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

Stanisław KRAWIEC

PREZENTACJA OGÓLNA MODELU RUCHU POCIĄGÓW

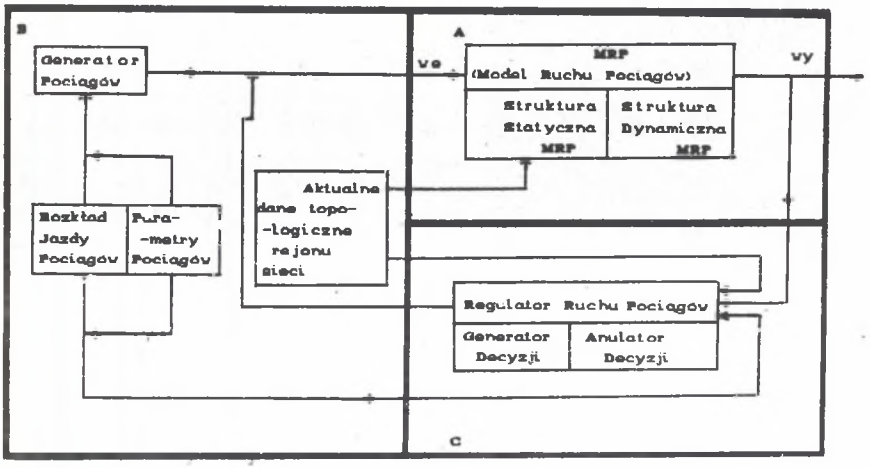
Streszczenie. W artykule przedstawiono ogólną istotę modelowania ruchu pociągów dla potrzeb regulacji ruchu. Dla zaprezentowanej definicji regulacji ruchu pociągów przedstawiono schemat blokowy tej problematyki oraz założenia wyjściowe modelu ruchu pociągów. Przedstawiono także zestaw pojęć, niesprzeczny z ogólnie przyjętymi pojęciami, który umożliwił zunifikowanie i sparametryzowanie układu topologicznego dowolnego rejonu sieci, ograniczonymi punktami granicznymi. Zaprezentowano także opis dowolnie wybranego rejonu sieci kolejowej w konwencji teorii grafów.

1. Założenia wstępne modelu ruchu pociągów

Model Ruchu Pociągów (MRP) przedstawiony w tym oraz sąsiednich artykułach niniejszego zeszytu zrealizowany został dla potrzeb regulacji ruchu, przyjmując następującą definicję regulacji ruchu:

Regulacja Ruchu Pociągów na obszarze rejonu sieci to ciąg decyzji umożliwiających podawanie we właściwym czasie sygnałów zezwalających na odpowiednich sygnalizatorach oraz możliwość awaryjnego anulowania tych decyzji .

Ogólna idea modelowania ruchu pociągów dla potrzeb regulacji ruchu przedstawiona została na rys.1.



Rys.1. Schemat blokowy problematyki modelowania i regulacji ruchu pociągów.
Fig.1. A block schema of modelling and train traffic regulation problem.

Dla realizacji modelu ruchu pociągów, czyli fragmentu A prezentowanego na rys.1 schematu blokowego przyjęto następujące założenia ogólne :

- model ruchu pociągów (MRP) przedstawiony zostanie jako system dyskretnych zdarzeń ;
- model ruchu pociągów na sieci kolejowej uwzględnia wszystkie istotne dla potrzeb regulacji ich przemieszczania czynniki oraz przedstawia dynamikę ruchu pociągów na sieci kolejowej w sposób uogólniony , co umożliwia opisanie dynamiki ruchu po dowolnie zdefiniowanym rejonie sieci bez potrzeby znania "a priori" topologii tego rejonu ;
- model ruchu pociągów umożliwia dynamiczne definiowanie struktury topologicznej symulowanego rejonu sieci kolejowej , a wielkość tego rejonu uzależniona jest tylko od mocy obliczeniowej dostępnego sprzętu komputerowego ;
- struktura topologiczna rejonu sieci kolejowej dla potrzeb modelu odwzorowywana jest w sposób deterministyczny , a stopień szczegółowości tego odwzorowania jest wystarczający z punktu widzenia regulacji ruchu ;
- pociągi wjeżdzające do rejonu sieci mają zadeklarowany harmonogram ruchu (rozkład jazdy) z dokładnością stosowaną na PKP , natomiast realizacja tych harmonogramów zależy od aktualnej sytuacji topologicznej , ruchowej i jakości regulacji ruchu ;
- w ramach symulowanego rejonu sieci kolejowej mogą wystąpić dowolne zasady prowadzenia ruchu kolejowego (sterowania ruchem), w tym także awaryjne ;
- model uwzględnia obecność trzech rodzajów blokady samocznnej : dwu- , trzy- , czterostawnej ;
- przebiegi manewrowe nie wpływają na ruch pociągów , albo wpływają w sposób znany jako zakłócenia .

2. Podstawowe pojęcia i definicje występujące w modelu ruchu pociągów

Dla potrzeb realizacji modelu ruchu pociągów zdefiniowano kilka podstawowych pojęć , których rozumienie odbiega od ogólnie przyjętego stereotypu kolejowego. Poniżej podano definicje tych pojęć .Słowa kluczowe definicji ujęto w nawiasy kątowe .

