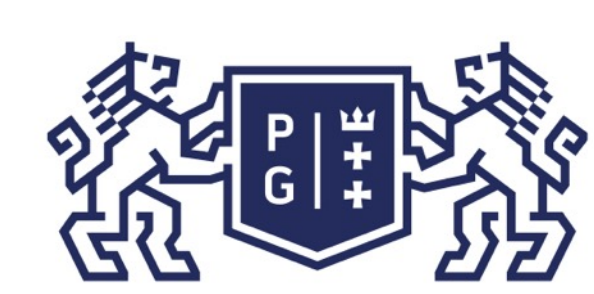




Świat obrazów cyfrowych

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 wielopunktowe

Zgodnie z opisem obrazu cyfrowego wiemy, że jest on reprezentowany przez macierz lub zbiór macierzy określonych wartości.

Wiemy również, że na macierzach tych można przeprowadzać określone działania matematyczne, które w postaci prostej lub złożonej pozwalają na wyodrębnienie lub ukrycie wybranych cech obrazu.

Do podstawowych operacji wielopunktowych należą operacje:

- dodawania,
- odejmowania,
- mnożenia,
- dzielenia
- oraz ich kombinacje.

Operacje wielopunktowe realizowane są w taki sposób, że nowa wartość macierzy danych w danym punkcie (pikselu) jest funkcją wielu wartości wejściowych macierzy danych (obrazów).

Przykładowo operacja dodawania dwóch obrazów (X i Z) może przebiegać następująco:

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

Należy pamiętać o tym, że wynikowa macierz danych przechowywać będzie wartości z innego zakresu. Pragnąc wyświetlić obliczone dane jako obraz konieczne jest dopasowanie (np. skalowanie) danych do tablicy kolorów lub przestrzeni kolorów.

Operacje wielopunktowe to takie, które wykonywane są na pikselach kilku obrazów. Np. dodanie wartości dwóch obrazów.

obraz 1 - x

R1	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

R

obraz 2 - z

R'1	R'2	R'3	R'4
R'5	R'6	R'7	R'8
R'9	R'10	R'11	R'12
R'13	R'14	R'15	R'16
R'17	R'18	R'19	R'20
R'21	R'22	R'23	R'24

R'

$$y=f(x,z)$$

$$y=X+Z$$



$$R''=R+R'$$

wynik - y

R''1	R''2	R''3	R''4
R''5	R''6	R''7	R''8
R''9	R''10	R''11	R''12
R''13	R''14	R''15	R''16
R''17	R''18	R''19	R''20
R''21	R''22	R''23	R''24

R''

G1	G2	G3	G4
G5	G6	G7	G8
G9	G10	G11	G12
G13	G14	G15	G16
G17	G18	G19	G20
G21	G22	G23	G24

G

G'1	G'2	G'3	G'4
G'5	G'6	G'7	G'8
G'9	G'10	G'11	G'12
G'13	G'14	G'15	G'16
G'17	G'18	G'19	G'20
G'21	G'22	G'23	G'24

G'

$$y=X+Z$$



$$G''=G+G'$$

G''1	G''2	G''3	G''4
G''5	G''6	G''7	G''8
G''9	G''10	G''11	G''12
G''13	G''14	G''15	G''16
G''17	G''18	G''19	G''20
G''21	G''22	G''23	G''24

G''

B1	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

B

B'1	B'2	B'3	B'4
B'5	B'6	B'7	B'8
B'9	B'10	B'11	B'12
B'13	B'14	B'15	B'16
B'17	B'18	B'19	B'20
B'21	B'22	B'23	B'24

B'

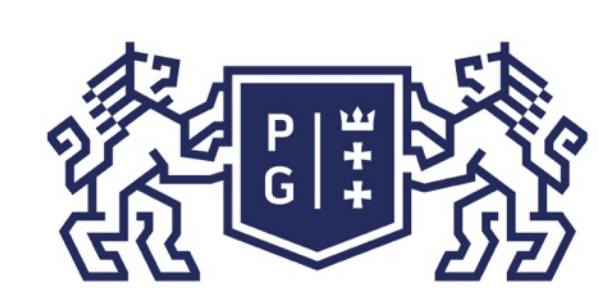
$$y=X+Z$$



$$B''=B+B'$$

B''1	B''2	B''3	B''4
B''5	B''6	B''7	B''8
B''9	B''10	B''11	B''12
B''13	B''14	B''15	B''16
B''17	B''18	B''19	B''20
B''21	B''22	B''23	B''24

B''



Operacje wielopunktowe mogą być wykonywane z użyciem sztucznie utworzonych "obrazów", które wprowadzają niejednolite zmiany w obrębie obrazów przetwarzanych.

Przykładowo w czasie poprzednich zajęć dowiedzieliśmy się, że rozjaśnienie obrazu może być zrealizowane poprzez dodanie wartości do każdej komórki macierzy danych. Operację taką można jednak przeprowadzić tak, aby dodawane wartości były różne, w zależności od lokalizacji obrazu. W ten sposób można rozjaśnić tylko wybrany region obrazu (ang. **Region Of Interest, ROI**).

Przykładowo możemy narysować region na obrazie i ustawić wartości rozjaśnienia inne w ROI, a inne na zewnątrz. Wówczas można utworzyć macierz ze współczynnikami rozjaśnienia i dodawać wartości zgodnie z operacją:

$$Y[n][m]=X[n][m]+Z[n][m]; \quad (\text{gdzie } Z[n][m]=0 - \text{ nic nie rób, } Z[n][m]>0 - \text{ rozjaśnij})$$

Ściemnienie obrazu – operacja taka sama, inne wagi (ujemne).

Operacje wielopunktowe są często wykorzystywane wspólnie z operacjami jednopunktowymi.

Typowym przykładem jest mieszanie obrazów:

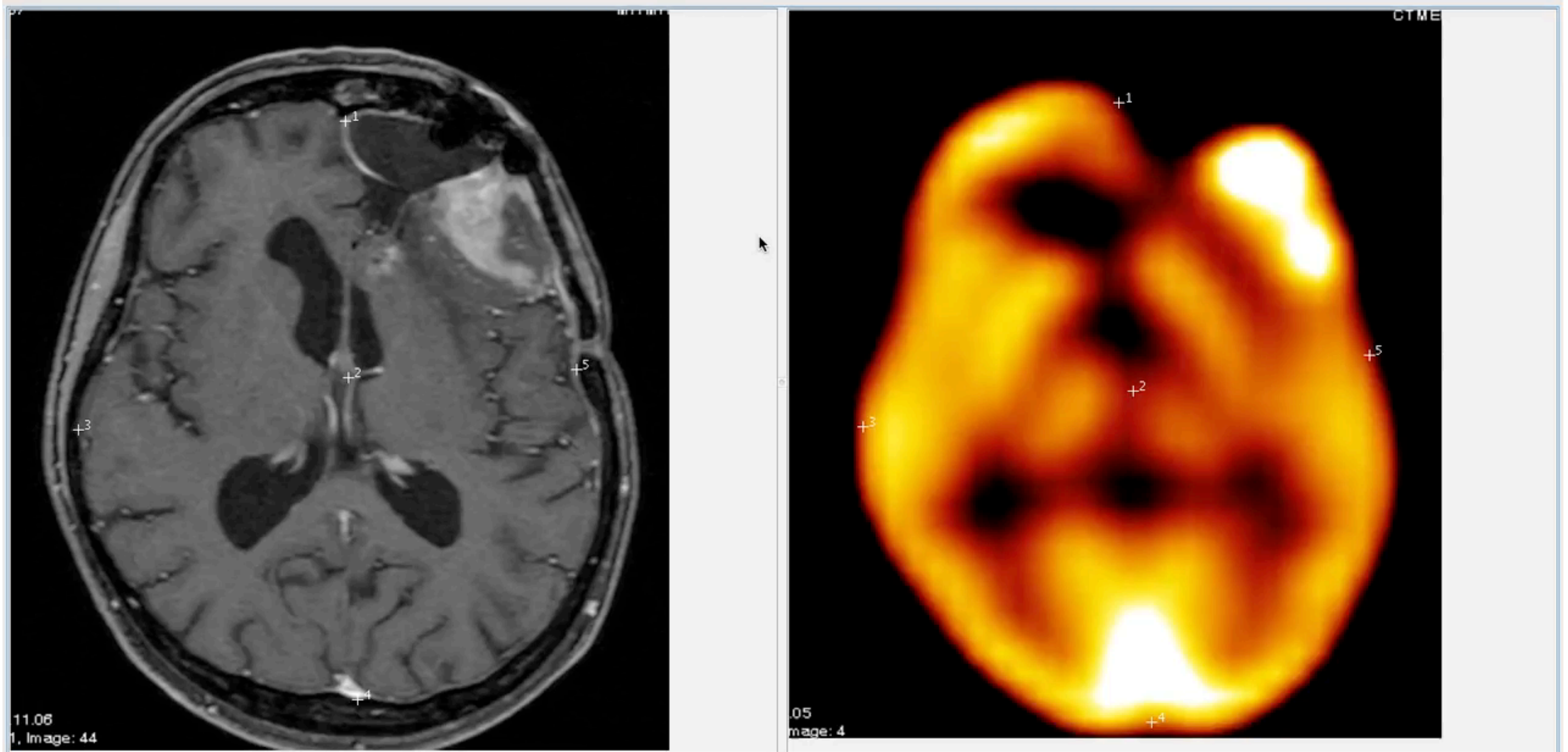
$$Y(m,n)=k*X(m,n)+(1-k)*Z(m,n)$$

gdzie: **k** jest w zakresie 0-1.

Mieszanie obrazów daje bardzo ciekawe efekty wizualne.

Przykładowo zwiększając stopniowo wartość współczynnika skali **k**, można wygenerować serię obrazów, których przedstawienie w formie animacji daje efekt przejścia od jednego do drugiego obrazu.

Przykład: Mieszanie obrazów MRI i PET:



Typowym wykorzystaniem operacji arytmetycznych w obróbce obrazów cyfrowych jest proces nakładania warstw (**overlay**).

Nawarstwianie takie polega na łączeniu poszczególnych warstw obrazu rastrowego za pomocą operacji matematycznych i logicznych jak np. dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie, wartość minimalna, wartość maksymalna, suma logiczna, itd.

