ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: TRANSPORT z. 46 Nr. kol. 1571

Zbigniew CZAPLA

OCENA PRZYDATNOŚCI FRAGMENTACJI OBRAZU DO ANALIZY OBRAZÓW Z REJESTRATORA DANYCH RUCHOWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę przydatności fragmentacji obrazu do analizy obrazów z rejestratora danych ruchowych. Artykuł zawiera zwięzły opis metody fragmentacji obrazów cyfrowych oraz przedstawia wyniki przykładowej fragmentacji kwadratowej obrazu cyfrowego za pomocą wzorców stopnia drugiego.

USEFULNESS APPRECIATION OF IMAGE PARTITIONING AT ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES FROM A ROAD TRAFFIC DATA RECORDER

Summary. In the paper a usefulness appreciation of image partitioning at analysis of digital images from a road traffic data recorder has been presented. The paper contains also concise description of digital images partitioning method and presents the results of sample digital images quad partitioning using second degree templates.

1. WPROWADZENIE

Komputerowe systemy wizyjne mają zastosowanie do automatycznego określania parametrów ruchu drogowego. W systemach tych rejestrowane dane obrazowe wykorzystywane są do określania szeregu wybranych parametrów ruchu drogowego [4]. Na podstawie danych obrazowych przeprowadzane są, dla ustalonego przekroju drogi, pomiary: liczby pojazdów, prędkości pojazdów, długości pojazdów oraz odstępów między pojazdami. Dane obrazowe pozwalają również na pomiary natężeń ruchu na skrzyżowaniach, a także wykorzystania miejsc parkingowych. Dane obrazowe mogą być wykorzystywane do akomodacyjnego sterowania ruchem na skrzyżowaniach oraz do nadzoru nad ruchem drogowym, na przykład na autostradach.

W komputerowych systemach wizyjnych, do automatycznego określania parametrów ruchu drogowego, obrazy z danymi ruchowymi otrzymywane są z rejestratorów danych ruchowych. Akwizycja przeprowadzana jest z wykorzystaniem kamery wideo lub aparatu fotograficznego, a otrzymywany obraz zazwyczaj jest już w postaci cyfrowej (jeżeli nie, to przeprowadzana jest konwersja z postaci analogowej do postaci

cyfrowej). Analiza obrazu polega na wstępnym przetworzeniu obrazu, pomiarze cech obrazu oraz na interpretacji otrzymanych wyników ilościowych [8], [10]. Wstępne przetwarzanie obrazu [8], [9], [10] ma na celu usunięcie z obrazu zakłóceń oraz nieistotnych elementów, a także pozwala na uwydatnienie wybranych cech obrazu. Pomiar cech obrazu pozwala na określenie wielkości ilościowych opisujących charakterystyczne cechy analizowanego obrazu. Interpretacja otrzymanych wyników ilościowych prowadzi do określenia wybranych parametrów ruchowych i w dużym stopniu zależy od przyjętych kryteriów interpretacyjnych.

Obrazy cyfrowe, uzyskiwane z rejestratora danych ruchowych, przechowywane są w plikach graficznych, których rozmiary są zazwyczaj duże. Zmniejszenie rozmiarów plików graficznych możliwe jest w wyniku przeprowadzenia kompresji. Znanych jest wiele metod kompresji, zarówno bezstratnej, jak i stratnej [5], [6], [7]. W metodach tych wykorzystywane są algorytmy różniące się stopniem skomplikowania oraz efektywnością. Miarą skuteczności kompresji jest współczynnik kompresji. Metody kompresji stratne pozwalają na uzyskiwanie współczynników kompresji o większych wartościach niż metody bezstratne, a jest to osiągane kosztem utraty części informacji obrazowej. Utrata części informacji obrazowej może spowodować pogorszenie jakości obrazu po rekonstrukcji, nawet w znacznym stopniu. Do kompresji obrazów cyfrowych mogą być również stosowane metody oparte na tzw. kodowaniu obszaru zainteresowań (ROI). W metodach tych bezstratnie kodowany jest ten obszar obrazu, który zawiera istotną merytorycznie informację, natomiast pozostały obszar obrazu kodowany jest stratnie.

