

Roman KONIECZNY

Stanisław KRAWIEC

Instytut Transportu

Politechniki Śląskiej

KOMPUTEROWY MODEL RUCHU POJAZDÓW W SIECI SKRZYŻOWAŃ Z SYGNALIZACJĄ ŚWIETLNA

Streszczenie. W artykule przedstawiono model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną. Model ten zrealizowany został na minikomputerze MERA-400 w systemie operacyjnym CROOK-4. Model oprogramowany został w języku modelowania zdarzeń dyskretnych, CSL.

Sieć skrzyżowań z sygnalizacją świetlną potraktowano jako system masowej obsługi poruszających się w niej pojazdów. Pojazdy poruszające się w sieci tworzą strumienie zgłoszeń, natomiast wloty do sieci i wloty na skrzyżowania to poszczególne stanowiska obsługi. W modelu wyróżnia się następujące klasy obiektów: pojazdy, sygnalizatory, kolejki, połączenia, przybycia, zewnętrzne. Każdy obiekt znajdujący się w modelu charakteryzowany jest poprzez swoje atrybuty, które mogą być aktualizowane w trakcie procesu symulacji.

Przedstawiony w artykule model posiada wszystkie cechy symulatora, czyli narzędzia do badania problemów ruchu w dowolnej sieci skrzyżowań. W celu przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego dla dowolnej sieci wystarczy wprowadzić nowe dane topologiczne i ruchowe.

1. Wprowadzenie

Konieczność oszczędzania paliw płynnych, wzrastająca ilość pojazdów poruszających się po drogach, ograniczone możliwości przepustowe istniejącej infrastruktury narzucają określone wymagania związane z zapewnieniem szeroko rozumianej płynności ruchu pojazdów. W chwili obecnej istnieje wiele wskaźników jakości ruchu, dotyczących zarówno samego procesu ruchu, jak i sterowania ruchem. W różny sposób formułowane kryteria optymalizacji ruchu są zazwyczaj bardzo złożone, co utrudnia rozwiązywanie ich metodami klasycznej optymalizacji. Jest to szczególnie trudne w warunkach sieci skrzyżowań dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych. Praktycznie jedynym dostępnym narzędziem rozwiązywania takich problemów jest zastosowanie techniki symulacji komputerowej, która umożliwia zarówno realizację przyjętego modelu ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań, jak i przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych.

Aktualnie w kraju opracowanych jest kilka różnych modeli ruchu pojazdów w sieci ulic i skrzyżowań, opartych na różnych koncepcjach i założeniach[3].

Opracowany w Instytucie Transportu model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną podobny jest w swej koncepcji ogólnej do modelu ruchu pojazdów w sieci ulic [3], ale szczegółowe założenia uwzględniają także wymagania narzucone przez program badawczy przyjęty w pracy [7]. Jako bazowy język do realizacji obliczeń symulacyjnych przyjęto CSL (Control and Simulation Language).

2. Ogólna struktura modelu

Siec skrzyżowań z sygnalizacją świetlną potraktowano jako system masowej obsługi poruszających się w niej pojazdów. Wloty do sieci oraz wloty na skrzyżowania (linie STOP) to poszczególne stanowiska obsługi, natomiast pojazdy poruszające się w sieci tworzą strumienie zgłoszeń.

Wszystkie istotne dla systemu elementy wyróżniono w modelu w ramach pięciu klas obiektów:

- klasa "pojazdy",
- klasa "sygnalizatory",
- klasa "kolejki",
- klasa "połączenia",
- klasa "przybycia zewnętrzne".

Obiekty klasy "pojazdy" (CLASS TIME POJ.LPOJ (6)) mogą należeć do trzech zbiorów, określających ich lokalizację ogólną: zbioru ZSIEĆ (pojazdy w puli poza siecią), zbioru ZKOL (pojazdy w kolejkach) oraz zbioru ZPOL (pojazdy w połączeniach). Obiekty klasy POJ posiadają 6 atrybutów:

- atrybut 1 - określa typ pojazdu (wyróżnia się 4 typy pojazdów)
 - 1 - samochód osobowy,
 - 2 - samochód ciężarowy lub autobus (krótki),
 - 3 - samochód ciężarowy z przyczepą lub autobus przegubowy,
 - 4 - tramwaj,
- atrybut 2 - określa czas przybycia pojazdu do sieci,
- atrybut 3 - określa aktualnie wybraną przez pojazd relację wyjścia z kolejki,
- atrybut 4 - określa lokalizację pojazdu (numer kolejki lub numer połączenia),
- atrybut 5 - określa czas przybycia pojazdu do kolejki,
- atrybut 6 - określa numer wlotu (numer przybycia zewnętrznego, na którym zgłosił się pojazd).

Obiekty klasy "sygnalizatory" (CLASS TIME SYGNAL.LSYGN (1)) posiadają jeden atrybut - stan sygnalizatora (1 - światło zielone, 0 - światło czerwone).

Obiekty klasy "kolejki" (CLASS TIME KOL.LKOL (2)) posiadają dwa atrybuty:

- atrybut 1 - określa liczbę pojazdów w kolejce,
- atrybut 2 - (wskaźnik odjazdu) określa, czy w danym cyklu sygnalizacji świetlnej nastąpił przynajmniej jeden odjazd z wybranej kolejki.

Obiekty klasy "połączenia" (CLASS TIME POL.LPOL (1)) posiadają jeden atrybut - liczbę pojazdów znajdujących się w połączeniu, tj. na odcinku między dwoma sąsiednimi skrzyżowaniami.

Obiekty klasy "przybycia zewnętrzne" (CLASS TIME PRZYB.LPZ) nie posiadają atrybutów.

Oprócz ww. atrybutów obiekty wszystkich klas posiadają atrybut czasu - modyfikowany przez poszczególne bloki obsługi w programie symulacyjnym, jak i standardową procedurę upływu czasu.

Program symulacyjny realizujący model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną korzysta z następujących tablic topologicznych:

- WEKOLP (LPZ,LDKNPZ) - tablica wejść do kolejek na przybyciu zewnętrznym,
- WEKOL (LPOL,LDKNPW+2) - tablica wejść do kolejek na przybyciu wewnętrznym (w obrębie sieci),
- WYREL (LKOL,LDREL+4) - tablica wyboru relacji przy wychodzeniu z kolejki,
- KOLIZ (LREL,1+LKK) - tablica kolizji,
- KOLEJKA (MLPOJ,LKOL) - tablica stanu kolejek,

gdzie:

- LPOJ - liczba pojazdów dostępnych w systemie,
- LPZ - liczba przybyć zewnętrznych,
- LDKNPZ - liczba dostępnych kolejek na przybyciu zewnętrznym,
- LPOL - liczba połączeń,
- LDKNPW - liczba dostępnych kolejek na przybyciu wewnętrznym,
- LSYG - liczba sygnalizatorów dostępnych w systemie
- IKOL - liczba kolejek,
- LDREL - liczba dostępnych relacji na wyjściu z kolejki,
- LREL - liczba relacji,
- LKK - liczba kolejek kolizyjnych dla danej relacji,
- MLPOJ - maksymalna liczba pojazdów mogąca znaleźć się w najdłuższej kolejce systemu.

