

GIMP - filtr zniekształcenia macierzowe (convolution matrix)

25-03-2015r

Informacje ogólne

Spośród wszystkich filtrów oferowanych przez GIMP-a filtr „Zniekształcenia macierzowe” jest najbardziej wszechstronny i elastyczny, przetwarzający obrazy z uwzględnieniem konwolucji – splotu funkcji. (Rozłatanie – jest filtracją odwrotną) Operacja odwrotna do konwolucji nazywana jest dekonwolucją. Funkcja obrazowa jest dwuwymiarowa i dyskretna, spłot upraszcza się do sumowania mnożeń. Ma on również najwyższe zaawansowanie techniczne, ale cechuje się skomplikowaną obsługą, szczególnie dotyczy to osób, które nie specjalizują się w przetwarzaniu obrazów i nie mają zacięcia matematycznego. Na bazie filtru „Zniekształcenia macierzowe”, możliwe jest samodzielne utworzenie całkowicie niestandardowego filtru „na żądanie”. Filtr oferuje nie tylko ogromne możliwości tworzenia własnych filtrów, ale wykorzystanie niektórych świetnych filtrów znalezionych w internecie. (Uwaga marginalna; dziwne jest tłumaczenie angielskiej nazwy filtru, powinno być **filtr Macierz splotu**) Ten filtr to obszar matematyki. Większość istniejących filtrów wykorzystuje macierz konwolucji - splotu.

Co to takiego ta **Macierz** konwolucji => **splotu**?

Najbardziej uniwersalną metodą filtracji cyfrowej jest metoda **cyfrowego filtru splotowego**.

Wyróżniamy filtry:

- liniowe: liniowa kombinacja wybranych pikseli obrazu wejściowego (prostsze w wykonaniu)
- nieliniowe: nieliniowa funkcja wybranych pikseli obrazu wejściowego (większe możliwości)

W przypadku dyskretnego splotu jądro (maska filtra) jest kwadratową tablicą zawierającą współczynniki filtra. Współczynniki (**wagi**) mogą przyjmować zarówno dodatnie jak i ujemne wartości. Liczba wierszy i kolumn jest najczęściej nieparzysta, aby istniał element centralny.

Konwolucja – spłot, to matematyczne połączenie dwóch funkcji, które powoduje utworzenie trzeciej funkcji, **proces konwolucji polega na przejściu okna maski przez wszystkie piksele obrazu źródłowego**.

W przypadku filtracji splotowej, pierwszą funkcją jest obraz, natomiast druga funkcja określana jest mianem maski lub **”jądrem - kernel”** filtru splotu, jest to **macierz wag filtru** (maskę można rozszerzać w dowolnym kierunku wypełniając ją zerami).

Każdy efekt filtru, który używa macierzy konwolucji, jest w rzeczywistości definiowany przez drugą macierz czyli **jądro**, od jej postaci zależy jak będzie wyglądać obraz po filtracji.

Przez pomnożenie tych dwóch macierzy uzyskujemy wynik w postaci pojedynczej wartości określanej mianem **iloczynu skalarnego**.

Działanie dyskretnego filtru splotowego - polega na obliczeniu nowej wartości określonego piksela na podstawie wartości pikseli znajdujących się w najbliższym otoczeniu tego piksela.

Splot oblicza wartość jasności piksela bieżącego jako operację liniową rozkładu intensywności wartości pikseli sąsiadujących w otoczeniu tego piksela.

Każdy sąsiadujący piksel wnosi procentowy udział swojej wartości (**waga**) do obliczenia jasności nowego piksela. Wagi poszczególnych pikseli zapisywane są w odpowiedniej tablicy nazywanej **jądrem** lub **maską splotu**. Każdy element jądra - maski jest **współczynnikiem splotu**.

Najpierw definiuje się **jądro - maskę splotu** zawierającą wagi pikseli z sąsiedztwa piksela bieżącego.

Rozmiar jądra - maski jest liczbą nieparzystą (np. 3x3, 5x5, 7x7) tak, aby piksel, dla którego liczona jest wartość był w jej środku. Za względu na prostotę implementacji jądro - maska ma zazwyczaj kształt kwadratu lub prostokąta. Podczas filtracji obrazu, maska przykładana jest kolejno do każdego piksela, dla którego liczona jest intensywność.

Współczynniki jądra wybiera się **zwykle** aby były liczbami całkowitymi, bo dla zmiennoprzecinkowych wartości operacje matematyczne trwają dłużej.

Złożoność obliczeniowa konwolucji:

Przyjmując

[M,N] = size(Obraz); //obraz M wierszy i N kolumn

[m,n] = size(maska); //maska m*n, m i n nieparzyste

zakładając M=N i m=n:

- N^2n^2 mnożeń

- N^2n^2 dodawań

(Dla obrazu **512x512**:

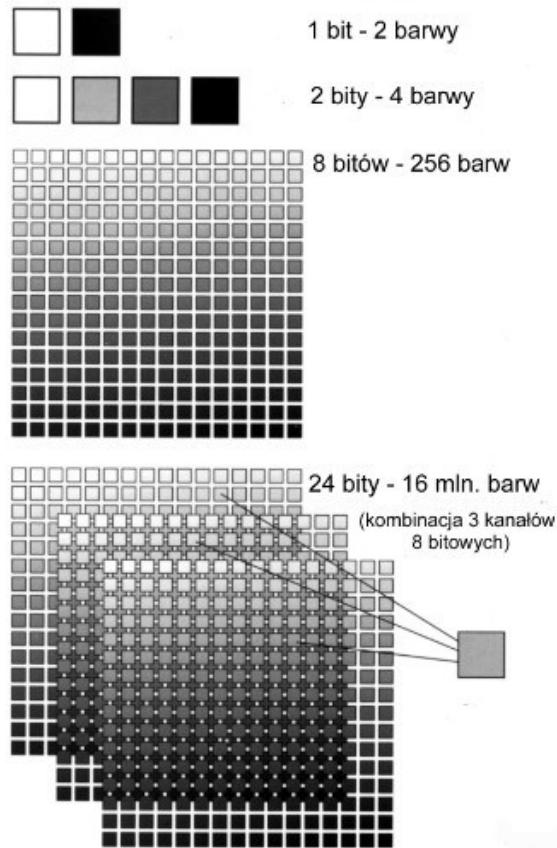
3x3 -> ok. 2,4 mln operacji

5x5 -> ok. 6,5 mln operacji

7x7 -> ok. 16,5 mln operacji dodawań i mnożeń)

Filtry wykorzystywane do analizy obrazów zakładają, że wykonywane na obrazie operacje będą kontekstowe. Oznacza to, że dla wyznaczenia jednego punktu obrazu wynikowego trzeba dokonać określonych obliczeń na wielu punktach obrazu źródłowego.

Filtr „Zniekształcenia macierzowe” wykorzystuje jako pierwszą macierz - obraz, nad którym pracujemy.

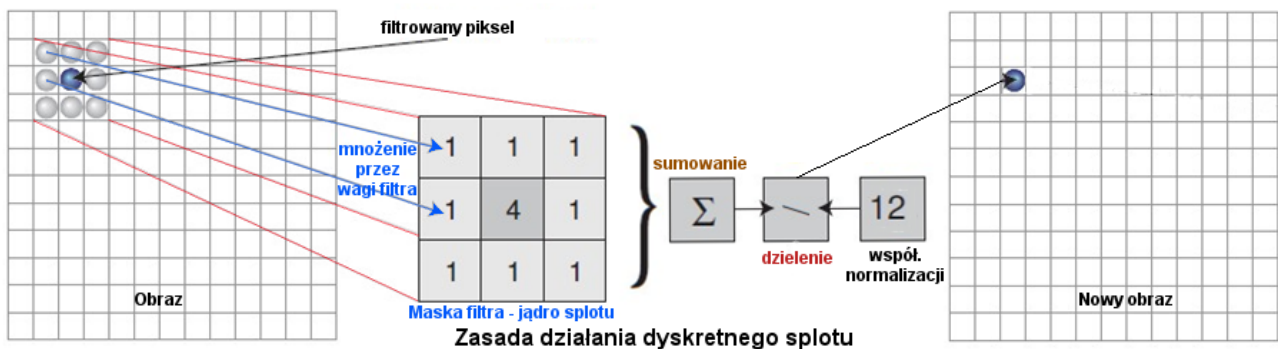


Obraz **RGB** jest dwuwymiarowym zbiorem 3 macierzy pikseli we współrzędnych prostokątnych.

GIMP wykorzystuje macierze **5x5** lub **3x3**. Macierz **3x3** – jest najczęściej wykorzystywana i wystarcza ona do większości efektów. Jeśli wartości na brzegach jądra 5x5 wyzerować, GIMP będzie traktował to jako macierz 3x3.

