

Piotr LECH<sup>1</sup>  
Krzysztof OKARMA<sup>1</sup>

### **SZYBKA METODA ZLICZANIA POJAZDÓW NA PODSTAWIE OBRAZU Z KAMERY**

*W pracy przedstawiono algorytm szybkiej estymacji pola powierzchni metodą Monte Carlo oraz bazujące na nim estymatory obwodu i momentów obiektów sceny dwuwymiarowej. Opisane estymatory zostały użyte do zbudowania kryterium selekcji klatki z sekwencji wideo, na podstawie której możemy zliczać pojazdy, które przesuwają się względem kamery.*

### **FAST METHOD OFR COUNTING THE VEHICLES BASED ON THE IMAGES FROM THE CAMERA**

*In this paper a fast algorithm of area estimation based on the Monte Carlo method is presented together with the estimators of the perimeter and moments for the 2-D scene. Presented estimators have been used for the criterion which allows the choice of a frame from a video sequence which can be used for counting the vehicles moving relatively to the camera.*

## **1. WSTĘP**

Podczas zastosowania technik wizyjnych w Inteligentnych Systemach Transportowych [1] często spotykamy się z sytuacją kiedy używając jedynie informacji obrazowej musimy zliczyć ilość przemieszczających się obiektów na scenie wraz z określeniem ich parametrów geometrycznych takich jak pole powierzchni, obwód. Przykładowo może to być bramka zliczająca ilość i rejestrująca wielkość poruszających się samochodów na drodze w celu automatycznego oszacowania natężenia ruchu lub automatycznego sterowania ruchem wraz z pozyskiwaniem danych statystycznych dotyczących wielkości pojazdów do dalszych analiz. Klasyczne metody szacowania cech geometrycznych obiektów obrazów sceny dwuwymiarowej wymagają znacznych nakładów obliczeniowych i w wielu przypadkach z tego powodu nie mogą być użyte w praktyce (szczególnie w zastosowaniach przemysłowych o niskiej mocy obliczeniowej).

---

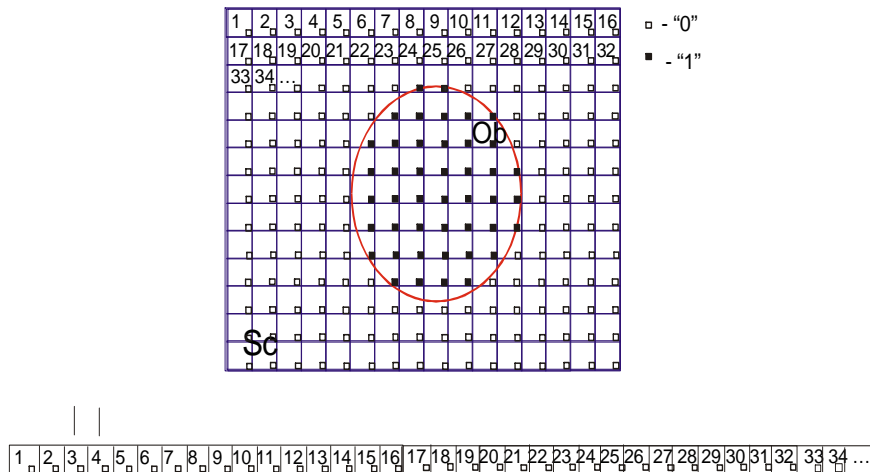
<sup>1</sup> Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna w Szczecinie, Wydział Transportu Samochodowego; 71-244 Szczecin; ul. Klonowica 14. Tel: +48 91 424-08-75, Fax: +48 91 424-08-76 E-mail: okarma@wste.szczecin.pl

## 2. SZYBKIE ALGORYTMY ESTYMACJI CECH GEOMETRYCZNYCH OBIEKTÓW SCENY 2W

### 2.1 Idea algorytmu bazowego – estymacji pola powierzchni metodą Monte Carlo

Stosując eksperyment statystyczny przeprowadzony metodą Monte Carlo opracowana została metoda szacowania ilości pikseli w obrazie, w której została zredukowana ilość punktów niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń, przez co zwiększona została szybkość działania algorytmu [2].

