

Metody komputerowego przekształcania obrazów

Przypomnienie – usystematyzowanie informacji z przedmiotu

Przetwarzanie obrazów

w kontekście zastosowań w widzeniu komputerowym

Wykorzystane materiały:

R. Tadeusiewicz, P. Korohoda, Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, Wyd. FPT, Kraków, 1997

- Przekształcenia geometryczne
- Przekształcenia punktowe (bezkontekstowe)
- Przekształcenia kontekstowe (filtry konwolucyjne, logiczne i medianowe)
- Przekształcenia widmowe (wykorzystujące transformację Fouriera)
- Przekształcenia morfologiczne

Przekształcenia geometryczne (1)

- Na przekształcenia geometryczne składają się:
 - przesunięcia
 - obroty
 - odbicia
 - inne transformacje geometrii obrazu



- Przekształcenia geometryczne pełnią rolę pomocniczą w trakcie przetwarzania obrazu
- Przekształcenia te wykorzystywane są głównie do korekcji błędów wnoszonych przez system wprowadzający oraz do operacji pomocniczych
- Najczęściej wykorzystywane są do korekcji błędów geometrii obrazu takich, jak zniekształcenia poduszkowe, beczkowate i trapezowe
- Źródłem takich zniekształceń są najczęściej niskiej jakości układy optyczne stosowane w kamerach video

Przekształcenia geometryczne (3)

- Przekształcenia geometryczne wykorzystywane też mogą być do niwelowania niedostatków systemu akwizycji obrazu
- Przekształcenia geometryczne mogą występować jako samodzielne transformacje, ale mogą także być także wykorzystywane do wspomagania innych rodzajów przekształceń i analiz



Przekształcenia geometryczne (4)

WIDZENIE
KOMPUTEROWE

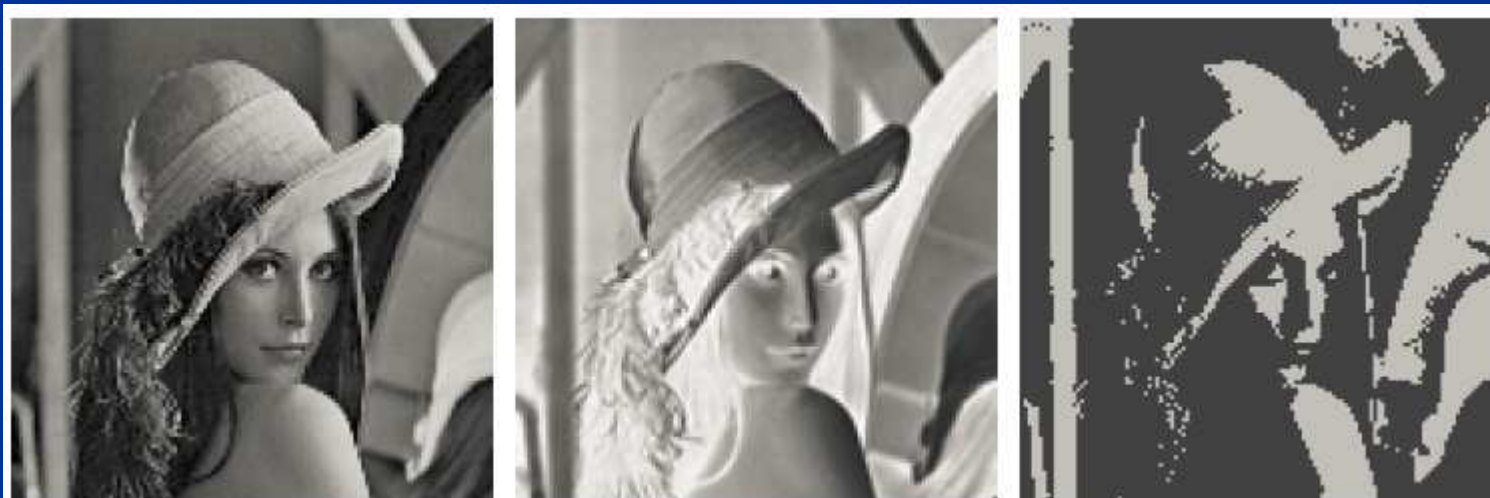


- Poszczególne elementy obrazu (punkty) modyfikowane są niezależnie od stanu elementów sąsiadujących
- Innymi słowy – jeden punkt obrazu wynikowego otrzymywany jest w wyniku wykonania określonych operacji na pojedynczym punkcie obrazu wejściowego
- Dzięki takiej regule operacje jednopunktowe (inaczej zwane anamorficznymi) mogą być wykonywane stosunkowo łatwo i szybko nawet na bardzo dużych obrazach
- Najprostszymi operacjami punktowymi są:
 - utworzenie negatywu
 - rozjaśnienie lub zaciemnienie wybranych punktów obrazu

- Modyfikowana jest jedynie wartość (np. stopień jasności) poszczególnych punktów obrazu
- Relacje geometryczne pozostają bez zmian
- Jeżeli wykorzystywana jest funkcja ściśle monotoniczna (rosnąca lub malejąca), to zawsze istnieje operacja odwrotna, sprowadzająca z powrotem obraz wynikowy na wejściowy
- Jeżeli zastosowana funkcja nie jest ściśle monotoniczna, pewna część informacji jest bezpowrotnie tracona
- Operacje te mają za zadanie jedynie lepsze uwidocznienie pewnych treści już zawartych w obrazie, nie wprowadzają one żadnych nowych informacji do obrazu