Filtr przetwarza - analizuje kolejno, piksel za pikselem. Dla każdego z nich, nazywanego "pikselem początkowym", mnoży wartość tego piksela i wartości **8** sąsiednich pikseli przez odpowiednie wartości jądra. Po czym dodaje rezultaty mnożenia i ustawia tą sumę jako nową wartość początkowego piksela.

Przykłady:



Dla uproszczenia na powyższym rysunku rozważany jest obraz w odcieniach szarości, gdzie każdy piksel jest zapamiętany na jednym bajcie, a jego wartość odpowiada jasności. Na filtrowany piksel nakładana jest maska filtra (jądro spłotu) w taki sposób, żeby element centralny pokrywał się z filtrowanym pikselem. Operacja filtrowania polega na pomnożeniu współczynników - **wag filtra** przez wartości znajdujących się pod nimi pikseli a następnie dodaniu wyników poszczególnych mnożeń.

Konwolucja może spowodować wyjście z zakresu intensywności obrazu.

Wynik może przekraczać wartość **255**, czyli maksymalną dopuszczalną wartość dla piksela, wtedy wynik należy podzielić przez **współczynnik normalizujący** - *Podzielnik (Divisor)*

Współczynnik taki można łatwo policzyć, jest to po prostu suma wszystkich wag macierzy filtra, lub narzuca go warunek:

jeżeli suma wag macierzy filtra wynosi **0**, wtedy współczynnik normalizujący (**div**) ma wartość 1 (oraz bardzo często < 1 .)

Wynik operacji jest zapisywany do nowego obrazu. Jest to bardzo istotne, ponieważ przy zapisie do tego samego obrazu, filtrując kolejne piksele używane byłyby do obliczeń piksele przefiltrowane, co dałoby nieprzewidywalne rezultaty.

Szczególne uwagi należy zwrócić na filtrację brzegów obrazu, dla elementów skrajnych nie można policzyć wartości konwolucji, nie mają one wystarczającej liczby sąsiadów, szerokość pasa niewyliczonych wartości równy jest promieniowi maski.

Stosuje się różne podejścia do warunków brzegowych.

Problem ten występuje tylko na „krawędziach” sygnałów i często jest identyfikowany jako tzw. **problem brzegu**. Przy dużych sygnałach ma on przeważnie małe znaczenie dla wyniku splotu. Podejście stosowane do rozwiązania problemu zależy często od specyfiki sygnałów oraz od celu w jakim dokonywana jest operacja splotu.

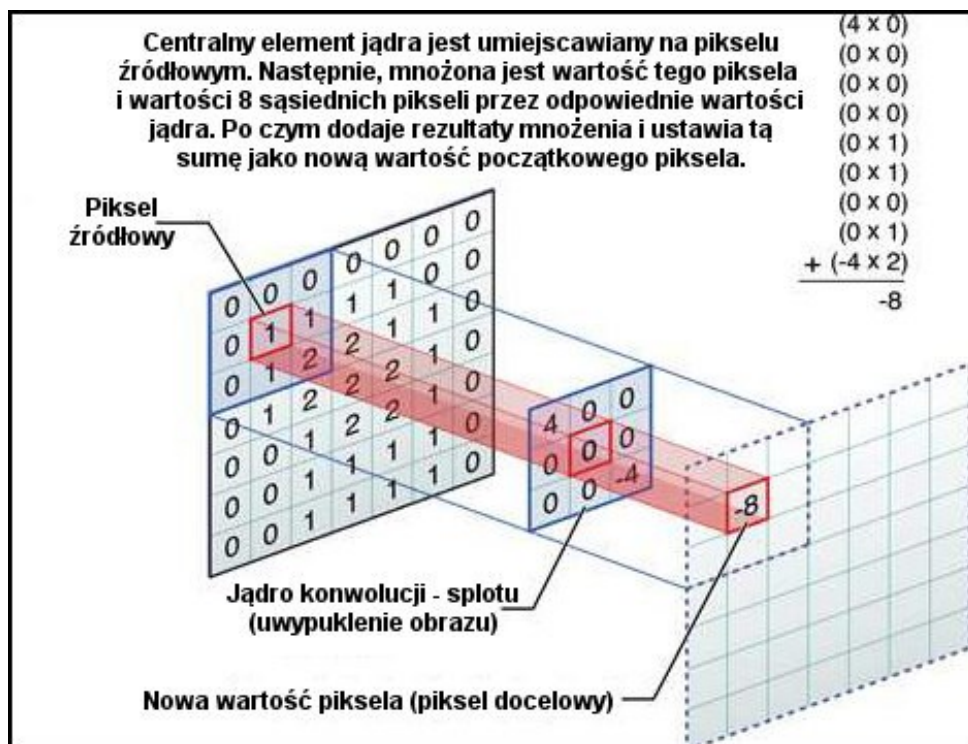
Przykładowe metody rozwiązania problemu brzegu:

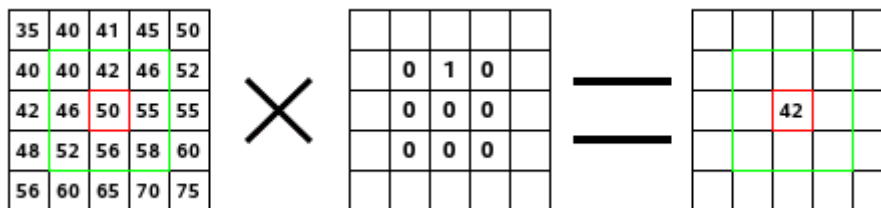
- przyjęcie założenia, że poza znanym sygnałem są wyłącznie wartości 0
- odbicie obrazu poza jego granicami,
- powtórzenie obrazu, bez odbicia,
- powielenie brzegowych wartości,
- modyfikacji maski filtru na brzegu sygnału (obrazu) tak by maska nie wychodziła poza obraz.

Aby przefiltrować cały obraz, należy kolejno poddać filtracji wszystkie jego piksele. Działanie filtra na obrazach kolorowych jest bardzo proste. Wystarczy potraktować składowe RGB jako niezależne obrazy w odcieniach szarości i przefiltrować je niezależnie. Zapisując wyniki dla odpowiednich składowych w nowym obrazie.

Jak już wspomniano, funkcjonalność każdego filtra użytkownik może rozszerzyć podając własny współczynnik normalizujący *Podzielnik (Divisor)* oraz dodając do wyniku filtracji stałą (Przesunięcie). Może być to przydatne w przypadku, kiedy wynik filtracji będzie ujemny.

Inne przykłady:



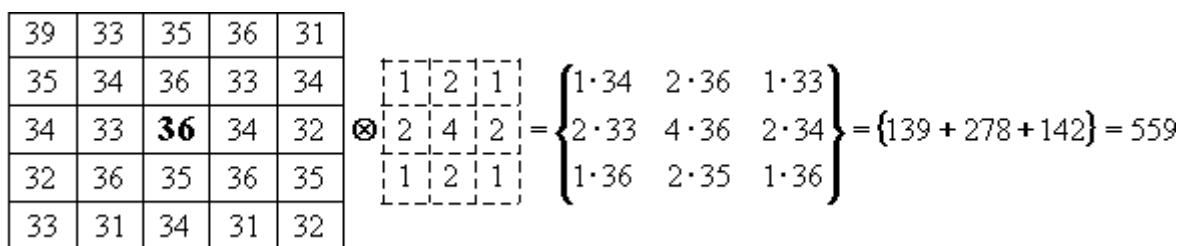


Po lewej stronie – mamy macierz pikseli obrazu: każdy piksel oznaczony został swoją wartością. Początkowy piksel został oznaczony czerwonym kolorem. W środku mamy **jądro** (kernel). Aktywny obszar jądra został oznaczony kolorem zielonym. Po prawej – mamy rezultat konwolucji – splotu.

Oto co się dzieje: filtr odczytuje kolejno, z lewej na prawo i z góry do dołu, wszystkie piksele aktywnego obszaru obrazu. Potem mnoży wartości każdego z nich przez odpowiednią wartość jądra i dodaje wynik:

$$(40 \cdot 0) + (42 \cdot 1) + (46 \cdot 0) + (46 \cdot 0) + (50 \cdot 0) + (55 \cdot 0) + (52 \cdot 0) + (56 \cdot 0) + (56 \cdot 0) + (58 \cdot 0) = 42.$$

Wartość początkowego piksela 50, stała się teraz równa **42**, wartość piksela z góry, (filtr nie działa na obrazie, ale na jego kopii). W rezultacie piksel początkowy przesunął się w dół.



