

Jan PIECHA, Jolanta GOŁOSZ, Rafał WĄSIK

STEROWANIE TRANSPORTEM Z WYKORZYSTANIEM TELEMATYCZNYCH SYSTEMÓW REJESTRACJI I EKSPOZYCJI DANYCH

Streszczenie. Praca przedstawia wyniki badań statutowych realizowanych w Zakładzie Informatyki Transportu Wydziału Transportu Politechniki Śląskiej w roku 2002. Na poziomie najniższym systemu sterowania ruchem drogowym zaimplementowano neuronowy klasyfikator miar jakości ruchu, którego zasadniczą cechą jest szybka ocena wektora stanu pasa jezdni. Wprowadzone pojęcie znacznika stanu pasa ruchu jest syntetycznym wskaźnikiem podstawowych parametrów, jak: natężenie ruchu, prędkość pojazdów oraz zadany poziom priorytetu dla pojazdów komunikacji miejskiej. Zestaw markerów umożliwia dokonanie wyboru najlepszego programu sygnalizacji świetlnej. Poziom wyższy systemu sterowania dla wysoko zurbanizowanych aglomeracji miejskich realizują centra dyspozytorskie. W niniejszym opracowaniu przedstawiono wybrane elementy modułu oprogramowania systemu ingerencji w liczbę zezwoleń na wjazd w strefy ograniczonego ruchu [1] za pomocą systemu transparentów, gdzie ruch pasażerski przejmują środki transportu miejskiego [2].

TRANSPORT CONTROLLING WITH TELEMATIC SYSTEMS OF DATA REGISTRATION AND EXPOSITION

Summary. In a lowest level of a road transport traffic control the neural classifier of quality measures has been implemented. Its characteristic feature is a very fast response on a current status vector of the traffic track. The defined pointer of traffic track status plays a role of a complex pointer representing several traffic factors, as intensity, speed, and priorities of in-city traffic.

1. WSTĘP

Zapewnienie warunków płynnego ruchu pojazdów to główne zadanie systemów sterowania ruchem drogowym. Istniejąca infrastruktura dróg połączona z brakiem efektywnych systemów sterowania sprawiają, że przejazd przez strefy śródmiejskie staje się bardzo uciążliwy i powodujący duże straty czasu podróży. Technologiczne optymalizacji programów sterowania ruchem pozwalają złagodzić skutki przeciążeń sieci transportowych. Zaproponowany w pracy neuronowy klasyfikator ruchu drogowego wykorzystano do oceny jakości procedur sterowania. Jednym ze sposobów wyznaczania harmonogramów sterowania ruchem drogowym jest algorytm statyczno-geometryczny. Długości czasów trwania sygnałów zielonych w poszczególnych fazach są dobierane na podstawie obliczeń wykonywanych dla pewnych stałych warunków geometrycznych skrzyżowania. Zaliczamy do nich: liczbę wlotów skrzyżowania, liczbę pasów ruchu na poszczególnych wlotach, położenie pasów ruchu, promienie skreću itp. Drugim składnikiem uwzględnianym w obliczeniach tej metody są pomiary natężenia ruchu pojazdów na poszczególnych wlotach (pasach) ruchu [3,4]. Taka metoda obliczeń została

zaimplementowana w pakiecie oprogramowania „OPTYMAL”, opracowanym w Zakładzie Informatyki Transportu Politechniki Śląskiej [3,4].

Wadą modeli statycznie-geometrycznych jest słaba wrażliwość układu ze względu na sztywne programy sterowania. Niezmienna geometria skrzyżowania oznacza niemożliwość modyfikacji strumieni ruchu zakłóconych zdarzeniami drogowymi. Występuje w nich również problem dużej złożoności obliczeniowej procedur optymalizacji [3].

