ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989
Seria: TRANSPORT z. 13 Nr kol. 1034

Ryszard JANECKI

OCENA ZŁOŻONOŚCI SYSTEMU RUCHU POCIĄGÓW

Streszczenie. System ruchu pociągów stanowi istotny element składowy transportu kolejowego, będącego zasadniczym składnikiem infrastruktury społeczno-ekonomicznej kraju. W artykule dokumentuje się tezę o złożoności systemu ruchu pociągów. Decydują o tym m. innymi właściwości systemu, struktura i liczba obiektów oraz struktura procesów zachodzących w systemie.

Wśród szeregu właściwości systemu transportu kolejowego istotne znaczenie posiadają: sztuczność systemu stworzonego w wyniku działalności ludzkiej, otwartość, spójność, zdecentralizowanie przy jednoczesnej centralizacji procesów decyzyjnych oraz cechy homeostatyczne. Złożoność struktury obiektów wynika z liczby klas obiektów, niejednorodności technicznej i funkcjonalnej w każdej klasie obiektów oraz ogólnej liczebności obiektów. Wpływa to również na złożoność procesów zachodzących w systemie.

Złożoność systemu ruchu pociągów sprawia, że modelowanie procesów ruchu nie jest zagadnieniem łatwym do realizacji. Rzutuje również w istotny sposób na rozmiary modeli ruchu pociągów.

1. Wprowadzenie

System ruchu pociągów stanowi element składowy systemu transportu kolejowego. Będąc systemem nadrzędnym, system transportu kolejowego obejmuje szeroko pojęte procesy przemieszczania osób i ładunków za pomocą niezbędnych szynowych środków transportu, dróg kolejowych przy określonych nakładach środków finansowych. Wg E. Bahke [1] dotyczy - w coraz większym stopniu - problemów socjalnych, organizacji pracy i bezpieczeństwa człowieka oraz ochrony jego naturalnego środowiska.

System transportu kolejowego jest systemem o szczególnej złożoności. Decydują o tym m. innymi właściwości systemu, struktura i liczba obiektów w systemie oraz struktura procesów zachodzących w systemie.

Wśród szeregu właściwości systemu transportu kolejowego istotne znaczenie posiadają [6]:

- sztuczność systemu tworzonego w wyniku działalności ludzkiej,
- otwartość systemu sprzężonego z otoczeniem poprzez obustronną wymianę,
- spójność systemu oznaczająca m. innymi występowanie wielorakich powiązań pomiędzy obiektami systemu i ich atrybutami,
- zdecentralizowanie systemu przy jednoczesnej centralizacji procesów decyzyjnych,

- cechy homeostatyczne systemu upatrywane przede wszystkim w działaniu prawa wartości, które reguluje przystosowanie wielkości podaży usług transportowych do istniejącego popytu.

Identyczne cechy (złożoność struktury obiektów oraz procesów w systemie) i właściwości posiada również system ruchu pociągów. Szczegółowe ich przedstawienie jest celem niniejszego artykułu. Jego treść ujmuje niektóre wyniki kilkuletnich prac autora artykułu w zakresie modelowania ruchu pociągów [2], [3], [4], [5].

2. Złożoność struktury obiektów i ich liczba

System ruchu pociągów jest systemem określonym na wielu obiektach. Wyróżnić w nim można obiekty obsługujące przemieszczanie pociągów oraz obiekty obsługiwane, a więc pociągi różnych kategorii. Wśród obiektów obsługujących znajdą się obiekty liniowe - szlaki i odstępy oraz obiekty punktowe - posterunki ruchu różnego rodzaju (następcze, pomocnicze i osłonne).

Każda klasa obiektów systemu charakteryzuje się niejednorodnością techniczną i funkcjonalną.

Niejednorodność techniczna szlaków i odstępów jest wynikiem następujących czynników:

- kategorii linii, na której są usytuowane:
  - szlaki na liniach magistralnych pierwszorzędnych,
  - szlaki na liniach drugorzędnych,
  - szlaki na liniach trzeciorzędnych i znaczenia miejscowego;
- liczby torów szlakowych:
  - szlaki jedno- i dwutorowe,
  - szlaki wielotorowe;
- rodzaju urządzeń trakcyjnych:
  - szlaki zelektryfikowane,
  - szlaki niezelektryfikowane (mogą być obsługiwane wyłącznie trakcją spalinową lub parową albo obydwoma rodzajami pojazdów trakcyjnych);
- rodzaju urządzeń sterowania ruchem kolejowym zainstalowanych na szlaku:
  - szlaki z telefonicznym zapowiadaniem pociągów,
  - szlaki z urządzeniami półsamoczynnej blokady liniowej,
  - szlaki z urządzeniami samoczynnej blokady liniowej,
  - szlaki wyposażone w urządzenia zdalnego sterowania.

