

Wykład 1

Przetwarzanie bezkontekstowe intensywności

dr Marcin Denkowski

AGENDA

- Wstęp
- Przegląd kursu i warunki
- Przetwarzanie bezkontekstowe
- Histogram obrazu

PRZEGLĄD KURSU

CZĘŚĆ I

- Operacje bezkontekstowe
- Teoria barw
- Filtracja obrazu
- Prymitywy geometryczne
- Przekształcenia geometryczne obrazu

CZĘŚĆ II

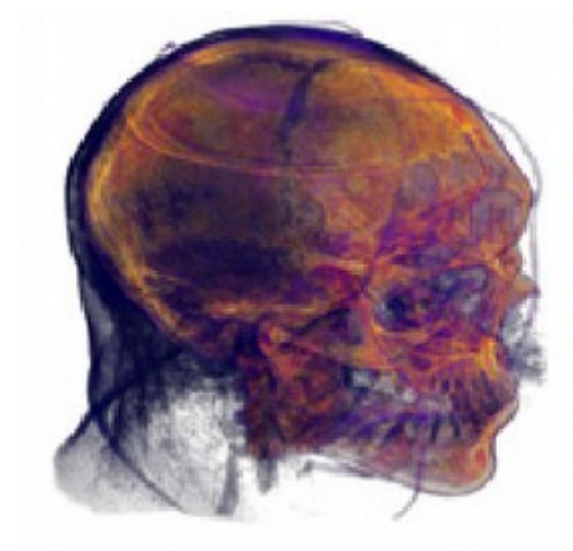
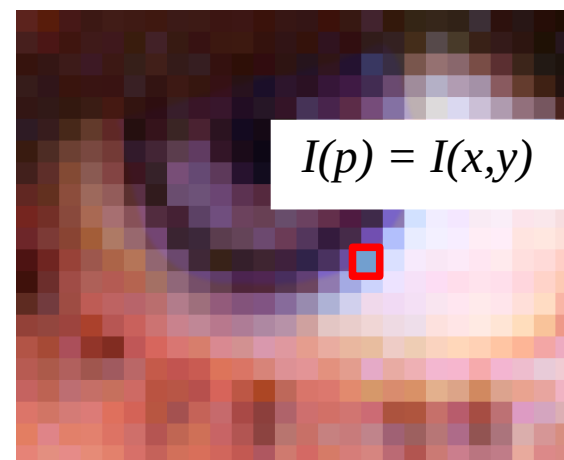
- Wstęp do OpenGL i GLSL
- Geometria macierzowa 3D
- Oświetlenie i cieniowanie
- Tekstury, blending, fogs
- Compute shader

OBRAZ CYFROWY

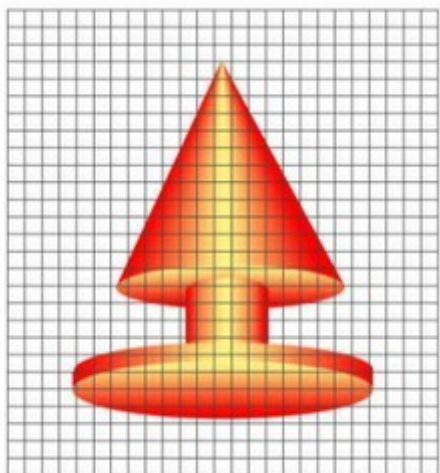
- Funkcja 2D $I_2(x,y) = f(x,y)$
- Funkcja 3D $I_3(x,y,z) = f(x,y,z)$
- Jednorodna dyskretna siatka punktów (raster)

$$\{p = (x, y)\}$$

- Para $\{p, I(p)\}$ jest nazywana pikselem (picture element w 2D) lub vokselem (volumetric element w 3D)
- Jeżeli $\{I(p)\}$ jest pojedynczą wartością – obraz monochromatyczny
- Jeżeli $\{I(p)\}$ jest wektorem – obraz wielokanałowy (np. kolorowy)



PRÓBKOWANIE I KWANTYZACJA



Prawdziwy obraz



Próbkowanie



Kwantyzacja

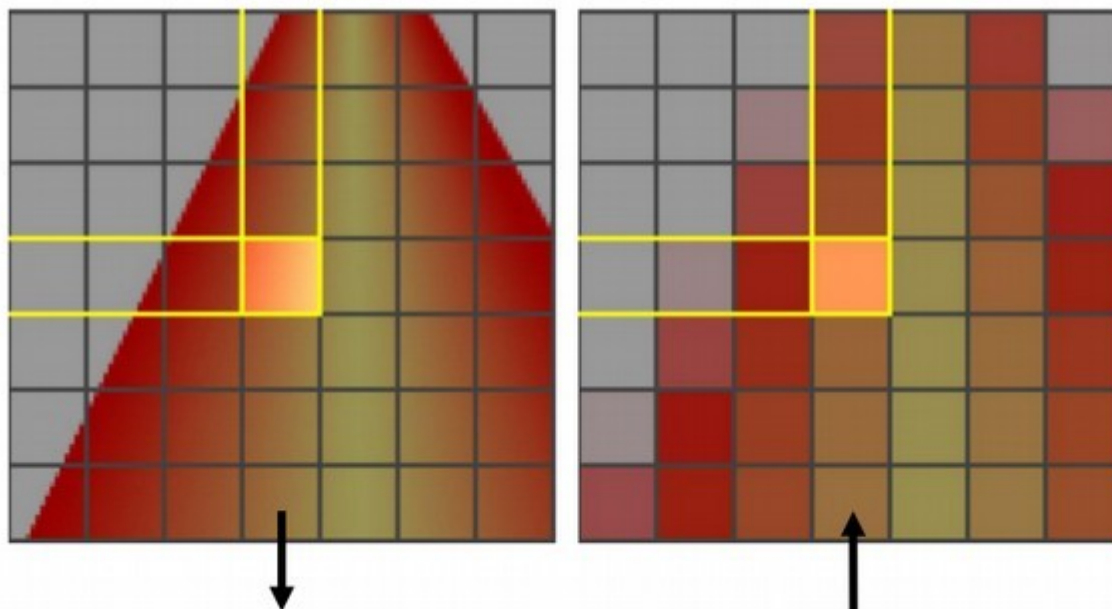


Obraz cyfrowy

PRÓBKOWANIE


 $I(\rho, \chi)$

Obraz ciągły

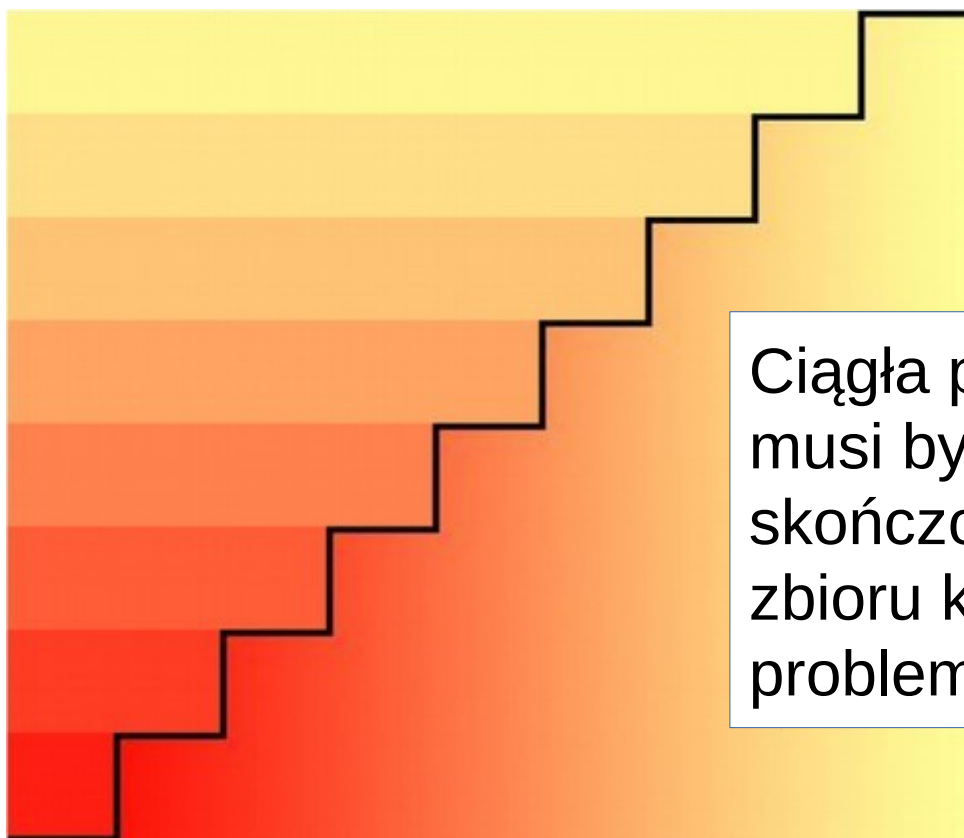


$$I(x, y) = \frac{1}{\Delta^2} \int_{x\Delta}^{(x+1)\Delta} \int_{y\Delta}^{(y+1)\Delta} I(\beta, \chi) \delta\beta \delta\chi$$