Zmieniany piksel oryginalnego obrazu jest zaznaczony - pogrubiony. Nowa wartość (po operacji splotu) jest **559**. Aby wyświetlić tę wartość w RGB (0-255), konieczna jest normalizacja. Osiągamy to dzieląc wynik przez sumę współczynników macierzy filtracji (**16**). Po normalizacji osiągnięta wartość to **35**.

Obraz

12	14	41
43	84	24
2	1	43

×

Jądro

0,5	0,75	0,5
0,75	1,0	0,75
0,5	0,75	0,5

=

$$= \left(\begin{array}{l} 12 \cdot 0,5 + 14 \cdot 0,75 + 41 \cdot 0,5 + \\ 43 \cdot 0,75 + 84 \cdot 1,0 + 24 \cdot 0,75 + \\ 2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,75 + 43 \cdot 0,5 \end{array} \right) \times \frac{1}{\text{div}} = \mathbf{32,41667}$$

Wynik

Podzielnik (div) = 6 (suma wag jądra)

Suma **wag** jądra (maski) filtru to współczynnik normalizujący – **Podzielnik (div)**.

- Filtr dolnoprzepustowy powinien przenosić składową stałą – suma wag jądra powinna wynosić 1
- Filtr górnoprzepustowy nie przenosi składowej stałej – suma wag jądra powinna wynosić 0.

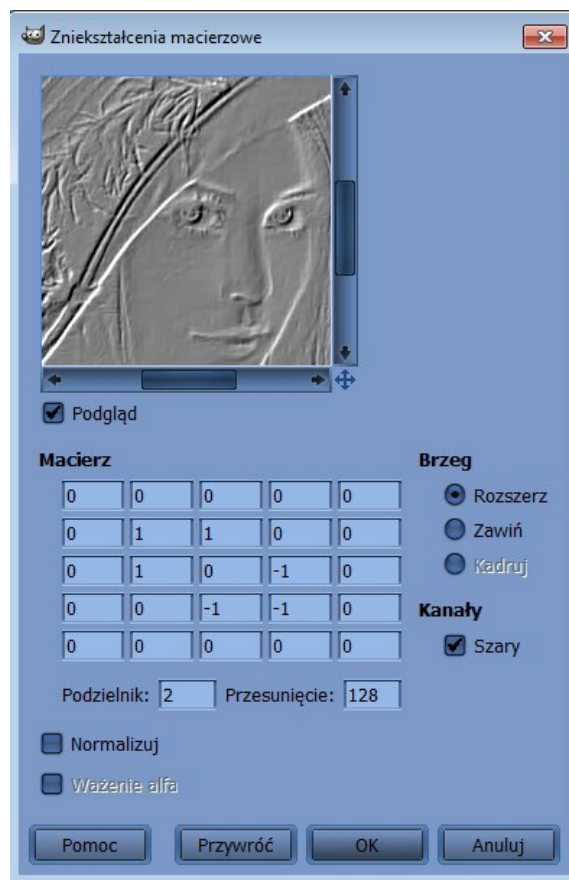
Tak naprawdę jest to wszystko, co o działaniu filtru musi wiedzieć, czytelnik, który nie studiuje przetwarzania obrazów,

W internecie możemy znaleźć mnóstwo predefiniowanych jąder zdefiniowanych przez inne osoby i dołączyć je bezpośrednio do tego filtru.

Aktywacja filtru

Filtr znajdziemy w menu obrazu **Filtry => Ogólne => Zniekształcenia macierzowe**.

Parametry filtru "Zniekształcenia macierzowe"



Wygląd okna filtru dla obrazu z kanałem alfa. Wygląd okna filtru dla obrazu w trybie *Odcienie szarości*.

Macierz

Oprócz Podglądu najważniejszymi elementami okna są liczbowe pola edycji, w których można zdefiniować pożądaną macierz jądra (maski).

To jest macierz jądra 5 x 5: jeśli zależono w internecie macierz, wpisujemy jej wartości bezpośrednio w polach i umożliwiamy filtrowi zająć się resztą. Jeśli wartości na brzegach jądra wyzerujemy (wpisując zero), GIMP będzie traktował to jako macierz 3x3.

Zwiększenie rozmiaru jądra (maski) powoduje bardziej radykalne zmiany w obrazie ale zwiększają koszt obliczeniowy.

Na ogół unika się większych rozmiarów jąder, chyba, że trzeba usunąć bardzo dokuczliwe zakłócenia w obrazie.

W internecie można znaleźć większe jądra 9x9, niestety, filtr „Zniekształcenia macierzowe” nie jest w stanie obsługiwać tak dużych jąder.

Poniżej pól tekstowych tworzących definicję macierzy znajduje się kilka dodatkowych wartości, które bezpośrednio kontrolują wpływ jądra na uzyskany obraz.

Są to następujące parametry:

Podzielnik (Divisor)

Każdy wynik obliczenia piksela (iloczyn skalarny) jest dzielony przez wartość podaną w tym polu, podzielony przez ten Podzielnik. Wartość **1**, pozostawia wynik bez zmian. Z kolei zwiększenie tej wartości wywołuje ogólny efekt w postaci ograniczenia wpływu jądra. Wartości mniejsze od **1**, lecz większe od **0** powodują raczej zintensyfikowanie uzyskanego wyniku. **Ujemne wartości powodują odwrócenie wyniku**. Jednak ustawienie **0** jako Podzielnik-a, wygeneruje pusty obraz, ponieważ jak wiemy dzielenie przez zero jest niezdefiniowane.

(Przykładowo wartości 9 i 25 w zależności od wielkości macierzy, dają średnią wartość pikseli.)

Przy przetwarzaniu w charakterze **Podzielnik**-a na ogół stosuje się sumę wszystkich **wag** jądra splotu. Ten warunek nie dopuszcza do zniekształceń kolorów, jeśli są one niepotrzebne.

Przesunięcie (Offset)

Wartość wprowadzana w tym polu jest dodawana do wyniku dzielenia dla każdego piksela. Jest to przydatne, jeśli wynik może być ujemny. Przesunięcie może być ujemne. Jeśli obraz uzyskany przy użyciu wybranego jądra jest ciemny, zwiększenie tej wartości może być pomocne w poprawieniu widoczności wyników.

Domyślnie zakłada się Podzielnik (div) = 1 oraz Przesunięcie = 0.

Rzeczywiście jeśli przetwarzany zakres zawiera ten sam kolor, wynikiem będzie suma elementów jądra, pomnożonych przez ten kolor. W związku z tym, aby pozostawić kolor bez zmian, należy wynik przetwarzania podzielić przez tą samą sumę.

Obydwa parametry **Podzielnik** (div) i **Przesunięcie** wykorzystuje się do Normalizacji. Wynik jest dzielony przez **Podzielnik** i dodaje się **Przesunięcie**.

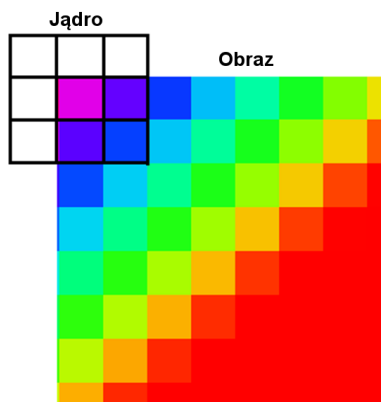
Po prawej stronie pół macierzy umieszczono dodatkowe kontrolki:

Brzeg (obrazu)

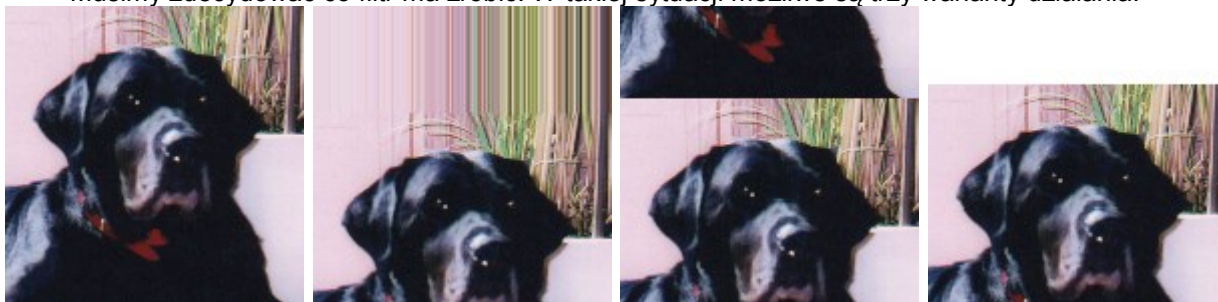
Szczególą uwagę należy zwrócić na filtrację brzegów obrazu.