Def.1 :< Pociąg > - jest to zespół taborowy obejmujący co najmniej jedną lokomotywę lub zespół trakcyjny i tzw. skład pociągu, złożony z wagonów (ewentualnie z innych pojazdów kolejowych) , oznaczony właściwym dla niego numerem pociągu , przygotowany do drogi lub znajdujący się w drodze .
W rozumieniu niniejszej pracy , pociągiem jest również próż-

ny skład pociągu pasażerskiego podstawiany z torów postojowych na tory peronowe lub zabierany z nich .
Pociąg który nie opuszcza rozpatrywanego obszaru sieci kolejowej , niezależnie od zmiany kierunku jazdy, kolejowego numeru pociągu, zmian składu itp. , zachowuje stale swój charakter (tzn. pozostaje stale pociągiem) .

Def.2 :< Rejon sieci > - wybierany do badań obszar sieci kolejowej , ograniczony punktami granicznymi .

Def.3 :< Sygnalizator > - urządzenie lub ustalony przepisami sposób przekazywania informacji o trybie ruchu pociągu (zezwolenie lub zabronienie jazdy) na określonym odstępie .
W rozumieniu definicji , dla potrzeb niniejszej pracy , za sygnalizator uważa się: semafor wjazdowy , semafor wyjazdowy, semafor drogowskazowy, semafor odstępowy, semafor samoczynnej blokady liniowej (SBL), tarczę zaporową, sygnał zastępczy, rozkaz szczególny, telefoniczne (radiotelefoniczne) lub ustne polecenie dyżurnego ruchu, semafor fikcyjny (wprowadzony dla potrzeb symulacyjnych) , tarcza manewrowa (w przypadku gdy pociągi wjeżdzają do wybranego rejonu sieci na sygnał manewrowy) .

Def.4 :< Odstęp > - część toru, dla danego kierunku ruchu, między dwoma kolejnymi sygnalizatorami .
Za odstęp, w znaczeniu niniejszej pracy, rozumie sie też część toru zawartą między punktem granicznym rozpatrywanej sieci a "pierwszym" sygnalizatorem lub też między "ostatnim" sygnalizatorem a punktem granicznym rozpatrywanego rejonu sieci .

Def.5 :< Przebiegowe miejsce końca pociągu > - jest to punkt na drodze przebiegu, wyznaczony dla każdego odstępu w którym pracownik lub urządzenie może stwierdzić, czy przez ten punkt przejechała ostatnia oś pociągu .

Def.6 :< Relacja > - część odstępu od sygnalizatora początkowego każdego odstępu do przebiegowego miejsca końca pociągu .

Def.7 :< Połączenie > - jest to część toru - w obydwu możliwych kierunkach ruchu - od przebiegowego miejsca końca pociągu do kolejnego sygnalizatora lub punktu granicznego sieci .
Każde połączenie (z wyjątkiem połączeń granicznych) jest częścią składową co najmniej dwóch odstępów o przeciwnych kierunkach ruchu .

Def.8 :< Sygnałowe miejsca końca końca pociągu > - jest to punkt na drodze przebiegu, wyznaczony dla każdej relacji , w którym pracownik lub urządzenie może stwierdzić, czy na pociągu znajdują się sygnały końca pociągu .

Def.9 :< Głowica > - zbiór wszystkich możliwych relacji na pewnym obszarze rejonu sieci, ograniczony połączeniami z których każda ma co najmniej jeden punkt wspólny z inną relacją należącą do tej głowicy .

Def.10:< Tarcza ostrzegawcza > - urządzenie lub punkt informujący o sygnale wskazywanym przez najbliższy - dla danego kierunku ruchu "w przód" - położony sygnalizator .
W rozumieniu niniejszej pracy jest to tarcza ostrzegawcza lub sygnalizator informujący o sygnale wskazywanym przez "w przód" położony sygnalizator, a w przypadku gdy nie ma tego typu urządzeń, jest to punkt na odstępie ,w którym prowadzący pojazd dowiaduje się, jaki jest sygnał na najbliższym położonym "w przód" sygnalizatorze .

Def.11:< Sygnał zezwalający > - przekazywany przez sygnalizator znak umowny, zezwalający - dla danego kierunku ruchu - na jazdę z określoną prędkością (20,40,60,100 km/h lub Vmax) od miejsca ustawienia sygnalizatora do następnego kolejnego sygnalizatora (dla sygnalizatorów SBL jest to umowny znak , że co najmniej jeden odstęp za sygnalizatorem nie jest zajęty przez żaden pociąg) .

Def.12:< Sygnał STÓJ > - przekazywany przez sygnalizator umowny znak, zabraniający - dla danego kierunku ruchu dalszej jazdy pociągu .

Def.13:< Podanie sygnału zezwalającego > - czynność wykonywana przez pracownika służby ruchu lub przez urządzenie, zmieniająca stan sygnalizatora na zezwalający na dalszą jazdę.

Def.14:< Podanie sygnału STÓJ > - czynność wykonywana przez pracownika służby ruchu lub przez urządzenie , zmieniająca stan sygnalizatora na zabraniający dalszej jazdy pociągu .

Def.15:< Zajęcie relacji > - zmiana stanu danej relacji oraz oraz wszystkich relacji sprzecznych z nią z "wolnej" na "zajętą" , wykonywana przez sterującego ruchem .
W ramach zajęcia relacji zajmowane są wszystkie ewentualne sekcje wchodzące w skład danej relacji .

