

Przetwarzanie obrazów

wykład 4

Adam Wojciechowski

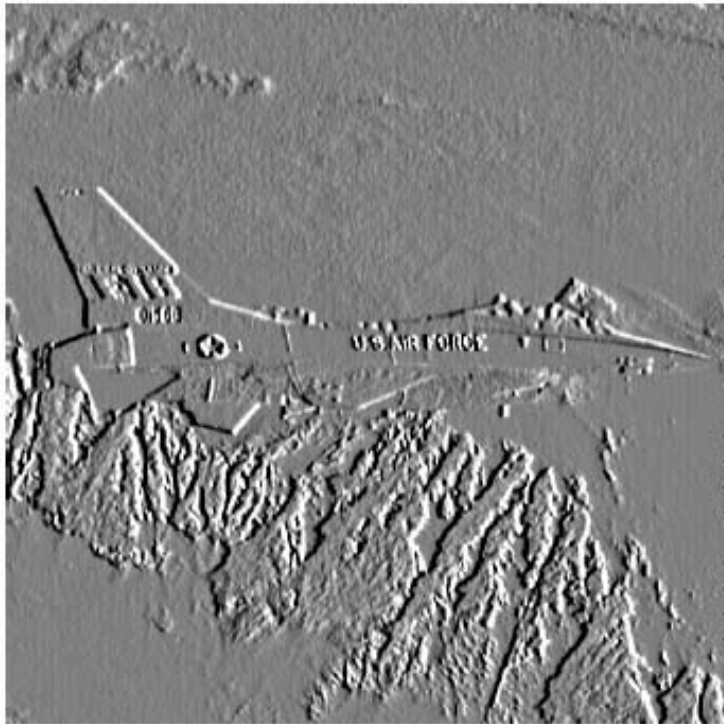
Wykład opracowany na podstawie „Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów” R. Tadeusiewicz, P. Korohoda

Filtry nieliniowe

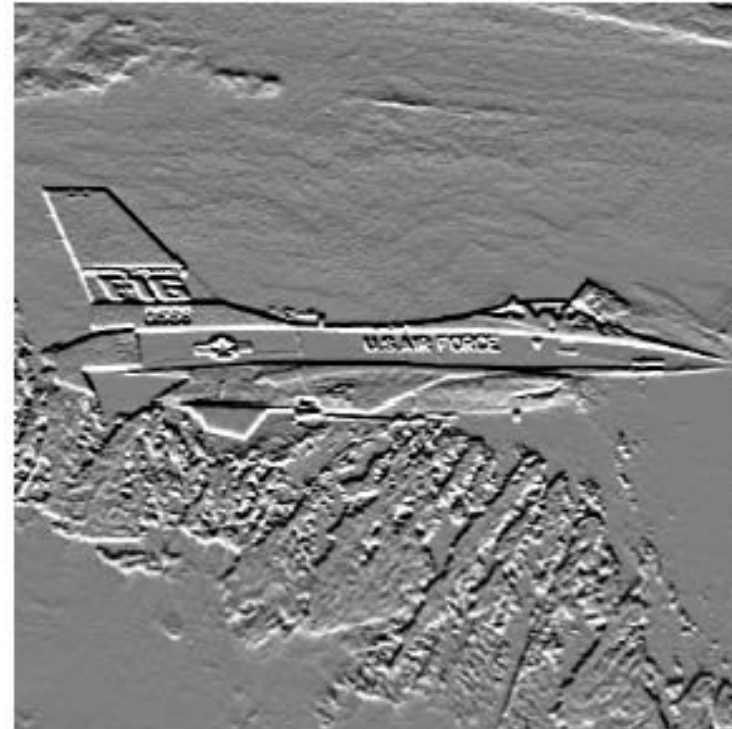
Filtry nieliniowe (kombinowane) lokalizują krawędzie dokładniej i w sposób bardziej pewny niż laplasjany.

Idea polega na kolejnym zastosowaniu dwóch gradientów w prostopadłych do siebie kierunkach a następnie dokonaniu nieliniowej kombinacji wyników tych gradientów.

Dzięki nieliniowej kombinacji liniowych przekształceń obraz wynikowy ma dobrze podkreślone kontury – niezależnie od kierunku ich przebiegu.



Obraz $L_2(m,n)$ z wydobytymi konturami pionowymi.



Obraz $L_1(m,n)$ z wydobytymi konturami poziomymi.

Najczęściej stosowanymi maskami gradientu są maski **Sobela**



Obraz, z którego wydobywane będą kontury.