W momencie osiągnięcia brzegu obrazu macierze stają się bardziej złożone.

Kiedy początkowy piksel znajduje się po lewej na krawędzi, z jego lewej strony nie ma już więcej pikseli, które mogłyby zostać użyte do wygenerowania macierzy - część jądra znajduje się poza obrazem.



Musimy zdecydować co filtr ma zrobić. W takiej sytuacji możliwe są trzy warianty działania:



Od lewej do prawej mamy: obraz początkowy, **brzeg** => **Rozszerz, Zawiń, Kadruj**

Rozszerz

Ta część jądra nie jest brana pod uwagę – mówiąc wprost, operacja polega na używaniu tylko tych pikseli, które znajdują się na brzegu i kopiowanie ich poza brzeg w celu uzupełnienia macierzy jądra.

Zawiń

Część jądra pobiera piksele z przeciwnej strony obrazu. Piksele, znikające z jednej strony obrazu, pojawiają się po drugiej stronie. Zamiast wielokrotnego kopiowania jedynie tego samego piksela, można podjąć próbę zastosowania do uzupełnienia macierzy pikseli, które są położone na przeciwległym brzegu obrazu.

Kadruj

W tym przypadku zadaniem opcji jest po prostu zignorowanie pikseli granicznych i wycięcie ich po zakończeniu przetwarzania (ignorowanie i wycinanie pikseli).

Opcja Kadruj jest dostępna tylko wtedy, gdy używany jest obraz z kanałem alfa.

Dzięki obszarowi **Podgląd** można dokładnie sprawdzić, jaki efekt spowoduje zastosowanie tych obcji do obrazu, jeszcze przed kliknięciem OK.

Kanały

Można wybrać jeden lub kilka kanałów, z którymi będzie współpracować filtr. Zaznaczenie pola wyboru nakazuje filtrowi zastosowanie jądra dla wartości odpowiadającej danemu kanałowi. W ten sposób można zastosować filtr nie tylko dla określonych kanałów, ale być może wyłączenie jednego z nich, oczywiście wtedy filtr jest jeszcze bardziej elastyczny.

Normalizuj

Jest to przydatne jeśli nie intrtesuje Nas ręczne ustawianie wartości w polach **Podzielnik** i **Przesunięcie**, wtedy GIMP może znormalizować wyniki automatycznie, próbując jak najbardziej zwiększyć widoczność efektu.

Po wstawieniu tego zaznaczenia, „**Podzielnik**” pobiera rezultat splotu (konwolucji). Jeśli wynik równy jest zero (nie możemy dzielić przez zero), wtedy zmienia się on na **128**. Jeśli wynik jest ujemny (niemożliwy jest kolor ujemny) wtedy zmienia się on na **255** (następuje inwersja rezultatu - jest odwracany).

Ważenie alfa

Opcja jest dostępna tylko wtedy, gdy przetwarzany obraz jest z kanałem alfa.

Jeśli nie wstawimy zaznaczenia, filtr nie bierze pod uwagę przezroczystości obrazu. Zwykle opcja pozostanie włączona, ponieważ w przeciwnym razie filtr może wygenerować w ostatecznym obrazie kilka niepożądanych artefaktów. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji gdy jest używane jądro, które rozmywa obraz.

Przykłady zastosowania

Obraz początkowy

$$H = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{pmatrix} + 128$$

Przykład zastosowania macierzy konwolucji w GIMP

Budowa jądra opiera się na wyższej matematyce. Różne gotowe jądra możemy znaleźć w internecie.

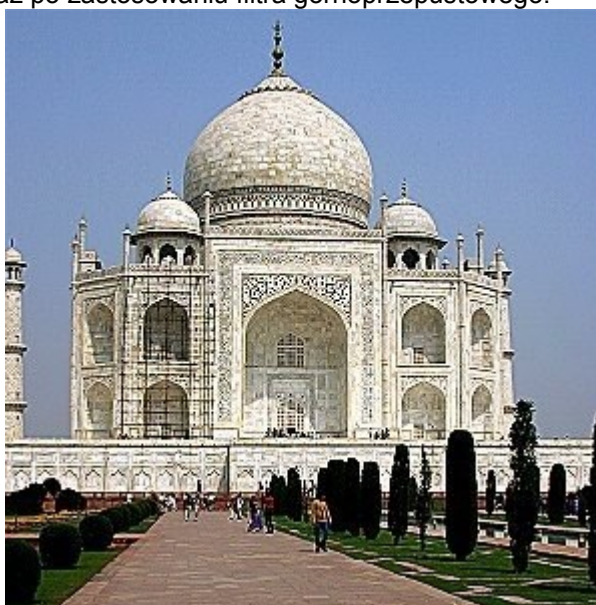
Poniżej kilka przykładów zastosowania określonych jąder.



Oryginalny obraz stosowany poniżej.

Zwiększenie ostrości

Filtry górnoprzepustowe (*ang. high-pass*) przepuszczają i wzmacniają elementy obrazu o dużej częstotliwości, są to szumy, drobne szczegóły i krawędzie. Tłumieniu natomiast ulegają elementy o niskiej częstotliwości. Wynikiem działania takich filtrów jest wyostrenie obrazu, a także zwiększenie ilości szumów. Poniżej znajduje się przykładowy obraz po zastosowaniu filtra górnoprzepustowego:



0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0
0	-1	5	-1	0
0	0	-1	0	0
0	0	0	0	0

Div = 1, Przesunięcie = 0

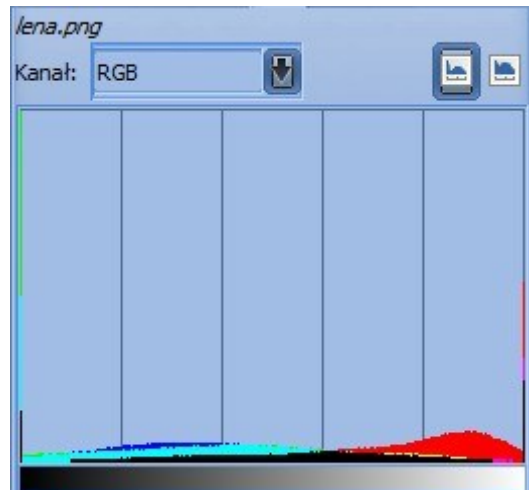
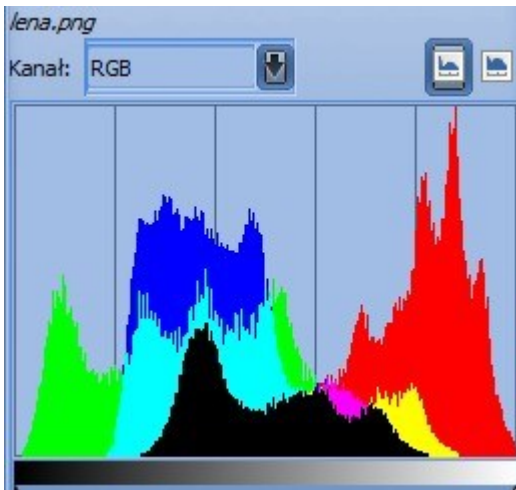
cehuje się małym wyostreniem obrazu, nie uwypukla tak bardzo szumów znajdujących się w przetwarzanym obrazie.

	0	-1	0	
	-1	20	-1	
	0	-1	0	

Przykładowa macierz filtru górnoprzepustowego powodująca najmniejsze wzmocnienie szumów. Wielokrotne stosowanie filtru wzmacnia szumy obrazu.

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

$$\text{Div.} = 1 \Rightarrow \{9 - [8 * (-1)]\}$$



Obraz źródłowy „Lena” oraz obraz po zastosowaniu powyższego filtra i ich Histogramy. Jaki wniosek?
 (Obraz źródłowy <http://www.ece.rice.edu/~wakin/images/>)

Filtr górnoprzepustowy – w przypadku gdy suma wag $S < 1$,
 Dla zachowania średniej jasności obrazu konieczne jest podzielenie wyniku filtrowania przez sumę wag.
 Jeśli suma wag maski równa się 0 – **odpowiedź filtra w jednorodnych (gładkich) obszarach obrazu jest zerowa** – filtr reaguje tylko na zmiany w obrazie.