3	4	4	3
5	5	4	3
3	3	0	2
1	2	1	1

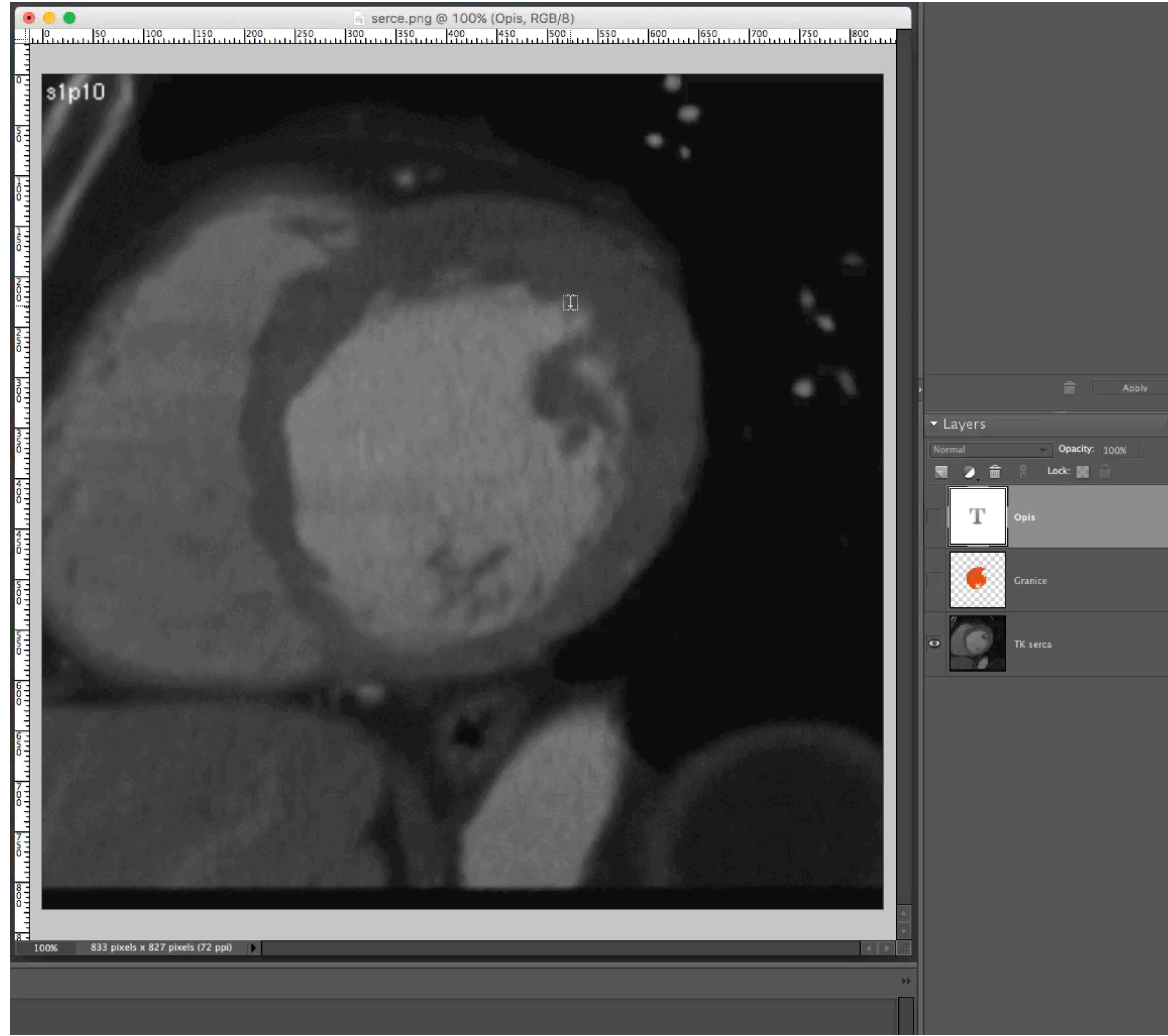
+

3	2	4	1
4	1	4	3
3	3	5	2
1	2	3	1

—
—

6	6	8	4
9	6	8	6
6	6	5	4
2	4	4	2

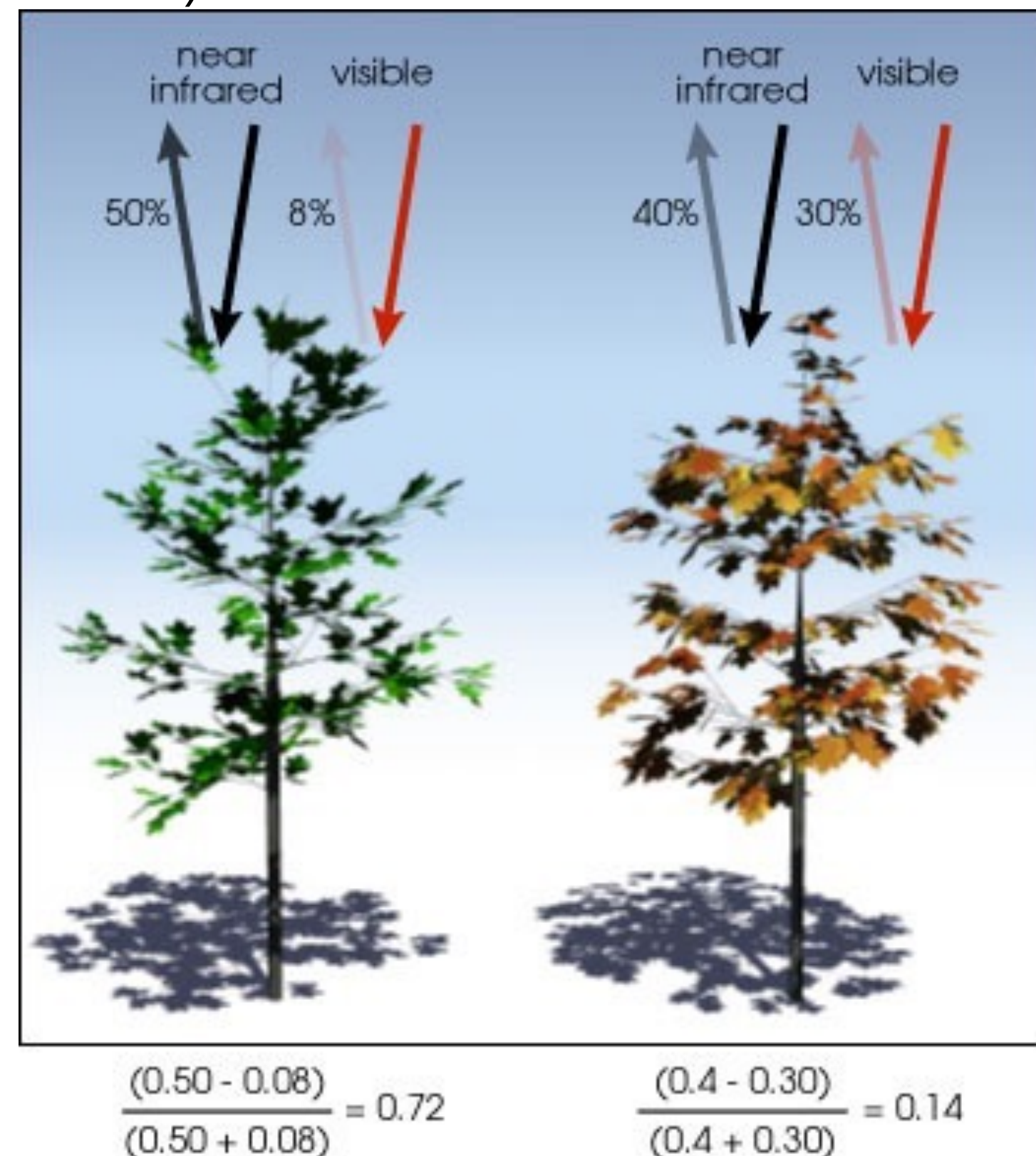
Przykład:



Zapoznajmy się z kolejnym zastosowaniem praktycznym.

W obrazowaniu satelitarnym rejestruje się obrazy (macierze danych - wartości odbieranego promieniowania elektromagnetycznego) dla różnych zakresów promieniowania.

Założmy, że rejestrujemy 2 macierze: NIR (near infrared) dla zakresu podczerwieni (np. 800-1000nm) oraz dla RED (red visible) dla zakresu światła widzialnego - czerwieni (np. 600-700nm).



