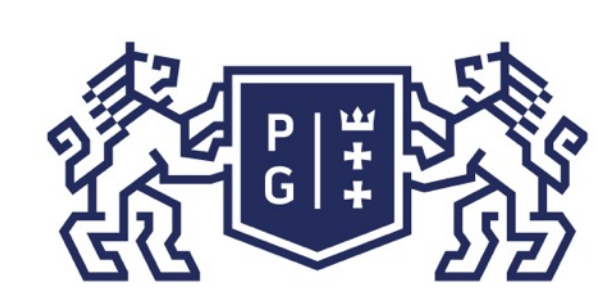




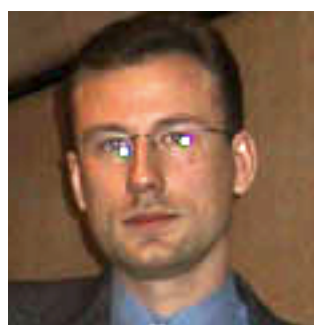
Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński, Mariusz Kaczmarek



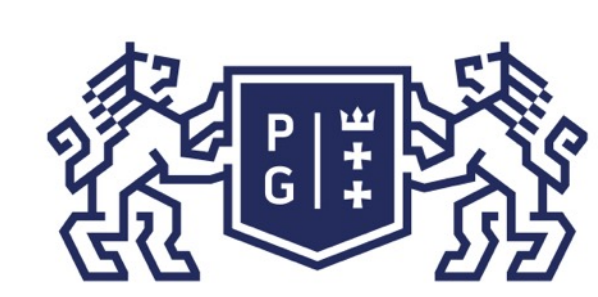
Świat obrazów cyfrowych

Jacek Rumiński



Mariusz Kaczmarek

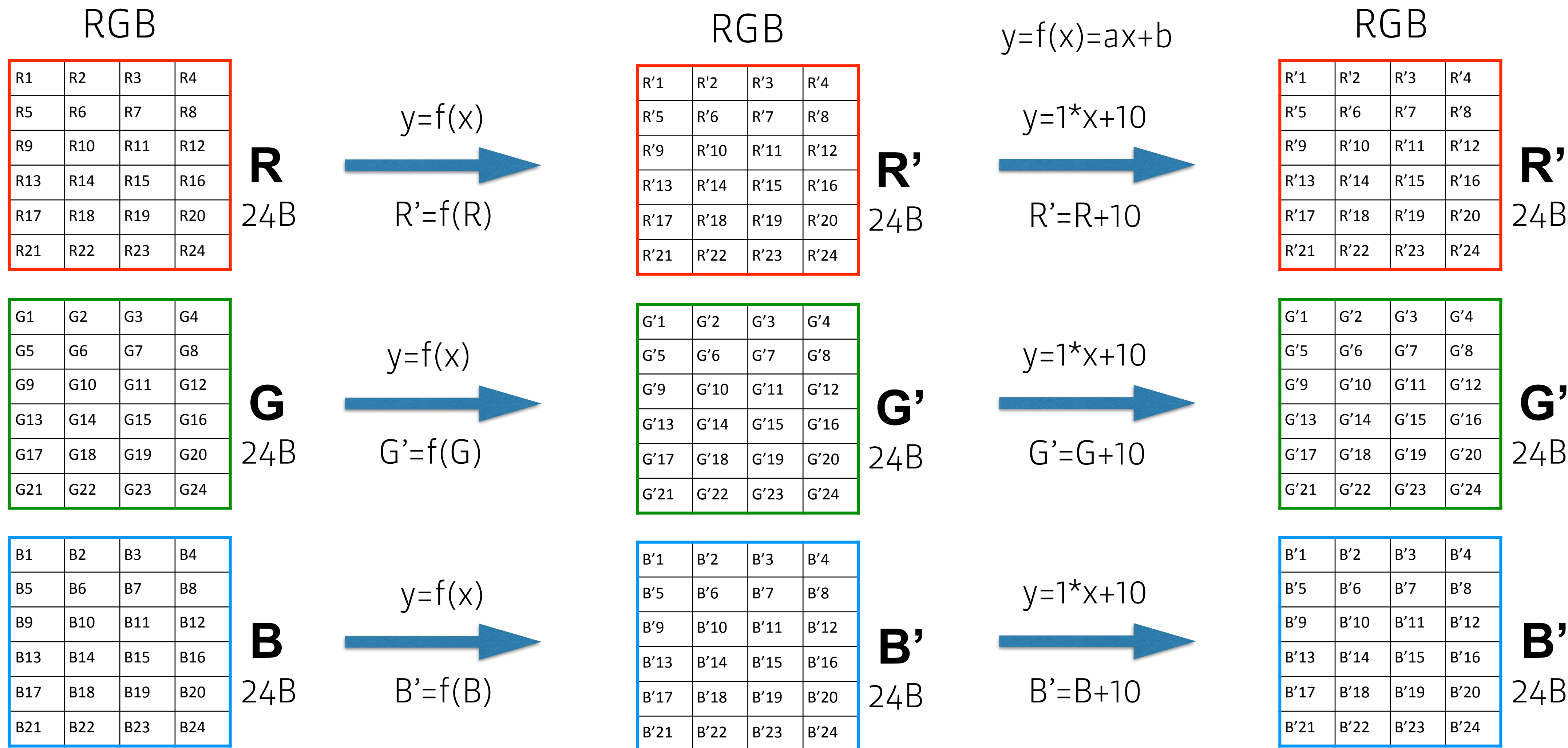
Katedra Inżynierii Biomedycznej,
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechnika Gdańska



Plan prezentacji

1. Operacje jednopunktowe

Operacje jednopunktowe to takie, które wykonywane są na każdym pikselu (wartości macierzy danych) w sposób niezależny od innych pikseli. Np. dodanie wartości do każdego piksela.



W celu ilustracji sposobu działania tych operacji wykorzystajmy obraz reprezentowany jedną macierzą. Dla uproszczenia zastosujemy tablicę kolorów ze skalą szarości.

Jak uzyskać pojedynczą macierz z odcieniami szarości mają obraz RGB (3 macierze)? W tym celu możemy wykorzystać wiedzę z poprzednich zajęć:

1. Możemy przejść z RGB do HSV (lub HSB, HSL, HSI, itp.) i wykorzystać tylko jedną macierz reprezentującą V (lub B, lub L, lub I, itd.), czyli reprezentującą jaskrawość/intensywność/jasność koloru
2. Możemy przejść z RGB do YUV i wykorzystać tylko Y
3. Możemy przejść z RGB do $L^*a^*b^*$ i wykorzystać tylko L^*
4. itd.

Zróbmy kilka przykładów.

1. RGB -> HSB, wówczas $B = \max(R, G, B)$, czyli wybieramy wartość maksymalną z 3 wag (R lub G, lub B). Np. $R=235, G=0, B=100 \rightarrow B(\text{jaskrawość}) = \max(235, 0, 100) = 235$ i wpisujemy do macierzy.