Filtry górnoprzepustowe wykrywające krawędzie – Laplasjany

W cyfrowym przetwarzaniu obrazów Laplasjan realizowany jest w postaci splotu obrazu oraz maski filtru, która przyjmuje jedną z poniższych postaci:

$$\text{laplasjan1}(k) := \begin{pmatrix} 0 & -\frac{k}{4} & 0 \\ -\frac{k}{4} & k & -\frac{k}{4} \\ 0 & -\frac{k}{4} & 0 \end{pmatrix} \quad \text{laplasjan2}(k) := \begin{pmatrix} -\frac{k}{8} & \frac{k}{8} & \frac{k}{8} \\ -\frac{k}{8} & k & -\frac{k}{8} \\ \frac{k}{8} & -\frac{k}{8} & \frac{k}{8} \end{pmatrix} \quad \text{laplasjan3}(k) := \begin{pmatrix} \frac{k}{12} & -\frac{2k}{12} & \frac{k}{12} \\ -\frac{2k}{12} & k & -\frac{2k}{12} \\ \frac{k}{12} & -\frac{2k}{12} & \frac{k}{12} \end{pmatrix}$$

Filtry górnoprzepustowe wyostrzające obraz

Operację tę zrealizować można w postaci maski filtru Laplasjan dodając wartość 1 do elementu położonego centralnie, co odpowiada operacji dodaniu obrazu źródłowego.

$$gp1(k) := \begin{pmatrix} 0 & -\frac{k}{4} & 0 \\ -\frac{k}{4} & k+1 & -\frac{k}{4} \\ 0 & -\frac{k}{4} & 0 \end{pmatrix} \quad gp2(k) := \begin{pmatrix} -\frac{k}{8} & -\frac{k}{8} & -\frac{k}{8} \\ -\frac{k}{8} & k+1 & -\frac{k}{8} \\ -\frac{k}{8} & -\frac{k}{8} & -\frac{k}{8} \end{pmatrix} \quad gp3(k) := \begin{pmatrix} -\frac{k}{12} & -\frac{2\cdot k}{12} & -\frac{k}{12} \\ -\frac{2\cdot k}{12} & k+1 & -\frac{2\cdot k}{12} \\ -\frac{k}{12} & -\frac{2\cdot k}{12} & -\frac{k}{12} \end{pmatrix}$$

Na potwierdzenie powyższego stwierdzenia, można od wyostrzonego obrazu odjąć obraz źródłowy co w wyniku powinno dać rezultat identyczny jak w przypadku Laplasjanu (wg. <http://atol.am.gdynia.pl/tc/Radzienski/Konwolucyjne.htm>)

Rozmycie

(Filtr dolnoprzepustowy)



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

Macierz współczynników filtracji. Div. = 9 Przesunięcie = 0

Cechy filtru uśredniającego: usuwanie drobnych zakłóceń z obrazu (szumy) **kosztem** rozmycia konturów obiektów i pogorszeniu rozpoznawalności ich kształtów. Podstawowy filtr dolnoprzepustowy, jego wynikiem jest uśrednienie każdego piksela razem ze swoimi ośmioma sąsiadami.

Należy zwrócić uwagę: na *Podzielnik* div = 9 dla rozmycia. Dla takiej macierzy tylko taki współczynnik nie prowadzi do zniekształceń kolorów. Wariantów Blur-a jest wiele, różnią się trochę siłą efektu, poniżej przykłady.

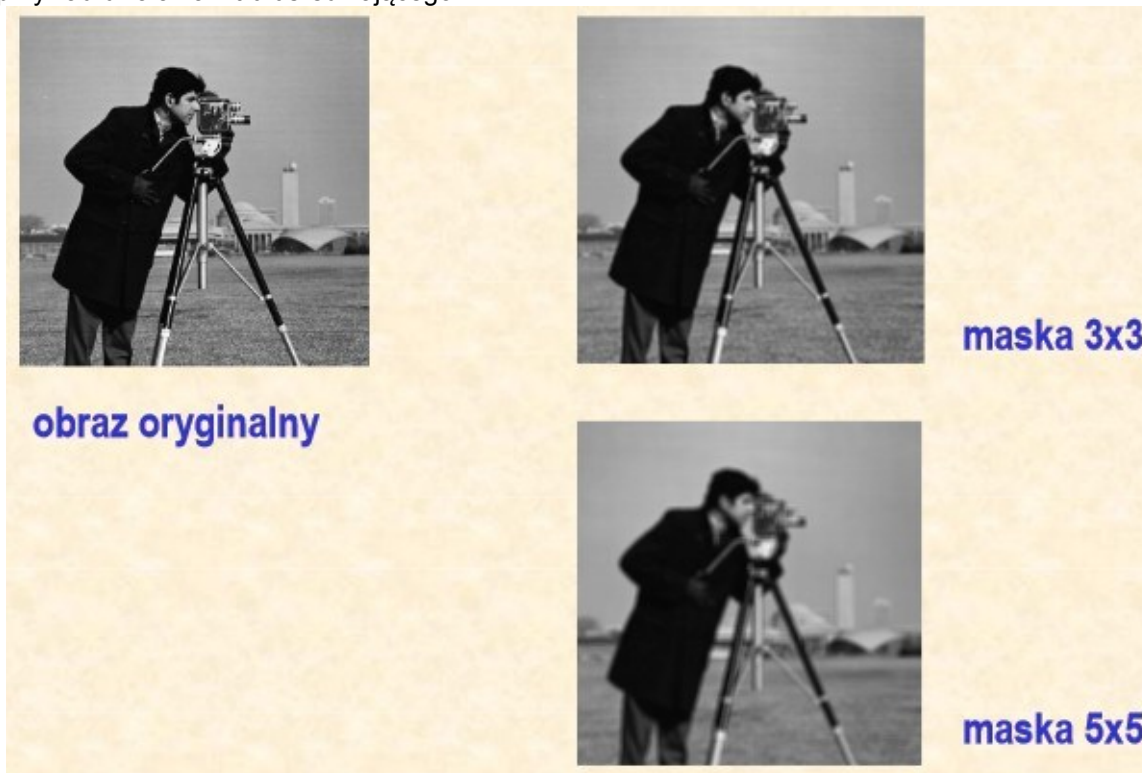
$$h_1 = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad h_2 = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{Div} = 9 \text{ i } 25$$

Stopień rozmycia obrazu zależy od wag w przypisanych pozycjom maski filtru.

Czym większa maska (mniejszy wpływ piksela centralnego) tym rozmycie większe, ale dłuższy czas działania filtru splotowego.

Zwiększenie maski można zastąpić kilkakrotnym wykonywaniem operacji filtrowania z mniejszą maską. Szum impulsowy typu „Salt and pepper”, trudniejszy do usunięcia przez ten typ filtra.

Inny przykład działania filtru uśredniającego



(Obraz źródłowy: <http://homepages.cae.wisc.edu/~ece533/images/cameraman.tif>)

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	2	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

Macierz współczynników filtracji, filtru uśredniającego ze wzmocnieniem.

Cechy filtru: usuwanie drobnych zakłóceń z obrazu, efekt rozmycia konturów jest zniwelowany poprzez wzmocnienie punktu centralnego. Różni się od filtra uśredniającego zwiększeniem wagi, dla aktualnie przetwarzanego punktu, powoduje to zmniejszenie "efektu rozmycia" w stosunku do filtra uśredniającego. Można dalej zmieniać wagę z 2 na 4 lub 12 powodując dalsze zmniejszenie "efektu rozmycia" w stosunku do filtra uśredniającego.

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

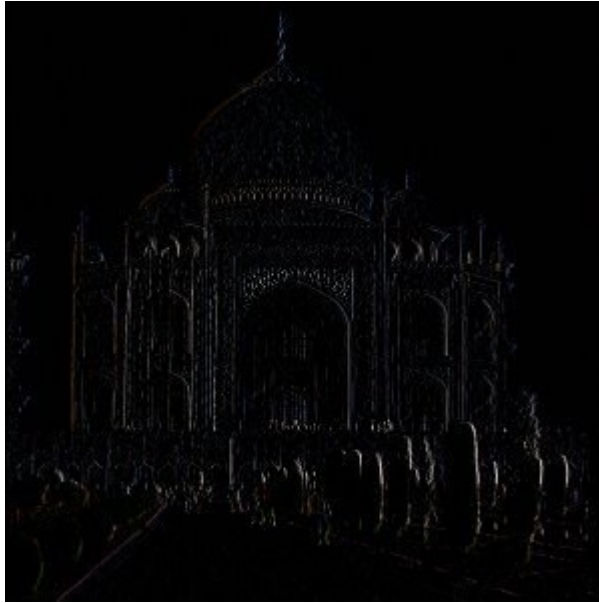
Macierz współczynników filtru Gaussa.