Def.16:< Zajęcie połączenia > - podjęcie przez sterującego ruchem uzgodnionej decyzji o zmianie stanu danego połączenia z "wolne" na "zajęte" .
Moment zajęcia połączenia będzie różny dla różnych systemów srk .

Def.17:< Zwolnienie relacji > - zmiana stanu danej relacji i relacji sprzecznych z nią z "zajętej" na "wolną", realizowana przez pociąg lub przez sterującego ruchem w momencie przejazdu końca pociągu przez przebiegowe miejsce końca pociągu . Od momentu zwolnienia relacji mogą odbywać się

przebiegi - dla których relacja była relacją sprzeczną .

Def.18: < Zwolnienie połączenia > - zmiana stanu danego połączenia z "zajęte" na "wolne" , realizowana przez pociąg lub przez sterującego ruchem w momencie przejazdu końca pociągu przez sygnałowe miejsce końca pociągu .

Def.19: < Odjazd pociągu > - minięcie przez czoło pociągu sygnalizatora (przy ruszaniu lub przejeździe bez zatrzymania) , na którym został podany sygnał zezwalający lub sygnał STÓJ na semaforze odstępowym blokady samoczynnej .

Def.20: < Zwolnienie sekcji > - zmiana stanu sekcji z "zajęta" na "wolna" , realizowana przez pociąg w procesie zwalniania relacji. Od momentu zwolnienia sekcji może ona stanowić część drogi przebiegu innych relacji .

Def.21: < Przyjazd zewnętrzny losowy > - zgłoszenie się pociągu nieplanowego na jednym z wjazdów rozpatrywanego rejonu sieci .

Def.22: < Przyjazd zewnętrzny planowy > - zgłoszenie się pociągu planowego na jednym z wjazdów rozpatrywanego rejonu sieci .

Def.23: < Wjazd do sieci > - przekroczenie przez pociąg granicy badanego rejonu sieci i odjazd w kierunku najbliższego sygnalizatora .

Def.24: < Przyjazd wewnętrzny > - przyjazd czoła pociągu na jeden z punktów ustawienia tarczy ostrzegawczej .

Def.25: < Odjazd z sieci > - przyjazd ostatniej osi pociągu na jeden z punktów granicznych badanego rejonu sieci .

Def.26: < Odjazd > - minięcie przez czoło pociągu sygnalizatora , na którym znajduje się sygnał zezwalający lub sygnał STÓJ , w przypadku gdy jest to sygnalizator SBL .

Def.27: < Anulowanie decyzji > - zmiana decyzji podjęta w trakcie jej realizacji .

Def.28: < Awaryjne zwolnienie relacji oraz odpowiedniego połączenia > - zwolnienie relacji oraz połączenia przez sterującego ruchem jako konsekwencja anulowania decyzji .

Def.29: < Punkt graniczny > - miejsce ustawienia tarczy ostrzegawczej "pierwszego" sygnalizatora rejonu sieci oraz "pierwszego" sygnalizatora poza rejonem sieci .
W rozumieniu niniejszej pracy punkt graniczny nie jest miejscem jednoznacznym na torze szlakowym bądź stacyjnym , bowiem połączenie graniczne , tak jak wszystkie inne połączenia charakteryzowane będzie dla każdego z możliwych kierunków ruchu oddzielnymi parametrami .

3. Istota modelowania ruchu pociągów

3.1. Odwzorowanie struktury topologicznej rejonu sieci

Zgodnie z przedstawionymi w p.2. definicjami w każdym rejonie sieci można wyróżnić następujace elementy topologiczne :

- odstępy (elementy niepunktowe) ;
- połączenia (elementy niepunktowe) ;
- relacje (elementy niepunktowe) ;
- głowice (elementy niepunktowe) ;
- przebiegowe miejsca końca pociągu (elementy punktowe) ;
- sygnałowe miejsca końca pociągu (elementy punktowe) ;
- sygnalizatory (elementy punktowe) ;
- tarcze ostrzegawcze (elementy punktowe) ;
- punkty graniczne (elementy punktowe) .

Między podstawowymi elementami topologicznymi dowolnego rejonu sieci występują pewne zależności ilościowe , które w sposób poglądowy przedstawione zostaną poniżej .

Zakładając że :

$\bar{O} = \langle O_1, O_2, \ldots, O_{LODS} \rangle$ jest zbiorem wszystkich odstępów znajdujących się w rejonie sieci ;

$\bar{P} = \langle P_1, P_2, \ldots, P_{LPOL} \rangle$ jest zbiorem wszystkich połączeń znajdujących się w rejonie sieci ;

$\bar{G} = \langle G_1, G_2, \ldots, G_{LGŁOW} \rangle$ jest zbiorem wszystkich głowic znajdujących się w rejonie sieci ;

$$\bar{R} = \left\{ R_1^1, R_2^1, \ldots, R_{LREL(1)}^1, \ldots, R_1^{LGŁOW}, R_2^{LGŁOW}, \ldots, R_{LREL(LGŁOW)}^{LGŁOW} \right\}$$

jest zbiorem wszystkich relacji znajdujących się w rejonie sieci ; można zdefiniować następujący graf bez pętli [12]