 $I(x, y)$

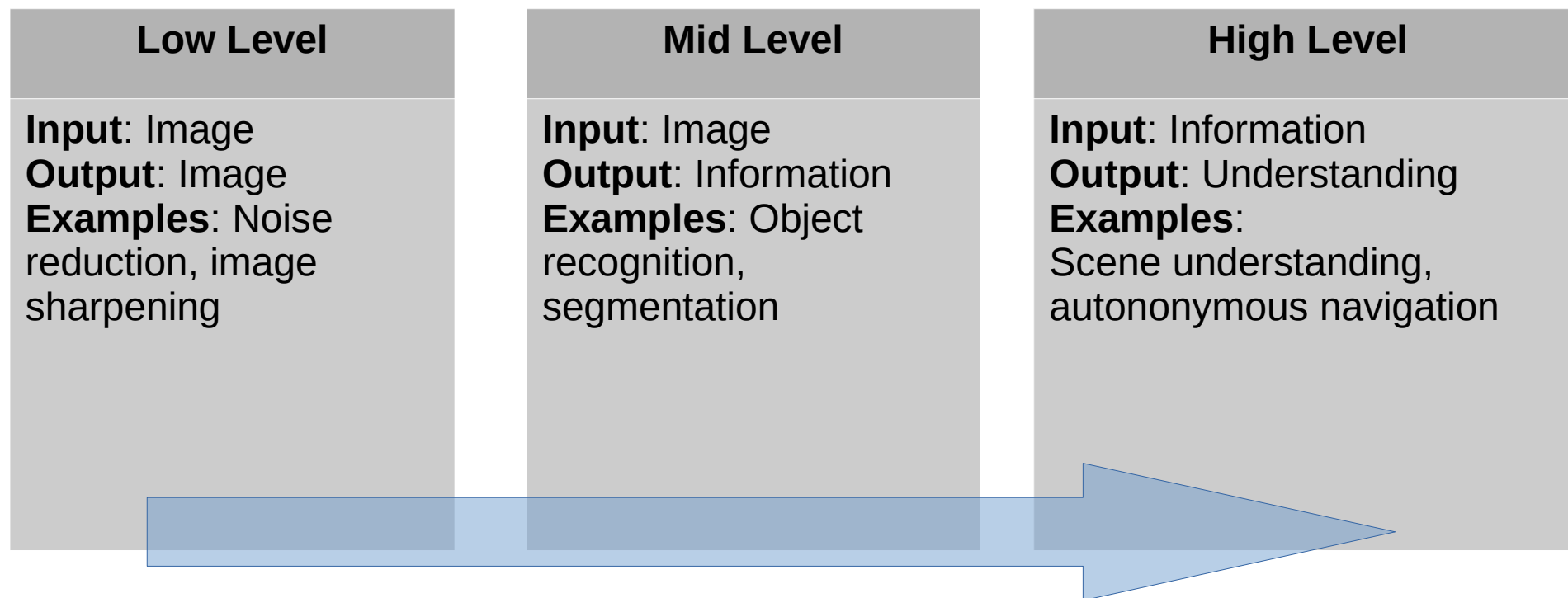
Obraz dyskretny

KWANTYZACJA

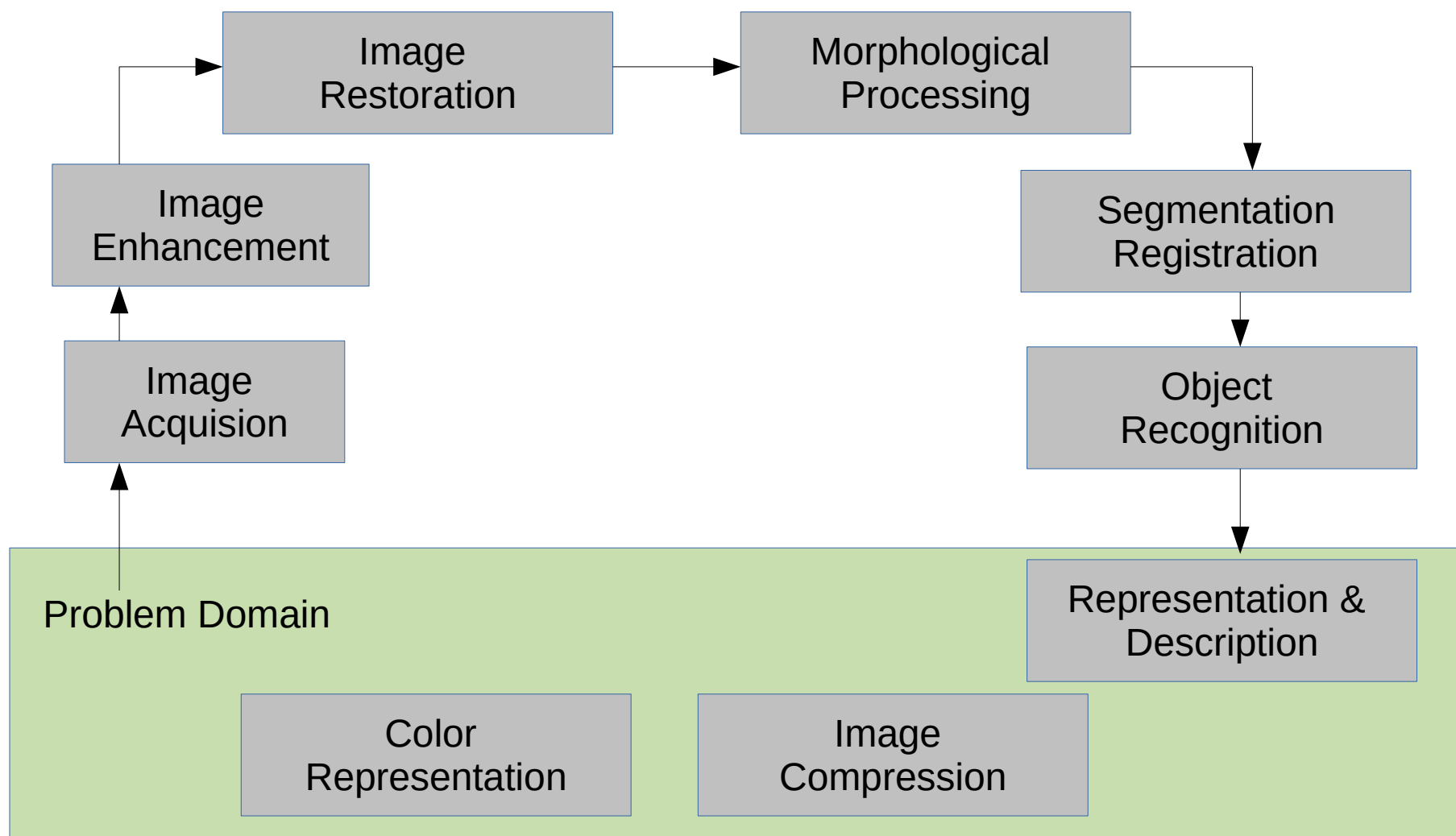


Ciągła przestrzeń kolorów musi być odwzorowana na skończoną liczbę dyskretnego zbioru kolorów – problem aliasingu

PRZETWARZANIE OBRAZÓW CYFROWYCH

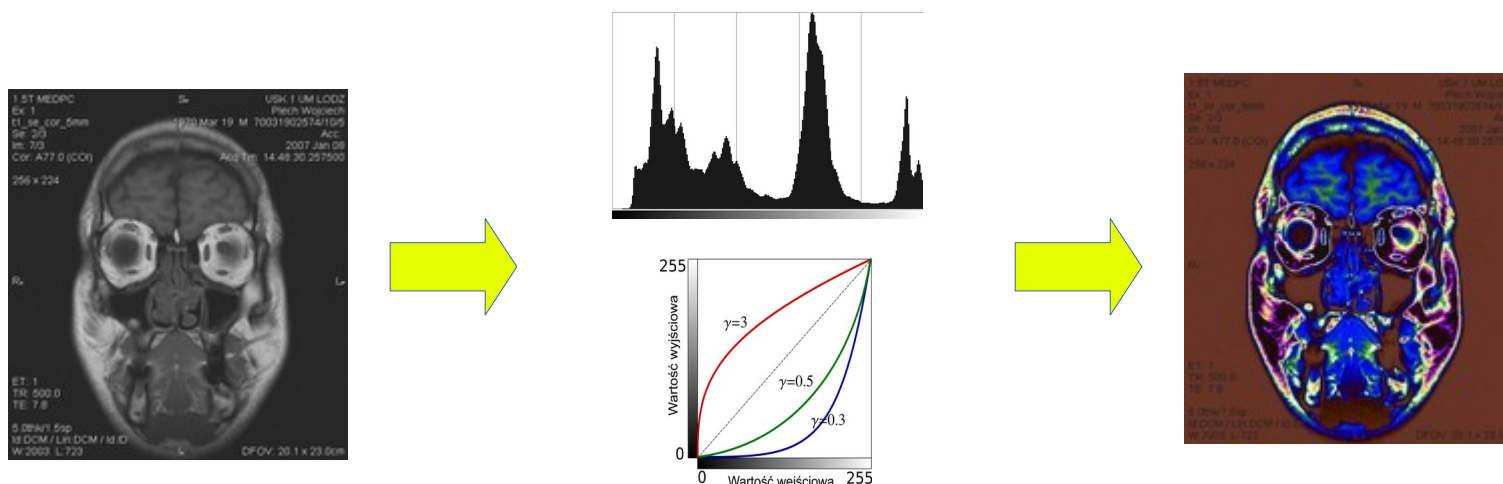


CYKL PRZETWARZANIA OBRAZU



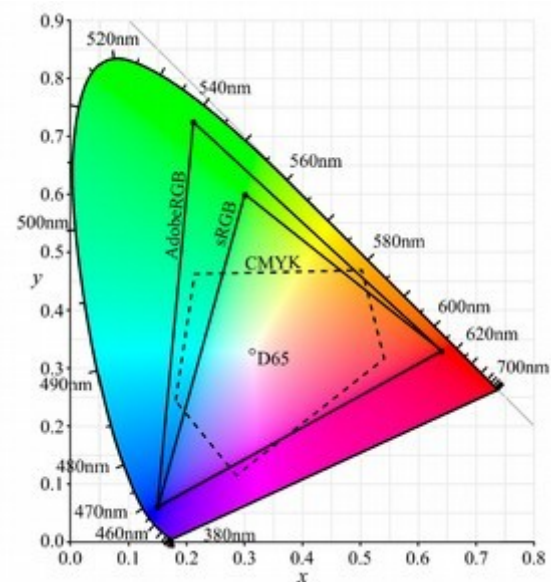
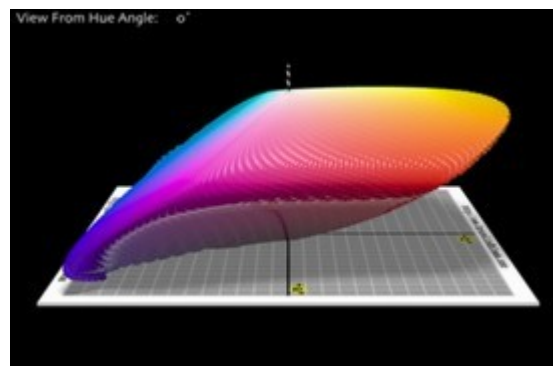
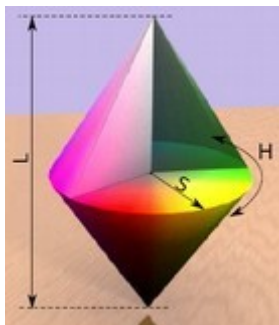
OPERACJE BEZKONTEKSOWE

