

Marek STAWOWY<sup>1</sup>  
Andrzej SZMIGIEL<sup>2</sup>

**ZASTOSOWANIE WIZYJNEGO SYSTEM NADZORU RUCHU DO  
STEROWANIA RUCHEM POJAZDÓW NA OBSZARZE KONTROLOWANYM**

*W pracy zaproponowano metodę nadzoru nad obszarem kontrolowanym stosując systemy wizyjne. Poza kontrolą wjazdu i wyjazdu przedstawiona została metoda nadzoru ruchu w obszarze kontrolowanym oraz identyfikacja pojazdów. Wszystkie przedstawione metody opierają się o obrazy uzyskiwane z kamer wideo.*

**VISIONAL SYSTEM OF SUPERVISION OF TRAFFIC IN CONTROLLED AREA**

*In paper proposed supervision of controlled area using visional systems. Outside inspection of entrance and of trip introduced method of supervision of traffic in controlled area and vehicles identification. All introduced methods support by pictures obtained from video cameras.*

**1. WSTĘP**

Często w transporcie wykorzystuje się obszary o ograniczonej liczbie miejsc czy to parkingowych czy manewrowych czy też załadunkowych. Także określony fragment drogi można by potraktować jako taki obszar kontrolowany. Dodanie nadzoru ruchu do takiego obszaru kontrolowanego powinno usprawnić przepustowość i bezkolizyjność w tym obszarze. Do tego zastosowanie wizyjnego nadzoru powinno zmniejszyć koszty całego przedsięwzięcia. W niniejszej pracy został przedstawiony metody umożliwiające kompleksowy nadzór na d obszarem kontrolowanym za pomocą obrazów z kamer video.

**2. GŁÓWNE ELEMENTY WIZYJNEGO NADZORU OBSZARU  
KONTROLOWANEGO**

Wspomniany system nadzoru obszaru kontrolowanego musi spełniać określone kryteria. Dla konkretnego przykładu mogą to być:

1. Ograniczenie do zadanej liczby pojazdów w obszarze kontrolowanym.
2. Ograniczenie prędkości.
3. Jazda wytyczonymi drogami (pasami ruchu) dla różnych typów pojazdów.

---

<sup>1</sup>Politechnika Warszawska, Wydział Transportu; 00-662 Warszawa; ul. Koszykowa 75. e-mail:mst@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup>Politechnika Warszawska, Wydział Transportu; 00-662 Warszawa; ul. Koszykowa 75. e-mail:asz@it.pw.edu.pl

4. Wjazd na teren obszaru tylko dla pojazdów uprawnionych.
5. Lokalizacja pojazdów na terenie obszaru.

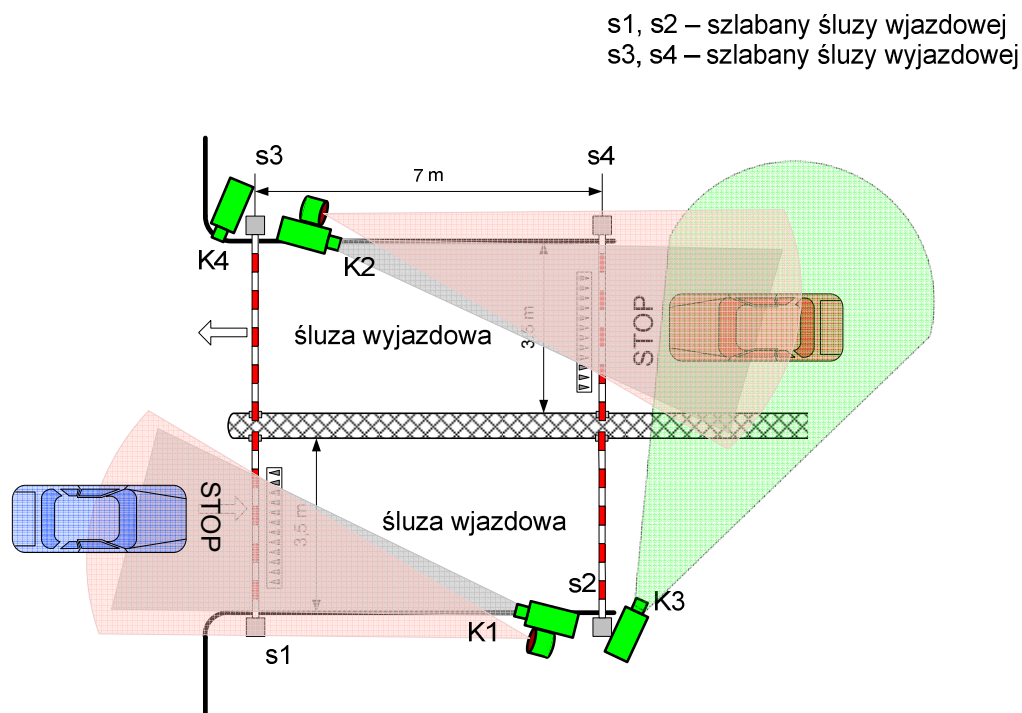
Realizacja powyższego przykładu musi zawierać kilka elementów takich jak:

1. Śluzy wjazdowe i wyjazdowe.
2. Identyfikacja pojazdu i jego typu.
3. Lokalizacja pojazdu.
4. Pomiar prędkości pojazdu.

### **2.1. Śluzy wjazdowa i wyjazdowa**

Śluzy zapewniają kilka podstawowych elementów zabezpieczenia obszaru kontrolowanego:

1. Uniemożliwiają wjazd pojazdów bez uprawnień do przebywania na terenie obszaru kontrolowanego.
2. Uniemożliwiają wyjazd pojazdu, bez zgody dyspozytora, z obszaru kontrolowanego.
3. Umożliwiają zliczanie pojazdów zarówno wjeżdżających jak i wyjeżdżających.



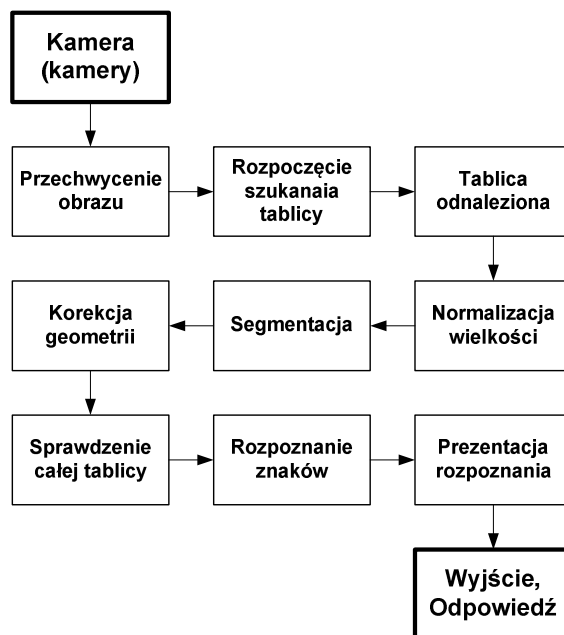
Rys. 1. Śluzy, wjazdowa i wyjazdowa, obszaru kontrolowanego.

W tego typu śluzach stosuje się wizyjne rozpoznawanie nr rejestracyjnych lub jakiś inny sposób identyfikowania pojazdu.

## 2.2. Wizyjna identyfikacja pojazdów i ich typów

Wizyjna metoda identyfikacji polega na komputerowej analizie obrazów uzyskanych przez systemy wizyjne. Uproszczony proces przetwarzania i analizy obrazu przedstawiony jest na rysunku 2. W zależności od potrzeb metoda wizyjna umożliwia (przez zastosowanie odpowiednich aplikacji komputerowych) dokładną identyfikację pojazdów samochodowych w ruchu jak i na postoju. Pełna identyfikacja zazwyczaj polega na odczytaniu i przetworzeniu numeru rejestracyjnego przez wyspecjalizowane inteligentne systemy rozpoznawania znaków np. OCR (ang. Optical Character Recognition) lub ICR (ang. Intelligent Character Recognition). Jedną z nazw stosowanych na świecie

określających ten sposób identyfikacji jest LPR (ang. Licence Plate Recognition) - identyfikacja tablicy rejestracyjnej.