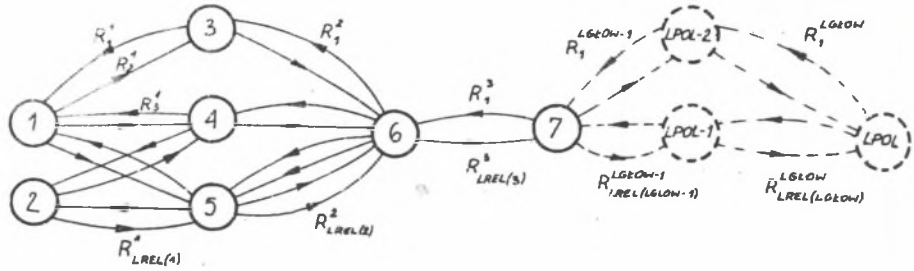
$$PR = \langle \bar{P}, \bar{R}, \bar{Q} \rangle$$

gdzie :

$\bar{P}$ - zbiór wierzchołków grafu (zbiór połączeń) ;

$\bar{R}$ - zbiór wierzchołków grafu (zbiór relacji) ;

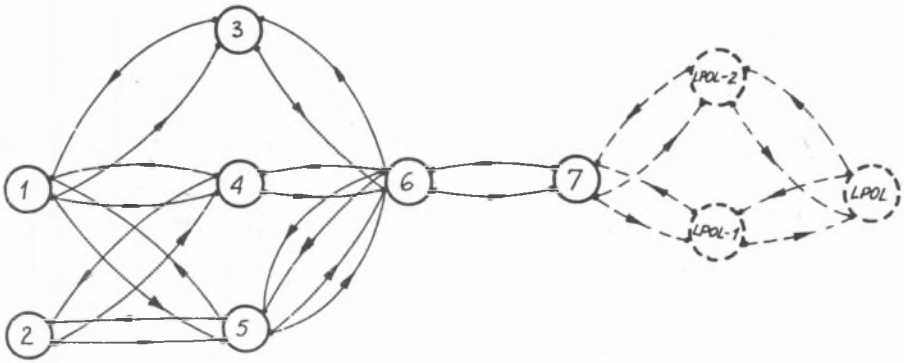
$\bar{Q} - \bar{P} \times \bar{R} \times \bar{P}$



Rys. 2. Graf PR opisujący strukturę topologii przykładowego rejonu sieci
Fig. 2. Graph PR describing topological structure of exemplary selected area of the railway system.

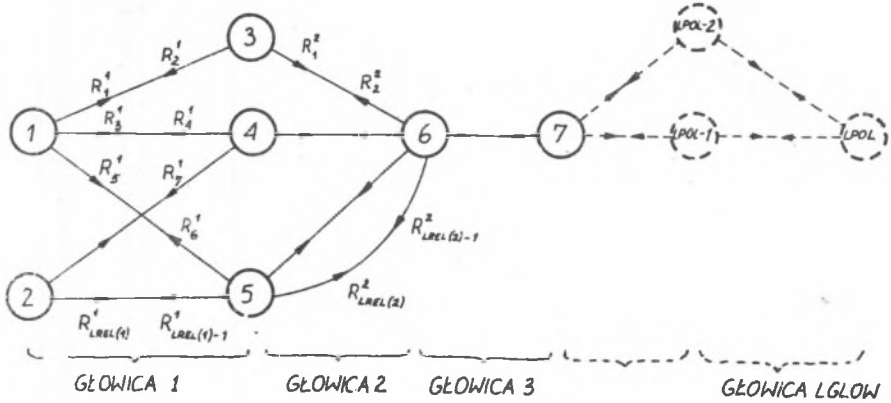
Jeżeli zgodnie z definicją 7 z punktu 2. przyjmiemy, że każde połączenie ma 4 punkty końcowe , charakteryzujące to połączenie , a mianowicie :
- sygnalizator końcowy lub punkt graniczny w jedną stronę ruchu ,
- sygnalizator końcowy lub punkt graniczny w przeciwną stronę ruchu ,
- przebiegowe miejsce końca pociągu w jedną stronę ruchu ,
- przebiegowe miejsce końca pociągu w przeciwną stronę ruchu ,

oraz przyjmiemy , że łuki grafu rozpoczynają się w punkcie ustawienia jednego z sygnalizatorów kończących połączenie, a kończą się w jednym z przebiegowych miejsc końca pociągu innego połączenia , to można graf PR przedstawić poglądowo w innej postaci (rys. 3) .



Rys. 3. Graf PR* opisujący strukturę topologii przykładowego rejonu sieci.
Fig. 3. Graph PR* describing topological structure of exemplary selected area of railway system.

Przyjmując dodatkowo, że relacje przeciwne z punktu widzenia prowadzenia ruchu są tworzone z identycznych rozjazdów można graf PR przedstawić w jeszcze innej postaci (rys. 4) .



Rys. 4. Graf PR^{**} opisujący strukturę topologii przykładowego rejonu sieci
Fig. 4. Graph PR^{**} describing topological structure of exemplary selected area of railway system.

Na rys. 4. można w sposób poglądowy wyodrębić głowice znajdujące się w przykładowym rejonie sieci, rozumiane jako niezależne od siebie wieloboki łuków grafu PR^{**} .

