



LABORATORIUM

STRUMIENIOWANIE DANYCH MULTIMEDIALNYCH

Instrukcja do ćwiczenia laboratoryjnego:

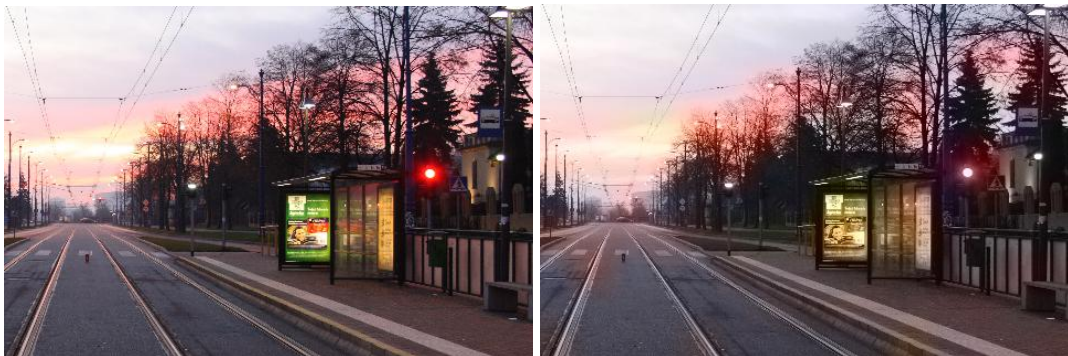
PODPRÓBKOWANIE CHROMINANCJI

1. Wstęp

W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się z operacją podpróbkowania chrominancji, stosowaną w cyfrowym przetwarzaniu obrazów nieruchomych (np. format plików JPEG) oraz ruchomych (np. standardy MPEG). Operacja ta wykorzystuje cechę ludzkiego wzroku polegającą na tym, że kolor obiektów postrzegamy ze znacznie mniejszą rozdzielczością niż ich jasność. W związku z tym kolorowy obraz można rozłożyć na składową luminancji (Y) i dwie składowe chrominancji (C_B i C_R). Składowym chrominancji zmniejsza się rozdzielczość i dopiero tak przygotowany obraz poddaje się dalszej kompresji przed zapisaniem lub wysłaniem w ww. formatach. Podpróbkowanie chrominancji znacznie ogranicza liczbę bitów w obrazie przy braku zauważalnego pogorszenia jakości. W systemach telewizyjnych stosuje się oznaczenia informujące o sposobie podpróbkowania chrominancji: $X:Y:Z$, gdzie:

- X jest cyfrą odniesienia – oznacza liczbę próbek luminancji we fragmencie pierwotnego obrazu,
- stosunek X/Y oznacza ile razy mniej jest próbek C_B (i C_R również) w poziomie niż próbek luminancji,
- Z informuje o podpróbkowaniu w pionie – jeśli jest takie samo jak Y – oznacza, że próbek C_B (i C_R również) jest tyle samo, co próbek luminancji; jeśli jest zerem, oznacza to podpróbkowanie w pionie w stosunku 2:1 względem luminancji.

W praktyce najczęściej stosuje się schematy podpróbkowania 4:2:2, 4:2:0 i 4:1:1.



Wykorzystywane w ćwiczeniu zdjęcie „oryginalny.bmp” (po lewej)
oraz to samo zdjęcie po zastosowaniu znacznego podpróbkowania chrominancji (po prawej)

Studenci wykonają ćwiczenie przy wykorzystaniu środowiska programistycznego Matlab w wersji 7.0 przetwarzając obraz testowy, oceniając jego jakość subiektywnie oraz przy pomocy miary obiektywnej – PSNR.

2. Przebieg ćwiczenia

1. Jakie warunki musi spełnić zdjęcie (zarejestrowanie, przetworzenie i zapisanie), żeby mogło stać się zdjęciem testowym, wykorzystywanym do badania podpróbkowania chrominancji, by uzyskane wyniki były wiarygodne? Uwzględnij fakt, że większość aparatów i kamer jest wyposażonych w matryce CCD lub CMOS z siatką Bayera (rejestrujące w jednym punkcie tylko jedną składową – R, G lub B), a stosowany zazwyczaj format zapisu JPEG zawiera podpróbkowanie chrominancji. (1 pkt)
2. W programie Matlab wczytaj plik o nazwie *przeliczniki.m* o następującej zawartości:

```
1 close all;
2
3 obraz=imread('oryginalny.bmp');
4
5 obraz=double(obraz);
6
7 lumi(1:320,1:480)=0;
8 lumi=double(lumi);
9
10 gotowy(1:320,1:480,1:3)=0;
11 gotowy=double(gotowy);
12
13 cr1(1:320,1:480)=0;
14 cr1=double(cr1);
15 cb1(1:320,1:480)=0;
16 cb1=double(cb1);
17
18 cr2(1:320,1:480)=0;
19 cr2=double(cr2);
20 cb2(1:320,1:480)=0;
21 cb2=double(cb2);
22
23 cr3(1:320,1:480)=0;
24 cr3=double(cr3);
25 cb3(1:320,1:480)=0;
26 cb3=double(cb3);
27
28 for a=1:320
29     for b=1:480
30         lumi(a,b)=(0.299*obraz(a,b,1))+(0.587*obraz(a,b,2))+
31                                     (0.114*obraz(a,b,3));
32         cb1(a,b)=0.564*(obraz(a,b,3)-lumi(a,b));
33         cr1(a,b)=0.713*(obraz(a,b,1)-lumi(a,b));
34     end
35 end
36 cb2=imresize(cb1, [32 48], 'bicubic');
37 cr2=imresize(cr1, [32 48], 'bicubic');
38
39 cb3=imresize(cb2, [320 480], 'bicubic');
40 cr3=imresize(cr2, [320 480], 'bicubic');
41
42 for a=1:320
```

```

43     for b=1:480
44         gotowy(a,b,1) = (cr3(a,b) + (0.713*lumi(a,b))) / 0.713;
45         gotowy(a,b,3) = (cb3(a,b) + (0.564*lumi(a,b))) / 0.564;
46         gotowy(a,b,2) = (lumi(a,b) - (0.299*gotowy(a,b,1)) -
                                (0.114*gotowy(a,b,3))) / 0.587;
47     end
48 end
49
50 MSE=0;
51 for a=1:320
52     for b=1:480
53         roznica(a,b,1) = (uint8(obraz(a,b,1)) - uint8(gotowy(a,b,1))) + 128;
54         roznica(a,b,2) = (uint8(obraz(a,b,2)) - uint8(gotowy(a,b,2))) + 128;
55         roznica(a,b,3) = (uint8(obraz(a,b,3)) - uint8(gotowy(a,b,3))) + 128;
56         MSE=MSE+double((roznica(a,b,1)-128)^2)+double((roznica(a,b,2)-
                                128)^2)+double((roznica(a,b,3)-128)^2);
57     end
58 end
59 MSE=MSE/(320*480*3);
60
61 figure, imshow(uint8(obraz))
62 figure, imshow(uint8(gotowy))
63 figure, imshow(uint8(roznica))