Próbki (rys. 1) obrazu zawierającego pojedynczy obiekt i tło przechowujemy w binarnej tablicy jednowymiarowej. Każda próbka jest ponumerowana od 1 do  $N$  (gdzie  $N$  oznacza liczbę próbek całej sceny). Przykładowo jedyneką przyjęto oznaczyć piksele czarne należące do obiektu a zerem białe należące do tła, choć możliwe jest również użycie innego kryterium, w wyniku którego otrzymujemy wartości 1 i 0 określające obszar obiektu i tła. W zależności od przyjętego kryterium klasyfikującego przynależność elementu należącego do obiektu i tła możemy bezpośrednio operować na obrazie kolorowym, czarno - białym lub binarnym. Z wektora próbek losujemy zwrrotnie pojedynczy element. Dokonujemy  $n$  – niezależnych losowań.



Rys.1. Idea estymacji pola powierzchni metodą Monte Carlo.

Estymator pola powierzchni obiektu znajdującego się na scenie opisany jest wzorem:

$$\hat{A}_{ob} = \frac{k}{n} A_{sc} \quad (1)$$

gdzie:  $\hat{A}_{ob}$  - estymator pola powierzchni,  $A_{sc}$  - pole powierzchni całej sceny,  $k$  - ilość wylosowanych elementów należących do obiektu,  $n$  - liczba losowań.

Błąd estymacji określony jest wzorem:

$$\varepsilon_{\alpha} = \frac{u_{\alpha}}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{K}{N} \left(1 - \frac{K}{N}\right)} \quad (2)$$

gdzie  $K$  oznacza ilość wszystkich „jedynek” pikseli w obrazie, natomiast  $u_{\alpha}$  to wartość określająca dwustronny obszar krytyczny.

## 2.2 Estymacja właściwa pola powierzchni

Analizowany obraz można podzielić na  $T \times S$  kwadratowych obszarów o rozmiarze  $r \times r$  pikseli, gdzie:  $r$  oznacza rozmiar boku elementarnego kwadratowego obszaru wyrażony w pikselach, w którym obliczone zostanie pole powierzchni metodą Monte Carlo, natomiast wielkości  $T$  i  $S$  oznaczają wielokrotności wartości  $r$  dla osi poziomej i pionowej obrazu.

W każdym takim kwadracie wyznaczone zostaje pole powierzchni metodą Monte Carlo. Wyznaczone wartości zapamiętywane są w tablicy odwzorowującej rozmieszczenie kwadratowych obszarów na pierwotnym obszarze obrazu o nazwie  $P$ . Suma wszystkich wyznaczonych pól powierzchni elementarnych kwadratów składa się na wartość pola powierzchni obiektu umiejscowionego na scenie.

## 2.3 Estymacja obwodu

Zakładając, że wyznaczone wartości poszczególnych pól powierzchni zostały zapamiętane w tablicy  $P$ , tworzymy tablicę  $K$  o rozmiarze  $T \times S$  elementów, do której przepisujemy odpowiednio:

- **zero** dla wartości oszacowanych pól powierzchni zapamiętanej w tablicy  $P$ , które są równe co do wielkości polu elementarnego kwadratowego obszaru i równocześnie posiadają sąsiadów o niezerowym polu (są to wewnętrzne fragmenty obiektu),

-  $\sqrt{\hat{A}_{ob}}$  - dla pozostałych niezerowych wartości pól.

Zliczenie ilości niezerowych wartości tablicy  $K$  wyraża przybliżoną wartość obwodu.

W wypadku estymacji obwodu dla nieco bardziej złożonych kształtów (np. pojazdów osobowych) na podstawie obrazu binarnego, wymagane są dodatkowe operacje (zwykle morfologiczne) w celu uniknięcia wpływu niewłaściwie dobranego progu binaryzacji (np. dla szyb pojazdu). Alternatywnym rozwiązaniem jest wykorzystanie informacji dotyczących tła, na którym widoczne są poruszające się pojazdy lub technik śledzenia ruchu, które są jednak bardziej kosztowne obliczeniowo.