W podobny sposób można również przedstawić obiekty punktowe systemu ruchu pociągów. Wykazują one bowiem znaczące zróżnicowanie w wyposażeniu technicznym. Niejednorodność techniczna posterunków ruchu powodowana jest m. innymi przez:

- różny zakres udziału w prowadzeniu ruchu pociągów:
  - posterunki ruchu uczestniczące w prowadzeniu ruchu wszystkich

kursujących na przyległych szlakach pociągów: stacje kolejowe, posterunki odgałęźne, posterunki odstępowe i bocznicowe,
  - posterunki ruchu realizujące ruch niektórych kursujących pociągów: posterunki pomocnicze,
  - posterunki osłonne;
- różnorodność rozwiązań w zakresie układów topologicznych torów;
- rodzaj urządzeń trakcyjnych:
  - posterunki ruchu na liniach zelektryfikowanych,
  - posterunki ruchu na liniach niezelektryfikowanych;
- rodzaj urządzeń sygnalizacyjnych:
  - urządzenia kształtowe,
  - urządzenia świetlne;
- rodzaj stacyjnych urządzeń sterowania ruchem pociągów; biorąc pod uwagę sposób realizacji zależności w przebiegu wyróżnić można:
  - urządzenia mechaniczne,
  - urządzenia elektromechaniczne,
  - urządzenia elektryczne,

  a w każdej z wyspecyfikowanych klas spotyka się wiele różnych rozwiązań, np. urządzenia elektryczne typu E, typu PB i typu B.

Także wśród obiektów obsługiwanych, a więc pociągów, wyróżnić można wiele ich kategorii charakteryzujących się m. innymi różnym priorytetem przebiegu. Na podkreślenie zasługuje także fakt, że każdej doby na sieci kolejowej uruchamia się blisko 12 tys. pociągów.

Istotny wpływ na złożoność systemu ruchu pociągów ma liczba obiektów występujących w systemie. Jest ona bardzo duża. Poza tym obiekty systemu usytuowane są na obszarze całego kraju - na liniach kolejowych podzielonych na odcinki, szlaki i w miarę potrzeb na odstępy.

Aktualnie sieć kolejową PKP stanowi ponad 24200 km linii kolejowych i blisko 34000 km torów szlakowych. Przy średniej długości szlaku wynoszącej około 7,5 - 8,0 km, można ich liczbę oszacować na ponad 3 tys. Spośród 24,2 tys. km linii kolejowych, 9,5 tys. km to linie zelektryfikowane. 5,3% ogólnej długości linii wyposażonych jest w urządzenia samoczynnej blokady liniowej. Na 8,5 tys. km linii kolejowych podstawą do prowadzenia ruchu pociągów jest jeszcze telefoniczne zapowiadanie. Ogólną liczbę posterunków ruchu na sieci kolejowej szacować należy na ponad 3,0 tys. Liczby powyższe dokumentują złożoność systemu ruchu pociągów.

3. Złożoność procesów ruchu zachodzących w systemie

Różnorodność techniczna obiektów systemu ruchu pociągów pociąga za sobą złożoność procesów ruchu zachodzących w tych obiektach. Wynika to również z obowiązujących zasad technologicznych w zakresie prowadzenia ruchu pociągów.

Prezentację tej problematyki rozpoczęto od szlaków kolejowych. Duże znaczenie ma tutaj liczba torów szlakowych. W przypadku szlaków jednotorowych zachodzi konieczność ustalenia, czy szlak jest wolny oraz przyjęcia określonej predyspozycji ruchowej szlaku, co do kierunku ruchu i uzyskania tym samym pozwolenia na wyprawienie pociągu. Na szlakach dwutorowych obowiązuje wyłącznie ustalenie niazajętości szlaku.

Po danym torze szlakowym możliwa jest realizacja różnego rodzaju ruchu pociągów. Kryteriami wyróżniającymi poszczególne kategorie ruchu są m. innymi liczba torów szlakowych oraz warunki pracy szlaku (zamknięcie toru szlakowego, przerwa łączności itp.). Można za tym przyjąć następujące rodzaje ruchu pociągów:

- ruch jednokierunkowy (szlak dwutorowy),
- ruch dwukierunkowy (szlak jednotorowy),
- ruch po torze niewłaściwym (szlak dwutorowy, przy jednym czynnym torze szlakowym),
- ruch po torze zamkniętym (zamknięcie toru na szlaku jedno- lub dwutorowym),
- ruch do kilometra i z powrotem (szlak jedno- lub dwutorowy),
- ruch pociągu w warunkach całkowitej przerwy łączności.