Segmentacja obrazu cyfrowego polega na wydzielaniu obszarów obrazu. Piksele wydzielanych obszarów obrazu muszą spełniać ustalone kryteria jakościowe. Segmentacja jest istotnym elementem analizy logicznej sceny i pozwala na wyodrębnienie obiektów zawartych w analizowanym obrazie. Fragmentacja [1] obrazu cyfrowego również prowadzi do wydzielenia obszarów obrazu, a piksele wydzielanych obszarów nie muszą ściśle spełniać kryteriów jakościowych. Fragmentacja obrazów jest stosowana w kompresji obrazów, możliwe jest również wykorzystanie fragmentacji w analizie obrazów.

Do fragmentacji obrazów zawierających dane ruchowe zastosowano metodę fragmentacji wykorzystującą wzorce [2], [3]. Implementacja i badania numeryczne przeprowadzone zostały dla wzorców stopnia drugiego. Wyniki przeprowadzonych badań numerycznych pozwalają na dokonanie ogólnej oceny przydatności zastosowanej metody fragmentacji do analizy obrazów otrzymywanych z rejestratora danych ruchowych.

2. METODA FRAGMENTACJI

W zastosowanej metodzie fragmentacji poddawany jest obraz cyfrowy A, achromatyczny z poziomami szarości, o rozdzielczości przestrzennej N x M pikseli, określony przez dyskretną funkcję wartości pikseli g przyporządkowującą każdemu punktowi obrazu (pikselowi) liczbę całkowitą określającą poziom szarości w tym punkcie. Obraz cyfrowy A dzielony jest (dokonywana jest jego fragmentacja) na n_A rozłącznych prostokątnych obszarów $A^{(i)}$ w taki sposób, że suma teoriomnogościowa wszystkich wydzielonych obszarów $A^{(i)}$ tworzy obraz A. Rozdzielczość przestrzenna poszczególnych wydzielonych obszarów $A^{(i)}$ wynosi N_i x M_i, a zatem

$$A = g(x, y), \qquad 1 \le x \le N, \quad 1 \le y \le M \tag{1}$$

$$A^{(i)} = g(x, y), \qquad n_i \le x \le N_i + n_i - 1, \quad m_i \le y \le M_i + m_i - 1 \tag{2}$$

oraz

$$A = \bigcup_{i=1}^{n_A} A^{(i)} \tag{3}$$

Zbiór wzorców $W = \{\mathbf{W}^{(1)}, \mathbf{W}^{(2)}, ..., \mathbf{W}^{(q)}\}$ zawiera q standardowych struktur $\mathbf{W}^{(j)}$ Oprócz zbioru wzorców ustalane jest również przekształcenie f_i, które odwzorowuje wzorzec $\mathbf{W}^{(j)}$ na strukturę wydzielanego obszaru $A^{(i)}$ obrazu A. Wydzielany obszar $A^{(i)}$ obrazu A określony będzie jednoznacznie przez współczynniki przekształcenia f_i oraz przez różnowartościowy zbiór wartości pikseli P_i wydzielanego obszaru $A^{(i)}$

$$A^{(i)} = f_i\left(\mathbf{W}^{(j)}, P_i\right) \qquad j \in \{1, ..., q\} \tag{4}$$

a uwzględniając, że suma teoriomnogościowa wszystkich wydzielonych obszarów $A^{(i)}$ stanowi obraz A

$$A = \bigcup_{i=1}^{n_A} f_i\left(\mathbf{W}^{(j)}, P_i\right) \qquad j \in \{1, ..., q\} \tag{5}$$