Jeżeli kolejne komórki tego filtra przedstawiono by za pomocą słupków o wysokości odpowiadającej przypisanej wadze to w efekcie otrzymalibyśmy bryłę podobną do krzywej rozkładu normalnego - krzywej Gaussa. Zatem znaczenie wartości punktu rośnie wraz ze zmniejszaniem się odległości do obliczanego punktu, w sposób opisany przez funkcję Gaussa, **im dalszy punkt tym mniejszy wpływ na wynik.** Filtr Gaussa lepiej zachowuje krawędzie i detale ale mniej skutecznie usuwa szum.

Uwydatnienie krawędzi

Filtry przesuwania i odejmowania, wykonują przesunięcie obrazu a następnie odejmowanie obrazu od swojej kopii. Filtry te służą do wykrywania krawędzi w obrazie. W zależności od kierunku przesuwania obrazu będą to krawędzie pionowe, poziome bądź ukośne. Należy zauważyć, że w wyniku działania tego rodzaju filtrów wynikowa wartość składowej punktu może wyjść ujemna. W takim wypadku należy użyć wartości bezwzględnej albo sprowadzić wartość do 0. Poniżej znajduje się przykładowy obraz przed (po lewej) i po zastosowaniu filtra przesuwania i odejmowania:

	0	0	0	
	-1	1	0	
	0	0	0	



Macierz współczynników filtra.

poziome - wykonuje przesunięcie obrazu o jeden punkt w kierunku pionowym a następnie odjęcie wartości punktu od jego kopii, w ten sposób wykrywa krawędzie *poziome* w obrazie.

	0	-1	0	
	0	1	0	
	0	0	0	

pionowe - wykonuje przesunięcie obrazu o jeden punkt w kierunku poziomym a następnie odjęcie wartości punktu od jego kopii, w ten sposób wykrywa krawędzie *pionowe* w obrazie.

	-1	0	0	
	0	1	0	
	0	0	0	

ukośne - wykonuje przesunięcie obrazu o jeden punkt w kierunku ukośnym a następnie odjęcie wartości punktu od jego kopii, w ten sposób wykrywa krawędzie *ukośne* \ w obrazie.

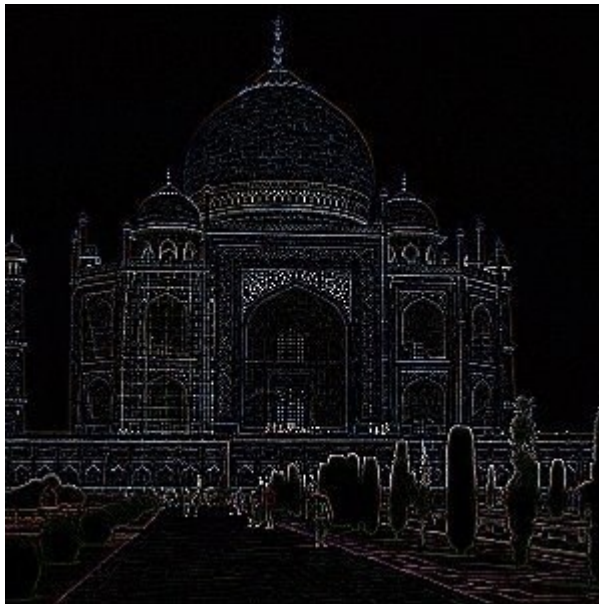
	0	0	-1	
	0	1	0	
	0	0	0	

ukośne - wykonuje przesunięcie obrazu o jeden punkt w kierunku ukośnym a następnie odjęcie wartości punktu od jego kopii, w ten sposób wykrywa krawędzie *ukośne* / w obrazie.

Wykrywanie krawędzi

Do wykrywania krawędzi stosowane są Filtry Laplace'a - cechuje je wielokierunkowość - wykrywają krawędzie we wszystkich kierunkach. Ponadto dają w efekcie ostrzejsze krawędzie. Poniżej jedna przykładowa macierz filtra Laplace'a oraz obraz po zastosowaniu:

	0	1	0	
	1	-4	1	
	0	1	0	



0	0	0	0	0
0	-1	0	-1	0
0	0	4	0	0
0	-1	0	-1	0
0	0	0	0	0

Filtry Laplace'a *ukośny*

	0	-1	0	
	0	2	0	
	0	-1	0	

Filtry Laplace'a *poziomy*

	0	0	0	
	-1	2	-1	
	0	0	0	

Filtry Laplace'a *pionowy*

Mamy jeszcze filtry Sobel'a oraz Prewitt'a - filtry konturowe, również służą do wykrywania krawędzi poziomych i pionowych.

Czasami istnieje jednak potrzeba zastosowania zmian bezkierunkowych. Dobry i prosty do uzyskania rezultat jest do osiągnięcia dzięki specjalnym jądrom - maskom – **laplasjanom** (patrz powyżej - **Zwiększenie ostrości**).

Ponieważ operator Laplace'a jest bardzo czuły na szum i może powodować pojawianie się fałszywych krawędzi, często stosuje się rozmycie gaussowskie przed zastosowaniem filtru Laplace'a. Można więc zaoszczędzić sporo czasu przygotowując jądro - maskę filtra będącą splotem rozmycia gaussowskiego i operatora Laplace'a:

	2	-1	2	
	-1	-4	-1	
	2	-1	2	

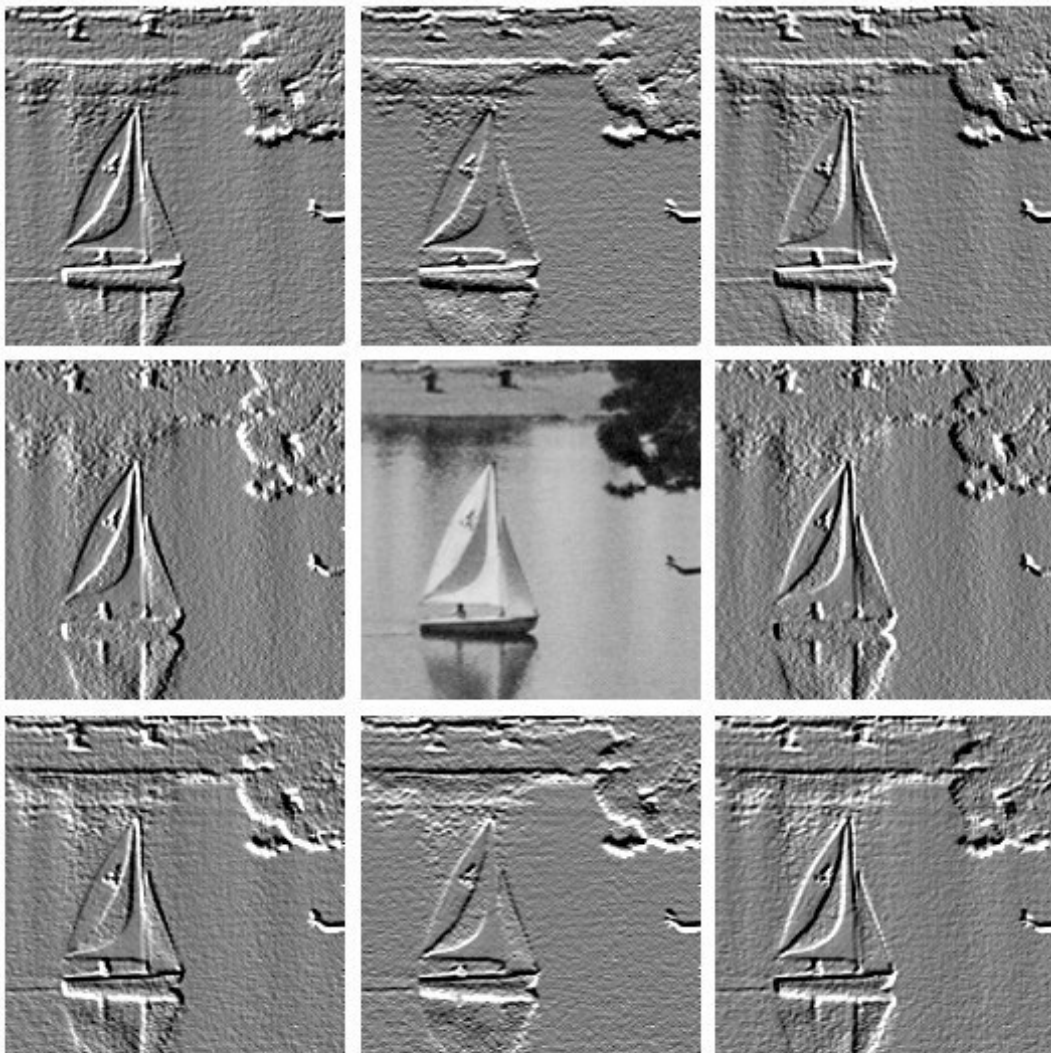
Uwypuklenia obrazu – (efekt płaskorzeźby)

Filtry uwypuklające (*ang. embossing*) wprowadzają złudzenie wypukłości i wklęsłości w miejscach, gdzie w obrazie znajdują się krawędzie - daje to efekt podobny do płaskorzeźby. Nazwa kolejnych możliwych odmian filtrów określa krawędzie- zgodnie z kierunkiem geograficznym, które będą uwypuklone w obrazie wynikowym. Poniżej macierz i przykładowy obraz po zastosowaniu filtra uwypuklającego:

-2	-1	0	
-1	1	1	
0	1	2	



Do filtracji można również zastosować **maski Sobela** (operatory gradientowe), które pokazano na rysunku poniżej w tym samym ułożeniu, jakie wynika z ich użycia. Porównując rysunki, o określonej orientacji z maską łatwo zauważymy, że maska Sobela wydobywa z obrazu linie i struktury o określonej orientacji.