RGB

235	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

R

24B

0	G2	G3	G4
G5	G6	G7	G8
G9	G10	G11	G12
G13	G14	G15	G16
G17	G18	G19	G20
G21	G22	G23	G24

G

24B

100	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

B

24B

HSB

B (jaskrawość)

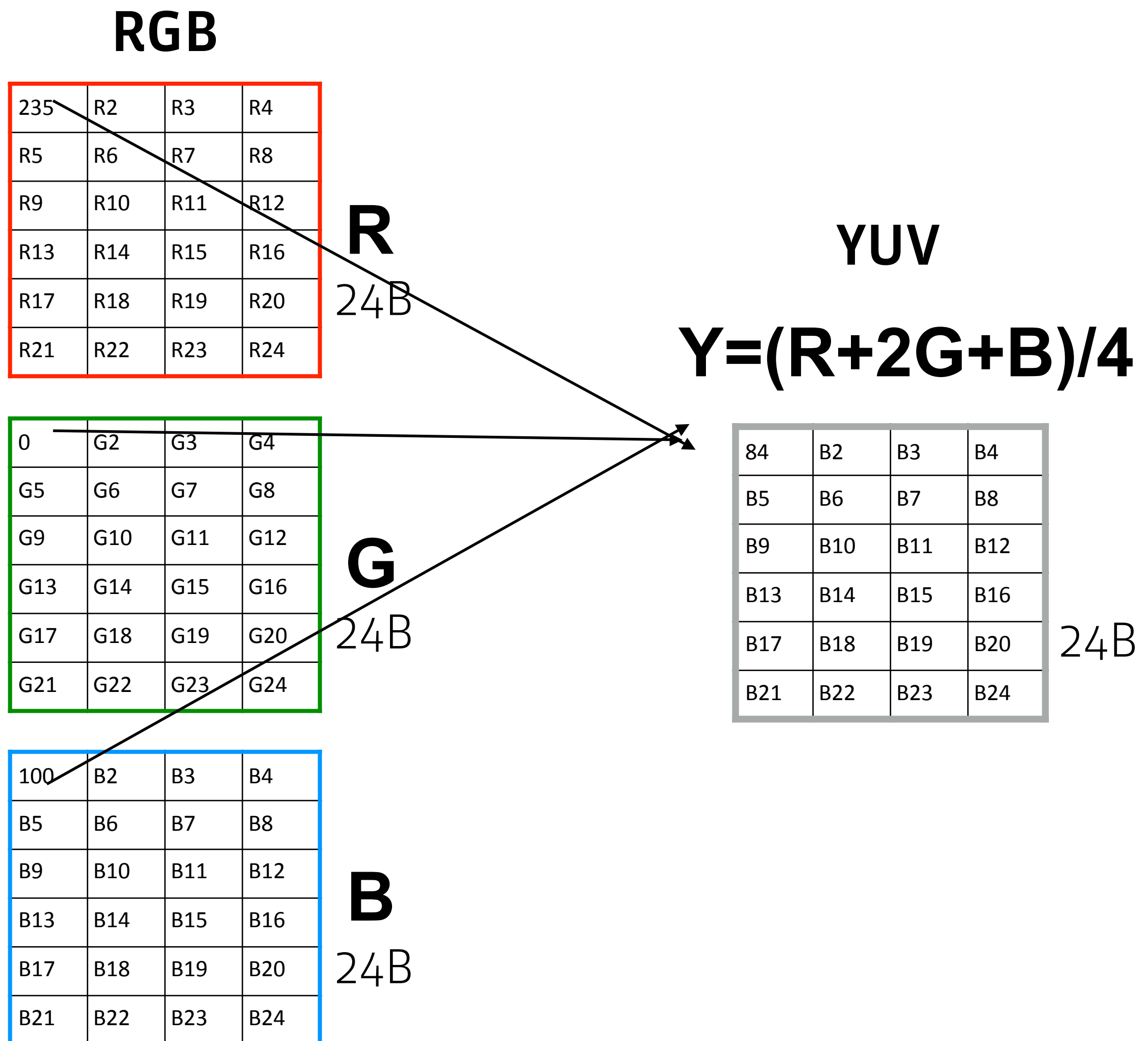
235	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

24B

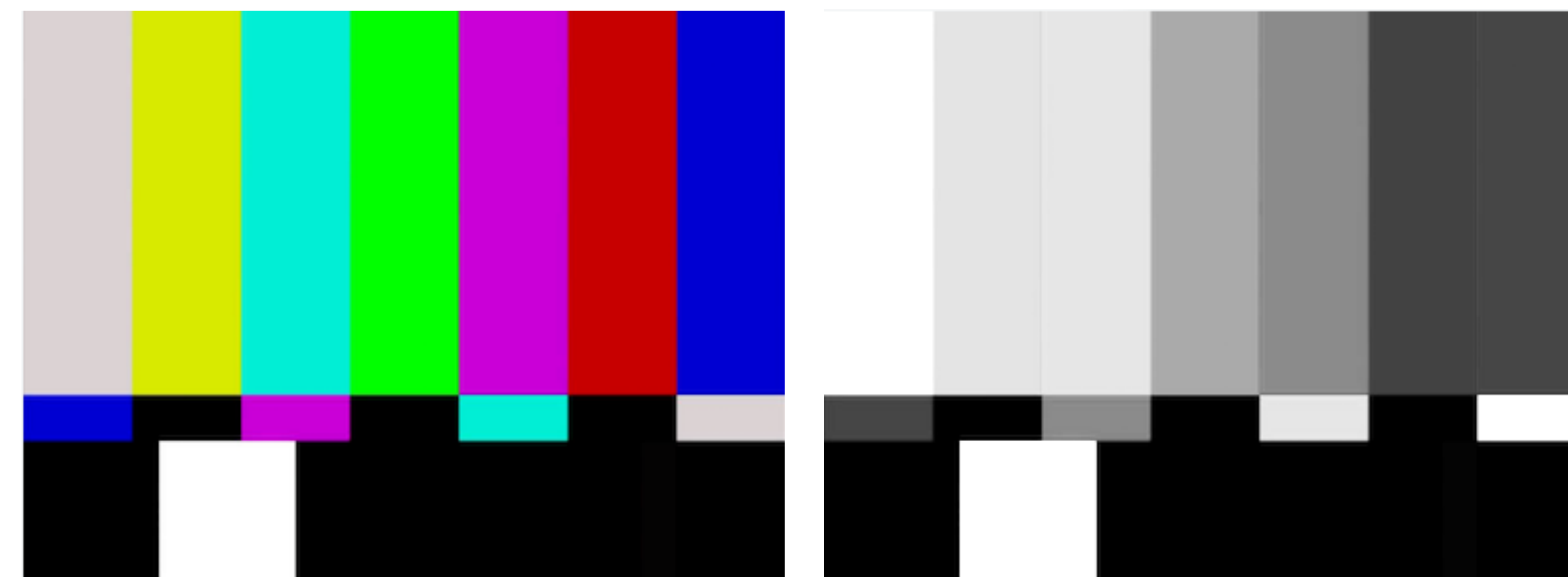
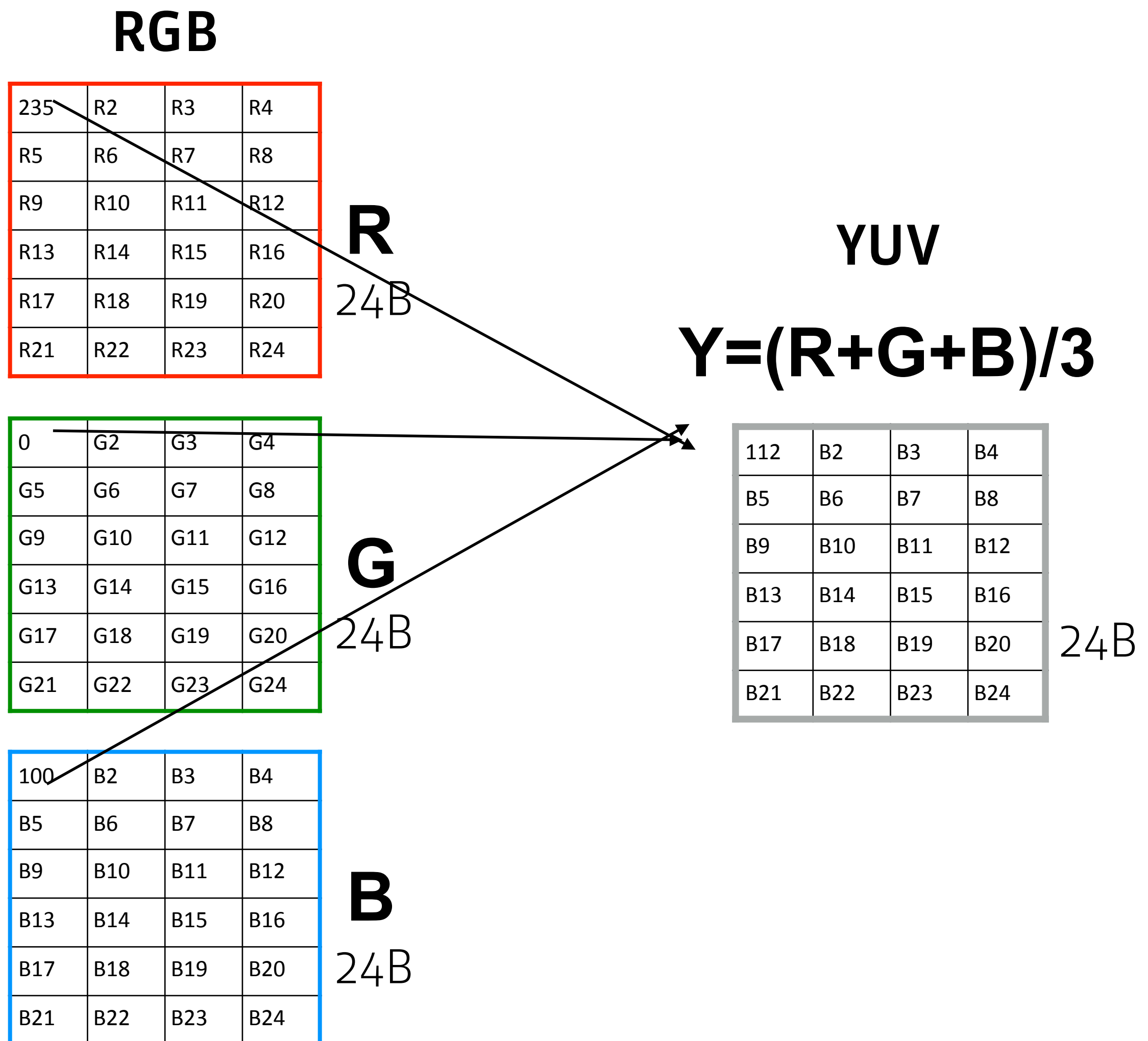


