

Wizyjny system nadzoru zajętości parkingu

Słowa kluczowe: nadzór wideo,
kontrola zajętości miejsc parkingowych.

Streszczenie

W pracy zaproponowano metodę detekcji zajętości miejsc parkingowych wykorzystującą alternatywną, do obecnie stosowanych, detekcję obrazów. Wszystkie przedstawione metody opierają się o obrazy uzyskiwane z kamer wideo.

VISIONAL SURVEILLANCE SYSTEM OF OCCUPANCY OF PARKING SPACES

Abstract

The paper proposes a method for detecting occupancy of parking spaces using an alternative to currently used, detection of images. All the methods are based on images obtained from video cameras.

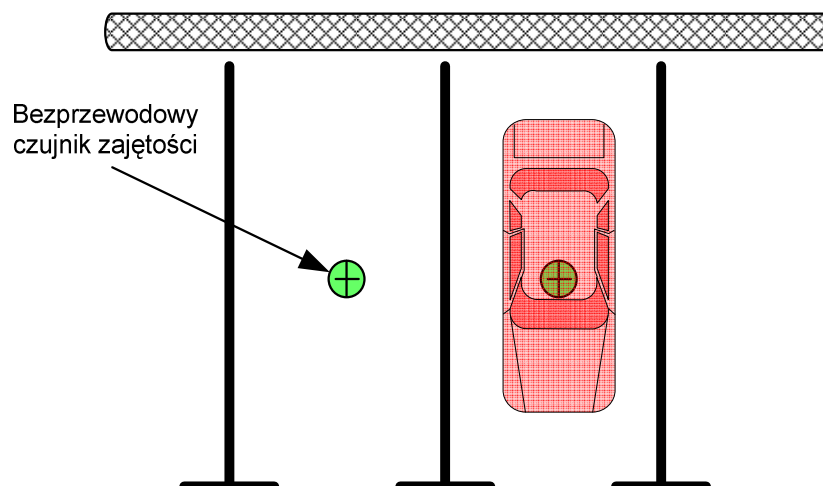
1. WPROWADZENIE

Kamery rejestrujące obrazy w sposób ciągły są dość powszechne. Nawet niewielkiej jakości obrazy mogą posłużyć do ciągłego nadzoru stref parkingowych. Co za tym idzie koszty poniesione na zakup detektora mogą być znikome.

Systemy wizyjne mogą dostarczać wielu informacji. Nie tylko o zajętości miejsc parkingowych. W celu otrzymania takich informacji należy zastosować odpowiednią analizę obrazu. W pracy tej przedstawiono metodę detekcji zajętości miejsc parkingowych. W metodzie tej wykorzystywane są maski ruchu² jako elementy umożliwiające analizę ponieważ maska ruchu dostarcza wielu informacji dotyczących poruszającego się obiektu takich jak zmiana położenia, prędkość, przyspieszenie a także przeniesienie obiektu poza obraz sceny. Informacje te mogą posłużyć do badania innych parametrów ruchu parkujących pojazdów.

2. TRADYCYJNE SYSTEMY KONTROLI ZAJĘTOŚCI MIEJSC PARKINGOWYCH

Do detekcji zajętości miejsc zazwyczaj stosuje się detektory nie wizyjne. Na rys. 1 i 2 przedstawiono zasadę działania takich czujników i ich lokalizację.

