

Zbigniew CZAPLA

METODY FRAGMENTACJI OBRAZÓW CYFROWYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono najczęściej stosowane metody podziału obrazów cyfrowych. Uwzględniono metody wykorzystywane w algorytmach kompresji, bazujących na fragmentacji obrazu, oraz techniki segmentacji wykorzystywane w procesach komputerowej analizy obrazu. Artykuł zawiera również wybrane informacje o obrazach cyfrowych.

METHODS OF PARTITIONING DIGITAL IMAGES

Summary. This article presents the most often used methods of partitioning digital images. Methods applied in compression algorithms, based on partitioning the image, and segmentation techniques used in computer image analysis have been considered. Selected information on digital images have been given in the paper as well.

1. WPROWADZENIE

Komputerowe systemy wizyjne są stosowane do automatycznego określania parametrów ruchu drogowego. Za ich pomocą można wyznaczać takie wartości, jak kierunek i natężenie ruchu pojazdów, długości kolejek na skrzyżowaniach, czy ilość wolnych miejsc parkingowych. W systemach tych wykorzystywane są algorytmy fragmentacji obrazu cyfrowego, mające istotne znaczenie w procesach przetwarzania i analizy informacji wizyjnej.

W artykule przedstawiono krótkie charakterystyki wybranych algorytmów fragmentacji, wprowadzając podział na algorytmy wykorzystywane w kompresji obrazów i algorytmy segmentacji, stosowane w komputerowej analizie obrazu. Pozwala to na ocenę poszczególnych metod pod kątem przydatności w systemach automatycznego określania parametrów ruchu drogowego.

Artykuł zawiera również wybrane informacje o obrazach cyfrowych w układzie, pozwalającym na usystematyzowanie i ujednoczenie niektórych pojęć, związanych z komputerowym przetwarzaniem obrazów.

2. CYFROWA POSTAĆ OBRAZU

Cyfrowy obraz komputerowy jest zbiorem skwantowanych wartości reprezentujących kolor lub stopień szarości w każdym punkcie obrazu. Punkt obrazu nazywany jest elementem obrazu lub pikselem. Elementy obrazu rozmieszczane są według siatki prostokątnej lub kwadratowej. Stosowane jest również rozmieszczenie elementów obrazu według siatki heksagonalnej, jednak to rozwiązanie jest znacznie mniej rozpowszechnione i w niniejszym opracowaniu obrazy, wykorzystujące siatkę heksagonalną, nie są rozpatrywane.

Z postacią cyfrową obrazu związane są parametry określające rozdzielczość obrazu [7]. Rozdzielczość przestrzenna interpretowana jest jako gęstość punktów próbkowania, natomiast rozdzielczość poziomów jasności odpowiada ilości poziomów kwantowania zakresu wartości przypisywanych poszczególnym pikselom. Ilość poziomów kwantowania nazywana jest ilością kolorów lub ilością stopni szarości i uzależniona jest od liczby bitów przeznaczonych do zapamiętania stanu jednego piksela. Liczba ta bywa oznaczana jako *bpp* (ang. *bits per pixel*). Wysoka rozdzielczość zapewnia dobrą jakość obrazu i umożliwia przedstawienie obiektów o dużej szczegółowości, wiąże się to jednak ze wzrostem ilości pamięci potrzebnej do zapisu i przetwarzania obrazu, a także z wydłużeniem czasu przetwarzania. Dlatego wskazany jest wybór rozdzielczości, będący kompromisem pomiędzy jakością obrazu a zajętością pamięci i czasem przetwarzania.

W postaci nieskompresowanej dane obrazu przechowywane są w formie mapy bitowej lub w formie płyt bitowych. Mapa bitowa jest prostokątną tablicą, o rozmiarze odpowiadającym rozdzielczości przestrzennej obrazu, zawierającą liczby całkowite, reprezentujące poszczególne kolory lub stopnie szarości. W przypadku gdy piksel reprezentowany jest przez więcej niż jeden bit, obraz może być pamiętany w formie płyt bitowych. Każdy płyt bitowy zawiera jednakowe fragmenty danych wszystkich pikseli. Taka organizacja danych ułatwia przetwarzanie realizowane w oparciu o wybrane bity pikseli, a w przypadku obrazów kolorowych możliwe jest, poprzez wybór odpowiednich płyt bitowych, przetwarzanie informacji odpowiadającej poszczególnym składowym koloru.