## 2.4 Estymacja wartości momentów

Momenty pierwszego rzędu  $M_{1x}$   $M_{1y}$  mogą być wyznaczone w oparciu o estymowane wartości pól powierzchni i współrzędnych, co wyrażają wzory:

$$M_{1x} = \frac{1}{A(X)} \cdot \sum_x x_i \quad M_{1y} = \frac{1}{A(X)} \cdot \sum_x y_i \quad (3)$$

gdzie:  $X$  – oznacza analizowaną figurę,  $A(X)$  – estymowana wartość pola powierzchni,  $x_i$ ,  $y_i$  – współrzędne dla  $i$ -tego piksela.

Na podobnej zasadzie możliwa jest również estymacja momentów wyższych rzędów.

### 2.5 Szybkość działania algorytmu estymacji pola powierzchni metodą Monte Carlo

Porównanie czasów działania proponowanego algorytmu z klasycznym może zostać wykonane w oparciu o program testowy, w którym umieścić należy procedury pomiaru czasu na wejściu do algorytmu szacowania pola i po ukończeniu jego działania dla metody klasycznej polegającej na zliczeniu wszystkich jedynek i opisanej w artykule metody Monte Carlo. W wypadku zastosowania komputera osobistego z procesorem Athlon XP 2000 oraz środowiska Borland Delphi różnica czasów z rozpoczęcia i zakończenia działania obu algorytmów jest około 16 razy większa dla metody klasycznej. Jest ona oczywiście zależna od rozdzielczości obrazu testowego oraz liczby losowanych próbek (tego rzędu przyspieszenie można uzyskać losując ok. 1000 próbek z obrazu o rozdzielczości rzędu 300×300 pikseli). Zmniejszony koszt obliczeniowy algorytmu wynika głównie ze zmniejszenia ilości analizowanych punktów oraz ograniczenia procesu binaryzacji tylko do analizowanych punktów obrazu.

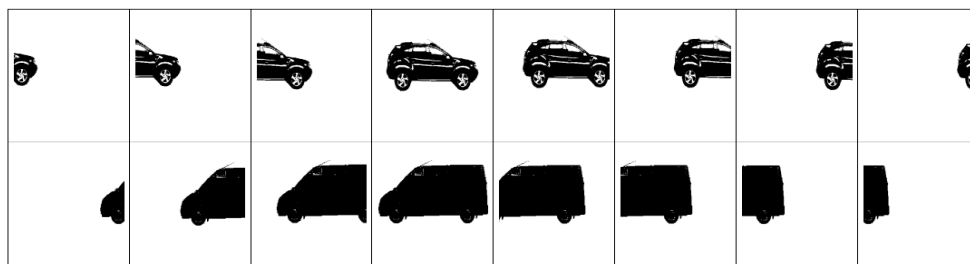
### 3. KRYTERIUM ZLICZANIA POJAZDÓW BAZUJĄCE NA MAKSYMUM WIELKOŚCI POLA POWIERZCHNI I OBWODU OBIEKTU

Dla poprawnej identyfikacji i zliczania obiektów poruszających się przed kamerą (przykład akwizycji ruchomego samochodu względem kamery przedstawia rysunek 2) przyjęto następujące kryterium:

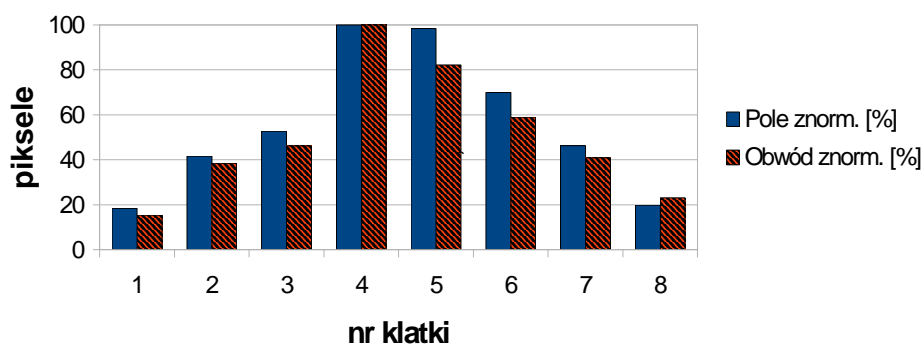
- pole powierzchni obiektu jest maksymalne,
- obwód obiektu jest maksymalny,
- wartości momentu  $M_{1x}$  są rosnące lub malejące w zależności od kierunku ruchu,
- wartość momentu  $M_{1y}$  znajduje się w określonym wąskim przedziale.