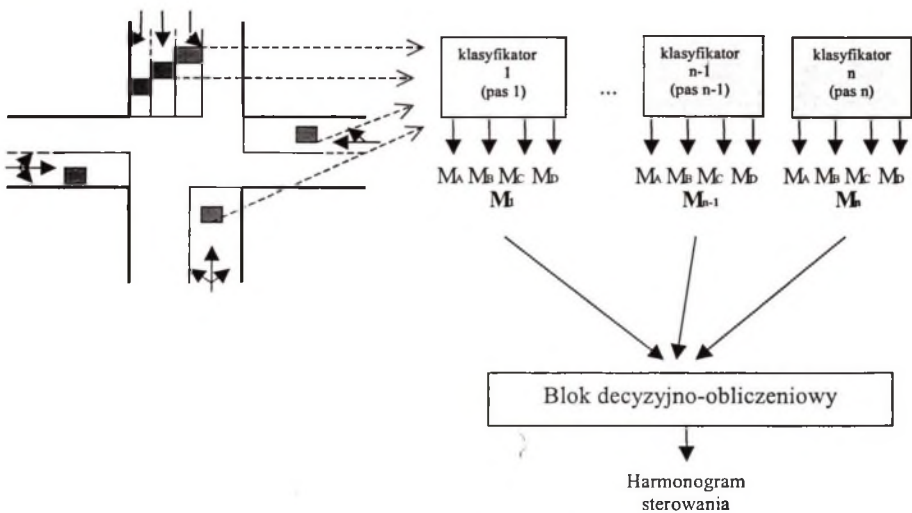
2. NEURONOWY KLASYFIKATOR JAKOŚCI STEROWANIA

Program sterowania sygnalizatorami wyznaczany na podstawie obliczeń optymalizacyjnych zwykle w przybliżeniu odzwierciedla zadane kryteria optymalizacyjne. Podejmowane decyzje mają charakter rozmyty, wykorzystując jeden z przygotowanych wcześniej programów sygnalizacji, najbliższy wyliczonemu.

Ograniczona liczba harmonogramów sterowania pozwala przybliżyć rozwiązanie dla aktualnego stanu sieci do najbliższego wzorca zakodowanego w strukturze odpowiednio wytrenowanej sieci neuronowej [5].

Na podstawie badań autorów wielu pracy istotny wpływ na dokładność procedur sterowań ma prawidłowo dobrana struktura sieci neuronowej oraz nadzorowany proces jej uczenia [6].

Zastosowanie neuronowego klasyfikatora jakości sterowania ruchem pozwala na parametryzowanie ruchu na każdym z pasów ruchu. Na rys. 1 przedstawiono schemat rozmieszczenia neuronowych klasyfikatorów jakości procedur sterowania ruchem w obrębie pojedynczego skrzyżowania. Każdemu z pasów ruchu jest przyporządkowany osobny element decyzyjny generujący odpowiednie *markery* M_x (znaczniki) *ruchu* drogowego.



Rys. 1. Klasyfikatory systemu oceny jakości ruchu drogowego
Fig. 1. Classification of road traffic quality

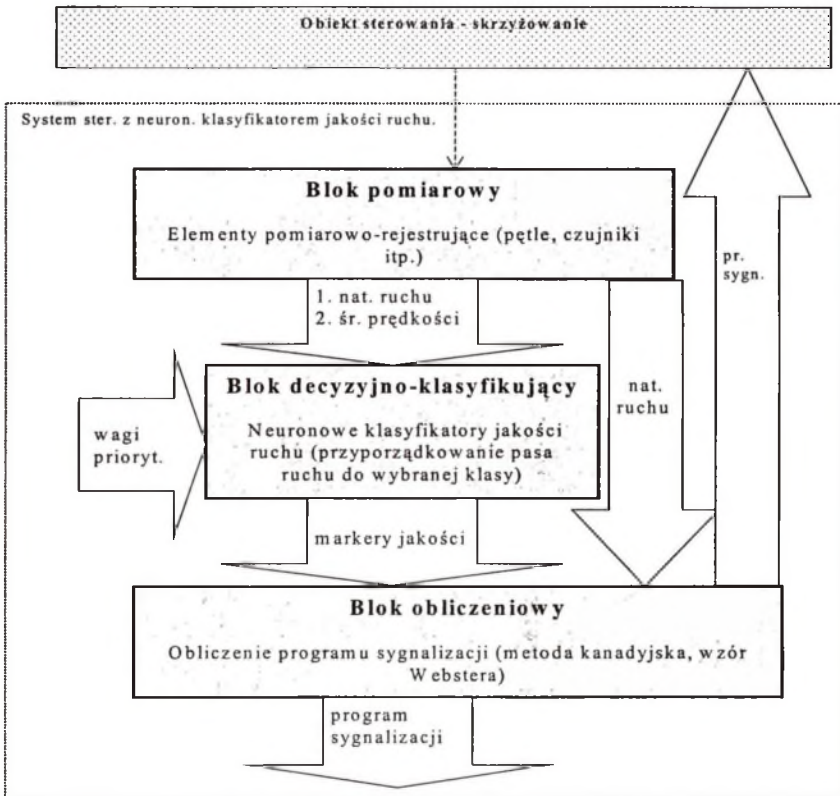
Na podstawie zestawu markerów dla wszystkich pasów ruchu oraz dodatkowo zmierzonych natężeń ruchu wyliczane są optymalne długości: czasu trwania cyklu sygnalizacji świetlnej oraz czasów trwania sygnałów zielonych poszczególnych faz sterowania.