Ze względu na duże rozmiary plików graficznych, zawierających dane obrazu w postaci nieskompresowanej, stosowane są różne metody kompresji, pozwalające na zmniejszenie rozmiarów tych plików. Ocena skuteczności kompresji może odbywać się w oparciu o współczynnik kompresji, wyrażający stosunek ilości pamięci potrzebnej do zapamiętania obrazu

nieskompresowanego do ilości pamięci potrzebnej do zapamiętania obrazu w postaci skompresowanej. Metody kompresji bezstratnej pozwalają na zmniejszenie rozmiarów plików graficznych bez utraty informacji o obrazie. Metody kompresji stratnej charakteryzują się większymi współczynnikami kompresji niż metody kompresji bezstratnej, osiągnięte jest to jednak kosztem utraty części informacji, co może spowodować pogorszenie jakości obrazu.

2.1. Obraz jako funkcja

Położenie piksela obrazu cyfrowego, o M wierszach i N kolumnach, określone jest przez jego współrzędne (m, n) . Współrzędne (m, n) rosną od wartości $(0, 0)$ do wartości $(M-1, N-1)$. Obraz cyfrowy można traktować jako funkcję ciągu dwuwymiarowego [3], opisaną zależnością:

$$y(m, n) = f\left(\sum_{k=0}^{M-1} \sum_{r=0}^{N-1} x(k, r) \delta(m-k, n-r)\right)$$

gdzie

$$\delta(m, n) = \begin{cases} 0; & m, n \neq 0 \\ 1; & m = n = 0 \end{cases}$$

Funkcja $y(m, n)$ przyjmuje dyskretne wartości z zakresu $[0, 2^B-1]$, gdzie B oznacza ilość bitów przeznaczoną na określenie wartości przyporządkowanych poszczególnym pikselom.

2.2. Typy obrazów czarno-białych

Istnieją dwa typy obrazów czarno-białych, obrazy binarne i obrazy ze stopniowaniem poziomu szarości.

Obraz binarny wykorzystuje dwa kolory czarny i biały. W tym typie nie występują wartości pośrednie. Umożliwia to zapis wartości piksela za pomocą jednego bitu. Obrazy binarne nie wymagają dużej ilości pamięci, a ich przetwarzanie jest znacznie łatwiejsze niż w przypadku obrazów wykorzystujących bardziej złożone sposoby zapisu. Obrazy binarne mają duże znaczenie w procesach analizy obrazu.

W obrazach ze stopniowaniem poziomu szarości wykorzystywane są wartości pośrednie między czernią i bielą. Ilość poziomów szarości uzależniona jest od ilości bitów przeznaczonych na zapis wartości piksela. Najczęściej wykorzystuje się do tego celu osiem bitów, co daje 256 poziomów szarości i jest wystarczające w szerokim zakresie zastosowań.

2.3. Modele obrazów kolorowych

Istnieje wiele modeli obrazów kolorowych. Różnią się one zarówno zbiorem barw podstawowych, jak i sposobem generowania kolorów. Często modele obrazów kolorowych są ściśle związane z konkretną dziedziną zastosowań.

Model RGB (ang. *Red, Green, Blue*) określa kolor na podstawie poziomów barw czerwonej, zielonej i niebieskiej. Każdy kolor tworzony jest poprzez dodanie do czerni odpowiednich ilości składowych barw, jest to więc model addytywny. Dla każdej składowej poziom zerowy oznacza brak barwy, natomiast poziom maksymalny pełną zawartość barwy. Model RGB jest powszechnie wykorzystywany przez sterowniki monitorów.

Na podstawie danych RGB możliwe jest przejście do formatu czarno-białego ze stopniowaniem poziomów szarości poprzez określenie luminancji, na przykład zgodnie z zależnością [2]:

$$L = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$$

W modelu CMYK (ang. *Cyan, Magenta, Yellow, black*) barwami podstawowymi są morska, purpurowa, żółta i czarna. Każdy kolor określany jest poprzez odjęcie od koloru białego odpowiednich ilości poszczególnych składowych, jest to więc model subtraktywny. Model CMYK wykorzystywany jest w drukarkach kolorowych.