- Oparte na pojedynczych punktach
 - korekcja liniowa
 - korekcja nieliniowa
 - histogram obrazu
 - wyrównywanie poziomów



TEORIA BARW

- Reprezentacja koloru
- Matematyczny opis ludzkiego wrażenia
- Modele device-dependant i device-independant



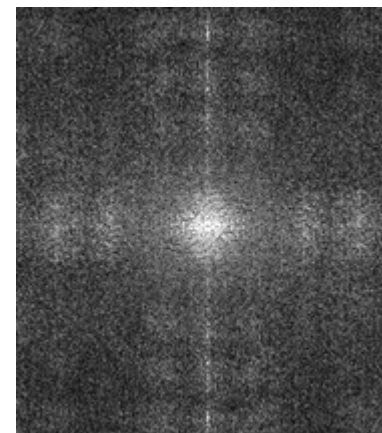
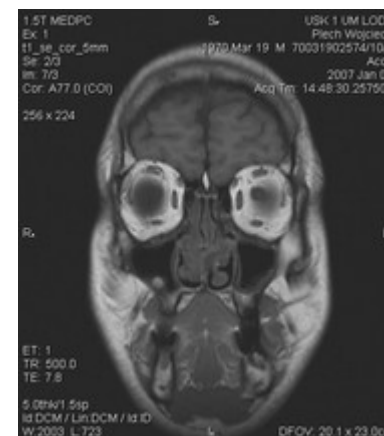
FILTRACJA KONTEKSTOWA

- Filtracja przestrzenna obrazów
- Operacja splotu funkcji dyskretnych
- Filtracja splotowa obrazów
 - filtry dolno- i górnoprzepustowe
 - filtry gradientowe i krawędziowe
- Filtry nieliniowe
 - filtr medianowy
 - filtr bilateralny



TRANSFORMATY

- Operacje w dziedzinie częstotliwości
- Transformata Fouriera
 - Fast Fourier Transform (FFT)
 - operacja szybkiego splotu
- Dyskretna Transformata Kosinusowa (DCT)
 - znakowanie wodne
 - kompresja stratna
- Transformata Hougha
 - wykrywanie kształtów w obrazie

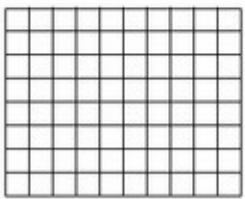
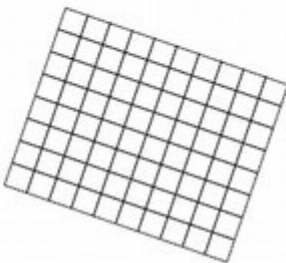
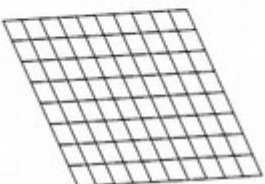
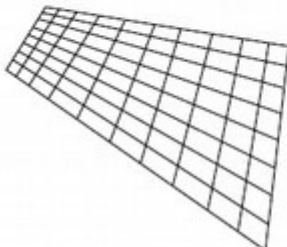
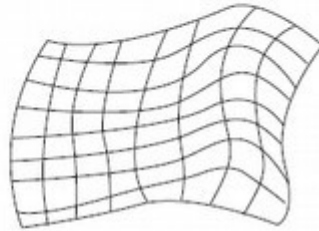
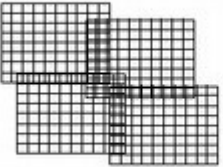
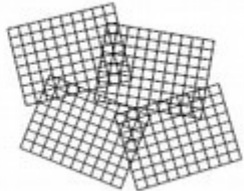
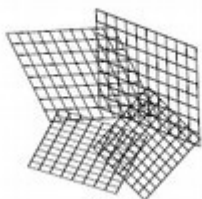
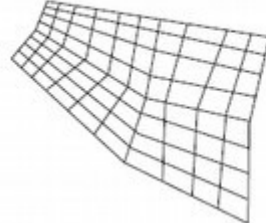
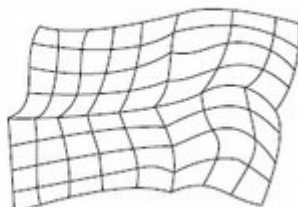


PRZEKSZTAŁCENIA GEOMETRYCZNE

- Zmiana położenia punktów obrazu

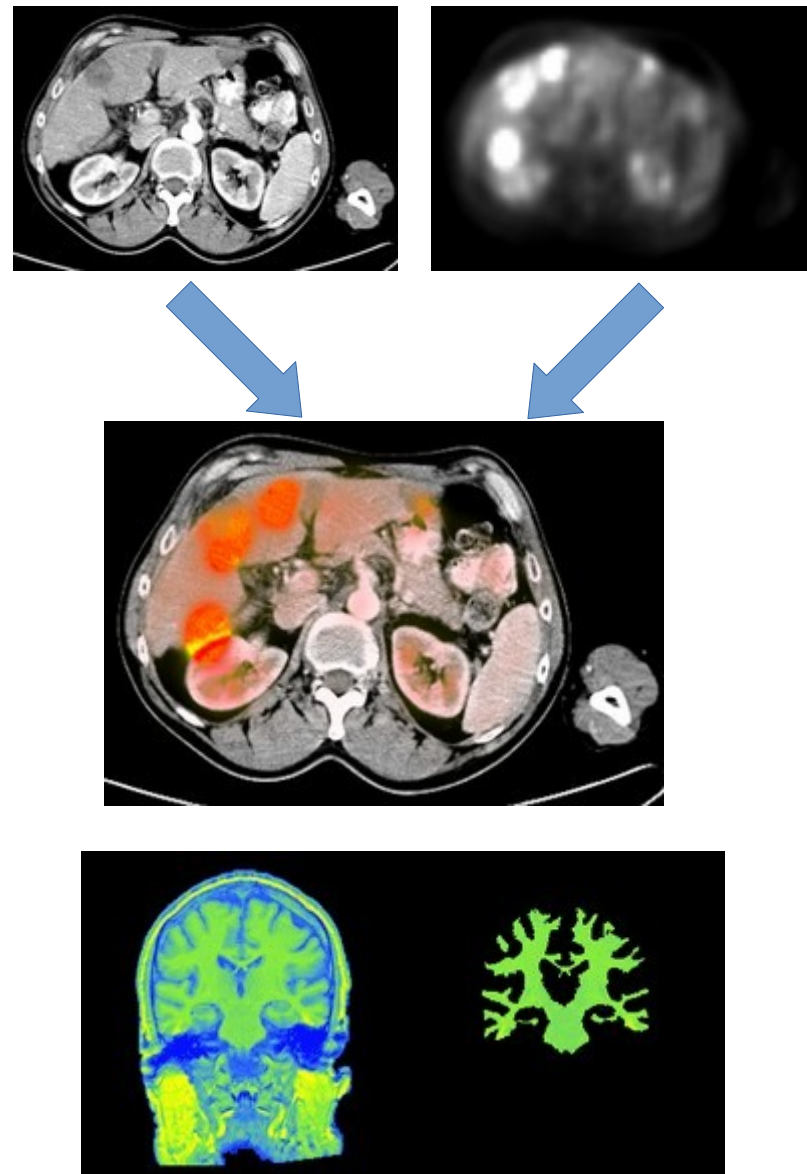
$$(x, y, z) = T(v, w, u)$$

- Metody interpolacji

	Shifts	Rigid Body	Affine	Perspective	Non-linear
Global					
Local					

PRZETWARZANIE ZŁOŻONE

- Rekonstrukcja
- Segmentacja obrazu
- Dopasowywanie obrazów
- Fuzja obrazów
- Rozpoznawanie wzorca



PRZETWARZANIE BEZKONTEKSTOWE

PRZEKSZTAŁCENIE BEZKONTEKSTOWE

- Transformacje intensywności

$$v' = T(v)$$

gdzie: T to operator odwzorowujący v na v'

- liniowe (jasność, kontrast)

$$v' = \alpha(v) + \beta$$

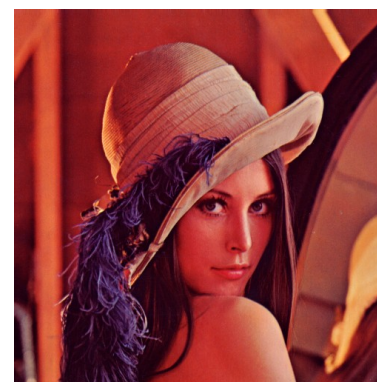
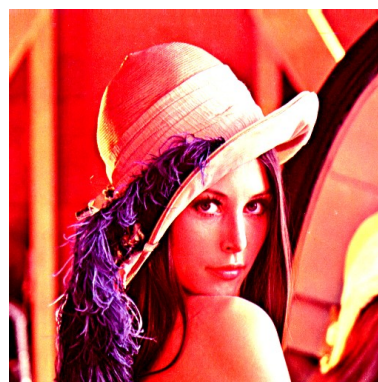
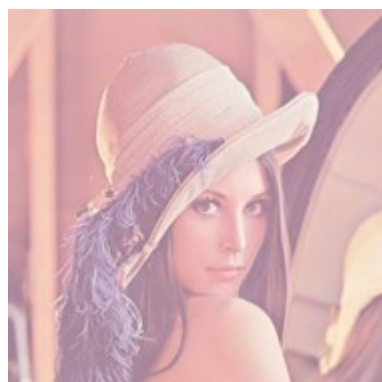
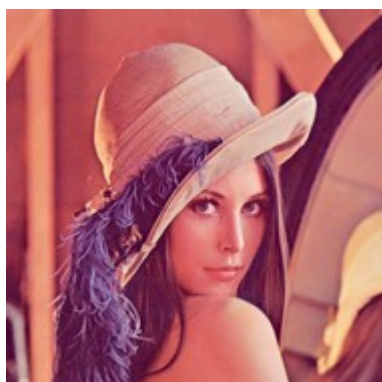
- nielinowe (negatyw, jasność)