Na rys. 2 przedstawiono sieć działań dla systemu sterowania wykorzystującego neuronowe klasyfikatory jakości ruchu na skrzyżowaniu. Każdemu z pasów ruchu jest przyporządko-

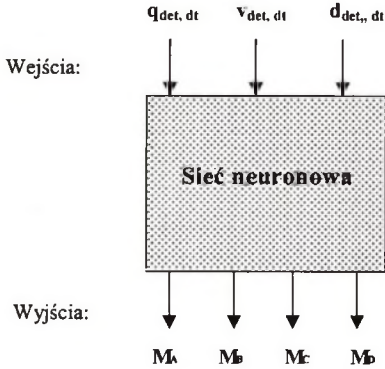
wany osobny element decyzyjny generujący odpowiednie *znaczniki* M_{xi} , które wykorzystuje moduł systemu generującego harmonogramy sterowania ruchem.

Opis pojedynczego elementu decyzyjnego przedstawiono na rys. 3. Neuronowy klasyfikator jakości sterowań jest odpowiednio wytrenowaną siecią neuronową [5,6,7] z odwzorowaną w swej strukturze mapą decyzyjną zapamiętaną. Odpowiedzi sieci mogą przyjmować cztery wartości: M_A , M_B , M_C , M_D , analogicznie do kryteriów wyznaczania poziomów swobody ruchu PSR w metodzie HCM [8,10,11].

Jakość ruchu można oceniać za pomocą jednego, syntetycznego wskaźnika, uzyskanego z obliczeń metodą HCM, TRRL lub inną. Uwzględniają one zarówno warunki geometryczne, jak i stanu ruchu pojazdów (na skrzyżowaniu).



Rys.2. Zależności w systemie sterowania z neuronowymi klasyfikatorami jakości ruchu
Fig.2. The control management system flowchart



Rys.3. Oznaczenia pojedynczego klasyfikatora jakości
Fig.3. Single quality classifier

Wprowadzono cztery podstawowe znaczniki (markery) ruchu:

M_A – opisujący ruch swobodny pojazdów (bez zakłóceń),

M_B – ruch płynny z niewielkimi zakłóceniami,

M_C – stan znacznego utrudnienia w ruchu (duże obciążenie pasa ruchu),

M_D – stan z bardzo dużymi zakłóceniami ruchu (przeciążenia pasa ruchu spowodowane zdarzeniami drogowymi lub dużymi natężeniami ruchu pojazdów).

Można założyć, że geometria skrzyżowania jest składową stałą obliczeń, natomiast zmiany jakości sterowania ruchem zależne są od części „zmiennej”, tzn. natężeń ruchu oraz zdarzeń drogowych. W modelu systemu sterowania należy ponadto uwzględnić uprzywilejowania wybranych pojazdów czy kierunków jazdy.