Tablica WEKOLP zawiera numery kolejek, do których można wejść na danym przybyciu zewnętrznym NRZP (tj. wlocie do sieci). LDKNPZ-1 pozycje przeznaczone są na numery kolejek dla samochodów, a pozycja ostatnia przeznaczona jest do ewentualnego przybycia tramwaju.

Tablica WEKOL zawiera na pozycjach od 1 do LDKNPW numery kolejek, do których można wejść na przybyciu wewnętrznym, czyli z konkretnego połączenia NRPOL (połączenie - odcinek między sąsiednimi skrzyżowaniami).

Podobnie jak w tablicy WEKOLP pozycje od 1 do LDKNPW-1 przeznaczone są na numery kolejek dla samochodów, a pozycja LDKNPW do ewentualnego przybycia tramwaju. Dodatkowo tablica WEKOL na pozycji przedostatniej zawiera długość połączenia NRPOL, a na pozycji ostatniej prędkość maksymalną dozwoloną na danym połączeniu NRPOL.

Tablica WYREL zawiera na pozycjach od 1 do LDREL numery relacji wyjścia z kolejki, a na pozycjach następnych kolejno: efektywny czas światła zielonego sygnalizatora dla danej kolejki, efektywny czas światła czerwonego sygnalizatora dla danej kolejki, wskaźnik obecności zielonej strzałki oraz stan początkowy sygnalizatora w momencie rozpoczęcia symulacji.

Tablica KOLIZ zawiera dla danej relacji na pozycji 1 numer połączenia lub wylotu, do którego chce wjechać pojazd, na pozycjach od 2 do LKK numery kolejek kolizyjnych przy zielonym świetle, a na pozycji ostatniej numer kolejki kolizyjnej przy zielonej strzałce.

Tablica KOLEJKA informuje o sytuacji w zbiorze ZKOL, czyli zawiera kolejne numery pojazdów znajdujących się aktualnie w kolejkach.

Oprócz wymienionych wyżej podstawowych tablic topologicznych, program symulacyjny korzysta z tablic pomocniczych z danymi pomiarowymi zawierających m.in. zakresy czasu przybyć pojazdów różnych typów dla danego wlotu, czasy ewakuacji pojazdów z danej kolejki itp.

Wyniki symulacji (rejestrowane np. w pamięci dyskowej) zawierają następujące informacje:

- stan zegara,
- typ zdarzenia (przybycie zewnętrzne, przybycie wewnętrzne, odjazd),
- rodzaj odjazdu (zwykły, utrudniony, na zieloną strzałkę),
- typ pojazdu,
- czas przybycia pojazdu do kolejki,
- czas przybycia pojazdu do sieci,
- czas opuszczenia kolejki przez pojazd,
- czas opuszczenia sieci przez pojazd,
- numer wlotu,
- numer wylotu lub połączenia,
- liczba pojazdów w kolejce,
- liczba pojazdów w połączeniu.

Podstawową jednostką czasu symulacyjnego (kwantem czasu) jest wartość 0,1 sekundy, co umożliwia dostatecznie dokładne odwzorowanie warunków rzeczywistych.

3. Opis programu symulacyjnego

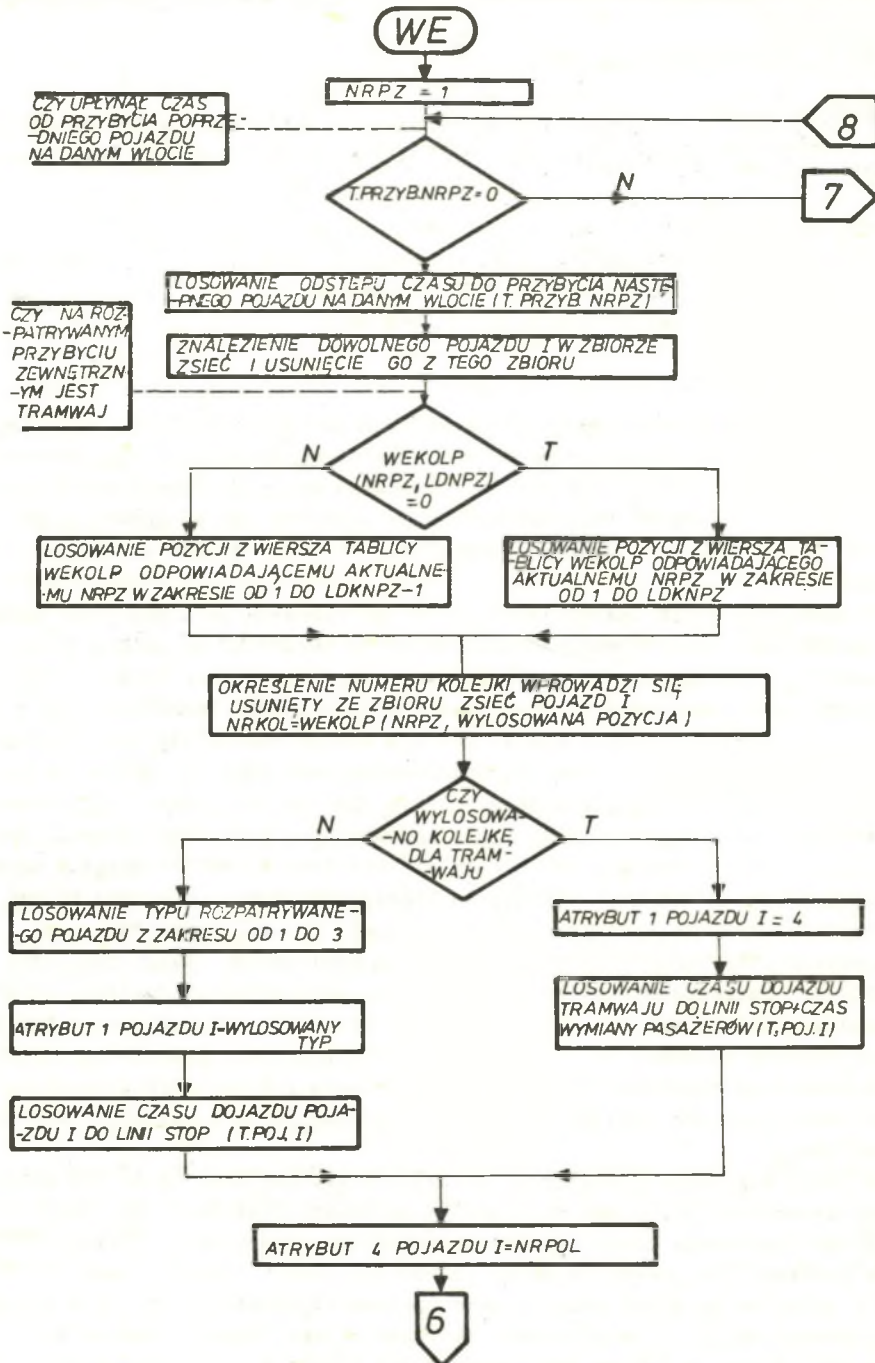
Program symulacyjny realizujący model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną składa się z następujących bloków funkcjonalnych:

- | | | |
|------------------------------|---|-------------------------------|
| - części inicjującej, | } | część
dynamiczna
modelu |
| - bloku PRZYBYCIE ZEWNĘTRZNE | | |
| - bloku PRZYBYCIE WEWNĘTRZNE | | |
| - bloku PRACA SYGNALIZATORÓW | | |
| - bloku ODJAZDÓW | | |
| - części końcowej | | |

W części inicjującej wprowadzane są dane do tablic topologicznych oraz pomocniczych. Dane te zapisane są w odpowiednich zbiorach w pamięci dyskowej. W części tej następuje też (opcjonalnie) kontrola danych wejściowych, a następnie ustawienie stanu początkowego sygnalizatorów, zapełnienie zbioru ZSIEĆ pojazdami oraz zerowanie zbiorów ZKOL, ZPOL oraz tablicy KOLEJKA.

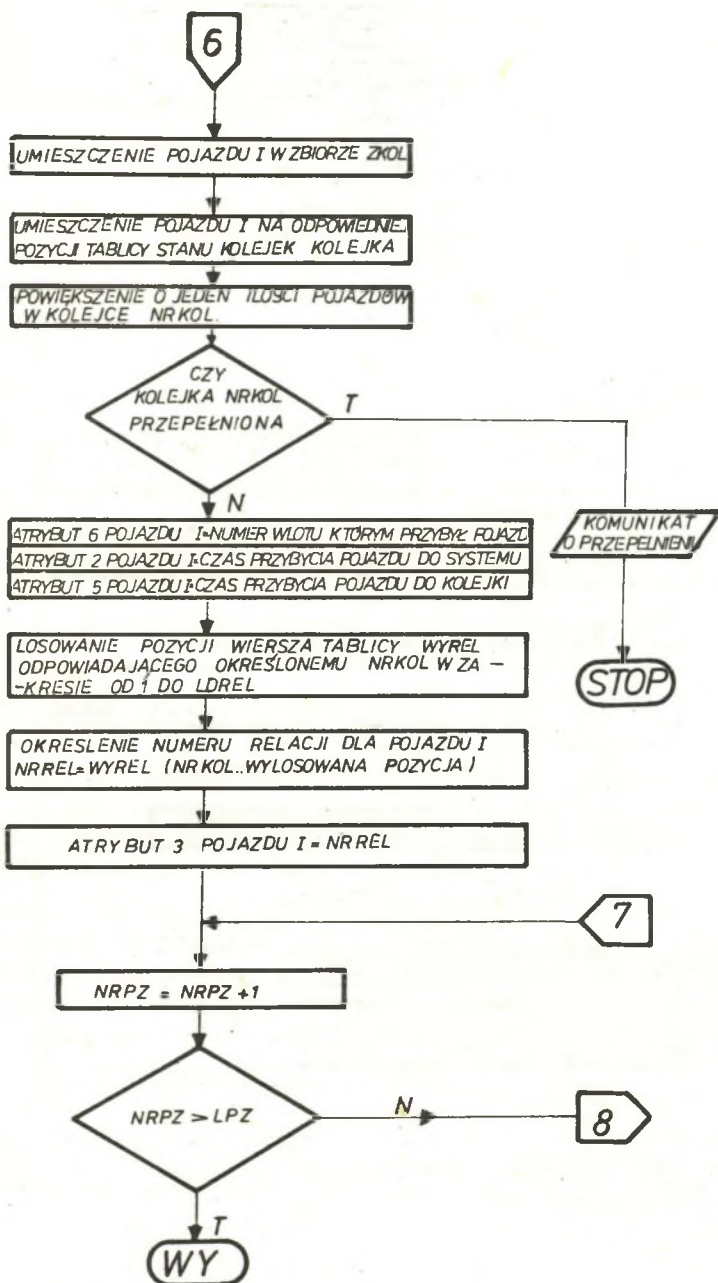
W bloku PRZYBYCIE ZEWNĘTRZNE (rys. 1) realizowana jest procedura zmiany stanu związana z przybywaniem pojazdów ze zbioru ZSIEĆ do zbioru ZKOL. Pojazdy przybywają do zbioru ZKOL wlotami NRPZ ($NRPZ=1.....LPZ$) z częstością określoną zadaniem rozkładem czasów przybyć. Zdarzenie typu "przybycie zewnętrzne" zachodzi wtedy, gdy dla konkretnego wlotu NRPZ upłynął czas od przybycia tym wlotem poprzedniego pojazdu ($T.PRZYB.NRPZ$). Czas przybycia następnego pojazdu danym wlotem NRPZ losowany jest natychmiast po wystąpieniu zdarzenia. W momencie zgłoszenia się pojazdu losowana jest pozycja z tablicy WEKOLP. Wylosowany element tablicy WEKOLP określa numer kolejki NRKOL ($NRKOL=1.....LKOL$), do której zostanie wprowadzony pojazd I. Następnie określony zostaje atrybut 1 pojazdu I, czyli jego typ, oraz wylosowany czas dojazdu pojazdu I do końca połączenia, czyli linii STOP ($T.POJ.I$). Umieszczenie pojazdu I w zbiorze ZKOL powoduje kontrolę ilości pojazdów znajdujących się aktualnie w kolejce NRKOL (korzystając z tablicy stanu kolejek KOLEJKA). Po nadaniu odpowiednich wartości atrybutom 2,4,5 i 6 pojazdu I na podstawie tablicy WYREL losowana jest relacja NRREL, czyli zamierzony kierunek jego dalszej jazdy. Informację tę przechowuje atrybut 3 pojazdu I.