- potęgowe (funkcja gamma)
- logarytmiczne
- krzywe

$$v' = \alpha v^\gamma + \beta$$

$$v' = \alpha \log(v) + \beta$$

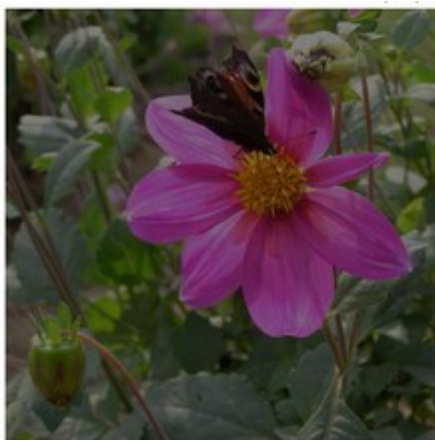
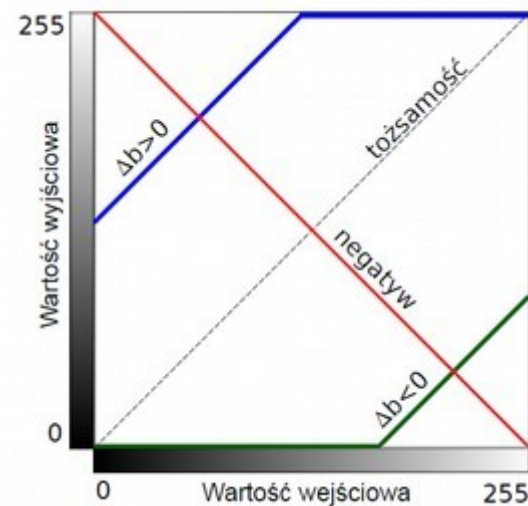
$$v' = \sum a_k x^k(v)$$



LINIOWA ZMIANA JASNOŚCI

Odwzorowanie

$$T(x) = ax + b$$

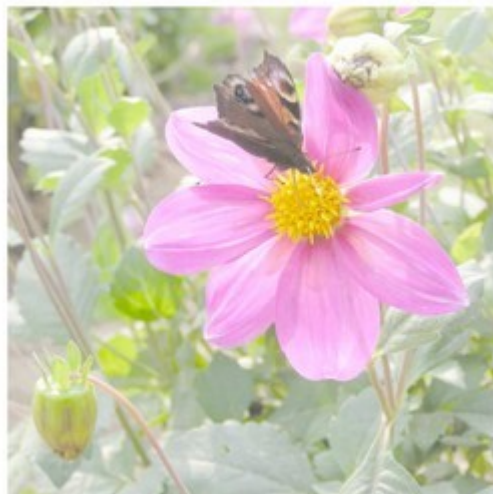
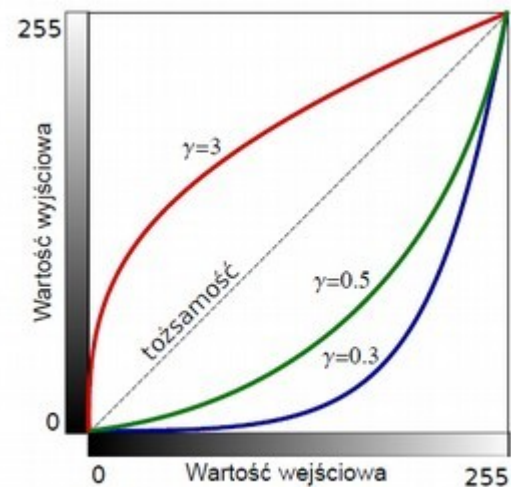
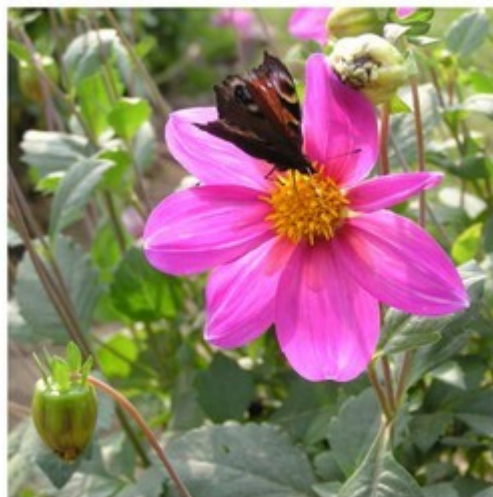


NIELINIOWA ZMIANA JASNOŚCI

Odwzorowanie

$$T(x) = Ax^\gamma$$

Odwzorowanie
GAMMA

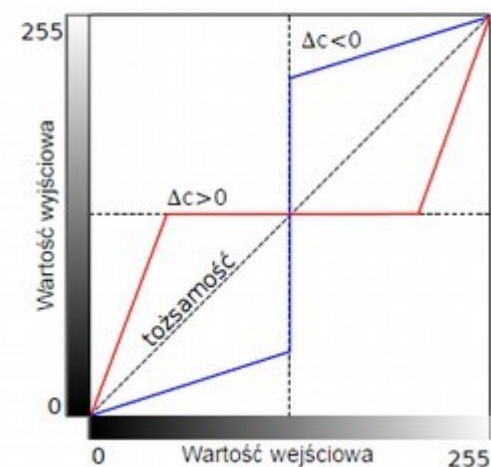
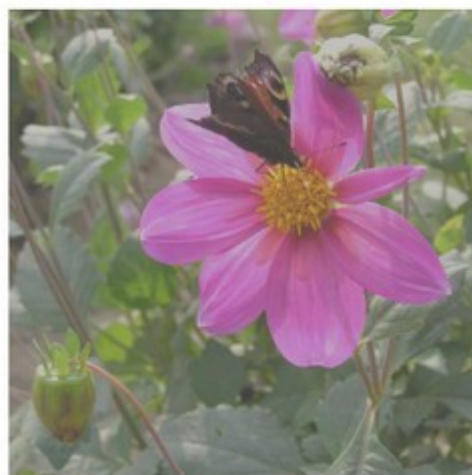
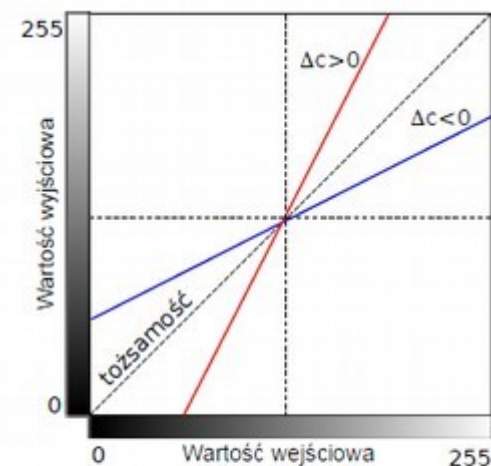


LINIOWA ZMIANA KONTRASTU

Odwzorowanie

$$T(x) = \frac{N/2}{N/2 - c}(x - c)$$

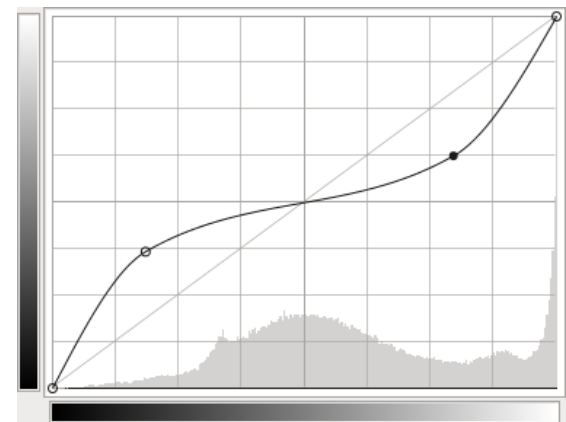
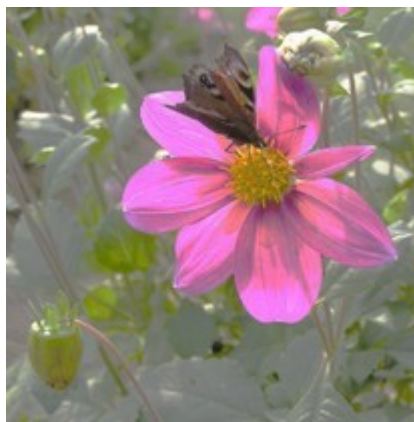
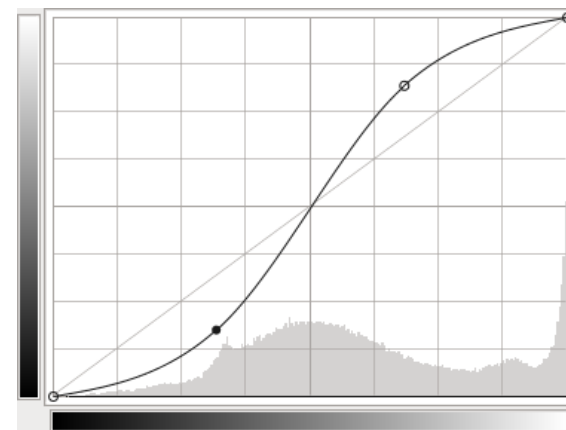
$$T(x) = \frac{N/2 + c}{N/2}x - c$$



NIELINIOWA ZMIANA KONTRASTU

Odwzorowanie

$$T(x) = S(x) = \frac{\text{Max}(x)}{1 + \exp\left(-\frac{\rho - \omega}{\sigma}\right)}$$



