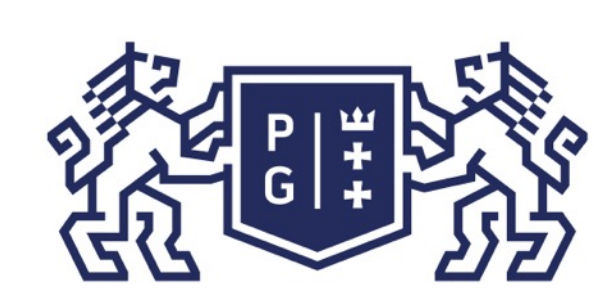




Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński, Mariusz Kaczmarek



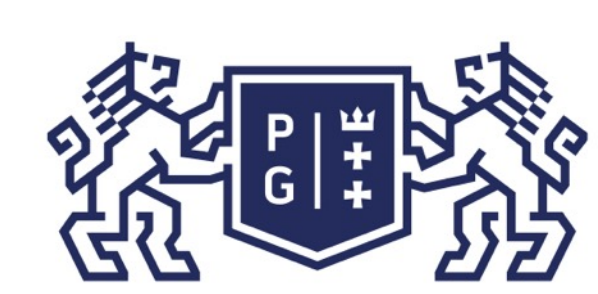
Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński



Mariusz Kaczmarek

Katedra Inżynierii Biomedycznej,
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska



Plan prezentacji

1. Co to jest histogram?
2. Zastosowanie histogramu w przetwarzaniu obrazów

Histogram jednowymiarowy jest reprezentowany przez wektor przechowujący częstość wystąpień poszczególnych wartości (pikseli), najczęściej będących indeksem wektora.

W formie prezentacyjnej stanowi wykres częstości wystąpień.

2	3	3
4	3	4



$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 3 \\ 4 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\text{HIST} := (0 \ 0 \ 1 \ 3 \ 2 \ 0 \ 0 \ 0)^T$$

zakładamy, że mamy 8 kolorów

$$\text{HIST} =$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Wektor ma 8 komórek, od 0 do 7. Liczba wystąpień "0" w macierzy danych jest 0 i dlatego pod indeksem "0" jest 0. Pod indeksem "2" jest wartość 1, ponieważ w zestawie danych jest tylko jedna dwójka.

2	3	3
4	3	4

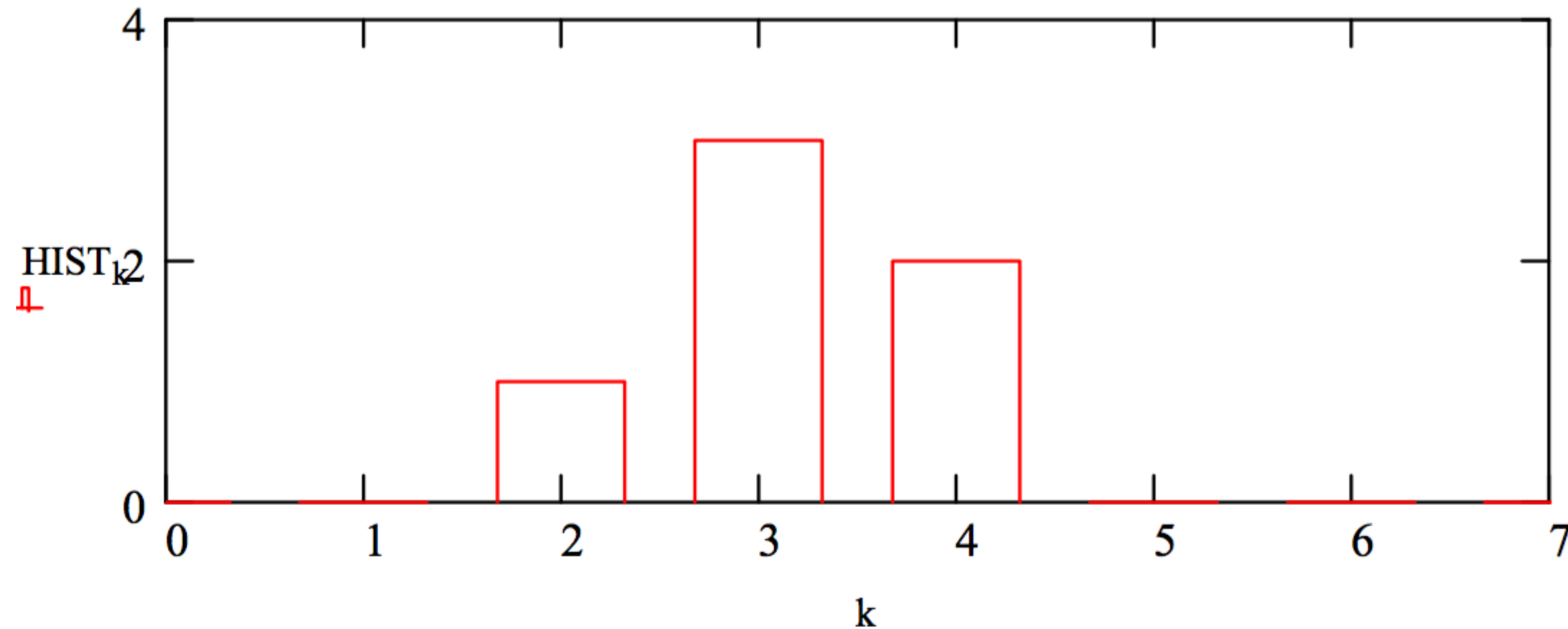


$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 3 \\ 4 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\text{HIST} := (0 \ 0 \ 1 \ 3 \ 2 \ 0 \ 0 \ 0)^T$$

zakładamy, że mamy 8 kolorów

Histogram stanowi graficzną prezentację rozkładu wartości - popularnie wykres słupkowy.



Zobaczmy przykład histogramu dla pewnego obrazu...

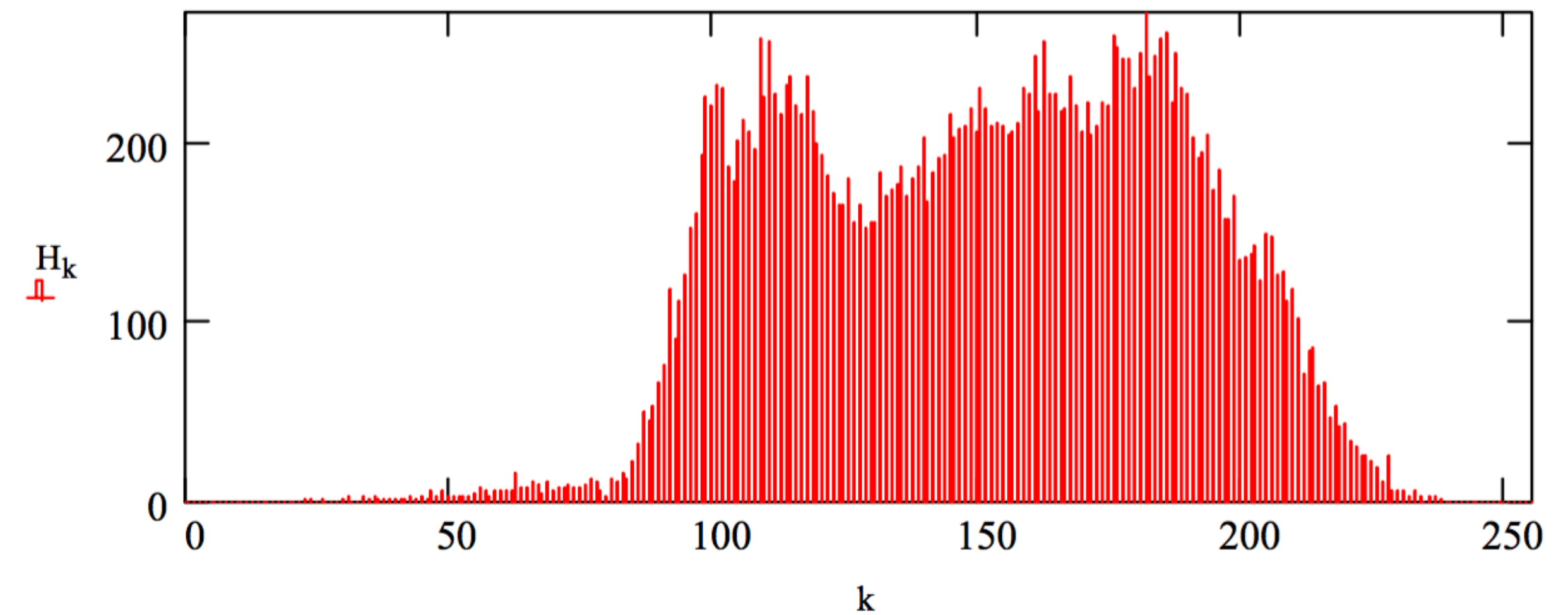


IMG

IMG =

	0	1	2	3	4	5	...
0	180	174	185	192	192	195	
1	179	176	187	195	195	196	
2	185	185	184	194	199	200	
3	193	194	184	190	203	203	
4	202	197	190	195	203	205	
5	205	202	195	198	205	207	
6	206	203	197	200	204	205	
7	204	203	198	198	200	201	
8	204	205	202	200	201	200	
9	208	212	210	208	206	205	
10	211	217	218	214	211	210	
11	211	219	220	216	213	212	

·
·
·



Zastanówmy się teraz jak wyznaczyć (obliczyć) histogram, czyli jak wypełnić wartościami wektor reprezentujący histogram.

Założmy, że nasza tablica kolorów składa się z 8 kolorów, a macierz danych obrazu jest dana jako:

2	3	3
4	3	4

czyli:

- liczba kolorów (rozmiar wektora histogramu) = 8
- liczba wierszy = 2
- liczba kolumn = 3
- liczba pikseli = 6

Dla tego przykładu, w celu wyznaczenia histogramu:

1. tworzymy wektor histogramu o rozmiarze 8 z wartościami początkowymi równymi 0

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	3	4	5	6	7

2. skanujemy („odwiedzamy” każdą komórkę) macierz obrazu i dla znalezionej wartości zwiększamy liczbę wystąpień tej wartości w wektorze histogramu o 1.

2	3	3
4	3	4

po skanowaniu całej macierzy obrazu

0	0	1	2	0	0	0	0
0	1	2	3	4	5	6	7

↑ +1 +1

Zobaczmy przykład wyznaczenia histogramu dla pewnego obrazu...

2	3	3
4	3	4

```
int LICZBA_KOLOROW=8;  
int [LICZBA_KOLOROW] histogram;  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    histogram[O[n][m]]++;
```

$O[0][0]=2$; **czyli** -> $histogram[2]++$; **czyli**:
 $histogram[2]=histogram[2]+1$; **czyli**: $histogram[2]=0+1$;

$O[0][1]=3$; **czyli** -> $histogram[3]++$; **czyli**:
 $histogram[3]=histogram[3]+1$; **czyli**: $histogram[3]=0+1$;

$O[0][2]=3$; **czyli** -> $histogram[3]++$; **czyli**:
 $histogram[3]=histogram[3]+1$; **czyli**: $histogram[3]=1+1$;

$O[1][0]=4$; **czyli** -> $histogram[4]++$; **czyli**:
 $histogram[4]=histogram[4]+1$; **czyli**: $histogram[4]=0+1$;

$O[1][1]=3$; **czyli** -> $histogram[3]++$; **czyli**:
 $histogram[3]=histogram[3]+1$; **czyli**: $histogram[3]=2+1$;

$O[1][2]=4$; **czyli** -> $histogram[4]++$; **czyli**:
 $histogram[4]=histogram[4]+1$; **czyli**: $histogram[4]=1+1$;