Przekształcenie f_i jest przekształceniem afinicznym, będącym złożeniem obrotu f_{iR}, skalowania f_{iS} oraz przesunięcia f_{iT}, a zatem

$$f_i = f_{iT} \circ f_{iS} \circ f_{iR} \tag{6}$$

oraz

$$A^{(i)} = f_{iT}\left\{ f_{iS}\left[f_{iR}\left(\mathbf{W}^{(j)}, P_i\right)\right]\right\} \qquad j \in \{1, \ldots, q\} \tag{7}$$

$$A = \bigcup_{i=1}^{n_A} f_{iT}\left\{ f_{iS}\left[f_{iR}\left(\mathbf{W}^{(j)}, P_i\right)\right]\right\} \qquad j \in \{1, \ldots, q\} \tag{8}$$

Każdy z wydzielonych obszarów obrazu opisany jest przez parametry sterujące oraz przez parametry informacyjne. Parametry sterujące określają wzorzec i sposób jego przekształcenia, natomiast parametry informacyjne określają wartości pikseli wydzielonego obszaru obrazu.

Wzorce wykorzystywane do fragmentacji są symbolicznymi macierzami kwadratowymi i określają struktury wzajemnego rozmieszczenia pikseli wydzielanych obszarów obrazu.

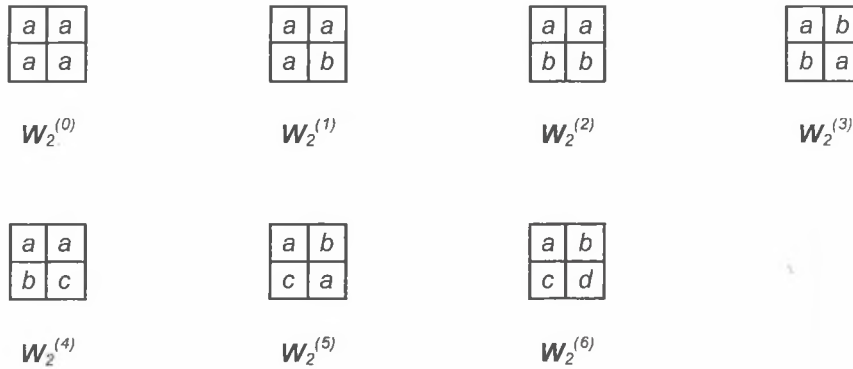
Na wzorcach przeprowadzane są operacje. Operacje obrotu i skalowania przeprowadzane są w lokalnym układzie współrzędnych, a operacji przesunięcia odpowiada zamiana współrzędnych lokalnych na współrzędne podstawowego układu współrzędnych. Po wykonaniu wszystkich operacji na wzorcu wartości symboliczne wzorca zamieniane są na odpowiadające im wartości pikseli.

3. IMPLEMENTACJA I WYNIKI FRAGMENTACJI

Do fragmentacji obrazów cyfrowych z rejestratora danych ruchowych wykorzystano implementację przeprowadzoną dla fragmentacji kwadratowej, zgodnej ze strukturą drzewa czwórkowego, z wykorzystaniem pełnego zestawu wzorców stopnia drugiego. Wzorce stopnia drugiego są symbolicznymi macierzami kwadratowymi $\mathbf{W}_2^{(j)}$ i określają struktury, o rozmiarze 2 x 2, wzajemnego rozmieszczenia pikseli wydzielanych obszarów obrazu.

Zestaw wzorców stopnia drugiego przedstawiony został na rys. 1 (elementy wzorca oznaczone tą samą literą odpowiadają częściom obszarów zawierającym piksele o tych samych wartościach).

