

INTELIGENTNE SYSTEMY STEROWANIA RUCHEM DROGOWYM W MIASTACH

W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące sygnalizacji świetlnej i inteligentnych systemów sterowania ruchem ulicznym. Zaprezentowano analizę przeprowadzonych badań odnośnie poziomu wiedzy i zachowań uczestników inteligentnego systemu sterowania ruchem, które mają bezpośrednio wpływ na sprawność funkcjonowania ITS.

WSTĘP

W Polsce sterowanie ruchem drogowym jest ciągle niezadowalające w odniesieniu do liczby poruszających się na terytorium kraju pojazdów. Dodatkowo, obarczeni jesteśmy ruchem tranzytowym, co potęguje problem kongestii na głównych arteriach miejskich. Spowodowane jest to brakiem obwodnic, przesuwających tranzyt poza obręb miast.

Niezbędna jest więc implementacja inteligentnych systemów sterowania ruchem drogowym, które znacznie usprawniają procesy i przepływy transportowe występujące w logistyce miejskiej. Systemy te są nowoczesną i ciągle rozwijającą się koncepcją rozwiązywania problemów związanych z trudnościami ruchu drogowego w miastach.

1. ZADANIA SYGNALIZACJI ŚWIETLNEJ W STEROWANIU RUCHEM DROGOWYM

Sygnalizację świetlną stosuje się w celu segregacji w czasie kolidujących ze sobą potoków pojazdów oraz ruchu pieszego. Jej podstawowym zadaniem jest kierowanie ruchem pojazdów i pieszych przez przekazywanie użytkownikom odpowiednich sygnałów. Informują one o prawie lub zakazie przejazdu lub przejścia oraz ostrzegają przed niebezpieczeństwem kolizji [4].

W celu regulacji ruchu po raz pierwszy zastosowano sygnalizację świetlną w 1868 r. w Londynie. W Stanach Zjednoczonych natomiast w 1914 r. w Cleveland zainstalowano pierwszą sygnalizację elektryczną, a w 1918 r. w Nowym Jorku – sygnały trójkolorowe. Dalszy rozwój sygnalizacji i towarzyszący mu postęp techniczny następował bardzo szybko. Stosowane dziś powszechnie urządzenia automatyczne sterują ruchem dzięki nowym generacjom sygnalizatorów, detektorów, sterowników mikroprocesorowych i mikrokomputerów [4].

Do podstawowych zalet sygnalizacji świetlnej zaliczyć można [4]:

- podporządkowanie ruchu i ułatwienie jazdy kierowcom poprzez zwiększenie przepustowości wlotów w wyniku grupowania pojazdów,
- wysoką efektywność ekonomiczną wynikającą ze stosunkowo niskich kosztów instalacji i eksploatacji,
- zmniejszenie liczby wypadków (szczególnie czołowych i czołowo bocznych zderzeń pojazdów oraz wypadków z pieszymi dzięki redukcji liczby punktów kolizji),
- zmniejszenie strat czasu pojazdów wjeżdżających z wlotów podporządkowanych,
- umożliwienie przejazdu pojazdom i przejścia pieszym z podporządkowanych kierunków poprzecznych.

W sterowaniu ruchem ulicznym znaczącą rolę pełnią systemy detekcji, które stosuje się do wykrywania obecności pojazdów. Pojazdy segreguje się z uwagi na ich wymiary (wysokość, szerokość i długość), prędkość oraz zajmowanie pasa ruchu drogowego lub ulicznego [3].

Do typowych zastosowań detektorów ruchu zalicza się [2]:

- optymalizację sterowania sygnalizacją świetlną na skrzyżowaniach i przejściach dla pieszych,
- zbieranie danych w miejscach, gdzie wczesne wykrywanie zakłóceń w ruchu i odnośnie wypadków drogowych jest konieczne do zapewnienia bezpieczeństwa (np. w tunelach),
- tworzenie bazy danych o ruchu drogowym oraz śledzenie występujących zmian celem dokonywania odpowiednich modyfikacji odnośnie sterowania i zarządzania,
- wyświetlanie informacji dla uczestników ruchu drogowego (np. zbyt duża prędkość, za mały odstęp między pojazdami, nadmierna wysokość pojazdu),
- zbieranie danych o ruchu na ścieżkach rowerowych lub pasach ruchu przeznaczonych wyłącznie dla autobusów,
- optymalizację długości kolejek pojazdów w miejscach, gdzie mogą one utrudniać ruch lub zagrażać jego bezpieczeństwu,
- identyfikację rodzaju pojazdów (np. pomiar ich masy lub innych parametrów charakterystycznych z wykorzystaniem techniki video włącznie).