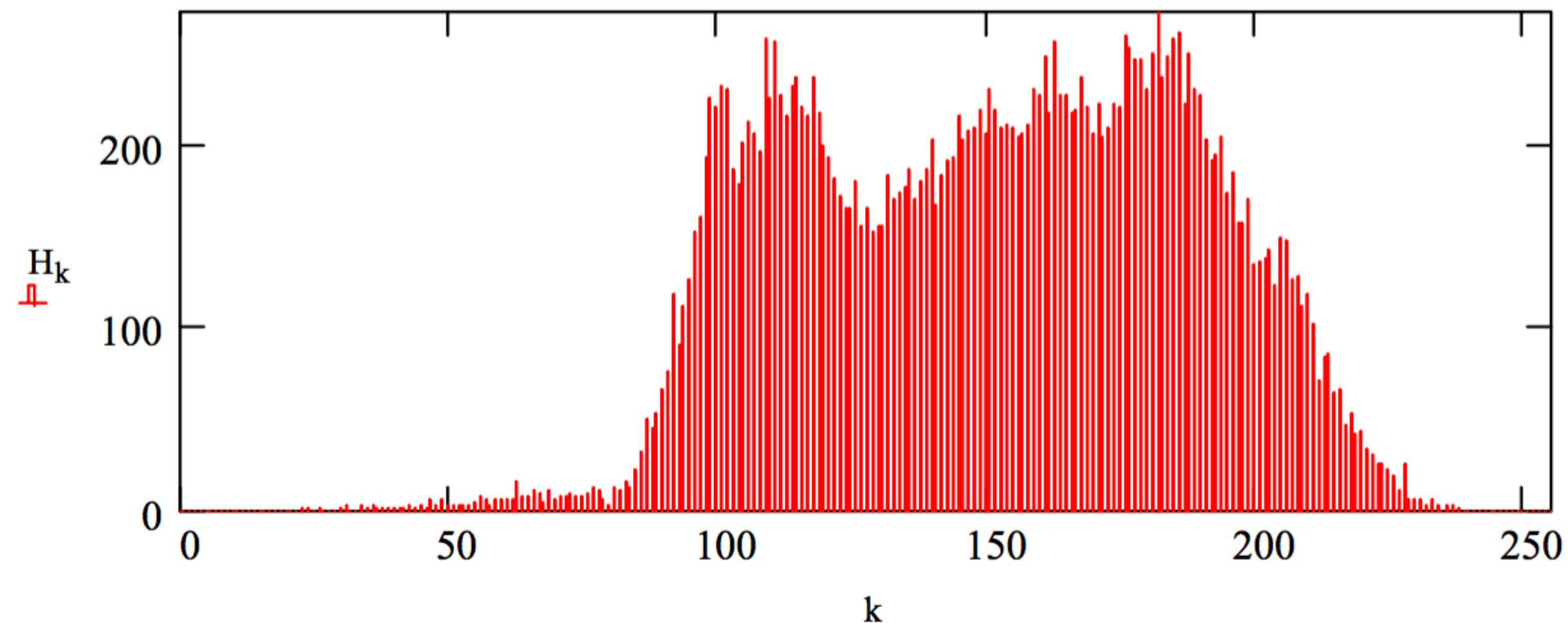
Zobaczmy przykład wyznaczenia histogramu dla typowych obrazów...

```
int LICZBA_KOLOROW=256;  
int [LICZBA_KOLOROW] H;  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    H[O[n][m]]++;
```

```
int LICZBA_KOLOROW=256;  
int [LICZBA_KOLOROW] HR;  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    HR[R[n][m]]++;
```

```
int [LICZBA_KOLOROW] HG;  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    HG[G[n][m]]++;
```

```
int [LICZBA_KOLOROW] HB;  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    HB[B[n][m]]++;
```

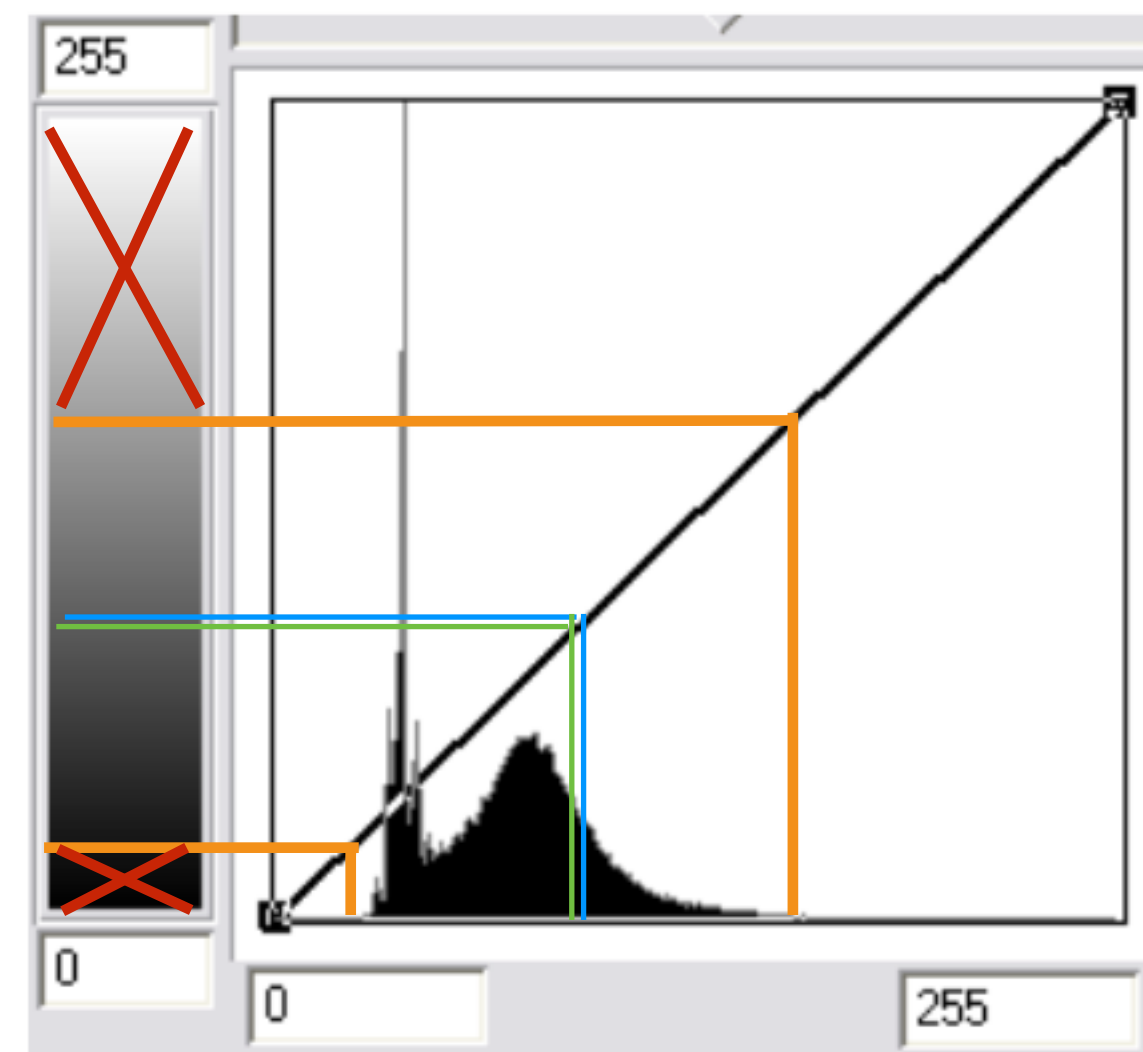


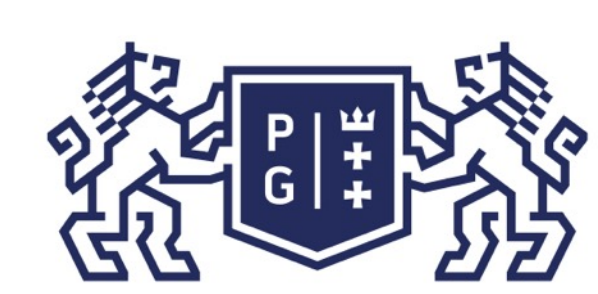
Tylko po co nam te histogramy?

Histogramy możemy wykorzystać do wykonania szeregu operacji na obrazie, np. związanych z poprawą jakości obrazu. Najczęściej są to operacje poprawy kontrastu obrazu.

Czym jest kontrast obrazu?

Najprościej to zdolność rozróżnienia szczegółów obrazu. Chcielibyśmy zatem aby różne wartości w macierzy obrazu były prezentowane za pomocą różniących się kolorów.





Plan prezentacji

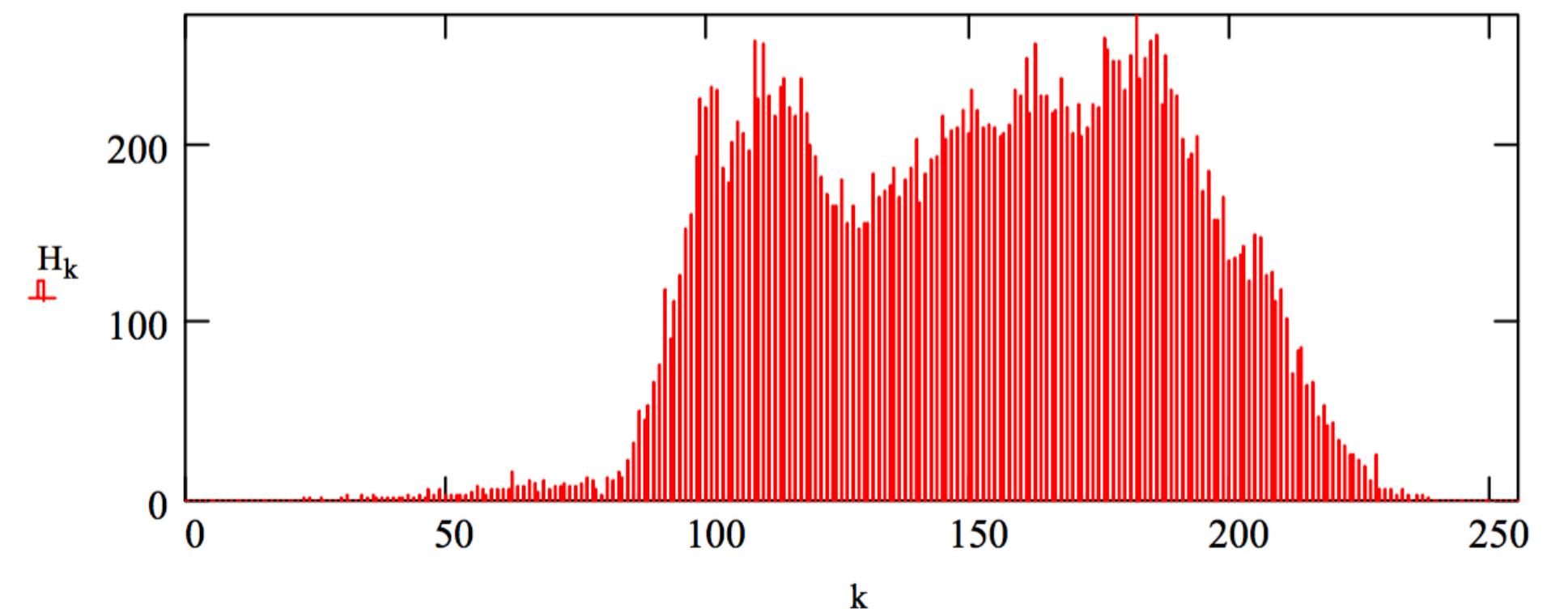
1. Co to jest histogram?
2. Zastosowanie histogramu w przetwarzaniu obrazów

Rozciągnięcie histogramu

Najprostszą formą poprawy kontrastu jest rozciągnięcie histogramu, czyli taka operacja, po której różne wartości macierzy obrazu są reprezentowane kolorami bardziej różniącymi się niż dla obrazu oryginalnego.



IMG



Analizując przykład histogramu obrazu IMG widać, że w macierzy danych jest bardzo mało wystąpień wartości <80 i >230 .

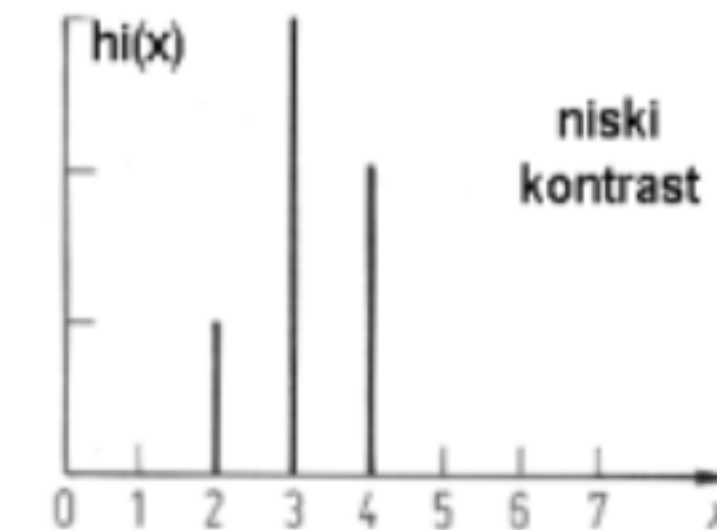
Przy odwzorowaniu $Y=X$ oznacza to, że 80 i 25 odcieni szarości jest prawie nie wykorzystanych. Co więcej, wartości najczęściej występujące 80-230 są zamieniane na podobne odcienie szarości. Powoduje to efekt, w którym bliskie wartości w macierzy danych są prezentowane z zastosowaniem podobnych odcieni szarości.