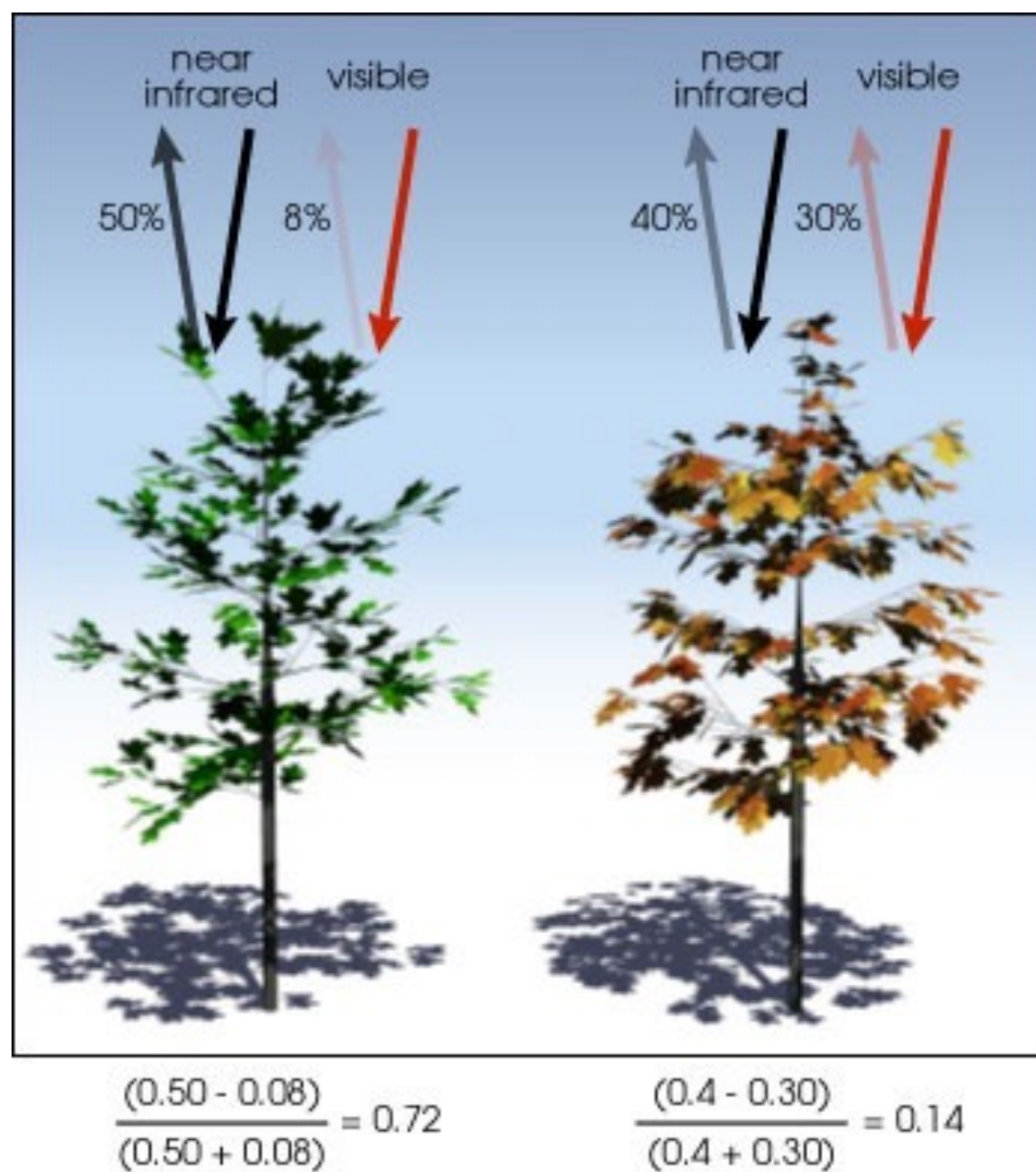
Rośliny zielony pochłaniają promieniowanie widzialne (fotosynteza) odbijając część promieniowania (i ta jest rejestrowana przez czujniki satelity - wartości macierzy).

Rośliny zielony NIE pochłaniają dużo promieniowanie w podczerwieni odbijając ZNACZNAĆ część promieniowania (i ta jest rejestrowana przez czujniki satelity - wartości macierzy).

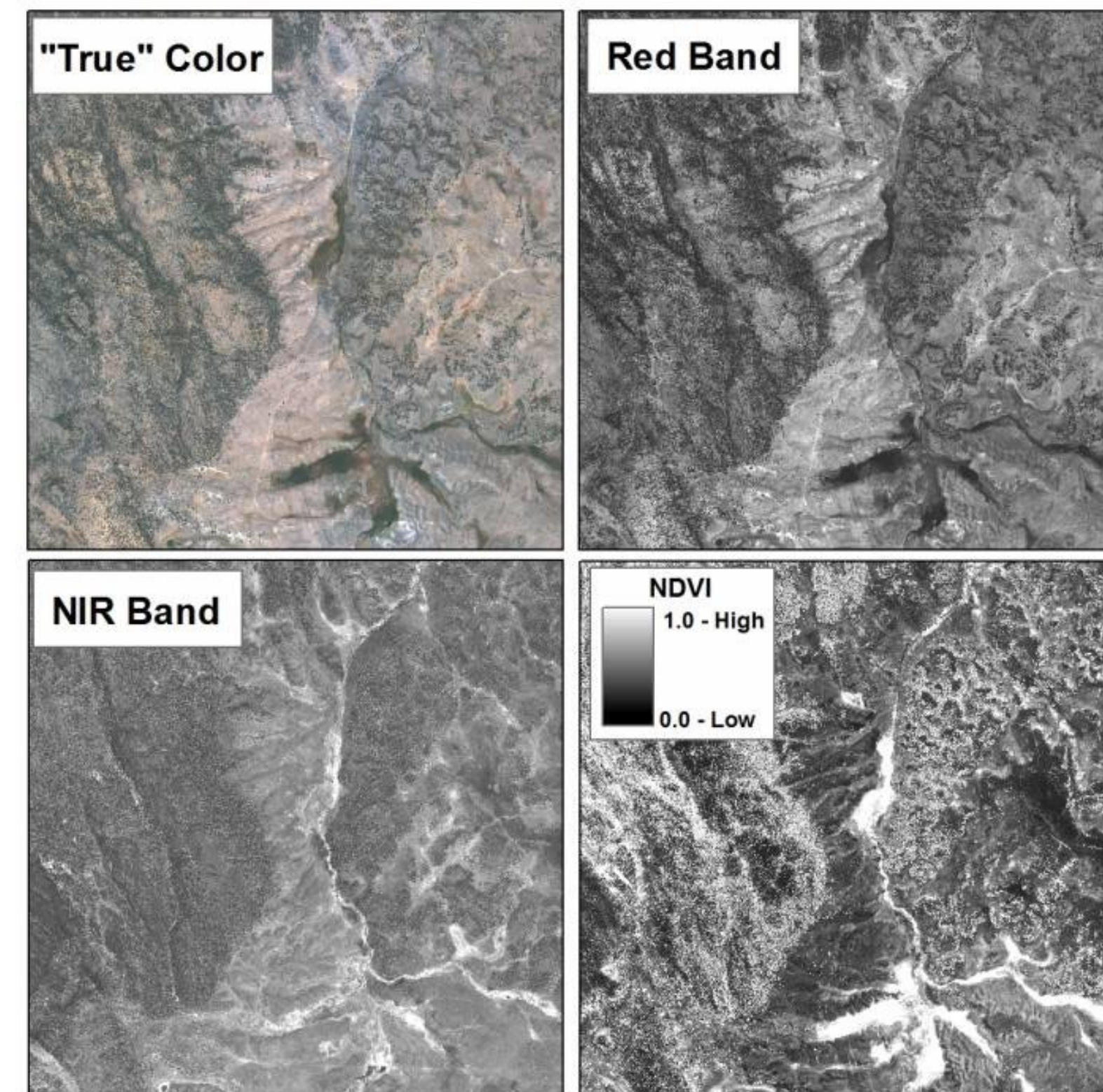
Można zatem zaproponować miarę indeksu występowania roślinności (ang. vegetation index, NDVI), np. jako:

$$\mathbf{NDVI[n][m] = (NIR[n][m] - RED[n][m]) / (NIR[n][m] + RED[n][m])}$$

Wartości będą z przedziału (-1...1), gdzie wyższe wartości oznaczają większe prawdopodobieństwo że TAM (w miejscu analizowanego piksela) jest roślinność.