Dla uproszczenia analizy wyników wielkości pomiarów wyrażono w pikselach. Przyjęto również dla uproszczenia weryfikacji, że pojazd mieści się w kadrze i występuje pojedynczo, przy czym jego ruch zachodzi względem osi poziomej obrazu. Nie wpływa to jednak na ogólność rozważań, tak więc proponowana metoda może być łatwo dostosowana do innych konfiguracji i połączona z innymi algorytmami stosowanymi w ITS.

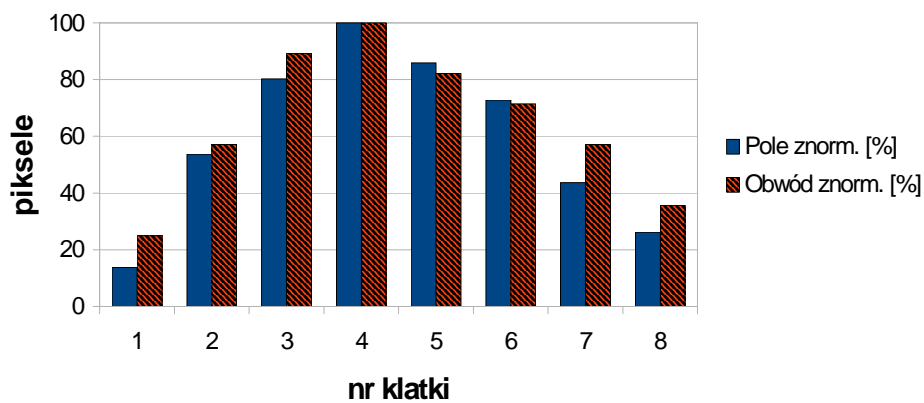
Dla przedstawionych na rysunku 2 sekwencji obrazów dokonano oszacowania pól powierzchni, obwodów, oraz momentów  $M_{1y}$  i  $M_{1x}$ .



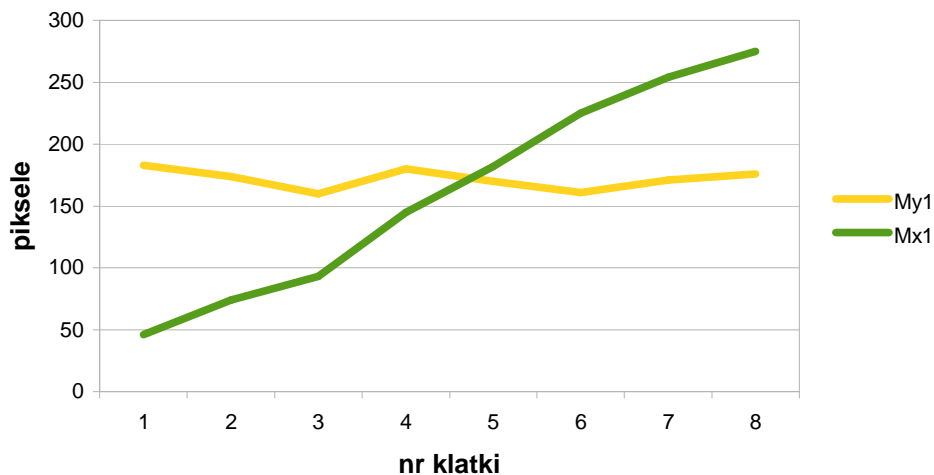
Rys.2. Sekwencje klatek wideo ilustrujące dwa różne obiekty zarejestrowane przez kamerę.



