniki eksploatacyjne, takie jak:

- skrócenie norm technicznych, dotyczących potoków wagonów;
- pełniejsze wykorzystanie zdolności przepustowej odcinków i zdolności przerobczych stacji;
- dyspozycja wagonów z rejonów przeciążonych do rejonów niedociążonych.

Podsytuację trzecią  $S_1^3$  opisują trudności, pojawiające się w sytuacjach specjalnych (złe warunki atmosferyczne, katastrofy ekologiczne, awarie, np. mostów itp.).

W przypadku zaistnienia sytuacji  $S_1$  konieczne staje się podjęcie działań zmierzających do normalizacji istniejącego systemu organizacji potoków wagonów. W praktyce działania te polegają na korekcie planu zestawienia pociągów, zmierzającej do koncentracji pracy rozrządowej na mniejszej liczbie stacji.

Ważną cechą sytuacji  $S_1$  jest kontrola funkcjonowania systemu organizacji potoków wagonów przez jednego decydenta.

Bardziej złożoną jest sytuacja  $S_2$ , w której trudności w organizacji potoków wagonów podlegają prognozie i należy podejmować kroki prowadzące do ich pokonania lub ograniczania ich wpływu. Podejmowane decyzje w sytuacji  $S_2$  są takie same, jak w sytuacji  $S_1$  w przypadku korekty operatywnej planu zestawienia, tj. następuje koordynacja pracy sieci kolejowej w wyniku zmian w przydzielaniu wagonów do poszczególnych relacji. Podstawową różnicą między sytuacjami  $S_1$  i  $S_2$  jest konieczność, w przypadku drugim, podejmowania decyzji odnośnie trudności prognozowanych, a nie faktycznie istniejących. Najbardziej efektywnie prognozę trudności można przeprowadzić na podstawie analiz wielkości potoków wagonów. Istotne ich wahania i odchyłki od wielkości planowych prowadzą do zmian w obciążeniach stacji i szlaków, tj. podobnie zakłócają proces przewozowy jak trudności opisane w sytuacji  $S_1$ .

Wahania wielkości potoków wagonów następują na skutek: nierównomiernego załadunku i wyładunku, nierytmicznego przyjęcia ładunków do przewozu, sezonowości przewozu (zwłaszcza płodów rolnych), nierównomierności przybycia z sąsiednich rejonów sieci, zmian terminów produkcji wyrobów gotowych, zmian terminów i wielkości dostaw itp.

Najbardziej złożonym jest jednak bieżące sterowanie pracą sieci kolejowej. Sytuacja  $S_3$ , która dotyczy wymienionego sterowania pojawia się wtedy, gdy nie można osiągnąć normalizacji stanu procesu przewozowego, podejmując decyzje charakterystyczne dla sytuacji  $S_1$  i  $S_2$ . Wymaga ona oprócz prognozy wielkości potoków wagonów i stosowania tradycyjnych metod korekty operatywnej planu zestawienia pociągów sterowania „aktywne” potokami wagonów, przez które rozumiane będą:

- sterowanie dynamicznie potokami wagonów,

- sterowanie załadunkiem (kalendarzowe planowanie załadunku pociągów niemarszrutowych, planowanie załadunku według stacji przeznaczenia itp.).

W procesie przewozowym sytuacja  $S_3$  może pojawić się wtedy, gdy:

- nie będą zachowane warunki normalnego przemieszczania potoków ładownych i próżnych;
- nastąpi rozdzielenie pracy rozrządowej na kilka stacji w celu uzyskania oszczędności wagonogodzin;
- nastąpi regulacja o zasięgu sieciowym – np. zamknięcie niektórych stacji;
- zmniejszy się przeróbkę wagonów i zwiększy się liczba wagonów tranzytujących na szczególnie obciążonych stacjach;
- brak jest rezerwy zdolności przepustowej szlaków kolejowych;
- zwiększy się tempo zestawiania pociągów na stacjach przy jednoczesnym zmniejszaniu liczby przekazywanych wagonów ładownych z jednego do drugiego rejonu sieci.