HISTOGRAM OBRAZU

Histogram cyfrowego obrazu jest dyskretną funkcją:

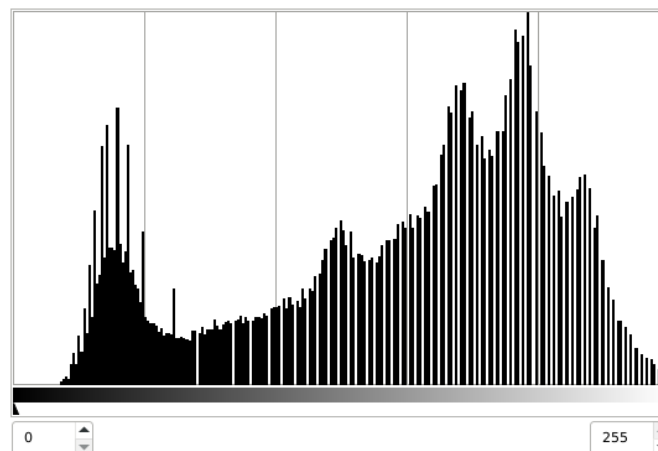
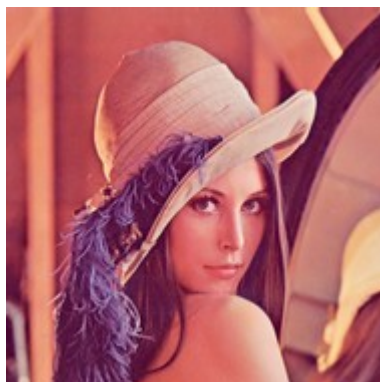
$$h(i_k) = n_k \quad n_k \in [0, L-1]$$

i_k – k -ta wartość intensywności

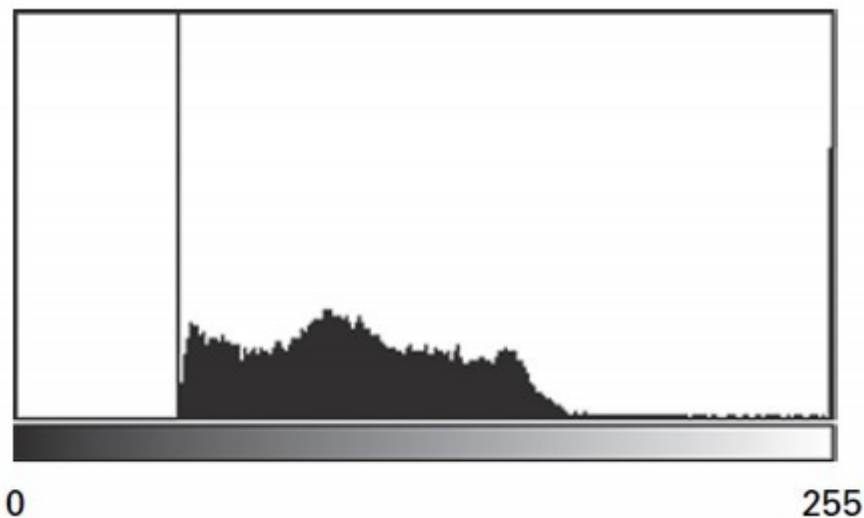
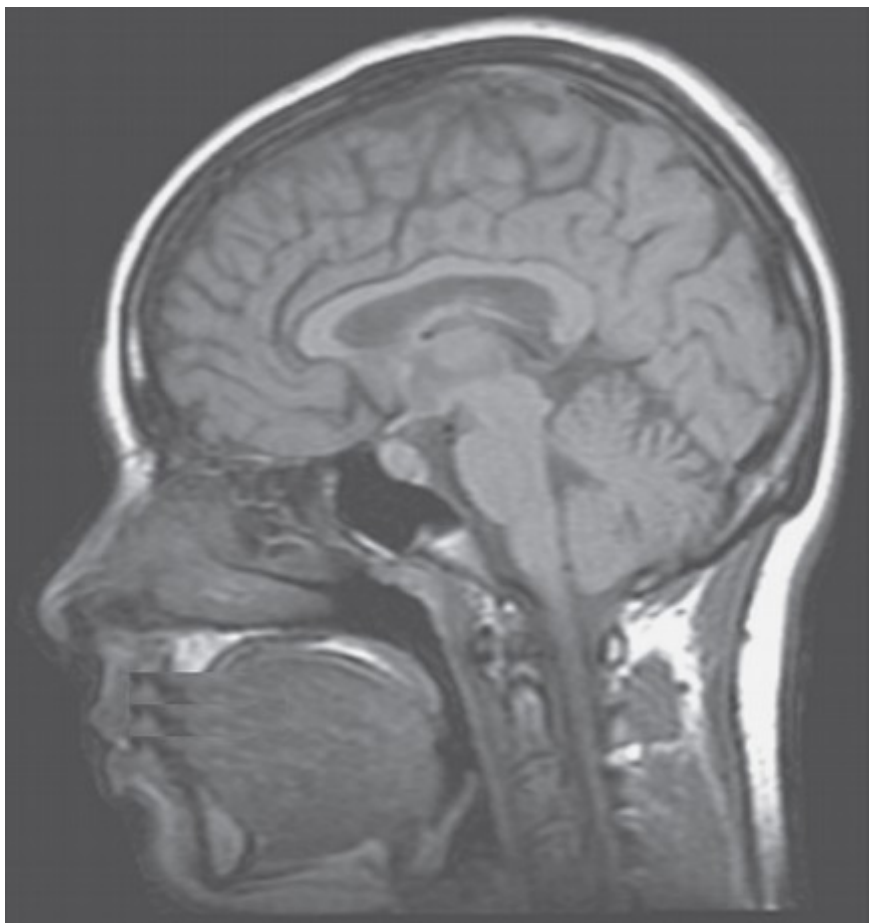
n_k – ilość punktów o intensywności i_k

Znormalizowany histogram cyfrowego obrazu jest dyskretną funkcją:

$$h_N(i_k) = \frac{n_k}{MN} \quad n_k \in [0, L-1]$$



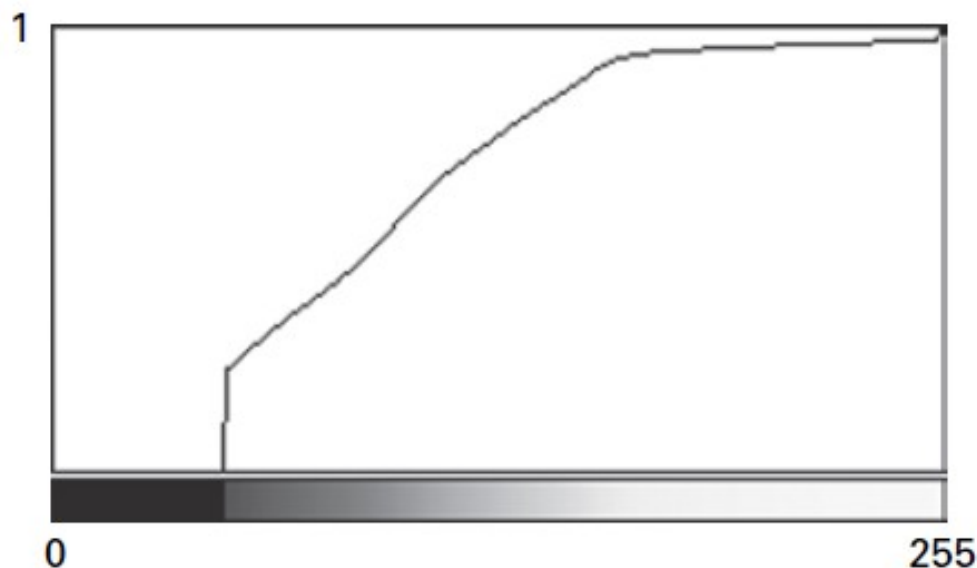
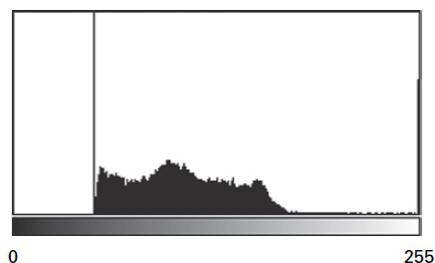
HISTOGRAM



Histogram - rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia wartości intensywności i_k w obrazie

HISTOGRAM KUMULACYJNY

- Całka znormalizowanego histogramu
- Prawdopodobieństwo wystąpienia punktu o wartości $i_k \leq v$



$$h_C(k) = \sum_{i=0}^k h(i)$$

lub:

$$h_C(0) = h(0)$$

$$h_C(i) = h(i) + h_C(i-1) \quad i \in [1, N]$$

WŁASNOŚCI HISTOGRAMU

- Suma wysokości histogramu \Leftrightarrow Ilość punktów w obrazie

$$\sum_{i=0}^K h(i) = NM$$

- Średnia wartość intensywności histogramu \Leftrightarrow
Średnia wartość intensywności obrazu

$$\bar{h} = \sum_{i=0}^K i_K \cdot h_N(i_k) = \frac{1}{NM} \sum_{x,y=0}^{NM} i(x,y)$$

WŁASNOŚCI HISTOGRAMU

- Mediana histogramu kumulacyjnego \Leftrightarrow
Mediana intensywności obrazu

$$h_C(0.5) = \tilde{i}(x, y)$$

- Wariancja histogramu \Leftrightarrow miara kontrastu obrazu

$$\sigma^2 = \sum_{k=0}^K (i_k - \bar{h}) \cdot h_N(i_k)$$

MOMENTY OBRAZU

- Moment - wartość oczekiwana k -tej potęgi zmiennej losowej:

$$m_n(i) = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot i_k^n$$

$$\mu_n(i) = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot (i_k - \bar{i}_k)^n$$

- Pierwszy moment:
- Drugi moment centralny:
- Trzeci moment centralny:
skrętność histogramu
- Czwarty moment centralny:
kurtoza histogramu

