

WSTĘP DO GRAFIKI KOMPUTEROWEJ

Miłosz Michalski

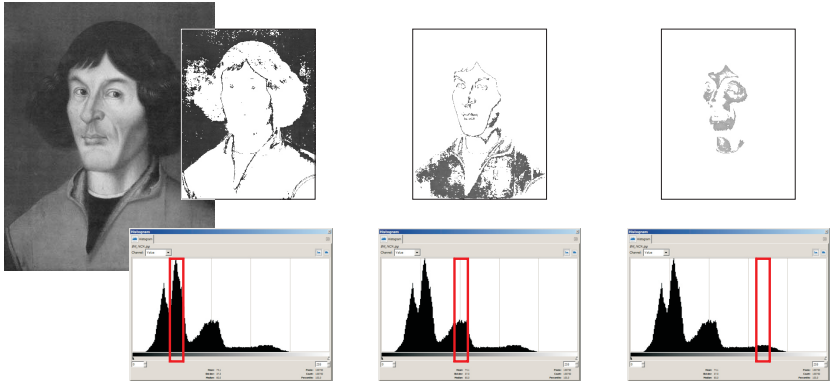
Institute of Physics
Nicolaus Copernicus University

Październik 2015

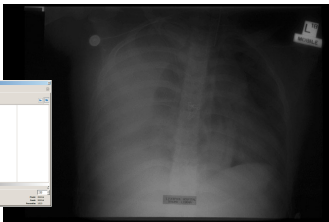
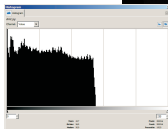
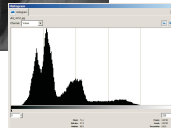
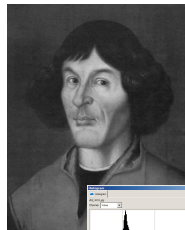
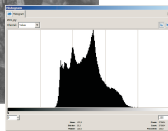
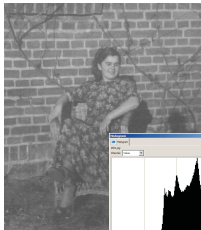
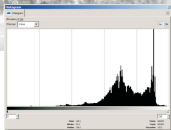
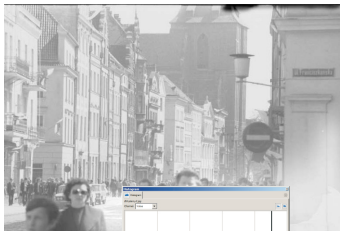
- Światło, kolor, zmysł wzroku.
- Obraz: fotografia, grafika cyfrowa, poligrafia
- **Grafika rastrowa: typowe narzędzia i techniki**
- Grafika wektorowa: elementy i techniki
- Elementy grafiki 3D

Rozkład jasności w obrazie — histogramy

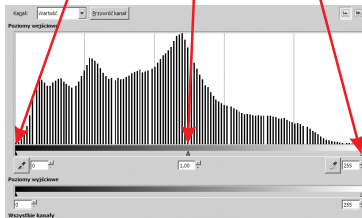
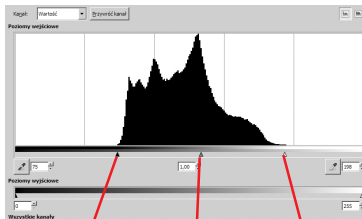
Histogram opisuje rozkład poziomów jasności w obrazie (lub w poszczególnych kanałach barwnych)



Rozkład jasności w obrazie — histogramy



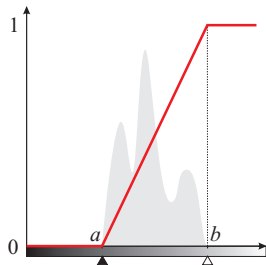
Normalizacja rozkładu jasności w obrazie



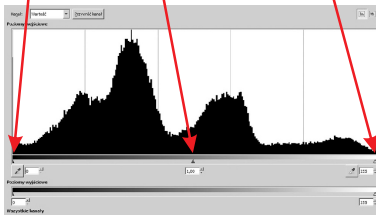
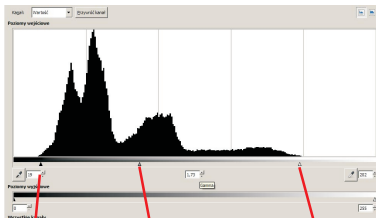
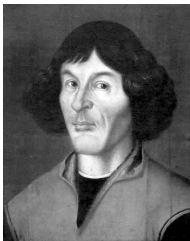
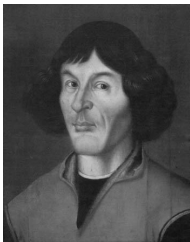
Normalizacja rozkładu jasności w obrazie

Normalizacja histogramu realizowana jest jako **jednopunktowa transformacja liniowa** na obrazie $x'_{ij} = \Phi(x_{ij})$ taka, że $\Phi(a) = 0$ oraz $\Phi(b) = 1$, a więc

$$\Phi(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b < x \leq 1 \end{cases}$$



Nierównomierna transformacja histogramu

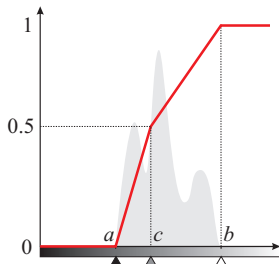


Nierównomierna transformacja histogramu

Dodatkowy warunek, który spełnia transformacja Φ :

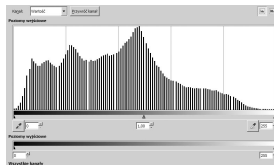
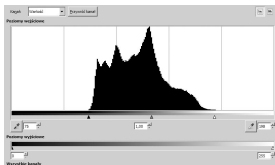
$$\Phi(c) = \frac{1}{2} \quad \text{dla wybranego } c \in [a, b].$$

$$\Phi(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x < a \\ \frac{x-a}{2(c-a)} & a \leq x \leq c \\ \frac{x-c}{2(b-c)} & c < x \leq b \\ 1 & b < x \leq 1 \end{cases}$$

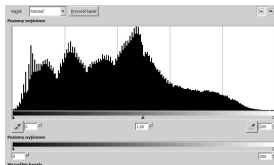


Wygładzanie histogramu

Ponieważ rozkłady jasności są dyskretne, $x_{ij} \in \{0, 1, \dots, 255\}$, zmodyfikowany obraz zawierać będzie dokładnie tyle samo poziomów jasności co obraz wyjściowy:



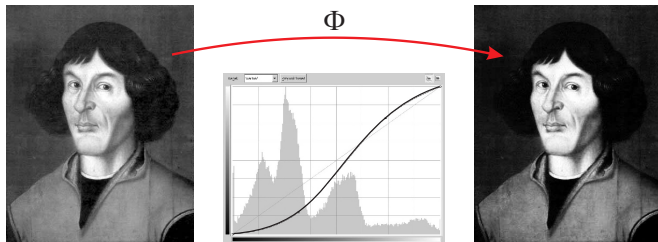
Wygładzenie obrazu — poprzez wymuszony resampling, np. przez minimalne przeskalowanie obrazu:



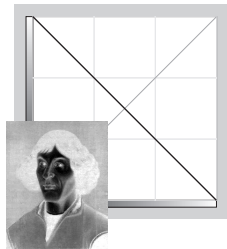
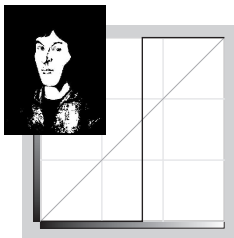
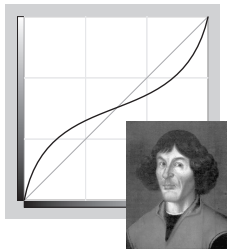
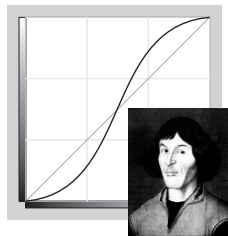
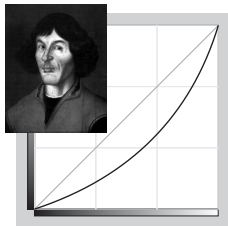
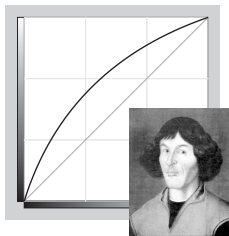
Ogólne transformacje jednopunktowe — “krzywe”