Każdy łuk grafu PR wraz z połączeniem znajdującym się bezpośrednio na końcu tego łuku tworzy odstęp . Ilość odstępów znajdujących się w rejonie sieci określa następująca zależność :

$$LODS = \sum_{i2=1}^{LGŁOW} \sum_{i1=1}^{LREL(i2)} R_{i1}^{i2} + LPZ$$

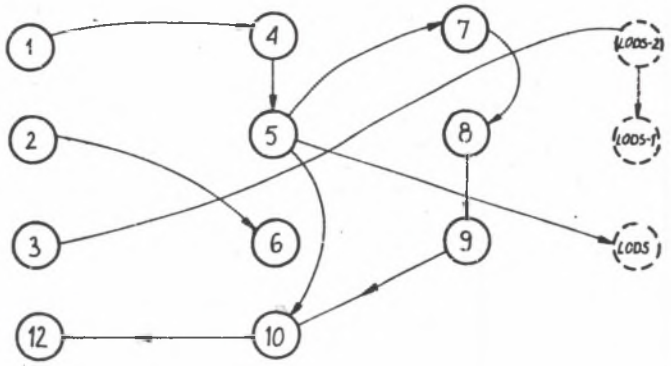
gdzie LPZ - ilość punktów granicznych rejonu sieci .

Dla wszystkich odstępów danego rejonu sieci można zdefiniować graf zorientowany bez pętli :

$$OO = \langle \bar{O}, \bar{H}, \bar{Z} \rangle$$

gdzie :
$\bar{O}$ - zbiór wierzchołków grafu (zbiór odstępów) ;
$\bar{H}$ - zbiór łuków grafu
$\bar{Z}$ - $\bar{O} \times \bar{H} \times \bar{O}$

Zbiór $\bar{H}$ łuków grafu przedstawia następstwo odstępów, czyli informuje , z którego odstępu na który istnieje możliwość przejazdu przez pociąg , jeżeli podczas przejazdu przez rejon sieci nie zmienia on kierunku ruchu .



Rys.5. Graf OO opisujący strukturę odstępów przykładowego rejonu sieci
Fig.5. Graph OO descibing structure of space sectors of exemplary selected area of railway system.

Graf OO (patrz rys.5.) tworzy wszystkie możliwe warianty przejazdu pociągu przez rejon sieci. Te wierzchołki grafu, przy których nie kończy się żaden łuk są odstępami początkowymi danej trasy przejazdu przez rejon sieci, a te które nie są początkiem żadnego łuku są odstępami końcowymi danej trasy .

Graf OO można rozbudować o łuki przedstawiające możliwe zmiany kierunku ruchu pociągu przejeżdżającego przez dowolną z tras rejonu sieci (korzystając z def.7, oraz dodatkowego założenia ,że zmiana kierunku odbywa się na połączeniach , a nie na głowicach) . Wierzchołki grafu OO przedstawiające odstępy rejonu sieci można identyfikować wykorzystując następujący zapis :

$$O_{i3}^{i1,i2}$$

gdzie :

i1 - numer relacji ,

i2 - numer głowicy ,

i3 - numer połączenia .

W przypadku , gdy odstęp jest odstępem wjazdowym do rejonu sieci , i1=0 , i2=0 .

Elementy punktowe dowolnego rejonu sieci można zdefiniować następująco :

$\bar{S} = \langle S_1, S_2, \ldots, S_{LSYGN} \rangle$ jest zbiorem wszystkich sygnalizatorów w danym rejonie sieci ;

$\bar{A} = \langle A_1, A_2, \ldots, A_{LPZ} \rangle$ jest zbiorem punktów granicznych w danym rejonie sieci ;

$\bar{B} = \langle B_1, B_2, \ldots, B_{LSYGN} \rangle$ jest zbiorem tarcz ostrzegawczych w danym rejonie sieci ;

$\bar{C} = \langle C_1, C_2, \ldots, C_{LSYGN} \rangle$ jest zbiorem przebiegowych miejsc końca pociągu w danym rejonie sieci ;

$\bar{D} = \langle D_1, D_2, \ldots, D_{LSYGN} \rangle$ jest zbiorem sygnałowych miejsc końca pociągu w danym rejonie sieci ;

Dla dowolnie zdefiniowanego rejonu sieci między parametrami ilościowymi tych zbiorów zachodzi następująca zależność :

$$LSYGN = 2 * LPOL - LPZ .$$

Zbiory $\bar{O}, \bar{P}, \bar{G}, \bar{R}, \bar{S}, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ opisujące dowolny rejon sieci , zbiór odległości między elementami punktowymi tego rejonu oraz relacje opisujące następstwo poszczególnych elementów ww. zbiorów opisują w sposób jednoznaczny dowolny

rejon sieci kolejowej , modelowany dla potrzeb regulacji ruchu . Zbiór odległości miedzy elementami punktowymi oraz zbiór relacji opisujących następstwo elementów niepunktowych można potraktować jako parametry tych elementów , korzystając z faktu że rejon sieci to suma odstępów , czyli połączeń i relacji :