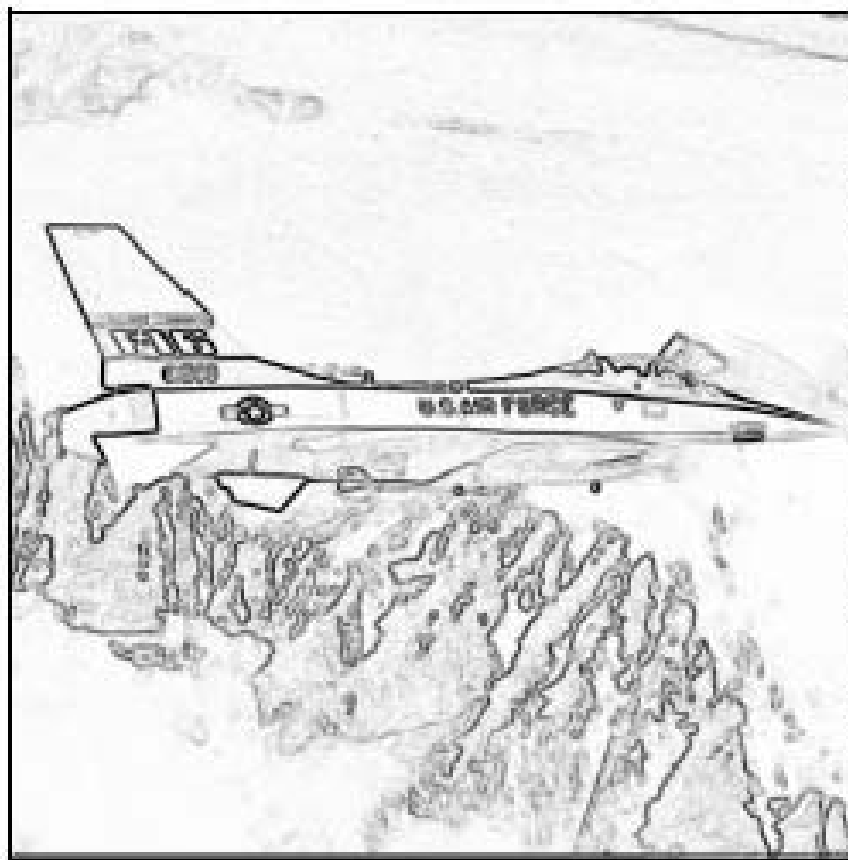
Następnie należy połączyć obrazy razem. Niestety po liniowej konwulacji maskami Sobela wartości pikseli są zarówno ujemne jak i dodatnie. Metoda łączenia powinna więc zabezpieczać przed skompensowaniem się wartości pikseli.



Obrazy $L_1(m,n)$ oraz $L_2(m,n)$ pokazane bez skalowania.

Do połączenia (kombinowania) obrazów można użyć formy Euklidesowej:

$$L'(m, n) = \sqrt{(L_1(m, n))^2 + (L_2(m, n))^2}$$



Gradient Sobela

Obraz konturowy powstały w wyniku Euklidesowej kombinacji obrazów $L_1(m, n)$ i $L_2(m, n)$.

Można wykorzystać uproszczoną formułę modułową, pozwalającą na uzyskanie równie dobrych wyników przy zdecydowanie mniejszym koszcie obliczeniowym.

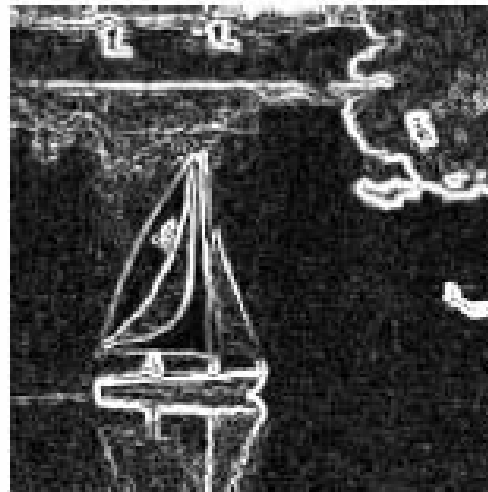
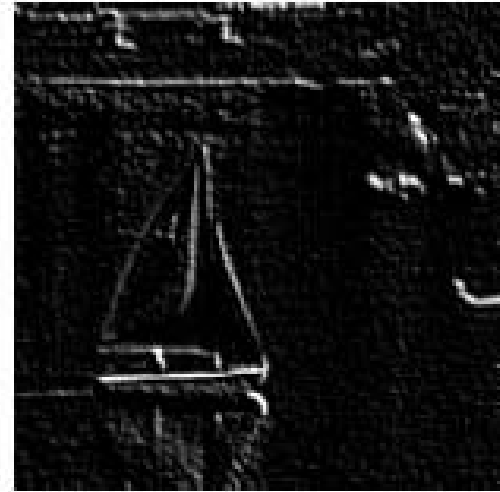
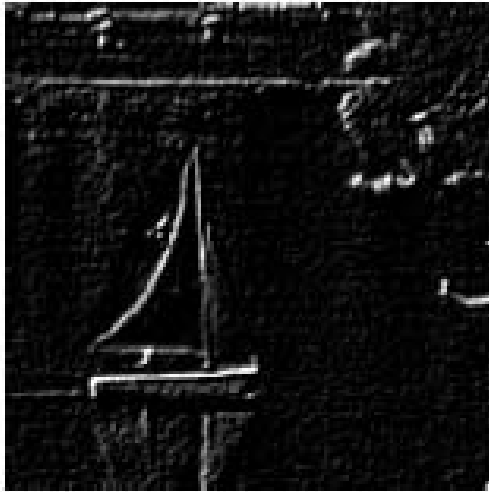
$$L'(m,n) = |L_1(m,n)| + |L_2(m,n)|$$