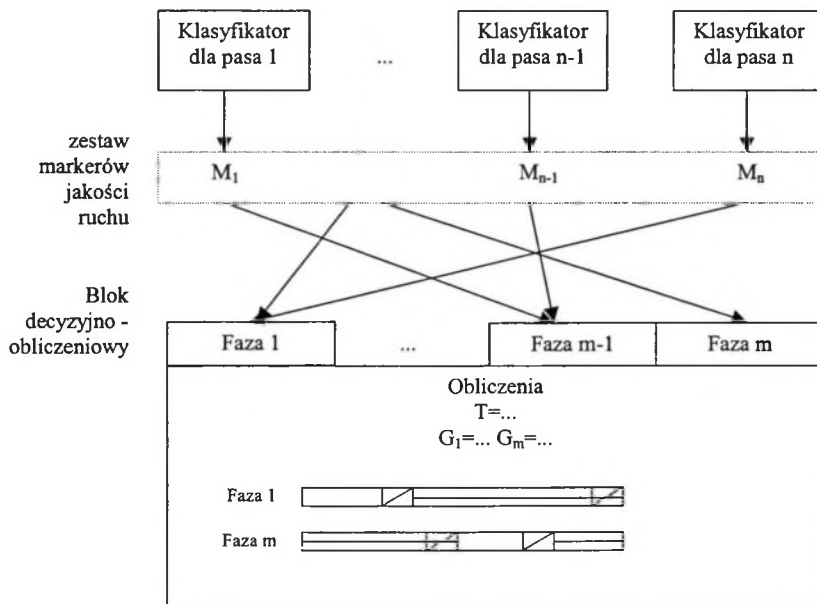
3. BLOK DECYZYJNY SYSTEMU SYGNALIZACJI

Markery stanu sieci transportowej wyznaczają neuronowe klasyfikatory ruchu będące elementami wejściowymi bloku decyzyjnego. Wielkościami wejściowymi klasyfikatora są: natężenie na pasie ruchu, średnie prędkości pojazdów na pasie ruchu, priorytet światła zielonego dla pojazdów uprzywilejowanych.

Zakłócenia ruchu mogą być żądaniem przejazdu pojazdów uprzywilejowanych, jak pojazdów komunikacji miejskiej, z wagą zależną od różnych czynników. Na poziom priorytetu wpływają także nieprzewidywalne zdarzenia drogowe (kolizja, wypadek, nieprawidłowe parkowanie, pojazdy, które nie zdążyły zjechać ze skrzyżowania – skęć w lewo).

Klasyfikatory ruchu drogowego generują odpowiednie zestawy danych dla bloku decyzyjnego systemu, który wylicza program sterowania sygnalizatorami (rys. 4).

Blok decyzyjny przyporządkowuje markery pasów ruchu odpowiednim fazom sterowania. Na ich podstawie wyznaczane są przydziały czasu światła zielonego. Status bloku decyzyjnego zostaje przekazany do systemu centralnej rejestracji danych w centrum dyspozytorskim.



Rys.4. Schemat działania systemu decyzyjnego sygnalizacji świetlnej
 Fig.4. The traffic light management control system

4. SYSTEM DYSPOZYCJI STRUMIENI POJAZDÓW

Jednym z najtrudniejszych zadań systemu sterowania ruchem drogowym są procedury akomodacji sterowania umożliwiające elastyczne ich dopasowanie do bieżącego natężenia ruchu. Gdy liczba pojazdów wzrasta ponad dopuszczalny limit, procedury optymalizacji parametrów sterowania przestają działać. Miejskie centra dyspozytorskie mogą kierować pewnymi preferencjami w sytuacjach krytycznej ingerencji w stan sieci transportowej [15].

Jedynym sposobem udroźnienia ruchu pojazdów w niesterowalnej strefie śródmiejskiej są metody ograniczeń liczby pojazdów na krytycznych kierunkach jazdy. System monitoringu i transparentów współpracuje z procedurami zarządzania dyspozytora ruchu śródmiejskiego [12,13]. Wyznaczone strefy parkowania przejmują nadmiar strumienia pojazdów, skąd dalszą podróż pasażer odbywa za pośrednictwem środków transportu zbiorowego. Niniejsza praca przedstawia elementy projektu realizowanego w Zakładzie Informatyki Transportu.

Opracowany program umożliwia wprowadzanie komunikatów informacyjnych poprzez tablice i znaki zmiennej treści przeznaczone dla uczestników ruchu w komunikacji zbiorowej [14].