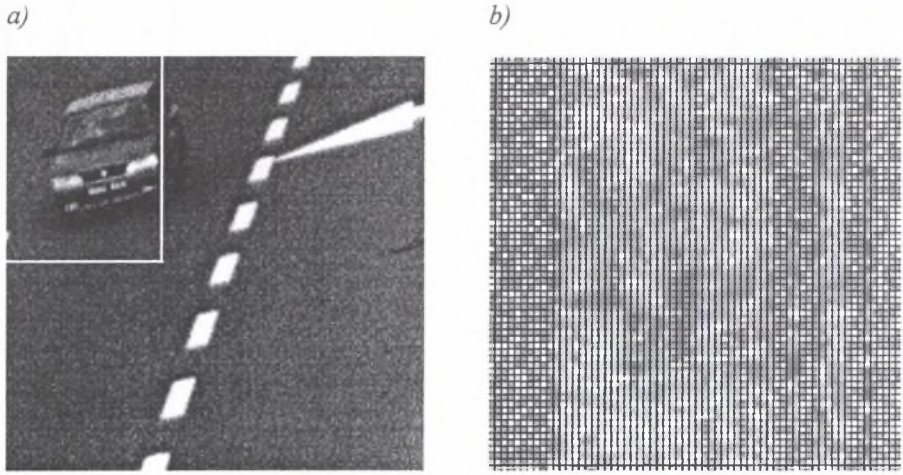
Liczba bajtów informacyjnych zależy od wzorca użytego do opisu wydzielonego obszaru obrazu i zawiera się w zakresie od jednego (dla wzorca $\mathbf{W}_2^{(0)}$) do czterech (dla wzorca $\mathbf{W}_2^{(6)}$).



Rys. 1. Zestaw wzorców stopnia drugiego
Fig. 1. Second degree set of templates

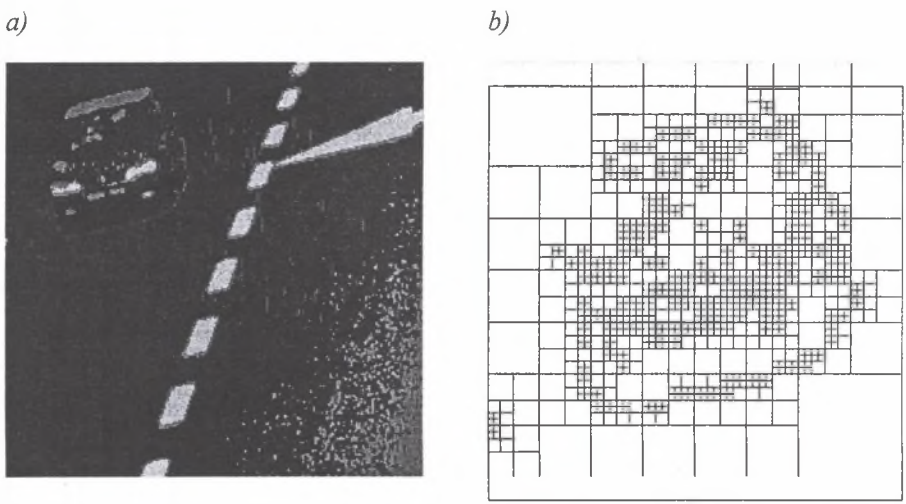
Wynik fragmentacji przykładowych obrazów rzeczywistych, jakie mogą być otrzymane z rejestratora danych ruchowych (całe obrazy lub ich części), przedstawiono na rys. 2, 3, oraz na rys. 4, 5. Są to obrazy cyfrowe o rozdzielczości poziomów jasności 8 bpp i rozdzielczości przestrzennej 256 x 256 pikseli. Fragmentacji poddane zostały części obrazów, o rozmiarze 128 x 128 pikseli, części te zaznaczono białymi liniami. Sposób oznaczenia obszarów wydzielonych w wyniku fragmentacji zależy od stopnia zróżnicowania pikseli wydzielonego obszaru. Obszary o małym stopniu zróżnicowania pikseli (wydzielone wzorcami $\mathbf{W}_2^{(0)}$, $\mathbf{W}_2^{(1)}$, $\mathbf{W}_2^{(2)}$, $\mathbf{W}_2^{(3)}$) zaznaczone zostały jako białe, obszary o średnim stopniu zróżnicowania pikseli (wydzielone wzorcami $\mathbf{W}_2^{(4)}$, $\mathbf{W}_2^{(5)}$) jako jasnoszare, natomiast obszary o dużym stopniu zróżnicowania pikseli (wydzielone wzorcem $\mathbf{W}_2^{(6)}$) jako ciemnoszare.