Gradient Sobela

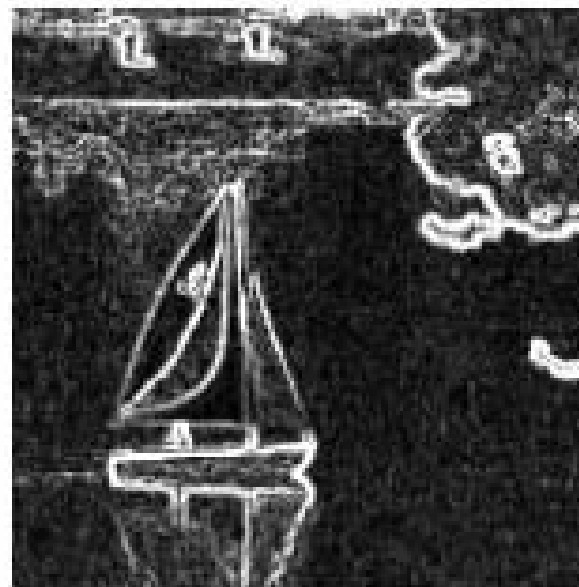
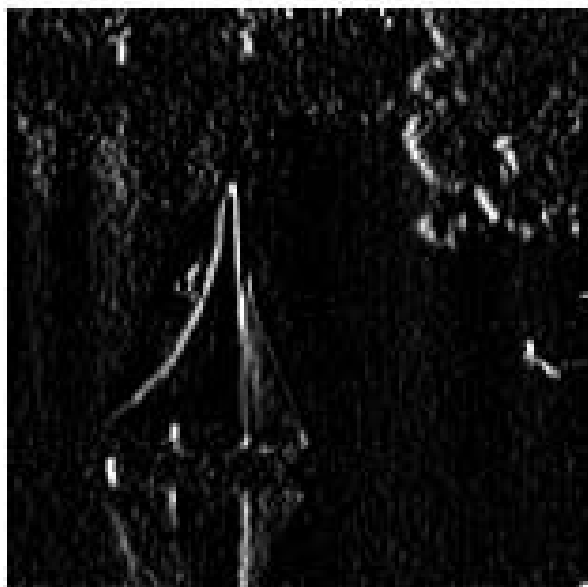
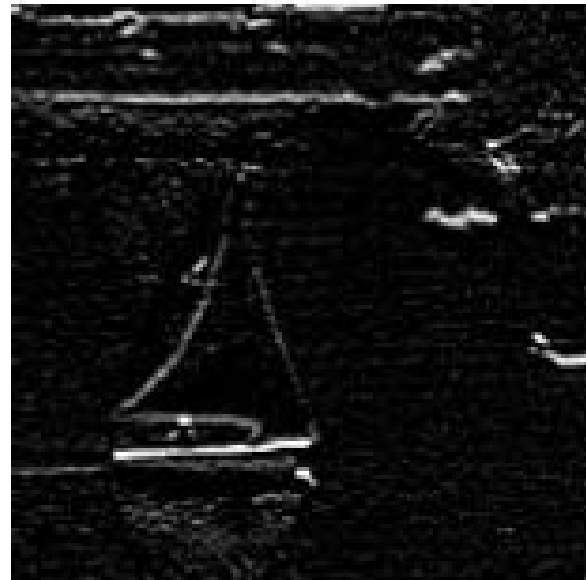
Obraz konturowy powstały w wyniku modułowej kombinacji obrazów $L_1(m,n)$ i $L_2(m,n)$.

Przy tworzeniu filtrów kombinowanych najważniejsze jest aby użyć liniowych gradientów o różnych kierunkach
- mogą być ukośne



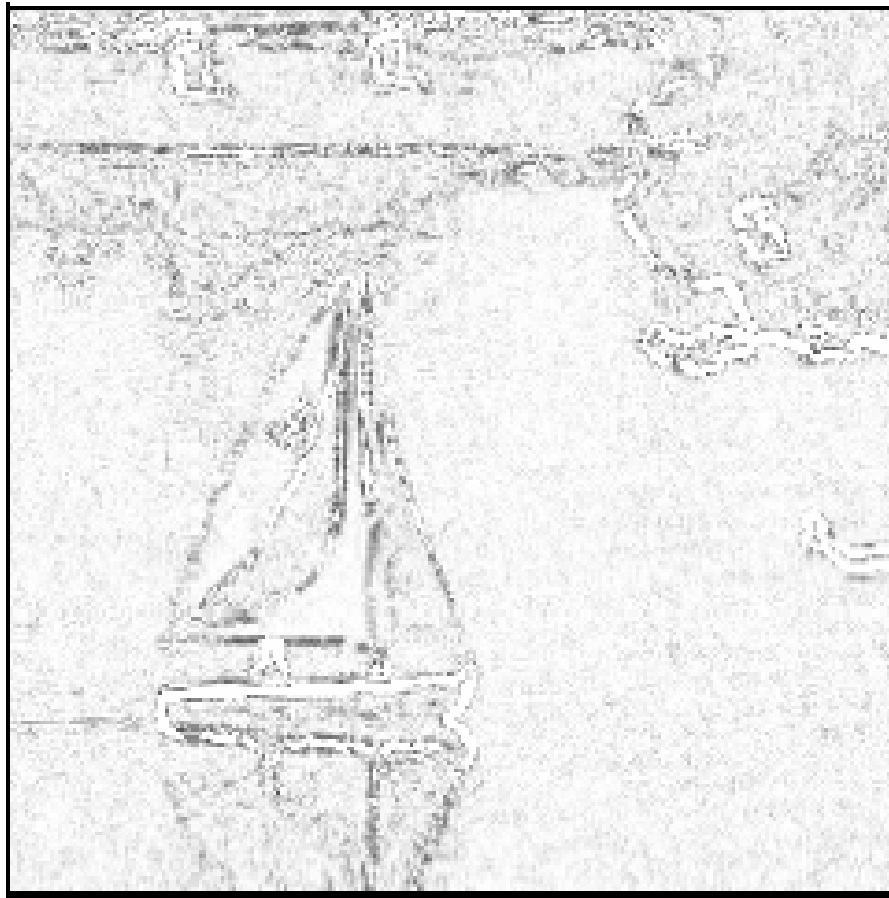
Odtworzenie konturów z gradientów skośnych.