2. INTELIGENTNE SYSTEMY STEROWANIA RUCHEM ULICZNYM

Wzrost natężenia ruchu w aglomeracjach miejskich powoduje wprowadzanie coraz większej liczby sygnalizacji świetlnych. Znaczenie pogorsza to płynność ruchu oraz generuje straty czasu, a także zwiększa niekorzystne oddziaływanie na środowisko. Dlatego, kiedy sygnalizacja świetlna jest zainstalowana na dwóch lub więcej skrzyżowaniach, położonych w niewielkiej odległości od siebie, celowa jest synchronizacja działania programów sygnalizacji na tych skrzyżowaniach [2].

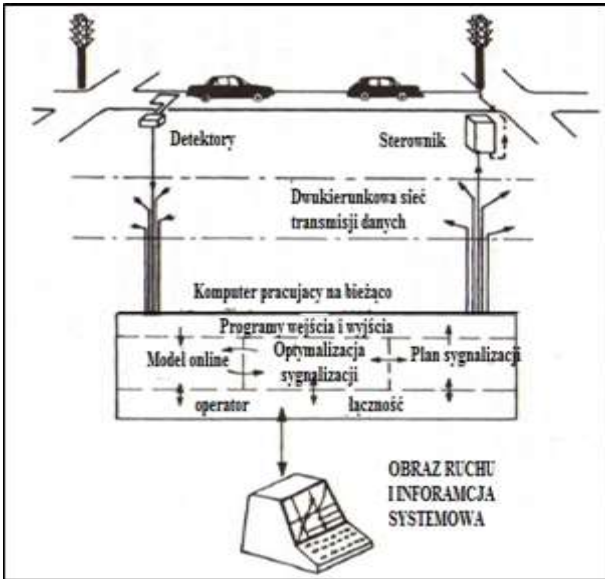
2.1. System SCOOT

Założenia systemu SCOOT były wynikiem małej efektywności dotychczasowych systemów w porównaniu do metod stałoczasowych. Strukturę i model ruchu online systemu SCOOT przedstawiono na rys.1 [2].

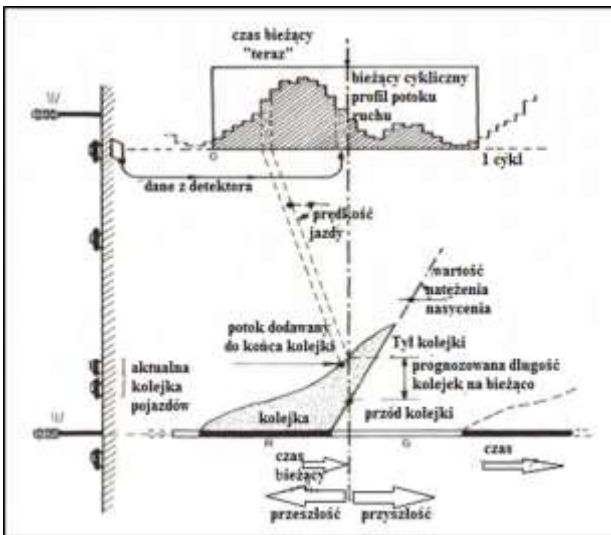
Do obliczania strat czasu i zatrzymań pojazdów spowodowanych przez dany plan sygnalizacji, wykorzystuje się cyklicznie profile intensywności ruchu w postaci histogramów. W metodzie SCOOT składniki funkcji celu są przeliczane co kilka sekund na podstawie bieżących pomiarów profili i intensywności ruchu. Pomiar rejestrują detektory umieszczone na wylotach skrzyżowań, dzięki czemu

otrzymuje się obraz kolumn pojazdów poruszających się wzdłuż danego połączenia.