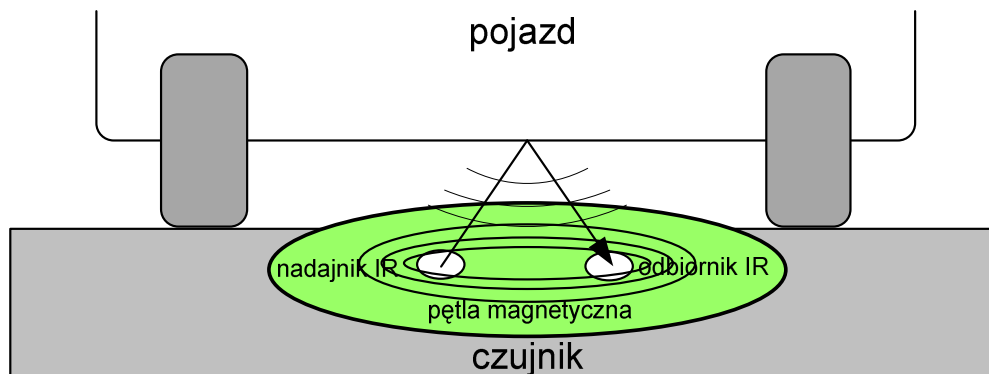


Rys. 1. Kontrola zajętości stanowisk parkingowych

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

² Maska ruchu jest to różnica wyznaczona w poszczególnych punktach obrazu dla dwóch różnych obrazów tej samej sceny. Maskę ruchu zdefiniowana została w M. Stawowy „Komputerowa analiza obrazów w zastosowaniu do pomiarów parametrów ruchu pojazdów”. Rozprawa Doktorska Wydział Transportu PW Warszawa 2001.

Czujniki te wykorzystują pętlę indukcyjną oraz zjawisko odbicia promienia świetlnego IR (ang. *Infra Red*) od pojazdu znajdującego się nad czujnikiem. Zastosowanie tej metody skutkuje 98 % poziomem wykrywania, co według producenta jest poziomem wystarczającym. [5]



Rys. 2. Zasada działania czujnika optyczno-magnetycznego

Zasadniczymi wadami tego rozwiązania, w stosunku do metod wizyjnych, są potrzeba montażu na miejscu parkingowym oraz koszt poniesiony na wiele takich detektorów. Metoda wizyjna nie ma tych wad.

3. WIZYJNY SYSTEMY KONTROLI ZAJĘTOŚCI MIEJSC PARKINGOWYCH

Najważniejszym problemem w metodzie wizyjnej jest eliminacja niepotrzebnych informacji jakie pojawiają się w obrazie w czasie obserwacji parkingu. Te niepotrzebne informacje powodują zakłócenia masek ruchu pojazdów zajmujących miejsca parkingowe. Można je wyeliminować używając różnych metod jednak sama analiza masek ruchu umożliwia częściową lub całkowitą eliminację problemu tych niechcianych danych. Gdy już w masce ruchu nie ma zakłóceń można za pomocą jej analizy wykryć zmianę stanu zajętości miejsca parkingowego. Co opisano w podrozdziale 3.2.

3.1 Optymalizacja progów detekcji ruchu i wyznaczanie maski ruchu

Eliminację ww. zakłóceń masek ruch pojazdów można przeprowadzić ustawiając specjalne progi wyliczania masek ruchu (progi detekcji ruchu). Najprostszym rozwiązaniem będzie metoda doboru progów opisana w artykule [1]. Rozwiązanie to opiera się na algorytmicznym doborze parametrów detekcji ruchu. Czyli wyliczania masek ruchu wykorzystując progi detekcji.

Algorytmiczna metoda optymalizacji progów wyznaczania maski ruchu

Informacje o zmianach jasności obrazu są zawarte w samym obrazie także w porosty sposób, analizując poszczególne punkty obrazu, można wyznaczyć zależność liczby różnych punktów w kolejnych obrazach od progu detekcji. Zależność opisana jako $C'(L')$ przedstawiona została na rys 3. Gdzie:

- C' jest to liczba różnych pikseli w obrazie w dwóch kolejnych chwilach czasowych przy zastosowaniu progu $P_L = L'$.
- L' jest to wartość progu P_L dla wszystkich punktów obrazu.