Ten sam rysunek żaglówki
przekształcony typowymi
gradientami Sobela



. Odtworzenie konturów typową metodyką „gradientu Sobela”.

Różnica dwóch obrazów przekształconych gradientami ukośnymi i gradientami poziomym i pionowym



Błędy odtworzenia konturów ze skosów i typową metodyką „gradientu Sobela”.

Operacje logiczne na obrazach

Operacje binarne najczęściej przeprowadzane są na obrazach binarnych, w których wartości pikseli przyjmują jedną z dwóch stanów logicznych *prawda* (1) lub *fałsz* (0).

Dla większości operacji logicznych danymi wejściowymi są dwa obrazy a rezultatem jest jeden obraz. Na poszczególnych punktach obrazu wykonywane są najczęściej następujące operacje logiczne:

- NOT – zaprzeczenie (negatyw obrazu)
- AND – iloczyn logiczny („wykrywanie” obrazu za pomocą maski)
- OR – suma logiczna („fotomontaż”)
- SUB – różnica logiczna
- XOR – suma rozłączna
- NXOR – równoważność logiczna

NOT



. Obraz binarny i jego negacja.

AND



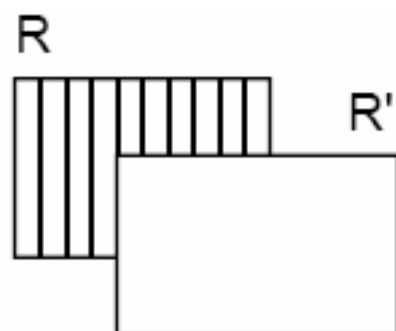
Obraz „Lena” przed i po zastosowaniu maski.

OR

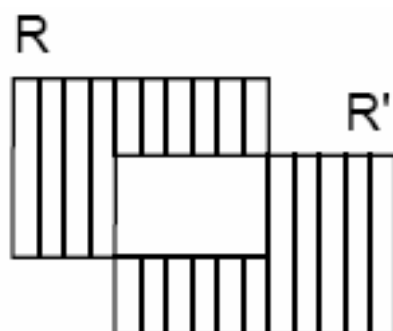


Obraz „Lena” po zastosowaniu logicznego sumowania z obrazem trzech kółek.

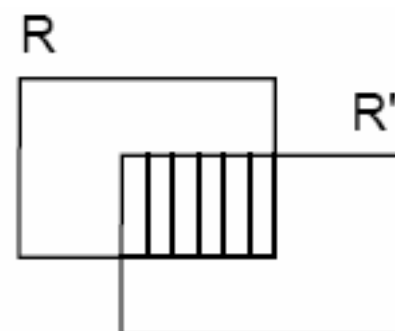
SUB, XOR, NXOR



SUB (R, R')



XOR (R, R')



NXOR (R, R')

Efekt działania operacji SUB, XOR i NXOR.



Skutki działania operacji SUB, XOR i NXOR.

Dla obrazów o większej skali kolorów (odcienie szarości od 0 do 255) tradycyjna logika Bool'a jest niewystarczająca. Stosowana jest logika rozmyta (ang. *fuzzy logic*), w której operacje są zdefiniowane następująco:

a) **negacja**

$$\bar{x} = \begin{cases} 0; & x \leq 127 \\ 1; & x > 127 \end{cases}$$

b) **iloczyn logiczny**

$$x \otimes y = \begin{cases} 0; & x * y \leq 16256 \\ 1; & x * y > 16256 \end{cases}$$

c) **suma logiczna**

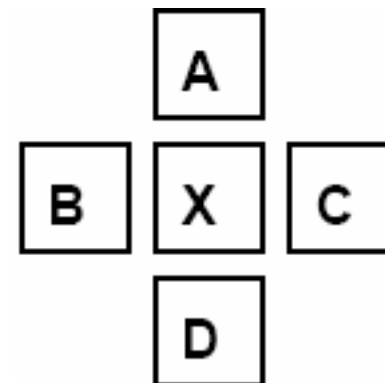
$$x \oplus y = \begin{cases} 0; & x + y \leq 255 \\ 1; & x + y > 255 \end{cases}$$