We wszystkich trzech sytuacjach realizacja modelu normatywnego  $X^*[n-1]$  dokonuje się poprzez podejmowanie dodatkowych decyzji, które w efekcie prowadzą do realizacji nowego planu zestawiania pociągów  $X^*[n]$ . Decyzje te są stosunkowo proste w sytuacji  $S_1$ , znacznie się komplikują w sytuacjach  $S_2$  i  $S_3$ .

W sytuacji  $S_1$  prowadzi się korektę operatywną planu zestawiania pociągów, odpowiadającą zaistniałym faktycznie trudnościom. Na rysunku 2 pokazano algorytm korekty operatywnej, która zawiera następujące kroki:

**Krok 1.** Decydent wstępnie zaznacza te obiekty sieci, na których wystąpiły odchyłki od planu zestawiania pociągów. Należy dodać, że informacja o tych obiektach może pochodzić z prognozy.

**Krok 2.** Dokonuje się dekompozycji zadania poprzez lokalizację rejonów zmian w planie zestawiania. Lokalizacja ta ogranicza ilość potencjalnych zmian w planie zestawiania pociągów, zapewnia przejrzystość rozpatrywanej korekty oraz pozwala na wizualizację uzyskiwanych, na drodze dialogu decydenta z modelem, rozwiązań.

**Krok 3.** Następuje formalizacja lokalnego modelu optymalizacji w wydzielonym rejonie.

**Krok 4.** Sprawdza się stabilność planu  $X^*[n-1]$  podczas optymalizacji w wydzielonym rejonie. Konieczność tego kroku wynika z istnienia w zadaniu korekty operatywnej kilku kryteriów, np. liczby dopuszczalnych zmian w planie zestawiania pociągów.

**Krok 5.** Dokonuje się optymalizacji planu zestawiania  $X^*[n-1]$  z uwzględnieniem dodatkowych ograniczeń, dotyczących stabilizacji planu w określonym rejonie.

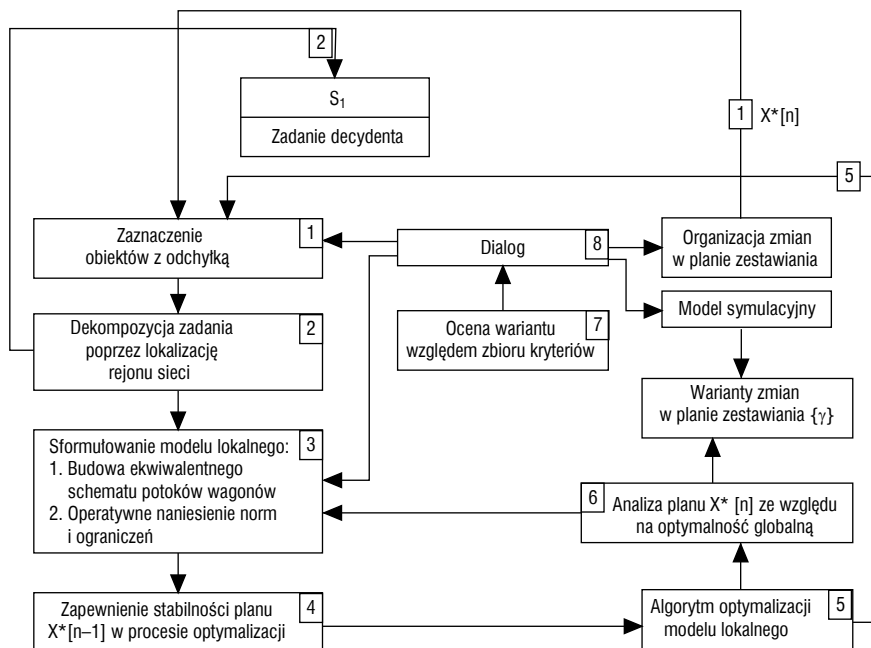
**Krok 6.** Sprawdza się, czy korekta w wydzielonym rejonie nie prowadzi do optymalizacji sieciowego planu zestawiania pociągów.