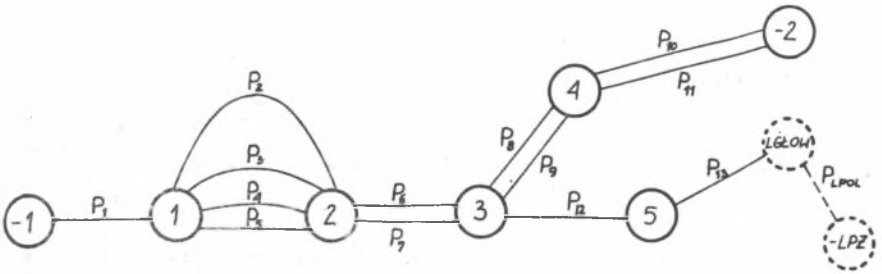
- każdy element R_{i1} zbioru $\bar{R}$ zawierać może następujące parametry
  - $R_{i1,1}$ - odległość od sygnalizatora początkowego relacji do sygnałowego miejsca końca pociągu odstępu ,który relacja ta wyznacza ;
  - $R_{i1,2}$ - odległość od sygnalizatora początkowego relacji do przebiegowego miejsca końca pociągu odstępu ,który relacja ta wyznacza ;
  - $R_{i1,3}$ - odległość od sygnalizatora początkowego relacji do tarczy ostrzegawczej sygnalizatora końcowego odstępu , który relacja ta wyznacza ;
  - $R_{i1,4}$ - numer głowicy do której ta relacja należy ;
  - $R_{i1,5}$ - numer sygnalizatora początkowego odstępu, który relacja ta wyznacza ;
  - $R_{i1,6}$ - numer połączenia znajdującego się przed relacją ;
  - $R_{i1,7}$ - numer połączenia znajdującego się za relacją ;
- każdy element P_{i1} zbioru $\bar{P}$ zawierać może następujące parametry
  - $P_{i1,1}$ - numer głowicy ograniczającej to połączenie z jednej strony (lub numer punktu granicznego) ;
  - $P_{i1,2}$ - numer głowicy ograniczającej to połączenia ze strony przeciwnej (lub numer punktu granicznego) ;
  - $P_{i1,3}$ - numer sygnalizatora ograniczającego wjazd z połączenia na głowicę $P_{i1,1}$ (jeżeli to punkt graniczny $P_{i1,3} = 0$) ;
  - $P_{i1,4}$ - numer sygnalizatora ograniczającego wjazd z połączenia na głowicę $P_{i1,2}$ (jeżeli to punkt graniczny $P_{i1,4} = 0$) ;
  - $P_{i1,5}$ - długość połączenia od głowicy $P_{i1,1}$ do sygnalizatora $P_{i1,4}$;
  - $P_{i1,6}$ - długość połączenia od głowicy $P_{i1,2}$ do sygnalizatora $P_{i1,3}$;

Dla zdefiniowanych uprzednio elementów dowolnego rejonu sieci można zdefiniować graf niezorientowany :

$$GP = \langle \bar{G}^*, \bar{P}, \bar{R} \rangle$$

gdzie :

- $\bar{G}^*$ - zbiór wierzchołków grafu (zbiór głowic oraz punktów granicznych) ;
- $\bar{P}$ - zbiór krawędzi grafu (zbiór połączeń) ;
- $\bar{R}$ - $\bar{G}^* \times \bar{P} \times \bar{G}^*$



Rys. 6. Graf GP opisujący strukturę topologiczną przykładowego rejonu sieci.
Fig. 6. Graph GP descibing structure of space sectors of exemplary selected area of railway system.

Graf GP przypomina klasyczne grafy układów torowych ,posiada jednak inną interpretację jego elementów. Wierzchołki grafu GP oznaczone kolejnymi liczbami dodatnimi odpowiadają zbiorowi głowic , a wierzchołki oznaczone kolejnymi liczbami ujemnymi odpowiadają zbiorowi punktów granicznych rejonu sieci .

3.2. Przejazd pociągu przez rejon sieci

Każdy pociąg przejeżdżającyprzez rejon sieci traktowany jest w modelu jako dwa punkty: czoło pociągu oraz ostatnia oś pociągu . Każdy z tych dwóch poruszających się punktów identyfikacyjnych pociągu spełnia inną rolę w procesie przejazdu pociągu przez rejon sieci .

Czoło pociągu realizuje w trakcie przejazdu przez rejon sieci następujące funkcje :

- wjazd do rejonu sieci, czyli przekroczenie granicy tego rejonu ustalonej w punkcie ustawienia tarczy ostrzegawczej najbliższego sygnalizatora ;
- minięcie punktu ustawienia pierwszego sygnalizatora (z zatrzymywaniem lub bez) i ustawienie na nim sygnału STÓJ w celu ochronnym ;
- minięcie punktu ustawienia kolejnej tarczy ostrzegawczej kolejnego sygnalizatora ;
- minięcie punktu ustawienia kolejnego sygnalizatora (z zatrzymaniem lub bez) i ustawienie na nim sygnału STÓJ w celu ochronnym (jeżeli to nie jest sygnalizator SBL lub sygnalizator fikcyjny) lub dojazd do końca kolejki pociągów przed tym sygnalizatorem, jeżeli taka istnieje a ostatnio mijany sygnalizator był sygnalizatorem SBL .

Ostatnia oś pociągu realizuje w trakcie przejazdu przez rejon sieci następujące funkcje :

- przejazd przez kolejne sygnałowe miejsce końca pociągu danej trasy pociągu i rozpoczęcie czynności związanych ze zwalnianiem opuszczonego ostatnio przez pociąg połączenia ;
- przejazd przez kolejne przebiegowe miejsce końca pociągu danej trasy pociągu i rozpoczęcie czynności związanych ze zwalnianiem relacji ostatnio przez pociąg opuszczonej ;
- odjazd z rejonu sieci .