Operacje logiczne dla obrazów binarnych mogą mieć również charakter kontekstowy, które będą uwzględniały wartości pikseli sąsiadujących

$$X' = \left\{ \begin{array}{l} A \text{ jeśli } A=D \\ X \text{ w innym przypadku} \end{array} \right\}$$

$$X' = \left\{ \begin{array}{l} B \text{ jeśli } B=C \\ X \text{ w innym przypadku} \end{array} \right\}$$

$$X' = \left\{ \begin{array}{l} A \text{ jeśli } A=B=C=D \\ X \text{ w innym przypadku} \end{array} \right\}$$



Takie operacje logiczne są łatwo interpretowalne – eliminują pojedyncze białe piksele z czarnego tła lub pojedyncze czarne piksele z białego tła.

Uogólnienie dla pełnej skali stopni szarości zamiast równości sąsiednich pikseli stosujemy warunek aby odpowiednia różnica była dostatecznie mała:

$$X' = \begin{cases} A & \text{jeśli } \text{Abs}(A - D) < \varepsilon \\ X & \text{w innym przypadku} \end{cases}$$



Obraz „Lena” po kontekstowej filtracji logicznej.

Filtry medianowe

Omawiane wyżej filtry niestety niszczą drobne szczegóły i krawędzie przetwarzanych obrazów.

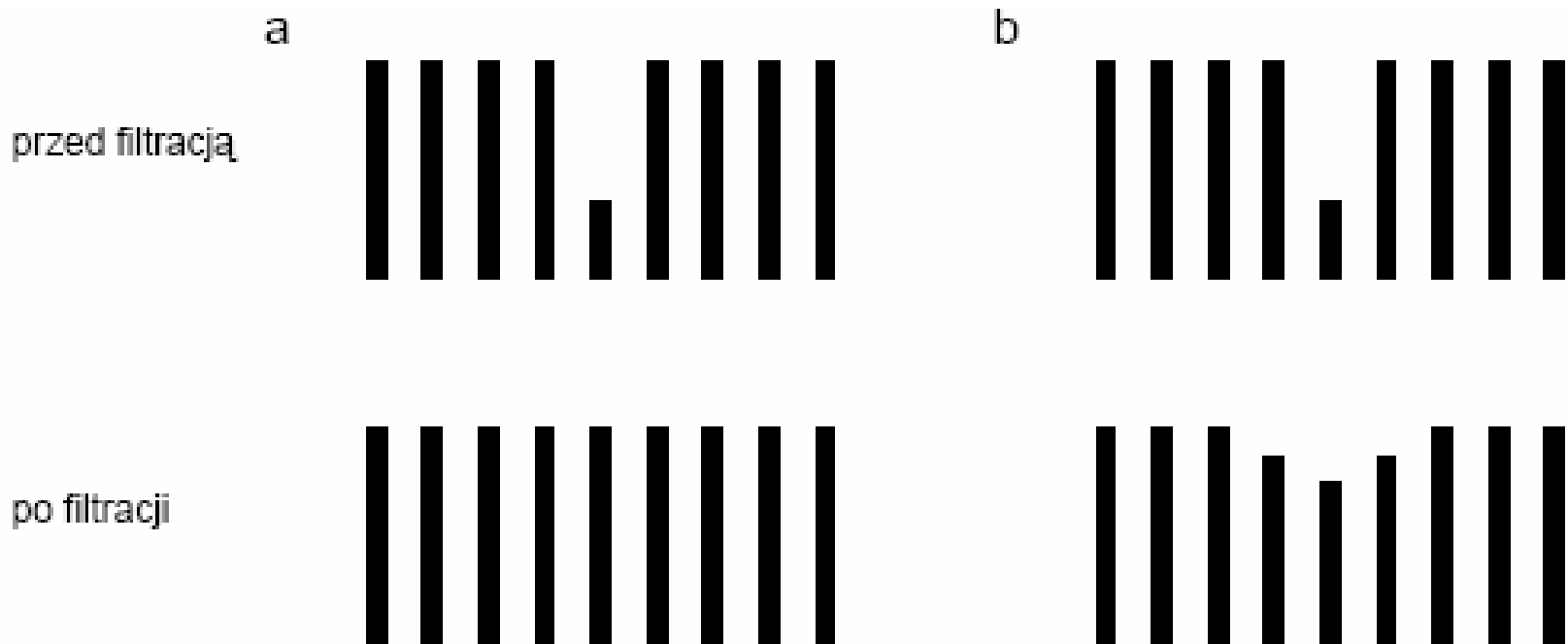
Lepsze rezultaty uzyskujemy dzięki zastąpieniu wartości obrabianego piksela przez wartość mediany (wartości średniej) kolorów pikseli sąsiadujących.