W bloku PRZYBYCIE WEWNĘTRZNE (rys.2) realizowana jest procedura zmiany stanu związana z przybywaniem pojazdów ze zbioru ZPOL do zbioru ZKOL. Na początku dokonywany jest przegląd pojazdów przebywających w zbiorze ZPOL oraz kontrola ich atrybutów czasu ($T.POJ.I$). Jeżeli atrybut czasu któregoś z pojazdów osiągnął wartość zero (pojazd dojechał już do końca wybranego połączenia), to na podstawie atrybutu 4 tego pojazdu odczytywana jest informacja, w którym połączeniu NRPOL ($NRPOL=1.....LPOL$) on się znajduje i następnie w zależności od typu pojazdu określony zostaje numer



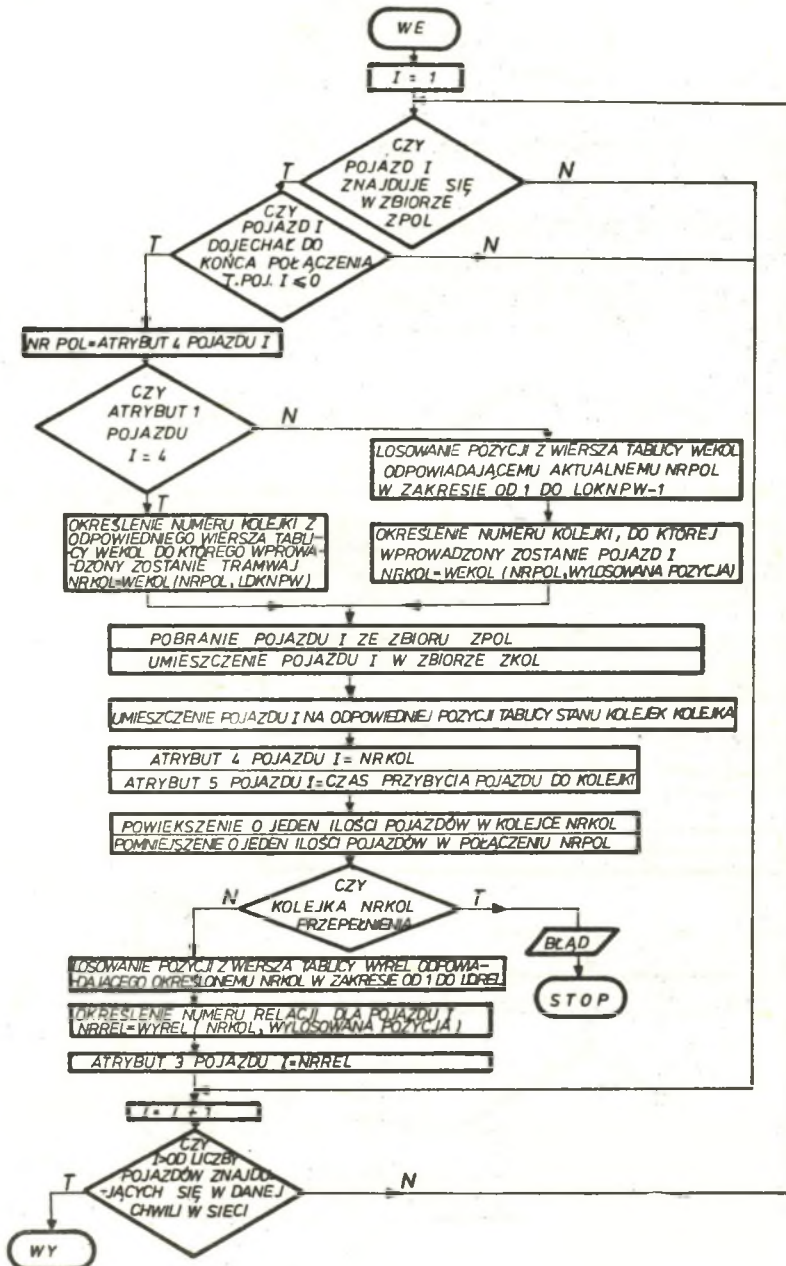
Rys. 1a. Blok PRZYBYCIE ZEWNĘTRZNE

Fig. 1a. Block outer coming



Rys. 1b. Blok PRZYBYCIE ZEWNĘTRZNE

Fig. 1b. Block outer coming



Rys. 2. Blok PRZYBYCIE WEWNĘTRZNE

Fig. 2. Block inner coming

kolejki NRKOL, do której wprowadzony zostanie pojazd. Do operacji tych wykorzystywana jest tablica WEKOL. Po przemieszczeniu pojazdu I ze zbioru ZPOL do zbioru ZKOL, uaktualnieniu ilości pojazdów w kolejce NRKOL, połączeniu NRPOL oraz atrybutów 4 i 5 pojazdu I na podstawie tablicy stanu kolejek KOLEJKA następuje kontrola ilości pojazdów w kolejce NRKOL. Następnie podobnie jak w bloku PRZYBYCIE ZEWNĘTRZNE na podstawie tablicy WYREL losowana jest relacja NRREL dla pojazdu I.

W bloku ODJAZDY (rys.3) realizowana jest procedura zmiany stanu związana z przybywaniem pojazdów ze zbioru ZKOL do zbioru ZPOL lub ZSIEĆ, czyli procedura odjazdów pojazdów ze skrzyżowań. Dla każdej badanej kolejki NRKOL na podstawie tablicy stanu kolejek KOLEJKA określa się numer pierwszego pojazdu. Na podstawie atrybutu 3 pojazdu I określony zostaje numer relacji NRREL (NRREL=1...LREL), którą zamierza podążać pojazd. Na tej podstawie określony zostaje numer połączenia NRPOL, do którego można wjechać z relacji NRREL (wykorzystując tablicę KOLIZ). Istnieją trzy warianty odjazdu ze skrzyżowania, czyli usunięcia z kolejki NRKOL:

- odjazd przy zielonym świetle,
- "utrudniony odjazd" (np. lewoskręt pojazdu ciężarowego),
- odjazd przy zielonej strzałce.