Model chrominancja/luminancja wykorzystuje trzy składowe podstawowe, luminancję Y oraz chrominancje C_b i C_r . Luminancja określa jaskrawość, natomiast chrominancje odpowiednio poziomy barwy niebieskiej i czerwonej. Model ten oparty jest na standardach telewizyjnych, dobre rezultaty uzyskuje się dla zeskanowanych fotografii i obrazów z kamery, gorsze dla obrazów zawierających ostre krawędzie lub tekst. Parametry $Y C_b C_r$ można uzyskać na podstawie parametrów RGB w sposób następujący [2]:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \\ C_b &= -0,1687 R - 0,3313 G + 0,5 B \\ C_r &= 0,5 R - 0,4187 G - 0,0813 B \end{aligned}$$

Parametry RGB można odtworzyć przez odwrócenie arytmetyki.

Stosowane są również inne modele obrazów kolorowych, jak na przykład model HSV (ang. *Hue, Saturation, Value*) [7], wykorzystywany w systemach interaktywnych, który nie ma bezpośredniego odzwierciedlenia w realizacji technicznej i w związku z tym konieczne jest przechodzenie z modelu HSV na model koloru wykorzystywany przez monitor i odwrotnie.

Przetwarzanie składowych koloru jest jednym z istotnych elementów przetwarzania i analizy obrazu [2,7,9] i jest często wykorzystywane.

3. FRAGMENTACJA I SEGMENTACJA

Wiele algorytmów wykorzystywanych w komputerowych systemach wizyjnych zakłada wykonywanie operacji na wybranych fragmentach obrazu. Wydzielanie obszarów obrazu nazywane jest fragmentacją obrazu (ang. *partitioning*). Proces ten bywa również określany jako rozbicie obrazu. W zależności od stosownego sposobu fragmentacji wydzielane obszary obrazu mogą mieć różne kształty i wielkości, zmienne lub stałe dla całego obrazu.

Segmentacja (ang. *segmentation*) polega na wydzieleniu z obrazu obszarów, których wartość spełnia przyjęte kryteria jednorodności. Takimi kryteriami jednorodności mogą być kolor obszaru, poziom jasności czy faktura. Segmentacja umożliwia przeprowadzenie analizy logicznej obrazu i rozpoznanie obiektów.

4. ALGORYTMY KOMPRESJI WYKORZYSTUJĄCE FRAGMENTACJĘ OBRAZU

Większość algorytmów kompresji obrazów bazuje na przetwarzaniu ciągów pikseli, a więc algorytmy te działają w pewnym sensie jednowymiarowo. Są stosowane również algorytmy kompresji, które wykonują operacje na dwuwymiarowych fragmentach obrazu, przy czym fragmenty te mogą być o stałej lub zmiennej wielkości. Z grupy algorytmów, przetwarzających ciągi pikseli, przedstawiono kodowanie długości ciągów [2] oraz kodowanie metodą Huffmana [2,5], natomiast z grupy algorytmów wykorzystujących fragmentację obrazu, kodowanie JPEG w schemacie bazowym [2] i kompresję fraktalną [1,4].

4.1. Kodowanie długości ciągów

Kodowanie długości ciągów jest metodą kompresji wykorzystującą zjawisko występowania w obrazie płaszczyzn o jednolitym kolorze, co odpowiada ciągom pikseli o identycznych wartościach. W rezultacie kodowania otrzymywane są ciągi par liczb, przy czym pierwszy element pary wyznacza krotność wystąpienia piksela o tej samej wartości, a drugi element wartość piksela.

Pomimo że metoda ta wykorzystuje przetwarzanie ciągów pikseli, to biorąc pod uwagę fakt grupowania pikseli o jednakowych wartościach i związek tych grup z konkretnymi fragmentami obrazu, a także uwzględniając, że przetwarzany ciąg pikseli można traktować jako prostokątny fragment obrazu o jednostkowej długości krótszego boku, to algorytm ten zasługuje na uwagę w trakcie analizy metod przetwarzania obrazu, wykorzystujących jego fragmentację.

4.2. Kodowanie metodą Huffmana

Kodowanie metodą Huffmana przypisuje pikselom, o wartościach częściej występujących, krótsze kody, natomiast pikselom o wartościach rzadziej występujących, kody dłuższe. Przypisanie to jest realizowane w oparciu o tablicę przekodowań. Tablica przekodowań może być ustalona, identyczna dla wszystkich plików określonego formatu, lub charakterystyczna dla poszczególnych plików. Tablica przekodowań jest niezbędna do dekompresji pliku.

Metoda ta bazuje na przetwarzaniu pojedynczych pikseli, które mogą być traktowane jako ciągi jednoelementowe, przy czym, podobnie jak w metodzie kodowania długości ciągów, występuje tutaj związek grup pikseli z konkretnymi fragmentami obrazu.