Mówimy wówczas, że kontrast obrazu jest niski. Zwiększenie kontrastu jest możliwe poprzez rozciągnięcie histogramu na cały zakres wartości (o ile oryginalny histogram nie jest rozciągnięty na cały zakres wartości). Jak rozciągnąć histogram?

Rozciągnięcie histogramu

Rozciągniemy histogram najpierw dla naszego prostszego przykładu:

2	3	3
4	3	4



Zastosujemy skalowanie liniowe $y=f(x)=ax+b$, wyznaczając parametry **a** i **b** używając danych:

- 1) Było $x_1=2 \rightarrow$ ma być $y_1=0$ (min.)
- 2) Było $x_2=4 \rightarrow$ ma być $y_2=7$ (maks.).
- 3) Mamy zatem układ równań:

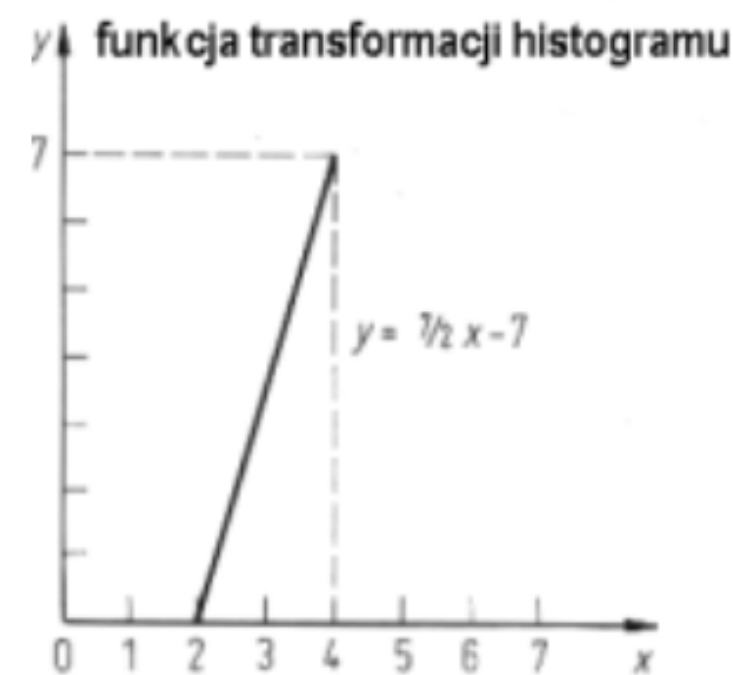
$$y_1 = a \cdot x_1 + b; \rightarrow 0 = a \cdot 2 + b; \rightarrow b = y_1 - a \cdot x_1;$$

$$y_2 = a \cdot x_2 + b; \rightarrow 7 = a \cdot 4 + b; \rightarrow y_2 = a \cdot x_2 + y_1 - a \cdot x_1;$$

Wyznamy parametry **a** i **b**:

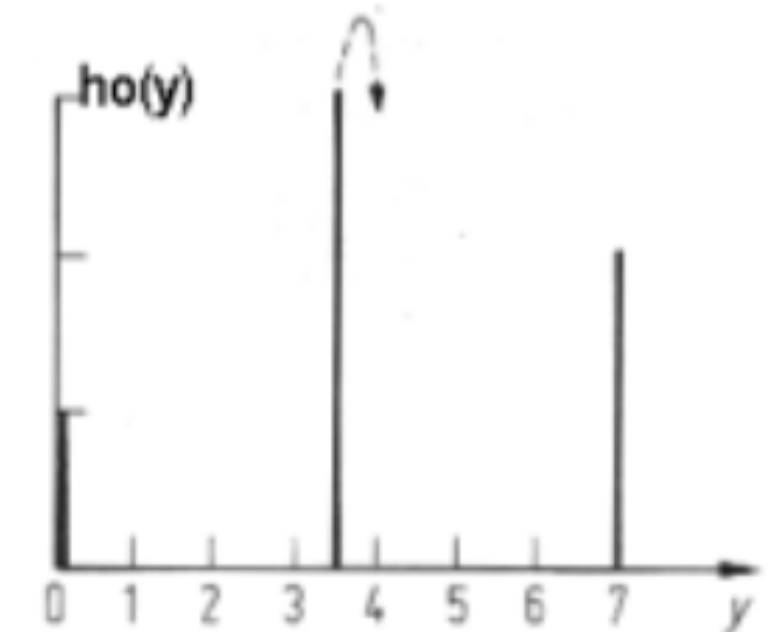
$$a = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1) \rightarrow a = (7 - 0) / (4 - 2) = \mathbf{3,5};$$

$$b = y_1 - a \cdot x_1; \rightarrow \mathbf{b} = 0 - 3,5 \cdot 2 = \mathbf{-7};$$



$$y = f(x) = 7/2x - 7;$$

x	y=f(x)
0	0
1	0
2	0
3	4
4	7
5	7
6	7
7	7



0	4	4
7	4	7

LUT (LookUp Table)

Rozciągnięcie histogramu

Rozciągnijmy histogram dla innego przykładu:

Zastosujemy skalowanie liniowe $y=f(x)=ax+b$, wyznaczając parametry **a** i **b** używając danych:

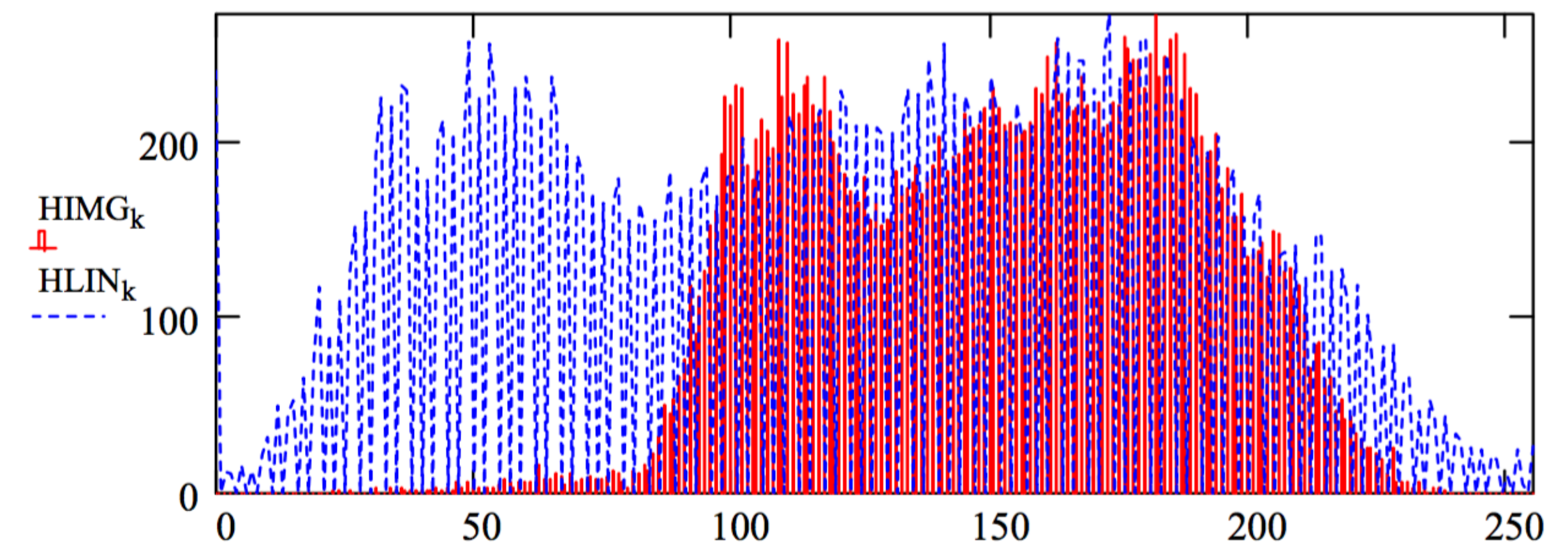
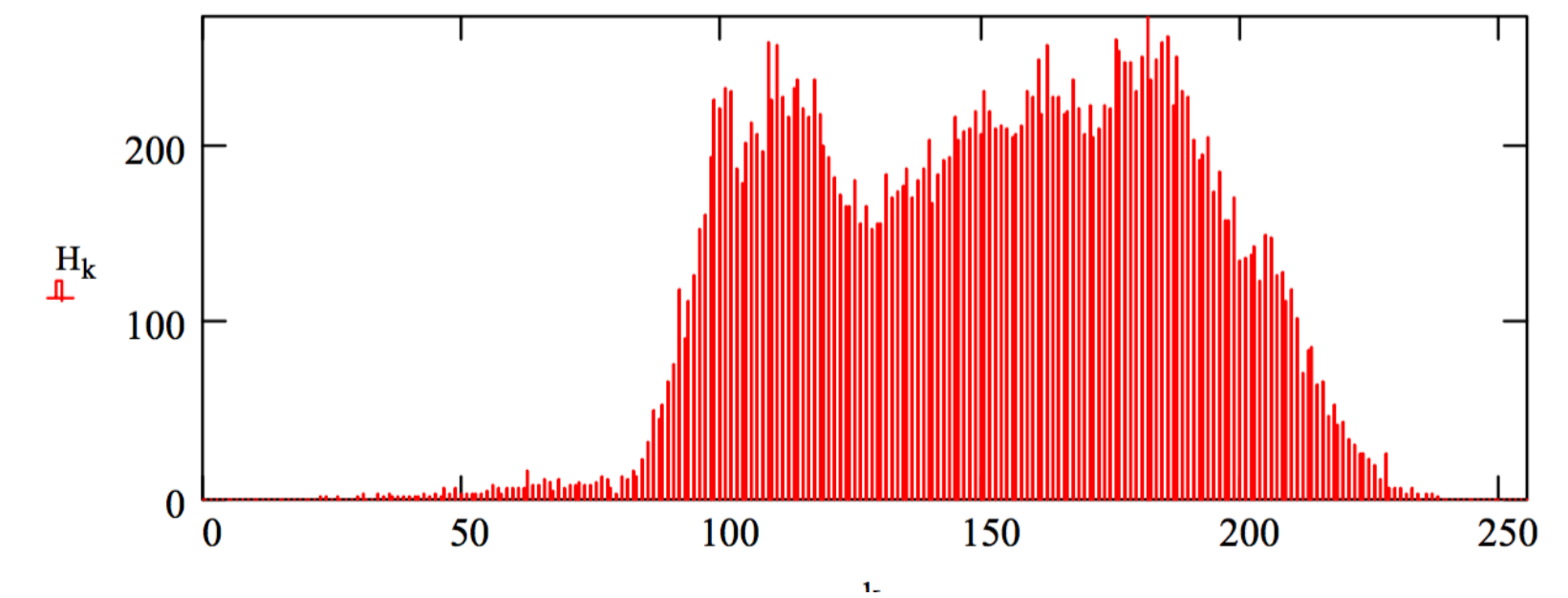
- 1) Było $x_1=80$ -> ma być $y_1=0$ (min.)
- 2) Było $x_2=230$ -> ma być $y_2=255$ (maks.).
- 3) Wyznaczymy parametry **a** i **b**:

$$a=(y_2-y_1)/(x_2-x_1);$$

$$b=y_1-a*x_1;$$



IMG



IMG



LINIMG

Rozciągnięcie histogramu

Rozciągnijmy histogram dla innego przykładu:

Zastosujemy skalowanie liniowe $y=f(x)=ax+b$, wyznaczając parametry **a** i **b** używając danych:

- 1) Było $x_1=100 \rightarrow$ ma być $y_1=0$ (min.)
- 2) Było $x_2=130 \rightarrow$ ma być $y_2=255$ (maks.).
- 3) Wyznamy parametry **a** i **b**:

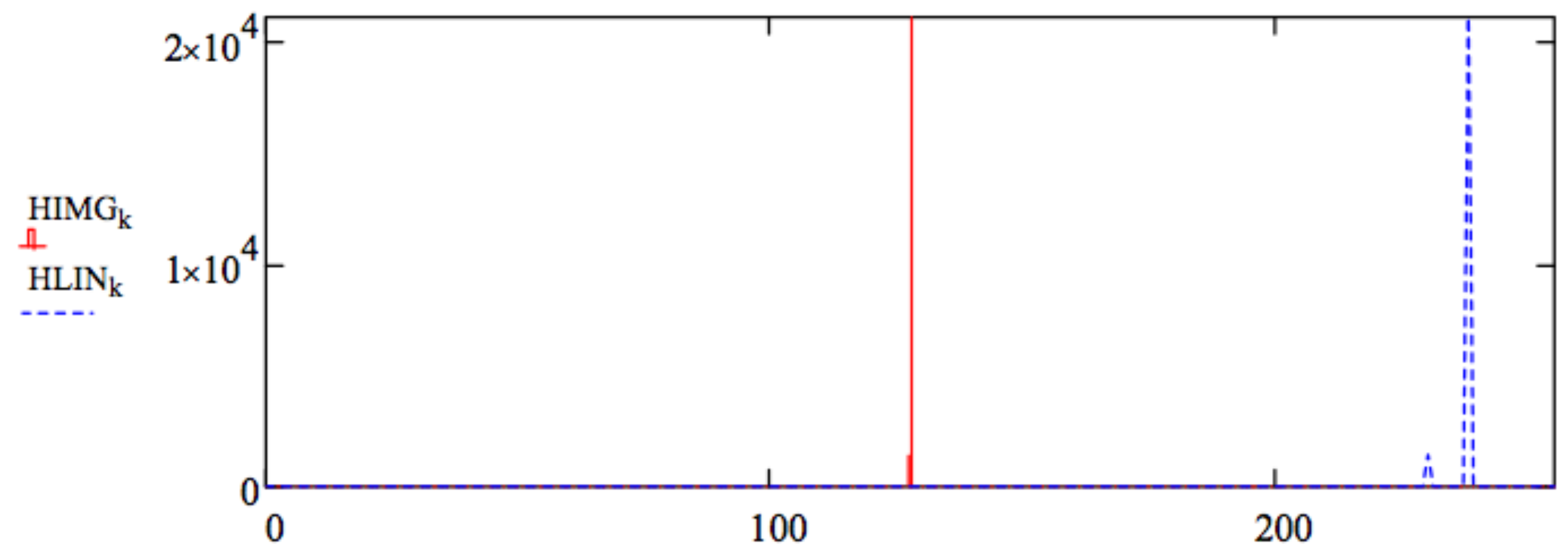
$$a=(y_2-y_1)/(x_2-x_1);$$

$$b=y_1-a*x_1;$$

	0	1	2	3	4	5
0	128	128	128	128	128	128
1	128	128	128	128	128	128
2	128	128	128	128	128	128
3	128	128	128	128	128	128
4	128	128	128	128	128	128
5	128	128	128	128	128	128
6	128	128	128	128	128	128
7	128	128	128	128	128	128
8	128	128	128	128	128	128
9	128	128	128	128	128	128
10	128	128	128	128	128	128
11	128	128	128	128	128	...



IMG



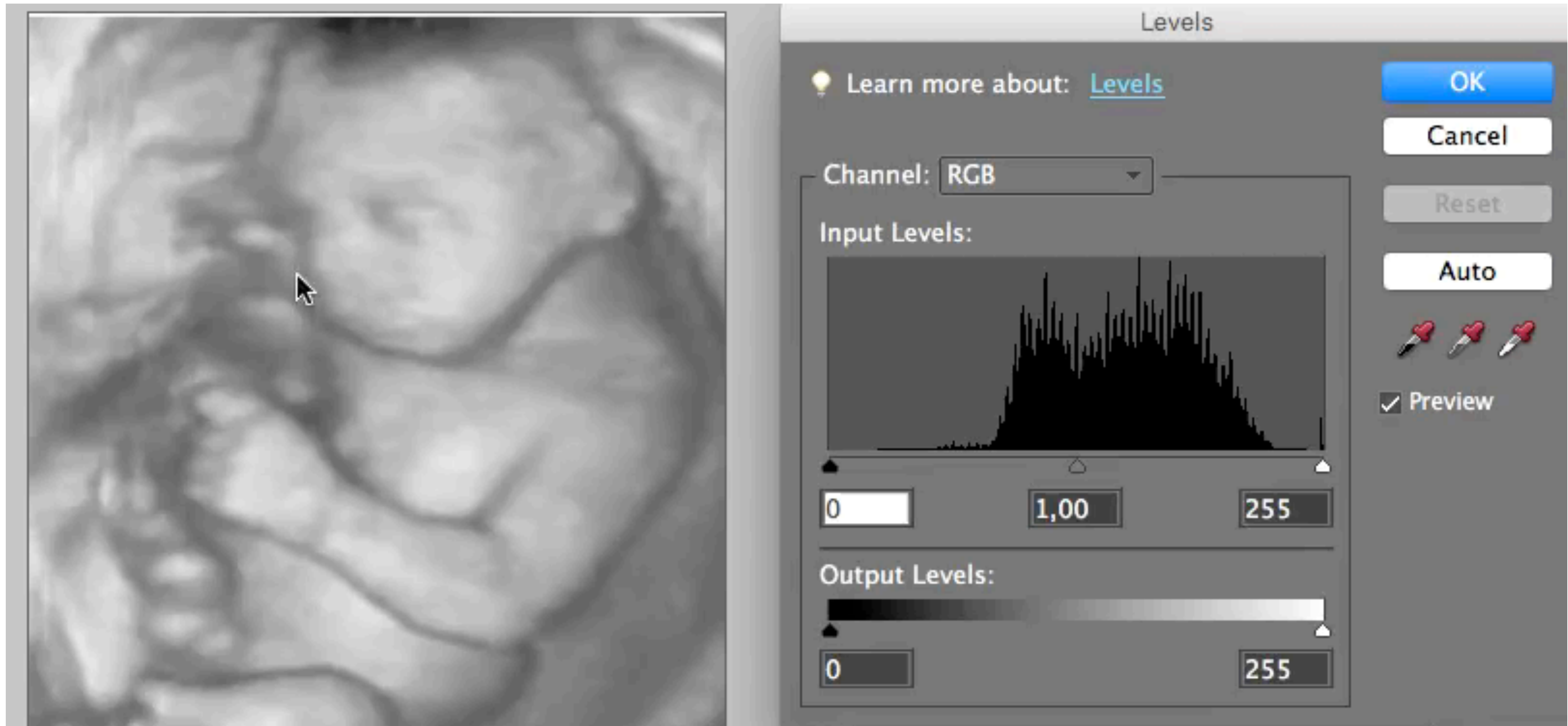
IMG



LINIMG

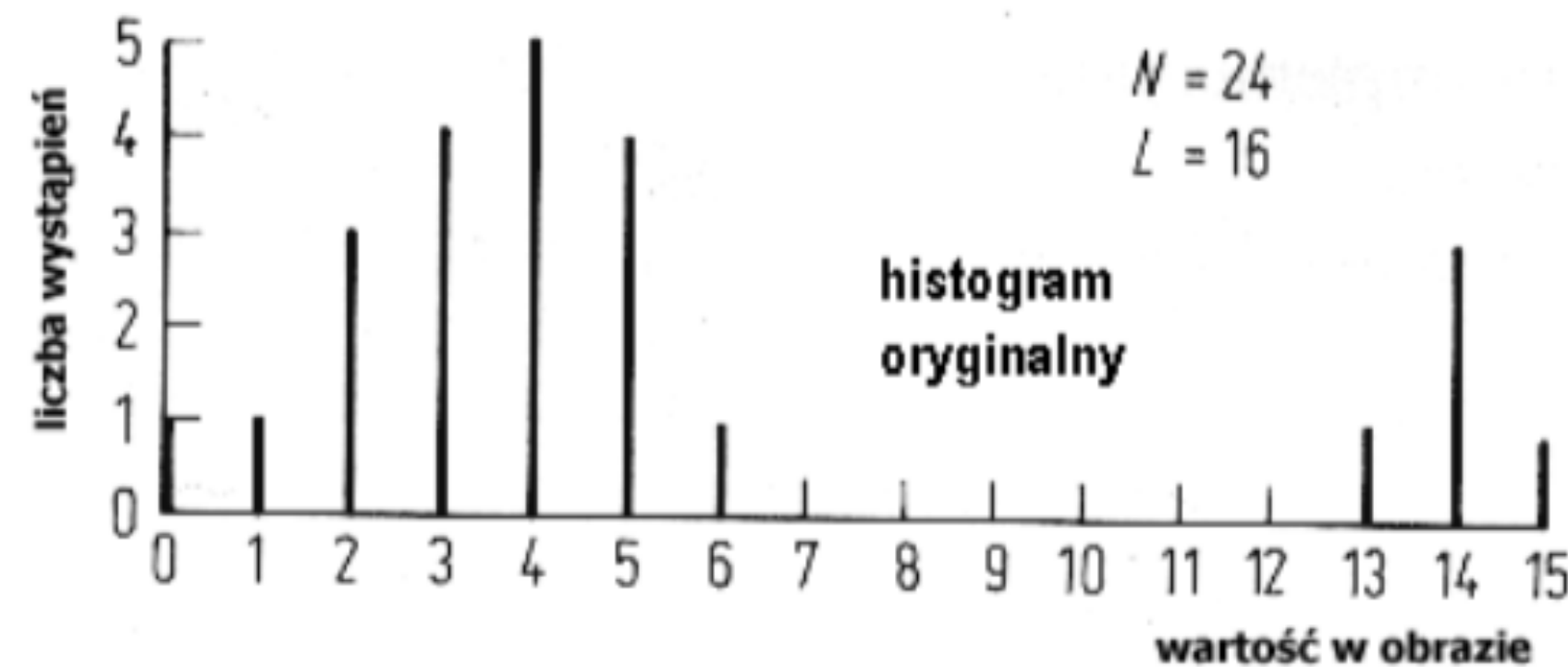
Rozciągnięcie histogramu

Przykład z programu Adobe Photoshop...



Wyrównanie histogramu

A co jeśli nie da się rozciągnąć histogramu ponieważ macierz obrazu zawiera wartości minimalne i maksymalne z tablicy kolorów, np.:



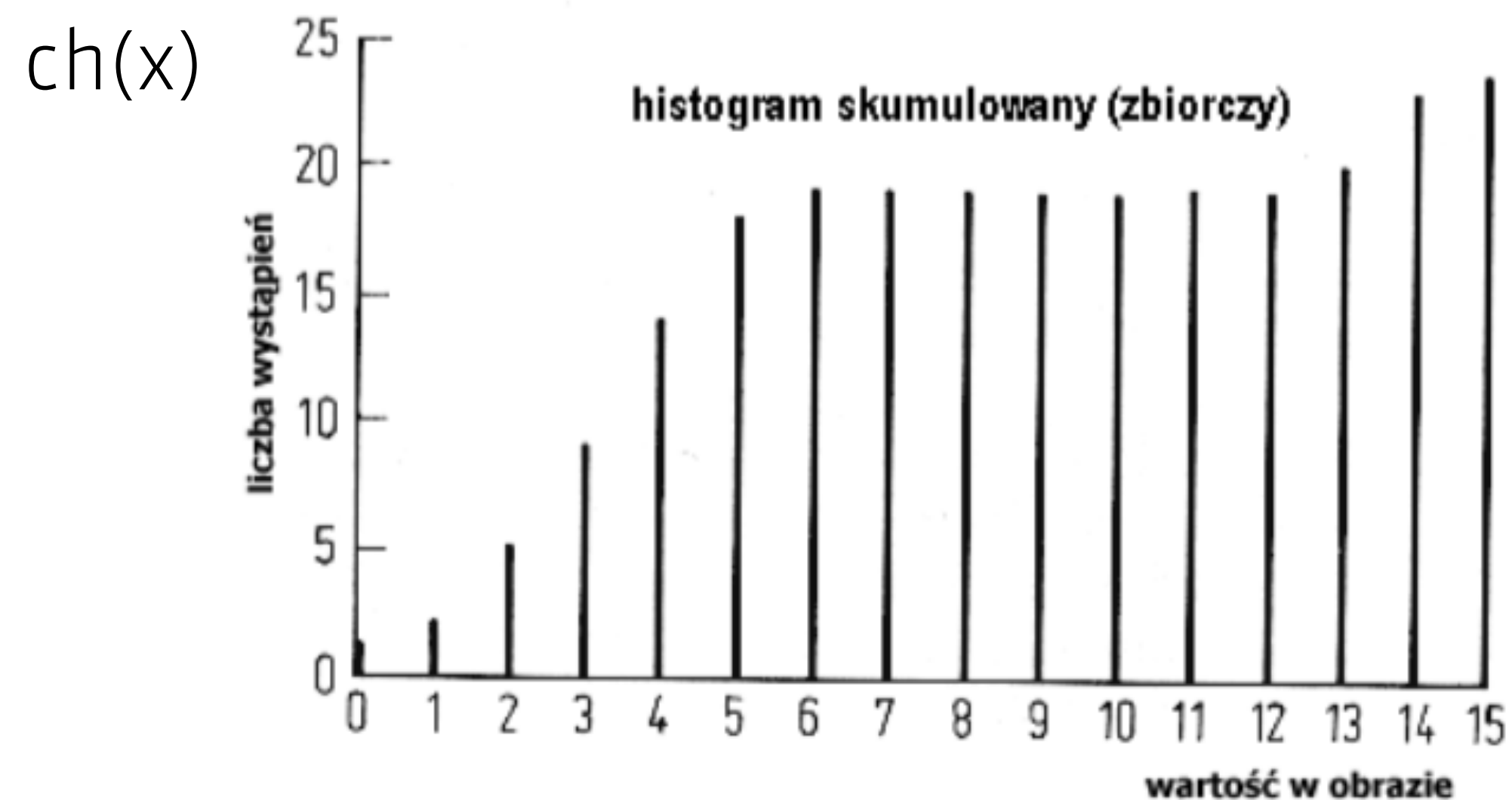
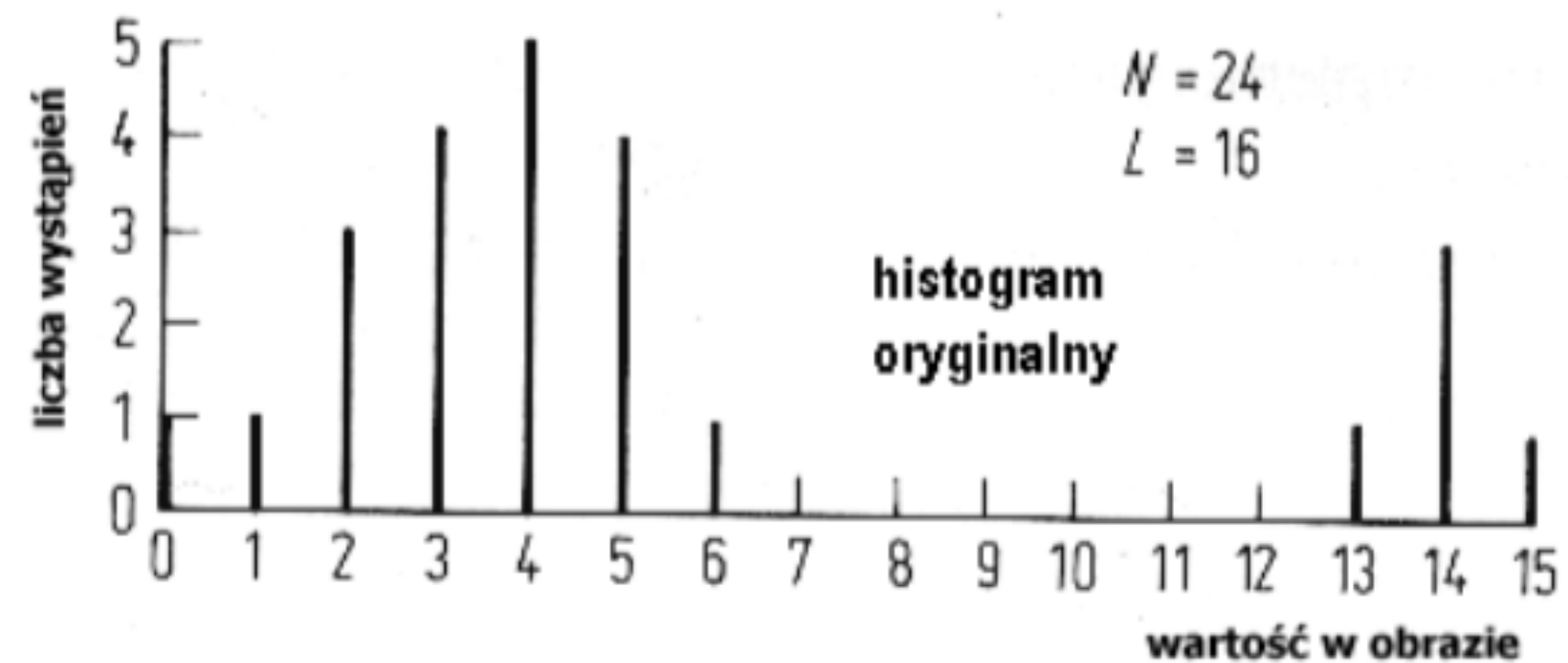
Warto zauważyć, że obraz taki będzie się charakteryzował również niskim kontrastem. W takim przypadku zastosujemy operację nazywaną wyrównaniem histogramu. Nazwa związana jest z tym, że w efekcie przetwarzania obrazu histogram obrazu wynikowego będzie bardziej wyrównany, tzn., „słupki” będą występowały bardziej równomiernie i „obserwowana luka” będzie mniejsza.

Wyrównanie histogramu

Jak wyrównać histogram? Operację wyrównania histogramu opisuje następująca funkcja:

$$y=f(x)=(L-1)/N * \sum_{i=0}^x h(i);$$

$$y=f(x)=(L-1)/N*ch(x);$$



$$(L-1)/N=15/24=0,625$$

x	h(x)	ch(x)	y=f(x)
0	1	1	0,625->1
1	1	2	1
2	3	5	3
3	4	9	6
4	5	14	9
5	4	18	11
6	1	19	12
7	0	19	12
...			
15	1	24	15

LUT (LookUp Table)

Wyrównanie histogramu

W efekcie uzyskamy:

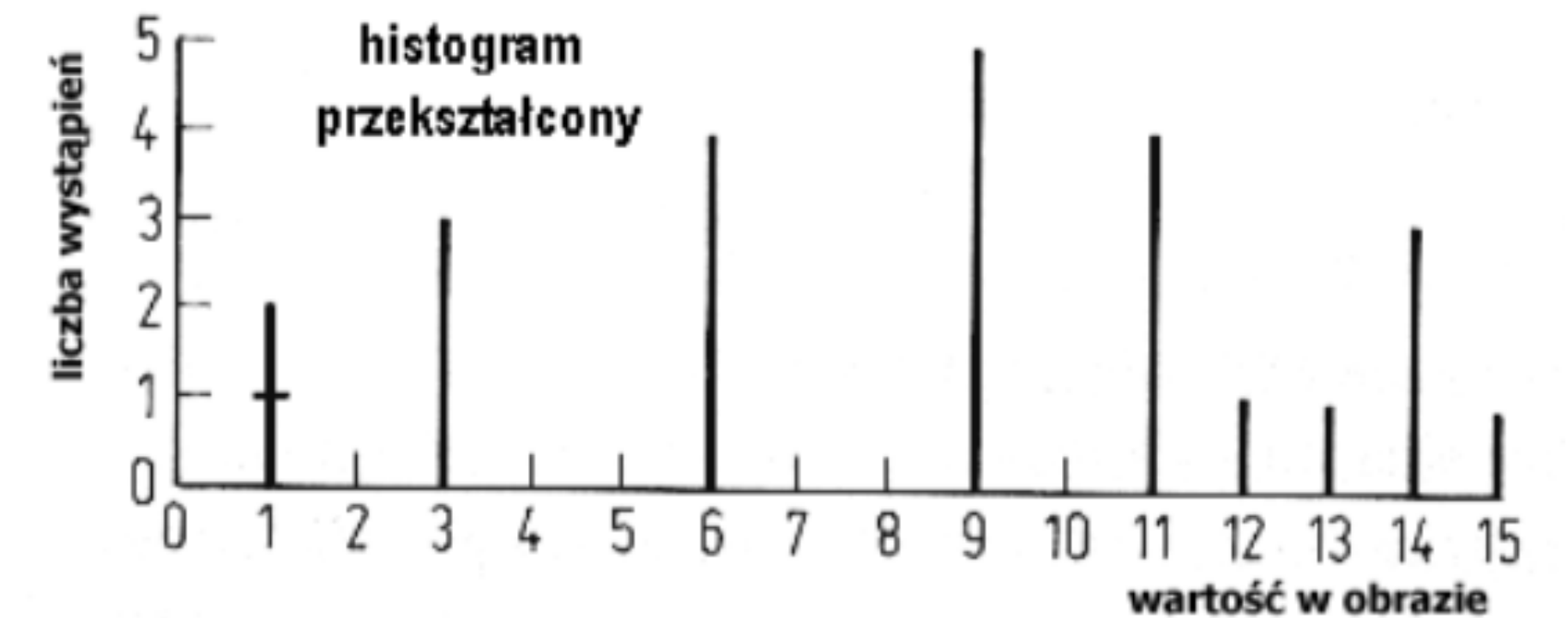
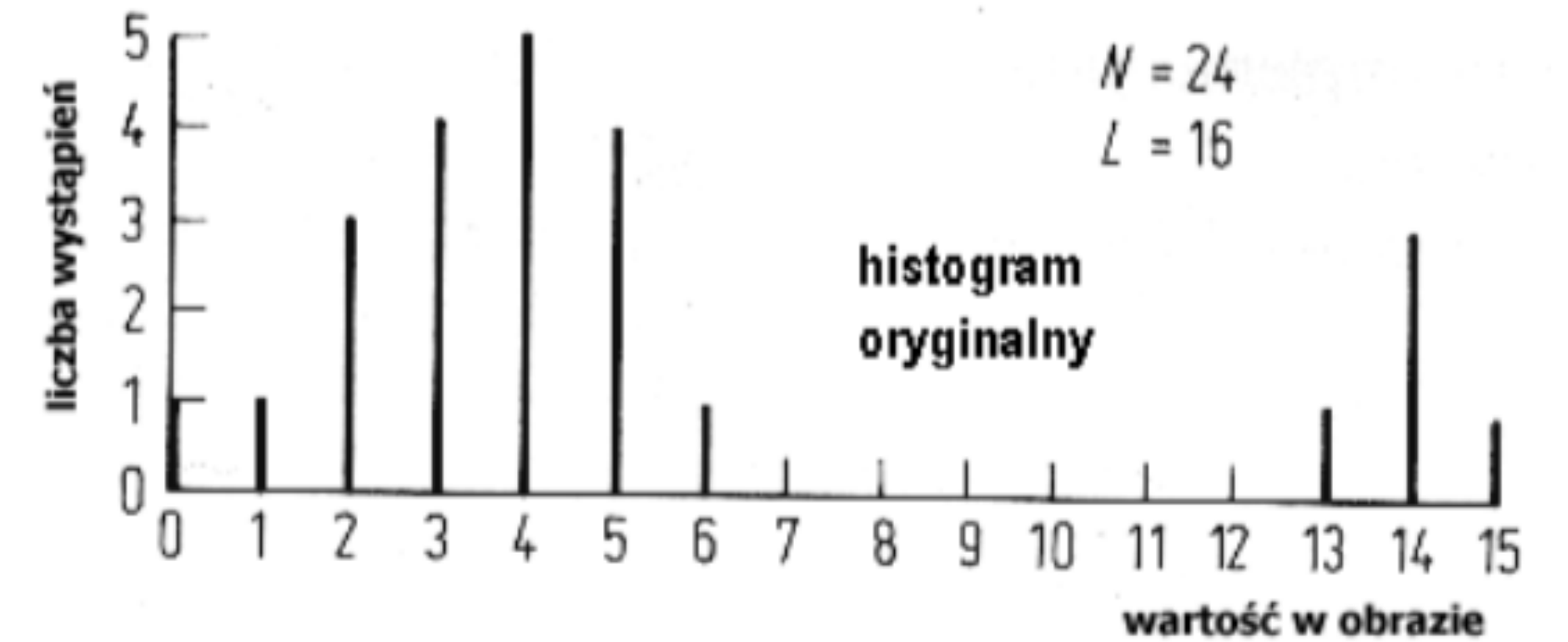
x	ch(x)	y=f(x)
0	1	0,625->1
1	2	1
2	5	3
3	9	6
4	14	9
5	18	11
6	19	12
7	19	12
...		
15	24	15