$\max(235, 0, 100)$

2a. RGB -> YUV, wówczas (np.) $Y = (R+2*G+B)/4$, czyli obliczamy wartość z 3 wag. Np. $R=235$, $G=0$, $B=100 \rightarrow Y(\text{luminancja})=(235+0+100)/4=335/4=83,75 \rightarrow 84$ i wpisujemy do macierzy.



2b. RGB -> YUV stosując prostą funkcję $Y = (R+G+B)/3$, czyli obliczamy wartość z 3 wag. Np. $R=235, G=0, B=100 \rightarrow Y(\text{luminancja})=(235+0+100)/3=335/3=111,66 \rightarrow 112$ i wpisujemy do macierzy.



Mając obraz w skali szarości spróbujemy wykonać operację jednopunktową $y=1*x+50$ (czyli, np. $Y'=1*Y+50$ lub $B'(jaskrawość)=1*B(jaskrawość)+50$, itp.).

RGB

135	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

R

24B

0	G2	G3	G4
G5	G6	G7	G8
G9	G10	G11	G12
G13	G14	G15	G16
G17	G18	G19	G20
G21	G22	G23	G24

G

24B

100	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

B

24B

$$Y=(R+2G+B)/4$$

135	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

$$Y'=1*Y+50$$

185	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24



Przykłady

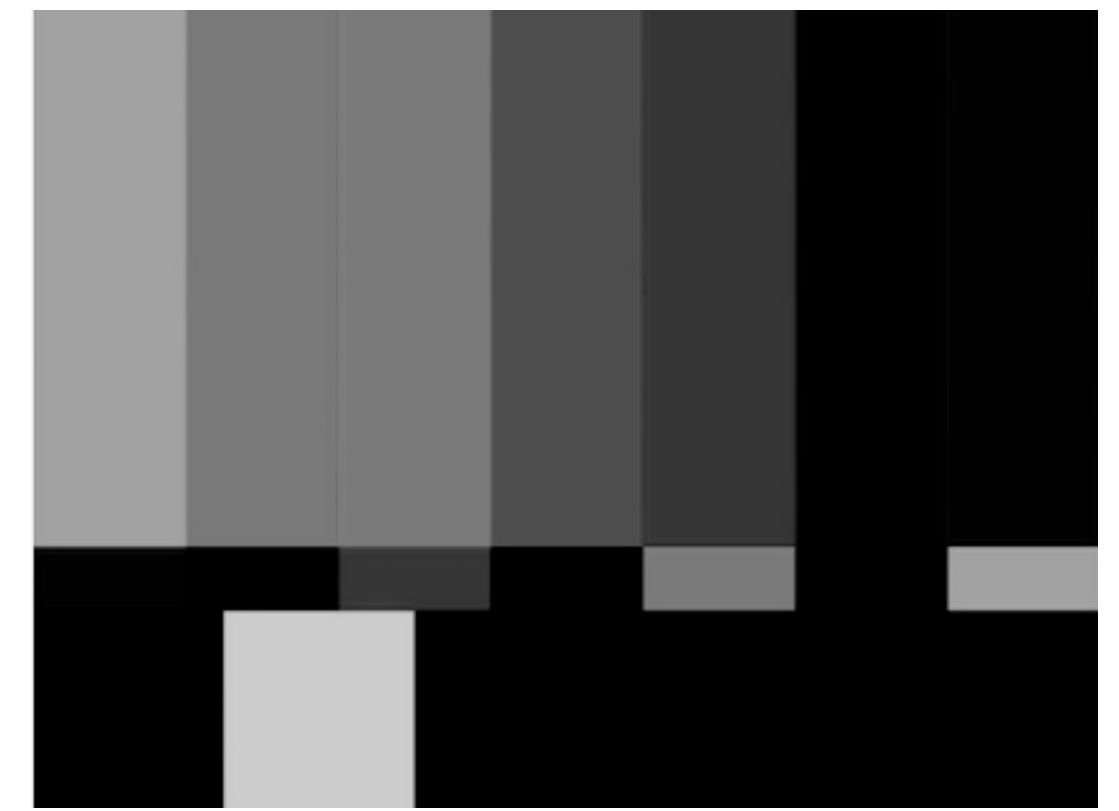
Y



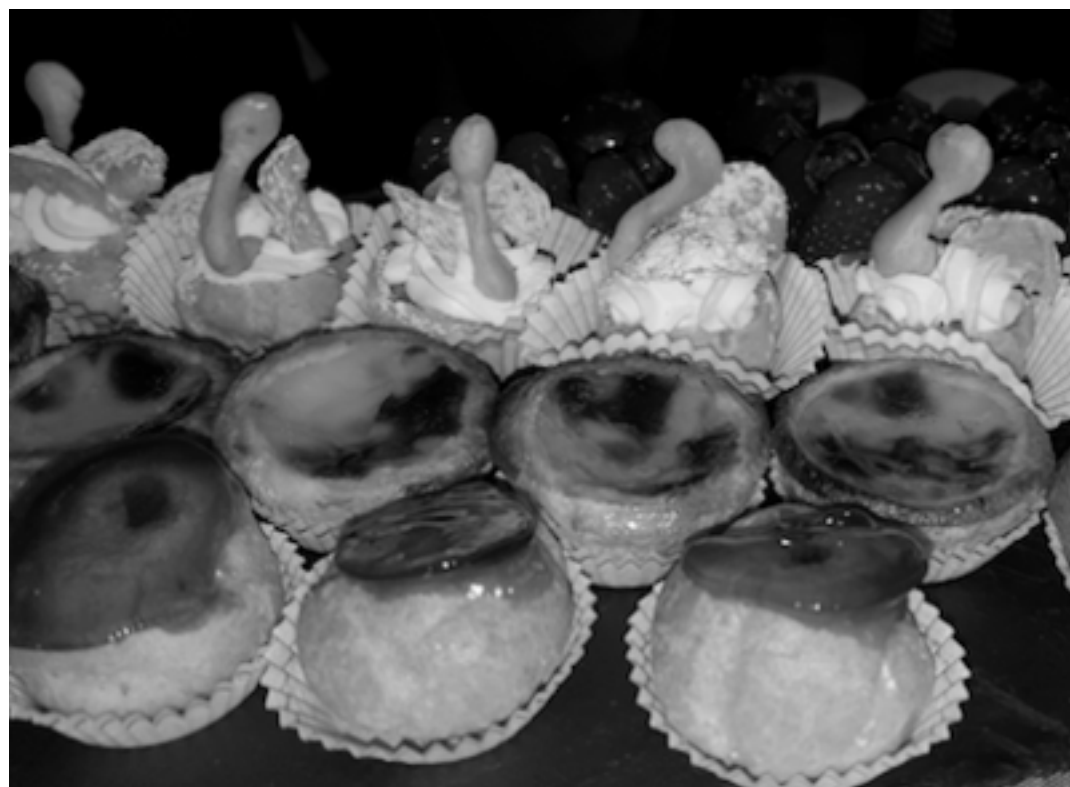