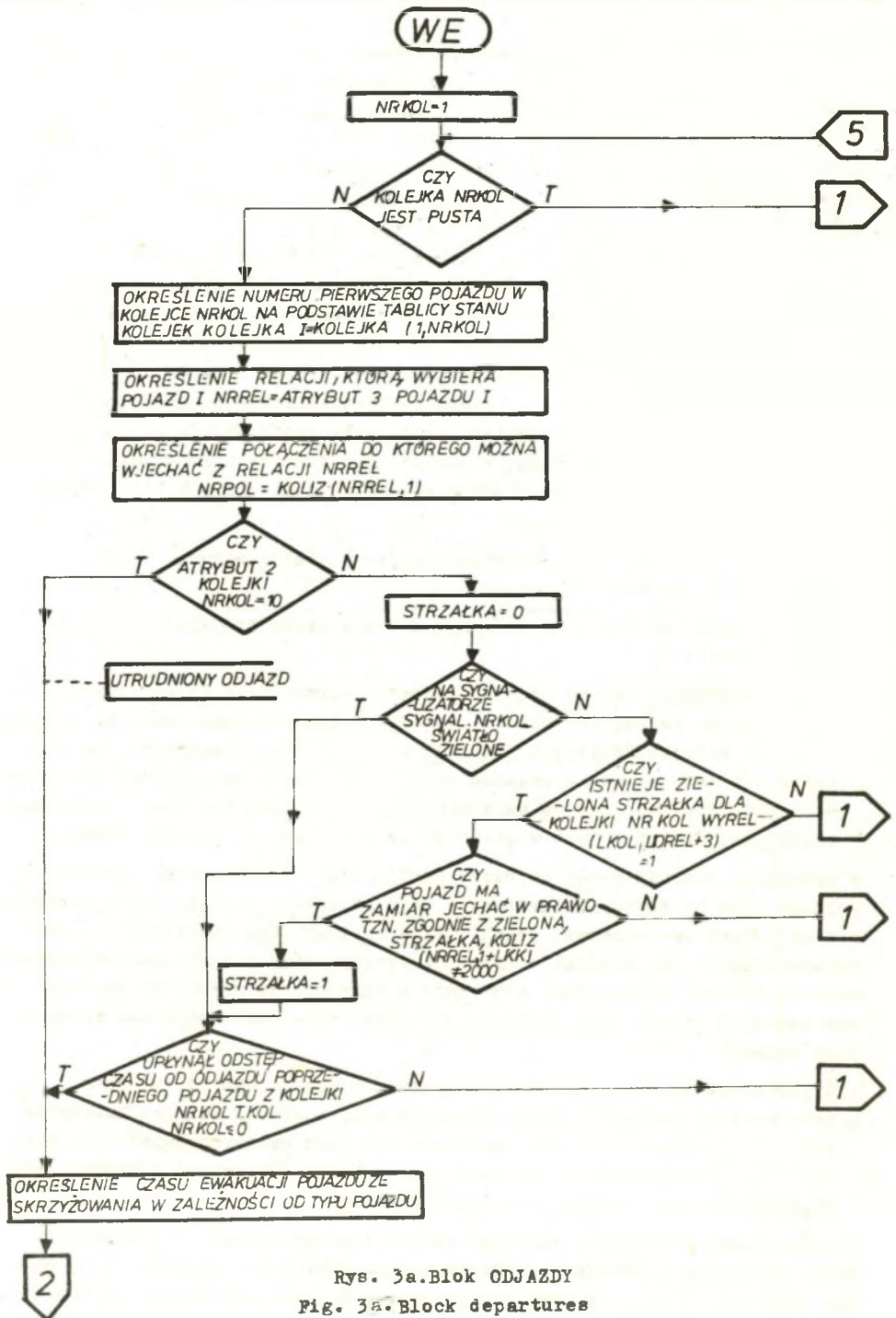
Aby nastąpił odjazd przy zielonym świetle muszą być spełnione następujące warunki:

- upłynął odstęp czasu od odjazdu pojazdu poprzedniego (T.KOL.NRKOL),
- brak kolejki kolizyjnej dla kolejki NRKOL (najczęściej jazda na wprost), a jeżeli kolejka kolizyjna KOLKOLIZ istnieje (np. lewoskręt), to jest pusta lub jest czerwone światło na sygnalizatorze tej kolejki lub pierwszy pojazd w tej kolejce ma zamiar skręcić w lewo lub czas luki kolejki kolizyjnej KOLKOLIZ jest większy od czasu ewakuacji kolejki NRKOL.

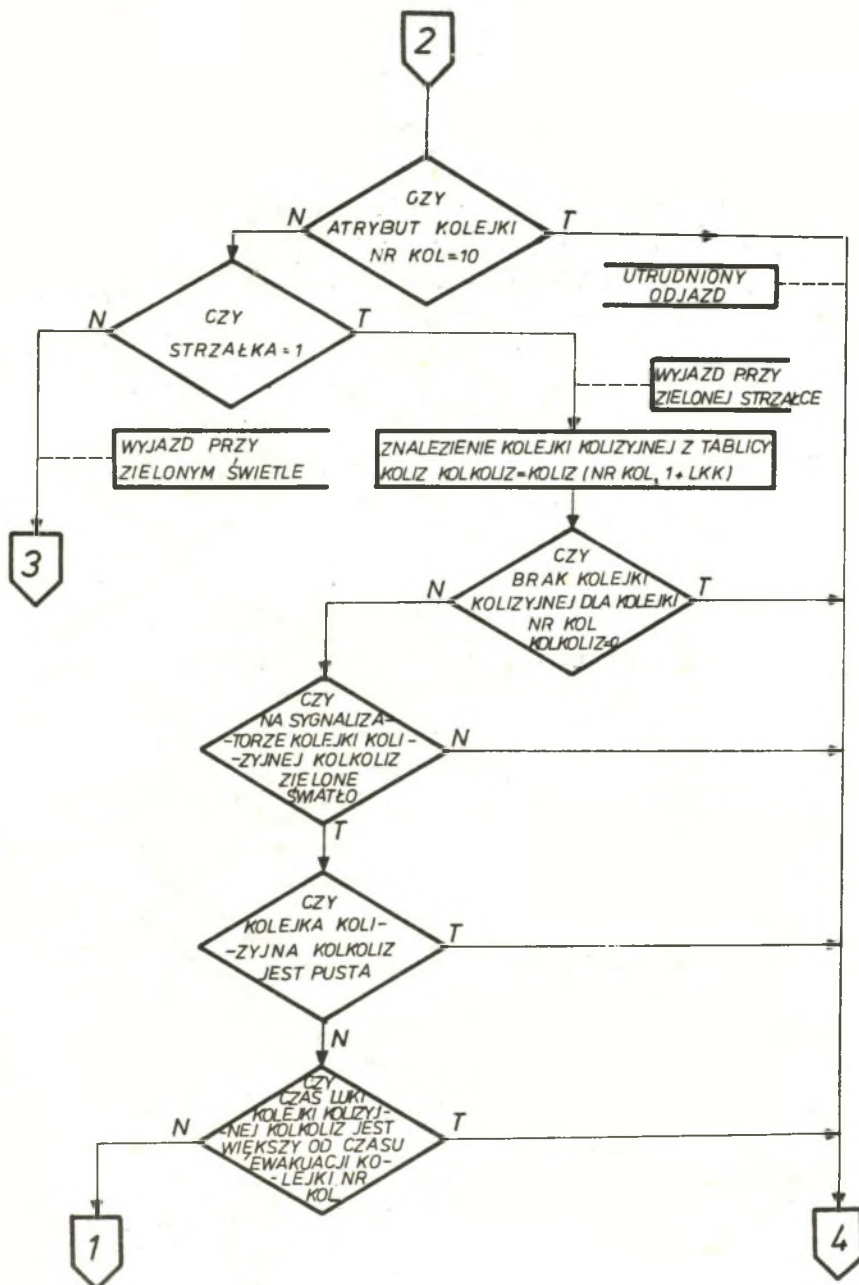
W przypadku "utrudnionego odjazdu" (najczęściej utrudnionego lewoskrętu pojazdu typu 3) następuje usunięcie tego pojazdu z kolejki NRKOL niezależnie od innych uwarunkowań, jeżeli tylko upłynął czas od odjazdu pojazdu poprzedniego z tej kolejki (w sytuacji rzeczywistej pojazd taki najczęściej wymusza wyjazd). Odjazd taki następuje w momencie zmiany cyklu światła. Aby nastąpił odjazd przy zielonej strzałce, muszą być spełnione następujące warunki:

- upłynął odstęp czasu od odjazdu pojazdu poprzedniego (T.KOL.NRKOL),
- brak kolejki kolizyjnej dla kolejki NRKOL, a jeżeli kolejka kolizyjna KOLKOLIZ istnieje, to jest ona pusta lub jest czerwone światło na sygnalizatorze tej kolejki lub czas luki kolejki kolizyjnej KOLKOLIZ jest większy od czasu ewakuacji kolejki NRKOL.