Krzywe to narzędzie pozwalające interaktywnie (wizualnie) budować jednopunktowe transformacje

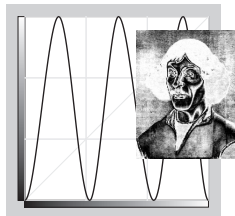
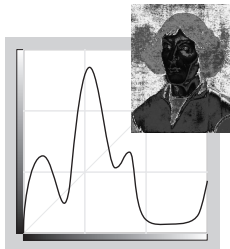
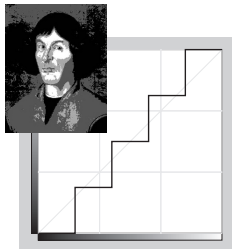
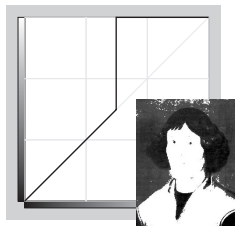
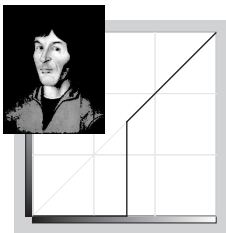
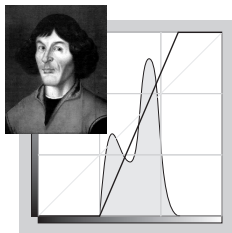
$$\Phi : [0, 1] \rightarrow [0, 1], \quad x'_{ij} = \Phi(x_{ij})$$



Krzywe — zastosowania (1)

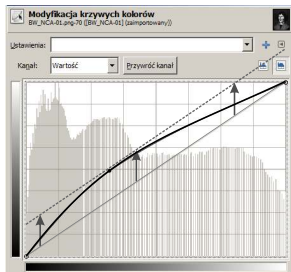
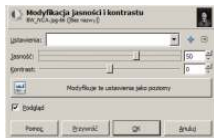


Krzywe — zastosowania (2)



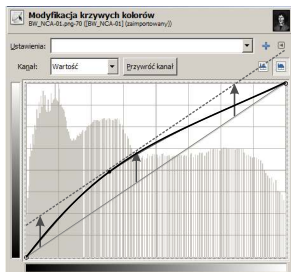
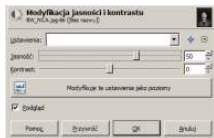
Jasność i kontrast

Operacja **jasność** powiększa jednakowo wartość wszystkich pikselków, pozabawiając obraz czerni i gubiąc szczegóły w światłach



Jasność i kontrast

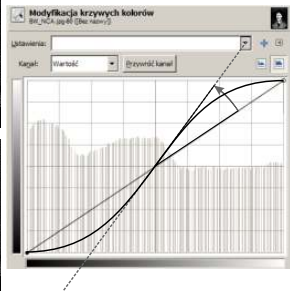
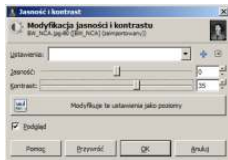
Operacja **jasność** powiększa jednakowo wartość wszystkich pikselków, pozabawiając obraz czerni i gubiąc szczegóły w światłach



Znacznie lepiej wykonać tę operację przy pomocy krzywej, zachowując biel i czern w obrazie.

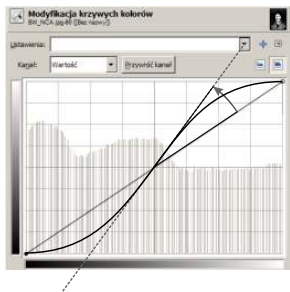
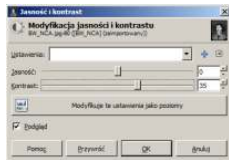
Jasność i kontrast

Operacja **kontrast** dokonuje obrotu linii $y = x$, zmieniając jej kąt nachylenia: utrata szczegółów w cieniach i w światłach



Jasność i kontrast

Operacja **kontrast** dokonuje obrotu linii $y = x$, zmieniając jej kąt nachylenia: utrata szczegółów w cieniach i w światłach

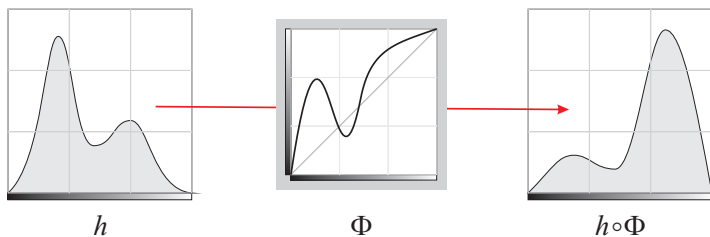


Jak poprzednio, lepiej wykonać tę operację przy pomocy krzywej.

Transformacje histogramów

Krzywe można równoważnie traktować jako **transformacje histogramów**

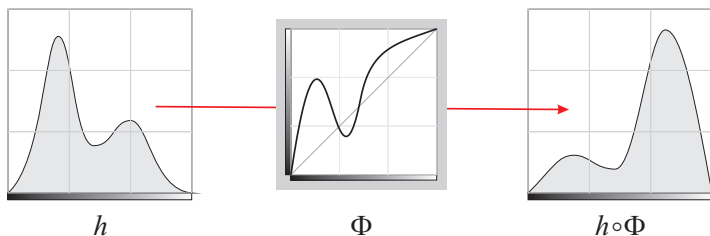
$$x'_{ij} = \Phi(x_{ij}) \quad \Leftrightarrow \quad h' = h \circ \Phi$$



Transformacje histogramów

Krzywe można równoważnie traktować jako **transformacje histogramów**

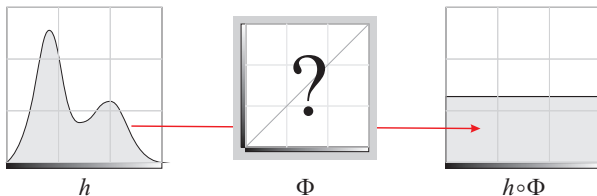
$$x'_{ij} = \Phi(x_{ij}) \quad \Leftrightarrow \quad h' = h \circ \Phi$$



Problem: znaleźć funkcję Φ realizującą określone przekształcenie histogramu

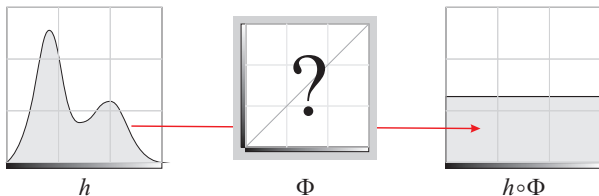
Wyrównywanie histogramu

Poszukujemy transformacji jednopunktowej Φ , która zadany histogram h przekształca na równomierny $h \circ \Phi = \text{const}$.



Wyrównywanie histogramu

Poszukujemy transformacji jednopunktowej Φ , która zadany histogram h przekształca na równomierny $h \circ \Phi = \text{const}$.

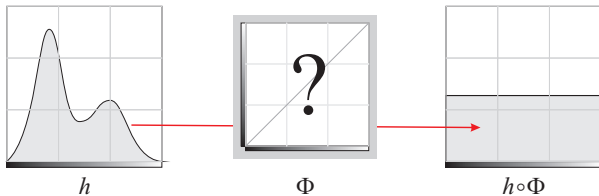


Równoważne zagadnienie dla dystrybuant:

$$H(x) = \int_0^x h(t) dt \quad \rightarrow \quad H \circ \Phi = \text{Id} \quad \Rightarrow \quad \Phi = H^{-1}$$

Wyrównywanie histogramu

Poszukujemy transformacji jednopunktowej Φ , która zadany histogram h przekształca na równomierny $h \circ \Phi = \text{const}$.