LUT (LookUp Table)

0	1	15	13
14	3	4	3
14	4	4	5
14	3	4	5
2	3	4	5
2	2	5	6



1	1	15	13
14	6	9	6
14	9	9	11
14	6	9	11
3	6	9	11
3	3	11	12



Wyrównanie histogramu

Zróbmy przykład:

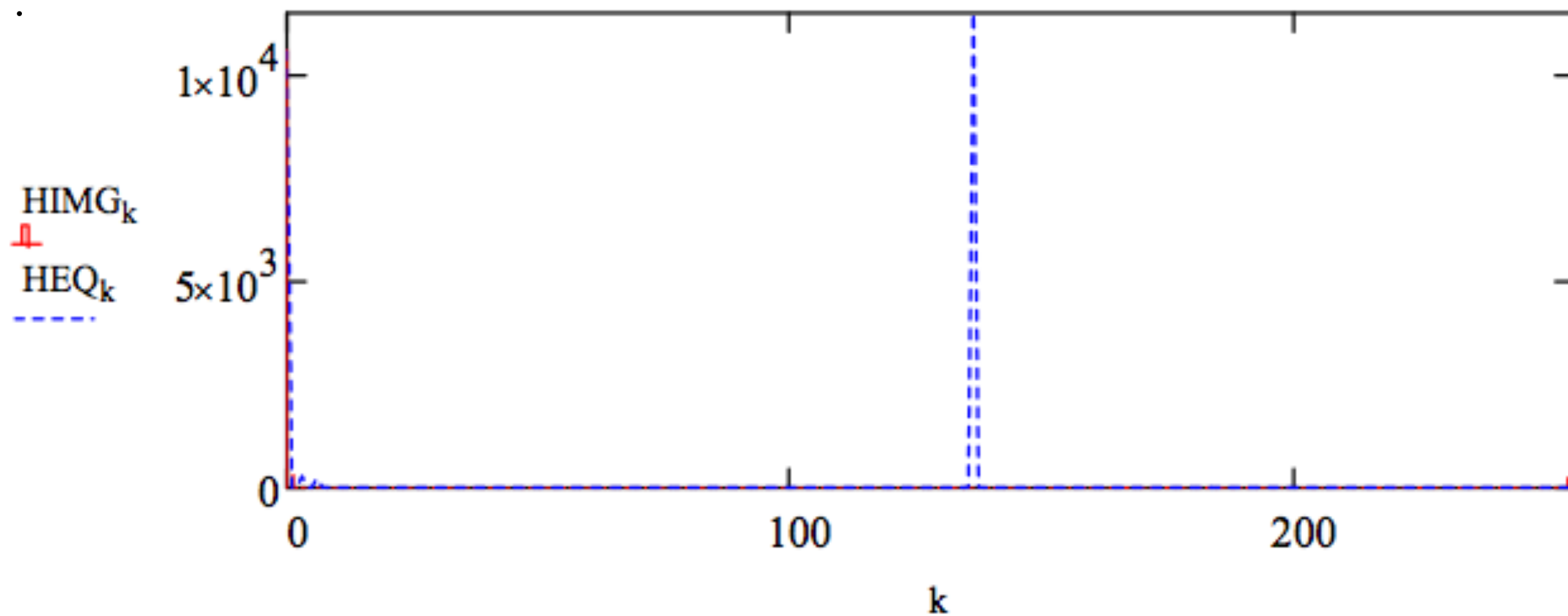
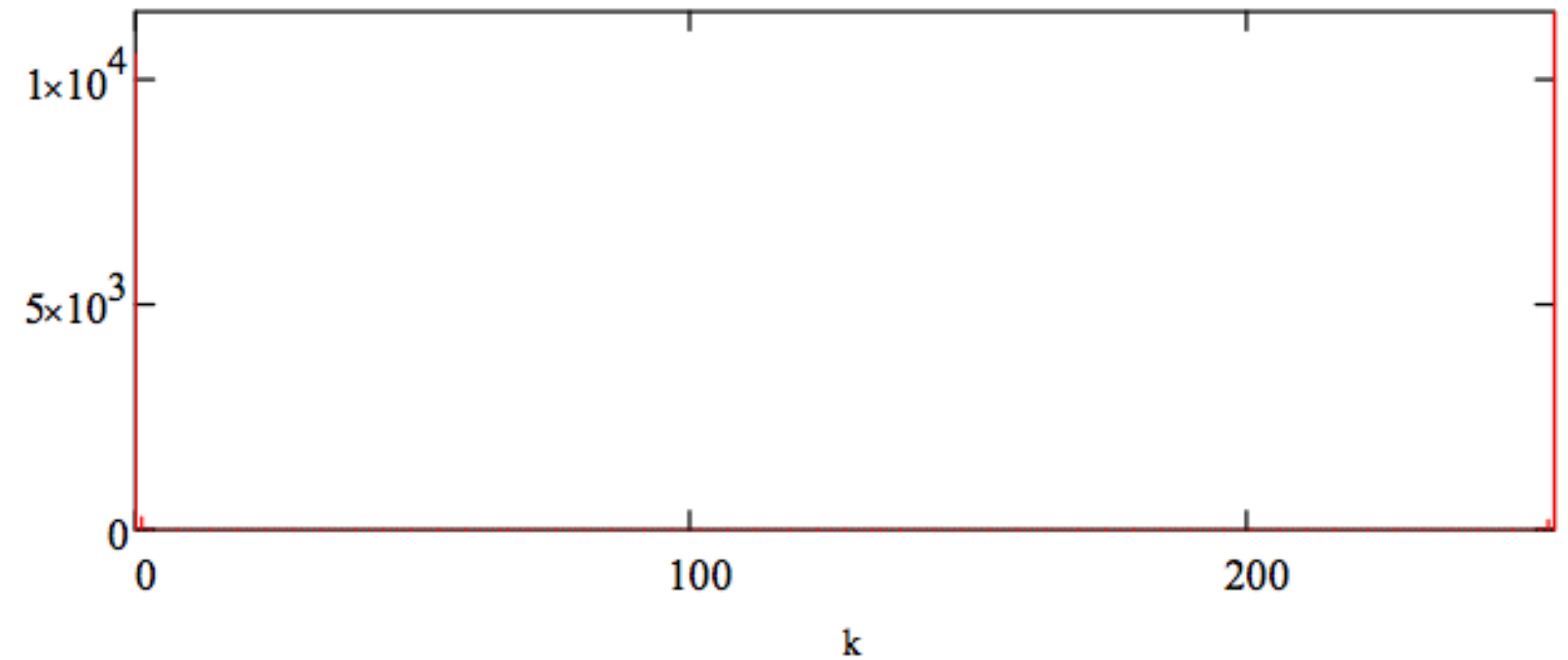
IMG =

	0	1	2	3	4	5	...
0	255	255	255	255	255	255	
1	255	255	255	255	255	255	
2	255	255	255	255	255	255	
3	255	255	255	255	255	255	
4	255	255	255	255	255	255	
5	255	255	255	255	255	255	
6	255	255	255	255	255	255	
7	255	255	255	255	255	255	
8	255	255	255	255	255	255	
9	255	255	255	255	255	255	
10	255	255	255	255	255	255	
11	255	255	255	255	255	255	...