Także obiekty punktowe charakteryzują się wielką różnorodnością procesów technologicznych. Można zatem wśród posterunków ruchu wyróżnić takie, które umożliwiają regulację następstwa pociągów i kolejności ich wyprawiania na przyległe szlaki (stacje kolejowe, posterunki odgałęźne) oraz posterunki ruchu spełniające tylko funkcje regulacyjne w zakresie następstwa pociągów (posterunki odstępowe i bocznicowe). Są wśród posterunków ruchu takie, które umożliwiają planowe zatrzymanie i postój pociągu, odprawę podróżnych, prowadzenie prac ładunkowych , doczepianie i odczepianie wagonów, zestawianie i rozformowywanie składów pociągów.

Wśród posterunków ruchu tej samej kategorii, np. stacji kolejowych, odmienne mogą być procesy prowadzenia ruchu pociągów:

- stacje kolejowe z nastawnią centralną (jeden okręg sterowania),
- stacje kolejowe z jedną nastawnią dysponującą i współpracującymi z nią nastawniami wykonawczymi (jeden okręg sterowania),
- stacje kolejowe z kilkoma nastawniami dysponującymi (większa liczba okręgów sterowania).

Bardzo zróżnicowany przebieg w poszczególnych obiektach punktowych mogą mieć zatem procesy:

- wyznaczania torów dla wjazdu, wyjazdu lub przejazdu pociągu,
- przygotowania, sprawdzenia i zgłaszania gotowości dróg przebiegu,
- obserwacji przejeżdżającego pociągu,
- rozwiązywania dróg przebiegu.

4. Czynnik ludzki w systemie ruchu pociągów

Złożonej strukturze obiektów technicznych układu obsługującego i obsługiwanego odpowiada złożoność pracowniczych zespołów obsługujących. W rzeczywistych warunkach sieci kolejowej mogą to być zespoły od jedno- do wieloosobowych o skomplikowanej sieci wzajemnych powiązań. Szacuje się, że około 150,0 tys. pracowników PKP uczestniczy w sposób bezpośredni w prowadzeniu ruchu pociągów.

Realizowanie ruchu każdego pociągu wymaga podejmowania szeregu decyzji. Procesy decyzyjne mają charakter "autonomiczny" - realizowane są wyłącznie przez odpowiedni personel określonych posterunków ruchu lub "nieautonomiczny" - realizowane są przez różne szczeble systemu decyzyjnego lub przez odpowiedni personel sąsiednich posterunków ruchu. Można tutaj zatem zauważyć, że czynnik ludzki stanowi z jednej strony składową systemu technologicznego jako pracowanicze zespoły obsługujące i obsada pociągów, z drugiej strony jest podstawowym elementem systemu decyzyjnego.

Czynnik ludzki w podsystemie decyzyjnym systemu ruchu pociągów realizuje obydwie kategorie procesów. Liczbę podejmowanych decyzji na szczeblu jednego dyżurnego ruchu w jednej zmiany roboczej (12 godzin pracy) szcować można od kilkudziesięciu do kilkuset [7].
Również struktura rodzajowa tych decyzji jest stosunkowo bogata. Dotyczą one m. innymi:

- bieżącego prowadzenia ruchu pociągów w normalnych warunkach eksploatacyjnych,
- Prognozowania rozwoju sytuacji ruchowej z wykrywaniem i sygnalizowaniem sytuacji kolizyjnych,
- rozwiązywania konfliktów ruchowych i kontroli dopuszczalności decyzji regulacyjnych.

5. Podsumowanie

System transportu kolejowego, którego elementem składowym jest opisywany w niniejszym artykule system ruchu pociągów, stanowi zasadniczy składnik infrastruktury społeczno-ekonomicznej kraju. Realizuje on w ciągu roku przewozy około 1 mld pasażerów i ponad 400 mln ton ładunków. Wielkość tych zadań jest kolejną przesłanką, podkreślającą złożoność ruchu pociągów, systemu umożliwiającego realizację usługowej funkcji transportu kolejowego wobec gospodarki narodowej. Złożoność systemu ruchu pociągów sprawia, że modelowanie procesów ruchu nie jest zagadnieniem łatwym do realizacji. Istotne trudności występują już na etapie systematyzowania i porządkowania podstawowych pojęć i terminologii stosowanej w modelowaniu. Złożoność technologiczna, techniczna i funkcjonalna systemu ruchu pociągów rzutuje w istotny sposób na realizację oraz rozmiary modeli ruchu pociągów.