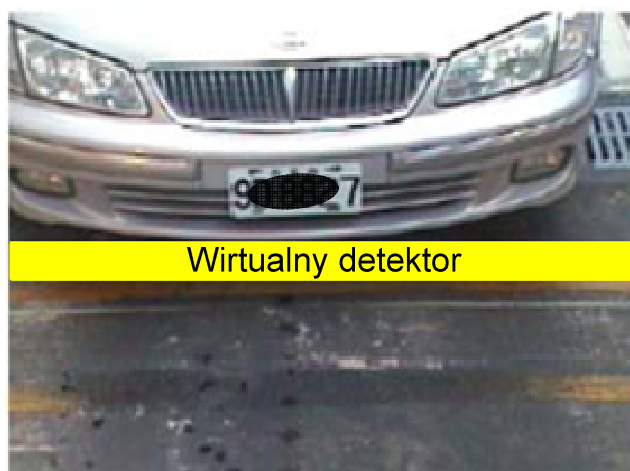


Rys.2. Schemat działania systemu rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych

W połączeniu z systemem informatycznym Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) metoda ta daje szerokie możliwości wykorzystania w dziedzinie telematiki transportu oraz bezpieczeństwa publicznego.

Spośród wielu metod identyfikacji pojazdów, najodpowiedniejszą, którą można zastosować do wybranego obiektu transportowego, wydaje się być metoda wizyjna. Idealnym rozwiązaniem byłaby połączona metoda wizyjna i radiowa RFID. Takie rozwiązanie zapewniłoby pełną identyfikację nie tylko pojazdów, ale także towarów przez nie przewożonych. Jednak zastosowanie RFID wiąże się z kosztem zamontowania w każdym pojeździe transpondera.

Na ryr. 3 przedstawiono umiejscowieni wirtualnego detektora, za pomocą którego system odczytywania numerów rejestracyjnych śledzi ruch w danej strefie obrazu i przesyła dane do dalszej analizy.



Rys. 3. Wirtualny detektor na obrazie

### 2.3. Nadzór ruchu w obszarze kontrolowanym

Dobrym przykładem kontrolowanego obszaru może być np.: fragment drogi. Do rozważań przyjęto, że takim obszarem będzie skrzyżowanie ulic i aby unaocznić problem jest to jeno z warszawskich skrzyżowań a mianowicie skrzyżowanie ulic Targowej i Ratuszowej.

Nadzór ruchu będzie polegać na wykrywaniu następujących zdarzeń na tym skrzyżowaniu:

1. przekroczenie dozwolonej prędkości przez pojazd,
2. wymuszenie przez pojazd pierwszeństwa przejazdu na pojeździe,
3. wymuszenie przez pojazd pierwszeństwa przejazdu na pieszych.

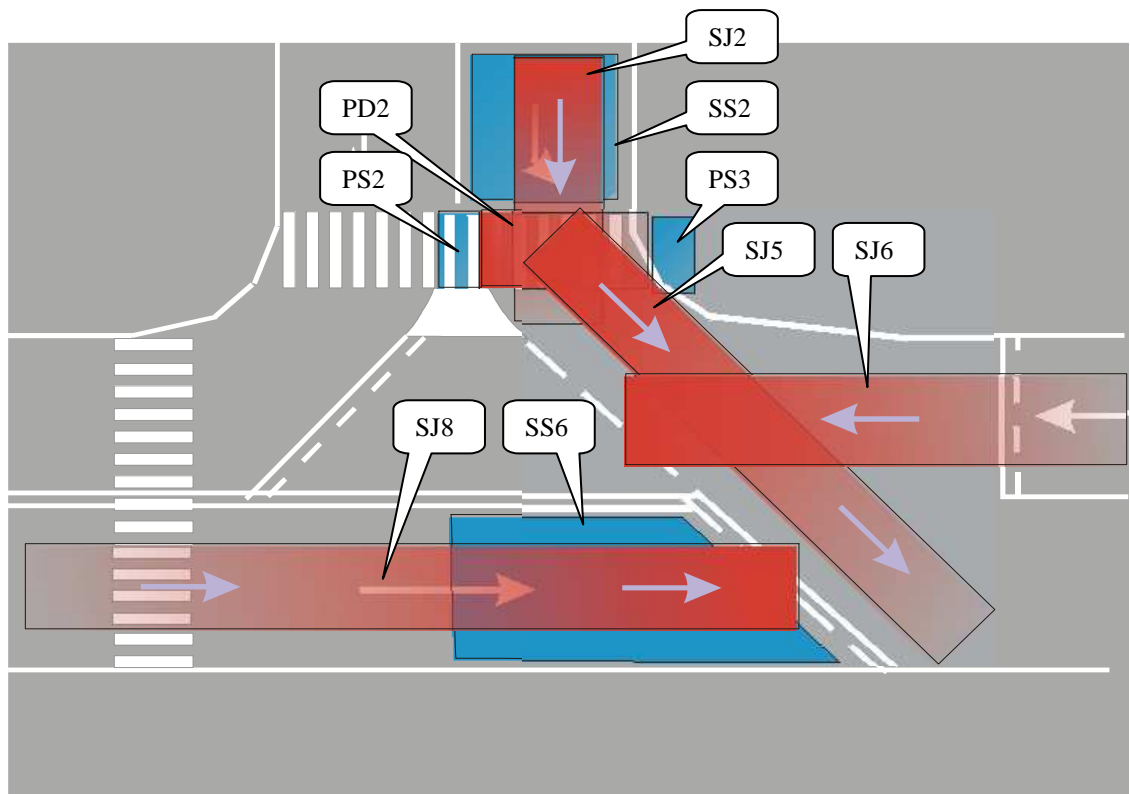
Zajętość stref (lokalizacja pojazdu) jest pośrednio rejestrowana w wyniku samego wykrywania ruchu.