Po spełnieniu wszystkich warunków odjazdu danego pojazdu I z kolejki NRKOL następuje pobranie pojazdu ze zbioru ZKOL i umieszczenie go w zbiorze ZSIEĆ lub w zbiorze ZPOL w zależności od tego, czy pojazd opuszcza

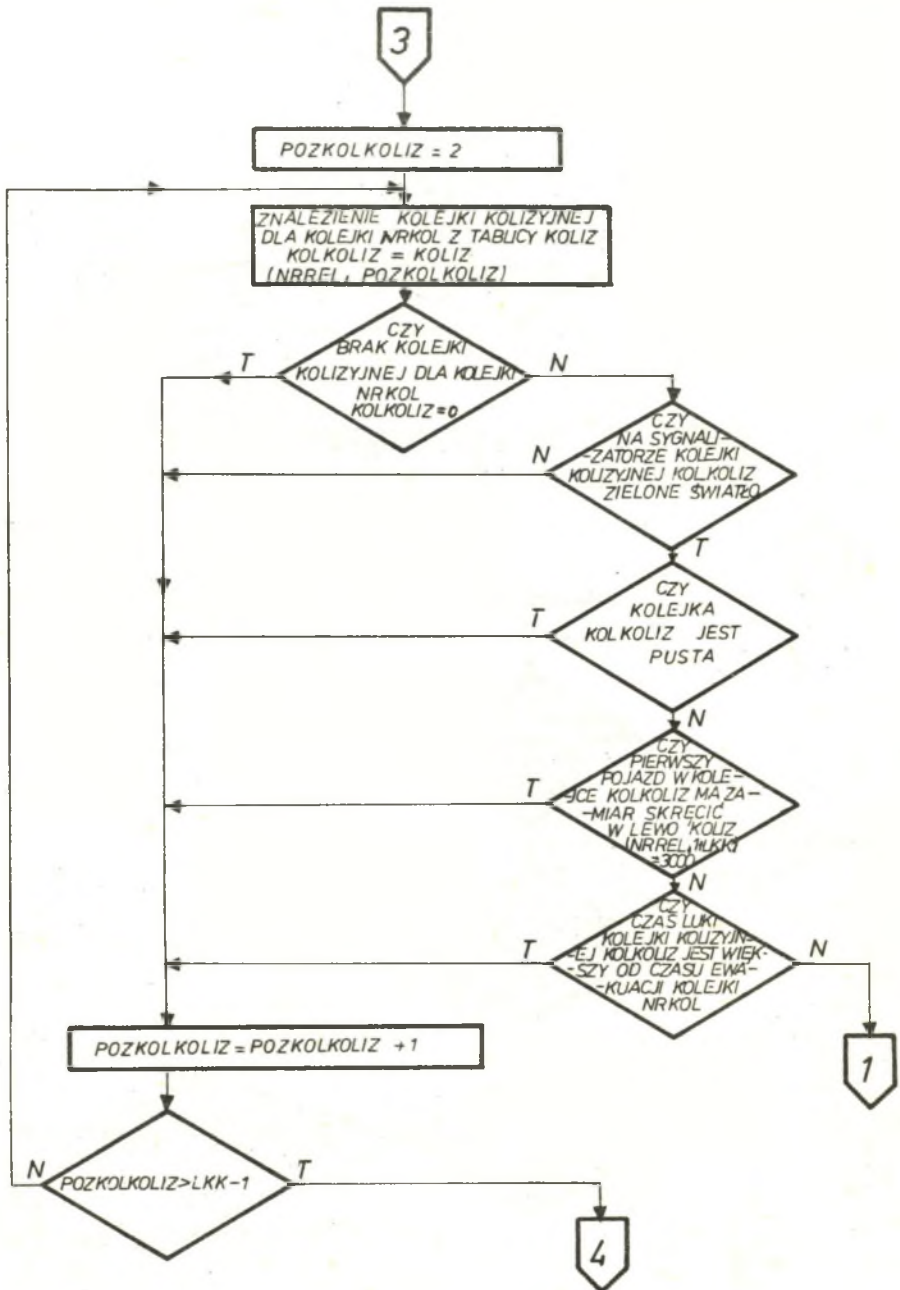


Rys. 3a. Blok ODJAZDY
Fig. 3a. Block departures

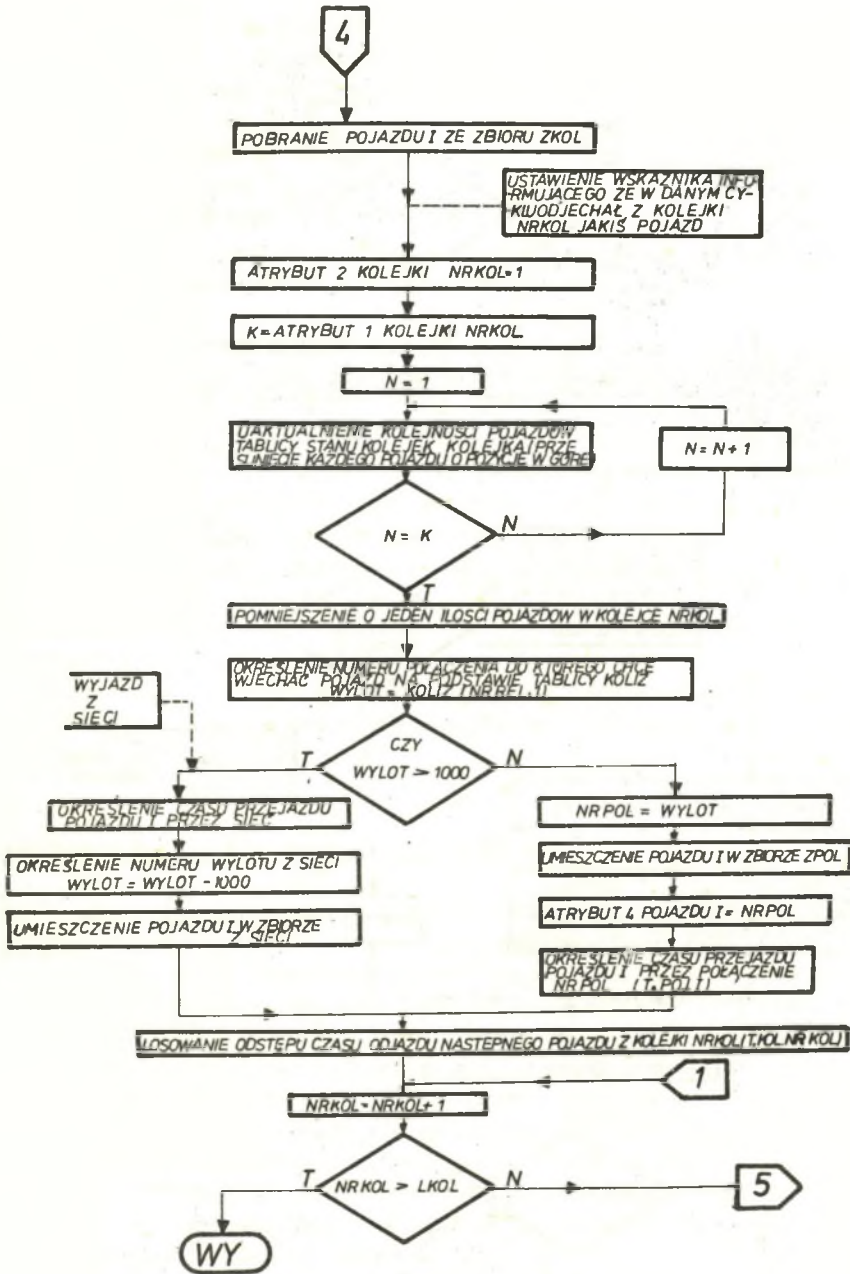


Rys. 3b. Blok ODJAZDY

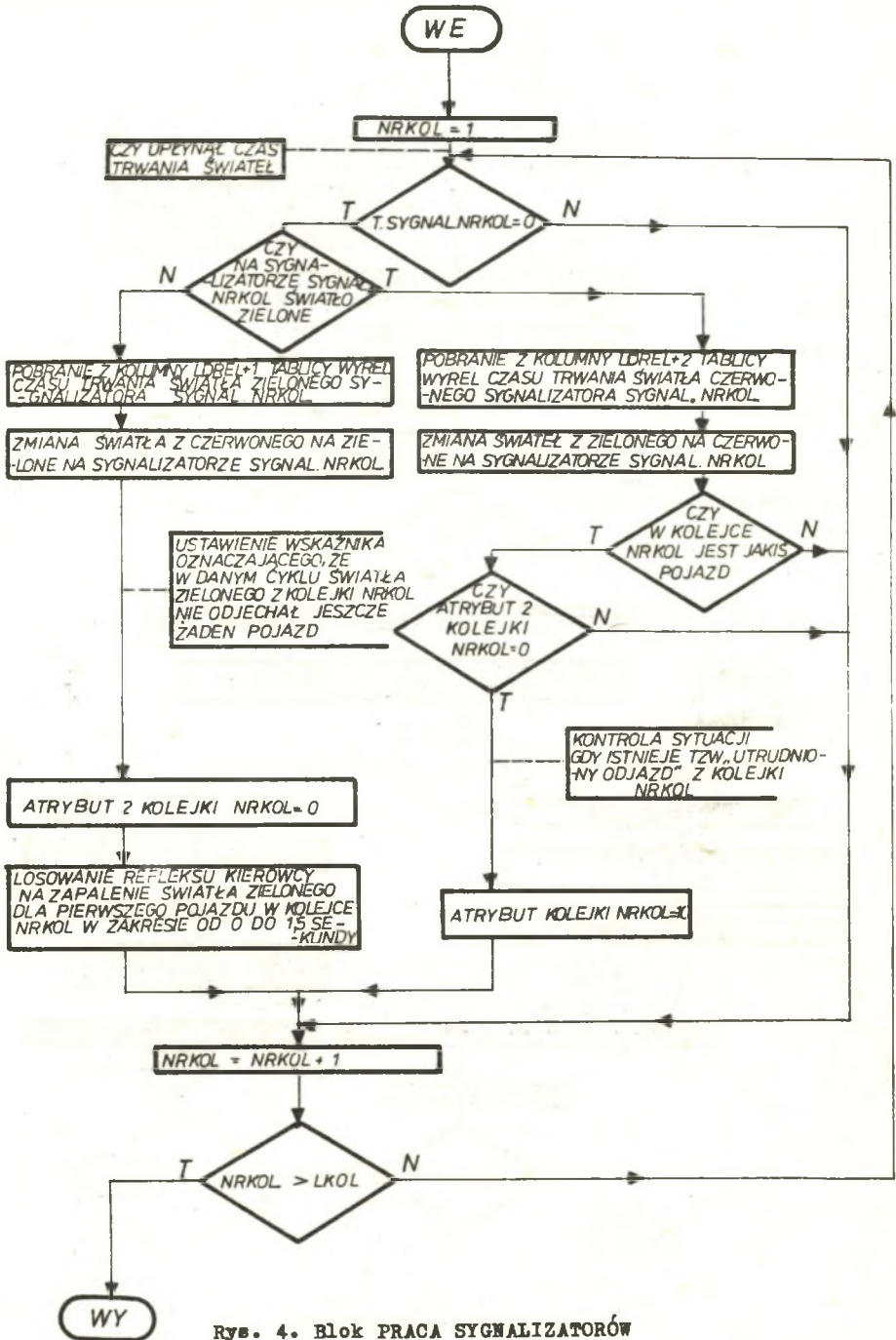
Fig. 3b. Block departures



Rys. 3b. Blok ODJAZDY
Fig. 3.c. Block departures



Rys. 3d. Blok ODJAZDY
Fig. 3d. Block departures



Rys. 4. Blok PRACA SYGNALIZATORÓW

Fig. 4. Block activity of signaling devices

sieć skrzyżowań czy nie. W międzyczasie następuje uaktualnienie tablicy stanu kolejek KOLEJKA, ilości pojazdów w kolejce NRKOL oraz określenie numeru połączenia NRPOL lub numeru wylotu z sieci. Jeżeli pojazd opuszcza sieć, następuje określenie czasu przejazdu pojazdu I przez całą sieć. Jeżeli pojazd umieszczony został w zbiorze