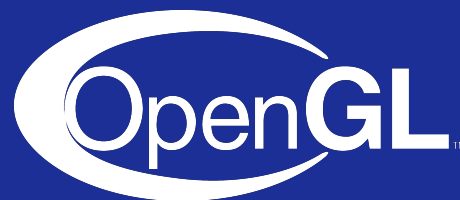
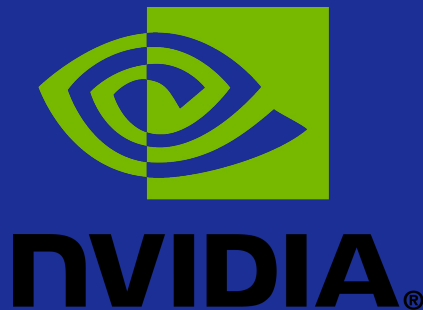
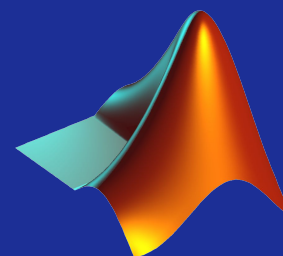




# Grafika Komputerowa

## Wykład 2

### Przetwarzanie obrazów



mgr inż. Michał Chwesiuk



# Przetwarzanie obrazów rastrowych

## Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

- Jedna z dziedzin cyfrowego przetwarzania sygnałów, dotycząca obrazów rastrowych.
- Celem przetworzenia obrazów rastrowych jest **użycie operacji edytujących piksele w celu ich edycji w określony sposób.**
- Przetwarzanie obrazów obejmuje :
  - Filtracje
  - Binaryzację
  - Segmentację
  - Transformacje geometryczne
  - Transformacje między przestrzeniami barw.
  - Operacje morfologiczne
  - Kodowanie
  - Kompresja



# Cechy obrazu

- **Każdy obraz rastrowy można opisać za pomocą cech przedstawionej za pomocą opisu lub wartości liczbowej.**
- Jest wiele cech, którymi można opisać obrazy, tj.
  - Jasność
  - Ostrość
  - Paleta barw (barwy ciepłe, zimne)
  - Dynamika
- W obrazach rastrowych mamy możliwość opisu cech obrazu za pomocą wartości liczbowych.
  - Jasność
  - Kontrast
  - Symetryczność
  - Rozkład histogramu

## Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Cechy obrazu

$$J = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I(i, j)$$

$$C = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [I(i, j) - J]^2}$$

, gdzie {

- I - obraz w odcieniach szarości
- M, N - wymiary obrazu
- J - jasność obrazu
- C - kontrast obrazu

## Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Cechy obrazu

## Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

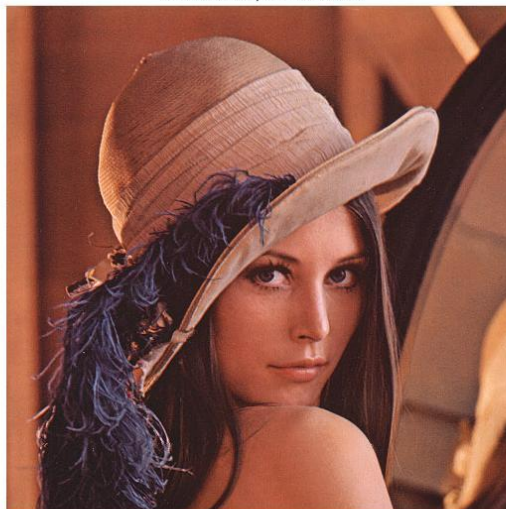
Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

J = 95.656376, C = 10.242182



Jasność - 95.65

Kontrast - 10.24

J = 138.629490, C = 10.295087



Jasność - 138.63

Kontrast - 10.30



# Operacje punktowe

## Zamiana na obraz w odcieniach szarości

$$imG = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Operacje punktowe

## Zmiana jasności

$$I' = I + \alpha$$

Cechy obrazu

### Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

- Należy pamiętać, że wartości  $I'$  mogą wyjść poza zakres  $[0, 255]$
- Wartości te trzeba zmienić, by pasowały do zakresu.



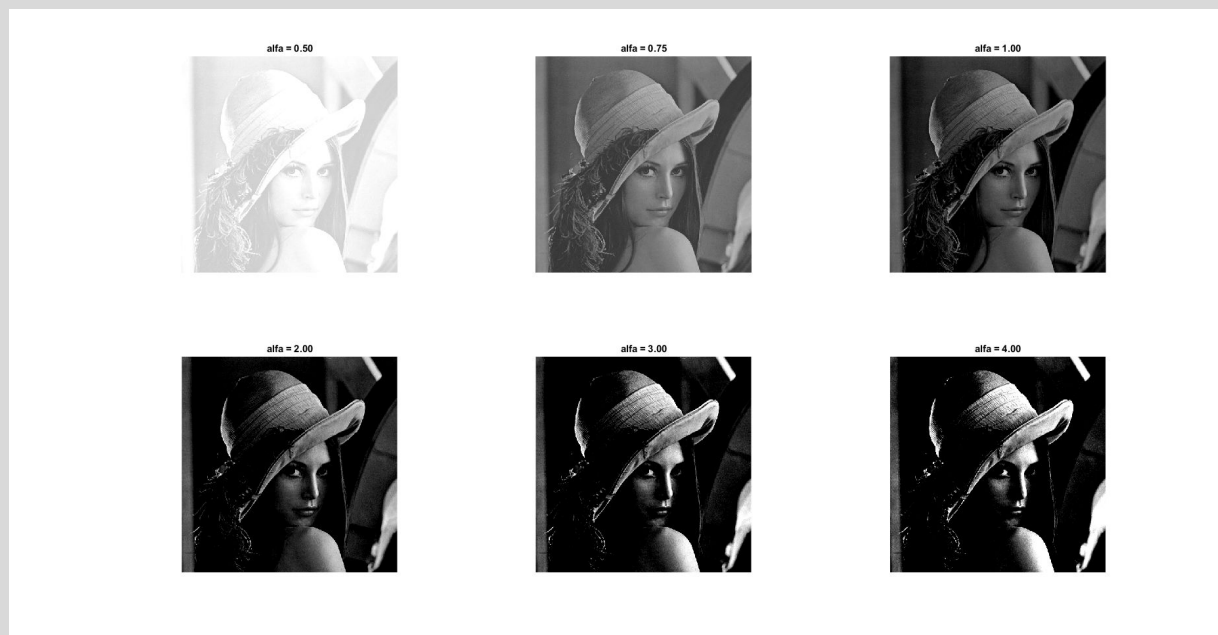


# Operacje punktowe

## Zmiana kontrastu

$$I' = \alpha \left( I - \frac{i_{max}}{2} \right) + \frac{i_{max}}{2}$$

- Należy pamiętać, że wartości  $I'$  mogą wyjść poza zakres  $[0, 255]$
- Wartości te trzeba zmienić, by pasowały do zakresu.



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Operacje punktowe

## Zmiana ekspozycji

$$I' = \alpha I$$

Cechy obrazu

### Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

- Należy pamiętać, że wartości  $I'$  mogą wyjść poza zakres  $[0, 255]$
- Wartości te trzeba zmienić, by pasowały do zakresu.