$$Y' = 1 * Y + 50$$



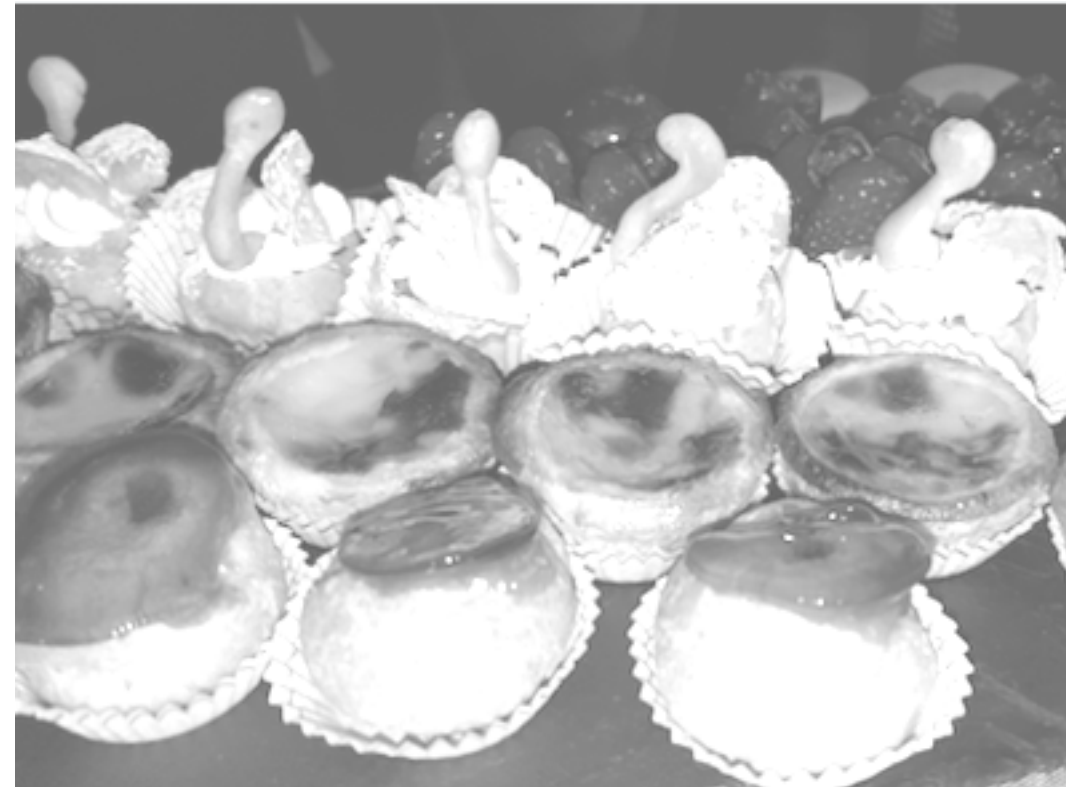
$$Y' = 1 * Y - 50$$



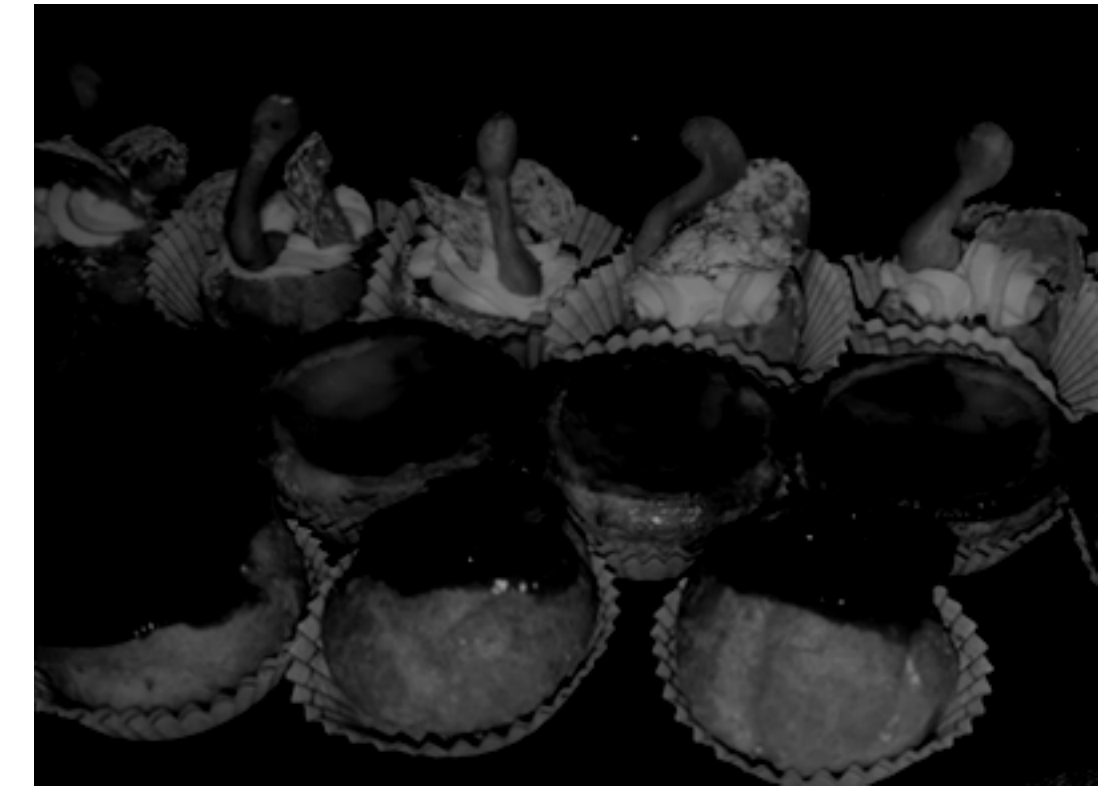
Y



$$Y' = 1 * Y + 100$$



$$Y' = 1 * Y - 100$$



Jak to działa w praktyce w programach komputerowych?

```
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y'[n][m]=f(Y[n][m]);
```

```
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y'[n][m]=1*Y[n][m]+10;
```

y **a** **x** **b**

Y

235	10	10	10
100	100	100	100
50	50	50	100
1	1	1	1
0	0	0	0
150	150	150	150



Y'=1*Y+10

245	20	20	20
110	110	110	110
60	60	60	60
11	11	11	11
10	10	10	10
160	160	160	160

liczba wierszy: 6

liczba kolumn: 4

Y[0][0]=235 - wartość Y w komórce
[nr wiersza=0] i [numer kolumny=0]

Y[2][3]=100 - wartość Y w komórce
[nr wiersza=2] i [numer kolumny=3]

LICZYMY OD indeksu 0!

Zamiast wykonywać tę samą operację wiele razy (liczbaWierszy*liczbaKolumn razy) można taką operację „stabilicować” a następnie pobierać dane z tablicy. Jak to działa?

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=f(i);  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y[n][m]=LUT(X[n][m]);
