

# PRZETWARZANIE OBRAZÓW CYFROWYCH

## ĆWICZENIE 3

### KWANTYZACJA BARW, WYZNACZANIE LICZBY BARW W OBRAZIE, PRZESTRZENIE BARW.

#### WPROWADZENIE

Typowym zadaniem z zakresu przetwarzania obrazów barwnych jest kwantyzacja barwy. Kwantyzacja barwy jest procesem transformacji obrazu barwnego opisanego przy pomocy 8 bitów na każdą składową barwną RGB na obraz barwny zawierający mniejszą liczbę specjalnie wybranych barw (paleta barw). Jest to więc proces redukcji liczby barw w obrazie. Ponieważ obrazy scen naturalnych zawierają dużą liczbę barw, to wierne przedstawienie ich przy pomocy palety z niedużą liczbą barw nie jest zadaniem prostym. Nowe barwy w obrazie wynikowym po kwantyzacji są wybierane tak, aby zminimalizować różnicę barw pomiędzy obrazem oryginalnym a wynikowym. Mała różnica barwy tj. mały błąd kwantyzacji wymaga na ogół zastosowania palety zaprojektowanej indywidualnie dla danego obrazu. Błąd kwantyzacji zależy od liczby barw w paletce np. 256, 64, 16 barw, metody doboru barw do palety oraz techniki klasyfikacji pikseli. Kwantyzacja barwy jest więc rodzajem stratnej techniki kompresji obrazu. Ponieważ obrazy cyfrowe mają już za sobą jeden proces kwantyzacji podczas ich pozyskiwania, to kwantyzacja barwy jest de facto procesem rekwantyzacji. Proces kwantyzacji barwy składa się z 2 etapów: projektowania palety barw i odwzorowania pikseli obrazu oryginalnego na barwy z palety. Paleta barw może być stała (uniwersalna) lub adaptacyjna (dostosowywana do każdego obrazu).

#### SZKIC WYBRANYCH METOD KWANTYZACJI

##### KWANTYZACJA ZE STAŁĄ PALETĄ

Pierwsza metoda jest najprostszą i najszybszą metodą kwantyzacji barwy ze stałą paletą i polega na równomiernej kwantyzacji barwy w przestrzeni RGB. Główną zasadą stosowaną w tej metodzie jest zasada kwantyzacji skalarnej, tzn. kwantyzacji każdej składowej RGB osobno. Skale z 256 poziomami wartości każdej składowej RGB są dzielone na 8 (w przypadku składowych R i G) lub 4 (dla składowej B) równe przedziały. Tak więc sześcián RGB jest dzielony na  $8 \times 8 \times 4 = 256$  jednakowych, prostopadłościennych bloków. Każda z barw oryginału zostaje przypisana do jednego z tych bloków. Zróżnicowane podejście do składowych RGB można wyjaśnić najmniejszą czułością oka na składową niebieską.

##### KWANTYZACJA W PRZESTRZENI HSV

Druga metoda kwantyzacji wykorzystuje percepcyjną przestrzeń barw HSV. Ponieważ odcień jest kątem, to składowa H może być zapisywana przy pomocy 360 poziomów wartości, a składowe S i V przy pomocy 255 poziomów. Oprócz barw opisywanych składowymi HSV paleta może zawierać także tzw. barwy achromatyczne, czyli takie, dla których odcień jest niezdefiniowany a nasycenie równe zeru. Są one definiowane wyłącznie przez

składową jasności  $V=R=G=B$ . Metoda wymaga od użytkownika podania liczby poziomów dla każdej składowej. Przyjmuje ona automatycznie, że liczba barw achromatycznych będzie większa o 1 od liczby poziomów jasności  $V$ . Przykładowo 256 - elementowa paleta barw może zawierać 10 odcieni, 5 poziomów nasycenia, 5 poziomów jasności oraz 6 barw achromatycznych (zapis skrócony:  $10 \times 5 \times 5 + 6$ ). Skala każdej ze składowych HSV oraz skala barw achromatycznych (skala szarości) zostaje podzielona na odpowiednią ilość równych przedziałów. Taka równomierna kwantyzacja jest uproszczeniem. Przydzielenie większej liczby poziomów kwantowania odcieniowi niż pozostałym składowym wynika z faktu większej wrażliwości układu wzrokowego na zmiany odcienia.