# Operacje punktowe

## Korekcja gamma

$$I' = I^\gamma$$

- **Obraz musi być znormalizowany przed potęgowaniem.**
- Po normalizacji i potęgowaniu, należy przywrócić poprzedni zakres.



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

# Operacje punktowe

## Sepia

$$I'_R = 0.393 I_R + 0.769 I_G + 0.189 I_B$$

$$I'_G = 0.349 I_R + 0.686 I_G + 0.168 I_B$$

$$I'_B = 0.272 I_R + 0.534 I_G + 0.131 I_B$$

- **Obraz musi być znormalizowany przed potęgowaniem.**
- Po normalizacji i potęgowaniu, należy przywrócić poprzedni zakres.

Obraz oryginalny



Sepia



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Operacje punktowe

## Negatyw

$$I' = i_{max} - I$$

- $i_{max} = 255$  dla obrazu zawierających piksele w przedziale  $[0, 255]$ .
- $i_{max} = 1$  dla znormalizowanego obrazu.

Obraz oryginalny



Negatyw obrazu



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Histogram

- Każda wartość w histogramie równa **ilości pikseli o danym kolorze**.
- Często jest normalizowany, tj. **wartość jest dzielona przez ilość pikseli**.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

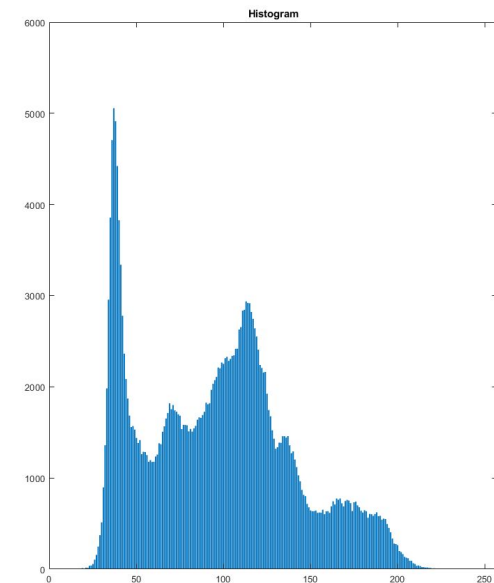
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Histogram

- Histogram można liczyć nie dla całego obrazu, a dla fragmentu,
- Poniżej przykład histogramu dla wyselekcjonowanych kanałów.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

## Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

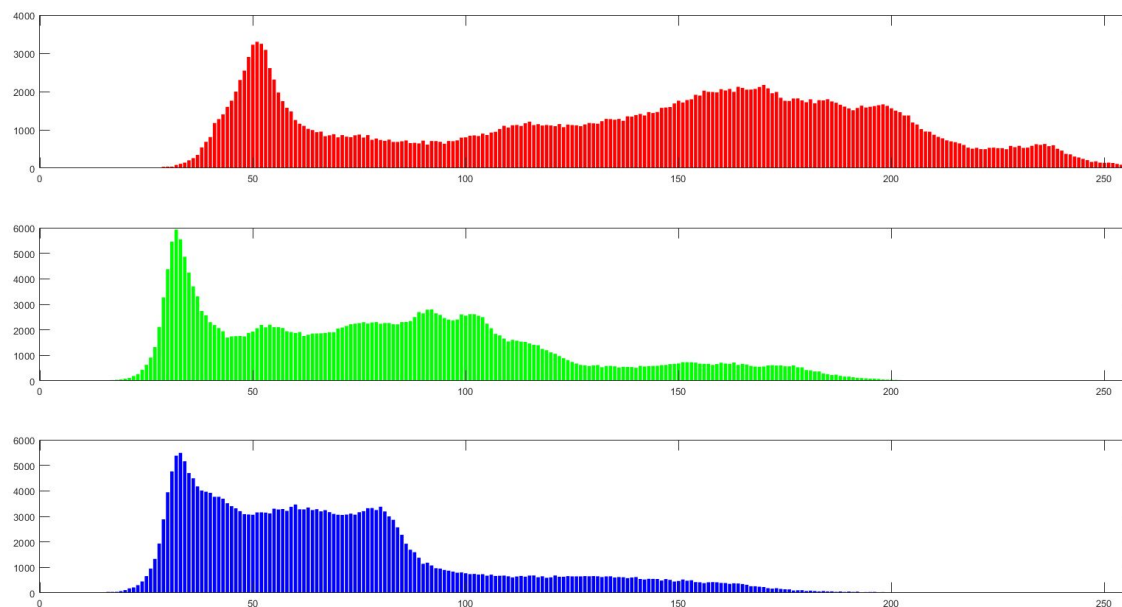
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości







# Operacje na histogramie

## Rozciąganie histogramu

Cechy obrazu

Operacje punktowe

**Histogram**

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

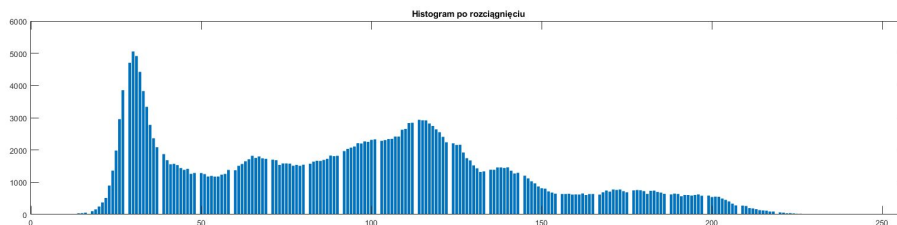
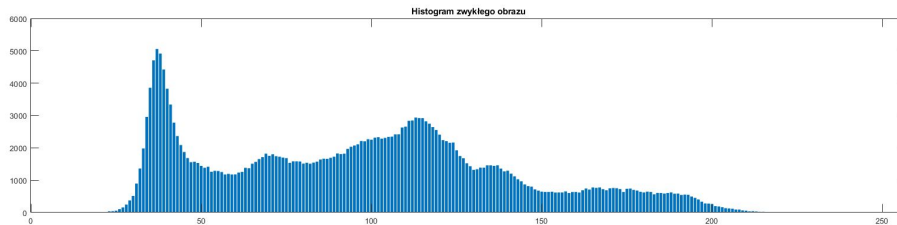
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Operacje na histogramie