4.3. Kodowanie JPEG w schemacie bazowym

Kodowanie JPEG w schemacie bazowym wykorzystuje podział obrazu na fragmenty o jednakowej wielkości. Kodowanie odbywa się etapami w kolejności: kodowanie koloru, transformacja DCT, kwantyzacja, kompresja.

Kodowanie koloru polega na zmianie formatu RGB na format $YCbCr$. W następnym kroku zmniejszana jest gęstość próbkowania chrominancji metodą podpróbkowania (ang. *subsampling*), polegającą na uśrednianiu wartości chrominancji dla bloków 2x2 piksele. Każda otrzymana składowa jest oddzielnie przetwarzana i kompresowana. Podpróbkowanie bazuje na zjawisku większego wpływu zmian jaskrawości na odbiór obrazu w porównaniu z wpływem zmian barwy. Zastosowanie podpróbkowania pozwala na zmniejszenie rozmiaru pliku o 50%, przy nieznacznym pogorszeniu jakości obrazu. Podpróbkowanie może być pominięte, jednak przeważnie bywa stosowane. Kodowanie kolorów nie musi być przeprowadzane, w takim przypadku dalszemu przetwarzaniu poddawane są dane w formacie RGB. Kodowania kolorów nie stosuje się do obrazów ze stopniowaniem szarości.

DCT jest dyskretną transformatą kosinusową. Realizowana jest na blokach 8x8 pikseli. Wynikiem transformacji jest tablica 8x8 składowych, zawierająca przestrzenne częstotliwości. Na pozycji $(0,0)$ znajduje się wartość określająca stopień niezmienności składowych wejściowych, co odpowiada wartości średniej. Pozostałe pozycje zawierają wartości poszczególnych częstotliwości przestrzennych, określające szybkość zmian jasności lub barwy. Transformata DCT przeprowadzana jest zgodnie z zależnością:

$$F(u, v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \left[\sum_{m=0}^7 \sum_{n=0}^7 f(m, n) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2n+1)v\pi}{16} \right]$$

gdzie

$$C(z) = \begin{cases} 1/\sqrt{2}; & z = 0 \\ 1; & z \neq 0 \end{cases}$$

$f(m,n)$ oznacza wartość składowej wejściowej w punkcie (m,n) , natomiast $F(u,v)$ wartość wyjściową transformaty DCT w punkcie (u,v) . Każda wartość wyjściowa $F(u,v)$ jest zależna od wszystkich wartości wejściowych $f(m,n)$. Pierwotne wartości składowych wejściowych mogą być odtworzone za pomocą odwrotnej transformaty DCT w postaci:

$$f(m,n) = \frac{1}{4} \left[\sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C(u)C(v)F(u,v) \cos \frac{(2m+1)u\pi}{16} \cos \frac{(2n+1)v\pi}{16} \right]$$

Dla każdego obrazu JPEG istnieje tablica kwantyzacji, zawierająca wartości, przez które zostaną podzielone składowe otrzymane z transformacji DCT. Wielkość podzielnika decyduje o dokładności, z jaką będzie mógł być odtworzony obraz. Od wielkości podzielnika uzależniony jest również stopień kompresji. Składowa $(0,0)$ ma najmniejszy podzielnik, wyższe częstotliwości są dzielone przez większe podzielniki, a więc są mniej dokładnie odwzorowywane. Zastosowanie odpowiednio dużych podzielników do składowych wyższych częstotliwości powoduje, że składowe te przyjmują wartość zero.

Ostatnim etapem kodowania JPEG jest kompresja danych, uzyskanych z kwantyzacji. Realizowane jest to najczęściej poprzez zastosowanie kodu Huffmana o zmiennej długości.

Za pomocą kodowania JPEG w schemacie bazowym można uzyskać dobre parametry kompresji dla obrazów, spełniających kryteria, których dobór jest związany zarówno z dziedziną zastosowań, jak i wymaganymi dokładnościami odwzorowań. Warto zwrócić uwagę na to, że kodowanie JPEG w schemacie bazowym umożliwia usuwanie składowych o wyższych częstotliwościach, co może być przydatne w przypadku obrazów zawierających zakłócenia o takim właśnie charakterze. Oprócz kodowania JPEG w schemacie bazowym istnieje również tryb bezstratny, znacznie różniący się od schematu bazowego. Parametry kompresji, osiągane za pomocą trybu bezstratnego, są zbliżone do parametrów osiąganych innymi metodami, co powoduje, że tryb bezstratny nie jest szeroko stosowany.