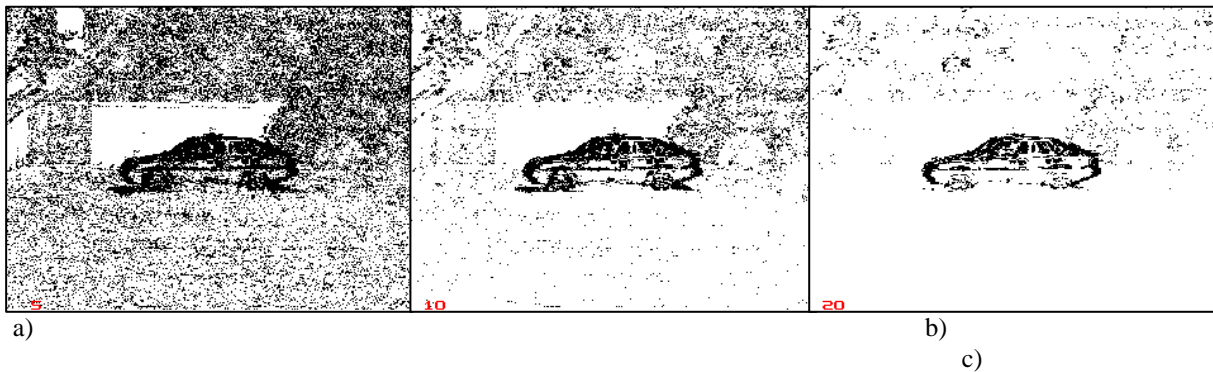
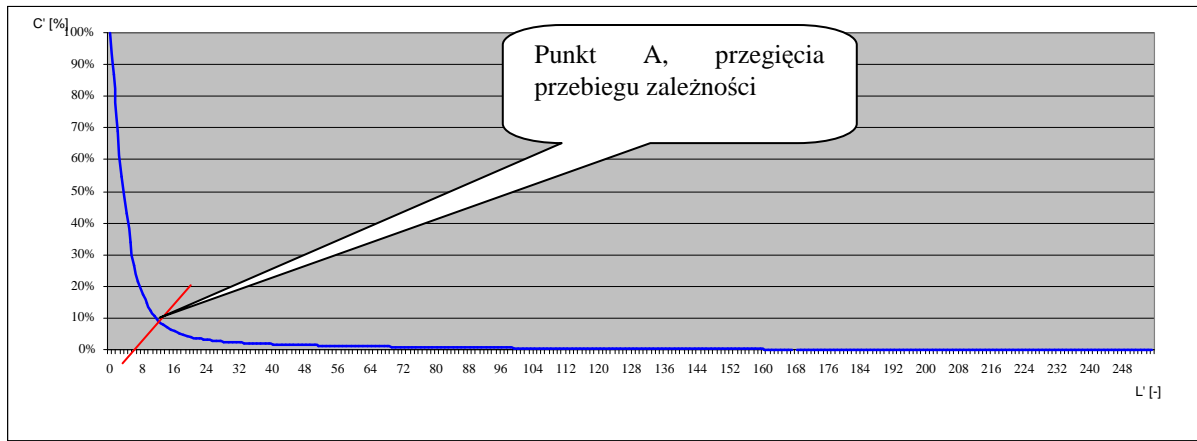
Czyli w rezultacie $C'(L') = P_C(P_L)$. Na rysunku tym widać także jak wyglądają zbinaryzowane maski ruchu dla wybranych, trzech progów P_L .

Jak wynika z badań w [1] optymalny stosunek zależności progu liczby różniących się punktów w obrazie P_C do progu różnic jasności tych punktów P_L umieszczony jest na przebiegu przebiegu zależności $C'(L')$. Czyli współczynnik k_{CL} można opisać wzorem³:

$$k_{CL} = \frac{\Delta C'}{\Delta L'} = 1 \quad (1)$$

W rzeczywistości ten współczynnik powinien być najbliższy jedynce z tego względu, że iteracja jest wykonywana na wartości L' a że jest ona dyskretna to $\Delta L' = 1$. Przy takiej wartości k_{CL} wpływ zakłóceń na informację niesioną przez maskę ruchu jest najmniejszy a jednocześnie utrata informacji z samej maski ruchu jest najmniejsza. Taka sytuacja została przedstawiona na rys 3b). Powyżej ustalona zależność umożliwi wyznaczenie progu P_L . [1,3]

³ Współczynnik k_{CL} jest niczym innym jak współczynnikiem kierunkowej prostej prostopadłej do stycznej w danym punkcie przebiegu zależności $C'(L')$.