## Rozciąganie histogramu

Cechy obrazu

Operacje punktowe

**Histogram**

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

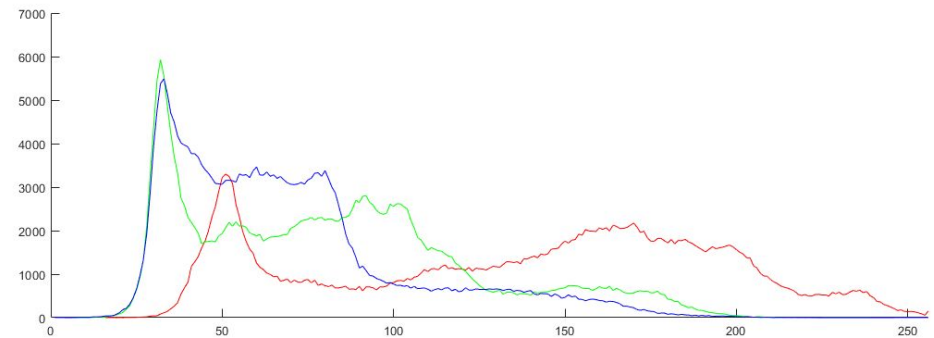
Morfologiczne

Skalowanie

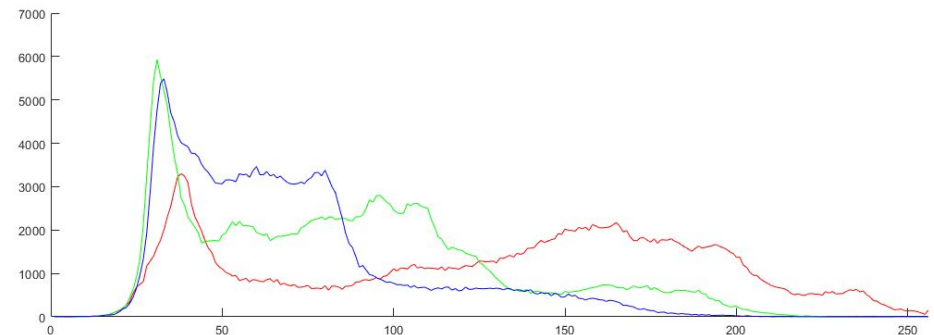
Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Oryginalny obraz



Obraz po rozciągnięciu histogramu







# Operacje na histogramie

## Wyrównanie histogramu

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

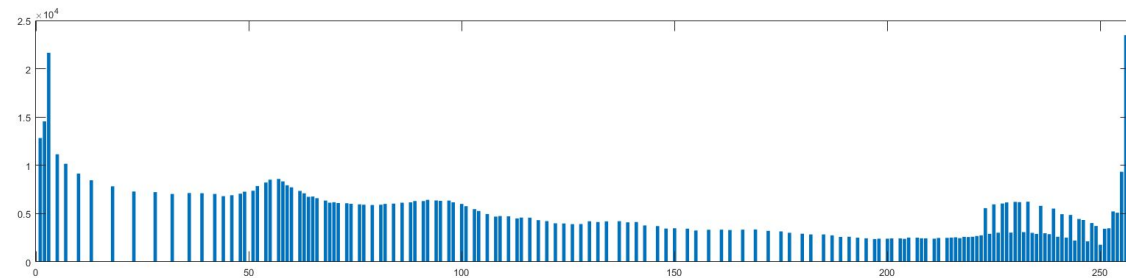
Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Oryginalny obraz



Obraz po wyrównaniu histogramu





# Filtracje obrazu

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

**Filtracje**

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

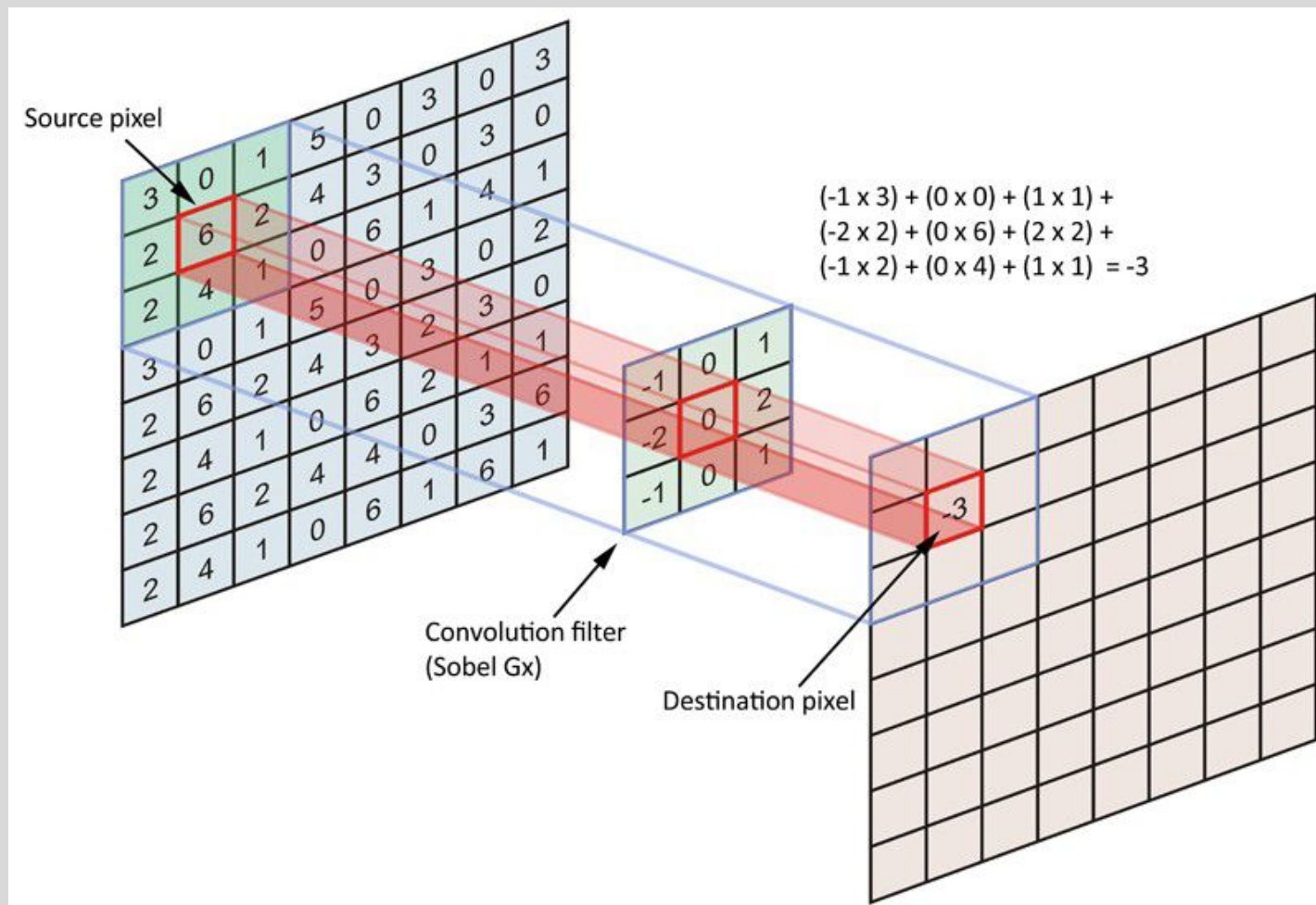
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Filtry dolnoprzepustowe