Czoło pociągu oraz ostatnia oś pociągu realizują swoje funkcje w kolejności podanej uprzednio, natomiast kolejność realizacji tych funkcji z punktu widzenia całego pociągu, w czasie modelowym nie jest zdeterminnowana i zależy od topologii kolejno mijanych odstępów oraz długości pociągu .

Między kolejnymi funkcjami realizowanymi przez każdy pociąg występują kwanty czasu o różnych długościach, w tym także kwanty równe zeru. Czasy te każdorazowo wyznaczane są przy pomocy procedur opisująsych ruch pociągu , z uwzględnieniem takich parametrów , jak : prędkość początkowa pociągu, prędkość końcowa pociągu , ograniczenia prędkości , odległości miedzy kolejnymi punktowymi elementami topologicznymi danej trasy , planowe zatrzymania , itp . Procedury te można interpretować jako procedury realizujące teoretyczny przejazd trakcyjny , uwzględniające dodatkowo czynności handlowe pociągu .

Każdy pociąg wjeżdżający do rejonu sieci ma przyporządkowaną "a priori" swoją planową trasę przejazdu przez ten rejon , podaną w postaci ciągu kolejnych połączeń, przez które powinien przejechać . Trasa ta w razie potrzeby może być modyfikowana. Trasa pociągu , planowe momenty odjazdu pociągu z kolejnych połączeń trasy oraz punkt wjazdu oraz wyjazdu z rejonu sieci można interpretować jako rozkład jazdy pociągu .

3.3. Sterowanie i regulacja ruchu pociągów

Przejazd pociągu przez rejon sieci to suma przejazdów kolejnych odstępów wyznaczonych przez rozkład jazdy tego pociągu . Sterowanie ruchem pociągu polega na realizowaniu w odpowiednim czasie wszystkich czynności technicznych i organizacyjnych potrzebnych do ustawienia na kolejnych sygnalizatorach sygnału zezwalającego. Czynności te mogą być realizowane automatycznie (np. na szlakach wyposażonych w SBL) lub przez sterującego ruchem wraz z podległym mu personelem . Pojęcie sterowanie ruchem pociągów przez sterującego ruchem nie obejmuje procesów generowania decyzji, na których sygnalizatorach w rejonie sieci i w jakiej kolejności ma zostać podany sygnał zezwalający na jazdę , lecz tylko realizuje funkcje umożliwiające technicznie zrealizowanie wygenerowanych decyzji (rodzaj urządzeń srk, ich typ, sposób obsługi , uwzględniany jest tylko jako element czasowy między kolejnymi funkcjami w procesie podawania sygnału zezwalającego na sygnalizatorze) . Pojęcie sterowanie

ruchem pociągów przez sterującego ruchem dla konkretnego sygnalizatora można zdefiniować jako rozpoczęcie w odpowiedniej chwili realizacji decyzji o podaniu na danym sygnalizatorze sygnału zezwalającego na jazdę. Generowanie decyzji leży w zakresie czynności regulacji ruchu .

Proces realizacji każdej decyzji zawiera kolejno następujące czynności:

- zajęcie wolnego połączenia za sygnalizatorem ;
- zajęcie relacji za sygnalizatorem (wraz z relacjami sprzecznymi do tej relacji) ;
- podanie sygnału zezwalającego .

Czas trwania każdej z tych czynności może być różny dla realizacji różnych decyzji, może być także w szczególnym przypadku równy zero , ale kolejność tych czynności jest zawsze w modelu zachowana .

Do podania sygnału zezwalającego na sygnalizatorze SBL (tzn. sygnału umożliwiającego dalszą jazdę bez obowiązku zatrzymania się) nie jest potrzebna decyzja wygenerowana przez regulator ruchu , gdyż przeczyłoby to zasadzie samoczynności . Dla każdego sygnalizatora SBL jednak realizowana jest ciągle jedna i ta sama decyzja , której treść można zdefiniować następująco : jeżeli z połączenia znajdującego się bezpośrednio za sygnalizatorem SBL odjedzie ostatnia oś ostatniego pociągu i zwolni to połączenie, to natychmiast to połączenie zostaje zajęte przez sterowanie sygnalizatora SBL , a na sygnalizatorze tym sygnał czerwony zostaje zmieniony na sygnał zezwalający na jazdę . Stan podanego sygnału zezwalającego zależy od stawności blokady i sytuacji ruchowej . Stan ten może się z upływem czasu zmieniać (w zakresie sygnałów zezwalających) bez ingerencji sterowania , wraz ze zmianami sytuacji ruchowej . Mimo przedstawionych odmienności w stosunku do sterowania sygnalizatora nie będącego sygnalizatorem SBL, zasada jest podobna i czynności, które ma do zrealizowania sterowanie sygnalizatora SBL są podobne do sterowania realizowanego przez sterującego ruchem :

- zajęcie wolnego połączenia za sygnalizatorem (czas zajmowania jest równy zero) ;
- zajęcie relacji za sygnalizatorem (czas zajmowania równy zero, długość relacji równa zero) ;
- podanie sygnału zezwalającego (czas podawania równy zero) .