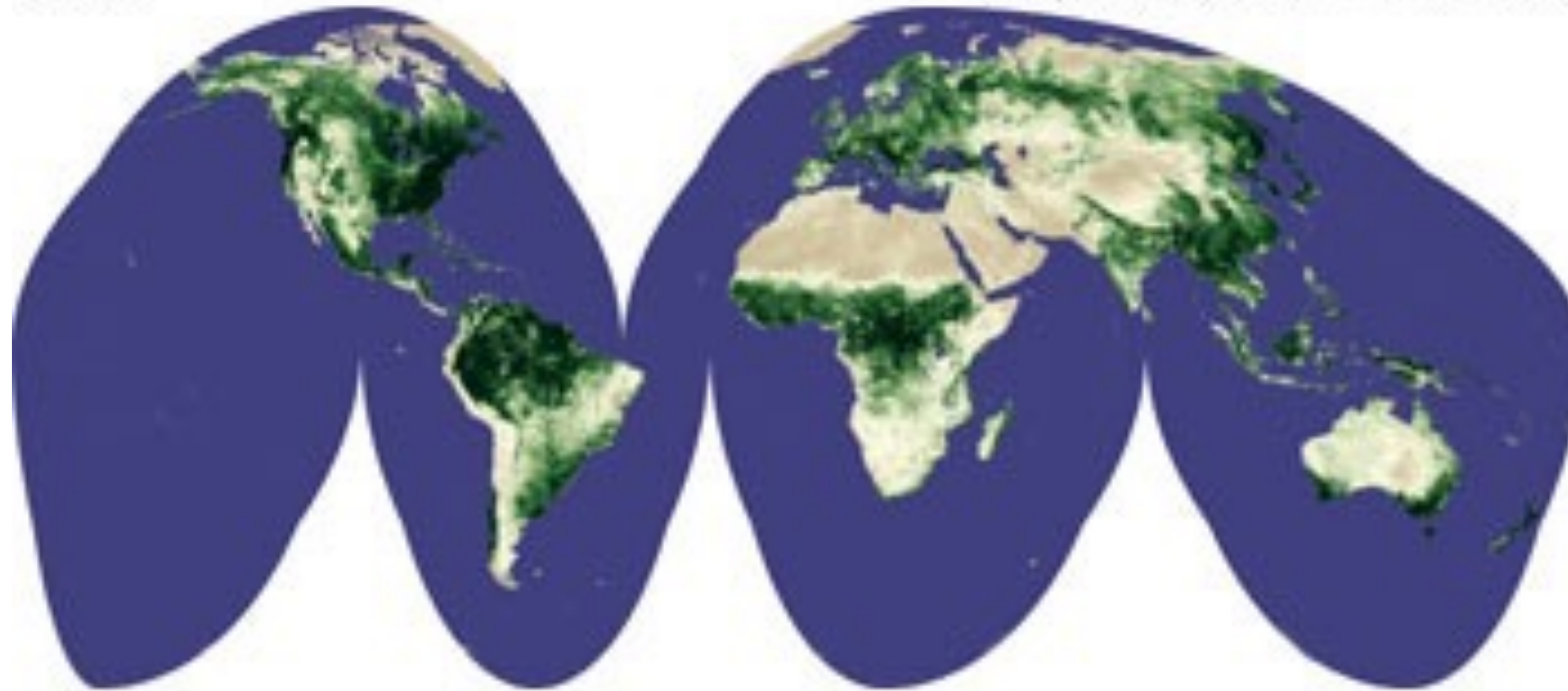


Macierzy NDVI przypiszemy skalę szarości: (-1 czarny ...szarości... 1-biały).



NDVI

September 21–30, 1999



Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



- Przykład:** Mamy obrazy satelitarne tego samego terenu:
- Wielozakresowy (3 kanały, $K1=G$, $K2=R$, $K3=IR$; rozd. przestrz. 20m)
 - Jednozakresowy (1 kanał, $K4=GRAY$, s. szarości; rozd. przestrz. 10m).



Czy można utworzyć obraz o rozdzielczości 10m (tryb jednozakresowy) i kolorami związanym z obrazami uzyskanymi w trybie wielozakresowym?

Przykład c.d.:

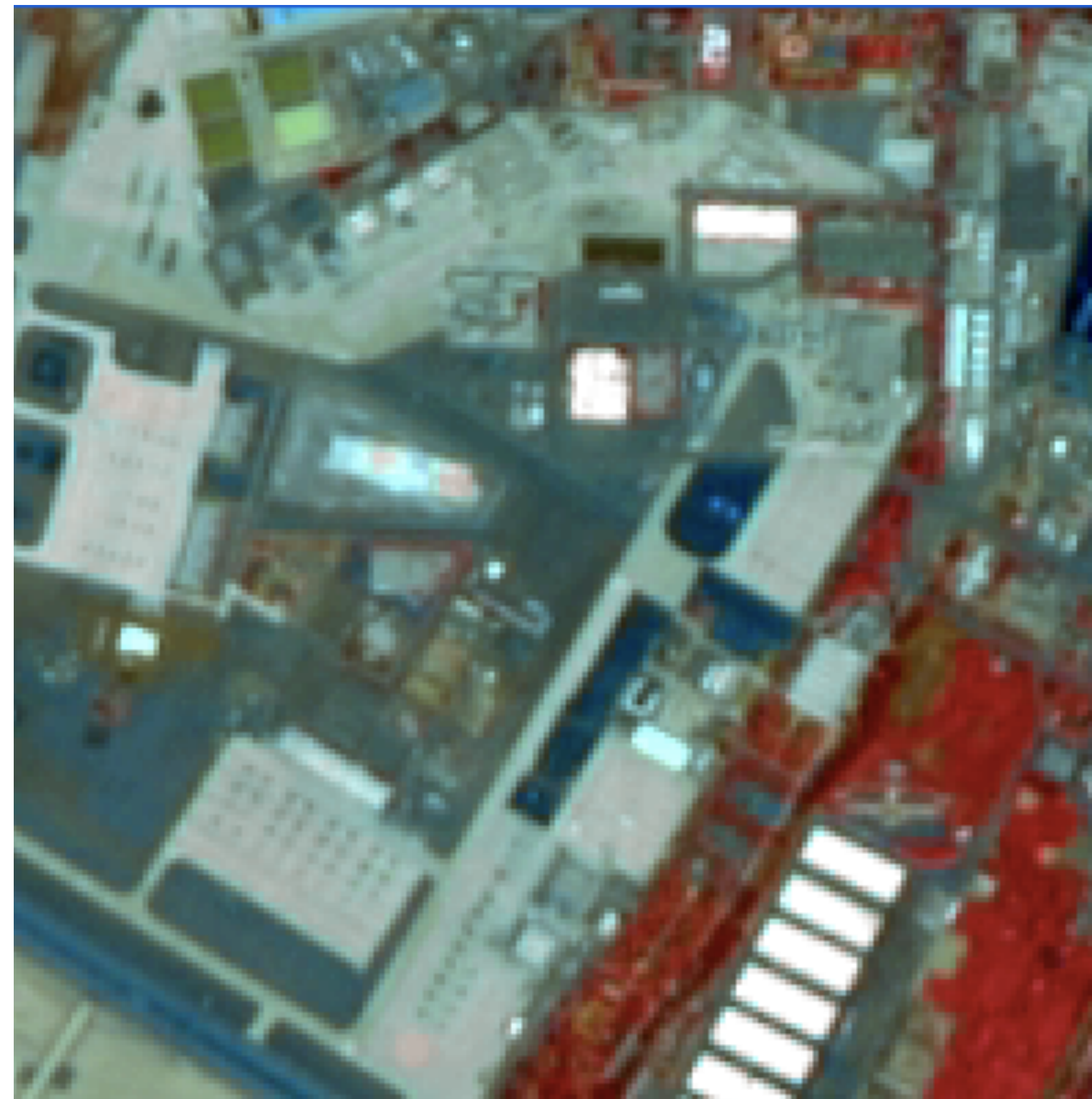
Wyznaczymy nowe wartości wag w tworzonym obrazie określonym w przestrzeni RGB:

$$B=K4 * K1/(K1+K2+K3), \quad G=K4 * K2/(K1+K2+K3), \quad R=K4 * K3/(K1+K2+K3)$$

K1, K2, K3



K4



Operacje na warstwach mogą mieć różny charakter i praktyczne zastosowanie. Jeśli macierz danych obrazu stanowi zestaw wartości pomiarowych konkretnej wielkości można badać zmiany wartości w czasie, liczyć wartości średnie, minimalne, itp.

3	4	4	3
5	5	4	3
3	3	0	2
1	2	1	1

MIN

3	2	4	1
4	1	4	3
3	3	5	2
1	2	3	1

—
—

3	2	4	1
4	1	4	3
3	3	0	2
1	2	1	1

Bardzo popularną operacją wykonywaną pomiędzy dwoma obrazami jest maskowanie. Maskowanie takie umożliwia wyróżnienie fragmentu obrazu oraz przeprowadzenie na takim podobrazie właściwych operacji.

Najprostsze maskowanie to stworzenie binarnej macierzy zawierającej **0** w miejscu maskowania a **1** w miejscach przepisania a następnie przeprowadzenie operacji mnożenia.

3	4	4	3
5	5	4	3
3	3	0	2
1	2	1	1

X

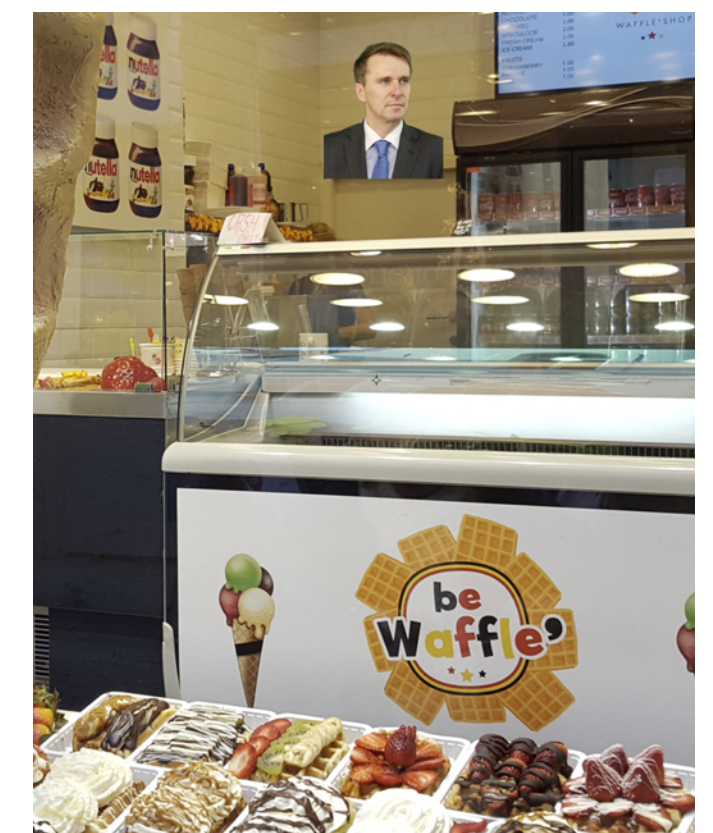
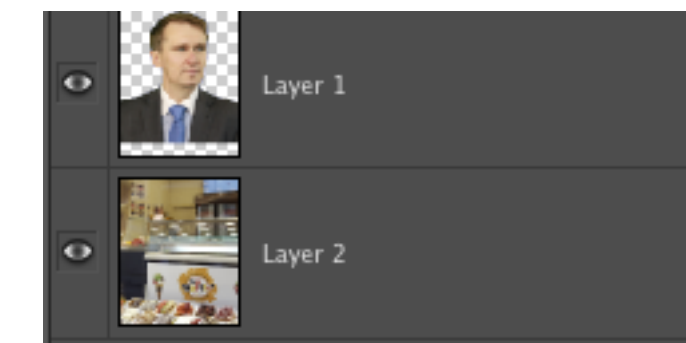
0	0	0	1
0	1	1	1
0	1	1	1
0	0	0	1

—
—

0	0	0	3
0	5	4	3
0	3	0	2
0	0	0	1

Czasami zamiast maski typu 0 lub 1 wybiera się określony kolor, który ma być interpretowany jako maska tła.

Na przykład łącząc 2 obrazy, w jednym wskazujemy na kolor, który ma stać się „przezroczysty” tj. dla pikseli tego koloru mają pojawić się w danym miejscu piksele drugiego obrazu.



Czasami w maski typu 0 lub 1 wybiera się określony kolor, który ma być
interpolacją między maską tła.
Na przykład z 2 obrazy, w jednym wskazujemy na kolor, który ma stać się
„przezroczystym”, dla pikseli tego koloru mają pojawić się w danym miejscu piksele
drugiego obrazu.