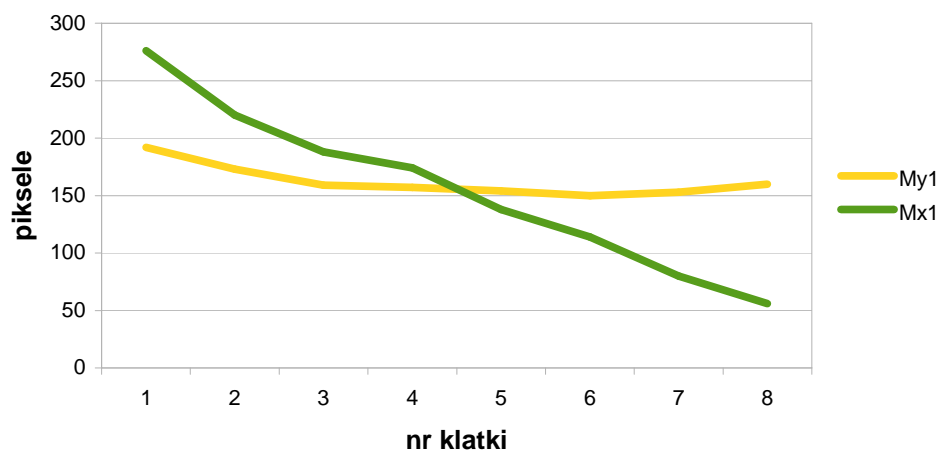
Rys.3. Znormalizowane wielkości estymowanych pól i obwodów dla sekwencji wideo dotyczącej pojazdu nr 1 (osobowego).



Rys.4. Znormalizowane wielkości estymowanych pól i obwodów dla sekwencji wideo dotyczącej pojazdu nr 2 (busa).



Rys.5. Estymowane wartości  $M_{1y}$  i  $M_{1x}$  dla sekwencji wideo pojazdu nr 1 (osobowego).



Rys.6. Estymowane wartości  $M_{1y}$  i  $M_{1x}$  dla sekwencji wideo pojazdu nr 2 (busa).

Z analizy rysunków 5 oraz 6 wynika wniosek, iż wartości momentów  $M_{1x}$  zachowują się zgodnie z oczekiwaniami wynikającymi z kierunku ruchu, natomiast wartości  $M_{1y}$  utrzymują zbliżoną do siebie wartość. Przyjęte kryterium umożliwia łatwą i szybką identyfikację klatki sekwencji wideo, dla której pojazd posiada maksymalne wartości pola powierzchni i obwodu na obrazie, niezależnie od wielkości tego pojazdu.

#### 4. WNIOSKI

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość zastosowania kryterium bazującego na estymowanych wartościach pola, obwodu i momentów do wyboru klatki obrazu na podstawie której nastąpi pojedyncze zliczenie obiektu występującego na scenie 2-D. Ponieważ estymatory pola, obwodu i momentów są wyznaczone z użyciem metody Monte Carlo, obliczenia charakteryzują się dużą szybkością działania i małym kosztem.

Z punktu widzenia łatwości implementacji oraz niskiej złożoności obliczeniowej proponowana technika może znaleźć zastosowanie w wizyjnych technikach stosowanych w Inteligentnych Systemach Transportowych, a także w zastosowaniach przemysłowych o stosunkowo małej wydajności obliczeniowej.

Podobne podejście do uproszczonej analizy obrazów uzyskiwanych na podstawie sekwencji wideo do celów sterowania ruchem pojazdów może być również wykorzystane np. w automatycznym zarządzaniu miejscami parkingowymi [3] w oparciu o estymację wielkości pojazdu znajdującego się przy bramce wjazdowej.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Kastrinaki V., Zervakis M., Kalaitzakis K.: *A survey of video processing techniques for traffic applications*. Image and Vision Computing, vol. 21, Elsevier, pp. 359-381
- [2] Okarma K., Lech P.: *Monte Carlo Based Algorithm for Fast Preliminary Video Analysis*. Lecture Notes in Computer Science, vol. 5101, Springer-Verlag, pp. 790-799
- [3] Okarma K., Lech P.: Application of the Monte Carlo preliminary image analysis and classification method for the automatic reservation of parking space. Machine GRAPHICS & VISION vol. 18, no. 4, 2009 pp. 439-452

#### 6. PODZIĘKOWANIA

Artykuł powstał częściowo dzięki wsparciu w ramach grantu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N509 399136 „Estymacja trajektorii ruchu pojazdów z wykorzystaniem analizy bayesowskiej oraz algorytmów cyfrowego przetwarzania obrazów“.