## Filtr uśredniający

$$kernel = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

**Dolnoprzepustowe**

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

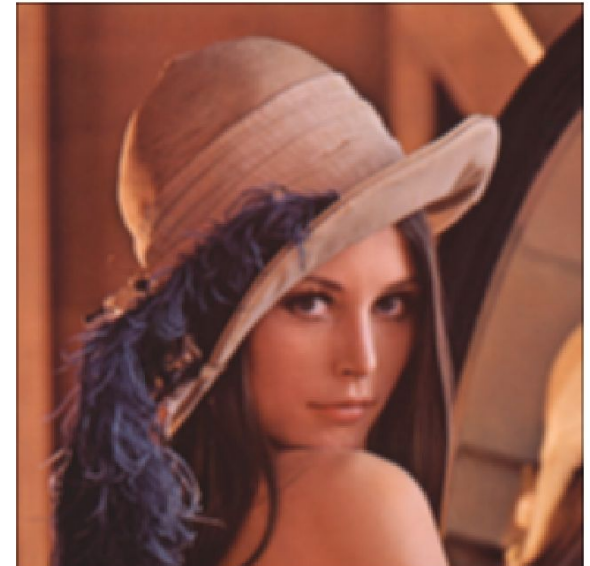
Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Oryginalny obraz



Obraz po zastosowaniu filtra





# Filtry dolnoprzepustowe

## Filtr kwadratowy

$$kernel = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

**Dolnoprzepustowe**

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

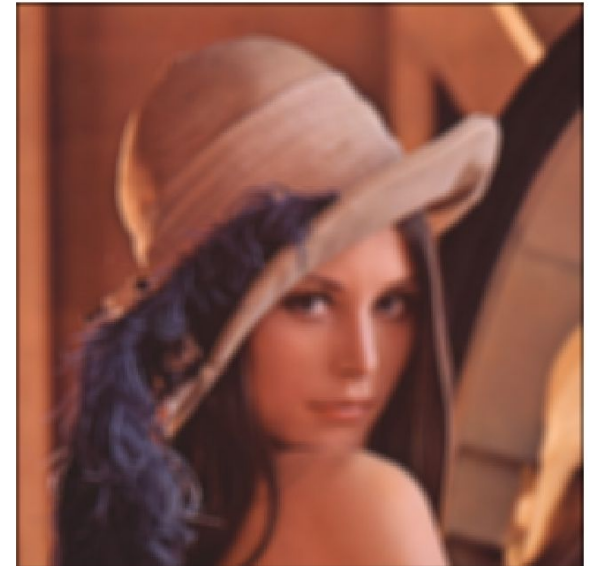
Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Oryginalny obraz



Obraz po zastosowaniu filtra





# Filtry dolnoprzepustowe

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

**Dolnoprzepustowe**

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Filtr kołowy

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Gauss 2

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 8 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr LP1

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gauss 1

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr piramidalny

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr LP2

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr LP3

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 12 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr stożkowy

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$





# Filtry górnoprzepustowe

## Filtr “usuń średnią” (mean removal)

Mean removal

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

**Górnoprzepustowe**

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości

Oryginalny obraz



Obraz po zastosowaniu filtra





# Filtry górnoprzepustowe

## Filtr “usuń średnią” (mean removal)

Filtr HP1

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Filtr HP2

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 5 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtr HP3

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 20 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

**Górnoprzepustowe**

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Filtry krawędziowy Poziomy i pionowy

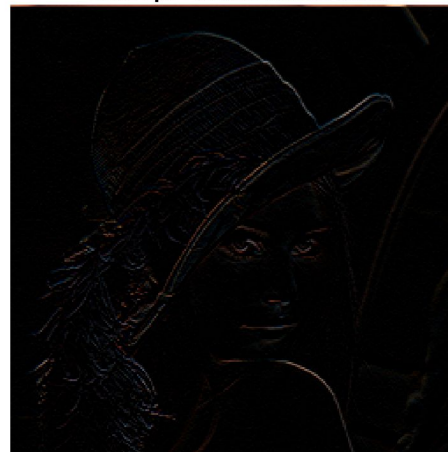
## Pionowy

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

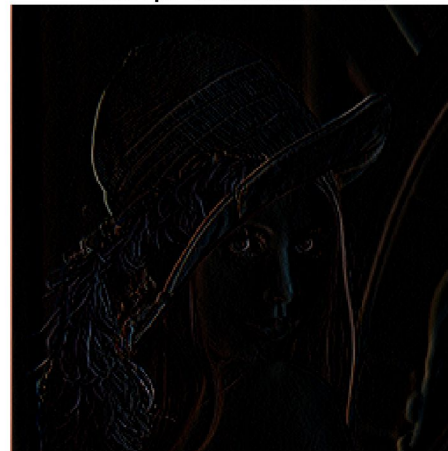
## Poziomy

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Obraz po zastosowaniu filtra



Obraz po zastosowaniu filtra



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Filtry krawędziowy

## Ukośne

Ukośne 1

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Ukośne 2

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

**Krawędziowe**

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Filtry krawędziowy

## Ukośne

Poziomy Filtr Sobel'a Pionowy Filtr Sobel'a

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Pionowy Filtr Prewitt'a Poziomy Filtr Prewitt'a

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

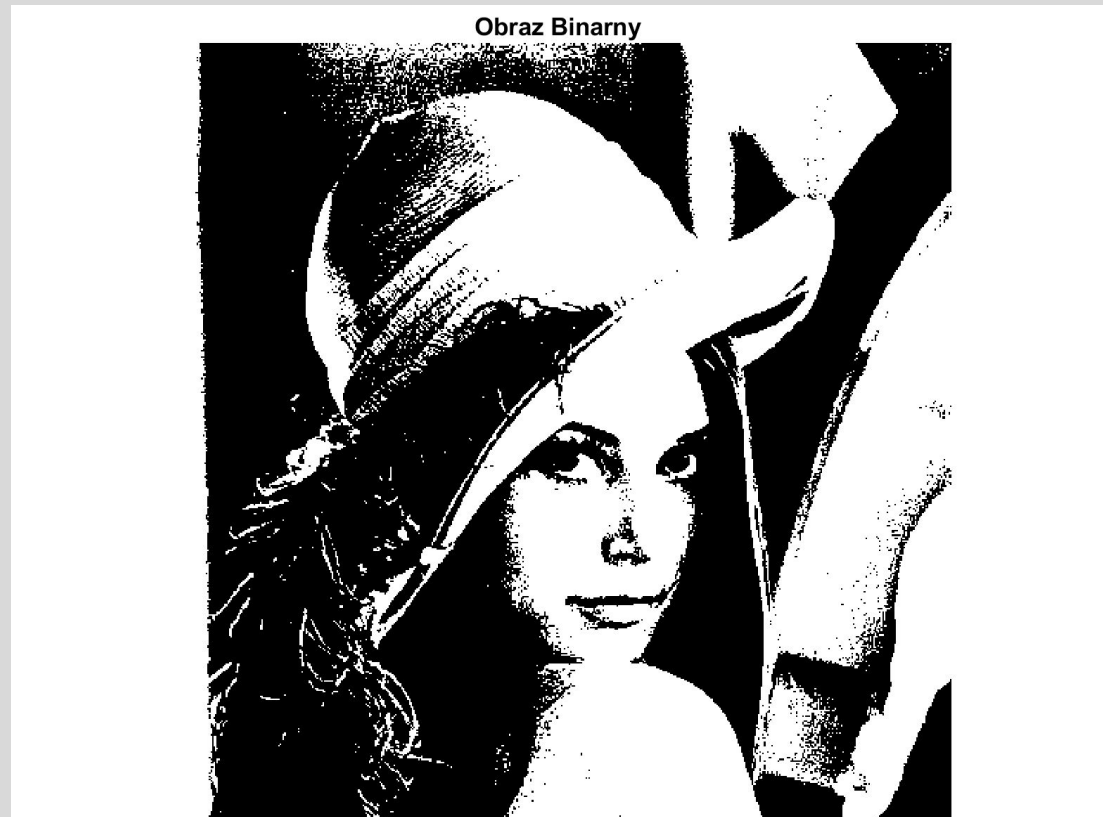
Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Obraz binarny

- Występują w nim **tylko wartość 0 i 1**.
- Najczęściej otrzymuje się po **progowaniu** obrazu w odcieniach szarości.



Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

**Morfologiczne**

Skalowanie

Obracanie

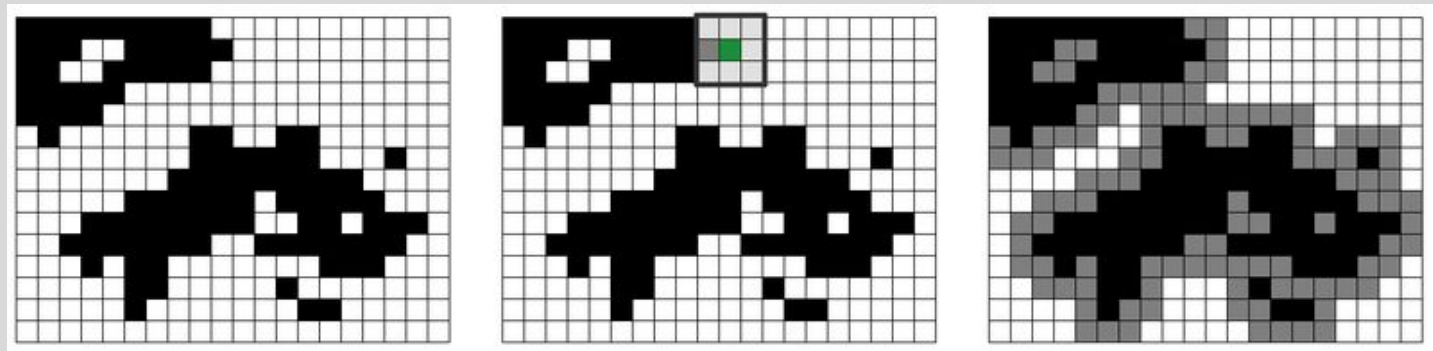
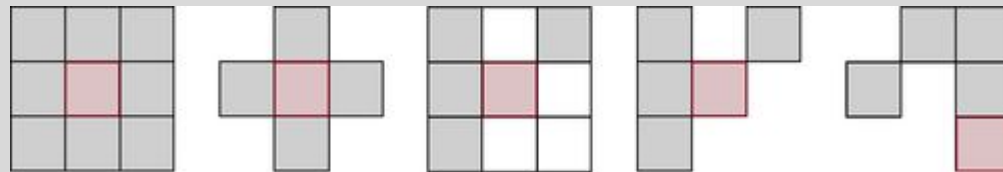
Dziedzina częstotliwości



# Operacje morfologiczne

## Dylatacja

- Otoczenie każdego piksel jest skanowane w celu odnalezienia **pozytywnych** pikseli.
- **Gdy w otoczeniu piksela występuje chociaż jeden piksel zamalowany, to piksel ten także będzie zamalowany.**
- **Obszar skanowania może być różny**, najczęściej 9-elementowy lub 5-elementowy.

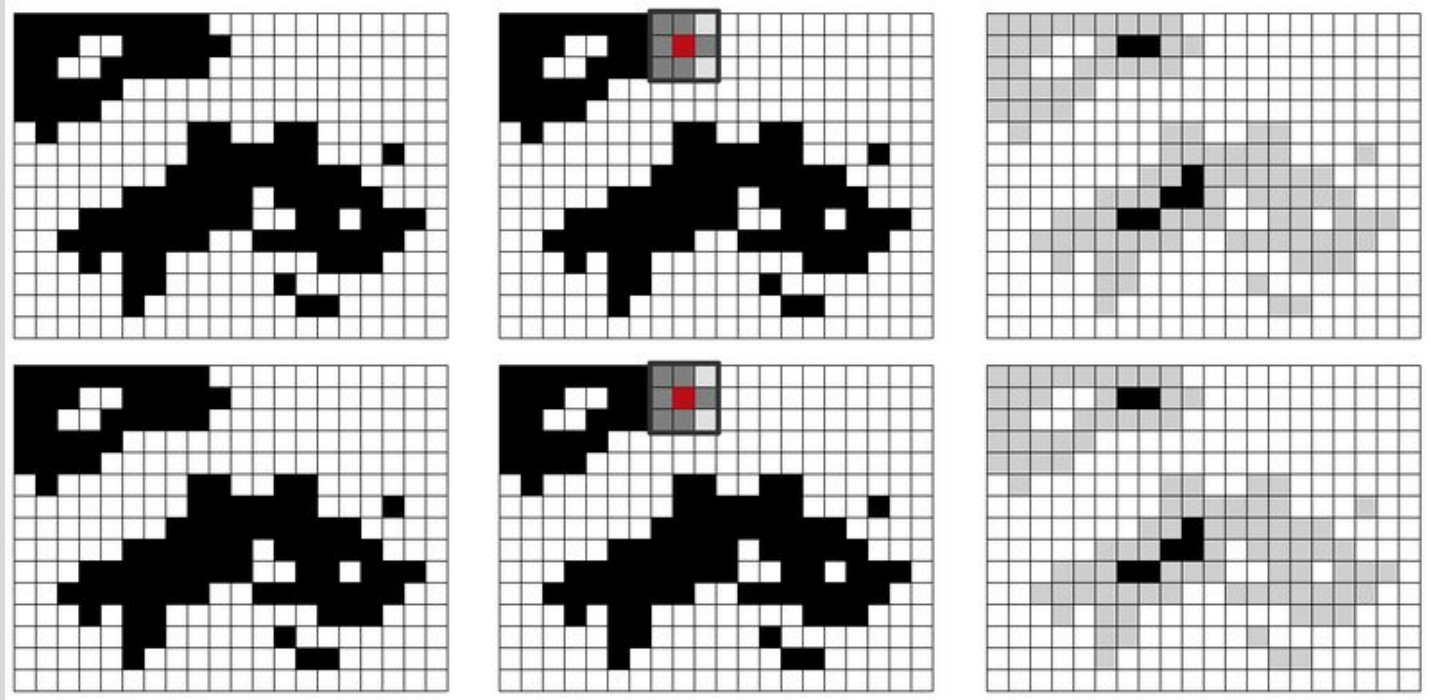




# Operacje morfologiczne

## Erozja

- Otoczenie każdego piksel jest skanowane w celu odnalezienia **negatywnych** pikseli.
- **Gdy w otoczeniu piksela występuje chociaż jeden piksel niezamalowany, to piksel ten także będzie niezamalowany.**
- **Obszar skanowania może być różny**, najczęściej 9-elementowy lub 5-elementowy.