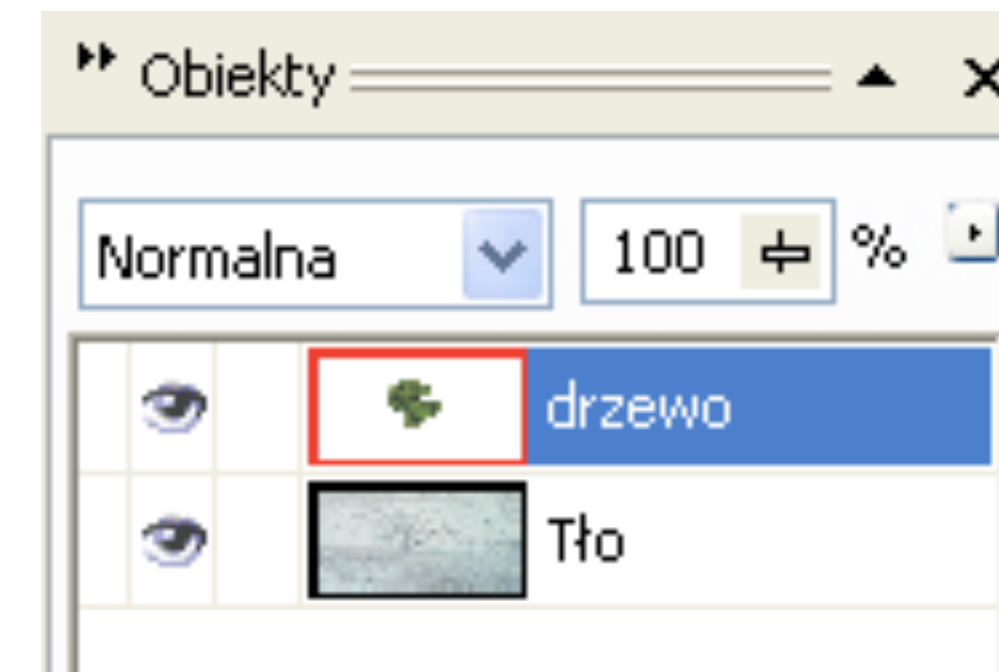
Operacja maskowania może być wykorzystana do wyznaczenia ROI.
Zastosowanie nakładania warstw może mieć olbrzymie zastosowanie przy komponowaniu sceny jaką chcemy uzyskać w obrazie końcowym.

Przykładowo jedna warstwa może zawierać tło, druga obiekt. Wówczas proces nakładania może polegać na tym, że obiekt wpisujemy w wybrane miejsce tła.



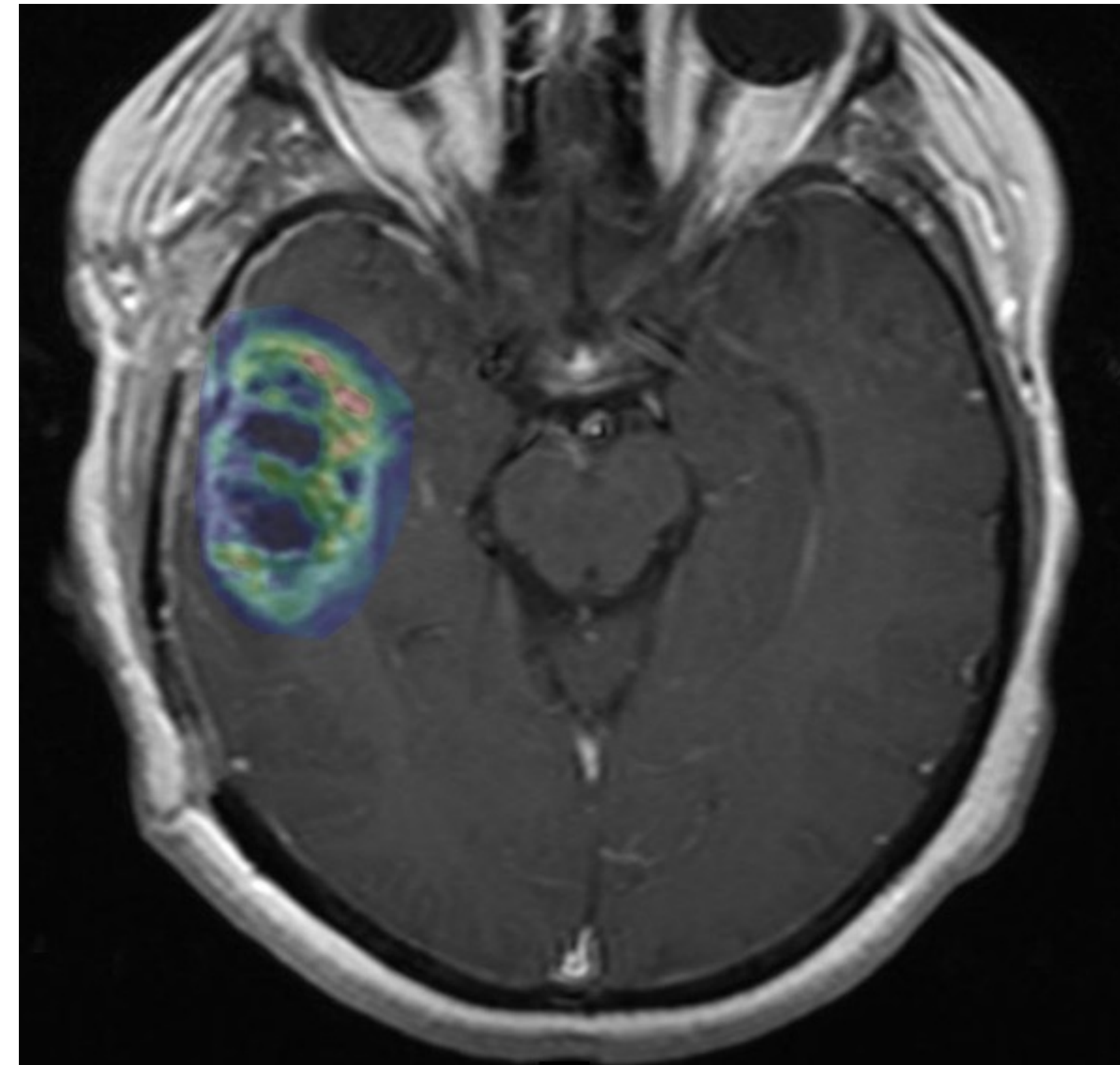
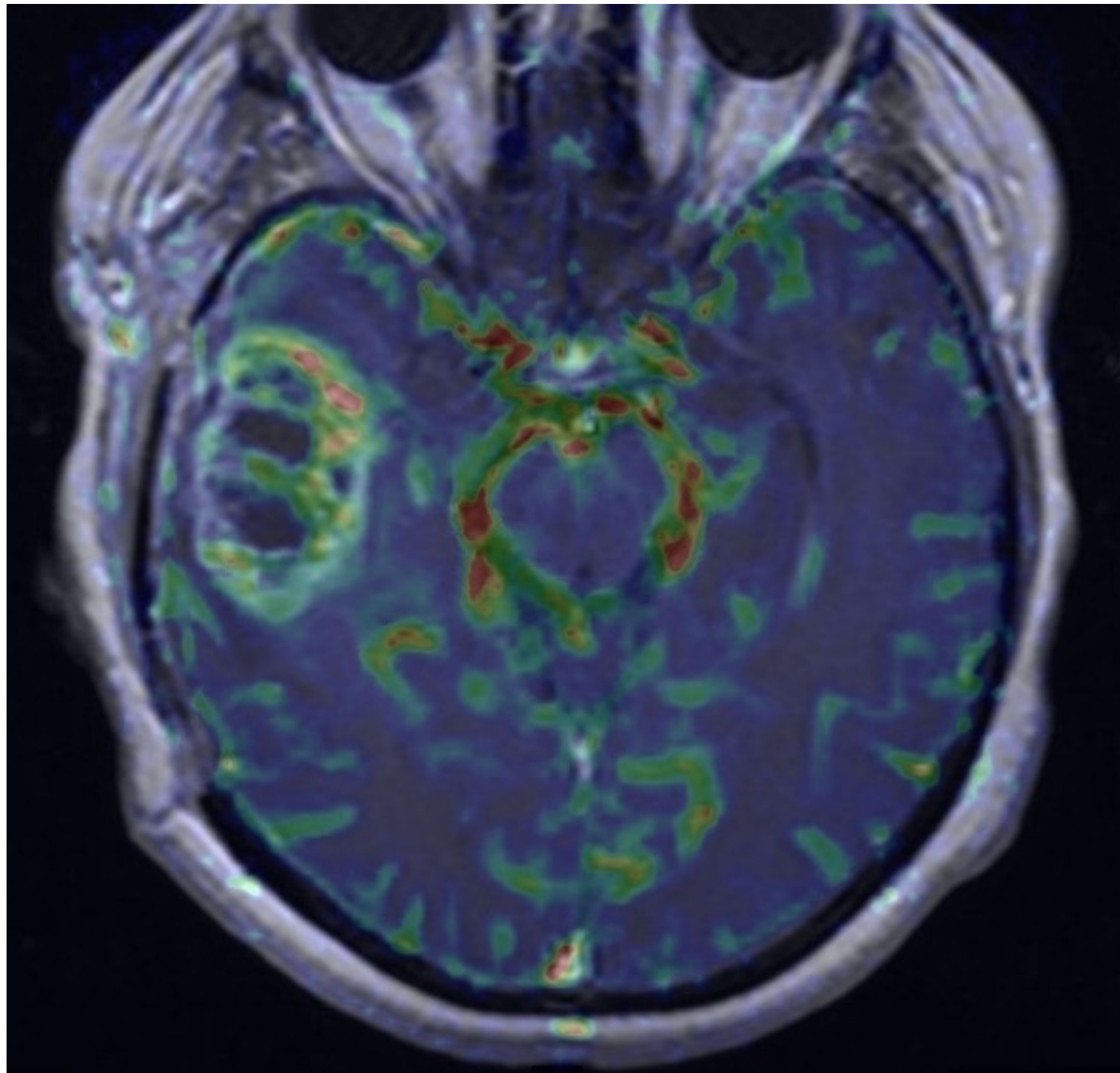
+





