

upel.agh.edu.pl

SW: Instrukcja - Histogramy

10 — 12 minut

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:

$$h(i) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} p(i, (x, y)) \quad h(i) = \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} p(i, (x, y))$$

$$\text{gdzie: } p(i) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } f(x, y) = i \\ 0 & \text{gdy } f(x, y) \neq i \end{cases} \quad p(i) = \begin{cases} 1 & \text{gdy } f(x, y) = i \\ 0 & \text{gdy } f(x, y) \neq i \end{cases}$$

Inaczej mówić 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 ilość pikseli na obrazku.

Otrzymana w ten sposób wielkość to gęstość prawdopodobieństwa wystąpienia na obrazie piksela o odcieniu "i".

Histogram można zdefiniować dla obrazów kolorowych.

Otrzymujemy wtedy 3 histogramy - po jednym dla danej składowej:

R,G,B (lub HSV, YCrCb) 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).

Histogram dla obrazów w odcieniach szarości:

1. Utwórz nowy m-plik. Nazwij go i zapisz. Wykonaj polecenia clear all, close all. Wczytaj obrazy: "lena1.bmp", "lena2.bmp", "lena3.bmp" i "lena4.bmp" (wcześniej ściągnij archiwum ze strony moodla i rozpakuj w "swoim" katalogu). Wykorzystując polecenie subplot stwórz wykres składający się z 8 obrazków - 4 x "lena" +

histogram. Do wyznaczenia i wyświetlenia histogramu wykorzystaj polecenie `imhist`. Uwaga należy zapoznać się z opisem funkcji w helpie, a następnie wykorzystać wersję `"imhist(l, n)"`, gdzie $n = 256$ (ilość poziomów szarości).

2. Przeanalizuj (dokładnie) związek histogramu z jasnością i ostrością obrazu.

3. Wczytaj obraz `"hist1.bmp"`. Wyświetl go. Zwróć uwagę na ilość widocznych szczegółów.

Wyświetl histogram rozpatrywanego obrazu (na wspólnym rysunku z obrazem).

4. Najprostszą metodą poprawienia jakości obrazu jest tzw. rozciągnięcie histogramu - takie przeskalowanie wartości pikseli w obrazie aby wykorzystać cały dostępny zakres (0-255).

Operację taką realizuje funkcja `imadjust`. Zapoznaj się z jej dokumentacją oraz wykonaj rozciągnięcie histogramu dla rozpatrywanego obrazu. Rezultat operacji wyświetl (obraz i histogram). Czy ilość "widocznych" szczegółów uległa zmianie ?

5. 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 ilość 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 - co zostało bardziej szczegółowo opisane w następnych punktach.

6. 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 dystrybuantę rozkładu prawdopodobieństwa.

7. Wyznacz histogram skumulowany dla rozpatrywanego obrazka. Funkcja `imhist` ma możliwość zwrócenia wektorów opisujących histogram (zliczenia oraz odpowiadające poziomy jasności) $[H,x] = \text{imhist}(\cdot)$. Do wyliczania histogramu skumulowanego wykorzystaj funkcję `cumsum` (jak ? - help). Histogram skumulowany (nazwany np. C) wyświetl razem z histogramem zwykłym. Uwagi:

- wywołanie typu $[H,x] = \text{imhist}(\cdot)$ powoduje, że histogram nie jest wyświetlany. Trzeba albo pozostawić oryginalne wywołanie `imhist(\cdot)` albo osobno wyświetlić histogram np. `bar(x,H)`;
- histogram skumulowany należy przeskalować tak aby się "zmieścił" na wykresie. W tym celu należy wyliczyć maksimum z histogramu $\max(H)$ i histogramu skumulowanego $\max(C)$, wyliczyć iloraz $k = \max(C)/\max(H)$; i podzielić wszystkie elementy C przez k ($C2=C/k$);
- aby wyświetlić histogram skumulowany wspólnie z histogramem należy wykorzystać polecenie `hold on`; - które powoduje, że rysowanie odbywa się na poprzednim wykresie oraz `plot(x,H)` i `plot(x,C2)`; - rysowanie wykresów.

8. Wykorzystując kod stworzony w poprzednim punkcie wyświetl histogram i histogram skumulowany dla obrazka po rozciągnięciu

histogramu.

9. W kolejnym kroku należy zaimplementować klasyczny algorytm wyrównywania histogramu (HE). Wykorzystujemy obliczony histogram skumulowany. Należy go przeskalować w taki sposób aby na jego podstawie zrealizować przekształcenie LUT - czyli do zakresu 0 - 255. Jak ?