Fragmentację obrazu o pełnej rozdzielczości poziomów jasności (256 poziomów szarości) przedstawiają rys. 2 i 4. Wynik fragmentacji wskazuje na duże zróżnicowanie wartości pikseli obrazu (w wyniku fragmentacji otrzymano wyłącznie obszary o rozmiarze 2 x 2 piksele), a związek między zawartością obrazu a wynikiem fragmentacji jest niezauważalny. Rysunki 3 i 5 przedstawiają obrazy po zredukowaniu liczby poziomów szarości do czterech. Po nawet tak znacznym zredukowaniu poziomów szarości zachowana została czytelność obrazu, a związek zawartości obrazu z wynikiem fragmentacji jest bardzo wyraźny.



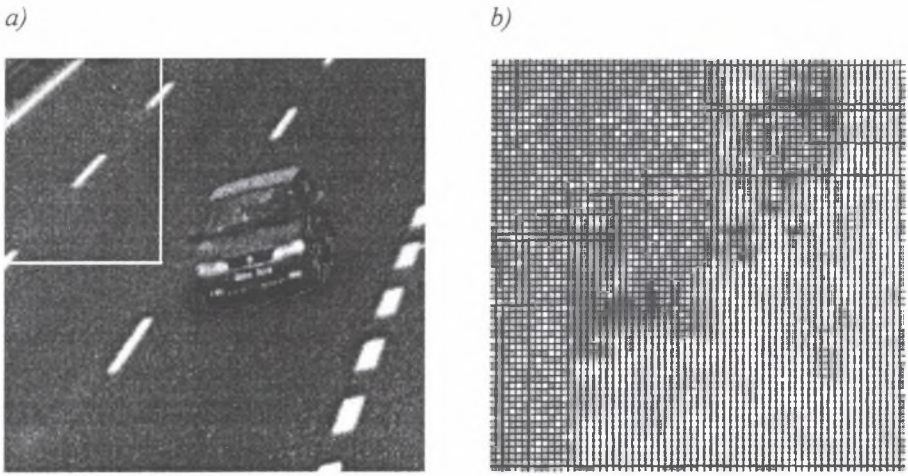
Rys. 2. Fragmentacja obrazu rzeczywistego: a) obraz z 256 poziomami szarości; b) wynik fragmentacji zaznaczonej części obrazu

Fig. 2. Partitioning of real image: a) 256 grey level image b) partitioning result of marked part of image



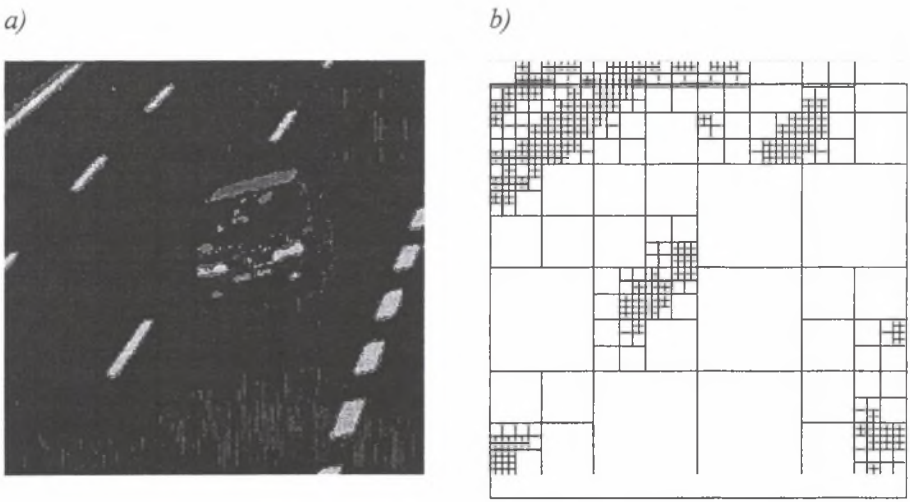
Rys. 3. Fragmentacja obrazu rzeczywistego: a) obraz z 4 poziomami szarości; b) wynik fragmentacji zaznaczonej części obrazu