Przyjmując podstawowe zasady ruchu drogowego, po zdefiniowaniu stref kontrolnych, opiszemy działanie systemu kontrolnego algorytmem.

Niech jako przykład posłuży fragment omawianego skrzyżowania: pas jezdni umożliwiający skręt w lewo z ulicy Targowej w Ratuszową (strefy SS2, SJ2, SJ5), przejście przez lewy pas jezdni na ulicy Targowej i przylegające do niego strefy (PD2, PS2, PS3), część obu pasów ruchu na ulicy Ratuszowej (strefy SJ6, SS6, SJ8) (rys. 5).

Algorytm kontroli ruchu umożliwi wykrywanie wcześniej wymienionych zdarzeń i rejestruje czas wystąpienia każdego zdarzenia (z powodu dużej komplikacji algorytmu przedstawiony został w postaci tekstowej a nie grafu). Parametrami dla algorytmu są maksymalna dozwolona prędkość pojazdów  $v_{\max}$  i przepisy ruchu drogowego, z których wynika, że pojazdy jadące ulicą Towarową i dojeżdżające do ulicy Ratuszowej (na której kończy się ulica Targowa), mają zawsze pierwszeństwo niezależnie od tego czy skręcają w lewo czy w prawo. Tak więc pojazd na ulicy Ratuszowej powinien się zatrzymać, jeżeli jest jakkolwiek (poruszający się) pojazd na ulicy Targowej, blisko (w granicach strefy SS2)

omawianego skrzyżowania. Również, jeżeli na pasach dla pieszych pojawi się przechodzień, to pojazdy, których trasa przecina to przejście mają obowiązek zatrzymać się i przepuścić pieszego.



Rys. 4. Rozkład wirtualnych stref nadzoru w obszarze kontrolowanym.

Koncepcja algorytmu jest następująca (kolejność kontroli poszczególnych zdarzeń wynika z priorytetu tych zdarzeń):

1. jest kontrolowane wystąpienie przekroczenia prędkości na ul. Targowej i wystąpienie kolizji pojazdów z pieszymi (strefy: PS2, PS3, PD2 oraz SJ2 i SS2);
2. jest kontrolowane wystąpienie przekroczenia prędkości przez pojazdy ze strefy SJ6 i ich kolizje z pojazdami ze strefy SJ5;
3. jest kontrolowane wystąpienie przekroczenia prędkości przez pojazdy ze strefy SJ8 i ich kolizje z pojazdami ze strefy SJ5;

Bardziej szczegółowe występowanie zdarzeń komunikacyjnych i reakcji na nie systemu kontroli jest wyszczególnione w poniższym algorytmie.