4.4. Kompresja fraktalna

Kompresja fraktalna wykorzystuje zjawisko samopodobieństwa fragmentów obrazu. Dla danego obrazu A znajdowany jest zbiór afinicznych przekształceń w_1, w_2, \dots, w_N , które, stosowane iteracyjnie, przybliżają przekształcane fragmenty obrazu w postać dostatecznie bliską ich postaciom końcowym, nazywanym atraktorami. Wynika z tego, że dobór zbioru przekształceń powinien być dokonany tak, aby przetwarzany obraz był punktem stałym dla operatora Hutchinsona W , określonego zależnością $x_{n+1} = W(x_n)$. Przekształcenia te powinny spełniać:

$$\begin{aligned}
 W(A) &= w_1(A) \cup w_2(A) \cup \dots \cup w_N(A) \\
 A_{k+1} &= W(A_k) \\
 A_\infty &= W(A_\infty)
 \end{aligned}$$

Obraz pamiętany jest w postaci zbioru przekształceń w_1, w_2, \dots, w_N , a jego dekodowanie odbywa się za pomocą iteracyjnego systemu funkcji.

W algorytmach kompresji fraktalnej stosowane są różne sposoby fragmentacji obrazu, takie jak rozbitcie kwadratowe o stałej wielkości, rozbitcie poczwórne (ang. *quadtree partitioning*), zakładające podział obrazu na kwadraty o zmiennej wielkości, czy rozbitcie prostokątne (ang. *HV partitioning*). Metody te różnią się dokładnością odwzorowań, złożonością obliczeniową, stopniem trudności wyznaczania zbioru przekształceń i osiąganymi współczynnikami kompresji.

Kompresja fraktalna umożliwia uzyskanie dobrych parametrów kompresji. Czynnikiem, który może ograniczyć stosowanie tej metody, w komputerowych systemach określania parametrów ruchu drogowego jest złożoność obliczeniowa. Niekorzystne mogą okazać się również czasy przetwarzania.

5. TECHNIKI SEGMENTACJI

Segmentacja jest istotnym elementem analizy obrazu, polegającej na wydzieleniu z całkowitej informacji tych części, które stanowią podstawę do rozpoznania obiektów. Wybór techniki segmentacji musi być zgodny z celem analizy obrazu, często dotyczącym bardzo wąskiej dziedziny zastosowań. Do najczęściej stosowanych technik segmentacji należą segmentacje:

- przez podział obszaru,
- przez rozrost obszaru,
- metodą wykrywania krawędzi,
- w oparciu o statystykę.

5.1. Segmentacja przez podział obszaru

Segmentacja przez podział obszaru polega na iteracyjnym podziale dużych obszarów obrazu na mniejsze, w których piksele spełniają warunki określone przez wartości progowe. W metodzie tej mogą się pojawić trudności związane z ustaleniem właściwych progów. Stosując segmentację przez podział obszaru, należy również uwzględnić możliwość pojawiania się pseudoobektów, wprowadzanych przez zakłócenia. Progowanie daje dobre rezultaty dla

obrazów, które zawierają obiekty o jednorodnych powierzchniach, przy czym obiekty te powinny znajdować się na kontrastowym tle.

Technika segmentacji przez podział obszaru wymaga dużych mocy obliczeniowych, dlatego czasami stosowana jest najpierw segmentacja wstępna przy zredukowanej rozdzielczości, a następnie segmentacja dokładna przy pełnej rozdzielczości.

5.2. Segmentacja przez rozrost obszaru

Segmentację przez rozrost obszaru przeprowadza się, obierając element obrazu jako należący do obszaru i sprawdzając, czy elementy sąsiednie spełniają kryterium jednolitości. Obrany element może być zarówno pojedynczy piksel, jak i mały obszar. Wybór małych obszarów jest korzystniejszy, ponieważ zmniejsza wrażliwość na zakłócenia. Kryterium jednolitości może być oparte na sprawdzaniu, czy różnica między elementem obrazu a wartością średnią dla obszaru jest mniejsza od zadanej wartości progowej. Wybór wartości progowej ma zasadniczy wpływ na wynik segmentacji.

Segmentacja przez rozrost obszaru nie wymaga takich mocy obliczeniowych, jak technika segmentacji przez podział. Jej wadą jest to, że w przypadku złożonych obrazów otrzymuje się nadmierne rozdrobnienie.

