

Histogram obrazu. Wyrównywanie histogramu.

Cel:

- zapoznanie z pojęciem histogramu obrazu (w odcieniach szarości i kolorze),
- zapoznanie z metodami modyfikacji histogramu (rozciąganie, wyrównywanie, dopasowywanie).
- dodatkowo: zaawansowane metody wyrównywania histogramu: BBHE i DSIHE

Histogram

- histogramem obrazu nazywamy wykres słupkowy zdefiniowany następującymi zależnościami:
$$h(i) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} p(i, (x, y)) \quad , \text{ gdzie } p(i) = \begin{cases} 1 & \text{gdzie } f(x, y) = i; \\ 0 & \text{gdzie } f(x, y) \neq i; \end{cases}$$
- inaczej mówiąc histogram zawiera informację na temat tego ile pikseli o danym poziomie jasności występuje na obrazie (w przypadku obrazu w odcieniach szarości)
- często wykorzystuje się tzw. znormalizowaną postać histogramu - wszystkie wartości $h(i)$ są dzielone przez liczbę pikseli na obrazie. Otrzymana w ten sposób wielkość to gęstość prawdopodobieństwa wystąpienia na obrazie pikseli o odcieniu "i".
- histogram można zdefiniować dla obrazów kolorowych. Otrzymujemy wtedy 3 histogramy - po jednym dla danej składowej: R,G,B (lub HSV, YcrCb, itp.) lub histogram trójwymiarowy
- histogram jest bardzo użyteczny w przetwarzaniu obrazów. Wykorzystywany jest przy binaryzacji (szerzej na jednym z kolejnych laboratoriów) oraz do oceny jakości (dynamiki, kontrastu) obrazu. W idealnym przypadku wszystkie poziomy jasności w obrazie powinny być wykorzystane (i to najlepiej w miarę jednolicie) - obrazowo mówiąc histogram powinien rozciągać się od 0 - 255 (obraz w skali szarości)
- w przypadku gdy wykorzystujemy jedynie fragment dostępnego zakresu (wąski histogram) lub histogram nie jest jednolity (występują dominujące grupy pikseli) obraz ma dość słaby kontrast. Cechę tę można poprawić stosując tzw. rozciąganie albo wyrównywanie histogramu (*histogram equalization*).

A. Histogram dla obrazów w odcieniach szarości:

1. Wyznaczanie histogramu (polecenie `imhist`), analiza histogramu.
2. Rozciąganie histogramu - `imadjust`
3. Rozciągania histogramu
 - a) Bardziej zaawansowaną metodą jest tzw. wyrównywanie histogramu (HE). Idea jest następująca: z punktu widzenia lepszego wykorzystania dostępnych poziomów jasności lepiej by było gdyby rozciągnąć "szczyty" histogramu, a skompresować "doliny" tak aby taka sama liczba pikseli reprezentowana była przez każdy z dostępnych poziomów szarości (warto zwrócić uwagę, że takie przekształcenie powoduje częściową utratę informacji o szczegółach w obszarach "dolin") - inaczej mówiąc dążymy do sytuacji aby histogram był jednostajny. Operacją, która pozwala wykonać wyrównywanie histogramu jest przekształcenie LUT z funkcją przejścia w postaci histogramu skumulowanego danego obrazu.

- b) **Histogram skumulowany** to funkcja obliczona na podstawie histogramu w następujący sposób. Pierwszy element to ilość pikseli o odcieniu '0', a kolejne wartości to ilość pikseli o odcieniu 'n' + suma pikseli o odcieniach 0 - n-1. Jeżeli histogram jest w postaci znormalizowanej (gęstość rozkładu prawdopodobieństwa) to histogram skumulowany stanowi dystrybucję rozkładu prawdopodobieństwa.
 - c) wyliczanie histogramu skumulowanego - `cumsum`
 - d) tworzenie przekodowania LUT - `intlut`
4. W pakiecie Matlab dostępne są dwie funkcje umożliwiające manipulacje histogramem:
- `histeq` - wyrównywanie histogramu
 - `adapthisteq` - adaptacyjne wyrównywanie histogramu CLAHE

B. Dopasowywanie histogramu (*Histogram Matching*)

1. Klasyczne rozszerzanie histogramu nie zawsze jest najlepszym rozwiązaniem. Czasami lepiej jest wykorzystać technikę dopasowywania histogramu - podajemy wtedy jaki kształt ma mieć docelowy histogram przetwarzanego obrazu.