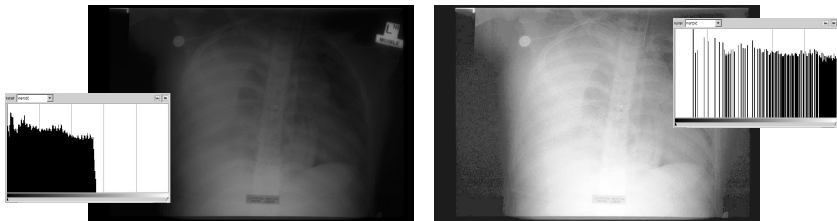
Równoważne zagadnienie dla dystrybuant:

$$H(x) = \int_0^x h(t) dt \quad \rightarrow \quad H \circ \Phi = \text{Id} \quad \Rightarrow \quad \Phi = H^{-1}$$

W rzeczywistości dane h, H, Φ są dyskretne a $h(i)$ niepodzielne, dlatego histogram końcowy odbiega zwykle od idealnego, równomiernego. Jest natomiast najbardziej równomiernym rozkładem kolumn $h(i)$ na zbiorze $\{0, 1, \dots, 255\}$.

Wyrównywanie histogramu

Przykład: diagnostyka medyczna. Wyrównywanie histogramu sprawia, że liczebność pikselków w poszczególnych zakresach jasności jest w obrazie w przybliżeniu jednakowa.



W ten sposób szczegóły obrazu we wszystkich zakresach jasności stają się (w miarę możliwości) jednakowo czytelne.

Metoda odwracania dystrybucyj — algorytm

- Dystrybuanta (zał. $\sum h(k) = 1$): $H(m) = \left\lfloor 255 \sum_{k=0}^m h(k) \right\rfloor$
S = 0;
for (m=0; m<256; m++)
 { S = S+h[m]; H[m] = $\lfloor 255*S \rfloor$; }

Metoda odwracania dystrybucji — algorytm

- Dystrybuanta (zał. $\sum h(k) = 1$): $H(m) = \left\lfloor 255 \sum_{k=0}^m h(k) \right\rfloor$

S = 0;

for (m=0; m<256; m++)

{ S = S+h[m]; H[m] = $\lfloor 255*S \rfloor$; }

- Inwersja: $\Phi(k) = H^{-1}(k) = \inf\{m : H(m) \geq k\}$

m = 0;

for (k=0; k<256; k++)

{ while (k>H[m]) m++;
 $\Phi[k]=m$; }

Metoda odwracania dystrybucji — algorytm

- Dystrybuanta (zał. $\sum h(k) = 1$):
$$H(m) = \left[255 \sum_{k=0}^m h(k) \right]$$

S = 0;

for (m=0; m<256; m++)

{ S = S+h[m]; H[m] = $\lfloor 255*S \rfloor$; }

- Inwersja:
$$\Phi(k) = H^{-1}(k) = \inf\{m : H(m) \geq k\}$$

m = 0;

for (k=0; k<256; k++)

{ while (k>H[m]) m++;
 $\Phi[k] = m$; }

- Transformacja:
$$x'_{ij} = \Phi(x_{ij})$$

Transformowanie histogramów

Problem ogólny: mając dane histogramy h i g znaleźć transformację Φ taką, że $g = h \circ \Phi$

Transformowanie histogramów

Problem ogólny: mając dane histogramy h i g znaleźć transformację Φ taką, że $g = h \circ \Phi$

Rozwiązanie:

Transformowanie histogramów

Problem ogólny: mając dane histogramy h i g znaleźć transformację Φ taką, że $g = h \circ \Phi$

Rozwiązanie:

- Wyznaczyć odpowiednie dystrybuanty H i G

Transformowanie histogramów

Problem ogólny: mając dane histogramy h i g znaleźć transformację Φ taką, że $g = h \circ \Phi$

Rozwiązanie:

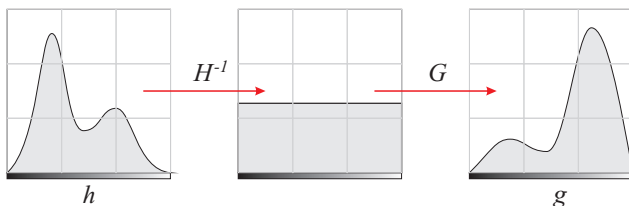
- Wyznaczyć odpowiednie dystrybuanaty H i G
- Obliczyć H^{-1}

Transformowanie histogramów

Problem ogólny: mając dane histogramy h i g znaleźć transformację Φ taką, że $g = h \circ \Phi$

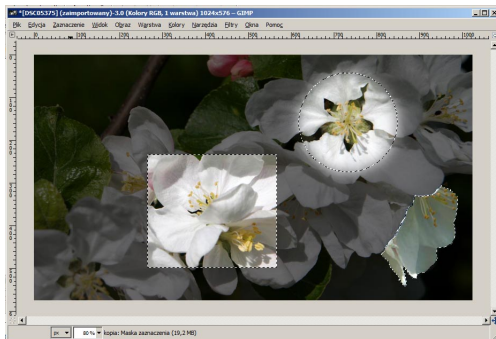
Rozwiązanie:

- Wyznaczyć odpowiednie dystrybuanty H i G
- Obliczyć H^{-1}
- $\Phi = G \circ H^{-1}$



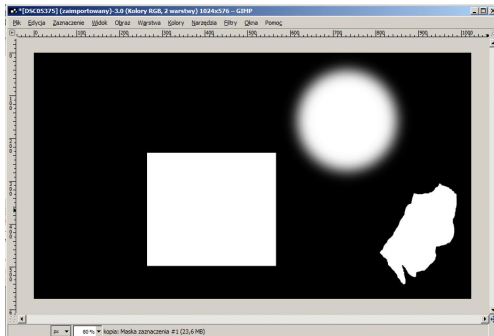
Zaznaczenia i maski

Zaznaczenia pozwalają na selektywne modyfikowanie grup pikselków w obrazie.



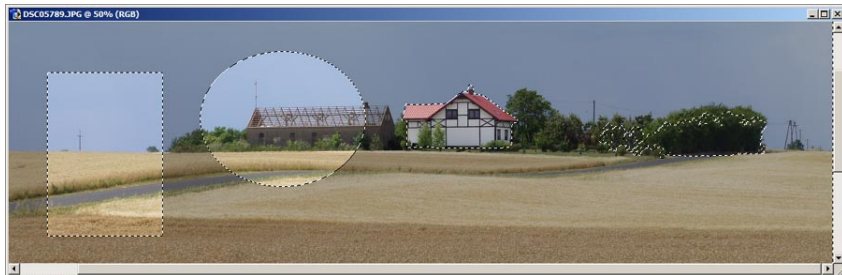
Zaznaczenia i maski — reprezentacja

Zaznaczenia mogą być przechowywane jako 1-bajtowe kanały, a więc jako obrazy w skali szarości. Mówimy wówczas o **maskach**. Czerń — obszary chronione, biel — obszary zaznaczone, poziomy szarości — częściowo chronione.



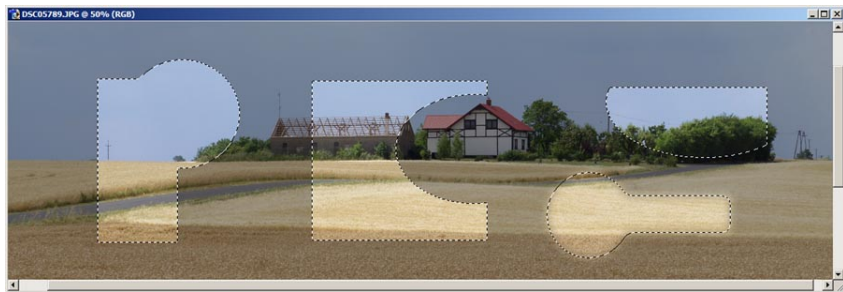
Możliwa modyfikacja za pomocą zwykłych narzędzi graficznych.