ZPOL, następuje określenie czasu przejazdu pojazdu I (T.POJ.I) przez połączenie NRPOL oraz uaktualnienie atrybutu 4 pojazdu I. Po odjeździe pojazdu I z kolejki NRKOL następuje określenie czasu do odjazdu następnego pojazdu z tej kolejki (T.KOL.NRKOL). Informacja o tym, czy pojazd opuszcza sieć, zawarta jest w pierwszej kolumnie tablicy KOLIZ.

W bloku PRACA SYGNALIZATORÓW (rys.4) realizowana jest procedura zmiany stanu świateł na sygnalizatorach. Zmiana stanu świateł (z czerwonego na zielone lub odwrotnie) następuje wtedy, gdy upłynął czas trwania fazy aktualnego światła (T.SYGNAL.NRKOL). Efektywne czasy trwania świateł dla kolejki NRKOL pobierane są z tablicy WYREL. Dla potrzeb bloku ODJAZDY w bloku PRACA SYGNALIZATORÓW wstępnie ustawiany jest atrybut 2 rozpatrywanej kolejki NRKOL. Jeżeli następuje zmiana świateł z czerwonego na zielone, losowany jest czas refleksu kierowcy pierwszego pojazdu w kolejce NRKOL na zapalenie światła zielonego.