Przygotowany w Instytucie Transportu Politechniki Śląskiej symulator ruchu pociągów posiada około 2000 linii programu wykorzystując ok. 74 kB pamięci operacyjnej, opisując przy tym wyłącznie zasadnicze procesy dynamiczne modelu. Całkowite potrzeby w tym zakresie szacuje się na ok. 120 kB pamięci operacyjnej maszyny [3], [4].

LITERATURA

[1] Bahke E.: Systemy transportowe dziś i jutro. WKiŁ, warszawa 1977.

[2] Janecki R. z zespołem: Model symulujący ruch pociągów. Praca naukowo-badawcza Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 1988.

[3] Konieczny R. z zespołem: Opracowanie koncepcji makroskopowego modelu symulacyjnego ruchu pociągów. Praca naukowo-badawcza Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 1986.

[4] Konieczny R. z zespołem: Zastosowanie języka LOGLAN do modelowania dużych systemów transportowych na przykładzie modelu ruchu pociągów. Praca naukowo-badawcza Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice 1987.

[5] Konieczny R. i in.: Zastosowanie języka LOGLAN do modelowania dużych systemów transportowych na przykładzie modelu ruchu pociągów - cz.II. Praca naukowo-badawcza Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej, Katowice, 1988.

[6] Praca zbiorowa pod red. A. Piskozuba: Gałęzie transportu w zintegrowanym systemie transportowym. WKiŁ, Warszawa 1977.

[7] Ważyński T.: Sterowanie ruchem kolejowym. WKiŁ, Warszawa 1970.

ESTIMATION OF TRAIN TRAFFIC SYSTEM COMPLEXITY

Summary

The train traffic system makes an important component of a railway transport system which is the basic component of social economic structure of the country.

The argument about the train traffic system complexity is testified to in the paper. The system characteristics structure, number of objects and structure of the processes occuring in the system determine it among other things. Artificiality of the system created in consequence of human activity, openness, compactness, decentralization of the system a'

simultaneous centralization of decision-taking processes and homeostatic features are of essential importance among a series of system characteristics.

The compactness of objects structure results from the number of object classes, technical and functional diversity in each class of the objects and from the total number of the objects. It has also influence on the complexity of the processes occuring in the system. The compactness of train traffic system causes that modelling traffic processes is not an easy problem to solve. It also has a bearing on the train traffic model sizes.

EINSCHÄTZUNG DES KOMPLIZIERTHEITSGRADES DES ZUGVERKEHRSSYSTEMS

Zusammenfassung

Ein Zugverkehrssystem bildet ein wesentliches Element des Eisenbahntransportsystems, das gründsätzlicher Bestandteil der social-ökonomischen Infrastruktur des Landes darstellt. Im Aufsatz wird die These über der Kompliziertheit des Zugverkehrssystems dokumentiert. Es entscheiden darüber u.a. Systemmerkmale, Objektstruktur und - zahl sowie Struktur von Prozessen, die im System ablaufen.

Unter einer Reihe von Merkmalen des Eisenbahntransportsystems besitzen folgende Merkmale wesentliche Bedentung: Künstlichkeit des Systems, das im Ergebnis der Tätigkeit der Menschen geschaffen wurde; Öffenheit; Zusammengehörigkeit; Dezentralisierung von Entscheidungsprozessen bei ihren gleichzeitigen Zentralisierung sowie homeostatische Merkmale.

Die Kompliziertheit von Objektstrukturren ergibt sich aus der anzahl von Objektklassen, aus der technischen und funktionellen unterschiedlichkeit in jeder Objektklasse sowie aus allgemeiner Zählichkeit von Objekten. Das hat ebenfalls einen Einfluß auf die Komplizirtheit der im System ablaufenden Prozesse.

Die Kompliziertheit des Zugverkehrssytems bewirkt, daß die Modellierung von Verkehrsprozessen Kein einfaches Problem für Realisierung ist. Das beeinflußt auch wesentlich die Größe der Zugverkehrsmodelle.

ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ СИСТЕМЫ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Резюме

Система движения поездов является существенной составной частью

транспортной железнодорожной системы. В статье представлен тезиз о сложности системы движения поездов, решающими в этом случае являются свойства системы, структура и число объектов а также вид процессов имеющих место в системе.

Среди множества свойств польской транспортной системы существенное значение имеют: искусственность созданной человеком системы, открытость, сосредоточенность, децентрализированность с одновременной централизацией решающих процессов а также хомеостатические свойства. Сложность структуры системы вытекает из количества класс объектов, технической и функциональной неоднородности в каждом классе объектов а также общего количества объектов.