Zaznaczenia i maski — geometria



- prostokątne i owalne
- dowolne — “lasso”
- wg koloru — “magiczna różdżka”

Zaznaczenia i maski — tryby



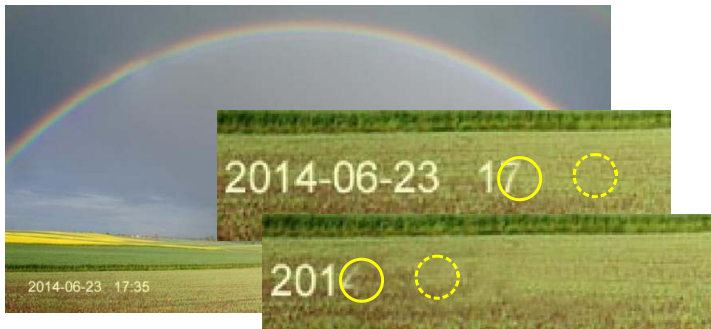
- tryb zwykły (pojedyncze zaznaczenie)
- suma mnogościowa
- różnica
- część wspólna
- zmiękczenie krawędzi

Retusz obrazu

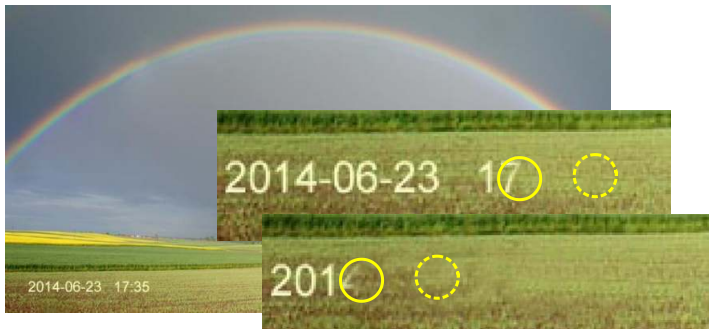


- usuwanie kurzu, plam, zadrapań i załamania
- korekta rozkładu jasności
- lokalne wyostczenie

Retusz — klonowanie i “łatka”

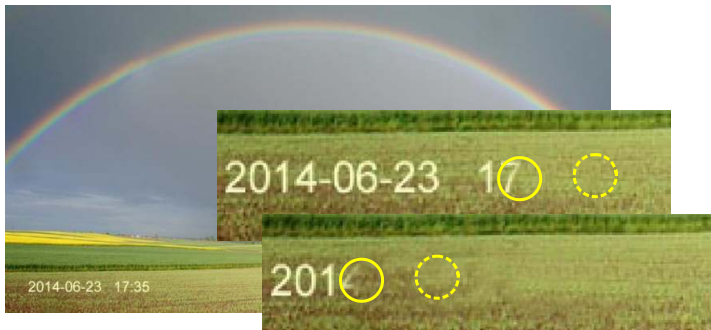


Retusz — klonowanie i “łatka”



- Narzędzie pozwala przenosić wzór z zaznaczonego obszaru **źródłowego** do **docelowego**

Retusz — klonowanie i “łatka”



- Narzędzie pozwala przenosić wzór z zaznaczonego obszaru **źródłowego** do **docelowego**
- “Łatka” dodatkowo koryguje kolor i jasność przenoszonego wzoru, wtapiając go do obszaru docelowego.

Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami



Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami
- Pędzle korekcyjne **dodge** i **burn**



Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami
- Pędzle korekcyjne **dodge** i **burn**
- Regulowana intensywność



Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami
- Pędzle korekcyjne **dodge** i **burn**
- Regulowana intensywność
- Zakres: światła, półcień, cień



Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami
- Pędzle korekcyjne **dodge** i **burn**
- Regulowana intensywność
- Zakres: światła, półcień, cień
- Użycie wraz z zaznaczeniami



Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie

- Typowa wada fotografii naświetlanych w ostrym świetle słonecznym: zbyt duży kontrast między światłami a cieniami
- Pędzle korekcyjne **dodge** i **burn**
- Regulowana intensywność
- Zakres: światła, półcień, cień
- Użycie wraz z zaznaczeniami
- Alternatywnie — zaznaczenia i korekta przez krzywe

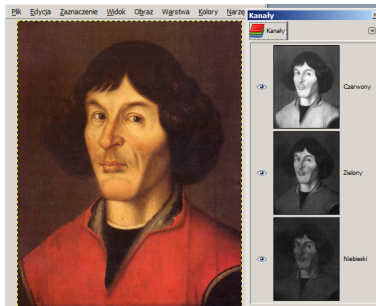


Retusz — rozjaśnianie i przyciemnianie



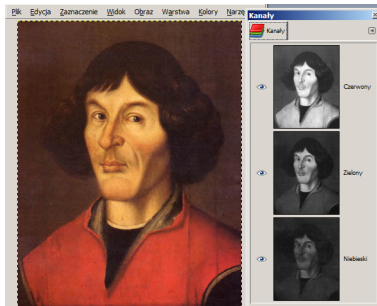
Praca w oddzielnych kanałach barwnych

- Każdy z kanałów barwnych RGB traktowany jest jako odrębny obraz w skali szarości



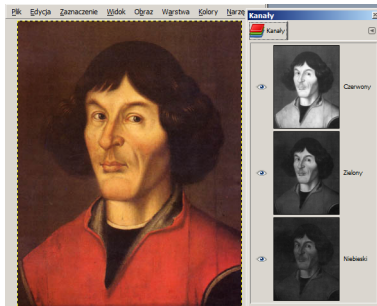
Praca w oddzielnych kanałach barwnych

- Każdy z kanałów barwnych RGB traktowany jest jako odrębny obraz w skali szarości
- Krzywe, poziomy, burn, dodge itp. umożliwiają pracę w pojedynczych kanałach



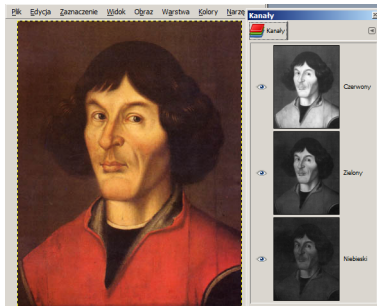
Praca w oddzielnych kanałach barwnych

- Każdy z kanałów barwnych RGB traktowany jest jako odrębny obraz w skali szarości
- Krzywe, poziomy, burn, dodge itp. umożliwiają pracę w pojedynczych kanałach
- GIMP — brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSB, CMYK z poziomu narzędzi. Dostępne jest jednak wyodrębnienie kanałów jw. do osobnych plików lub warstw.



Praca w oddzielnych kanałach barwnych

- Każdy z kanałów barwnych RGB traktowany jest jako odrębny obraz w skali szarości
- Krzywe, poziomy, burn, dodge itp. umożliwiają pracę w pojedynczych kanałach
- GIMP — brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSB, CMYK z poziomu narzędzi. Dostępne jest jednak wyodrębnienie kanałów jw. do osobnych plików lub warstw.
- Możliwość włączania/wyłączania podglądu i aktywności poszczególnych kanałów



Korekta koloru — histogramy

Korekta koloru — histogramy

- Oddzielne histogramy dla poszczególnych kanałów (zależnie od trybu)

Korekta koloru — histogramy

- Oddzielne histogramy dla poszczególnych kanałów (zależnie od trybu)
- Najczęściej regulujemy jasność obrazu: L (Lab) lub B (HSB)

Korekta koloru — histogramy

- Oddzielne histogramy dla poszczególnych kanałów (zależnie od trybu)
- Najczęściej regulujemy jasność obrazu: L (Lab) lub B (HSB)
- Dla obrazów RGB dostępny jest także histogram zbiorczy:
 - $h(k)$ = liczba pikselków o poziomie k łącznie w 3 kanałach
 - $h(k)$ = liczba pikselków o $\max\{R, G, B\} = k$ (parametr V)

Korekta koloru — histogramy

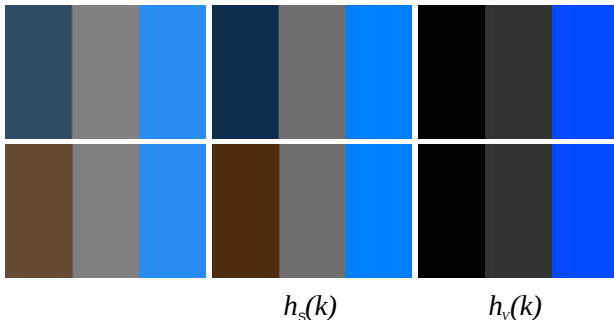
- Oddzielne histogramy dla poszczególnych kanałów (zależnie od trybu)
- Najczęściej regulujemy jasność obrazu: L (Lab) lub B (HSB)
- Dla obrazów RGB dostępny jest także histogram zbiorczy:
 - $h(k)$ = liczba pikselków o poziomie k łącznie w 3 kanałach
 - $h(k)$ = liczba pikselków o $\max\{R, G, B\} = k$ (parametr V)