```

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=1*i+10;  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y'[n][m]=LUT(Y[n][m]);
```

235	10	10	10
100	100	100	100
50	50	50	100
1	1	1	1
0	0	0	0
150	150	150	150

245	20	20	20
110	110	110	110
60	60	60	60
11	11	11	11
10	10	10	10
160	160	160	160

LUT (LookUp Table)

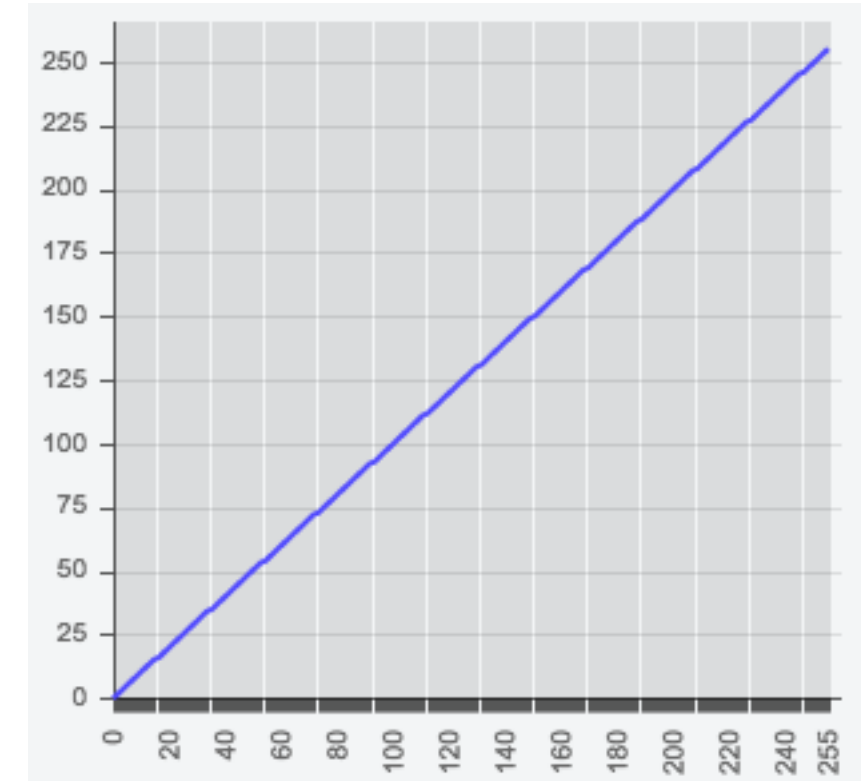
x	y=f(x)
0	10
1	11
2	12
...	...
100	110
101	111
...	...
254	255
255	255

Zobaczmy jak „wygląda” to odwzorowanie reprezentowane przez LUT (czyli funkcja $y=f(x)$).

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=i;  
}  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y'[n][m]=LUT(Y[n][m]);
```

x	y=f(x)
0	0
1	1
2	2
...	...
100	100
101	101
...	...
254	254
255	255

y=f(x) ->LUT

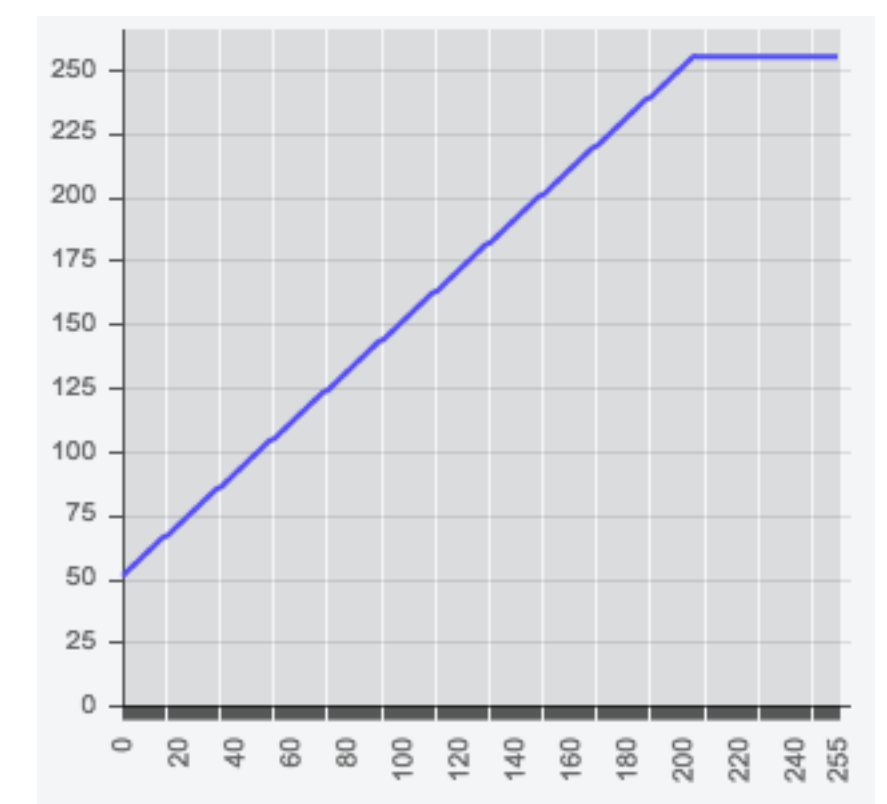


x

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=i+51;  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255) LUT[i]=255;  
}  
for(int n=0; n<liczbaWierszy; n++)  
for(int m=0; m<liczbaKolumn; m++)  
    Y'[n][m]=LUT(Y[n][m]);
```