Dla przykładowego rozkładu jasności pikseli w otoczeniu pewnego bardzo jasnego punktu wartość mediany wynosi 16 i taką wartością zostanie zastąpiona liczba 198.

$$\begin{bmatrix} 1 & 13 & 19 \\ 12 & 198 & 17 \\ 17 & 16 & 13 \end{bmatrix}$$

Filtr medianowy jest filtrem mocnym gdyż ekstremalne wartości, odbiegające od średniej nie mają dużego wpływu na wartość jaką filtr przekazuje na swoim wyjściu.

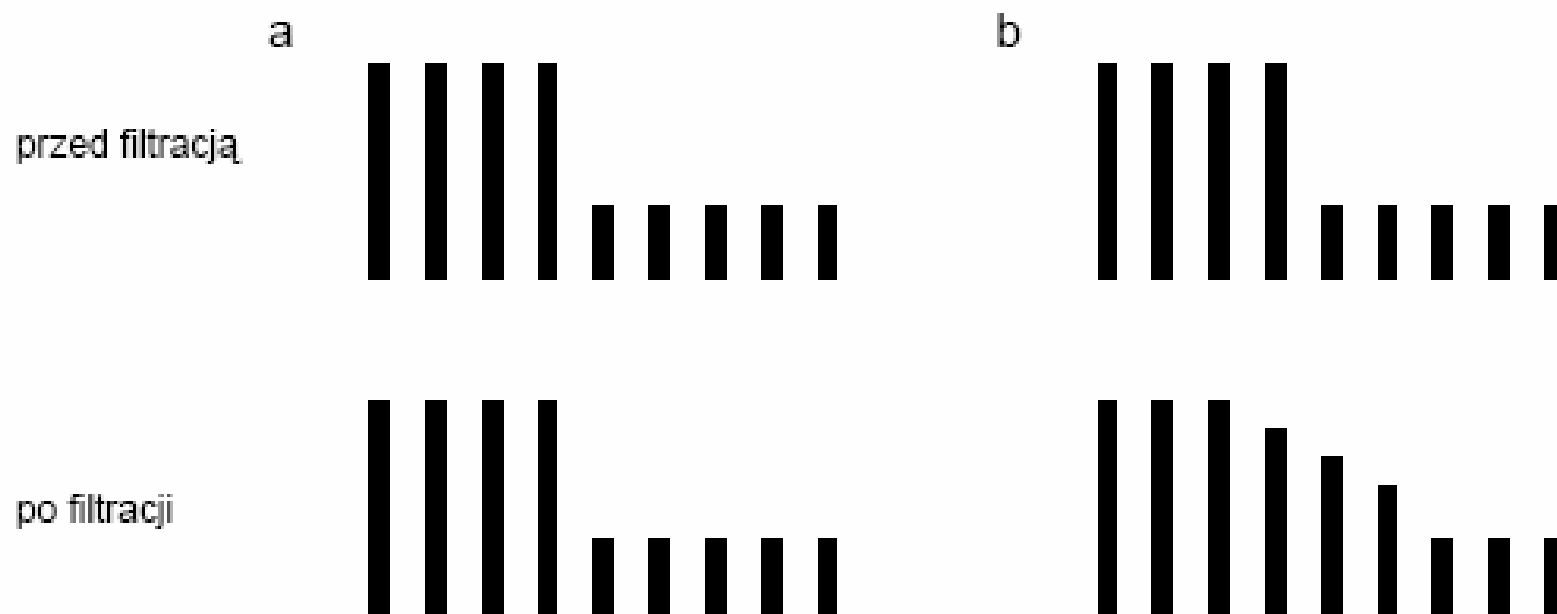
Filtr medianowy bardzo skutecznie zwalcza wszystkie lokalne szumy nie powodując ich rozmywania na większym obszarze (inaczej niż filtry konwulacyjne).



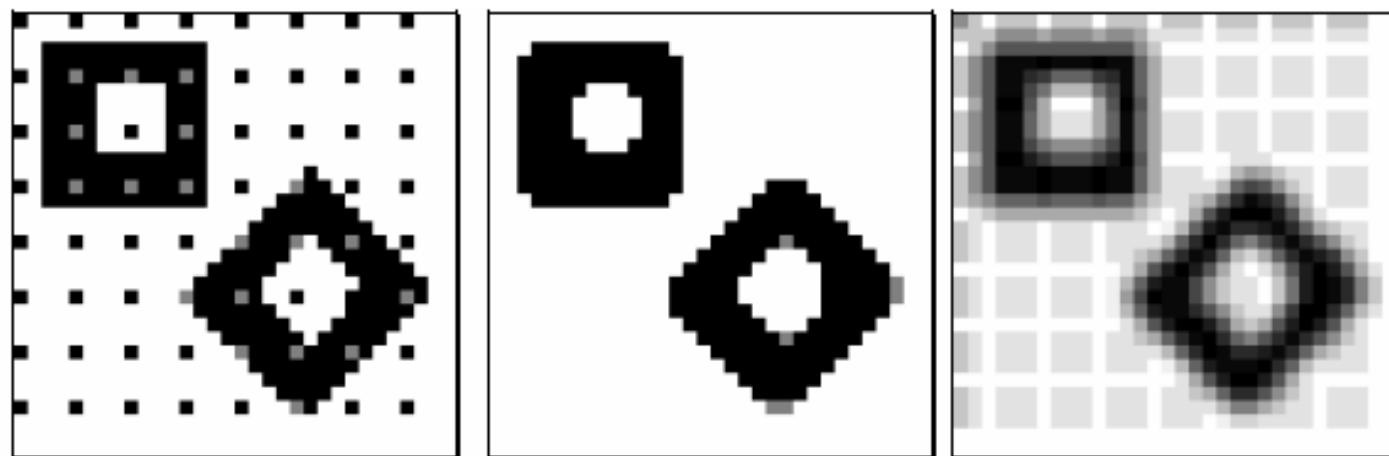
Usuwanie zakłóceń filtrem medianowym (a) i filtrem uśredniającym (b).