UWAGA: Normalizacja histogramu zbiorczego nie jest tożsama z oddzielną normalizacją histogramów R, G, B



Odmienne działanie normalizacji histogramu zbiorczego gdy:

- $h_{\Sigma}(k)$ = liczba pikselków poziomu k łącznie w 3 kanałach
- $h_V(k)$ = liczba pikselków o $\max\{R, G, B\} = k$ (parametr V)

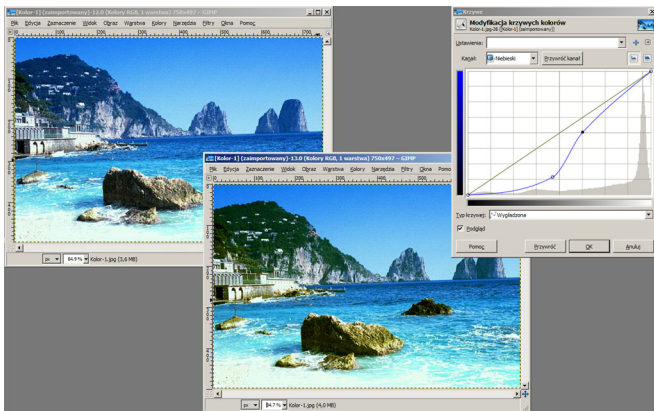


Korekta koloru — krzywe RGB

Najprostsze wady obrazów kolorowych: nadmiar lub deficyt koloru niebieskiego

Korekta koloru — krzywe RGB

Najprostsze wady obrazów kolorowych: nadmiar lub deficyt koloru niebieskiego



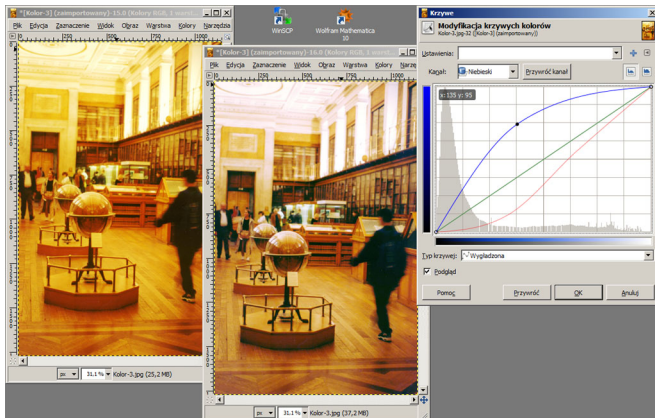
Nadmiar barwy niebieskiej — nad wodą, na śniegu...

Korekta koloru — krzywe RGB

Deficyt barwy niebieskiej — sztuczne oświetlenie żarowe

Korekta koloru — krzywe RGB

Deficyt barwy niebieskiej — sztuczne oświetlenie żarowe



Dodatkowo można obniżyć poziom czerwieni

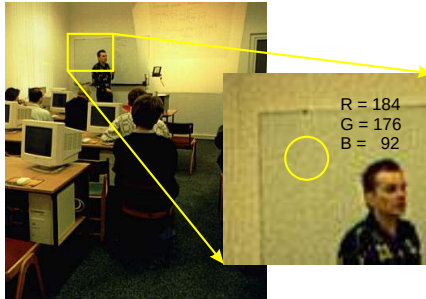
Korekta koloru — balans barw neutralnych

Korekta koloru — balans barw neutralnych

- “Odczytanie” warunków oświetlenia z samej fotografii i obliczenie właściwej transformacji korygującej kolor

Korekta koloru — balans barw neutralnych

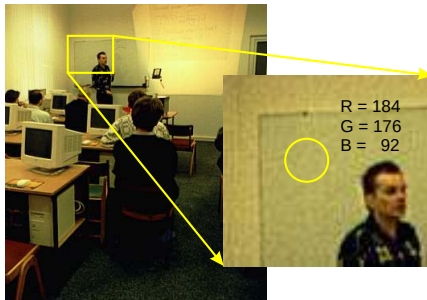
- “Odczytanie” warunków oświetlenia z samej fotografii i obliczenie właściwej transformacji korygującej kolor



- Biała tablica w niepełnym oświetleniu powinna być szara,
 $R = G = B$

Korekta koloru — balans barw neutralnych

- “Odczytanie” warunków oświetlenia z samej fotografii i obliczenie właściwej transformacji korygującej kolor



- Biała tablica w niepełnym oświetleniu powinna być szara,
 $R = G = B$
- Jedynie próbka **neutralnego** koloru (szary = biel w niepełnym oświetleniu) zapewnia poprawność metody.

Korekta koloru — balans barw neutralnych

Korekta koloru — balans barw neutralnych

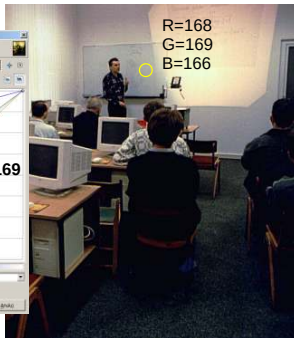
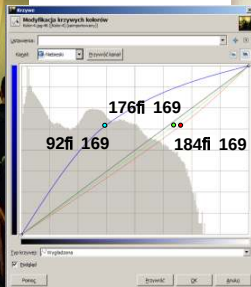
- Na podstawie próbki koloru ($R = 184$, $G = 176$, $B = 92$) możemy określić transformację korygującą:
 - poziom jasności: $L = 0.3R + 0.59G + 0.11B = 169$
 - R: $184 \rightarrow 169$, G: $176 \rightarrow 169$, B: $92 \rightarrow 169$

Korekta koloru — balans barw neutralnych

- Na podstawie próbki koloru ($R = 184$, $G = 176$, $B = 92$) możemy określić transformację korygującą:

— poziom jasności: $L = 0.3R + 0.59G + 0.11B = 169$

— R: $184 \rightarrow 169$, G: $176 \rightarrow 169$, B: $92 \rightarrow 169$



Korekta koloru — krzywe Lab, HSL, CMYK, ...

- Dostępne w Photoshopie (brak w GIMPie)

Korekta koloru — krzywe Lab, HSL, CMYK, ...

- Dostępne w Photoshopie (brak w GIMPie)
- Krzywa kanału L — bardziej naturalna korekta jasności

Korekta koloru — krzywe Lab, HSL, CMYK, ...

- Dostępne w Photoshopie (brak w GIMPie)
- Krzywa kanału L — bardziej naturalna korekta jasności
- Krzywa kanału b — balans błękit/żółty, prosta korekta typowych usterek koloru

Korekta koloru — krzywe Lab, HSL, CMYK, ...

- Dostępne w Photoshopie (brak w GIMPie)
- Krzywa kanału L — bardziej naturalna korekta jasności
- Krzywa kanału b — balans błękit/żółty, prosta korekta typowych usterek koloru
- Krzywa kanału S — korekta nasycenia barw (także dialog “Barwa—nasycenie”)

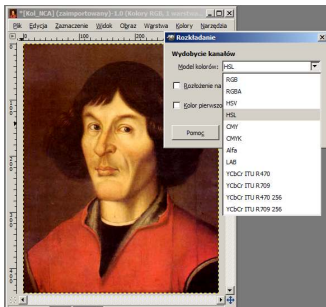
Korekta koloru — rozkład obrazu na kanały

GIMP: brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSL, CMYK, . . . z poziomu narzędzi

Korekta koloru — rozkład obrazu na kanały

GIMP: brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSL, CMYK, ... z poziomu narzędzi

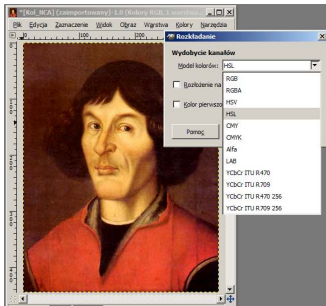
- Zastępczo — rozkład na kanały (warstwy lub odrębne pliki)



Korekta koloru — rozkład obrazu na kanały

GIMP: brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSL, CMYK, ... z poziomu narzędzi

- Zastępczo — rozkład na kanały (warstwy lub odrębne pliki)

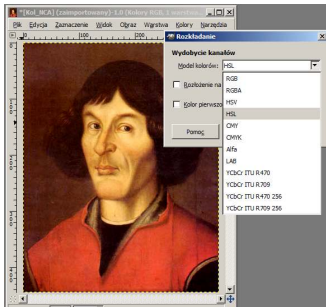


- Modyfikacja czarno-białego obrazu pojedynczego kanału

Korekta koloru — rozkład obrazu na kanały

GIMP: brak bezpośredniego dostępu do kanałów Lab, HSL, CMYK, ... z poziomu narzędzi

- Zastępczo — rozkład na kanały (warstwy lub odrębne pliki)



- Modyfikacja czarno-białego obrazu pojedynczego kanału
- Ponowne złożenie

Warstwy i przezroczystość

Warstwy i przezroczystość

- Obraz może się składać z wielu warstw



Warstwy i przezroczystość

- Obraz może się składać z wielu warstw
- Każda z warstw jest samodzielnym obrazem
w tym samym trybie GS, RGB itd.