Rys. 3. Zależność progu liczby różniących się punktów w obrazie PC w funkcji progu różnic jasności w obrazie PL ($P_{La} = 5$, $P_{Lb} = 10$, $P_{Lc} = 20$).

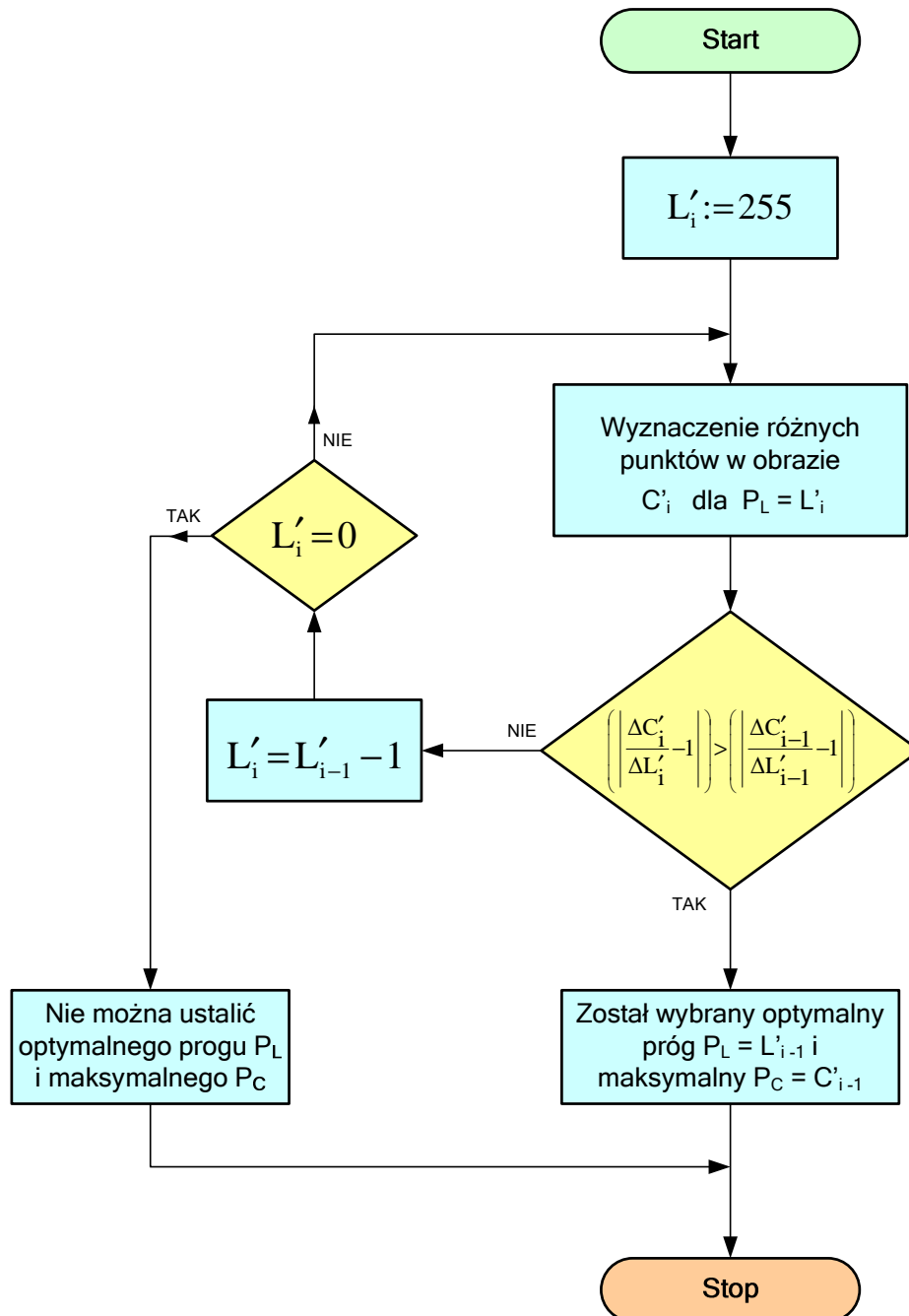
Na rys. 4 przedstawiony został algorytm wyznaczania obu progów optymalnego P_L i maksymalnego P_C . W algorytmie (rys.4) użyty został indeks kolejnej maski ruchu i . Także końcowy warunek na znalezienie stosunku $\frac{\Delta C'_i}{\Delta L'_i} \Rightarrow 1$ jest następujący:

$$\frac{\Delta C'_i}{\Delta L'_i} - 1 = 0 \tag{2}$$

Algorytm na rys. 4 wykonywany jest od wartości $L' = 255$ do $L' = 0$. Optymalną wartość progu P_L jest gdy $\frac{\Delta C'_i}{\Delta L'_i} - 1$ jest najbliższe zera. Wtedy $P_L = L'_i$. Gdy już znany jest próg P_L można oszacować wartość progu P_C . Próg P_C nie musi mieć wartości równej C'_i . Może mieć mniejszą co umożliwi tolerancję błędów jaka może się pojawić poprzez zmianę jasności obserwowanej sceny w kolejnych sekwencjach przechwytywanego obrazu. Jednak wartość progu P_C powinna być bliska wartości C'_i (np.: około $0,95 C'_i$) ponieważ w ten sposób w systemie będzie najmniej fałszywych detekcji ruchu.

Wykorzystując zależność przedstawianą na wykresie rys. 3 można z łatwością dodać prostą metodę detekcji drgań kamery czy gwałtownych zmian jasności obrazu. Otóż takie zdarzenia można wykryć gdy $C' = 100\%$ dla $L' = \{0 \dots 255\}$ ⁴. Jest to sytuacja gdy każdy punkt obrazu tej samej sceny jest różny od punktu w poprzedniej chwili czasowej dla jednej wartości L' z przedziału $\{0 \dots 255\}$.

⁴ Przedział $\{0 \dots 255\}$ wynika z tego, że do analizy były brane obrazy o 256 progach szarości.



Rys. 4. Algorytm wyznaczania progu różnic jasności w obrazie P_L i maksymalnego P_C

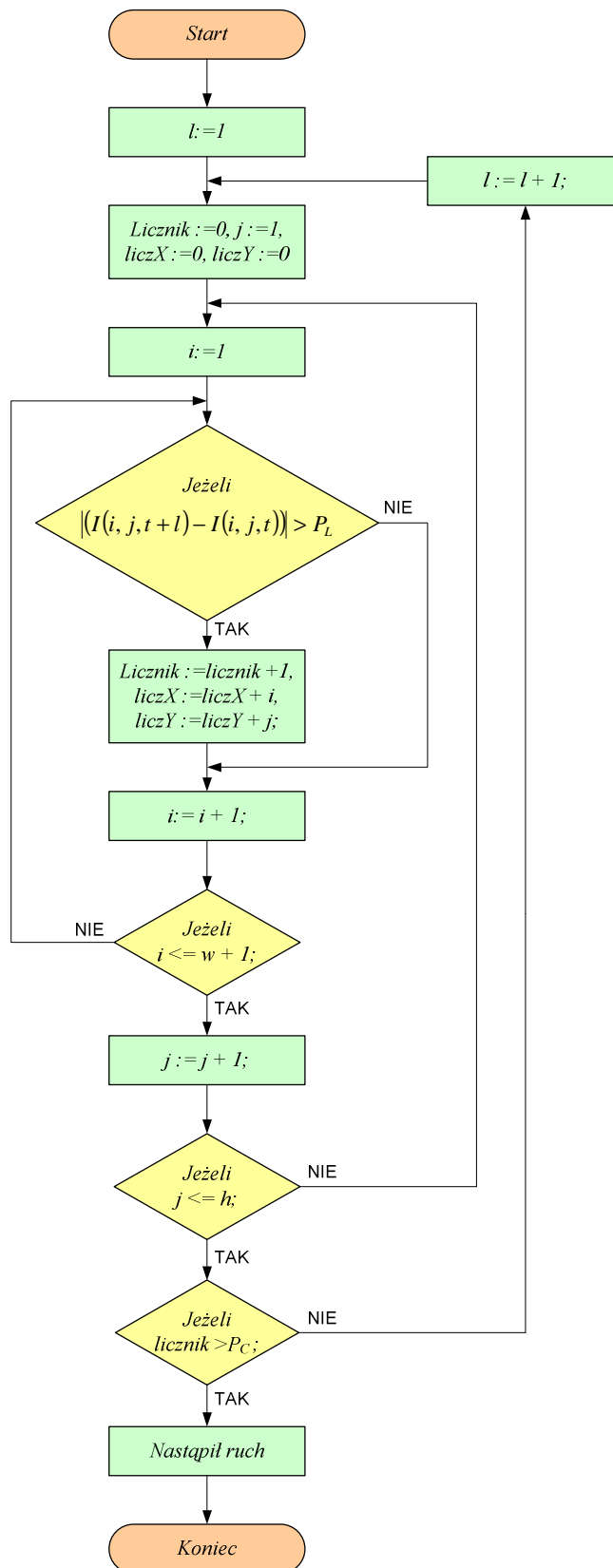
Detekcji ruchu jako zdarzenie zmiany stanu zajętości miejsca parkingowego