Aktualizowane profile intensywności ruchu wraz z ustalonymi wcześniej natężeniami nasycenia i czasami jazdy są wykorzystywane do prognozowania długości kolejek pojazdów na kolejnym skrzyżowaniu. Zasady prognozowania długości kolejki na bieżąco pokazano na rys. 2. Oprócz obliczania funkcji celu, długości kolejek są sprawdzane z uwagi na możliwość wystąpienia zatłoczenia na połączeniu, które może być zlikwidowane przez korektę splitu [1,5]. Istotnymi elementami nowoczesnych komputerowych systemów sterowania jest autodiagnostyka detektorów, sterowników lokalnych i elementów układu łączności, które pozwalają na utrzymanie sprawności systemu.



Rys. 1. Schemat struktury sterowania systemu SCOOT; na podstawie [2]



Rys. 2. Zasady modelu ruchu systemu SCOOT; na podstawie [2]

2.2. System UTOPIA

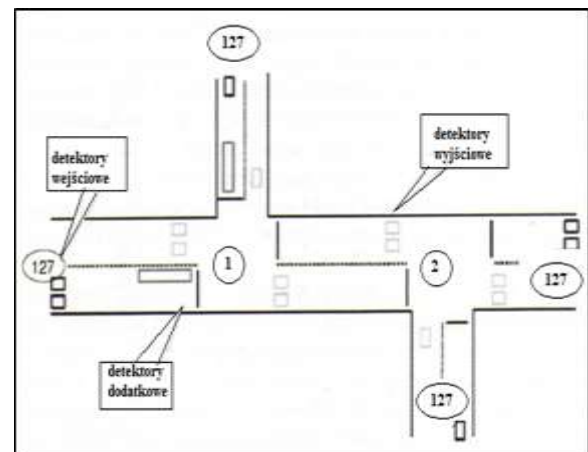
Pierwszy system UTOPIA-SPOT (ang. Urban Traffic Optimisation by Integrated Automation) został zainstalowany w 1984 r. w Turynie na sieci 30 skrzyżowań z sygnalizacją, a w 2003 r. obejmował już blisko 400 skrzyżowań. Następnie system ten testowany był na niewielkich sieciach w Leeds i w Goteborgu, a od połowy lat 90-tych jest instalowany także w innych krajach. System UTOPIA-SPOT jest adaptacyjnym systemem sterowania miejskimi sieciami

skrzyżowań z sygnalizacją silnie zdecentralizowaną o tzw. rozproszonej inteligencji. System składa się z trzech poziomów: poziomu lokalnego sterownika ruchu, jednostki lokalnej SPOT i jednostki nadrzędnej UTOPIA. Ważnym elementem systemu jest łączność pomiędzy jego składowymi [1]. Lokalny sterownik jest odpowiedzialny za sterowanie pracą sygnalizacji na danym skrzyżowaniu zgodnie z poleceniami otrzymanymi z nadrzędnego sterownika SPOT. Nadrzędny sterownik SPOT przeznaczony jest do optymalizacji sterowania na skrzyżowaniach. Zawiera on matematyczny algorytm określający wartości zmiennych sterujących sygnalizacją (znajdowanie optimum funkcji zależnej od ruchu na skrzyżowaniu w przedziale czasu do 120s) i wysyła odpowiednie polecenia do sterowników lokalnych. Poszczególne jednostki SPOT przekazują sobie wzajemnie informacje o warunkach ruchu na swoich skrzyżowaniach oraz o obliczonych strategiach sterowania.

UTOPIA jest natomiast zestawem modułów programowych odpowiedzialnych za monitorowanie, diagnostykę i nadzór nad optymalizacją sterowania całej sieci skrzyżowań objętych systemem. Najważniejszą cechą systemu jest kombinacja: szybkiej optymalizacji lokalnego sterowania akomodacyjnego, powiązanie pomiędzy sąsiednimi skrzyżowaniami i optymalizacja obszarowa. Szybka lokalna akomodacja ułatwia realizację priorytetów dla środków komunikacji zbiorowej w sposób, jaki nie jest możliwy przy tradycyjnej optymalizacji obszarowej [2].