Duży problem stanowi ocena jakości skwantowanych obrazów. Nie istnieje tutaj jedna miara jakości. Obok ogólnych miar teorisygnałowych takich jak błąd średniokwadratowy RMSE czy stosunek szczytowego sygnału do szumu PSNR stosowane są miary oparte na odległości pomiędzy barwami oryginału i skwantowanego obrazu w percepcyjnie równomiernej przestrzeni barw np. CIELAB. Najczęściej stosuje się poniższe wzory oparte na różnicy barw w przestrzeni RGB:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{3MN} \sum_j \sum_i \left[ (R_{ij} - R_{ij}^*)^2 + (G_{ij} - G_{ij}^*)^2 + (B_{ij} - B_{ij}^*)^2 \right]}$$

gdzie:  $R_{ij}, G_{ij}, B_{ij}$  są składowymi barwy obrazu oryginalnego  $R_{ij}^*, G_{ij}^*, B_{ij}^*$  są składowymi barwy obrazu powstałego w wyniku kwantyzacji. Wzór wyraża różnicę barw pomiędzy pikselami porównywanych obrazów odniesioną do liczby pikseli. Porównywanie obrazów na zasadzie piksel do piksela nie uwzględnia jednak wpływu sąsiedztwa piksela na postrzeganą barwę. Na bazie błędu  $RMSE$  często buduje się miarę logarytmiczną  $PSNR$  i wyraża ją w decybelach. Dla obrazów barwnych nie istnieje jedna przyjęta formuła  $PSNR$ ; poniżej przedstawiono jedną z wersji tej miary:

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{RMSE}$$

## PRZEBIEG ĆWICZENIA

### 1. Obliczanie liczby barw w obrazie

- a. Zaproponuj algorytm do wyznaczania liczby unikalnych barw występujących w 24 bitowym obrazie cyfrowym
- b. Zaimplementuj algorytm w Matlabie
- c. Na wybranych obrazach porównaj wyniki swojego programu z wynikami z IrfanView lub CGVlaB
- d. Wyznacz czas obliczania liczby barw dla 3 obrazów standardowych: Baboon, Lena i Peppers.

Czy zmienia się liczba barw w obrazie, gdy liczymy je w przestrzeni innej niż RGB? Sprawdź przestrzenie HSV i YCbCr. Wykorzystaj odpowiednie transformacje Matlaba

### 2. Kwantyzacja barwy

- a. Należy skonstruować algorytmy dla dwóch opisanych powyżej metod kwantowania barwy i zaimplementować je w Matlabie. Przy czym metodę kwantyzacji w HSV należy rozpatrywać dla 2 wariantów podziału przestrzeni (HSV1:  $10 \times 5 \times 5 + 6$  i HSV2:  $12 \times 4 \times 5 + 6$ )
- b. Do testów należy wybrać 5 różnorodnych obrazów barwnych o rozdzielczości przestrzennej co najmniej  $512 \times 512$
- c. Dla każdego z obrazów należy przeprowadzić kwantyzację na 256 barw przy pomocy 3 napisanych skryptów Matlaba oraz programu Irfanview
- d. Należy wyznaczyć wartości PSNR dla wszystkich obrazów po kwantyzacji na 256 barw i porównać z je z subiektywną oceną barwy
- e. Dla każdego z obrazów należy przeprowadzić kwantyzację na 16 barw przy pomocy 3 odpowiednio zmodyfikowanych skryptów Matlaba oraz programu Irfanview
- f. Należy wyznaczyć wartości PSNR dla wszystkich obrazów po kwantyzacji na 16 barw i porównać z je z subiektywną oceną barwy
- g. Należy sformułować wnioski wynikające z ćwiczenia