5.3. Segmentacja metodą wykrywania krawędzi

Segmentacja metodą wykrywania krawędzi polega na wyszukiwaniu krawędzi między obszarami, na przykład przez zastosowanie operatora gradientu. Przy wyszukiwaniu krawędzi należy uwzględnić różnice w ich ukierunkowaniu. Ponieważ segmentacja musi dostarczać krawędzi zamkniętych, otrzymane krawędzie są łączone w celu uzyskania krzywej zamkniętej, otaczającej wyznaczany obszar. Segmentacja metodą wykrywania krawędzi daje dobre rezultaty w przypadku obrazów kontrastowych, nie zawierających zakłóceń o wysokich częstotliwościach.

5.4. Segmentacja oparta na statystyce

Segmentację opartą na statystyce stosuje się do obrazów zawierających teksturę, której zmienność ma charakter statystyczny, a więc takich, na których trudno wyodrębnić pojedyncze obiekty. W takim przypadku kryteria jednorodności obiera się, wykorzystując statystyczne własności obszarów i na ich podstawie przeprowadza się segmentację.

Segmentacja oparta na statystyce jest typową techniką w przypadku obrazów z takich dziedzin, jak inżynieria materiałowa, geologia, medycyna czy biologia [7,8], natomiast

przydatność tej techniki, do zastosowań w systemach określania parametrów ruchu drogowego, jest ograniczona.

6. PODSUMOWANIE

Zwięzły przegląd metod fragmentacji obrazów cyfrowych uwidacznia, jak duże znaczenie mają te metody w systemach komputerowego przetwarzania obrazu. W wielu przypadkach wybór algorytmów fragmentacji ma decydujący wpływ na parametry systemów wizyjnych.

Systemy automatycznego określania parametrów ruchu drogowego należą do złożonych. Jest to spowodowane dynamiką rozpatrywanych procesów, zmiennością warunków pomiarowych, a także dużą ilością informacji podlegającej analizie. Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność zastosowania właściwego sposobu archiwizacji dużej ilości danych. Pomimo że obecnie dostępne są systemy komputerowe o coraz lepszych parametrach, to w dalszym ciągu muszą być brane pod uwagę ograniczenia związane z czasem przetwarzania i pojemnością pamięci. Metody przetwarzania obrazów, bazujące na fragmentacji obrazu, należą do wydajnych i mogą być stosowane w układach automatycznego określania parametrów ruchu drogowego [6]. Dotyczy to zarówno metod stosowanych do kompresji plików graficznych, jak i metod wykorzystywanych do wyodrębniania obiektów w procesach analizy obrazu.

Wybrane metody fragmentacji zostały przedstawione w sposób skrótowy, mający na celu zasygnalizowanie istotnych zagadnień, związanych z projektowaniem i eksploatacją systemów automatycznego określania parametrów ruchu drogowego.

LITERATURA

1. Fisher Y.: *Fractal Image Compression*. Springer Verlag, New York 1995.
2. Levine J.: *Programming for graphic files in C and C++*. John Wiley & Sons, New York 1994.
3. Oppenheim A.V., Schaffer R.W.: *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów*. WKŁ, Warszawa 1979.
4. Peitgen H.-O., Jurgens H., Saupe D.: *Granice chaosu, Fraktale*. PWN, Warszawa 1995.
5. Skarbek W.: *Metody reprezentacji obrazów cyfrowych*. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1993.
6. Szeliski R., Shum H.-Y.: *Motion Estimation with Quadtree Splines*. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, vol. 18, no. 12, pp. 1196-1210.
7. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków 1997.

8. Vincken K.L., Koster A.S.E., Viergever M.A.: Probabilistic Multiscale Image Segmentation. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, vol.19, no. 2, pp. 109-119.
9. Watkins C.D., Sadun A. Marenka S.: Nowoczesne metody przetwarzania obrazu. WNT, Warszawa 1995.

Recenzent: Dr Leszek Chmielewski

Wpłynęło do Redakcji 26.02.1998 r.

Abstract

Computer vision systems are applied to automatic determining of road traffic parameters. This task is a special case of scene analysis. The paper presents the most frequently used methods of image partitioning which are extensively applied in processing information from traffic scenes. Algorithms for image data compression and segmentation are described and their properties are highlighted to enable the assessment of usability in object extraction and description.

Shrink and grow procedures are discussed with stress put on the computational complexity of the implementation in segmenting images. Compression algorithms based on cosine transforms, run length encoding and fractal geometry are outlined and evaluated as object description tools.

The paper also shortly reviews the necessary information on digital image representations used in formulating scene analysis tasks.