W systemie rozróżnia się 3 typy detektorów (rys. 3):

- detektory wejściowe, które zliczają pojazdy wjeżdżające na wlot skrzyżowania i są instalowane w odległości około 150 m przed linią zatrzymań na kierunkach głównych i 80÷60 m na wlotach bocznych (z uwagi na mniejsze prędkości),
- detektory wyjściowe, które na wylocie zliczają pojazdy opuszczające skrzyżowanie i są instalowane na wylotach ze skrzyżowania,
- detektory dodatkowe, które umożliwiają realizację zapotrzebowania na wybrane grupy lub fazy sygnalizacyjne na wlocie (spełniają funkcję tylko w przypadku obecności pojazdów, np. skręty w lewo, autobusy itp.).



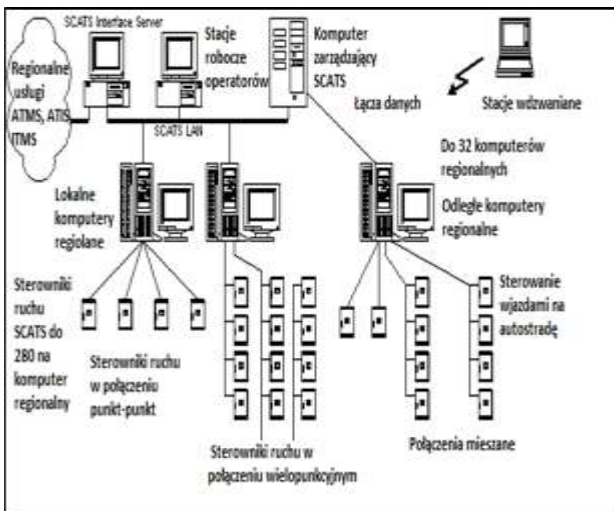
Rys. 3. Rodzaje detektorów w systemie sterowania UTOPIA - SPOT; na podstawie [2]

2.3. System SCATS

System SCATS powstał w latach 70-tych ub. wieku w Sydney, jako narzędzie inżynierów ruchu w Australii. Jest to system działający w oparciu o dynamicznie zmieniające się warunki ruchu, które oceniane są na podstawie detekcji. Schemat struktury sterowania systemu SCOOT przedstawiono na rys. 4. Długoletnie badania pozwoliły na wybór szeregu parametrów, w oparciu o które nawigacja pracą sygnalizacji jest optymalna. Wykazano, że najbardziej

skutecznym algorytmem będzie dostrajanie parametrów sterowania ruchem w czasie rzeczywistym. Dzięki temu system SCATS szybko dostosowuje się do dynamicznie zmieniających się warunków ruchu, uaktualniając co sekundę czasy trwania poszczególnych sygnałów zielonych, długość cyklu oraz ew. pomijanie faz [4]. System SCATS posiada hierarchiczną strukturę z nadrzędnym poziomem, gdzie podejmowane są decyzje strategiczne. Ponieważ jest to system wspomagający pracę inżynierów ruchu, ma on także możliwość manualnej zmiany parametrów sterowania przy użyciu operatorów i generowania informacji w razie awarii elementów systemu. SCATS od początku tworzony był jako system otwarty. W tym celu zaimplementowany został w nim port łącznościowy (ITS), pozwalający na wymianę danych z innymi układami wchodzącymi w zespół zintegrowanego systemu zarządzania ruchem. Dzięki otwartemu protokołowi komunikacyjnemu, możliwe jest np. wprowadzanie priorytetowych grup albo faz w programach sygnalizacji (dla pojazdów uprzywilejowanych, pojazdów komunikacji miejskiej itp.) uzależnionych od sygnałów wysyłanych z komputerów pokładowych, bądź systemu zarządzania komunikacją miejską.

Korzystanie z systemu SCATS może zmniejszać koszty operacyjne, ponieważ jest on samokalibrujący oraz nie wymaga bieżących badań ruchu i ręcznego tworzenia planów zapewniających optymalny przepływ pojazdów. System SCATS działa aktualnie w ponad 130 miastach na ok. 30000 skrzyżowań, a ilość ta cały czas wzrasta [1,5]. Dzięki otwartości systemu, które powstają w oparciu o SCATS, mogą być rozbudowywane na szeroką skalę, zarówno pod względem obszarowym, jak i funkcjonalnym. Dodatkowo, uniwersalność tego systemu pozwala na indywidualne jego dostosowanie do najróżniejszych warunków i sytuacji ruchowych, w zależności od potrzeb oraz wymagań związanych z zarządzaniem ruchem na danym terenie.



