

## Przetwarzanie obrazów

1

## Ogólna definicja

Algorytm przetwarzający obraz to algorytm który, otrzymując na wejściu obraz wejściowy  $f$ , na wyjściu zwraca także obraz ( $g$ ).

2

## Grupy metod przetwarzania obrazu

- Przekształcenia jednopunktowe
  - W tym arytmetyka obrazowa
- Przekształcenia kontekstowe (głównie splotowe),
- Przekształcenia widmowe
- Przekształcenia morfologiczne
- Przekształcenia geometryczne

3

## Przetwarzanie jednopunktowe

4

## Przetwarzanie jednopunktowe

Właściwość: jasność  $g$  punktu wynikowego zależy jedynie od jasności  $f$  odpowiedniego punktu w obrazie źródłowym.

$$g(x,y)=F(f(x,y))$$

Zalety:

- łatwe w implementacji,
- może być zrealizowane 'in place',
- bardzo dobrze się zrównolegla,
- szybkie w działaniu,

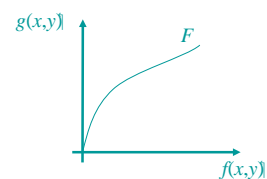
Wady:

- ignoruje charakterystykę przestrzenną obrazu

5

## Przetwarzanie jednopunktowe

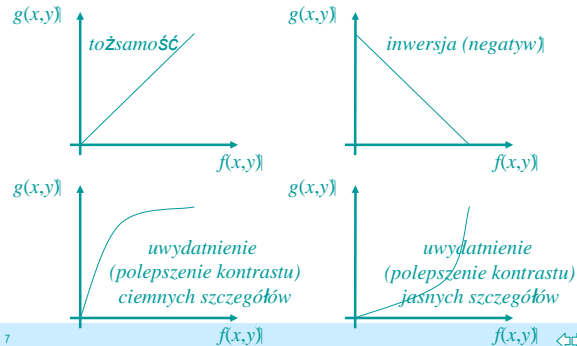
- Ponieważ  $F$  ma skończoną dziedzinę, technicznie dogodnie jest zrealizować ją jako tablicę adresowaną zawartością,
- Reprezentacja graficzna:



6

## Przetwarzanie jednopunktowe

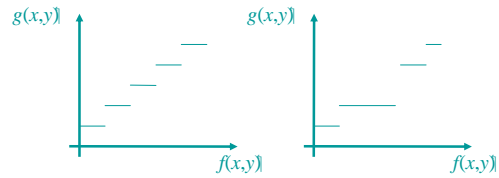
- Typowe przekształcenia  $F$ :



7

## Przetwarzanie jednopunktowe

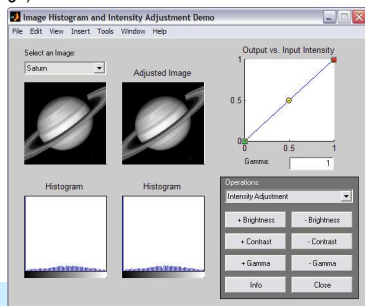
- Istotne zastosowanie: redukcja liczby stopni szarości (dyskretyzacja, segmentacja)
- Parametry: liczba przedziałów, końce przedziałów



10

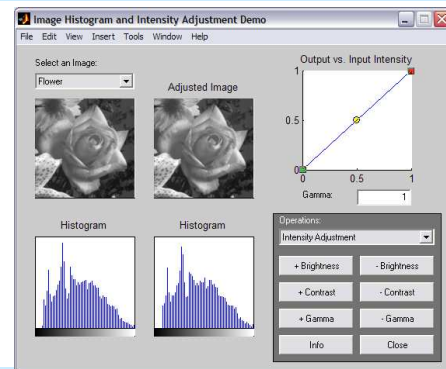
## Histogram

- Statystyka odzwierciedlająca rozkład jasności punktów w obrazie.
- (Jednocześnie pewna estymata rozkładu jasności oryginalnego obrazu analogowego).



11

## Histogram: przykład



12

## Rozciąganie histogramu

Nowa jasność punktu zdefiniowana jako:

$$L' = 255 \frac{L - L_{\min}}{L_{\max} - L_{\min}}$$

gdzie:

- $L'$  – nowa wartość jasności
- $L$  – poprzednia wartość jasności
- $L_{\min}$  – minimalna jasność w oryginalnym obrazie,
- $L_{\max}$  – maksymalna jasność w oryginalnym obrazie.
- Słaba strona: w praktyce, dla dużych obrazów  $L_{\min}=0$  a  $L_{\max}=255 \Rightarrow$  formalnie rozciąganie niemożliwe.