Do wykrywania zmiany stanu zajętości miejsca parkingowego można użyć detekcji ruchu oraz jego kierunku. W tym celu można wykonać operację wyznaczania maski ruchu i jej środka ciężkości opisanego algorytmem na rys. 5.

Przyjmuje się, że znane są: szerokość w obrazie (w pikselach), wysokość h obrazu (w pikselach), macierz jasności I_t obrazu w chwili t , macierz jasności I_{t-1} obrazu w chwili $t-1$ i stała P_L (próg dozwolonej wartości różnicy w pikselach) oraz P_C (próg powierzchni maski ruchu). Oba parametry P_L i P_C zostały wyznaczone przy użyciu metody opisanej w poprzednim podrozdziale.

Algorytm działa cyklicznie tak długo aż wykryje ruch. Jeżeli nie wykryty został ruch na dwóch kolejnych klatkach to zostaje pobrany następny obraz i znów obliczona jest maska ruchu dla nowej pary obrazów. Po zakończeniu algorytmu otrzymujemy:

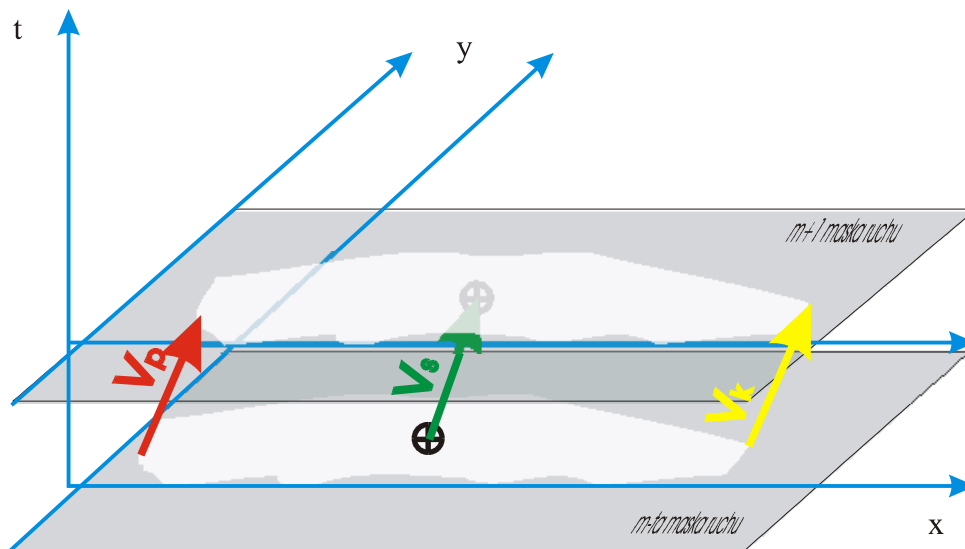
1. wartość licznik, zawierającą liczbę pikseli różniących się w obu obrazach o więcej niż wynosi stała P_L ;
2. x_s i y_s zawierające współrzędne środka geometrycznego maski ruchu.