Filtracja medianowa nie wprowadza do obrazu żadnych dodatkowych wartości, więc po dokonaniu filtracji nie trzeba wykonywać dodatkowego skalowania.

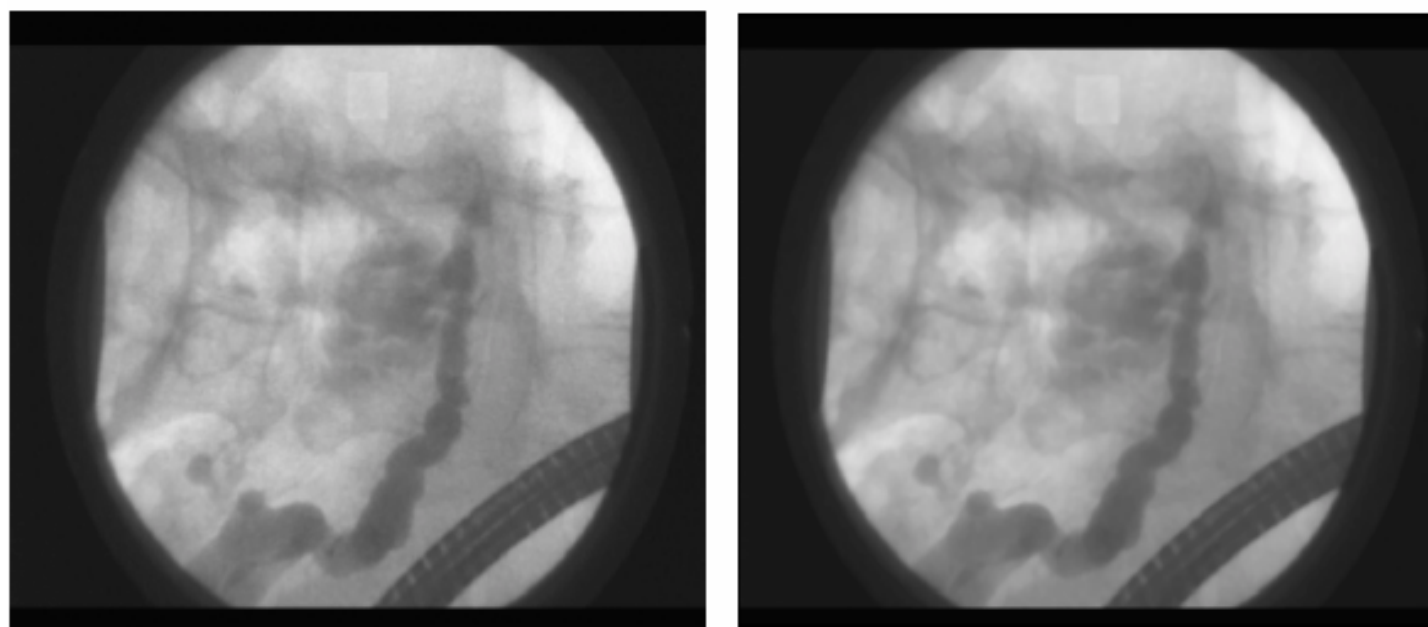
Najważniejszy atut filtracji medianowej polega na tym, że na ogół nie pogarsza ona krawędzi istniejących na rysunku obiektów.



Wpływ filtru medianowego (a) i filtru uśredniającego (b) na brzegi obiektu.



. Sztuczny obraz (po lewej) po filtracji medianowej (pośrodku) i konwolucyjnej (po prawej).