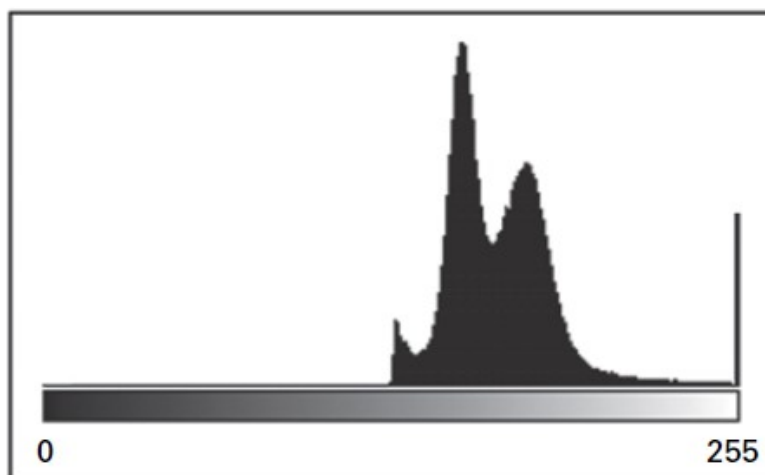
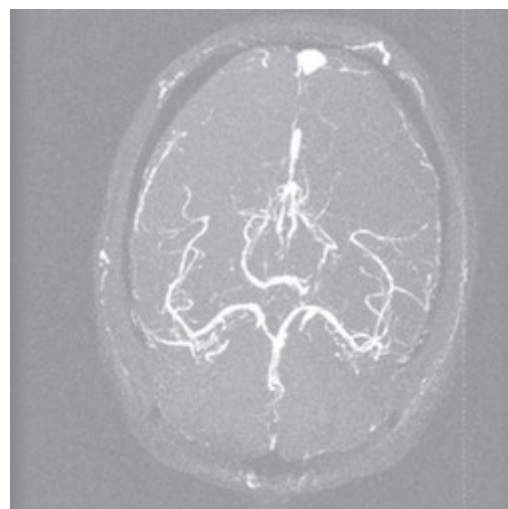
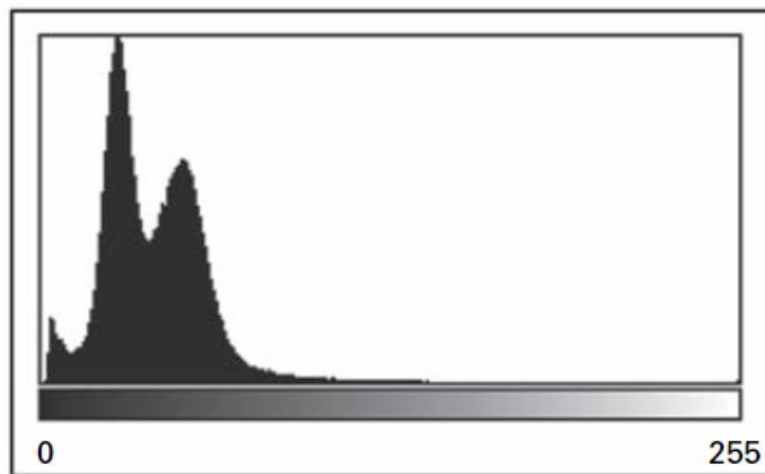
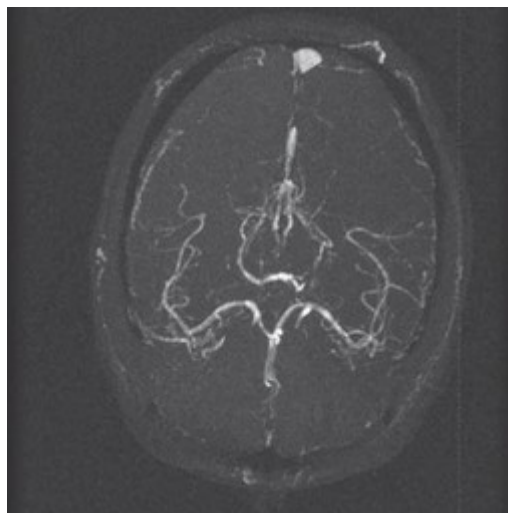
$$m_1 = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot i_k$$

$$\mu_2 = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot (i_k - \bar{i}_k)^2$$

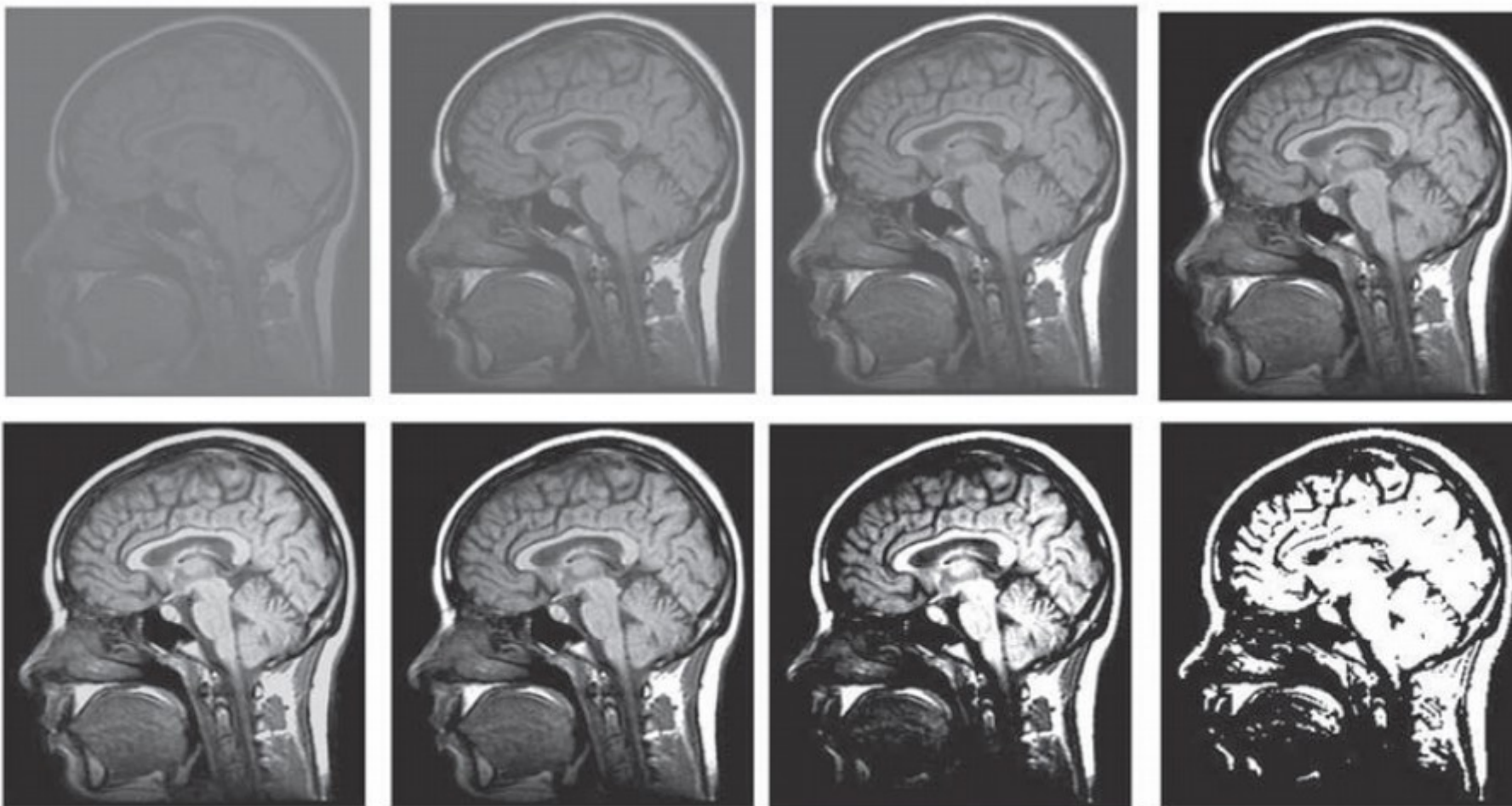
$$\mu_3 = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot (i_k - \bar{i}_k)^3$$

$$\mu_4 = \sum_{k=0}^K h_N(k) \cdot (i_k - \bar{i}_k)^4$$

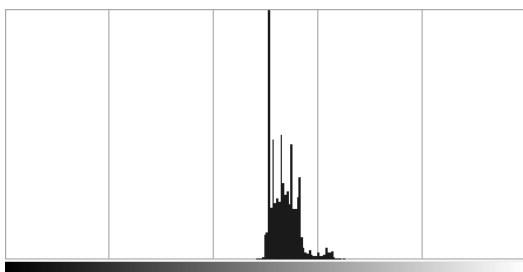
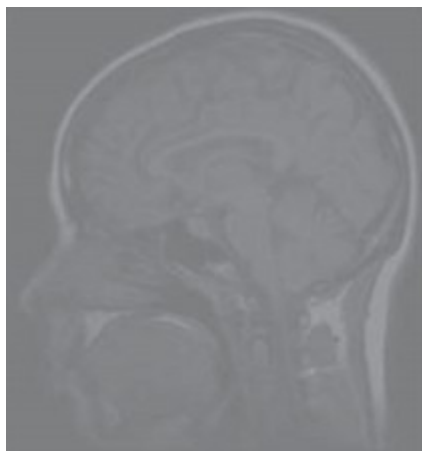
ANALIZA HISTOGRAMU



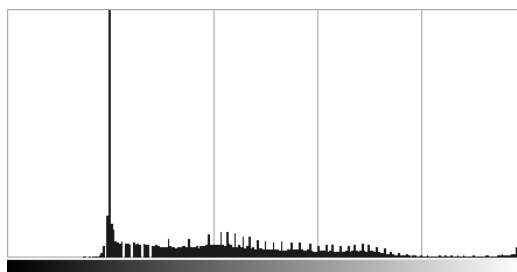
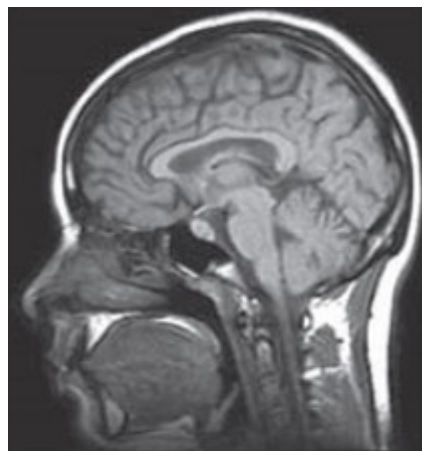
KONTRAST OBRAZU