# Operacje morfologiczne

## Otwarcie i domknięcie

- “Otwarcie” polega na wykonaniu operacji dylatacji, a następnie operacji erozji.
- “Domknięcie” polega na wykonaniu operacji erozji, a następnie operacji dylatacji.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

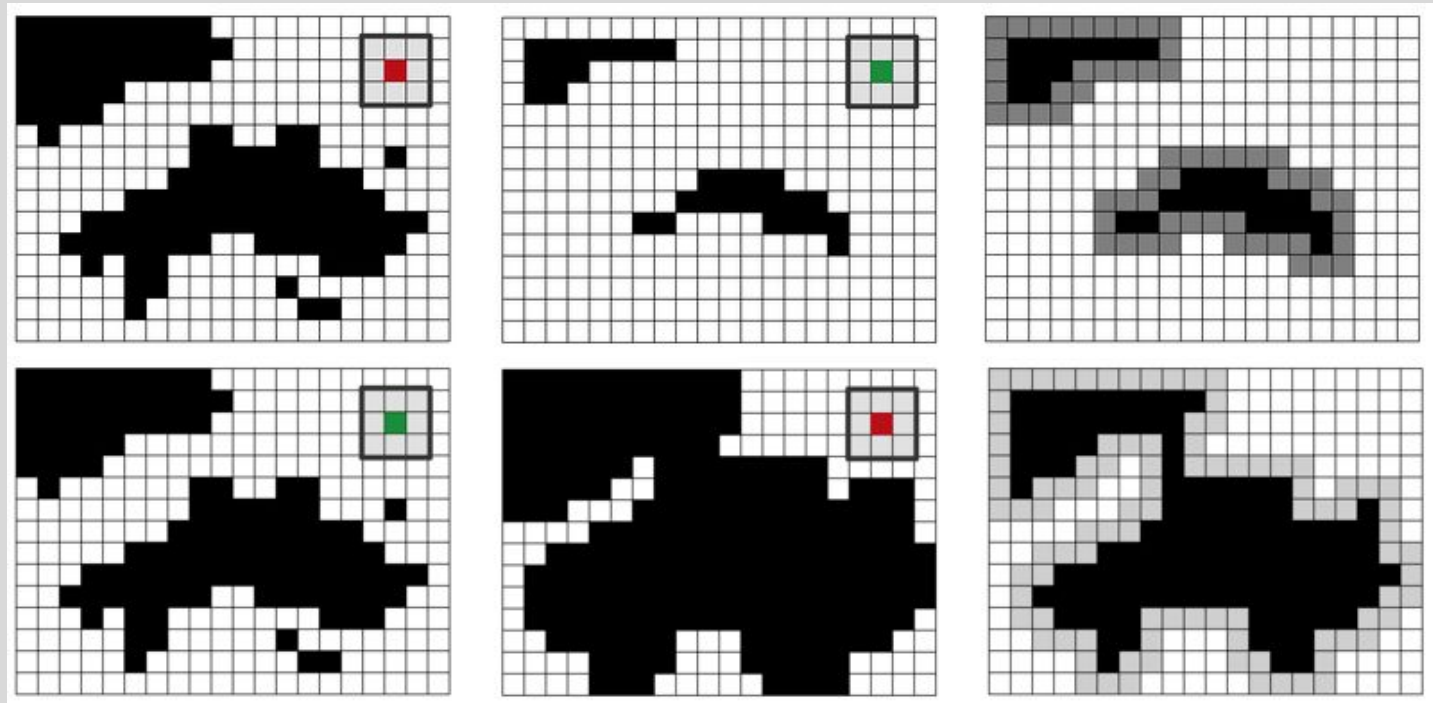
Krawędziowe

**Morfologiczne**

Skalowanie

Obracanie

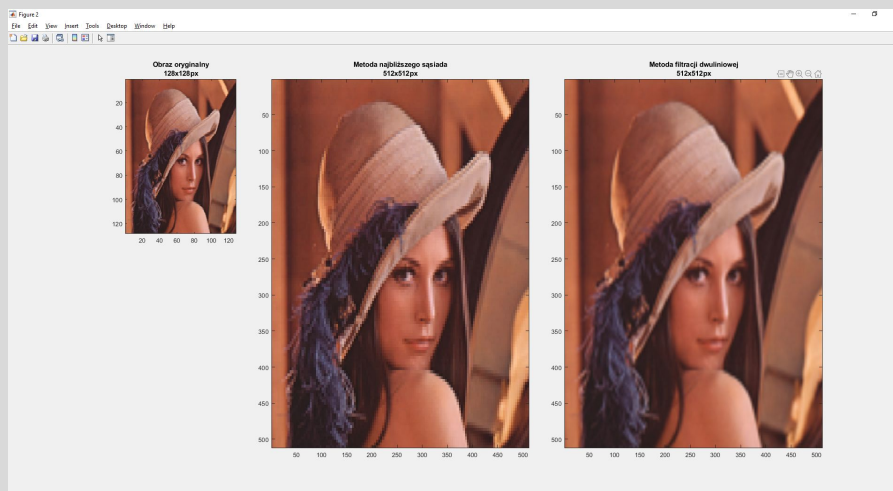
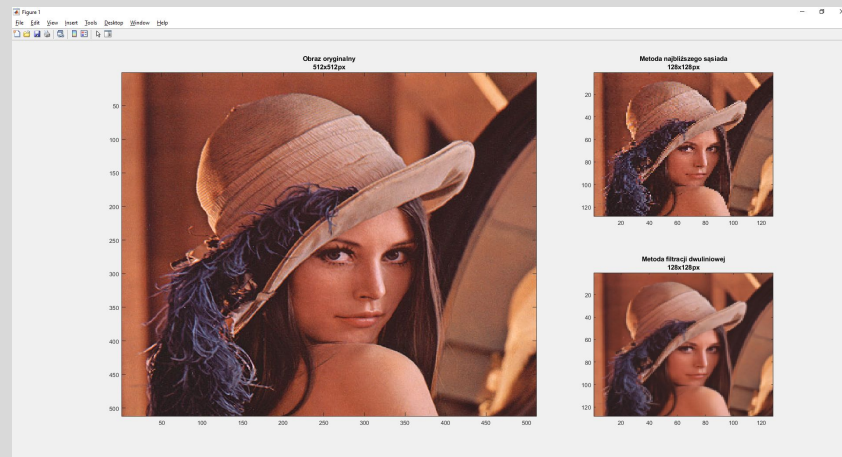
Dziedzina częstotliwości





# Skalowanie obrazu

## Downsampling



## Upsampling

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

**Skalowanie**

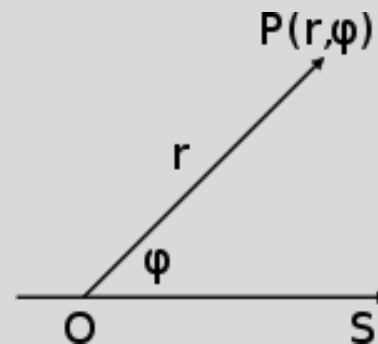
Obracanie

Dziedzina częstotliwości



# Współrzędne biegunowe

- Najczęściej używany układ współrzędny kartezjański opisuje punkt jako parę liczb, które reprezentują odległość punktu od danych osi.
- **Współrzędne sferyczne opisują punkt jako parę liczb  $(r, \varphi)$ .**
  - promień wodzący  $r$  - odległość punktu  $P$  od środka układu współrzędnych  $O$
  - amplituda punktu  $\varphi$  - kąt pomiędzy osią  $OX$ , a wektorem  $OP$