Warstwy i przezroczystość

- Obraz może się składać z wielu warstw
- Każda z warstw jest samodzielnym obrazem **w tym samym trybie** GS, RGB itd.
- Standardowo piksele warstwy górnej przesłaniają odp. piksele warstw dolnych



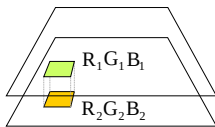
Warstwy i przezroczystość

- Obraz może się składać z wielu warstw
- Każda z warstw jest samodzielnym obrazem **w tym samym trybie** GS, RGB itd.
- Standardowo piksele warstwy górnej przesłaniają odp. piksele warstw dolnych
- Z każdym pikselem związany jest współczynnik krycia (przezroczystości) $0 \leq \alpha \leq 1$ — tzw. kanał “alfa”



Warstwy i przezroczystość

- Obraz może się składać z wielu warstw
- Każda z warstw jest samodzielnym obrazem **w tym samym trybie** GS, RGB itd.
- Standardowo piksele warstwy górnej przesłaniają odp. piksele warstw dolnych
- Z każdym pikselem związany jest współczynnik krycia (przezroczystości) $0 \leq \alpha \leq 1$ — tzw. kanał “alfa”
- Możliwe są inne, arytmetyczne tryby łączenia warstw, np. symulujące mieszanie się mokrych farb



Tryb addytywny

$$R = \min\{R_1 + R_2, 255\}$$

$$G = \min\{G_1 + G_2, 255\}$$

$$B = \min\{B_1 + B_2, 255\}$$

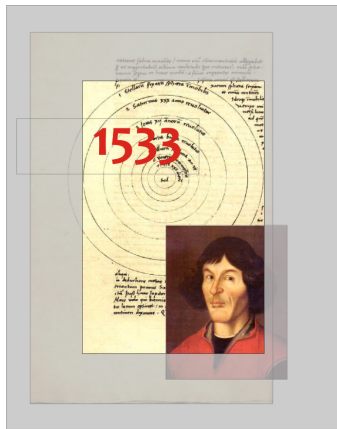
Warstwy i przezroczystość

Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)

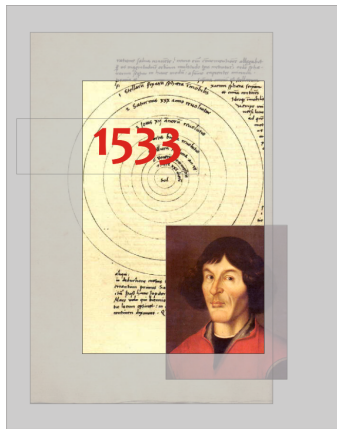
Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)



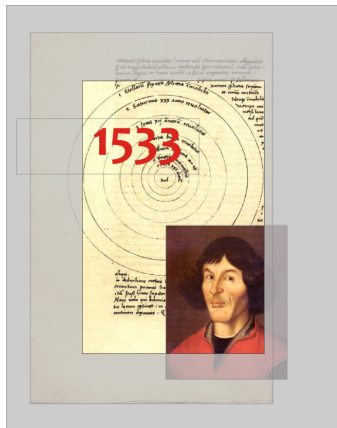
Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)
- Możliwość zmiany rozmiaru warstwy lub skalowania (wraz z zawartością)



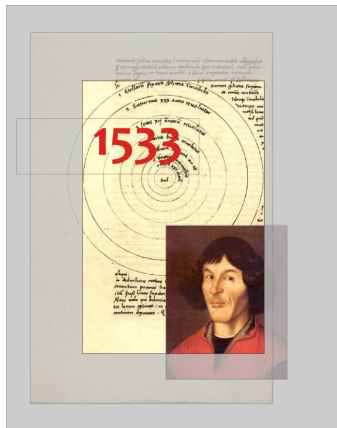
Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)
- Możliwość zmiany rozmiaru warstwy lub skalowania (wraz z zawartością)
- Dopasowanie rozmiaru warstwy do kadru i kadru do warstw



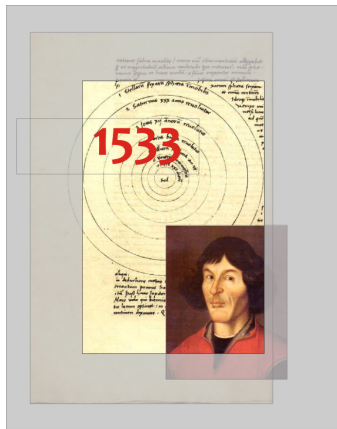
Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)
- Możliwość zmiany rozmiaru warstwy lub skalowania (wraz z zawartością)
- Dopasowanie rozmiaru warstwy do kadru i kadru do warstw
- Możliwość ukrywania indywidualnych warstw



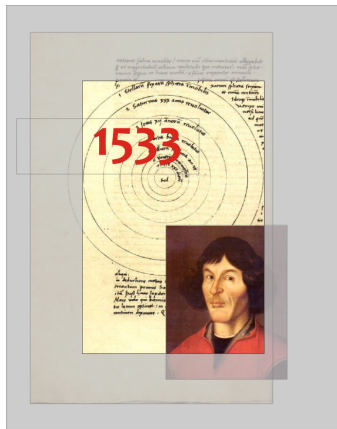
Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)
- Możliwość zmiany rozmiaru warstwy lub skalowania (wraz z zawartością)
- Dopasowanie rozmiaru warstwy do kadru i kadru do warstw
- Możliwość ukrywania indywidualnych warstw
- Łączenie wybranych warstw

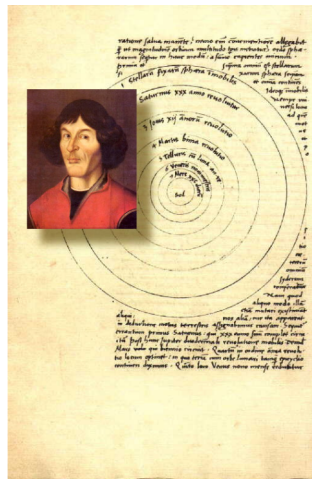


Warstwy i przezroczystość

- Każda z warstw może mieć inny rozmiar (w pikselach)
- Widoczne są wyłącznie fragmenty warstw mieszczące się w **kadrze** obrazu (kadr, płótno, canvas)
- Możliwość zmiany rozmiaru warstwy lub skalowania (wraz z zawartością)
- Dopasowanie rozmiaru warstwy do kadru i kadru do warstw
- Możliwość ukrywania indywidualnych warstw
- Łączenie wybranych warstw
- Wiele formatów graficznych (np. jpg) nie obsługuje warstw: "spłaszczanie" obrazu przed zapisem



Przykłady użycia warstw



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tryb addytywny: $R = \min\{R_1 + R_2, 255\}$, $G = \dots$



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tryb odejmowania: $R = \max\{R_2 - R_1, 0\}$, $G = \dots$



Warstwy — odejmowanie jest nieprzemienne

$R_1G_1B_1$



$R_2G_2B_2$



$$R = \max\{R_2 - R_1, 0\}$$

$R_1G_1B_1$



$R_2G_2B_2$



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tryb różnicy: $R = |R_1 - R_2|$, $G = \dots$