**Krok 7.** Dokonuje się oceny przeprowadzonej korekty planu zestawiania pociągów według dwóch kryteriów: oszczędności wagonogodzin i liczby dopuszczalnych zmian w planie zestawiania.

**Krok 8.** W procesie dialogu decydenta z modelem (kroki 1–6) dokonuje się wyboru ostatecznego wariantu korekty operatywnej planu zestawiania  $X^*[n]$ .

Podczas korekty planu zestawiania pociągów następuje ciągłe wzbogacanie modelu symulacyjnego o nowe informacje, dzięki czemu staje się on bankiem danych i może pełnić rolę doradcy decydenta, oferując mu gotowe warianty zmian w planie zestawiania  $\{\gamma\}$ .

W sytuacji  $S_2$  dokonuje się prognozy trudności i następuje sterowanie „ograniczone”, które sprowadza się jedynie do korek-



Rys. 2. Algorytm korekty operatywnej planu zestawiania pociągów

ty liczby relacji i przypisania wagonów do relacji. Podstawowa różnica między sytuacjami  $S_2$  i  $S_1$  polega na tym, że w przypadku sytuacji  $S_2$  – korekta planu zestawiania dotyczy prognozowanych trudności w jego realizacji.

Funkcje „operatywnej korekty planu zestawiania przy faktycznych utrudnieniach – sytuacja  $S_1$ ” podlegają rozszerzeniu do funkcji „prognozy utrudnień – sytuacja  $S_2$  i sterowania ograniczonego” poprzez kroki dodatkowe, pokazane na rysunku 3.

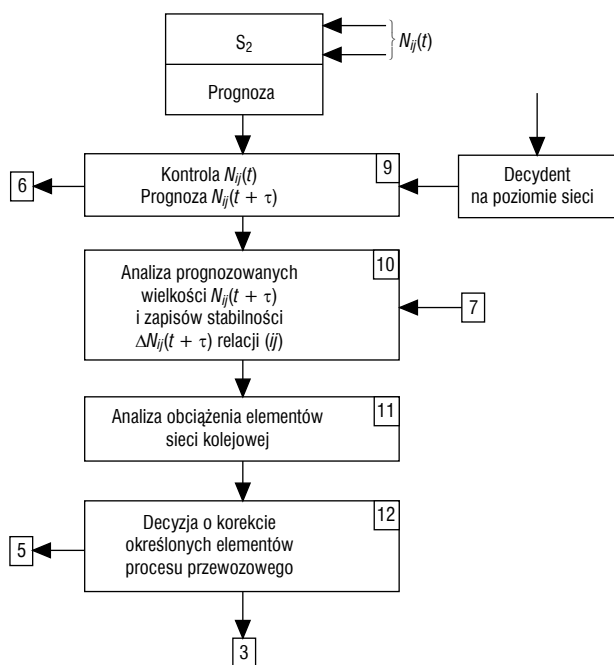
**Krok 9.** Dokonuje się kontroli bieżącej wielkości potoków wagonów  $N_{ij}(t)$  i wykorzystując metody prognozowania statystycznego określa ich prognozę  $N_{ij}(t + \tau)$  w okresie  $\tau$ .

**Krok 10.** Dokonuje się analizy prognozowanych wielkości  $N_{ij}(t + \tau)$  i zapisów stabilności  $\Delta N_{ij}(t + \tau)$  relacji  $(ij)$ .