Część końcowa programu w zależności od potrzeb przeznaczona jest do analizy wyników, wydruku histogramów itp.

Wszystkie bloki programu symulacyjnego współpracują ze standardową procedurą upływu czasu, która wybiera najbliższe zdarzenie, które zajdzie w systemie.

4. Realizacja modelu dla minikomputera MERA 400

Model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną zrealizowany został w języku CSL/wersja 16 na minikomputerze MERA 400 w systemie CROOK-4 [1]. Użyty translator języka CSL zbliżony jest do standardu CSL dla maszyn cyfrowych ICL serii 1900 [4]. Zorientowany problemowo język programowania CSL przystosowany jest do modelowania układów zdarzeń dyskretnych, co ułatwia proces oprogramowania modelu poprzez dostarczenie zbioru pojęć zwalniających użytkownika od zbyt szczegółowego programowania i umożliwia skoncentrowanie się na zasadniczych problemach.

W chwili obecnej konkretne potrzeby obliczeniowe spowodowały, że w aktualnej wersji programu symulacyjnego zmienne opisywane wcześniej przyjmują następujące wartości: LPOJ=500, LSYG=100, LKOL=200, LPOL=100, LPZ=100, LDKNPZ=5, LDKNPW=5, LDREL=4, LREL=400, LKK=4, MLPOJ=30. Dla tak zwymiarowanych zbiorów i tablic program symulacyjny zajmuje około 47 K słów pamięci operacyjnej, z czego na treść programu przypada około 20 K słów.

Stosunek czasu symulacyjnego do rzeczywistego jest funkcją kilku czynników, m.in. topologii sieci, przyjętego kwantu czasu, częstości występowania

nia zdarzeń w sieci itd. Przykładowo dla wariantu sieci składającej się z 18 kolejek stosunek czasu symulacyjnego do rzeczywistego wynosi 1/4, natomiast dla sieci zbliżającej się do 100 kolejek stosunek ten dąży do proporcji 1/1.

Wielodostępny system operacyjny CROOK-4 minikomputera MERA-400 umożliwia jednoczesną realizację kilkunastu przebiegów procesu symulacyjnego dla różnych wariantów sieci. Jedynym ograniczeniem jest wielkość aktualnie dostępnej pamięci operacyjnej (każdy z modułów symulacyjnych sieci skrzyżowań może w chwili obecnej zająć maksymalnie 64 K słów pamięci operacyjnej).

Łączny czas kompilacji programu nie przekracza 3 minut, co jest istotne przy ewentualnym nanoszeniu zmian w programie.

5. Uwagi końcowe

Zrealizowany na minikomputerze MERA-400 model ruchu pojazdów w sieci skrzyżowań z sygnalizacją świetlną posiada wszystkie cechy symulatora, czyli narzędzia do badania problemów ruchu w dowolnej sieci ulic. W celu przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego dla dowolnej sieci wystarczy zmienić dane, czyli elementy tablic stopologicznych oraz dane pomocnicze obejmujące rozkłady czasów między poszczególnymi zdarzeniami.

Zrealizowany model można wykorzystywać do obliczania dowolnie zdefiniowanych wskaźników jakości ruchu. Przewiduje się jego rozbudowę w kierunku dokładniejszego opisu ruchu na połączeniu między skrzyżowaniami, uwzględnienie maksymalnie dużej ilości możliwych zakłóceń ruchu oraz możliwości podjęcia współpracy z symulatorem układu sterowania ruchem drogowym.

Istnieje możliwość przeprogramowania modelu na dowolny minikomputer posiadający minimum 64 K słów pamięci operacyjnej.

LITERATURA

- [1] Gocałek J., Klauziński J.: Translator języka CSL-CROOK dla minikomputera MERA-400 w systemie operacyjnym CROOK-4. Instrukcja programisty. Poznań 1984.
- [2] Hoffmann G.: Möglichkeiten der Kraftstoffeinsparung bei der Lichtsignalsteuerung, Strasse und Autobahn, vol. 33, h.7, Juni 1982.
- [3] Kaczmarek M.: Sieć ulic - ze zbioru "Symulacja ruchu potoku pojazdów", WKiŁ, Warszawa 1980.
- [4] Kondratowicz L.: Modelowanie symulacyjne systemów. WNT, Warszawa 1978.
- [5] Koren C.: Traffic signal planning to reduce fuel consumption, Materiały III Konferencji Nauka-Transport-Praktyka, Warszawa 1981.

- [6] Krystek R.: Syntetyczny wskaźnik jakości ruchu ulicznego jako kryterium sterowania, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej, nr 298, 1980.
- [7] Wojciechowski B. i in.: Zmniejszenie energochłonności transportu poprzez optymalne sterowanie ruchem pojazdów, Praca n-b Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej (niepublikowana), Katowice 1985.

Recenzent: Doc. dr Jan Wiesner

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В СЕТИ ПЕРЕКРЕСТКОВ СО СВЕТОВОЙ СИГНАЛИЗАЦИЕЙ

Р е з ю м е

В статье представлена модель пуска поездов в сети перекрестков со световой сигнализацией. Модель эта была реализована на миникомпьютере МЕРА-400 в операционной системе КРУК-4. Модель опrogramмирована на языке моделирования дискретных событий, ЦСЛ.

В модели принято, что сеть перекрестков со световой сигнализацией является некоей системой массового обслуживания передвигающихся в ней поездов. Поезда передвигающиеся в сети являются потоком заявок а входы в сеть и на перекрестках - это отдельные места обслуживания. Модель состоит из следующего класса объектов: поезда, сигнализаторы, очереди, соединения, вход из вне. Каждый объект, находящийся в модели характеризуется своими атрибутами, которые актуализируются в процессе симуляции.

Представленная в статье модель имеет все свойства симулятора, т.е. способна для исследования проблем движения в любой сети перекрестков. Для проведения симуляционного эксперимента в любой сети необходимо ввести новые топологияческие и мобильные данные.

COMPUTER MODEL OF VEHICLES MOVEMENT IN THE CROSS NETWORK WITH LIGHT SIGNALING

S u m m a r y

A model of vehicles movement in the cross - roads network with light signaling is considered. This model has been realised in the MERA-400 minicomputer with the operation system CROOK-4. The model has been programmed in the discrete events modeling language CSL. The cross-roads network with light signaling is treated as a queuing system of the moving vehicles. In the model following classes of plants are distinguished: vehicles, signaling devices, queues, connections, external comings. Every plant in the model has been described by its attributes which may actuated during the simulation process. The model has got all the features of a simulator i.e. a mean to investigate a problem of movement in the arbitra-

cross-roads network. To make a simulation experiment for an arbitrary network it suffices to introduce a new topological and movement data.