- zadanie do samodzielnej realizacji (przypomnienie LUT to funkcja `intlut`). Konwersja do formatu `uint8`: `lut = uint8(lut);`

10. Na kolejnym rysunku wyświetl obrazek po przekształceniu, jego histogram oraz histogram skumulowany.

11. W pakiecie Matlab dostępne są dwie funkcje umożliwiające manipulacje histogramem:

- `histeq` - wyrównywanie histogramu (także z zadaniem przebiegiem histogramu)
- `adapthisteq` - adaptacyjne wyrównywanie histogramu CLAHE

Zapoznaj się z ich opisem w pomocy, przetestuj ich działanie na rozpatrywanym obrazku. Sprawdź czy funkcja `histeq(obraz,256)` daje identyczne rezultaty jak metoda zaimplementowana w p. 9.

12. Wykorzystywany dotychczas obraz jest obrazem sztucznym. W kolejnym etapie należy przetestować operacje na histogramie (rozciąganie, wyrównywanie (HE) i adaptacyjne wyrównywanie CLAHE) dla obrazów rzeczywistych: "hist2.bmp", "hist3.bmp", "hist4.jpg" -

cztery wykresy: obraz oryginalny, rozciąganie, wyrównywanie HE oraz wyrównywanie CLAHE.

13. Rezultaty zaprezentuj prowadzącemu.

Dopasowywanie histogramu (Histogram Matching)

1. Klasyczne wyrównywanie histogramu nie zawsze jest najlepszym rozwiązaniem - w przypadkach, kiedy nie uzyskuje się zadowalających rezultatów można spróbować techniki dopasowywania histogramu, w której podaje się docelowy kształt histogramu.
2. Utwórz nowy m-plik. Wykonaj polecenia clear all, close all. Wczytaj obraz "phobos.bmp" - jest to zdjęcie księżyca Marsa - Phobosa - wykonane przez sondę Mars Global Surveyor. Wykonaj klasyczne wyrównywanie histogramu (HE) - wykorzystaj funkcję histeq. Czy wynik operacji jest satysfakcjonujący ?
3. Funkcji histeq można podać dodatkowy argument - oczekiwany histogram. Wymaga to niestety 'ręcznego' stworzenia takiego histogramu. W zasobach taki histogram został już przygotowany - wczytaj go wywołaniem load histogramZadany; Wykonaj wyrównanie histogramu. Wyświetl obraz wyniowy i histogram.
4. Na obrazie "phobos.bmp" spróbuj wykonać rozciąganie histogramu - imadjust oraz adaptacyjne wyrównywanie histogramu CLAHE. Która z metod dała najlepsze wyniki? Rezultaty zaprezentuj prowadzącemu.

Nadobowiązkowe: BBHE i DSIHE

1. Jedną z metod poprawy wyrównywania jest osobne wyrównywanie części histogramu (np. połówek). Spróbujemy zastosować metody

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

w których histogram dzieli się na dwie części tak, aby w każdej

zawierało się mniej więcej tyle samo pikseli (czyli osobno rozpatrujemy piksele 'ciemniejsze' i 'jaśniejsze').

2. Wylicz histogram "Phobosa".

3. Wyznacz próg podziału (l_m).- można tu wykorzystać histogram skumulowany:

- dla BBHE wykorzystujemy funkcję mean (dwukrotnie - mean dla obrazu daje wektor średnich dla kolumn, trzeba potem policzyć mean dla tego wektora) oraz zaokrąglić wynik round.
- dla DSIHE:
- obliczamy histogram skumulowany (cumsum)
- określamy rozmiary obrazka $[X \ Y] = \text{size}(\text{obraz})$;
- na podstawie histogramu skumulowanego da się wyznaczyć próg podziału np. $[\text{value } l_m] = \min(\text{abs}(C - (X*Y/2)))$; - szukamy poziomu jasności który odpowiada "połowie" histogramu skumulowanego, czyli jasności, dla której jest mniej więcej tyle samo pikseli jaśniejszych co ciemniejszych.

4. Następnie należy podzielić histogram oryginalnego obrazu na dwa histogramy H_1 i H_2 i wyznaczyć ich wyznaczyć histogramy skumulowane (C_1 i C_2), które należy znormalizować do przedziału $[0,1]$.

5. Na podstawie C_1 i C_2 stworzymy przekształcenie LUT. Idea jest następująca: należy tak przeskalować C_1 i C_2 aby uzyskać jednorodne przekształcenie. Wartość C_1 wystarczy pomnożyć przez próg podziału l_m , wartość C_2 należy przeskalować do przedziału $(l_m+1 ; 255)$

$$C_{1n} = (l_m) * C_1;$$

$$C_{2n} = l_m + 1 + (255 - l_m) * C_2;$$

$lut = [C1n; C2n];$

10. Ostatecznie należy wykonać operację lut ($intlut$) i wyświetlić wynik wyrównywania histogramu dla obu metod. Porównać je z najlepszą z metod z punktu 4.

6. Rezultaty zaprezentuj prowadzącemu.