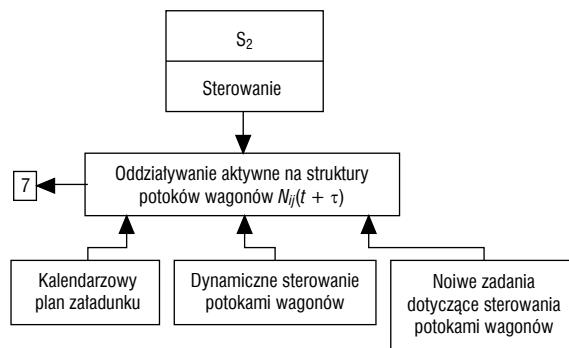
**Krok 11.** Dokonuje się analizy obciążeń stacji  $N_{ij}(t + \tau)$  i szlaków  $N_{ij}(t + \tau)$  w okresie  $\tau$ .

**Krok 12.** Podejmuje się decyzję o korekcie określonych elementów procesu przewozowego.

Przejęcie od sytuacji  $S_2$  do sytuacji  $S_3$  – „aktywnego” sterowania pracą sieci kolejowej wymaga dodatkowych decyzji, dotyczących struktury potoków wagonów  $N_{ij}(t + \tau)$  i rozwiązania dodatkowych zadań, które po części pokazano na rysunku 4.



Rys. 3. Algorytm prognozy trudności i sterowania „ograniczonego”



Rys. 4. Algorytm „aktywnego” sterowania potokami wagonów

Jak widać z rysunku 4 przedstawiony algorytm można rozszerzać o nowe zadania sterowania potokami wagonów na sieci kolejowej.

Praktyczna realizacja zadań optymalizacji struktury pracy rozrządowej wymaga opracowania modeli szczegółowych.

### Podsumowanie

Zadanie optymalizacji struktury pracy rozrządowej sprowadza się do optymalnego wyboru liczby i rozmieszczenia stacji oporowych, na których zachodzi proces rozrządzenia i rozdzielania potoku wagonów. Ponadto obejmuje ono sterowanie potokami wagonów w warunkach oddziaływania na nie zakłóceń istotnych. Zakłócenia te generują trzy sytuacje decyzyjne, które prowadzą

do złagodzenia lub pełnego wyeliminowania ich negatywnego oddziaływania na pracę sieci kolejowej.

Procesy decyzyjne w zarządzaniu strukturą pracy rozrządowej dotyczą korekty liczby relacji i liczby wagonów przypisywanych określonym relacjom, a także prognozy potoków wagonów i „aktywnego” ich sterowania.

Zaprezentowane algorytmy sytuacji decyzyjnych noszą charakter uniwersalny i przy odpowiedniej bazie danych mogą być rozszerzone o nowe zadanie, korespondujące z planem zestawiania pociągów dla sieci kolejowej.



## Literatura

- [1] Акулиничев В.М. и др.: *Организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок*. М., «Транспорт», 1970.
- [2] Gajda B.: *Technologia i automatyzacja pracy stacji*. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, 1983.

- [3] Leszczyński J.: *Optymalna decyzja w procesach transportowych*. WKŁ, Warszawa, 1981.
- [4] Nowosielski L.: *Procesy przewozowe w transporcie kolejowym*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1995.
- [5] Nowosielski L.: *Organizacja przewozów kolejowych*. Kolejowa Oficyna Wydawnicza, Warszawa, 1999.
- [6] Woch J.: *Podstawy inżynierii ruchu kolejowego*. WKŁ, Warszawa, 1983.