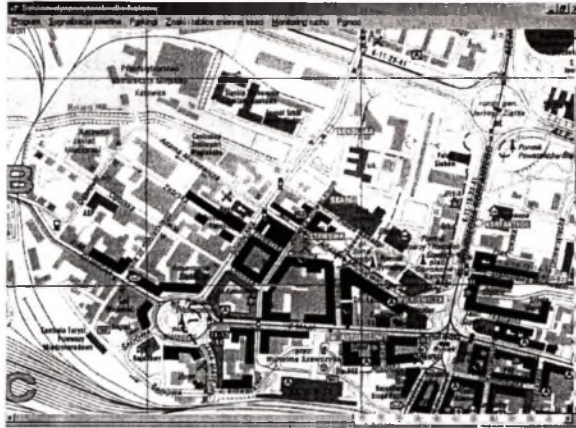
Prezentowane są:

- skrzyżowania z sygnalizacją świetlną,
- ciągi skoordynowanych skrzyżowań,
- rozmieszczenia parkingów wydzielonych oraz parkomaty,
- rozmieszczenia kamer monitorujących ruchu drogowy.

Pulpit operatora stanowi mapa centrum miasta pokazano na rys. 5.

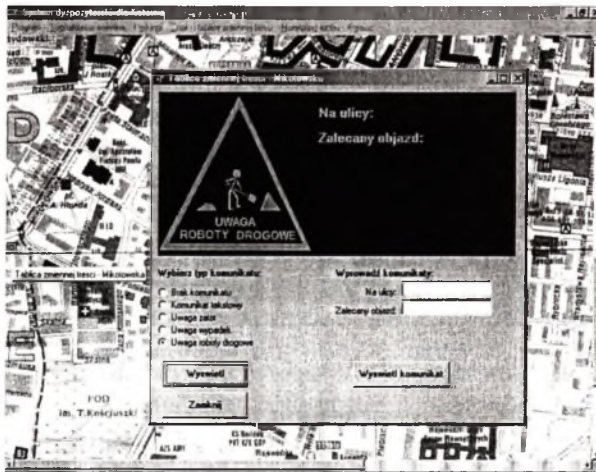
Zadaniem systemu jest podawanie komunikatów na transparentach systemu zarządzania strumieniami ruchu na tablicach i za pomocą znaków zmiennej treści. Jak w każdym z syste-

mów dyspozytorskich, zadaniem nadrzędnym jest ingerencja koordynatora ruchu drogowego w procedury rozwiązywania stanów krytycznych, spowodowanych przypadkami awaryjnymi w obrębie śródmieścia miasta.



Rys.5 Pulpit operatora systemu dyspozytorskiego
Fig.5. The management system example console

Z paska zadań następuje wybranie opcji, która na mapie okna głównego pokazuje miejsca zainstalowania transparentów, rodzaj transparentu (symbol), nazwę ulicy, do której jest przypisany. W oknie dialogowym (rys. 6) wybrana zostaje opcja systemu dyspozycji.



Rys.6. Przykład okna dialogowego
Fig.6. Dialog window example

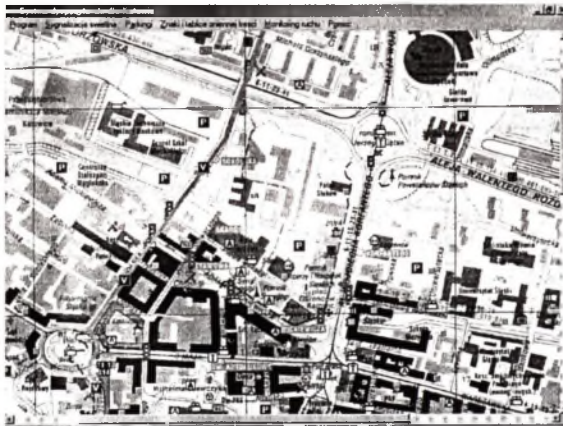
Wprowadzenie treści komunikatu tekstowego polega na wypełnieniu odpowiednim tekstem ramki komentarza. W polu symulacji zaprezentowana zostaje treść komunikatu, który chcemy przekazać do tablicy synoptycznej. Na rys 7 pokazano przykład tablicy informacyjnej o wolnych miejscach parkingowych.