Fig. 3. Partitioning of real image: a) 4 grey level image b) partitioning result of marked part of image



Rys. 4. Fragmentacja obrazu rzeczywistego: a) obraz z 256 poziomami szarości; b) wynik fragmentacji zaznaczonej części obrazu

Fig. 4. Partitioning of real image: a) 256 grey level image b) partitioning result of marked part of image



Rys. 5. Fragmentacja obrazu rzeczywistego: a) obraz z 4 poziomami szarości; b) wynik fragmentacji zaznaczonej części obrazu

Fig. 5. Partitioning of real image: a) 4 grey level image b) partitioning result of marked part of image

4. OCENA PRZYDATNOŚCI FRAGMENTACJI

Ocenę przydatności fragmentacji przeprowadzono pod kątem zastosowań w systemach automatycznego określania parametrów ruchu drogowego. Możliwe obszary zastosowania fragmentacji to kompresja danych obrazowych oraz analiza obrazu.

Rozdzielczość przestrzenna 256 x 256 pikseli ułatwia wykorzystanie struktury bajtowej, co pozwala na uproszczenie stosowanych algorytmów. Obrazy z rejestratorów danych ruchowych mają zazwyczaj większą rozdzielczość przestrzenną niż 256 x 256 pikseli, na przykład rozdzielczość przestrzenna obrazów z wideorejestratora wynosi 720 x 576 pikseli. Nie ma to większego znaczenia w przypadku kompresji (można zastosować wstępny podział obrazu i kompresować każdy z tak wydzielonych obszarów obrazu oddzielnie), jednak stanowi istotne utrudnienie w przypadku analizy obrazu, gdzie niewłaściwie przeprowadzony wstępny podział obrazu będzie wpływał na wynik przeprowadzonej analizy. W zastosowaniach fragmentacji do analizy obrazu celowe wydaje się zatem stosowanie algorytmów pozwalających na fragmentację obrazów, których rozdzielczość przestrzenna jest większa niż 256 x 256 pikseli.

Obrazy otrzymywane z rejestratora danych ruchowych charakteryzują się dużym zróżnicowaniem wartości pikseli. Duże zróżnicowanie wartości pikseli jest typowe dla tzw. obrazów z natury, a do takiej kategorii należy zaliczyć obrazy otrzymywane z rejestratora danych ruchowych. Dodatkowo, zróżnicowanie wartości pikseli może wzrosnąć z powodu relatywnie małej rozdzielczości na poziomie akwizycji, a także w wyniku występowania różnego rodzaju zakłóceń.

Przy pełnej rozdzielczości poziomów jasności związek między zawartością obrazu a wynikiem fragmentacji jest trudny lub niemożliwy do określenia. Po przeprowadzeniu redukcji poziomów jasności wyznaczenie związku między zawartością obrazu a wynikiem fragmentacji jest zazwyczaj możliwe, a w wielu przypadkach związek ten jest bardzo wyraźny. Stopień redukcji poziomów jasności pozwalającej na określenie związku między zawartością obrazu a wynikiem fragmentacji zależy od stopnia zróżnicowania wartości pikseli, przy czym, nawet po znacznej redukcji poziomów jasności, czytelność obrazu zostaje zachowana.