**Algorytm 1**

(kontrola ruchu (patrz rys. 5))

1. Czy w strefie SJ8 porusza się pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 7.  
Sprawdzamy czy może zaistnieć wymuszenie pierwszeństwa przez pojazd ze strefy SJ8.
2. Czy prędkość pojazdu jest większa od  $v_{\max}$ ? Jeżeli tak - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **przekroczenie dozwolonej prędkości w strefie SJ8.**
3. Czy w strefie SS2 jest pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 5.  
Sprawdzamy czy pojazd ze strefy SJ8 ma na czym wymusić pierwszeństwo.
4. Czy w strefie PS2 lub PS3 jest pieszy oczekujący na przejście przez strefę PD2 lub czy w strefie PD2 porusza się pieszy? Jeżeli nie - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ8 na pojeździe ze strefy SS2** w przeciwnym przypadku **poprawna reakcja prowadzącego pojazd znajdujący się w strefie SJ8**, przejdź do pkt. 7.  
Zakładamy, że pojazd ze strefy SS2 zatrzymał się aby przepuścić pieszych. W tym czasie pojazd ze strefy SJ8 może przejechać nie powodując wymuszenia pierwszeństwa.
5. Czy w strefie SJ5 lub SJ2 porusza się pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 7.  
Sprawdzamy czy pojazd ze strefy SJ8 ma na czym wymusić pierwszeństwo.
6. Czy pojazd jadący przez strefę SJ8 zatrzymał się? Jeżeli nie - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ8 na pojeździe ze strefy SJ5.**  
Pojazd ze strefy SJ5 jest na pasie drogi z pierwszeństwem przejazdu.
7. Czy w strefie SJ6 porusza się pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 13.  
Sprawdzamy czy może zaistnieć wymuszenie pierwszeństwa przez pojazd ze strefy SJ6.
8. Czy prędkość pojazdu jest większa od  $v_{\max}$ ? Jeżeli tak - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **przekroczenie dozwolonej prędkości w strefie SJ6.**
9. Czy w strefie SS2 jest pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 11.  
Sprawdzamy czy pojazd ze strefy SJ6 ma na kim wymusić pierwszeństwo.
10. Czy w strefie PS2 i PS3 jest pieszy oczekujący na przejście strefą PD2 oraz czy w strefie PD2 porusza się pieszy? Jeżeli nie - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ6 na**

*pojeździe ze strefy SS2 w przeciwnym przypadku poprawna reakcja prowadzącego pojazd znajdujący się w strefie SJ8, przejdź do pkt. 13.*

*Zakładamy, że pojazd ze strefy SS2 zatrzymał się aby przepuścić pieszych. W tym czasie pojazd ze strefy SJ6 może przejechać nie powodując wymuszenia pierwszeństwa.*

11. *Czy w strefie SJ2 porusza się pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 13.*

*Sprawdzamy czy pojazd ze strefy SJ6 ma na czym wymusić pierwszeństwo.*

12. *Czy pojazd jadący przez strefę SJ6 zatrzymał się? Jeżeli nie - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ6 na pojeździe ze strefy SJ2.***

*Pojazd ze strefy SJ5 jest na pasie drogi z pierwszeństwem przejazdu.*

13. *Czy w strefie SJ2 porusza się pojazd? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 1.*

*Sprawdzamy w strefie SJ2 jest pojazd, który może wymusić pierwszeństwo na pieszym.*

14. *Czy w strefie PS2 lub PS3 jest pieszy oczekujący na przejście przez strefę PD2 lub czy w strefie PD2 porusza się pieszy? Jeżeli nie, przejdź do pkt. 1.*

*Zakładamy, że pojazd ze strefy SJ2 powinien zatrzymać się aby przepuścić pieszych.*

15. *Czy w strefie SS2 zatrzymał się pojazd? Jeżeli Nie - zarejestruj czas i zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ2 na pieszym ze strefy PS2, PS3 lub PD2 w przeciwnym przypadku poprawna reakcja prowadzącego pojazd znajdujący się w strefie SJ2, przejdź do pkt. 1.***

*Zakładamy, że pojazd ze strefy SJ2 powinien zatrzymać się, aby przepuścić pieszych.*

**Koniec**

W czasie generowania zdarzenia system może zapisać obraz zdarzeń na skrzyżowaniu do bieżącej lub późniejszej analizy, np.: identyfikowania pojazdów, które naruszyły przepisy ruchu drogowego. Implementacja tego modelu została przedstawiona kolejnym rozdziale.

Pełna kontrola skrzyżowania wymaga oczywiście znacznie bardziej złożonego algorytmu. Niemniej jednak jest ona możliwa przy zastosowaniu opisanego tutaj systemu wirtualnych stref kontrolnych, co wynika z przedstawionych tu rozważań i algorytmu wyjściowej kontroli zadań komunikacyjnych.