Rys.7. Okno główne wraz z tablicą informacyjną parkingową
Fig.7. Main dialog window

Wybór pozostałych poleceń umożliwiając znaczniki na mapie okna głównego. Są tam zlokalizowane: sygnalizatory świetlne ciągów skoordynowanych, parkingi i parkomaty oraz kamery monitoringu wizyjnego. Na rys. 8 przedstawiono okno główne programu ilustrujące element poleceń systemu dyspozytorskiego.

Zamknięcie programu umożliwia wybór opcji *Zamknij* w poleceniu *Program*. Dzięki takiemu modelowemu systemowi dyspozytor ma możliwość zastosowania optymalnych rozwiązań w zależności od zaistniałej sytuacji na danym odcinku ciągu komunikacyjnego.



Rys. 8. Elementy poleceń systemu dyspozytorskiego
Fig.8. Component commands of management system

5. PODSUMOWANIE

Opisane elementy oprogramowania są częścią składową komputerowego systemu zarządzania strumieniami ruchu drogowego dla centrum Katowic. Przewiduje się dalszy rozwój oprogramowania z wykorzystaniem systemu informacji przestrzennej oraz teorii automatów

komórkowych. Projektowany komputerowy system zarządzania można z powodzeniem wykorzystać do projektowania telematycznych systemów nawigacji.

Literatura

1. OSOWSKI S.: Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
2. LEŚKO M., GUZIK J.: Sterowanie ruchem drogowym. Sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
3. PIECHA J., DOROZ R., WIDUCH S., WĄSIK R.: System „Optymal” dla symulacji procedur sterowania sygnalizacją świetlną pojedynczego skrzyżowania ulic, Informatyka, nr 10, 2000.
4. DOROZ R., WIDUCH S., WĄSIK R.: Wskaźniki jakości dla sterowania sygnalizacją świetlną w systemie „Optymal”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z.41, Gliwice 2000.
5. WĄSIK R.: Zastosowanie technik sieci neuronowych w systemie sterowania sygnalizacją świetlną, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Transport, z.41, Gliwice 2000.
6. TADEUSIEWICZ R.: Elementarne wprowadzenie do techniki sieci neuronowych z przykładowymi programami, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1998.
7. KORBICZ J., OBUCHOWICZ A., UCIŃSKI D.: Sztuczne sieci neuronowe. Podstawy i zastosowania, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1994.
8. DATKA S., SUCHORZEWSKI W., TRACZ M.: Inżynieria ruchu, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1999.
9. TRACZ M., ALLSOP R.E.: Skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
10. Highway Capacity Manual: Highway Research Board Special Report 209, Washington D.C. 1985.
11. Highway Capacity Manual: Transportation Research Board Special Report 209, Washington D.C. 1994.
12. BUSCH, KRUSE: Motion - ein neues Verfahren fuer die staedtlische Lichtsignalsteuerung und seine Erprobung im Rahmen des EG-Programms ATT, HEUREKA'93, Karlsruhe 1993.
13. CEC DRIVE: Research and Technology Development in Advanced Road Transport Telematics in 1992, Brussels 1992.
14. PIECHA J.: The dispatch system and out-cities parking zones for a car-traffic management, Proc of Int. Conference GIS, HIZ – Zagreb, Croatia 2000.
15. PIECHA J. WĄSIK R.: A vehicle traffic management system, Proc. of Int. Conf. “Transport Systems Telematics, TST'01”, Ustroń 2001.

Recenzent: Prof. dr hab. Ryszard Szopa

Abstract

This work shows results of a status research program of Department of Transport Informatics at Faculty of Transport, Technical University of Silesia made in year 2002. In a lowest level of a road transport traffic control the neural classifier of quality measures has been implemented. Its characteristic feature is a very fast response on a current status vector of the traffic track. The defined pointer of traffic track status plays a role of a complex pointer representing several traffic factors, as intensity, speed, and priorities of in-city traffic. The defined set of markers is used for the best control procedure selection. A higher level of control concerns urban transport management selection of its components. The increase of a car traffic in town cities drastically reduces controlling range of a crossroad lights. The dispatch system chooses some preferences for the car-track that is paid by the other traffic direction. The dispatch system allows reducing the number of cars eligible to enter the city [1]. The presented monitoring system allows closing an entrance into a specified area of the town recommending to leave the car in a parking area [2] and to reach the city by any public transportation means.