## Transformacje punktów do układów

- Z układu kartezjańskiego do układu biegunowego

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\phi = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$$

- Z układu biegunowego do układu kartezjańskiego

$$X = r * \cos(\phi)$$

$$Y = r * \sin(\phi)$$



# Obrót obrazu

- Powoduje zniekształcenia obrazu rastrowego.
- Problem wypełnienia pustych przestrzeni.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

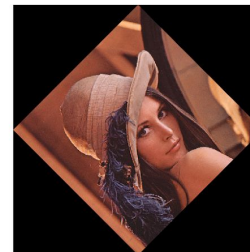
**Obracanie**

Dziedzina częstotliwości

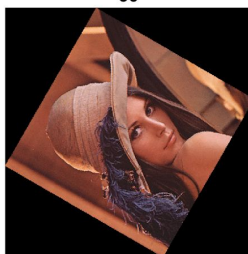
20°



45°



60°



90°





# Dziedzina częstotliwości

- Jeśli obraz zawiera dużo elementów, to widmo zawiera dużo elementów.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

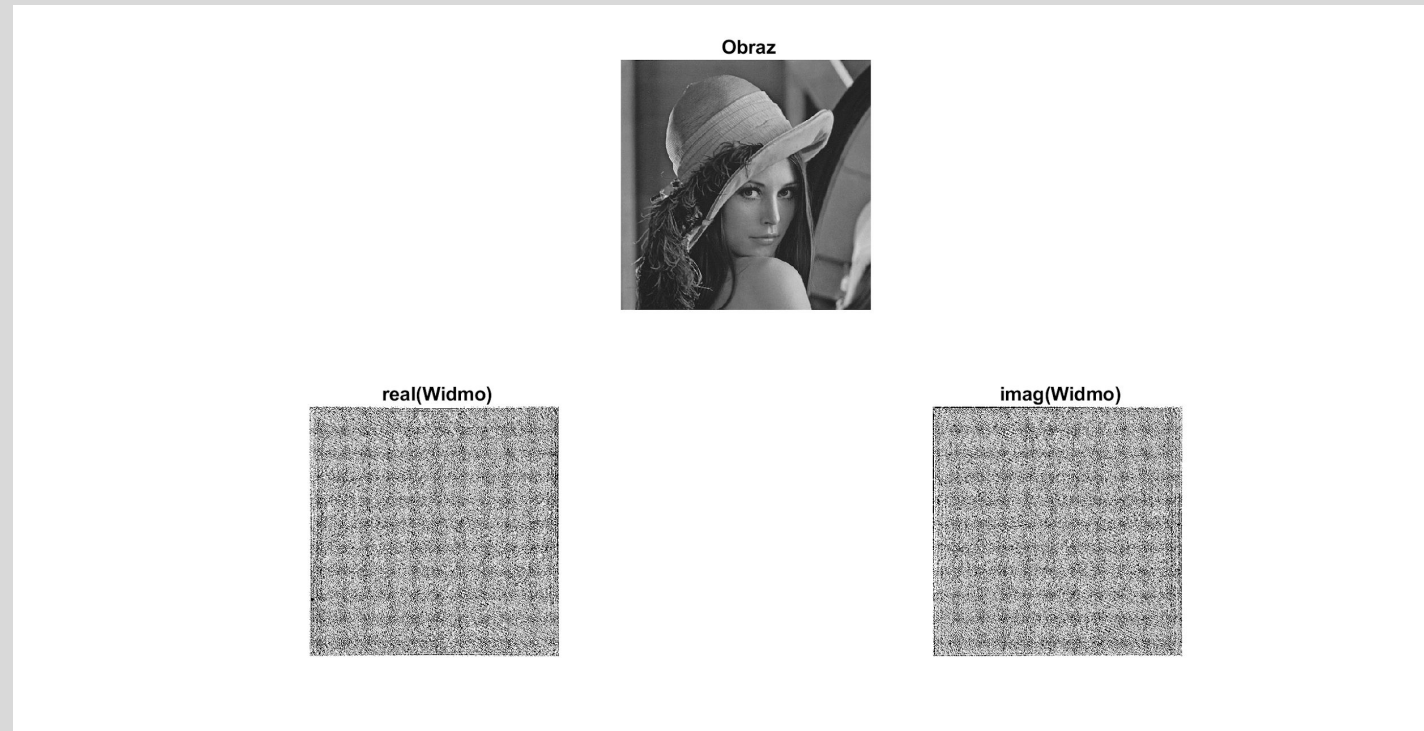
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości





# Dziedzina częstotliwości

- Widmo można edytować w taki sposób by wycinać poszczególne częstotliwości.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

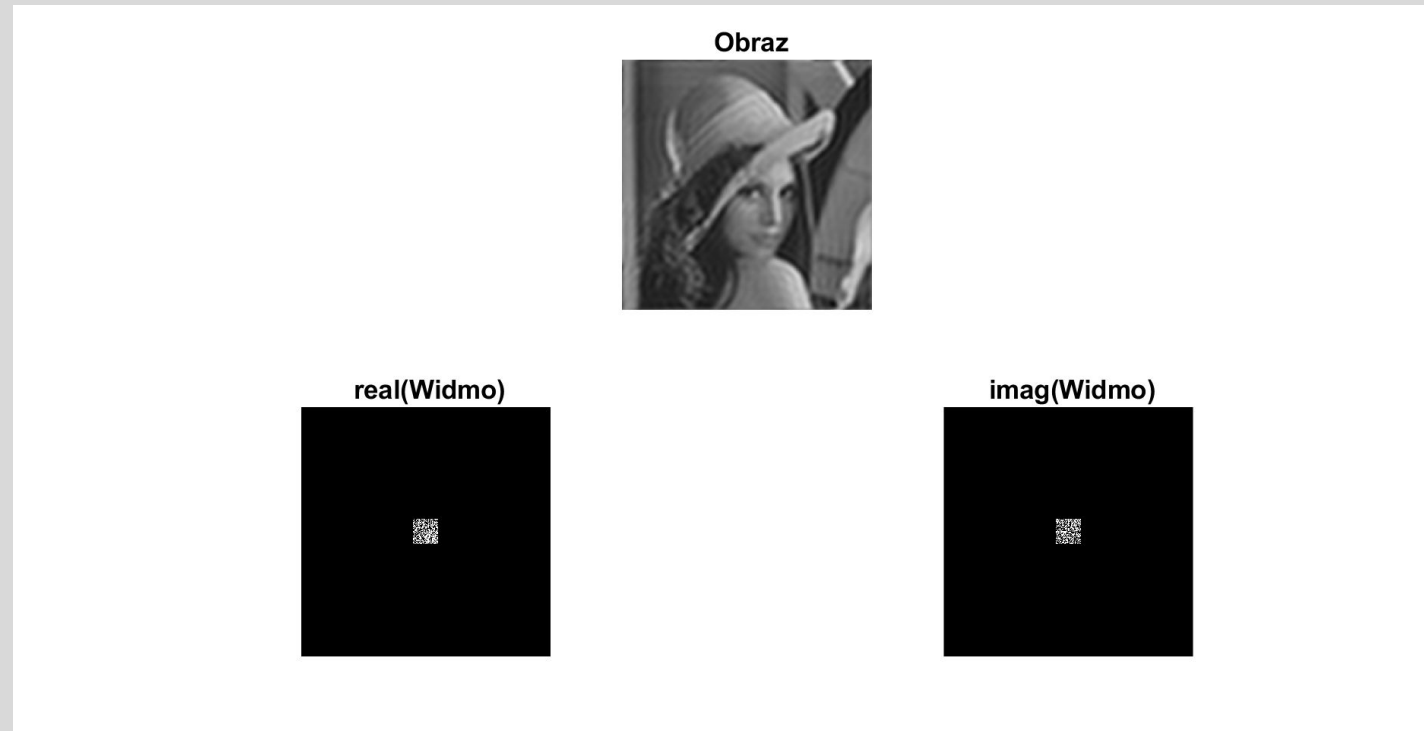
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości







# Dziedzina częstotliwości

- Widmo można edytować w taki sposób by wycinać poszczególne częstotliwości.

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

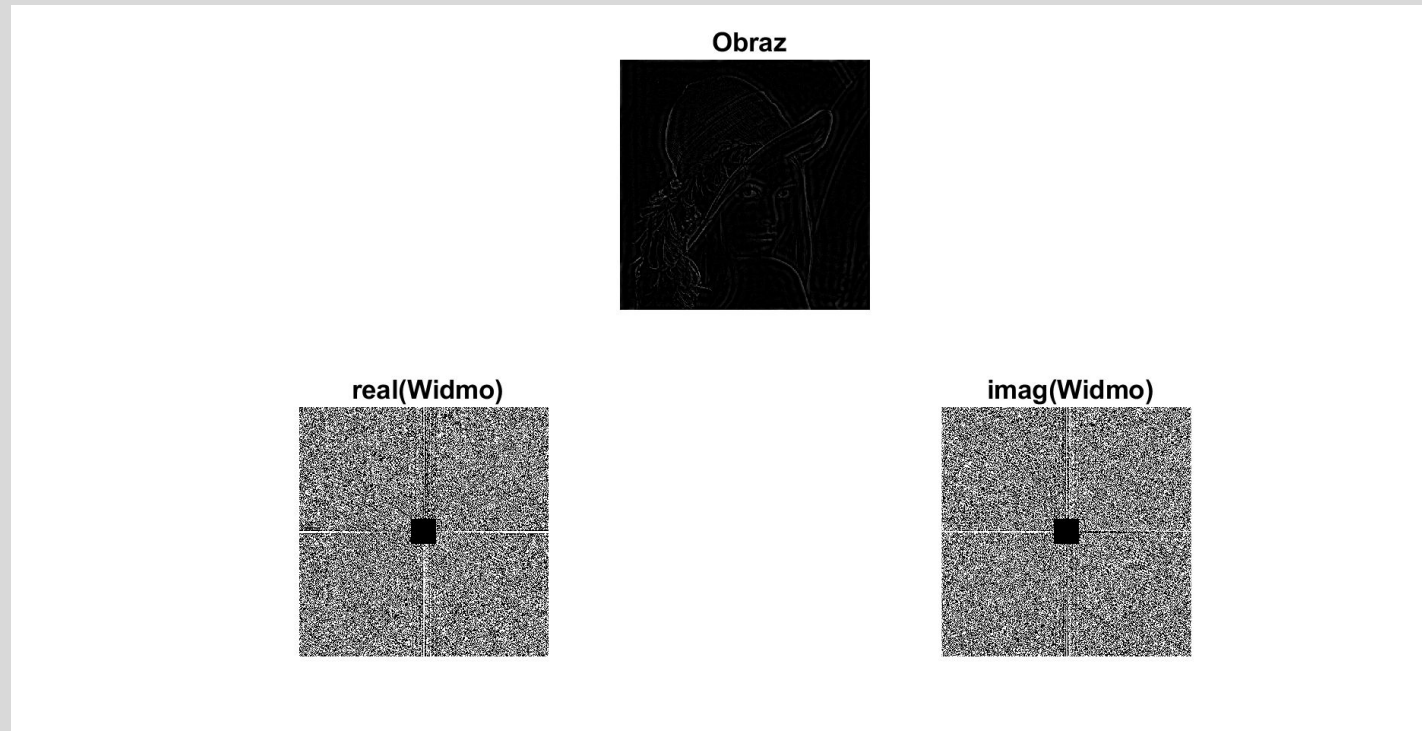
Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

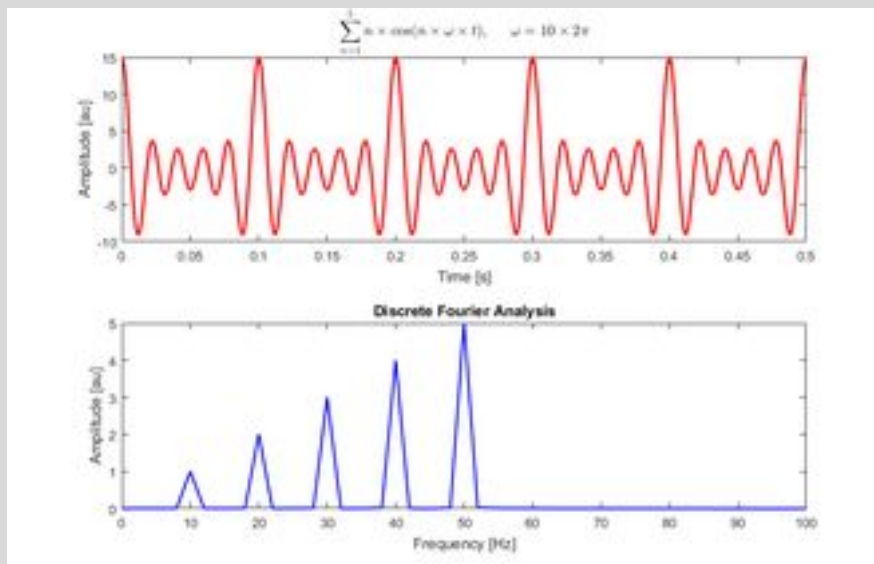
Dziedzina częstotliwości





# Dziedzina częstotliwości

- Obraz jest sygnałem.
- Każdy sygnał można wyświetlić w dziedzinie czasu, czyli jego wartość dla danej próbki.
- Sygnał można też wyświetlić w dziedzinie częstotliwości, czyli właściwości sygnałów prostych, z których składa się sygnał wejściowy.
- Przejście do dziedziny częstotliwości można osiągnąć używając **Dyskretnej Transformaty Fouriera (DCT)**.





# Grafika Komputerowa

## Wykład 2

**Dziękuję za uwagę :)**



mgr inż. Michał Chwesiuk

Cechy obrazu

Operacje punktowe

Histogram

Filtracje

Dolnoprzepustowe

Górnoprzepustowe

Krawędziowe

Morfologiczne

Skalowanie

Obracanie

Dziedzina częstotliwości