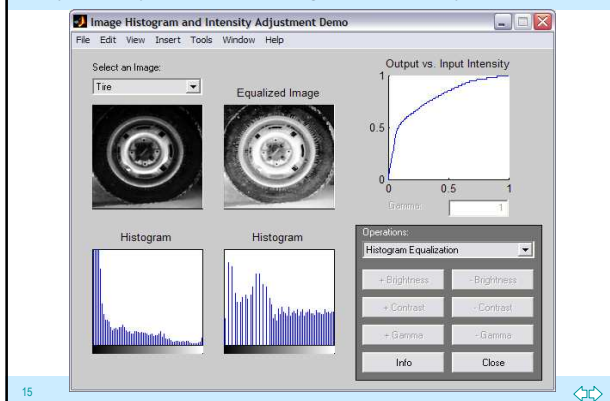
13

## Wyrównywanie histogramu

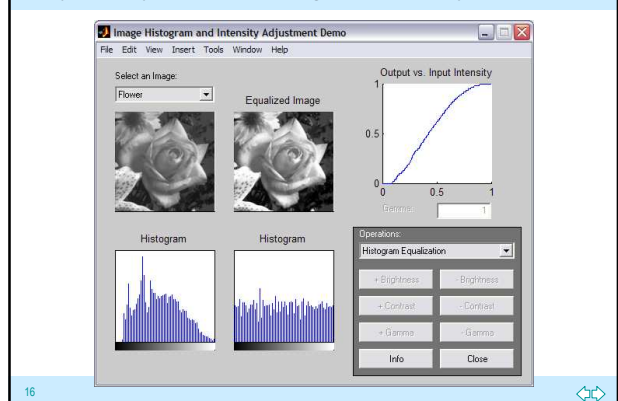
- Wykorzystanie całki z histogramu (dystrybucyjny) do ustalania jasności docelowych (wyjściowych).
- Jasności silnie reprezentowane w obrazie wejściowym zostaną oddalone od siebie ('rozciągnięte') w obrazie wynikowym.

14

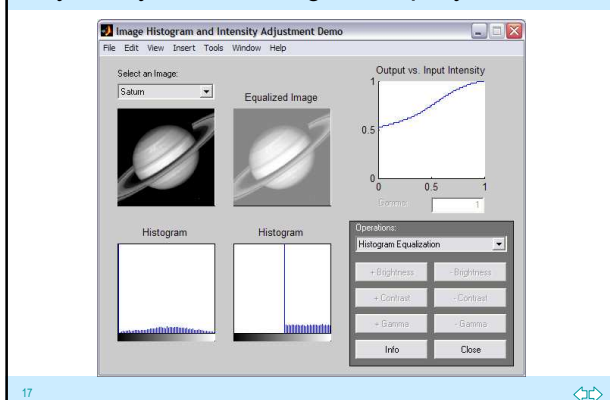
## Wyrównywanie histogramu: przykład



## Wyrównywanie histogramu: przykład



## Wyrównywanie histogramu: przykład



## Arytmetyka obrazowa

- dodawanie,
- odejmowanie,
- mnożenie,
- dzielenie,
- mieszanie liniowe (suma ważona),

Problemy:

- wykraczanie poza zakres zmienności,

## Operacje arytmetyczne na obrazach

Przykłady zastosowań:

- podniesienie obrazu do kwadratu (wymnożenie przez siebie) polepsza kontrast,
- astronomia: pozbywanie się szumu przez stworzenie tzw. *ramek*:
  - *bazowej* - przez krótką ekspozycję przy zamkniętej migawce => rejestracja szumu przyrządu,
  - *równomierności* - obraz pustego ekranu (pola widzenia) => rejestracja zmienności w strukturze CCD.
- Tak otrzymane ramki odejmuje się od rejestrowanego obrazu (lub dzieli się obraz zarejestrowany przez ramki, zależnie od modelu).

## Przetwarzanie jednopunktowe obrazów wielokanałowych

## Histogram wielowymiarowy

- Statystyka odzwierciedlająca ilości punktów obrazu o określonych kombinacjach składowych.
- Uwaga: w ogólności bardziej 'rzadki' w porównaniu z histogramem jednowymiarowym (jednej zmiennej)
- Przykład histogramu dwuwymiarowego:

		red			
		0-63	64-127	128-191	192-255
blue	0-63	43	78	18	0
	64-127	45	67	33	2
	128-191	127	58	25	8
	192-255	140	47	47	13