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tylko jaśniejsze: $R = \max\{R_1, R_2\}$, $G = \dots$



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tylko ciemniejsze: $R = \min\{R_1, R_2\}$, $G = \dots$



Warstwy — najprostsze tryby łączenia

Tryb mnożenia: $R = \frac{R_1}{255} \times R_1$, $G = \dots$



Warstwy — reprezentacja przezroczystości

Warstwy — reprezentacja przezroczystości

- Z każdym pikselem (i, j) warstwy związana jest informacja o stopniu jego krycia (przezroczystości) $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$

Warstwy — reprezentacja przezroczystości

- Z każdym pikselem (i, j) warstwy związana jest informacja o stopniu jego krycia (przezroczystości) $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$
- Przykładowo dla dwóch warstw:

$$R_{ij} = \alpha_{ij} R_{ij}^{(1)} + (1 - \alpha_{ij}) R_{ij}^{(2)},$$

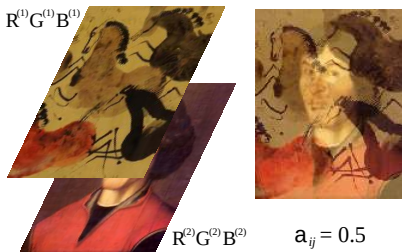
podobnie dla G i B

Warstwy — reprezentacja przezroczystości

- Z każdym pikselem (i, j) warstwy związana jest informacja o stopniu jego krycia (przezroczystości) $0 \leq \alpha_{ij} \leq 1$
- Przykładowo dla dwóch warstw:

$$R_{ij} = \alpha_{ij} R_{ij}^{(1)} + (1 - \alpha_{ij}) R_{ij}^{(2)},$$

podobnie dla G i B



Warstwy — kanał alpha



Warstwy — kanał alpha



- Dla każdej warstwy oddzielny (czwarty) kanał alfa kodujący krycie w skali od 0 – 255 (0 – przezroczyste, 255 – w pełni kryjące).

Warstwy — kanał alfa

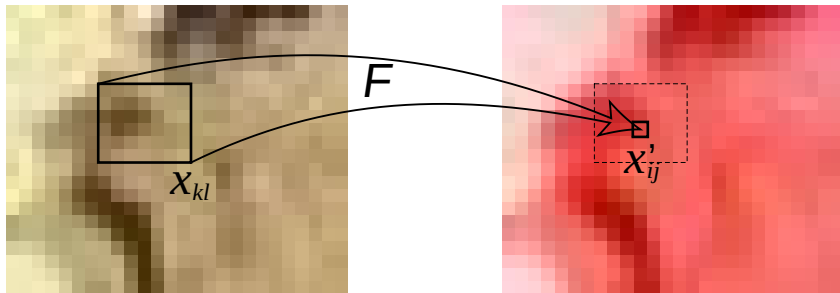


- Dla każdej warstwy oddzielny (czwarty) kanał alfa kodujący krycie w skali od 0 – 255 (0 – przezroczyste, 255 – w pełni kryjące).
- Kanały alfa w Photoshopie traktowane są jako ogólne, dodatkowe kanały przechowujące maski, zaznaczenia itp.

Filtry — operacje wielopunktowe

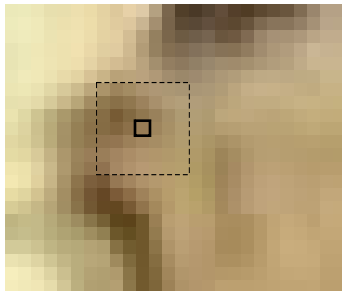
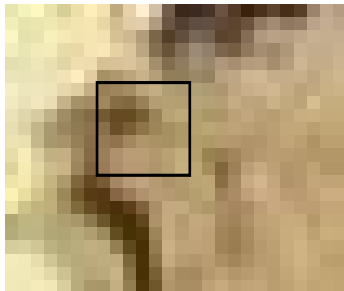
Operacje wielopunktowe (filtry): nowa wartość x'_{ij} obliczana jest na podstawie x_{ij} i grupy sąsiednich pikselków:

$$x'_{ij} = \Phi(\dots, x_{i-1j}, x_{ij-1}, x_{ij}, x_{i+1j}, x_{ij+1}, \dots)$$



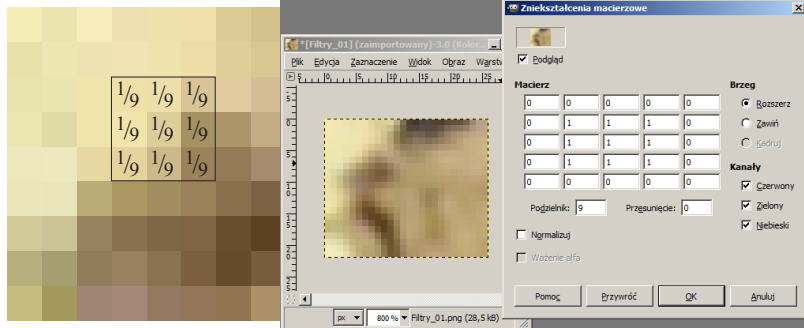
Filtry macierzowe. Przykład — proste rozmycie

$$x'_{ij} = \frac{x_{i-pj-q}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{i+pj+q}}{n}$$



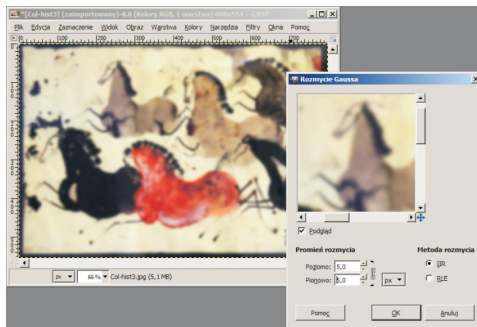
Filtry macierzowe $A = [a_{kl}]$

$$x'_{ij} = \sum_{k=-p}^{+p} \sum_{l=-p}^{+p} A_{kl} x_{i+k, j+l}$$



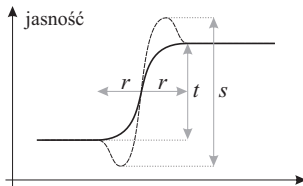
Rozmycia Gaussowskie

$$x'_{ij} = \sum_{k=-r}^{+r} \sum_{l=-r}^{+r} G_{kl} x_{i+k, j+l}, \quad G_{kl} \simeq e^{-(k^2+l^2)/r^2}$$



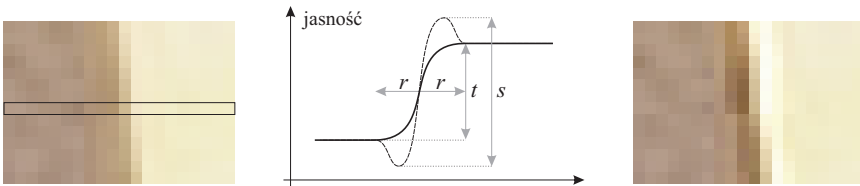
Filtry wyostrzające

Selektywne wzmocnienie kontrastu wokół rozmytych krawędzi



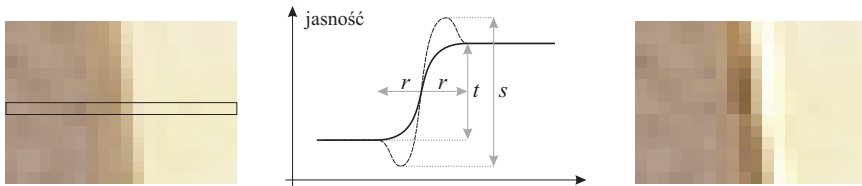
Filtry wyostrzające

Selektywne wzmocnienie kontrastu wokół rozmytych krawędzi



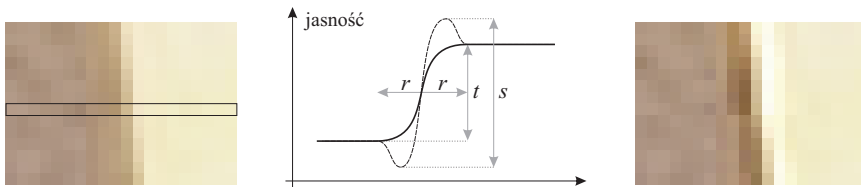
- r — promień rozmycia (powyżej r krawędzie nie są kwalifikowane do wyostrenia)