### **3. POMIARY PRZEPROWADZONE NA OBSZARZE KONTROLOWANYM**

W tym rozdziale opisany został fragment eksperymentów przeprowadzonych na ww. obszarze kontrolowanym.



#### 5.4.1. Uwarunkowania pomiarów

Pomiary zostały przeprowadzone na wcześniej opisanym skrzyżowaniu i przedstawionym na rys. 5. Jak widać strefy są nałożone nie tylko na interesujący obszar, ale także na część otoczenia tego obszaru. Wynika to z tego, że kamera nie była ustawiona prostopadle do drogi. Ze względu na ograniczony zasięg widzenia kamery (spowodowany niemożnością zamocowania kamery w stosownym dla badań miejscu) badania zostały ograniczone do wykrywania tylko jednej sytuacji kolizyjnej, opisanej poniższym algorytmem (minimalne wymagania stawiane przed badaniami). Na rys 5 zostało także przedstawione rozmieszczenie wirtualnych stref kontroli.

Prowadzone na skrzyżowaniu badania miały za zadanie wykryć przekroczenie prędkości na jezdni ulicy Ratuszowej i wymuszanie przez pojazdy z tej ulicy pierwszeństwa przejazdu. Dodatkową funkcją programu jest szacowanie wielkości ruchu tj. liczby pojazdów przejeżdżających strefę w określonym czasie.

*Algorytm użyty w badaniach:*

#### *Algorytm 2*

*(na podstawie rys. 5 i 6)*

1. *Czy w strefie SJ8 porusza się pojazd? Jeżeli nie to, idź do pkt. 1.*
2. *Czy jego prędkość jest większa od  $v_{\max}$ ? Jeżeli tak zapisz zdarzenie: **przekroczenie dozwolonej prędkości w strefie SJ8.***
3. *Czy w strefie SJ2 jest pojazd? Jeżeli tak to zapisz zdarzenie: **wymuszenie pierwszeństwa przejazdu przez pojazd znajdujący się w strefie SJ8 na pojeździe ze strefy SJ2.***
4. *Idź do pkt. 1.*

**Koniec**



Rys. 5. Obraz z kamery z nałożonymi wirtualnymi strefami kontroli.

Wynik działania programu został przedstawiony w tabeli 1. Obszar nr 0 odpowiada strefie SJ2. Obszar nr 1 odpowiada strefie SJ8. Zdarzenie nr 0 odpowiada wykryciu ruchu w danym obszarze. Zdarzenie nr 1 odpowiada zatrzymaniu się pojazdu w danym obszarze. Zdarzenie nr 2 odpowiada przekroczeniu prędkości przez pojazd w danym obszarze. Następujące po sobie zdarzenia 0,1,0 dla tej samej strefy sugerują, że pojazd nie opuścił tej strefy i drugie zdarzenie 0 zostało wygenerowane dla tego samego pojazdu. Na tej podstawie wiadomo, że liczba zdarzeń 0 nie jest równa liczbie przejeżdżających pojazdów. Liczbą przejeżdżających pojazdów będzie różnica, liczby zdarzeń 0 i liczby zdarzeń 1. W tym przypadku będzie to 27.



Rys. 6. Rzeczywisty obraz z programu nadzoru ruchu pojazdów.

W tabeli 1 zostały wyróżnione zdarzenia, które wskazują na poprawne działanie algorytmu w czasie wykrywania zdarzeń. Pojazdy pojawiły się jednocześnie w obszarach 0 i 1. Pojazd z obszaru 1 zatrzymał się i przepuścił pojazd z obszaru 0.

Tabela 1. Wynik działania programu rejestracji i analizy zderzeń na skrzyżowaniu.

Obiekt w strefie nr	Rodzaj zdarzenia	Czas [h:m.:s.ms]	Obiekt w strefie nr	Rodzaj zdarzenia	Czas [h:m.:s.ms]
0	0	18:34:28,870	1	1	18:34:47,820
1	0	18:34:29,310	1	0	18:34:48,590
1	0	18:34:29,640	1	0	18:34:50,900
0	0	18:34:30,960	1	1	18:34:51,120
0	0	18:34:31,400	1	0	18:34:51,340
1	0	18:34:32,280	1	0	18:34:52,50
0	0	18:34:33,270	1	1	18:34:54,850
1	0	18:34:33,270	1	0	18:34:57,650
0	0	18:34:33,600	1	0	18:34:58,90
0	0	18:34:45,460	1	0	18:34:59,300
0	0	18:34:45,790	1	0	18:35:0,450
1	0	18:34:45,790	1	0	18:35:1,500
0	0	18:34:46,230	1	0	18:35:4,410
0	0	18:34:46,670	0	0	18:35:9,900
0	0	18:34:47,110	1	0	18:35:10,10
0	0	18:34:47,490	1	0	18:35:11,990
1	0	18:34:47,490	0	0	18:35:16,50