IMG

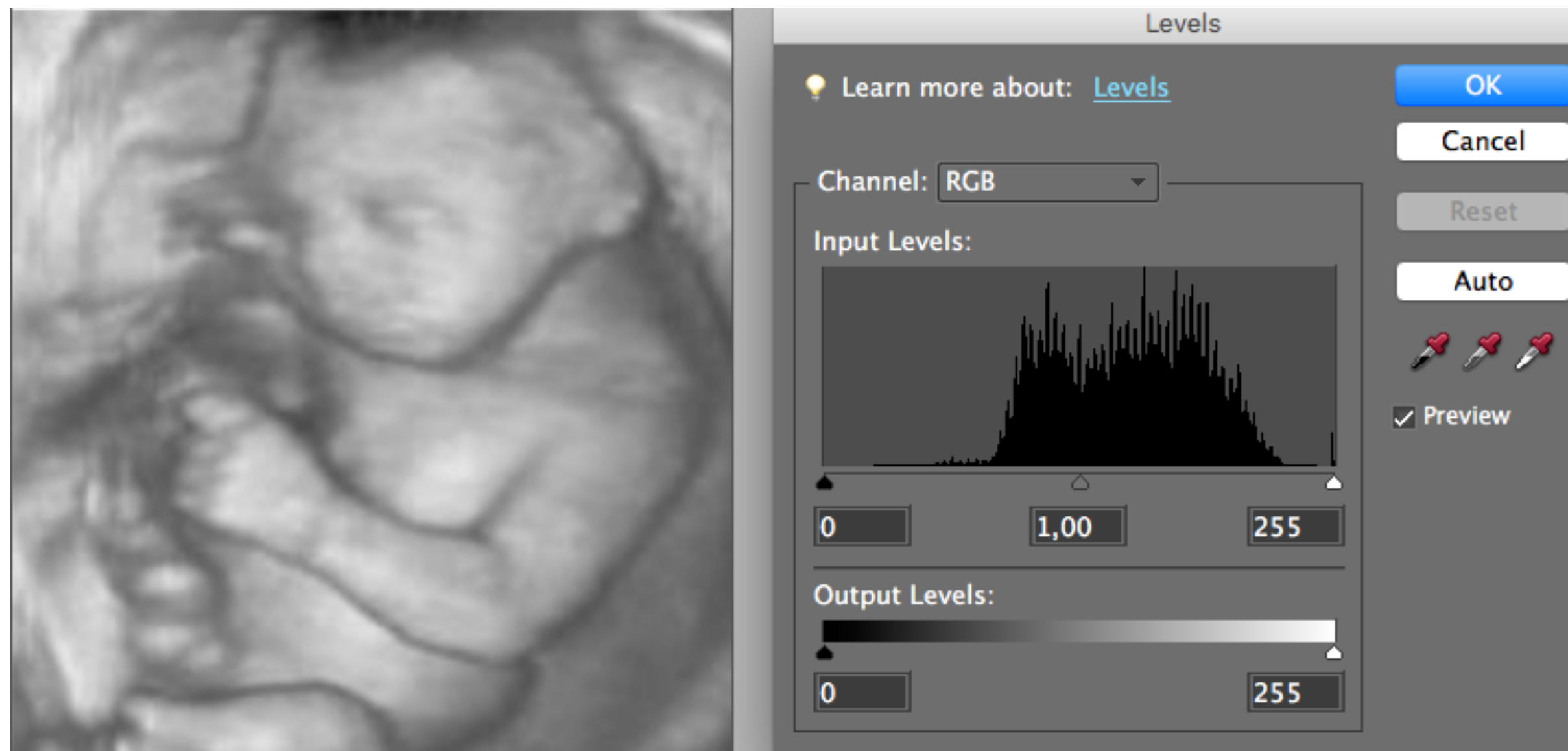
H_k



EQIMG

Wyrównanie histogramu

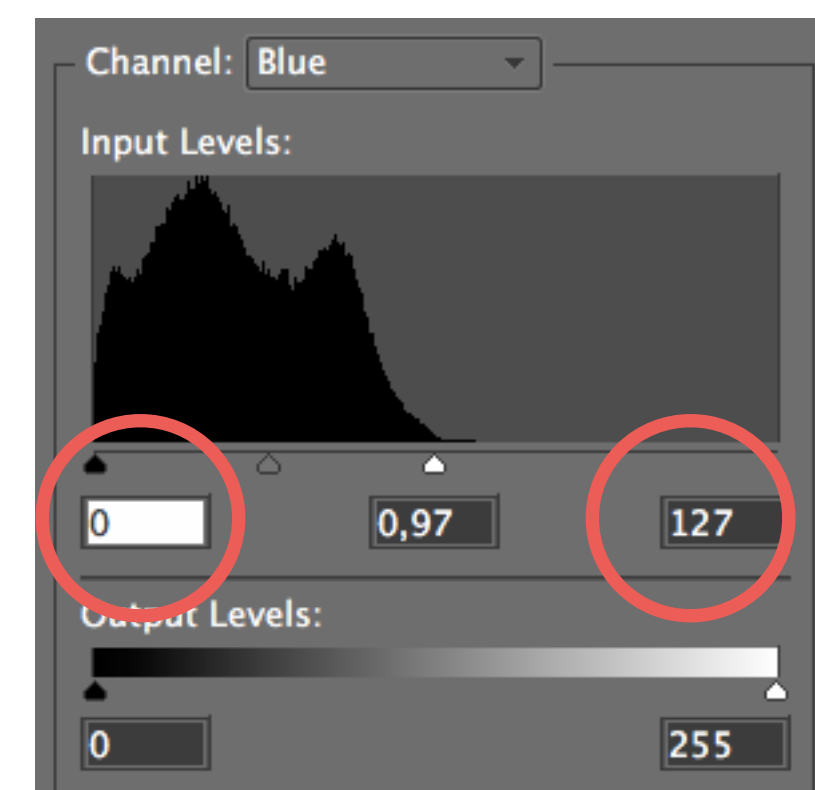
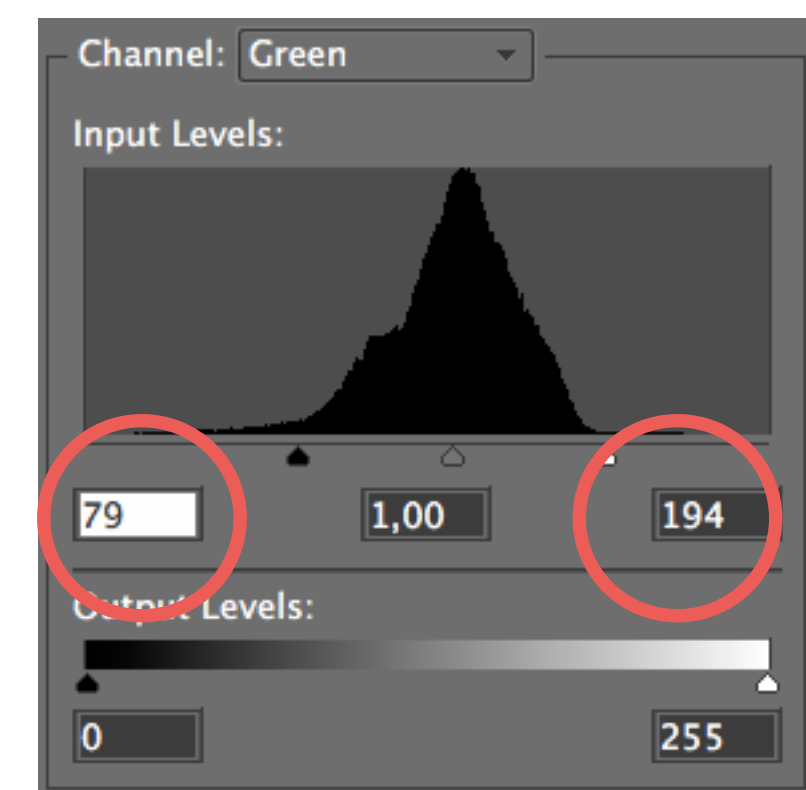
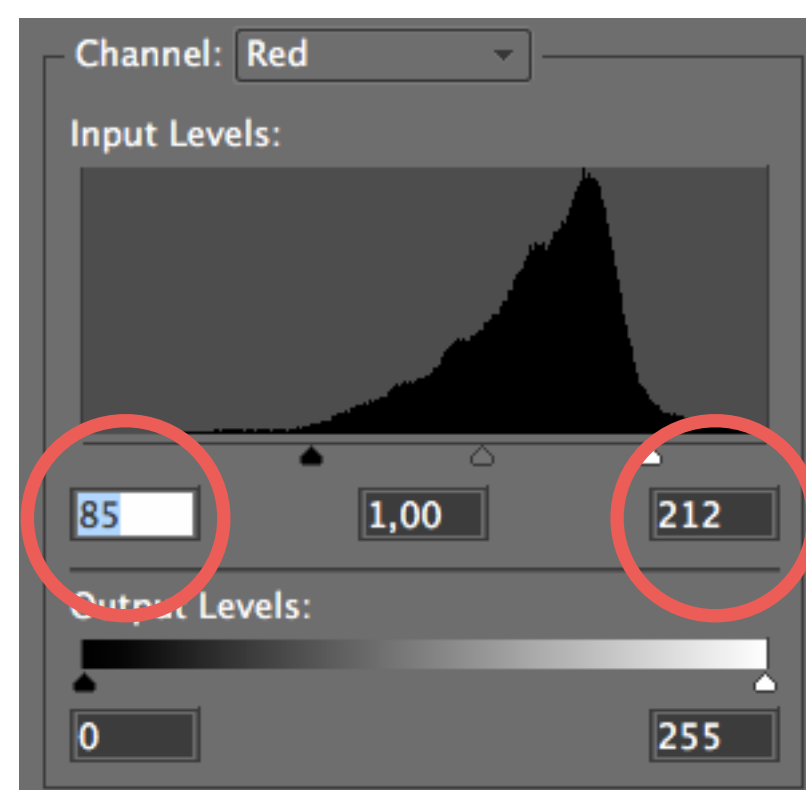
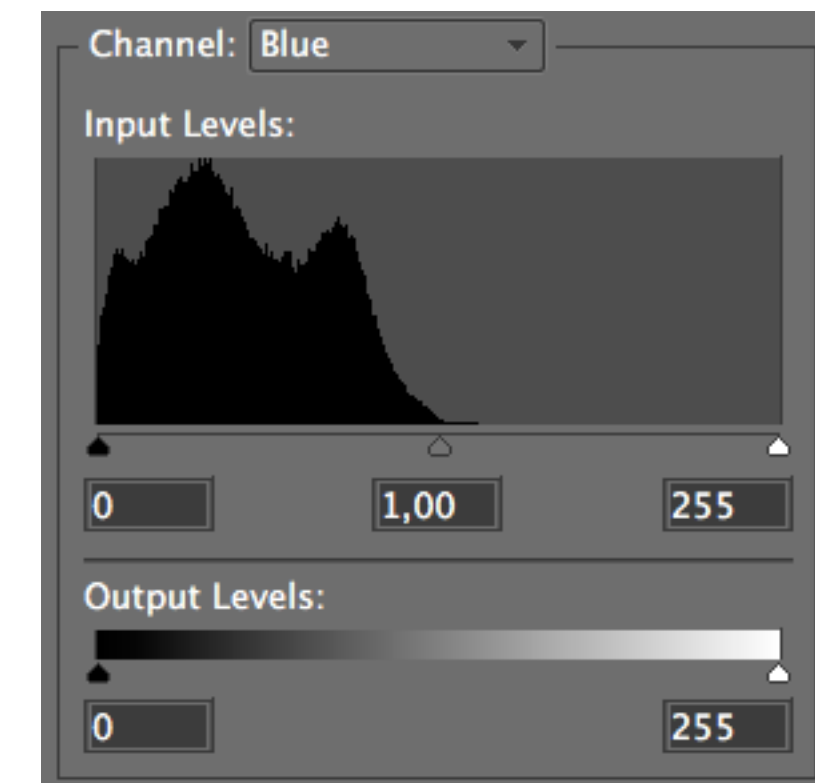
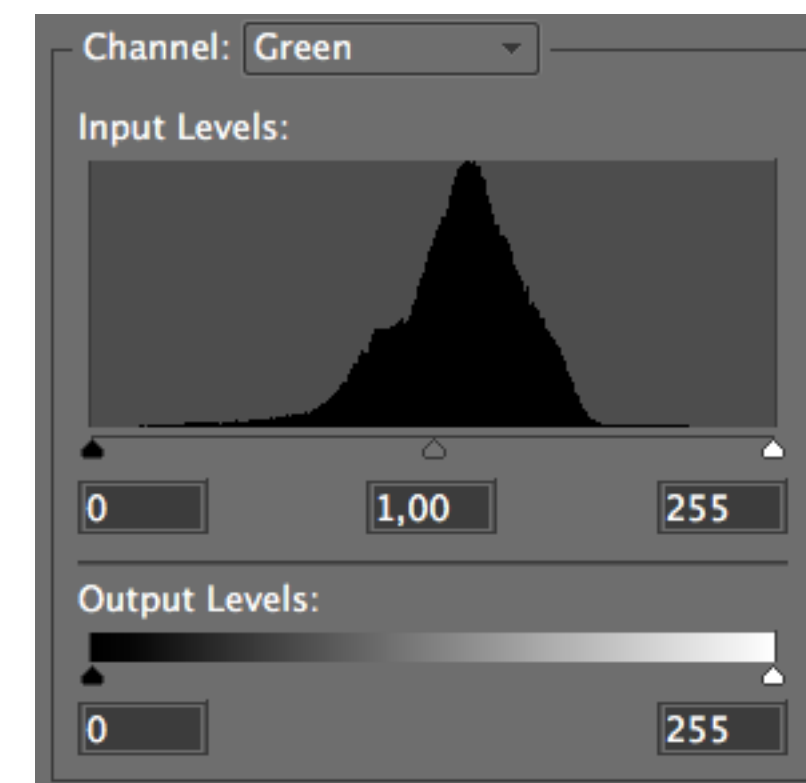
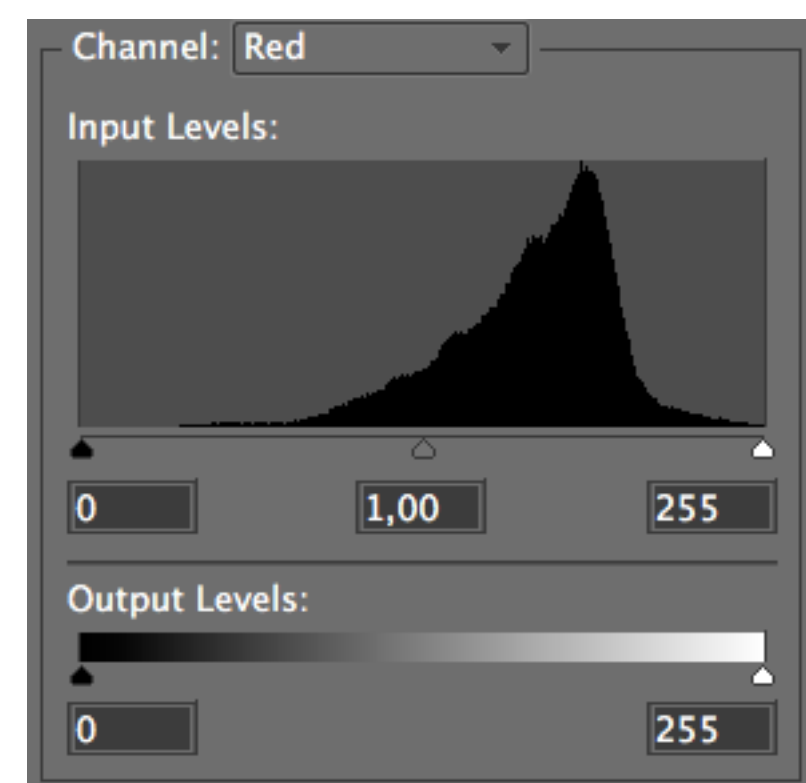
Przykład z programu Adobe Photoshop...



Rozciągnięcie histogramu/Wyrównanie histogramu

A co w przypadku obrazów kolorowych (tj. reprezentowanych przez więcej niż 1 macierz)?
Wówczas odpowiednie operacje wykonujemy oddzielnie dla 3 macierzy danych.