Selektywne wzmocnienie kontrastu wokół rozmytych krawędzi



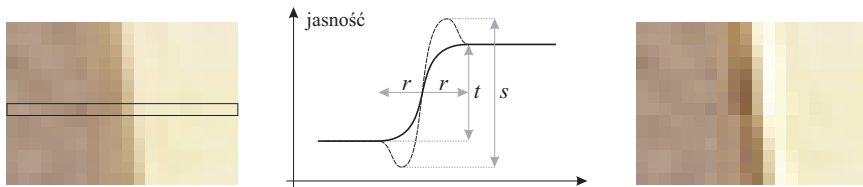
- r — promień rozmycia (powyżej r krawędzie nie są kwalifikowane do wyostrenia)
- t — czułość, różnica jasności rozpoznawana jako krawędź

Selektywne wzmocnienie kontrastu wokół rozmytych krawędzi



- r — promień rozmycia (powyżej r krawędzie nie są kwalifikowane do wyostrenia)
- t — czułość, różnica jasności rozpoznawana jako krawędź
- s — stopień wzmocnienia kontrastu (wyostrenia) w % pierwotnej różnicy jasności

Selektywne wzmocnienie kontrastu wokół rozmytych krawędzi



- r — promień rozmycia (powyżej r krawędzie nie są kwalifikowane do wyostrenia)
- t — czułość, różnica jasności rozpoznawana jako krawędź
- s — stopień wzmocnienia kontrastu (wyostrenia) w % pierwotnej różnicy jasności
- $r = dpi/200$, $t = 3 - 4$ (GS), $7 - 10$ (RGB), $s = 150\%$

Filtr wyostrzający — przykład użycia



Ustawienia: $r = 1$, $t = 10$, $s = 150\%$

Filtry wyostrzające — unsharp masking

Technika opracowana w latach 1930 dla fotografii analogowej. Z poddawanego wyostrzaniu oryginału tworzona jest **rozmyta** kopia negatywowa: służy ona do zbudowania filtra wyostrzającego.

Filtry wyostrzające — unsharp masking

Technika opracowana w latach 1930 dla fotografii analogowej. Z poddawanego wyostrzaniu oryginału tworzona jest **rozmyta** kopia negatywowa: służy ona do zbudowania filtra wyostrzającego.

- Tworzymy rozmytą kopię negatywową i poddajemy ją przyciemnieniu o ok. 30-50%

Filtry wyostrzające — unsharp masking

Technika opracowana w latach 1930 dla fotografii analogowej. Z poddawanego wyostrzaniu oryginału tworzona jest **rozmyta** kopia negatywowa: służy ona do zbudowania filtra wyostrzającego.

- Tworzymy rozmytą kopię negatywową i poddajemy ją przyciemnieniu o ok. 30-50%
- Kopię dodajemy do oryginału, w wyniku otrzymujemy obraz ze wzmocnionymi krawędziami

Filtry wyostrzające — unsharp masking

Technika opracowana w latach 1930 dla fotografii analogowej. Z poddawanego wyostrzaniu oryginału tworzona jest **rozmyta** kopia negatywowa: służy ona do zbudowania filtra wyostrzającego.

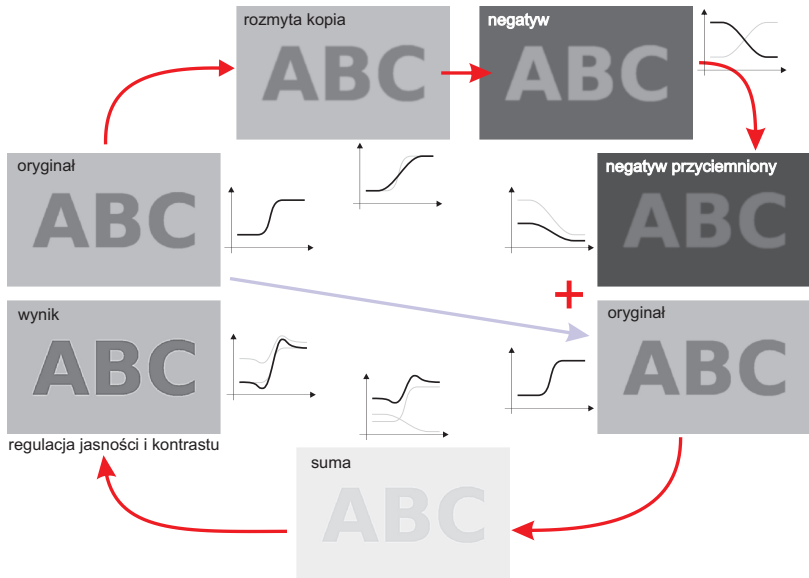
- Tworzymy rozmytą kopię negatywową i poddajemy ją przyciemnieniu o ok. 30-50%
- Kopię dodajemy do oryginału, w wyniku otrzymujemy obraz ze wzmocnionymi krawędziami
- Regulujemy jasność i kontrast wynikowego obrazu

Filtry wyostrzające — unsharp masking

Technika opracowana w latach 1930 dla fotografii analogowej. Z poddawanego wyostarzaniu oryginału tworzona jest **rozmyta** kopia negatywowa: służy ona do zbudowania filtra wyostrzającego.

- Tworzymy rozmytą kopię negatywową i poddajemy ją przyciemnieniu o ok. 30-50%
- Kopię dodajemy do oryginału, w wyniku otrzymujemy obraz ze wzmocnionymi krawędziami
- Regulujemy jasność i kontrast wynikowego obrazu
- Siła wyostżenia zależy od stopnia dodatkowego rozmycia i względnego przyciemnienia kopii pomocniczej

Działanie unsharp masking



Filtry wyostrzające — obrazy RGB

Filtry wyostrzające mogą produkować niepożądane efekty w obrazach barwnych. Dzieje się tak, gdy wyostrezanie stosowane jest do każdego z kanałów RGB z osobna, a relacje jasności wokół krawędzi w różnych kanałach są odwrócone.

Filtry wyostrzające — obrazy RGB

Filtry wyostrzające mogą produkować niepożądane efekty w obrazach barwnych. Dzieje się tak, gdy wyostrenie stosowane jest do każdego z kanałów RGB z osobna, a relacje jasności wokół krawędzi w różnych kanałach są odwrócone.



Filtry wyostrzające — obrazy RGB

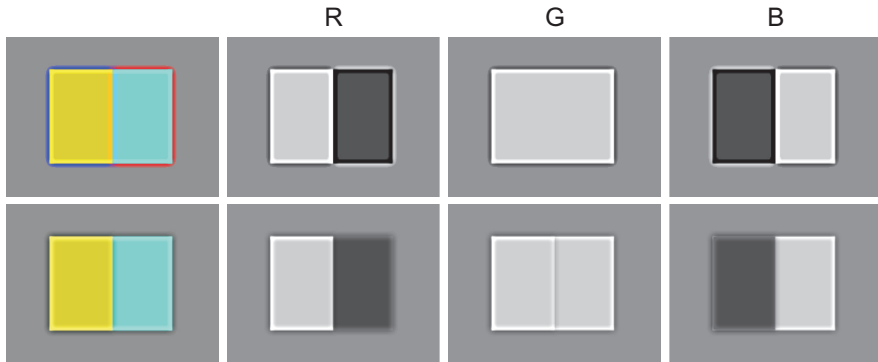
Filtry wyostrzające mogą produkować niepożądane efekty w obrazach barwnych. Dzieje się tak, gdy wyostżanie stosowane jest do każdego z kanałów RGB z osobna, a relacje jasności wokół krawędzi w różnych kanałach są odwrócone.



Poprawnie: wyostżanie powinno być wykonywane jedynie w kanale jasności. Należy obraz przeprowadzić do reprezentacji HSB, Lab itp. i zastosować filtr w odpowiednim kanale.

Filtry wyostrzające — obrazy RGB

“Tęczowe aureole” to efekt wyostrowania w każdym z kanałów RGB z osobna w miejscach, w których relacje jasności w kanałach są względem siebie odwrotne



Wiersz dolny: efekt zastosowania filtra wyłącznie w kanale jasności w rozkładzie HSB