x	y=f(x)
0	51
1	52
2	53
...	...
100	151
101	152
...	...
254	255
255	255

y=f(x) ->LUT

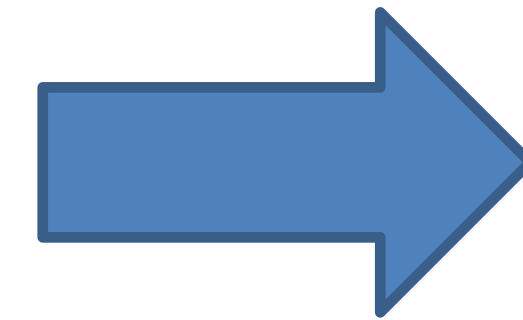
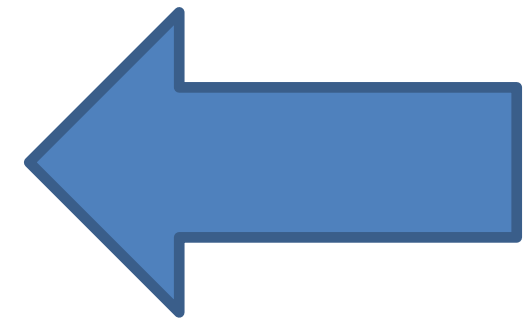


x

Analogicznie zakładając dla funkcji liniowej ($y=f(x)=ax+b$) wartość $b=0$ i zmieniając a , możemy w sposób rozjaśniać ($a>1$) lub ściemniać ($a<1$) obraz. Operacja ta ma charakter wzmocnienia/osłabienia obrazu ze współczynnikiem wzmocnienia a .



$a=0,5$



$a=2$

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=0.5*i;  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}
```

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=2*i;  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}
```

Do operacji jednopunktowych należy zaliczyć wszystkie te operacje, w których jako argument występuje jeden punkt (piksel) obrazu. Do podstawowych operacji jednopunktowych należy zaliczyć:

- obcinanie zakresu: dolne, górne,
- progowanie,
- skalowanie,
- wzmocnienie.

Obcinanie zakresu wartości:

$$C(m, n) = \begin{cases} A(m, n), & \text{dla } A(m, n) \leq T \\ T, & \text{inaczej} \end{cases} \quad C(m, n) = \begin{cases} A(m, n), & \text{dla } A(m, n) > T \\ T, & \text{inaczej} \end{cases}$$

$$C(m, n) = \begin{cases} A(m, n), & \text{dla } T1 < A(m, n) \leq T2 \\ T1, & \text{dla } A(m, n) \leq T1 \\ T2, & \text{dla } A(m, n) > T2 \end{cases}$$

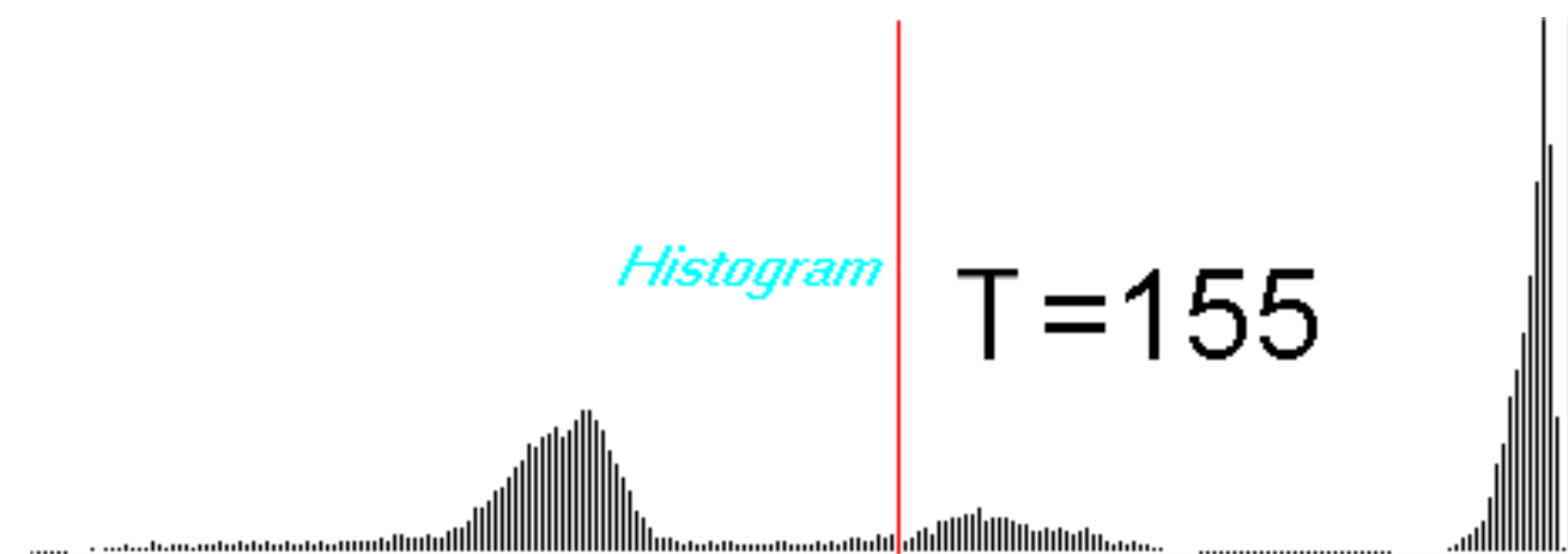
Progowanie - obcięcie wartości, np.:

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=f(i);  
    if(LUT[i]<0) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}
```