Obraz żagłówki (w centrum) filtrowany górnoprzepustowo z użyciem masek Sobela o różnych orientacjach.

2	1	0
1	0	-1
0	-1	-2

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

0	1	2
-1	0	1
-2	-1	0

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

0	-1	-2
1	0	-1
2	1	0

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

Maski Sobela użyte do górnoprzepustowej filtracji obrazu

Inwersja – negatyw

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Div = 1 Przesunięcie = 256

Hello, world!



Spośród wszystkich filtrów oferowanych przez GIMP-a filtr „Zniekształcenia macierzowe” jest najbardziej wszechstronny i elastyczny, przetwarzający obrazy z uwzględnieniem konwolucji – splotu funkcji.



Oryginał

Hello, world!



Spośród wszystkich filtrów oferowanych przez GIMP-a filtr „Zniekształcenia macierzowe” jest najbardziej wszechstronny i elastyczny, przetwarzający obrazy z uwzględnieniem konwolucji – splotu funkcji.



Inwersja – negatyw

Precyzyjniejsze efekty

Jak pokazano w przykładach powyżej z rozmyciem, efekt oddziałuje na obraz dosyć mocno. Pojawia się pytanie czy można w filtrach zmniejszyć siłę efektu?. Okazuje się że można. Ale w tym celu należy zmieniać nie stopień wpływu wartości pikseli znajdujących się w najbliższym otoczeniu, jak może się wydawać na pierwszy rzut oka, ale regulować ilość pikseli.

Lekkie rozmycie

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

div. = 4; Przes. = 0

Lekkie ostrzenie

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

div. = 1; Przes. = 0

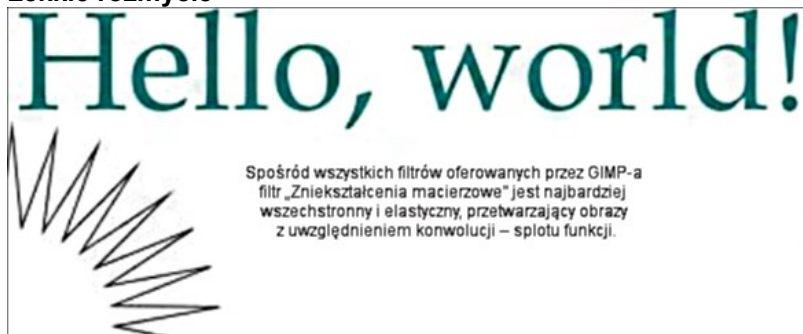
Lekka płaskorzeźba

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

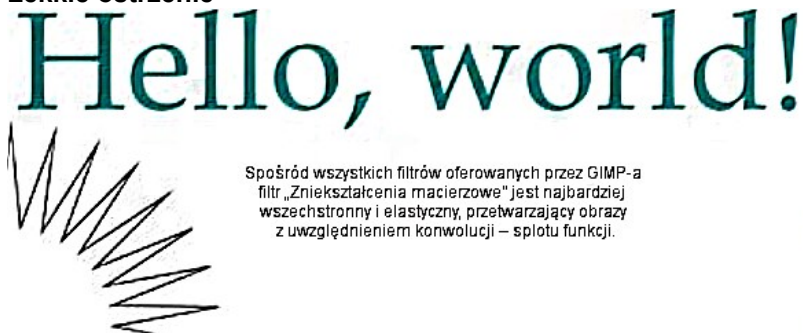
Div. = 1; Przes. = 0

Otrzymane wtedy efekty będą wyglądać trochę przyjemniej:

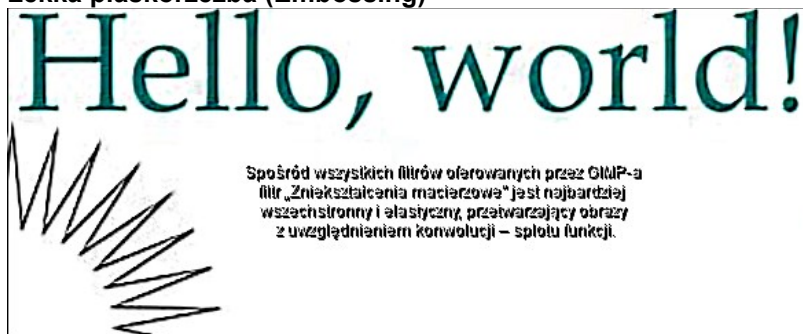
Lekkie rozmycie



Lekkie ostrzenie



Lekka płaskorzeźba (Embossing)



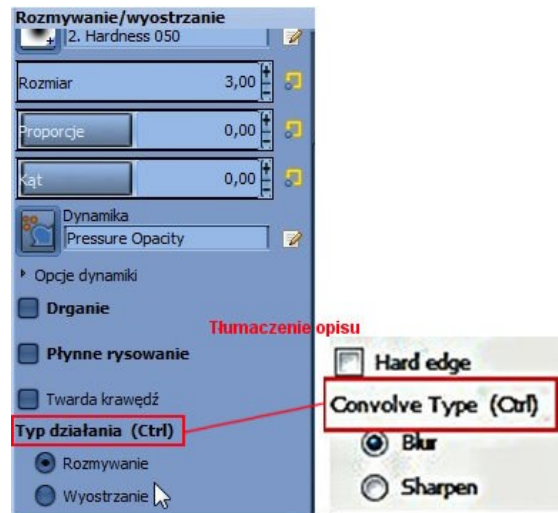
Teraz należy zadać sobie pytanie, a jak zwiększyć siłę efektu?.

Niestety, tylko wielokrotnym nałożeniem, bo czy się Nam to podoba czy nie, j/w nadal mamy obszar maski 3 x 3, chyba że zastosujemy większą maskę np. 5 x 5.

Gdzie w GIMP-ie Splot znajduje m.in. zastosowanie:



Narzędzie **Rozmywanie/Wyostrzanie** niezależnie od ikony: ,powinno prezentować *kontur wybranego pędzla*



Convolve Type (Typ splotu)

Tryb Blur - Rozmywanie powoduje, że każdy piksel pod wpływem pędzla zlewa się z sąsiednimi pikselami, zwiększając tym samym rozmycie pikseli wewnątrz obszaru pociągnięcia. Tryb **Sharpen** - Wyostrzanie powoduje, że każdy piksel staje się bardziej różny od swoich sąsiadów niż to było wcześniej: kolejne pociągnięcia zwiększają kontrast. Zbyt duże wyostrzenie kończy się w brzydkimi artefaktami. Niezależnie od wybrania tutaj ustawienia, można odwrócić proces przez przytrzymanie klawisza **Ctrl**.

“Convolve” Rozmywanie/Wyostrzanie, **jest stosowane w przypadku wybranych obszarów (nie do całego obrazu)**.

W celu demonstracji wykonujemy:

1. Powiększamy jakiś Nasz obraz do 16:1 i wycinamy do prób, jakiś obszar obrazu. Otrzymamy np. przykładowy wycinek obrazu:

Ten wycinek obrazu znowu powiększam 16:1 otrzymując



2. Teraz w ustawieniach opcji: **Rozmywanie/Wyostrzanie**, ustawiam rozmiar pędzla na 3 piksele Typ Splotu – działanie zaznaczam jako **Rozmywanie** i ustawiamy wskaźnik narzędzia na środkowy piksel po czym klikamy **kilkaście** razy **LPM**, otrzymując obraz:



Przed i Po - wyraźnie zmalał kontrast piksela.