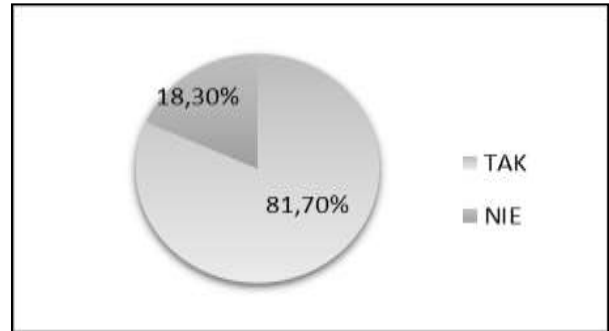
Rys. 4. Schemat struktury sterowania systemem SCATS; na podstawie [5]

3. ANALIZA PRZEPROWADZONYCH BADAŃ ANKIETOWYCH

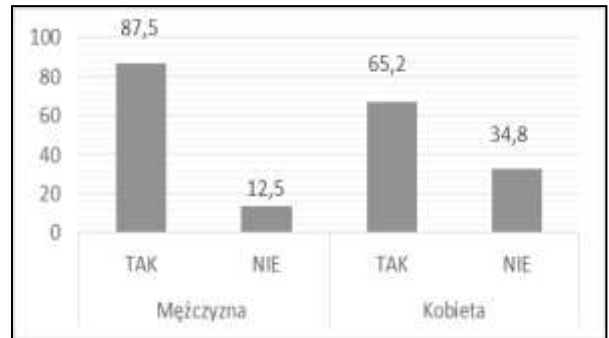
Głównym celem przeprowadzonej ankiety była ocena funkcjonowania inteligentnego systemu sterowania ruchem w Rzeszowie z punktu widzenia kierowców samochodów. W badaniach ankietowych wzięło udział 100 kierowców. ITS w Rzeszowie jest oparty o system SCATC, który działa na pięciu skrzyżowaniach. Dodatkowo, został uruchomiony także Rzeszowski Inteligentny System Transportowy (RIST). Jest to nowy system komputerowy, który steruje pracą sygnalizacji świetlnych na 50 skrzyżowaniach [3].

Pytanie w sondażu odnosiło się do wiedzy ankietowanych, czy słyszeli o istnieniu inteligentnego systemu sterowania ruchem w Rzeszowie? Wyniki respondentów przedstawiono na rys. 5. Zdecydowana większość kierowców to osoby wiedzące o funkcjonowaniu inteligentnego systemu sterowania ruchem. Pozytywnie odpowiedziało 81,7% osób, natomiast 18,3% negatywnie.

Poziom wiedzy kierowców o inteligentnych systemach sterowania ruchem drogowym był wyraźnie zróżnicowany ze względu na płeć. Odnośne dane prezentuje zestawienie na rys. 6.

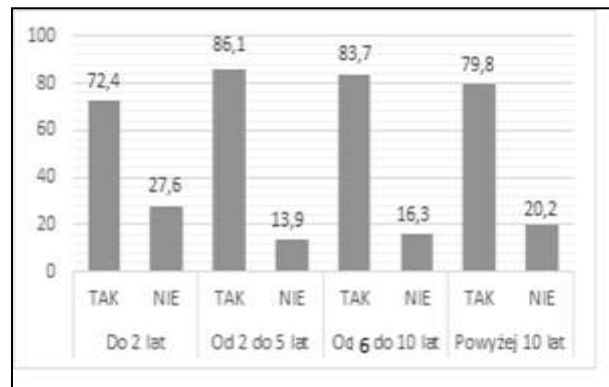


Rys. 5. Poziom wiedzy respondentów o istnieniu inteligentnego systemu sterowania ruchem w Rzeszowie [6]

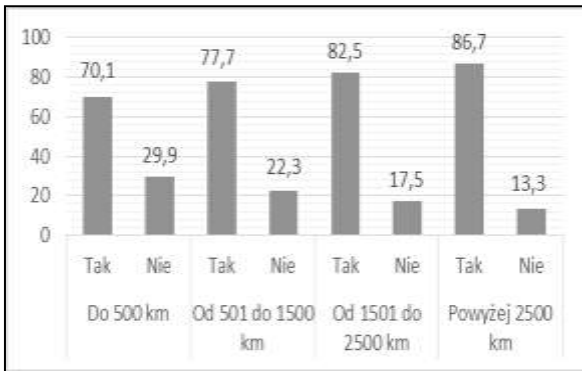


Rys. 6. Podział respondentów ze względu na płeć [5]