Rys. 5. Algorytm wyznaczania różnic obrazów, z definiowaniem zakresu tych różnic.

3.2 Detekcja zajętości miejsca parkingowego

Po otrzymaniu współrzędnych środka maski ruchu pojazdu wystarczy tylko śledzić zmianę jego położenia i na tej podstawie wykryć czy pojazd wjeżdża na miejsce parkingowe czy je opuszcza wyznaczając wektor przesunięcia maski ruchu w sposób zaznaczony na rys. 6.



Maski ruchu pojazdu

Rys. 6. Ilustracja przedstawia wektory przesunięcia maski ruchu na podstawie początku, końca i środka geometrycznego.

W naszym przypadku, jeśli kamera jest ustawiona wzdłuż miejsca parkingowego, wystarczy śledzenie zmiany położenia maski ruchu wzdłuż jednej osi. Tej równoległej do miejsca parkingowego.

Na tej podstawie możemy opisać dwa zdarzenia:

1. $x_{st-1} - x_{st} > 0$ – to pojazd wjeżdża na miejsce parkingowe.
2. $x_{st-1} - x_{st} < 0$ – to pojazd opuszcza miejsce parkingowe.

Indeksy t i $t-1$ oznaczają kolejne maski ruchu obiektu.

W tym miejscu należy zdefiniować także jak duży ruch będzie uznawany za wjazd i opuszczanie miejsca parkingowego a nie tylko manewry na tym miejscu.

4. PODSUMOWANIE

W opracowaniu przedstawiono zagadnienie wizyjnego wykrywania zajętości miejsc na parkingu. Ograniczono się do detekcji wjazdu i opuszczenia przez pojazd z miejsca parkingowego. Jednak uwzględniono możliwość szacowania innych parametrów ruchu poruszających się obiektów po parkingu. Zadanie detekcji zajętości miejsc parkingowych zostało poprzedzone analizą i propozycją metody eliminacji zakłóceń jakie pojawiają się na wyliczanych maskach ruchu. Następnie przedstawiono metodę dzięki której wyliczono maskę ruchu i maskę ruchu obiektu. Na koniec przedstawiony został sposób wyznaczania dwóch zdarzeń, gdy pojazd wjeżdża na miejsce parkingowe i gdy je opuszcza.

Metoda ta choć jest mniej precyzyjna od opisanej na początku tego artykułu konwencjonalnej metod to jednak jest dużo tańsza. Jedną kamerą może obsługiwać wiele miejsc parkingowych. Drugą zaletą przedstawionej tu metody wizyjnej jest możliwość szacowania innych parametrów ruchu pojazdów na parkingu np.: prędkość czy przyspieszenie.

Następnym krokiem będzie implementacja przedstawionej tu metody oraz sprawdzenie w rzeczywistych warunkach.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Stawowy. Automatic parameters selection of visual motion detekcji of vehicles in telematic systems of motorways. Transport Systems Telematics. 2007 October 27-19, 2007 Katowice-Ustroń, Poland.
- [2] Duque D. Santos H. and Cortez P. An Intelligent and Automated Video Surveillance System, ICIAR 2006, pp. 898 – 909.
- [3] Stawowy M.: „Komputerowa analiza obrazów w zastosowaniu do pomiarów parametrów ruchu pojazdów”. Rozprawa Doktorska, Wydział Transportu PW. Warszawa 2001.
- [4] Stawowy M.: Zastosowanie analizy obrazu do rozwiązywania zagadnień transportowych. Raport Prace IPI PAN, nr 862, Warszawa.
- [5] Szmigiel P.: Systemy radiowe w zarządzaniu parkingiem. Praca Inżynierka Wydział Transportu Politechnika Warszawska 2011.
- [6] Zheng, Wang, Nihan, and Hallenbeck. Extracting Roadway Background Image: a Mode-Based Approach. TRB 2006 Annual Meeting.