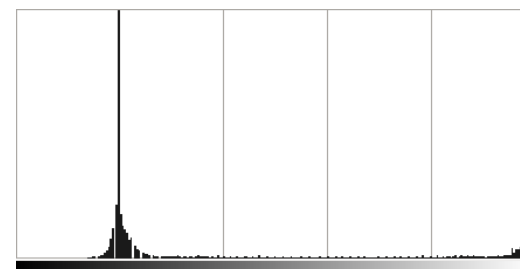
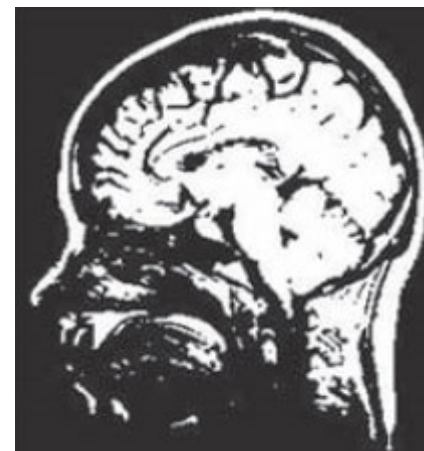
ANALIZA HISTOGRAMU



Średnia = 136,4
 σ = 6,7
M = 135,0



Średnia = 108,5
 σ = 51,6
M = 102



Średnia = 120,6
 σ = 87,4
M = 56

ENTROPIA OBRAZU

- Entropia obrazu – miara nieuporządkowania informacji

$$H = - \sum_{i=0}^{2^n-1} P(a_i) I(a_i) = - \sum_{i=0}^{2^n-1} P(a_i) \log_2 P(a_i)$$

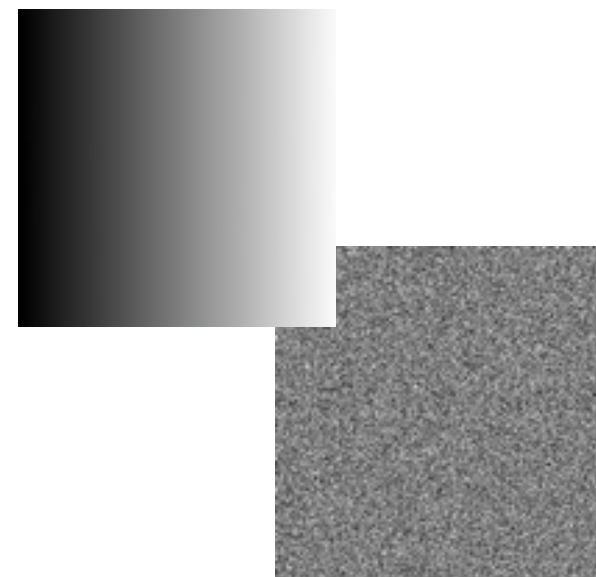
gdzie: $I(E) = \log \frac{1}{P(E)} = -\log P(E)$

$P(E)$ - prawdopodobieństwo wystąpienia informacji

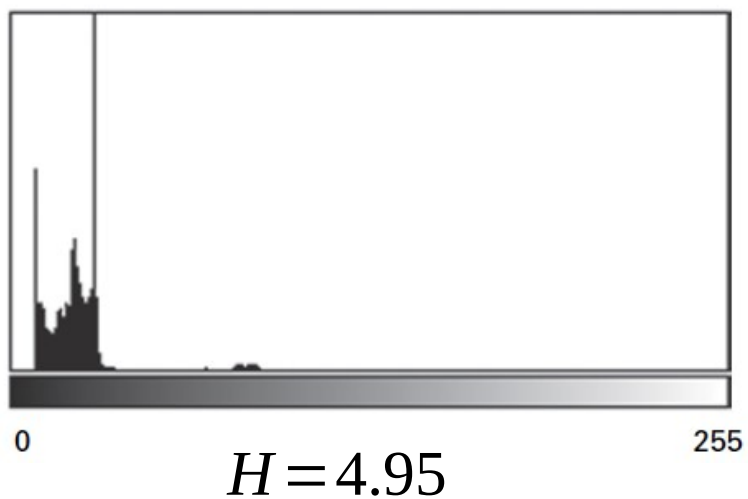
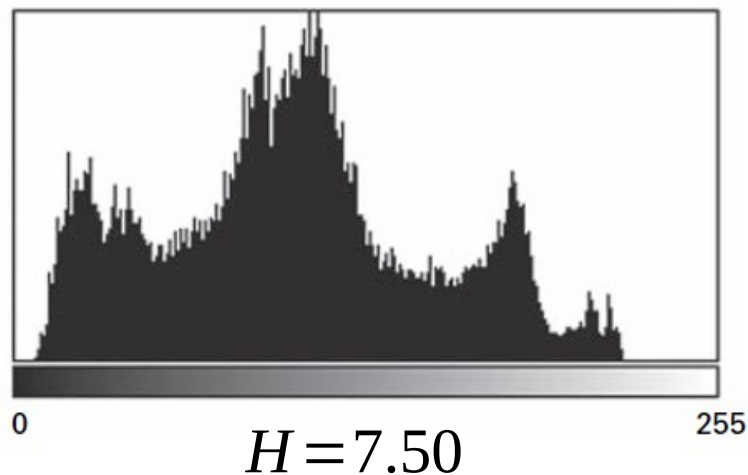
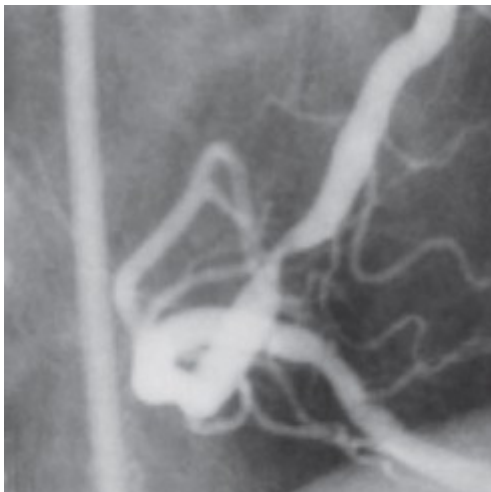
- Maksymalna entropia obrazu:

$$H_i = - \sum_{i=0}^{2^n-1} P(a_i) \log_2 P(a_i) =$$

$$- \sum (1/2^n) \cdot \log_2 (1/2^n) = + \sum (1/2^n) \cdot n = n$$



ENTROPIA – PRZYKŁAD



FUNKCJA TRANSFERU

- Funkcja transferu, przekształcenie intensywności

$$y = T(x)$$

gdzie: $T(x)$ – operator odwzorowania zwany LUT
(Look-Up Table)

odwzorowuje jeden zakres dynamiki na inny

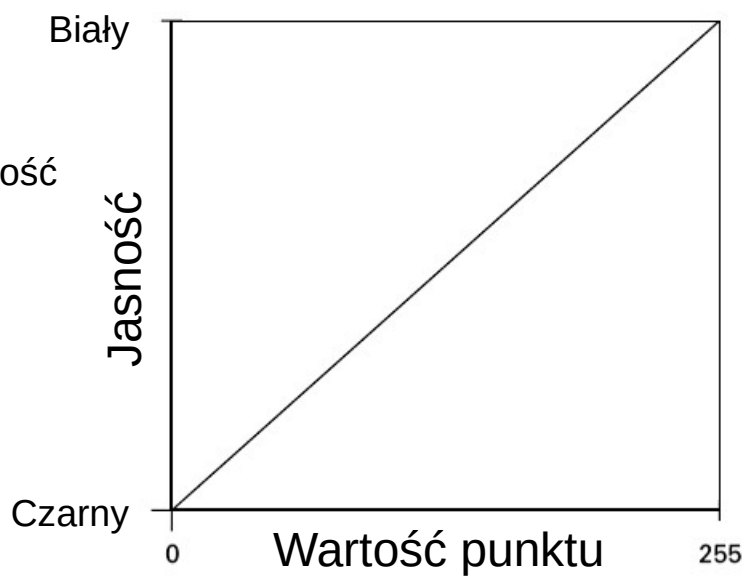
- Odwzorowanie punktowe – wartość wyjściowa zależy jedynie od wartości wejściowej

LOOKUP-TABLE

LUT	
Adres	Wartość
0	0
1	3
2	7
3	11
4	16
...	...
...	...
...	...
...	...
...	...
255	...