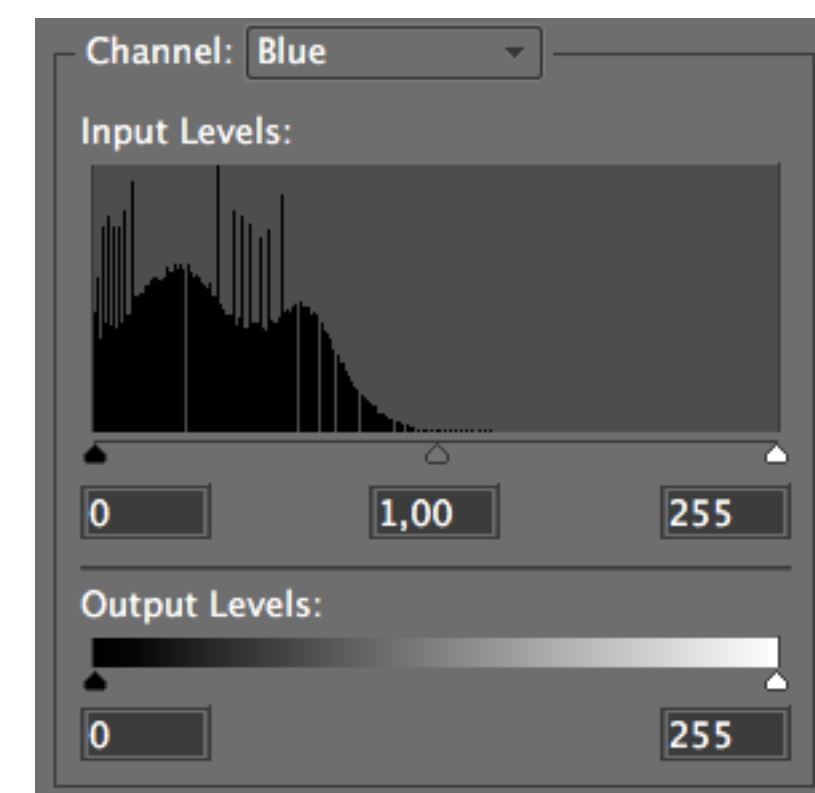
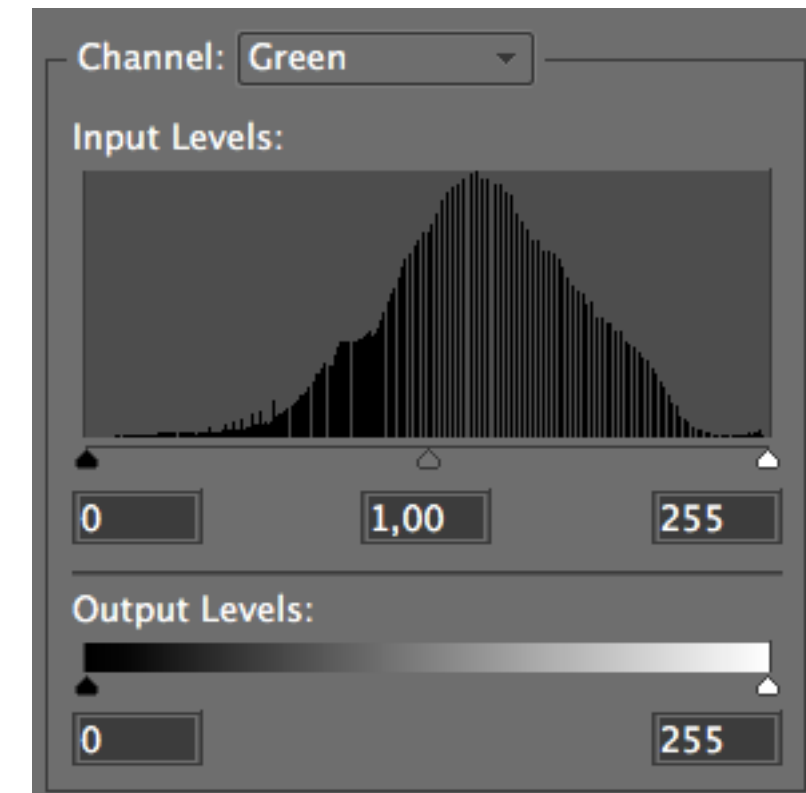
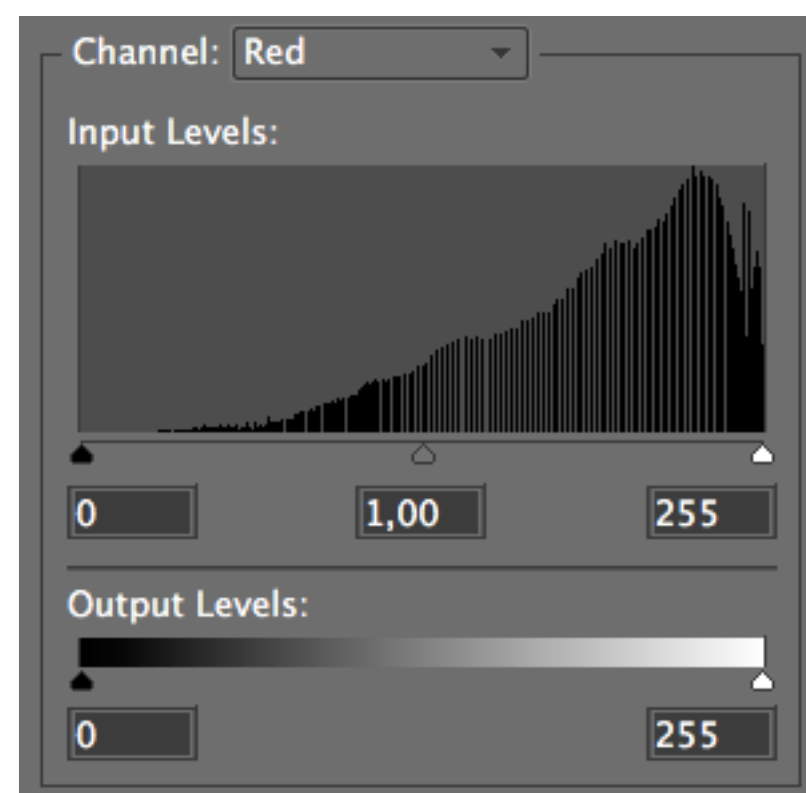
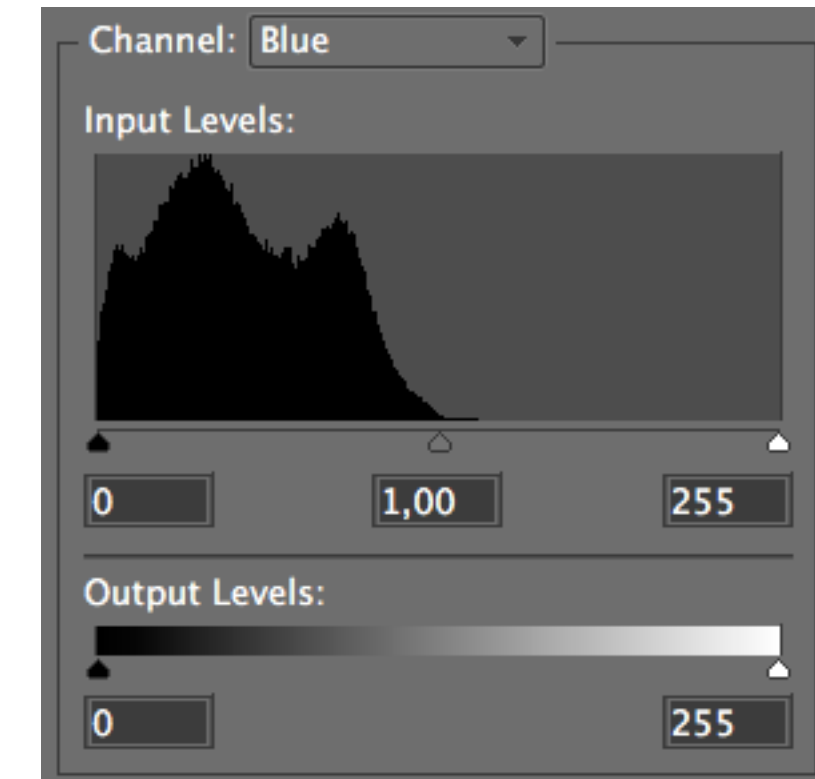
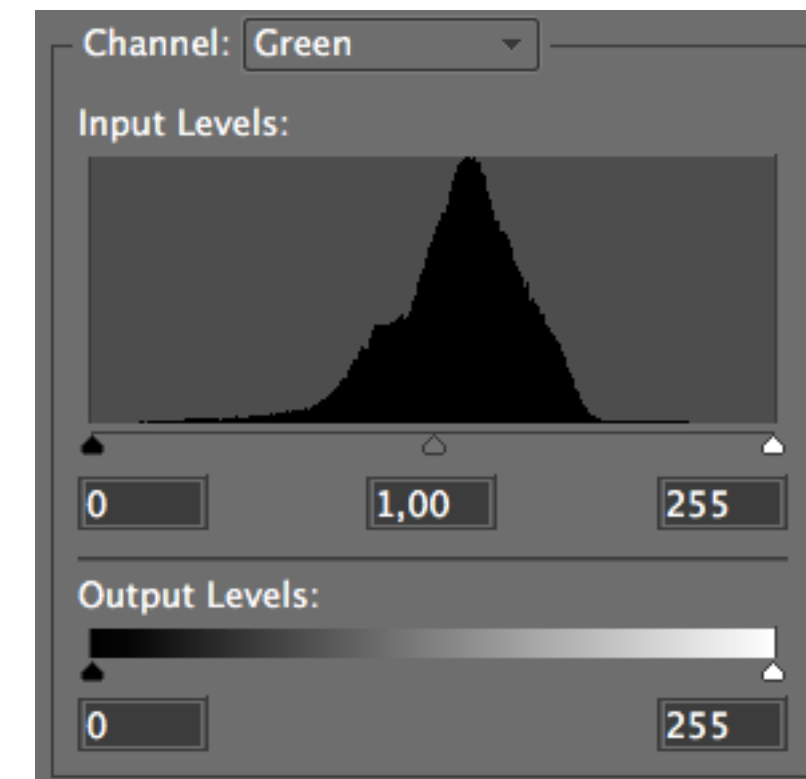
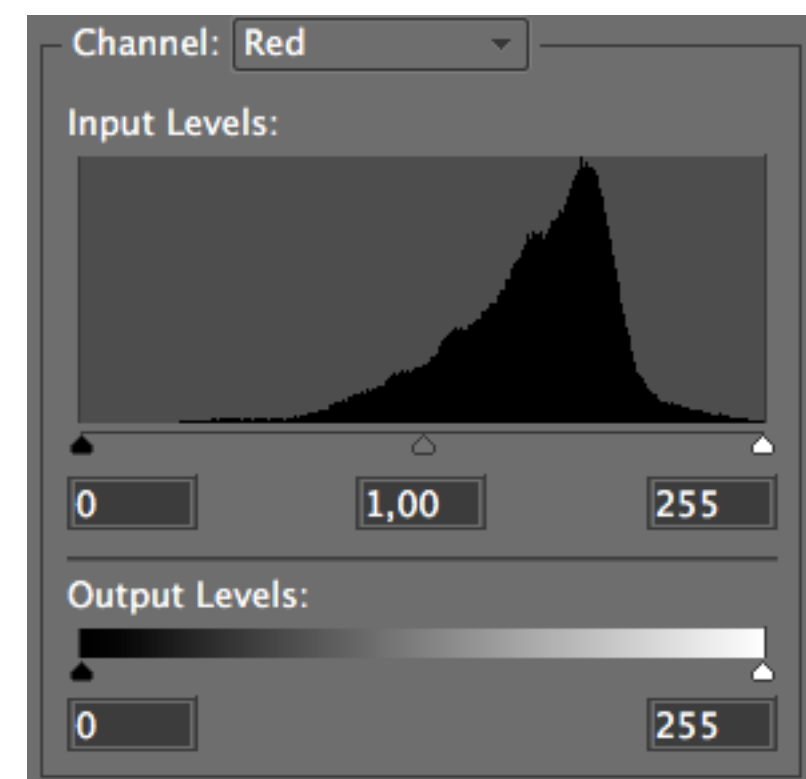
Rozciągnięcie histogramu (Adobe Photoshop)



Rozciągnięcie histogramu/Wyrównanie histogramu

A co w przypadku obrazów kolorowych (tj. reprezentowanych przez więcej niż 1 macierz)?
Wówczas odpowiednie operacje wykonujemy oddzielnie dla 3 macierzy danych.

Wyrównanie histogramu (Adobe Photoshop)





Zapraszamy na kolejne zajęcia w przyszłym tygodniu