Na rys. 7 zaprezentowano zróżnicowanie deklarowanej wiedzy o inteligentnym systemie sterowania ruchem w zależności od okresu posiadania prawa jazdy. Niewątpliwie niższy poziom wiedzy o istnieniu inteligentnego systemu sterowania ruchem deklarują kierowcy o najniższym stażu posiadania prawa jazdy. Zdecydowanie najwyższy poziom wiedzy mają natomiast kierowcy, którzy prawo jazdy uzyskali przed okresem 2-5 lat oraz 6-10 lat. Natomiast na rys. 8 przedstawiono wyniki na temat wiedzy o istnieniu systemu sterowania ruchem w mieście w zależności od średniego miesięcznego przebiegu samochodu.



Rys. 7. Podział respondentów w zależności od okresu posiadania prawa jazdy [6]



Rys. 8. Podział respondentów w zależności od średniego miesięcznego przebiegu samochodu [6]

Występuje wprost proporcjonalna zależność pomiędzy przeciętnym miesięcznym przebiegiem deklarowanym przez kierowców a wiedzą o funkcjonowaniu inteligentnego systemu sterowania ruchem w Rzeszowie. Poziom ten jest najniższy u kierowców przejeżdżających przeciętnie w miesiącu do 500 km (70,1%) i systematycznie wzrasta wśród kierowców, którzy miesięcznie przejeżdżają samochodem powyżej 2500 km (86,7%). Najbardziej odchylającą się od innych grupą stanowią wyraźnie kierowcy zaliczeni do pierwszej wyodrębnionej grupy respondentów.

PODSUMOWANIE

Skomplikowana sytuacja potoków ruchu pojazdów i pieszych, których kongestia ustawicznie rośnie szczególnie w dużych miastach, stawia wysokie wymagania dla zarządzania ruchem. Przy zwiększonych wymaganiach, niewystarczające stają się chwilowe obserwacje sytuacji na drogach, jak również analiza tendencji w długim okresie, a koniecznością staje się ciągle monitorowanie ruchu pojazdów. Środki techniczne wspomagające efektywne kierowanie ruchem w takich warunkach to przede wszystkim technologie informatyczne. Rozwiązaniem są inteligentne systemy sterowania ruchem ulicznym, które zapewniają odpowiednią szybkość reakcji i optymalne zarządzanie ruchem miejskim.

W przyszłości systemy sterowania ruchem ulicznym będą mogły nim zarządzać nawet w kilku miastach z jednego miejsca. Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym są w Polsce jeszcze stosunkowo nowym rozwiązaniem, jednak ze względu na rosnącą

liczbę osób zmotoryzowanych i pojazdów użytkowych, władze miejskie coraz częściej decydują się na instalację tych systemów. Ważne jest, aby zmotoryzowani mieszkańcy miast mogli w pełni korzystać z możliwości tych systemów, co z pewnością zapewni wyższy poziom bezpieczeństwa ruchu.

BIBLIOGRAFIA

1. Cichocki P., Jabkowski P., Kaczmarek M.: Inteligentne systemy sterowania ruchem – perspektywa ekspercka a perspektywa pociągowa, studium zachowań poznańskich kierowców. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2009.
2. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego, teoria i praktyka. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Warszawa, Warszawa 2008.
3. Lejda K., Siedlecka S.: Charakterystyka systemów telematycznych wykorzystywanych w transporcie drogowym. Monografia (red. naukowa K. Lejda) - Systemy i Środki Transportu Samochodowego, Nr 5, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2014.
4. Leśko M., Guzik J.: Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice, Gliwice 2000.
5. Strony internetowe dotyczące tematyki artykułu.
6. Wyniki z przeprowadzonej ankiety.

Intelligent traffic systems in cities

The article presents the issues of traffic lights and intelligent traffic control. It presents an analysis of the research knowledge and behavior of participants in the intelligent traffic control system, which have a direct impact on the efficiency of its operation ITS.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. Kazimierz Lejda- Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Silników Spalinowych i Transportu mgr inż. Sylwia Siedlecka – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Katedra Silników Spalinowych i Transportu