Wartość punktu →

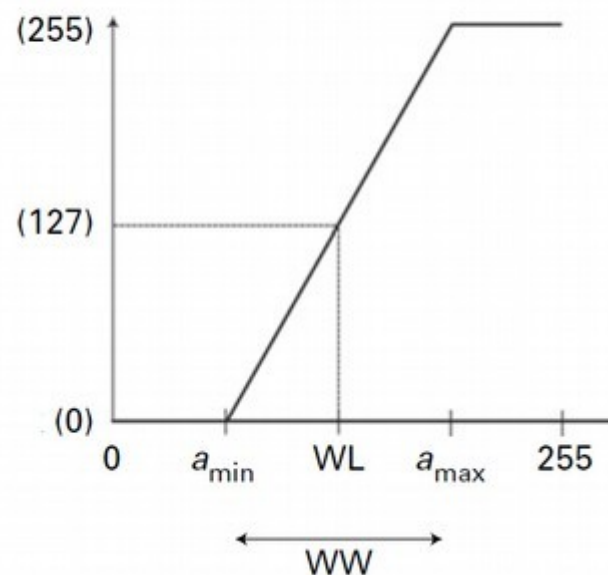
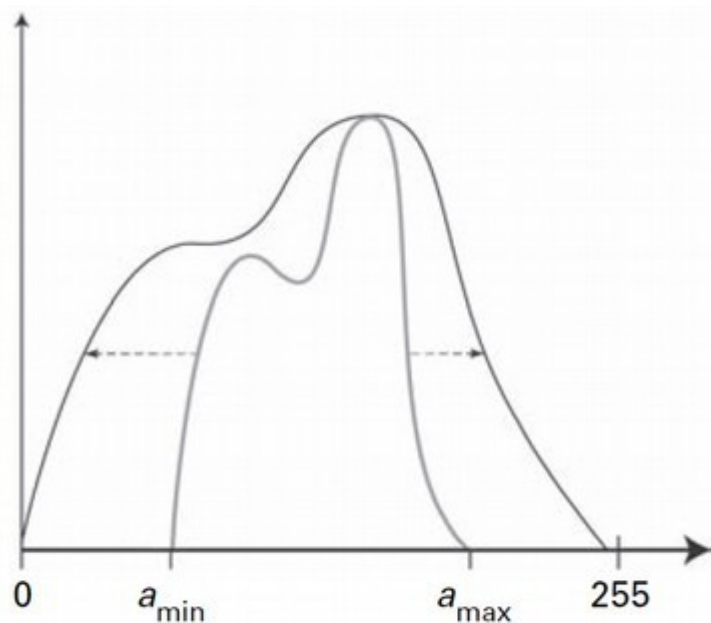
→ Jasność



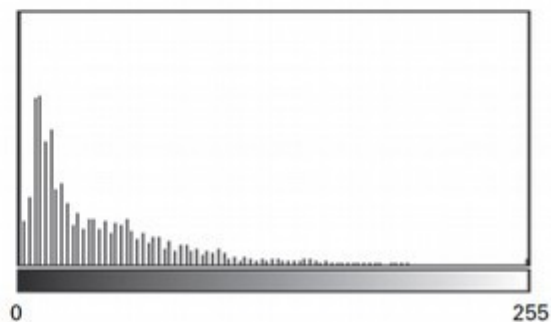
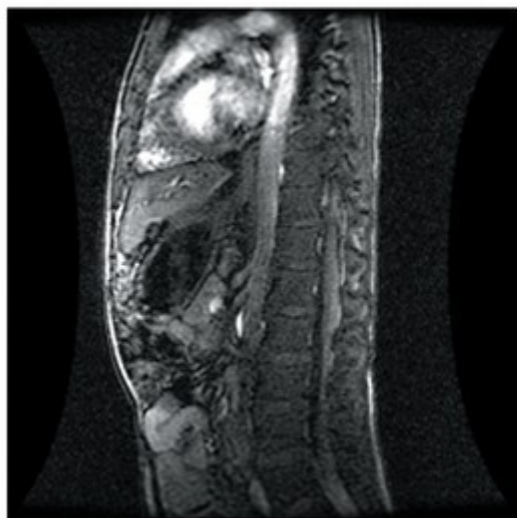
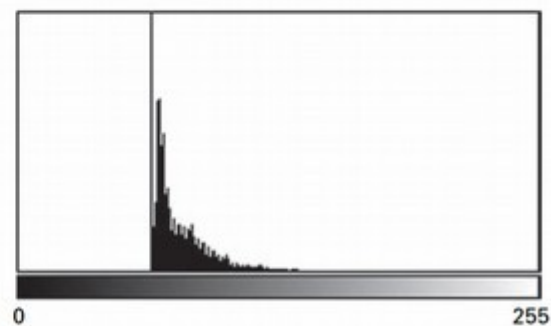
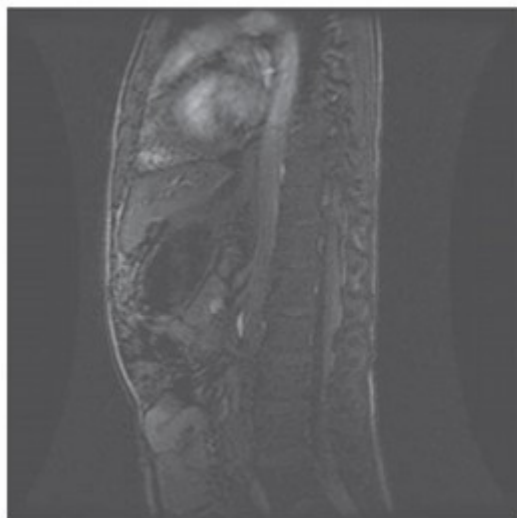
SKALOWANIE HISTOGRAMU – POZIOMY

- Liniowe odwzorowanie zakresu tonalnego na inny zakres
- Może być zrealizowane na zasadzie LUT

$$T(x) = \frac{2^n - 1}{x_{\max} - x_{\min}} x$$



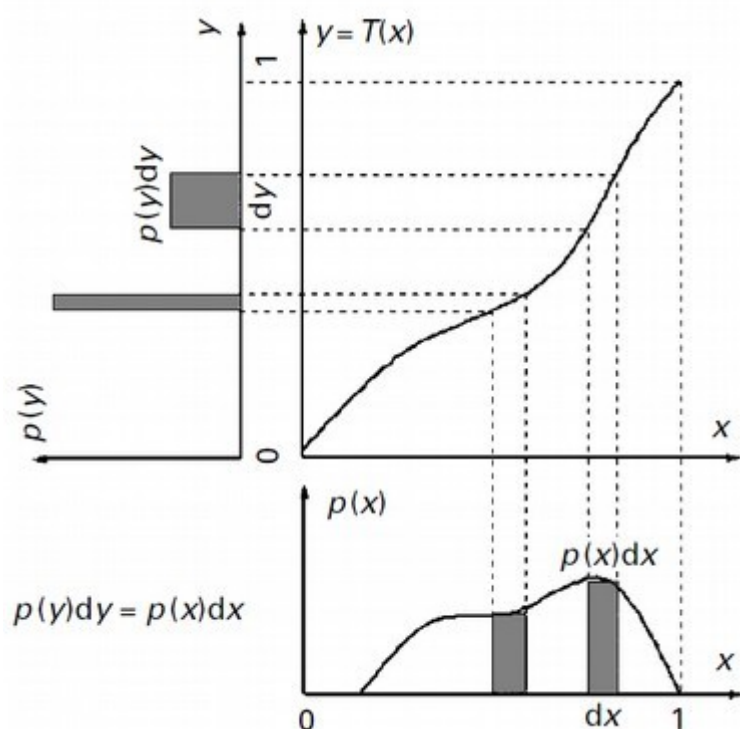
ROZCIĄGANIE HISTOGRAMU



WYRÓWNYWANIE HISTOGRAMU

Żądanie:

- płaska, jednorodna, wyrównana funkcja gęstości prawdopodobieństwa
- liczba punktów pozostaje niezmienną



stałe

$$p(y)dy = p(x)dx$$

$$dy = p(x)dx$$

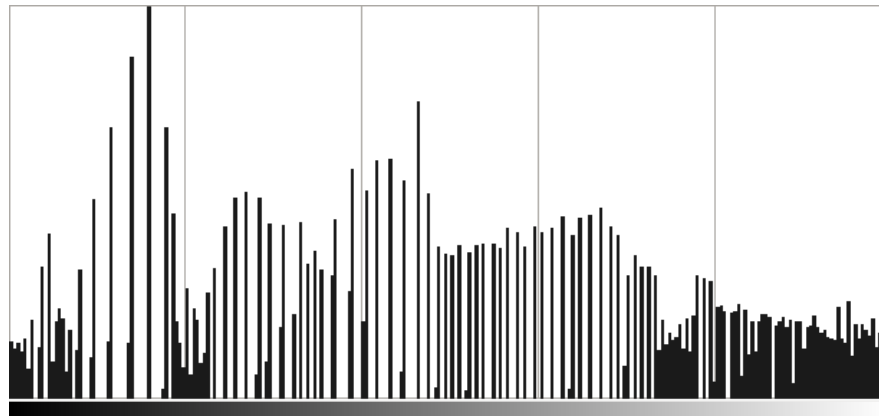
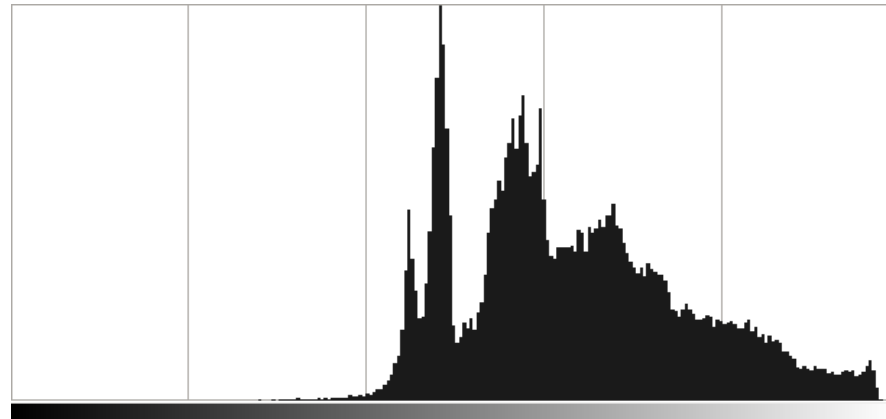
$$dy/dx = p(x)$$

$$T(x) = \int_0^x p(u)du, \quad T(0) = 0$$

— po zdyskretyzowaniu

$$T(x) = \sum_{i=0}^x p_i$$

WYRÓWNYWANIE HISTOGRAMU



Jak zmieni się entropia obrazu?

IMAGE ENHANCEMENT



IMAGE ENHANCEMENT



ZADANIA

1. Stwórz aplikację w Qt wczytującą i wyświetlającą obraz na formatce.
2. Dodaj funkcjonalność zmiany jasności i kontrastu tego obrazu.
3. Dodaj funkcjonalność regulacji gammy tego obrazu przy użyciu LUT.
4. Narysuj histogram tego obrazu.
5. Wyznacz wartość średnią histogramu i wariancję.