Tadeusz Cisowski

Józef Stokłosa

Wydział Transportu i Informatyki

Wyższej Szkoły Ekonomii i Innowacji w Lublinie

➤ *Dokończenie ze s. 60*

$$J_{df} = 310/100 = 3,1 \text{ A/mm}^2 \quad \begin{array}{l} (3,45 \text{ A/mm}^2 - 20\% \text{ zużycia } d_f) \\ (3,5 \text{ A/mm}^2 - 40\% \text{ zużycia } d_f) \end{array}$$

$$J_{in} = 415/120 = 3,4 \text{ A/mm}^2 \quad \begin{array}{l} (3,1 \text{ A/mm}^2 - 20\% \text{ zużycia } d_i) \\ (3,2 \text{ A/mm}^2 - 40\% \text{ zużycia } d_i) \end{array}$$

Czas profilaktycznego podgrzewania sieci proponuje się przyjmować do trzech stałych czasowych sieci jezdnej, która dla sieci C120-2C wynosi 12 min, tj. ok. 36 min. Prąd zwarcia 1031 A, jaki w proponowanym obwodzie popłynie, jest mniejszy od dopuszczalnego prądu 2-godzinnego dla prostownika Pk-17/3,3, który wynosi 1125 A. Podstacja w Chabówce może więc przy czynnych dwóch prostownikach zasilać zwarcia w kierunku Zakopanego i równoległe sieć trakcyjną w kierunku podstacji Osielec.

Przy temperaturze otoczenia  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  i prędkości wiatru  $V = 0,6 \text{ m/s}$ , przewody będą się nagrzewały do temperatury:

$$T_{2d} = 0,536 \cdot 10^{-4} \cdot 3102 = 5,16^\circ\text{C}$$

Przy 40% zużycia ciągłego przewodu  $t_2^o = 10^\circ\text{C}$ .

Przy 40% zużycia miejscowego przewodu  $t_2^o = 4,6^\circ\text{C}$ , a lina nośna

$$t_{2L}^o = 0,454 \cdot 10^{-4} \cdot 4152 = 7,82^\circ\text{C}$$

Ze względu na pracę kotwien ciężarowych grzanie większym prądem nie jest wskazane. Jako dodatkowe zabezpieczenie przed osadzaniem sadzi proponuje się smarowania przewodów substancjami przeciw oblodzeniu (w okresie pojawiania się sadzi), np. wodnym roztworem gliceryny.

Oczywiste jest, że dla innych warunków w układzie zasilania, odległości między podstacjami, rodzajów sieci, typów przekształtników itp., całkowicie inne może być kształtowanie warunków zwiarciovych do podgrzania prądem.



## Konferencja

### ERTMS w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Program rozwoju, realizacji i finansowania 27–28 maja 2010 r.

Dom Technika NOT w Warszawie, ul. T. Czackiego 3/5

#### Patronat

Ministerstwo Infrastruktury UTK, OSZD Komitet Transportu PAN, UIC.

#### Program

**Sesja I – Program rozwoju** Europejskie wyzwania we wdrażaniu ERTMS w zakresie techniki i certyfikacji ● Masterplan wdrażania ERTMS w perspektywie wspólnotowej i krajowej ● TSI w procesie wdrażania ERTMS w krajach Europy Środkowo-Wschodniej ● Problematyka kojarza F ERTMS.

**Sesja II – Realizacja** Powiązania ETCS, GSM-R i SRK ● Koncepcja ETCS LS ● Koncepcja ERTMS Regional ● Pierwsze wdrożenia ERTMS w Polsce ● Uwarunkowania telekomunikacyjnego wdrażania ERTMS w Polsce ● Pierwsze wdrożenie GSM-R w Polsce.

**Sesja III – Finansowanie** Europejskie reguły w zakresie finansowania i certyfikacji ERTMS ● Uwarunkowania certyfikacji ERTMS w Polsce ● Współfinansowanie ERTMS z wykorzystaniem zewnętrznych źródeł ● Wyzwania w zakresie finansowania i zakupu ERTMS na pojazdy kolejowe ● Panel dyskusyjny.

**Informacje** Krystyna Chudoń-Kroczek ● SITK Warszawa ● tel. 22 826 28 87 ● fax 22 827 02 58; 22 827 85 72  
e-mail: k.chudon@sitk.neostrada.pl ● www.sitk-rp.org.pl