```
for(int i=0; i<256; i++){  
    LUT[i]=f(i);  
    if(LUT[i]<155) LUT[i]=0;  
    if(LUT[i]>255 LUT[i]=255;  
}
```



Y



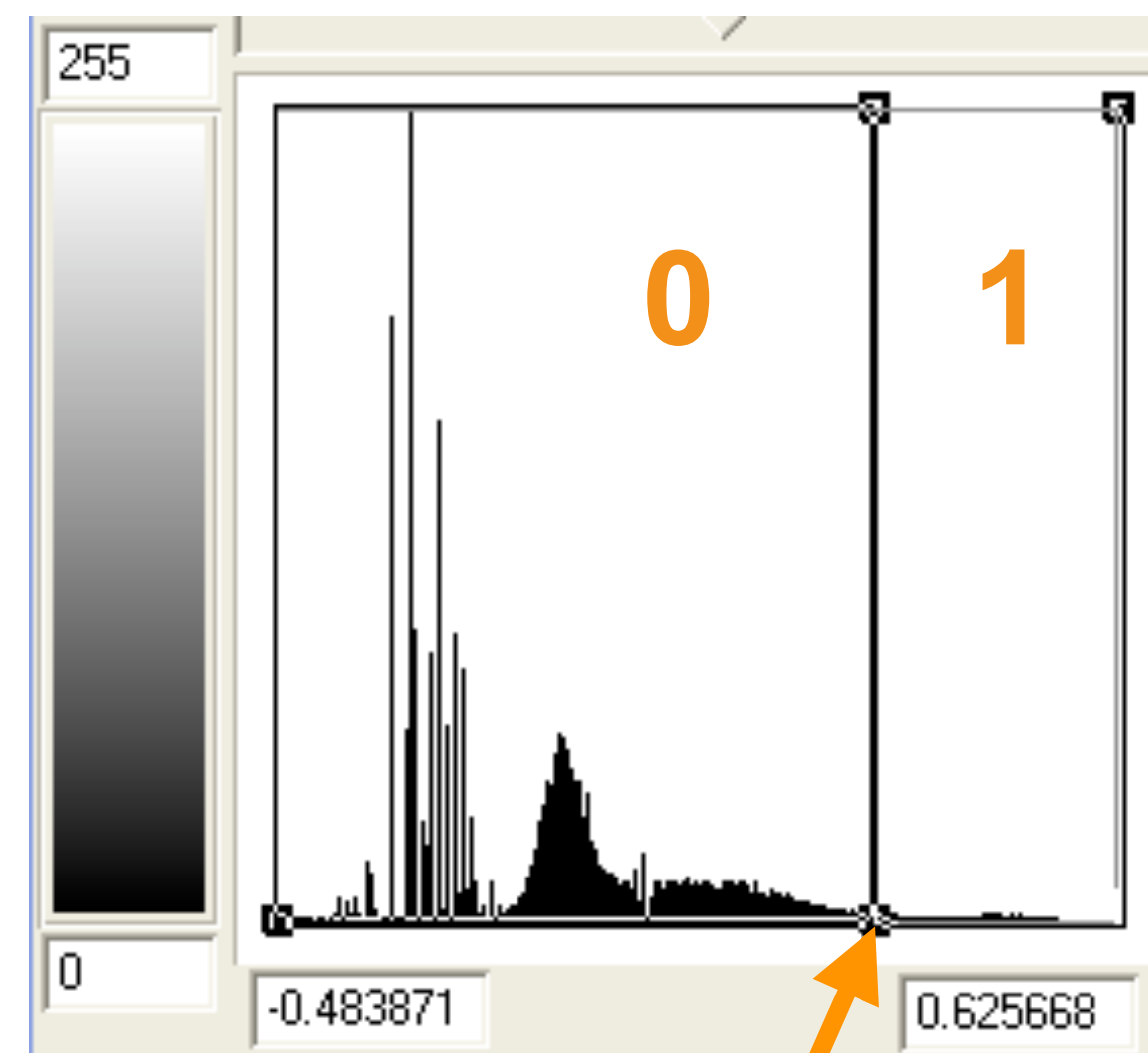
Y'

Progowanie (thresholding) umożliwia podział zbioru wartości na przedziały ze względu na przyjęte wartości progowe. Najbardziej elementarną operacją jest binaryzacja:



Wartości wskaźnika występowania roślinności (-1..1)->(czarny..biały):
IM JAŚNIEJSZY TYM większe prawdopodobieństwo, że tam jest roślinność.

$$C(m, n) = \begin{cases} 0, & C(m, n) \leq T \\ 1, & \text{inaczej} \end{cases}$$



T - próg



Wartość wskaźnika > 0,3 biały
inaczej czarny.
Liczba pikseli białych *
rozdzielczość przestrzenna =
pokrycie obszarami zielonymi!

Operacje jednopunktowe to również wszystkie operacje z wykorzystaniem prostych lub złożonych funkcji, które jako argument pobierają wartość kolejnego piksela obrazu:

$$Y'[n][m]=f(Y[n][m]);$$

gdzie: $f()$, to np. $\log()$, $\exp()$; $\sin()$, $\cos()$, $\text{abs}()$, itd. (Inaczej $\text{LUT}[i]=\log(i)$; lub $\text{LUT}[i]=\exp(i)$, ...)

Przykładowo zastosowanie funkcji wykładniczej to operacja typu: $Y'[n][m]=(Y[n][m])^w$



w=0,9



w=1.0



w=1.1

W korekcji „gamma” (w kodowaniu/dekodowaniu „gamma”) wykonuje się operację przejścia z zakresu 0-255 do zakresu 0-1. Najprościej dzieląc każdą wartość przez maksymalną wartość zakresu źródłowego, czyli 255. Np. $1 \rightarrow (1/255) = 0,0039$; $2 \rightarrow (2/255) = 0,0078$; ...; $255 \rightarrow (255/255) = 1$.

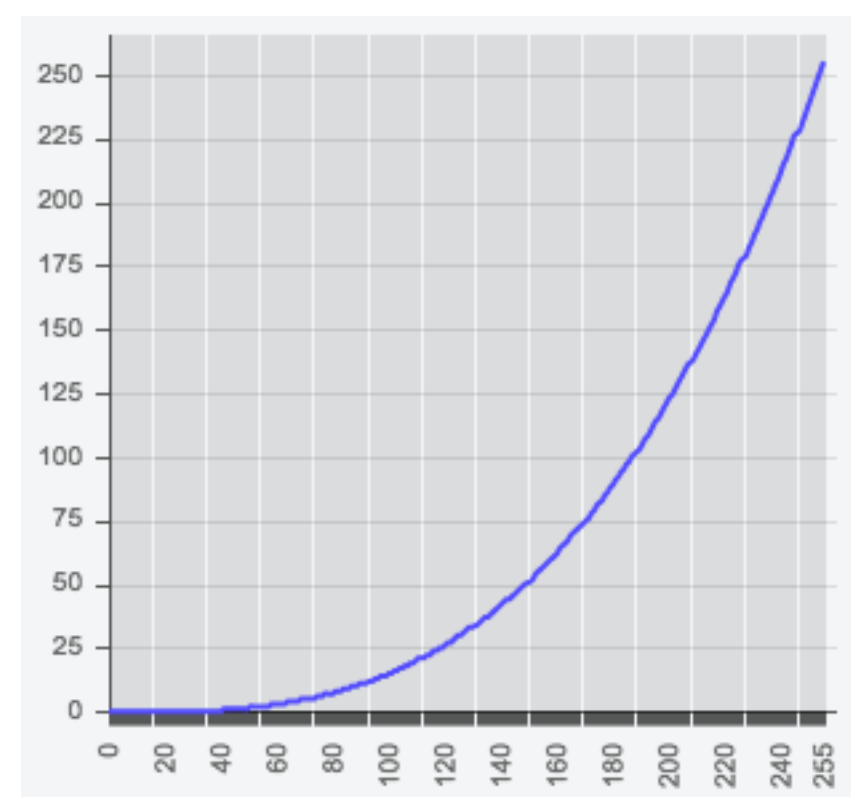
Następnie wykonuje się funkcję wykładniczą typu „gamma”: $Y'[n][m] = (Y[n][m])^{\text{gamma}}$

Zauważmy, że wówczas (tj. przy zastosowaniu funkcji wykładniczej) dla $x=0$ uzyskamy $y=0$, a dla $x=1$, $y=1$.

Po zastosowaniu funkcji przechodzi się z powrotem do dziedziny 0-255 (mnożąc wynik przez 255 i zaokrąglając wynik do liczby całkowitej).



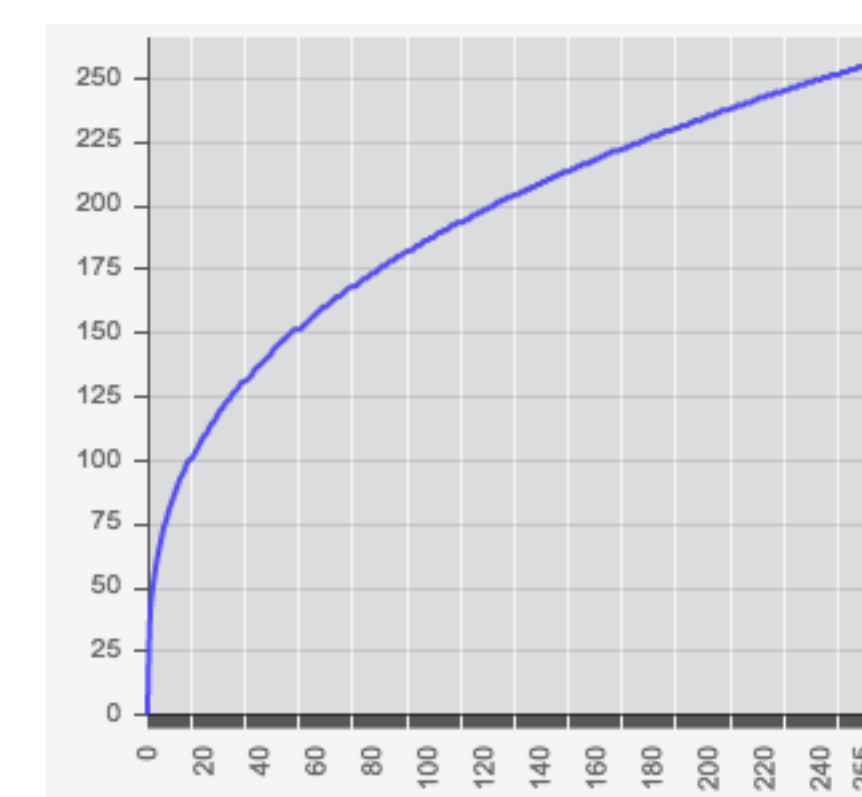
gamma=3



gamma=1



gamma=1/3



Zauważmy, że może obraz nie jest piękniejszy ale widać elementy, których wcześniej nie było wyraźnie widać!



gamma=1



gamma=1/3

śląd wodny
płynącej łodzi

A co z obrazami kolorowymi - przecież do tej pory wykonywaliśmy eksperymenty na obrazach w skali szarości.