C. Histogram dla obrazów kolorowych i jego wyrównywanie

1. Histogram dla kanałów R,G,B
2. Wyrównywanie histogramu dla każdego kanału osobno.
3. Wyrównywanie histogramu w przestrzeni HSC - tylko składowa V

Ciekawostki:

- histogram występuje w popularnych programach graficznych (Corel Photo-Paint, Adobe Photoshop oraz Gimp)
- w wymienionych programach występuje również opcja wyrównywania histogramu:
 - **Gimp** - działa tak jak zrealizowana w podpunkcie 2 (osobno kanały RGB)
 - **Photoshop** - algorytm daje wyniki inne niż omawiane metody - brak możliwości konfiguracji
 - **Photo-Paint** - istnieje możliwość wyboru opcji: wyrównywanie w RGB, każdy kanał z osobna oraz opcja zachowania kolorów

Zadanie dodatkowe: BBHE i DSIHE

Klasyczne wyrównywanie histogramu HE ma jedną zasadniczą wadę: po wykonaniu operacji jasność obrazu ulega zmianie (dało się to zaobserwować podczas przeprowadzonych eksperymentów, a jak nie to należy uruchomić skrypt z sekcji A i zwrócić na to uwagę) - średnia jasność dąży do środkowego poziomu szarości. Dlatego klasyczne HE ma ograniczone zastosowanie.

Powstało sporo metod, które eliminują to niekorzystne zjawisko. Najprostsze z nich polegają na dekompozycji obrazu wejściowego na dwa podobrazy (wg. pewnego kryterium) i wykonania operacji HE dla tych podobrazów.

Dwie znane z literatury metody to:

- **BBHE** - Bi-Histogram Equalization
- **DSIHE** - Dualistic Sub-Image Histogram Equalization

W metodzie BBHE za kryterium podziału przyjmuje się średnią jasność w obrazie, a w DSIHE obraz dzieli się na dwa podobrazy o takiej samej ilości pikseli (jaśniejszych i ciemniejszych).

Zadanie: zaimplementować wybraną metodę: BBHE lub DSIHE (ew. obie)

1. Utwórz nowy m-plik, wykonaj polecenia `clearvars`, `close all`, `clc`. Wczytaj obraz "jet.bmp" i wylicz jego histogram.
2. W kolejnym kroku należy wyznaczyć próg podziału obrazu na dwa podobrazy (*lm*).
 - dla BBHE wykorzystujemy funkcję `mean` (trzeba uzyskać jedną liczbę, czyli obliczyć średnią ze średniej z obrazu, lub zamienić macierz obrazu na wektor `obraz(:)`) oraz zaokrąglić wynik `round`.
 - dla DSIHE można wykorzystać histogram skumulowany:
 - obliczamy histogram skumulowany (`cumsum`)
 - określamy rozmiary obrazka `[X Y] = size(obraz);`
 - na podstawie histogramu skumulowanego da się wyznaczyć próg podziału np. `[value lm] = min(abs(C-(X*Y/2)))`; - szukamy poziomu jasności który znajduje się "w połowie" histogramu skumulowanego
3. Następnie należy podzielić histogram oryginalnego obrazu na dwa histogramy H1 i H2, wykonać normalizację histogramów H1 i H2 (czyli podzielić histogramy przez sumę ich elementów: `H1 = H1/sum(H1);`) wyznaczyć histogramy skumulowane dla H1 i H2 (C1 i C2).
4. Na podstawie C1 i C2 tworzymy przekształcenie LUT. Idea jest następująca: należy tak przeskalować C1 i C2 aby uzyskać jednorodne przekształcenie. Wartość C1 wystarczy pomnożyć przez próg podziału *lm*, wartość C2 należy przeskalować do przedziału (*lm*+1 ; 255)
`C1n = (lm)*C1;`
`C2n = lm+1 + (255-lm+1)*C2;`
`lut = [C1n; C2n];`
5. Ostatecznie należy wykonać operację `lut (intlut)` i wyświetlić wynik wyrównywania histogramu. Porównać wynik operacji BBHE lub DSIHE z klasycznym HE.
6. [P] Rezultaty pracy zaprezentuj prowadzącemu.