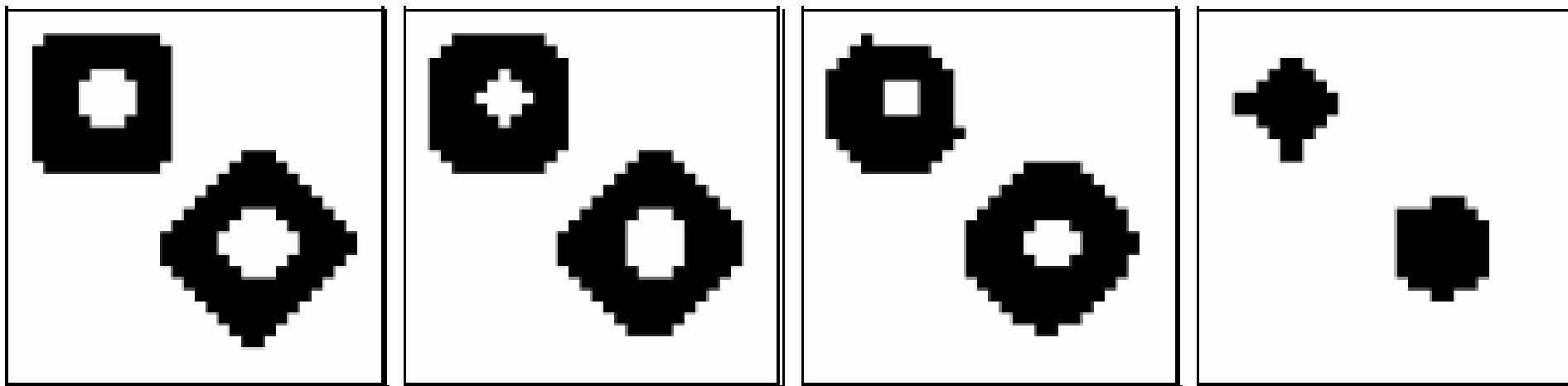
. Obraz medyczny - z lewej oryginalny, z prawej polepszony metodą filtracji medianowej.

Technika filtracji medianowej jest jedną z najlepszych technik filtracji, ale niestety nie jest pozbawiona wad. Ma skłonność do „obgryzania narożników”.



„Lena” po filtracji medianowej.

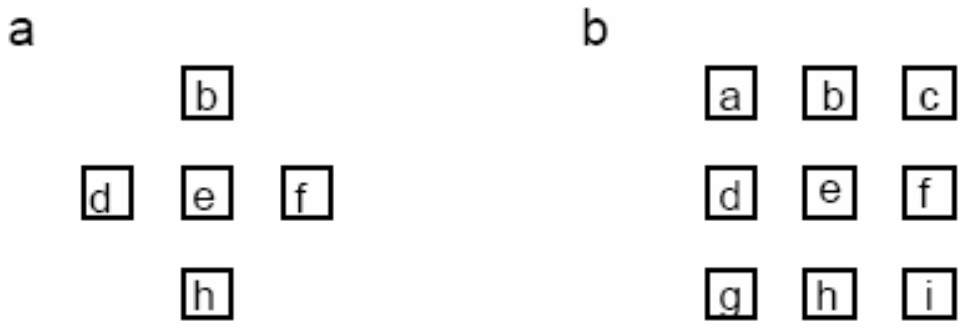
Skutki filtracji medianowej dla okien o rozmiarach kolejno:
3x3, 5x5, 7x7 i 9x9 pikseli



. Obrazy po filtracji medianowej w oknach o coraz większym rozmiarze.

Optymalizacje obliczeń filtrów medianowych

Niestety filtracja medianowa obarczona jest dużym kosztem obliczeniowym. Stosuje się uproszczenia polegające na ograniczeniu ilości punktów tworzących okno:



Otoczenie w medianie pięciopunktowej (a) i dziewięciopunktowej (b).

Lub zastosowanie specjalnych wzorów pozwalających na obliczenie mediany bez konieczności uciążliwego sortowania elementów okna:

$$\begin{aligned} \text{MED} (b, d, e, f, h) = \text{MAX} [& \text{MIN} (b, d, e), \text{MIN} (b, d, f), \text{MIN} (b, d, h), \\ & \text{MIN} (b, e, f), \text{MIN} (b, e, h), \text{MIN} (b, f, h), \\ & \text{MIN} (d, e, f), \text{MIN} (d, e, h), \text{MIN} (d, f, h), \\ & \text{MIN} (e, d, h)] \end{aligned}$$

Inne filtry nieliniowe

Do filtrów nieliniowych zaliczamy również inne metody analizujące stopnie szarości wybranego otoczenia punktu, jak ciągi liczb.

Wybierając z takiego ciągu wartość największą uzyskujemy **filtr maksymalny**, natomiast wybierając wartość najmniejszą uzyskujemy **filtr minimalny**.

3	12	21
4	12	43
1	8	100

↓ mediana

⇒ 1, 3, 4, 8, 12, 12, 21, 43, 100

↑ filtr minimalny

↑ filtr maksymalny

Filtry adaptacyjne

Filtry adaptacyjne zmieniają charakterystykę działania w zależności od cech analizowanego obrazu. Przewaga nad innymi filtrami jest taka, że większość z dotychczasowych filtrów działa jednostronnie, np.: filtr dolnoprzepustowy rozmazuje krawędzie, a filtr górnoprzepustowy wydobywa niepotrzebne szczegóły z obrazów.

Filtr adaptacyjny działa dwuetapowo:

- 1 etap** – wyznaczany jest parametr klasyfikujący dany punkt do krawędzi. Kryterium może być wariancja punktów szarości: duża wariancja oznacza krawędź.
- 2 etap** – dokonywana jest filtracja filtrem uśredniającym, ale tylko tych punktów, które nie zostały zaklasyfikowane jako krawędź. Punkty krawędzi pozostają bez zmian. Unika się w ten sposób ich rozmycia.



Efekt działania filtru adaptacyjnego.