Jeśli **3 krotnie** płynnie przesuniemy pędzel nad pikselami, od lewego górnego narożnika obrazu, po skosie, do prawego dolnego narożnika obrazu, z ustawioną szerokością pędzla (maską) jak poprzednio na 3 piksele uzyskamy **Rozmycie** pikseli obrazu:



3. Powracam do przykładowego obrazu i typ Splotu – działanie zaznaczam jako **Wyostczenie** (przy symbolu pędzla pojawia się znak „ - ”) i ustawiamy wskaźnik narzędzia na środkowy piksel po czym klikamy **kilkanaście** razy **LPM**, otrzymując obraz:



Wyraźnie zwiększył się kontrast piksela

Jeśli **3 krotnie** płynnie przesuniemy pędzel nad pikselami, od lewego górnego narożnika obrazu, po skosie, do prawego dolnego narożnika obrazu, z ustawioną szerokością pędzla (maską) jak poprzednio na 3 piksele uzyskamy **Wyostczenie** pikseli obrazu



Tyle podstaw, reszta - praktyka czyni mistrza!, czyli zastosować filtry splotowe omawiane w Poradniku.

Określenia:

Splot, splot całkowy, mnożenie splotowe lub konwolucja (ang. convolution: od convolute, „skręcać, zwiijać”; z łac. convolutus, im. od convolvere, od com-, „z, razem; całkowicie, gruntownie, dokładnie” i volvere, „zawijać”) – w matematyce oraz technice, działanie określone dla dwóch funkcji (lub opisywanych przez nie sygnałów) dające w wyniku inną, która może być postrzegana jako zmodyfikowana wersja oryginalnych funkcji. Nazwą tą nazywa się również wynik tego działania, które bywa nazywane także iloczynem (lub produktem) splotowym.

Uwaga! Mediana nie jest filtrem liniowym i NIE wyraża się w terminach splotu!

Ciekawostka:

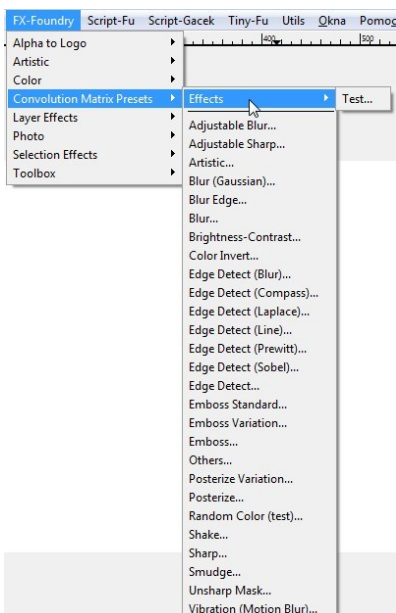
<http://gimpfr.org/pub/scripts-2.2/yourgimp/> a tu **convolution-presets.scn**

<Image>/Filters/Generic/Convolution Matrix Presets

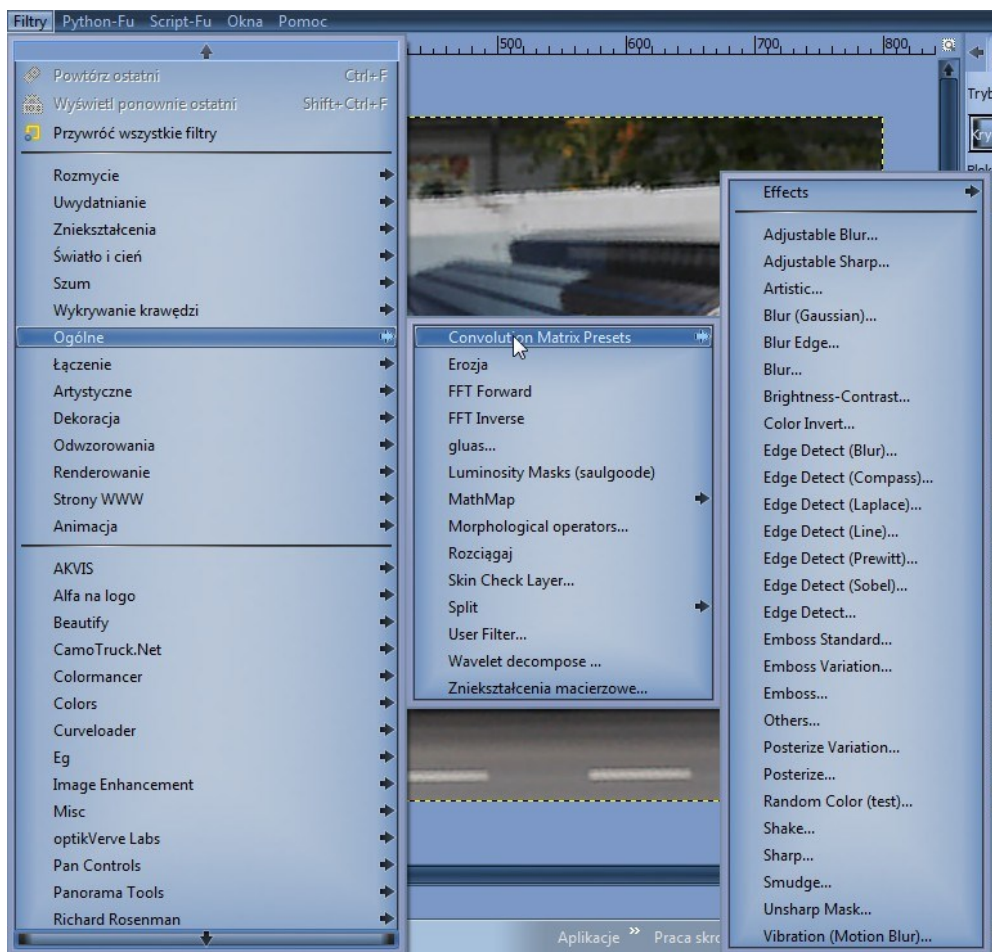
http://gimpfr.org/pub/scripts-2.2/yourgimp/convolution-presets_1.0.scn !!!!!

<http://kikidide.yuki-mura.net/GIMP/engimpmor3.htm> => Przydatne GIMP1.2 i 2.x, Script-Fu rozszerzone funkcje w **icci-convolution-presets Ver.1.2 Ver.2.0-2.8 2028_icci-convolution-presets**

Ver.2.0-2.8 po ściągnięciu mamy **2028_icci-convolution-presets.scn**, który umieszczamy np. w:
.../.gimp-2.8/scripts



2028_icci-convolution-presets w GIMP Portable 2.6.8



GIMP 2.8.15

Literatura wykorzystana przy tworzeniu poradnika:

<http://docs.gimp.org/2.6/en/plugin-convmatrix.html>

<http://docs.gimp.org/en/plugin-convmatrix.html> !!!

<http://www.gimpons.net/generique/80-filtre-matrice-de-convolution.html>

http://pl.wikipedia.org/wiki/Filtracja_obraz%C3%B3w

<http://aragorn.pb.bialystok.pl/~boldak/DIP/CPO-W03-v02-50pr.pdf> !!!!!

<https://www.youtube.com/watch?v=DogFik9p6jM> **Poradnik wideo - Opublikowany 6 grudnia 2013**

wyjaśniający sposób działania filtru **"GIMP: Explaining how the Convolution matrix" filter works**

<https://www.youtube.com/watch?v=QENzNKIAWEw> **Poradnik wideo PL: Filtr – Zniekształcenia macierzowe**

<http://matlabtricks.com/post-5/3x3-convolution-kernels-with-online-demo#demo> !!!

<http://www.codeproject.com/Articles/2008/Image-Processing-for-Dummies-with-C-and-GDI-Part>

<http://www.codeproject.com/Articles/2056/Image-Processing-for-Dummies-with-C-and-GDI-Part>

<http://gmic.eu/tutorial/convolve.shtml>

<http://www.roborealm.com/help/Convolution.php>

<http://www.algorytm.org/przetwarzanie-obrazow/filtrowanie-obrazow.html>

http://en.wikipedia.org/wiki/Kernel_%28image_processing%29

<http://wiki.delphiql.com/index.php/Convolution-Filter>

<http://blog.meetthegimp.org/episode-077-convoluting-the-matrix/>

<http://blog.meetthegimp.org/tag/convolution-matrix/>

<http://iftek.dk/billedmanipulation-filtre-via-foldningsmatrix>

<http://setosa.io/ev/image-kernels/>

<http://icon-tutorial.livejournal.com/5630140.html> Tutorial: Scribble Effect (GIMP Version)

<http://zbyma.gimpuj.info/Zastosowanie%20transformacji%20Fouriera%20do%20filtracji%20obraz%C3%B3w%20w%20GIMP.pdf> dla dociekliwych, coś więcej wyjaśni.

Opracowanie:

Zbigniew Małach

Zbyma72age

Poradnik nie może być publikowany w całości lub fragmentach na innych stronach www lub prasie, bez wcześniejszego kontaktu z autorem poradnika oraz bez zgody na publikację.