Całkowita liczba zdarzeń w obszarze 0: 12

Całkowita liczba zdarzeń w obszarze 1: 21

Całkowita liczba zdarzeń w obszarach: 33

Wizyjny nadzór ruchu umożliwia pomiar różnych parametrów tego ruchu. W tym badaniu nie tylko wykrywany był ruch, ale także wykonany był pomiar prędkości, wykrywany był kierunek ruchu i zliczana była liczba obiektów pojawiających się w wirtualnej strefie. Można też wykrywać naruszanie przepisów drogowych i rejestrować obrazy przedstawiające te naruszenia. Także znając kształt obiektu można go zidentyfikować i lokalizować. Mimo złych warunków rejestrowania obrazów (oś kamery nie była prostopadła do osi drogi) wyniki są satysfakcjonujące i dają możliwość postępu w dalszych badaniach.

#### 4. PODSUMOWANIE

W opracowaniu przedstawiono zagadnienie wizyjnego nadzoru obszaru kontrolowanego. Zadanie nadzoru podzielone zostało na kilka elementów takich jak identyfikacja pojazdów wjeżdżających i wyjeżdżających, lokalizacja tych pojazdów w obszarze kontrolowanym oraz pomiar ich prędkości. Identyfikacja pojazdów została zaproponowana w formie systemu OCR rozpoznającego nr rejestracyjne wjeżdżających i wyjeżdżających pojazdów. Kontrola ruchu i zajętości została przeprowadzana w oparciu o specjalnie zaprojektowane, w tym celu, wirtualne strefy. Strefy te umożliwiają: detekcję

ruchu, wykrywanie zajętości strefy, pomiar prędkości w strefie a także detekcję kierunku ruchu, z którego obiekt przemieścił się do strefy i ze strefy oraz detekcję zawrócenia z naruszeniem tylko obrzeża strefy. W części implementacyjnej ograniczono się do pomiarów kilku zdarzeń. Jednak wystarczających do wykazania przydatności takiej metody. Wyniki tej implementacji są zadowalające mimo, że nie było możliwości usytuowania kamery w optymalnym położeniu. Kamera była usytuowana tak, że jej oś była pod pewnym kątem (nie prostym) do powierzchni drogi. Ciekawym zastosowaniem wizyjnego nadzoru ruchu w obszarze kontrolowanym jest także możliwość rejestracji wszystkich zdarzeń komunikacyjnych w tym obszarze i pomiaru tam parametrów ruchu wszystkich obiektów za pośrednictwem systemu wirtualnych stref kontrolnych, niezależnych od rodzaju poruszających się obiektów, a związanych z topologią obszaru kontrolowanego.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. M. Stawowy Calibration of traffic simulation on motorway by data from visual identification system. Transport Systems Telematics. Katowice-Ustroń 2008.
2. Stawowy M., Mokrzycki W.: Motion Estimation from Two Frames. PRIP'99, str. 59-64
3. Stawowy M., Mokrzycki W.: Motion from Three Frames. Analysis of Problem and Numerical Example. Transcom '99, section 8, str. 231-236
4. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. Warszawa, 1999.
5. Wawrzyński W.: Elementy modelowania telematycznego systemu transportowego. X Międzynarodowa Konferencja Transport System Telematics, 20-23 października 2010, Katowice-Ustroń.
6. Stawowy M.: Zastosowanie analizy obrazu do rozwiązywania zagadnień transportowych. Raport Prace IPI PAN, nr 862, Warszawa 1998
7. Meyer F., Bergen L.: Motion Segmentation and Depth Ordering Based on Morphological Segmentation. ECCV'98, str. 720-733
8. M. Stawowy. Wiarygodność danych uzyskiwanych z wizyjnych systemów pomiaru parametrów ruchu pojazdów. Transport Systems Telematics. Katowice-Ustroń 2010.