Na wyniki analizy obrazów w istotny sposób wpływa jakość analizowanych obrazów. Jakość obrazów otrzymywanych z rejestratora danych ruchowych zależy od warunków, w jakich przeprowadzana jest akwizycja. Pogorszenie jakości otrzymywanych obrazów może być spowodowane wieloma czynnikami. Na jakość obrazów z rejestratora danych ruchowych mogą wpływać takie czynniki, jak: zmiany oświetlenia, zmienne warunki atmosferyczne czy też zanieczyszczenia osłony obiektywu kamery.

Jakość otrzymywanych obrazów może być polepszona przez stosowanie różnych metod przetwarzania obrazów. Podstawowe grupy metod przetwarzania obrazów to: przekształcenia geometryczne, przekształcenia punktowe, przekształcenia za pomocą filtrów cyfrowych, przekształcenia widmowe oraz przekształcenia morfologiczne. Dobór metod przetwarzania obrazów, otrzymywanych z rejestratora danych ruchowych, wynika z charakteru oraz intensywności występujących zakłóceń, a ich stosowanie pozwala na ograniczenie wpływu zakłóceń na otrzymywane obrazy. Ograniczenie wpływu zakłóceń pozwala na zwiększenie skuteczności analizy obrazów z rejestratora danych ruchowych.

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych oraz rezultatów wykonanych badań numerycznych można stwierdzić, że fragmentacja obrazu wykorzystująca wzorce może być stosowana w analizie obrazów z rejestratora danych ruchowych, a wyniki fragmentacji będą korelowały z zawartością obrazu w różnym stopniu, zależnym od wielu czynników.

Zastosowanie fragmentacji do obrazów nieprzetworzonych wstępnie, tak jak w wielu innych metodach, nie da zadowalających rezultatów. Fragmentacja obrazów, zastosowana do przetworzonych wstępnie obrazów z rejestratora danych ruchowych, pozwala na określenie wyraźnego związku między wynikiem fragmentacji a zawartością obrazu, a zatem może być przydatna do indeksacji obiektów do analizy logicznej scen oraz do wyodrębniania obiektów.

Literatura

1. Czapla Z.: Metody fragmentacji obrazów cyfrowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 30, Gliwice 1998, s. 137-147.
2. Czapla Z.: Reprezentacja obrazów cyfrowych wykorzystująca fragmentację determinowaną wzorcem kwadratowym poczwórnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Transport, z. 38, Gliwice 1999, s. 151-159.
3. Czapla Z.: Fragmentacja obrazów cyfrowych z rejestratora danych ruchowych. Materiały konferencyjne: II Konferencja, Telematyka i Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego, Katowice – Ustroń Jaszowiec, 25-26.10.2002, s. 137-143.
4. Datka S., Sucharzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa. 1999.
5. Salomon D.: Data Compression, The Complete Reference. Springer Verlag, New York 2000.
6. Sayood K.: Kompresja danych – wprowadzenie. Wydawnictwo RM, Warszawa 2002.

7. Skarbek W. (red.): Multimedia – Algorytmy i standardy kompresji. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1998.
8. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazu, Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.
9. Watkins C. D., Sadun A., Marenka S.: Nowoczesne metody przetwarzania obrazu. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995
10. Woźnicki J.: Podstawowe techniki przetwarzania obrazów. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1996.

Recenzent: Dr hab. inż. Dariusz Badura, prof. UŚ

Abstract

Road traffic data recorders are applied in computer vision systems to automatic determining of road traffic parameters. In the paper the usefulness of partitioning to partitioning of images from a road traffic data recorder has been appreciated.

The paper includes concise description of digital images partitioning method using templates. In this method an image is divided to regions which each of them is described by parameters determining template, the way of template transformation and pixels value. Several samples of partitioning using second degree templates on pictures with full number of grey levels and on pictures with limited number of grey levels has been made. The samples show connection between an digital image and a result of it partitioning. In the paper the influence on an image partitioning result such parameters as digital image size, number of grey levels and differences of pixels value was considered.

The obtained results indicate the usefulness of image partitioning at object labelling, scene analyses and object extracting.