W przypadku obrazów kolorowych będziemy wykonywali operacje OSOBNO na każdej macierzy danych. Przykładowo dla modelu RGB osobno dla macierzy R (np. $R'=R+50$), osobno dla macierzy G (np. $G'=G+50$) i osobno dla macierzy B (np. $B'=B+50$).

Można stosować RÓŻNE funkcje czy wartości parametrów dla R czy G lub B i wówczas uzyskamy ciekawe efekty wizualne.

Można również przejść do innej reprezentacji kolorów (np. do HSB) i wykonać operacje na wartościach tych macierzy. Po wykonaniu takich operacji dokonać przejścia z powrotem do RGB i cieszyć się efektem graficznym.

NA KONIEC KILKA PRZYKŁADÓW...



RGB

rozjaśnij obraz
wykonując osobno dla
 $R'[n][m] = (R[n][m] + b)$
 $G'[n][m] = (G[n][m] + b)$
 $B'[n][m] = (B[n][m] + b)$



b=50



b=-50

Zapoznajmy się z demonstracją zastosowania różnych funkcji ($y=f(x)$) w przetwarzaniu jasności obrazów w środowisku Adobe Photoshop.

Before **After**

Tip
Select the style of curve you prefer. If you would like to modify the settings, adjust the sliders
Learn more about: [Adjust Color Curves](#)

Select a Style:

- Backlight
- Darken Highlights
- Default
- Increase Contrast
- Increase Midtones
- Lighten Shadows

Adjust Sliders:

- Adjust Highlights: [Slider]
- Midtone Brightness: [Slider]
- Midtone Contrast: [Slider]
- Adjust Shadows: [Slider]



RGB
oryginał

wykonaj operację gamma
(ze skalowaniem 0-255->0-1) osobno dla

$$R'[n][m] = (R[n][m])^{\text{gamma}}$$

$$G'[n][m] = (G[n][m])^{\text{gamma}}$$

$$B'[n][m] = (B[n][m])^{\text{gamma}}$$



gamma=3

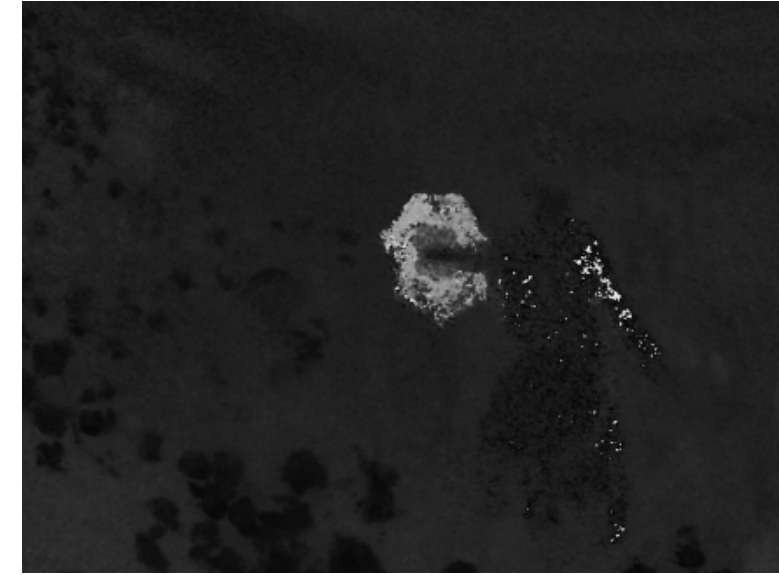


gamma=1/3

Operacje jednopunktowe (rozjaśnienie, ściemnienie, korekcja gamma, inne) są wykorzystywane przez większość pakietów oprogramowania przetwarzania obrazów.

Niektóre operacje jednopunktowe realizowane są dla wartości macierzy danych uzyskanych po zmianie przestrzeni kolorów. Przykładowo zmiana jasności dla obrazów kolorowych opisywanych trzema macierzami RGB może być zrealizowana w przestrzeni YCbCr lub HSB, dodając stałą wartość jedynie dla macierzy odpowiednio Y lub B (nie zmieniając pozostałych).





Hue

Saturation

Brightness

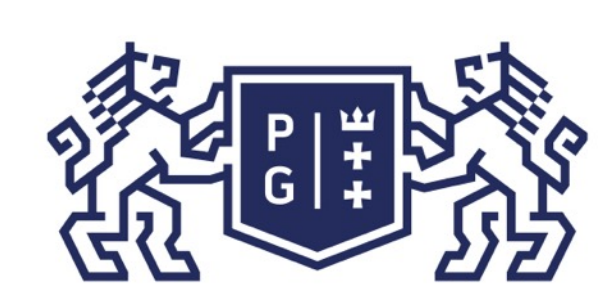


rozjaśnij B



co prowadzi do





POLITECHNIKA
GDAŃSKA

Świat obrazów cyfrowych



Zapraszamy na kolejne zajęcia w przyszłym tygodniu