4. Uwagi końcowe

Przedstawiona w p.3 istota modelu oraz przyjęty zbiór elementów modelu pozwala na realizację opisu formalnego Modelu Ruchu Pociągów dla potrzeb regulacji ruchu bez potrzeby znajomości rejonu sieci, który będzie modelowany. Umożliwia to także realizację programu komputerowego, który może być używany jako symulator ruchu pociągów w różnych rejonach sieci.

LITERATURA

[1] AHO A.V., HOPCROFT J.E., ULLMAN J.D.: Projektowanie i analiza programów komputerowych. PWN, Warszawa 1983.
[2] BUSLENKO N.P., KAŁASZNIKOW W.W. , KOWALENKO I.N. : Teoria systemów złożonych. PWN, Warszawa 1979
[3] GORDON G. : Symulacja systemów. WNT, Warszawa 1974
[4] Instytut Transportu Politechniki Śląskiej (praca zbiorowa) : Zasady projektowania i wdrażanie systemów sterowania ruchem ulicznym pod kątem minimalizacji energochłonności transportu Katowice 1985 (maszynopis pracy naukowo-badawczej, symbol PR-8 5.7.01.06.e1.)
[5] KONIECZNY Roman + zespół (praca zbiorowa): Opracowanie koncepcji makroskopowego modelu symulacyjnego ruchu pociągów - etap I zadania "Komputerowy makromodel ruchu pociągów" - Katowice 1986 (maszynopis pracy naukowo-badawczej NB-323/RT/86 programu RP.I.09)
[6] KONIECZNY Roman + zespół (praca zbiorowa): Zastosowanie języka LOGLAN do modelowania dużych systemów transportowych na przykładzie modelu ruchu pociągów - Katowice 1987 (maszynopis pracy naukowo-badawczej NB-277/RT/87 program RP.I.09)
[7] JAROŃ J.: Cele systemu, ich przestrzeń i realizacja - Zeszyt Formalne opisy systemów i ich zastosowania , wyd. Politechnika Wrocławska 1978
[8] KONDRATOWICZ L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978
[9] KONIECZNY Roman ,KRAWIEC Stanisław ,WOJCIECHOWSKI Bogusław : Symulator ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną dla minikomputera MERA-400 - referat opublikowany w materiałach IV Konferencji Naukowej Instytutu Transportu Politechniki Warszawskiej , Warszawa 1985 .
[10] KONIECZNY Roman, KRAWIEC Stanisław, WOJCIECHOWSKI Bogusław : O pewnym modelu symulacyjnym do oceny jakości organizacji i sterowania ruchu drogowego - referat opublikowany w materiałach konferencji naukowej "Organizacja ruchu w śródmieściu " Kraków - Nowy Sącz , 1986
[11] KONIECZNY Roman, KRAWIEC Stanisław: Komputerowy model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną - Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej , Transport nr 5/1987
[12] KORZAN B.:Wybrane zagadnienia teorii grafów i sieci - materiały konferencji szkoleniowej - Jabłonna 1978
[13] KRAWIEC Stanisław: Model symulacyjny przemieszczania pociągów dla potrzeb regulacji ruchu - Praca doktorska *(maszynopis)* .
[14] MESAROWICZ M.D.:Matematyczna teoria systemów ogólnych - tom Ogólna teoria systemów pod redakcją G.J.Klira, WNT Warszawa 1976
[15] PERKOWSKI P.: Technika Symulacji Cyfrowej. WNT, Warszawa 1980
[16] WYMORE A.W. : Spleciona teoria systemów - tom Ogólna teoria systemów pod red. G.J.Klira , WNT Warszawa 1976
[17] ZEIGLER B.P.: Teoria modelowania i symulacji. PWN, Warszawa 1984

GENERAL DISPLAY OF A TRAIN TRAFFIC MODEL

Summary

The general essence of modelling train traffic for the traffic control needs has been presented in the paper. A block diagram of these problems and input fordesign of the train traffic model have been presented for the

given definition of the train traffic control. A set of notions, compatybile with common notions, which enabled to unify and create parameters for the topologic system of any area of the railway system limited with border points has been presented.

A description of an arbitrary selected area of the railway system has been also presented in a graph theory convention.

ALLGEMEINE DARSTELLUNG DES ZUGVERKEHRSMODELLS

Zusammenfassung

Im Ausatz wurde allgemaines Wesen der Zugverkehrsmodellierung für die Zwecke der Verkehrsregelung vorgestellt. Für die angelegte Definition der Zugverkehrsregelung wurde ein Blockschema für diese Problematik sowie Ausgangsannahmen des Zugverkahrsmodells dargestellt.

Präsentiert wurde auch eine mit allgemein verwendeten Termini wiederspruchfreie Begriffszusammenstellung, welche eine Unifizierung und Parametrisierung eines topologischen Systems des beliebigen Netzgebietes ermöglichte, das mit Grenzpunkten begrenzt ist.

Beschrieben wurde ebenfalls ein beliebig ansgewähltes Eisenbahnnetzgebiet in einer Konvention der Graphenteorie.

ОБЩЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Резюме

В статье представлена суть общего моделирования движения поездов для нужд управления движением. Для данного определения управления движения поездов, представлена блок схема проблематики а также предложения для модели движения поездов. Представлен также состав понятий, неантагонистичен к имеющимся понятиям, который дал возможность унифицировать и параметризовать топологическую систему сети произвольного района, ограниченным однако граничными точками. Дано также описание произвольно выбранного участка железнодорожной сети используя теории графов.