24

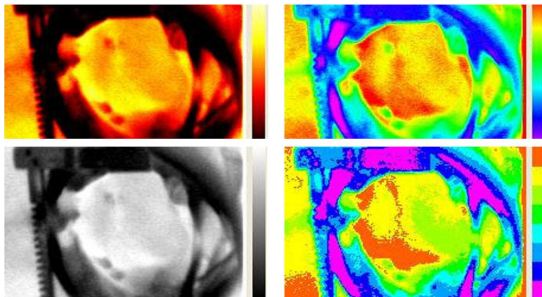
## Pseudokolorowanie

- Cel: sztuczna wizualizacja wielkości związanej z innym niż widzialne podpasmem fal EM.
- Typowe pseudokolorowania:
  - MONOCHROME1 - skala szarości (najmniejsza wartość odpowiada kolorowi białemu),
  - MONOCHROME2 - skala szarości (najmniejsza wartość odpowiada kolorowi czarnemu),
  - SPECTRUM - skala barw odpowiadająca kolorom widma promieniowania widzialnego,
  - RAINBOW - skala barw z inwersją koloru zielonego,
  - BLACKBODY - skala barw uwypuklająca kolor żółty i kolor czerwony
  - IRON - skala barw uwypuklająca kolor czerwony

25

## Przykładowe zastosowanie: Termografia

- Uwaga: obrazy termograficzne są zazwyczaj 12- lub 14-bitowe



26

## Przetwarzanie splotowe

30

## Przetwarzanie splotowe

Ang. *convolution*, znane także jako *filtrwanie liniowe*.

$$I_A(i, j) = I * A = \sum_{h=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{k=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} A(h, k) I(i-h, j-k)$$

gdzie:

- $I$  – obraz wejściowy
  - $I_A$  – obraz wyjściowy
  - $*$  – operacja splotu
  - $A$  – maska, jądro (macierz współczynników)
  - $m$  – rozmiar maski (mała liczba nieparzysta, zazwyczaj 3,5, lub 7)
- Interpretacja: Splot zastępuje jasność pikseli ważoną jasnością wypadkową pikseli sąsiednich.

31

## Wygładzanie przez uśrednianie

- Każda maska o nieujemnych wartościach wag przeprowadza jakiś rodzaj wygładzania.
- Szczególny przypadek: filtr uśredniający:  $A = 1/9$
- Uwaga: Suma wag maski powinna wynosić 1

1	1	1
1	1	1
1	1	1

- Dlaczego taki filtr wytłumia szum?
  - Niwelowanie drobnych zmienności jasności pikseli; uśrednienie  $m^2$  zaszumionych wartości pikseli zmniejsza odchylenie standardowe szumu  $m$ -krotnie.
  - Z drugiej strony: 'stroma' charakterystyka tego filtru wprowadza inny szum do obrazu.

34

## Wygładzanie Gaussowskie

- Szczególny przypadek uśredniania, w którym maska jest dyskretnym przybliżeniem 2-wymiarowego rozkładu norm.

$$A(h, k) = G(h, k) = e^{-\frac{h^2 + k^2}{2\sigma^2}}$$

- Lepsza charakterystyka częstotliwościowa: transformata Fouriera nie zawiera komponentów o wyższych częstotliwościach (co ma miejsce w przypadku filtru uśredniającego).
  - Charakterystyka kolowa – środkowosymetryczna.
- Dobór wariancji filtru do rozmiaru: Sugerowana zależność  $m=5\sigma$ , daje pole powierzchni pod krzywą 0.9876
- Sugerowane stosowanie  $m \geq 7$ ; dla  $m=3$  znaczne zniekształcenia.

35



## Inne popularne filtry splotowe

- Filtr Sobela:

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

- Filtr Roberta (*Robert's cross*):  
(dwie maski, suma kwadratów)

- Szybki, ale wrażliwy na szumy

+1	0	0	+1
0	-1	-1	0

- ▣ Typowy sposób agregacji: suma kwadratów odpowiedzi filtra pionowego i poziomego
- ▣ Filtr Prewitta: 8 masek gradientowych (lub innych) wrażliwych na krawędzie zorientowane na wielokrotności kąta 45°.

42



## Działanie filtru Roberta



43



## Działanie filtru Roberta



44



## Filtrowanie nieliniowe

- Każde filtrowanie nie dające przedstawić się przy pomocy splotu.
- Najczęściej stosowany reprezentant: filtr medianowy (ang. *median filter*).
- Maska nie zawiera żadnych wag, ma tylko wymiary  $m \times m$
- Wynik zastosowania filtru: mediana jasności pikseli leżących pod maską (w sąsiedztwie).
- Bardzo skuteczna redukcja szumu, w szczególności szumu typu „pieprz i sól”.
- Uwaga: Mediana nie musi wymagać sortowania – istnieją algorytmy o niższej złożoności obliczeniowej.

46



## Inne filtry nieliniowe

- Filtr „minimum” – działa „erozyjnie” na obraz, zmniejsza globalną jasność
- Filtr „maksimum” – działa „ekspansywnie” na obraz, zwiększa globalną jasność

47