```

- a) Przeanalizuj powyższy kod programu. W których liniach jest wykonywana operacja podpróbkowania chrominancji? (0,5 pkt)
 - b) Narysuj schemat blokowy tego programu (składający się maksymalnie z 6 bloków) oznaczając następujące etapy przetwarzania obrazu: przygotowanie obrazu do zapisu lub transmisji, zapis lub transmisja, przygotowanie obrazu do wyświetlenia. (0,5 pkt)
 - c) Przetestuj działanie programu. Wyjaśnij, co przedstawia każdy z wyświetlonych obrazów. (1 pkt)
 - d) Wyjaśnij, dlaczego w tym programie, przed wykonaniem obliczeń, stosuje się konwersję typu danych z systemu *uint8* na *double*? (0,5 pkt)
 - e) Uzupełnij kod programu tak, aby wyliczał PSNR dla każdego obrazu w odniesieniu do oryginalnego. W tym celu możesz skorzystać z informacji znajdujących się na końcu instrukcji w załączniku. (1 pkt)
3. Stwórz tabelę o następujących kolumnach: l.p.; standard podpróbkowania albo liczba próbek luminancji na każdą z próbek C_B i C_R ; średnia liczba bitów na piksel w obrazie; PSNR; metoda interpolacji obrazu (parametr funkcji *imresize*); wymiary macierzy *cb2* i *cr2*; subiektywna ocena jakości obrazu w skali 1–5. Wypełnij ją przy użyciu ww. programu zmieniając odpowiednio wymiary macierzy *cb2* i *cr2* (w liniach 36. i 37.) oraz metody interpolacji (jednocześnie modyfikuj parametry funkcji *imresize* w liniach 36., 37., 39. i 40.) wg poniższych podpunktów. (0,5 pkt)
- a) Przeprowadź podpróbkowanie dla standardów 4:2:2, 4:2:0 i 4:1:1. (1 pkt)
 - b) Przeprowadź podpróbkowanie tak, by po 1 próbce każdej z chrominancji przypadało na 16, 36, 64, 100 próbek każdej z luminancji. (1 pkt)
 - c) Powtórz podpunkty a) i b) zmieniając parametr funkcji *imresize* na *bilinear*, a potem na *nearest*. Wyjaśnij, czym różnią się parametry *bicubic*, *bilinear* i *nearest*. (1 pkt)
 - d) Przeanalizuj zebrane w tabeli dane. Jak zmiana parametrów funkcji *imresize* wpływa na jakość obrazów? Ile próbek luminancji Twoim zdaniem powinno przypadać na każdą z próbek chrominancji, by obraz miał akceptowalną jakość? Czy obecne standardy podpróbkowania chrominancji są wystarczające? (1 pkt)

3. Sprawozdanie

W sprawozdaniu należy zamieścić:

- odpowiedzi na pytania postawione w ćwiczeniu oraz przez prowadzącego,
- kody napisanych programów,
- wnioski z realizacji ćwiczenia (1 pkt).

4. Załącznik

PSNR – Peak Signal to Noise Ratio (szczytowy stosunek sygnału do szumu),

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{k^2}{MSE}, \text{ gdzie:}$$

$$MSE - \text{Mean Square Error (błąd średniokwadratowy)}, MSE = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \{ [f(i, j) - g(i, j)]^2 \}$$

k – liczba poziomów kwantowania obrazu pomniejszona o 1,

M, N – wymiary obrazu (w pikselach),

$f(i, j)$ – piksel obrazu oryginalnego,

$g(i, j)$ – piksel obrazu przetworzonego.

W przypadku obrazów kolorowych *PSNR* liczy się analogicznie. *MSE* wyznacza się dla każdej składowej R, G i B osobno, a następnie uśrednia. Natomiast k oznacza liczbę poziomów kwantowania każdej składowej RGB obrazu pomniejszoną o 1.