Podobnie wszelkie napisy, krzywe oznaczające regiony ROI (regions of interest) są często nakładane na obraz oryginalny, a przechowywane są oddzielnie, np.

Przykład: Mieszanie i maskowanie obrazów MRI i PWI MRI:



Porównywanie obrazów a operacje wielopunktowe

Czy obrazy są podobne (zakładając ten sam układ współrzędnych, itp.)?

obraz 1 - x

R1	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

R

obraz 2 - z

R'1	R'2	R'3	R'4
R'5	R'6	R'7	R'8
R'9	R'10	R'11	R'12
R'13	R'14	R'15	R'16
R'17	R'18	R'19	R'20
R'21	R'22	R'23	R'24

R'

$y=f(x,z)$

$y=|x-z|$



$R''=|R-R'|$

wynik - y

R''1	R''2	R''3	R''4
R''5	R''6	R''7	R''8
R''9	R''10	R''11	R''12
R''13	R''14	R''15	R''16
R''17	R''18	R''19	R''20
R''21	R''22	R''23	R''24

R''

G1	G2	G3	G4
G5	G6	G7	G8
G9	G10	G11	G12
G13	G14	G15	G16
G17	G18	G19	G20
G21	G22	G23	G24

G

G'1	G'2	G'3	G'4
G'5	G'6	G'7	G'8
G'9	G'10	G'11	G'12
G'13	G'14	G'15	G'16
G'17	G'18	G'19	G'20
G'21	G'22	G'23	G'24

G'

$y=|x-z|$



$G''=|G-G'|$

G''1	G''2	G''3	G''4
G''5	G''6	G''7	G''8
G''9	G''10	G''11	G''12
G''13	G''14	G''15	G''16
G''17	G''18	G''19	G''20
G''21	G''22	G''23	G''24

G''

B1	B2	B3	B4
B5	B6	B7	B8
B9	B10	B11	B12
B13	B14	B15	B16
B17	B18	B19	B20
B21	B22	B23	B24

B

B'1	B'2	B'3	B'4
B'5	B'6	B'7	B'8
B'9	B'10	B'11	B'12
B'13	B'14	B'15	B'16
B'17	B'18	B'19	B'20
B'21	B'22	B'23	B'24

B'

$y=|x-z|$



$B''=|B-B'|$

B''1	B''2	B''3	B''4
B''5	B''6	B''7	B''8
B''9	B''10	B''11	B''12
B''13	B''14	B''15	B''16
B''17	B''18	B''19	B''20
B''21	B''22	B''23	B''24

B''

|| - wartość absolutna, np. |-1|=1.

Co jeśli mamy fragment obrazu (to też, inny obraz) i chcemy sprawdzić czy ten fragment występuje w innym obrazie?

R1	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

R

R'1	R'2	R'3
R'4	R'5	R'6
R'7	R'8	R'9

R'



W1	W2		
W3	W4		
W5	W6		
W7	W8		

min(Wi) - > lokalizacja najbardziej podobnego podobrazu

$$W1 = \sum |R_i - R'_i|, \text{ po } i$$

R'1	R'2	R'3	
R1	R2	R3	R4
R'4	R'5	R'6	
R5	R6	R7	R8
R'7	R'8	R'9	
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

	R'1	R'2	R'3
R1	R2	R3	R4
R5	R'4	R'5	R'6
R9	R'7	R'8	R'9
R13	R14	R15	R16
R17	R18	R19	R20
R21	R22	R23	R24

...

R1	R2	R3	R4
R5	R6	R7	R8
R9	R10	R11	R12
R13	R14	R15	R16
R17	R'1	R'2	R'3
R21	R'4	R'5	R'6
	R'7	R'8	R'9

$$W1 = |R1 - R'1| + |R2 - R'2| + |R3 - R'3| + |R5 - R'4| + \dots + |R11 - R'9|$$

$$W2 = |R2 - R'1| + |R3 - R'2| + |R4 - R'3| + |R6 - R'4| + \dots + |R12 - R'9|$$

$$W8 = |R14 - R'1| + |R15 - R'2| + |R16 - R'3| + |R18 - R'4| + \dots + |R24 - R'9|$$



Przykład:
Gdzie jest Wally (Waldo)?





Zapraszamy na kolejne zajęcia w przyszłym tygodniu