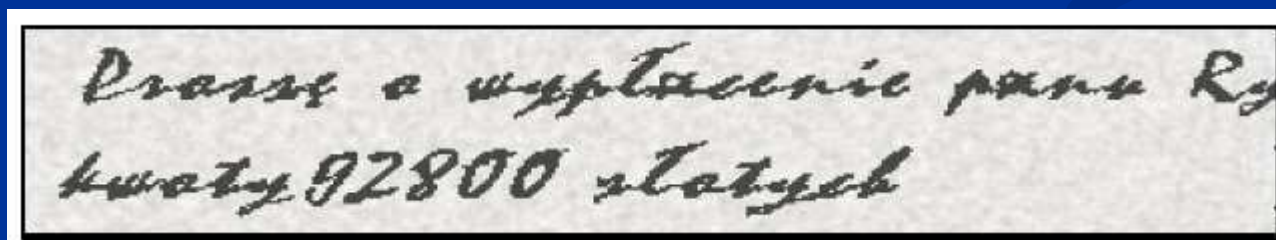
Przekształcenia punktowe (3)

- Bezpośrednio widocznym efektem przekształceń punktowych jest więc zawsze zmiana skali jasności obrazu bez zmiany geometrii widocznych na obrazie obiektów



Przekształcenia punktowe (4)

- Mimo bardzo prostego matematycznie charakteru przekształcenia punktowe bardzo radykalnie modyfikują subiektywne wrażenie, jakie uzyskujemy oglądając obraz
- Czasem prowadzi to do krańcowego zniekształcenia obrazu, czasem jednak pozwala wykryć lub uwypuklić pewne cechy obrazu praktycznie niewidoczne, gdy się ogląda obraz oryginalny



Fragment czeku –
oryginalny obraz



Fragment czeku
poddany transformacji
punktowej. Widać
fałszerstwo

Przekształcenia punktowe (4)

- Uwypuklenie wybranych jasności ekranu
 - wydobyć „poziomic” szarości
- Normalizacja
 - zmiana zakresu wartości pikseli
- Korekcja gamma
 - redukcja nadmiernego kontrastu
- Dodanie (odjęcie) stałej wartości do wartości pikseli
 - rozjaśnienie (przyciemnienie) obrazu
- Przemnożenie obrazu przez liczbę
 - zwiększenie zróżnicowania stopni szarości na obrazie
- Potęgowanie (pierwiastkowanie, logarytmowanie)
 - Podwyższenie kontrastu w zakresie dużych (małych) jasności



■ Wyrównywanie histogramu

- takie przekształcenie jasności poszczególnych punktów obrazu, aby ilość punktów o jasności leżącej w każdym z równych przedziałów histogramu była (w przybliżeniu) taka sama

■ Operacje na dwóch obrazach

- dodanie dwóch obrazów
- odjęcie dwóch obrazów
- przemnożenie dwóch obrazów
- kombinacja liniowa dwóch obrazów



■ Binaryzacja

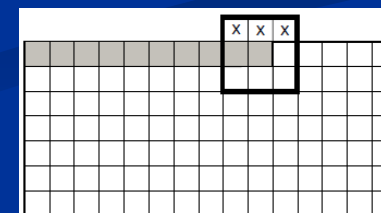
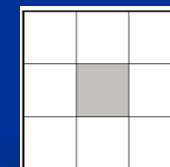
- zamiana obrazu mającego wiele poziomów szarości na obraz, którego piksele mają wyłącznie wartości 0 i 1

■ Tablice LUT

- tablice, pozwalające szybko wykonać niektóre przekształcenia jednopunktowe

Przekształcenia kontekstowe (1)

- Przekształcenia przy pomocy filtrów polegają na modyfikacji poszczególnych elementów obrazu w zależności od stanu ich samych i ich otoczenia
- Ze względu na tę kontekstowość operacje filtracji mogą wymagać dość długiego czasu (żeby wyprodukować jeden punkt obrazu wynikowego trzeba poddać określonym przekształceniom zarówno odpowiadający mu punkt obrazu źródłowego, jak i kilka (do kilkudziesięciu) punktów z jego otoczenia
- Ze względu na brak otoczenia, z przekształcenia zwykle wyłączane są krawędzie obrazu



- Przekształcenia wchodzące w skład filtracji obrazu są zazwyczaj algorytmicznie proste i regularne, a ponadto mogą być wykonywane na wszystkich punktach obrazu równocześnie bez konieczności uwzględniania przy przetwarzaniu jednego piksela wyników przetwarzania innych pikseli
- Dzięki tej właściwości, do celów filtracji obrazów coraz chętniej i coraz częściej stosuje się specjalizowane procesory dokonujące współbieżnego przetwarzania wszystkich punktów obrazu na drodze czysto sprzętowej

■ Cele przekształceń:

- Stłumienie w obrazie niepożądanego szumu
- Wzmocnienie w obrazie pewnych elementów zgodnych z posiadanym wzorcem
- Usunięcie określonych wad z obrazu
- Poprawa obrazu o złej jakości technicznej
- Rekonstrukcja obrazu, który uległ częściowemu zniszczeniu

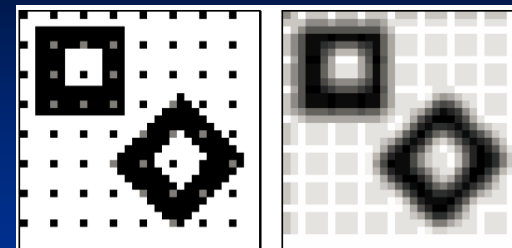
■ Podział filtrów:

- liniowe (wykonujące operację filtracji w oparciu o pewną liniową kombinację wybranych pikseli obrazu wejściowego)
- nieliniowe (wykonujące operację filtracji w oparciu o pewną nieliniową funkcję wybranych pikseli obrazu wejściowego)

Przekształcenia kontekstowe (4)

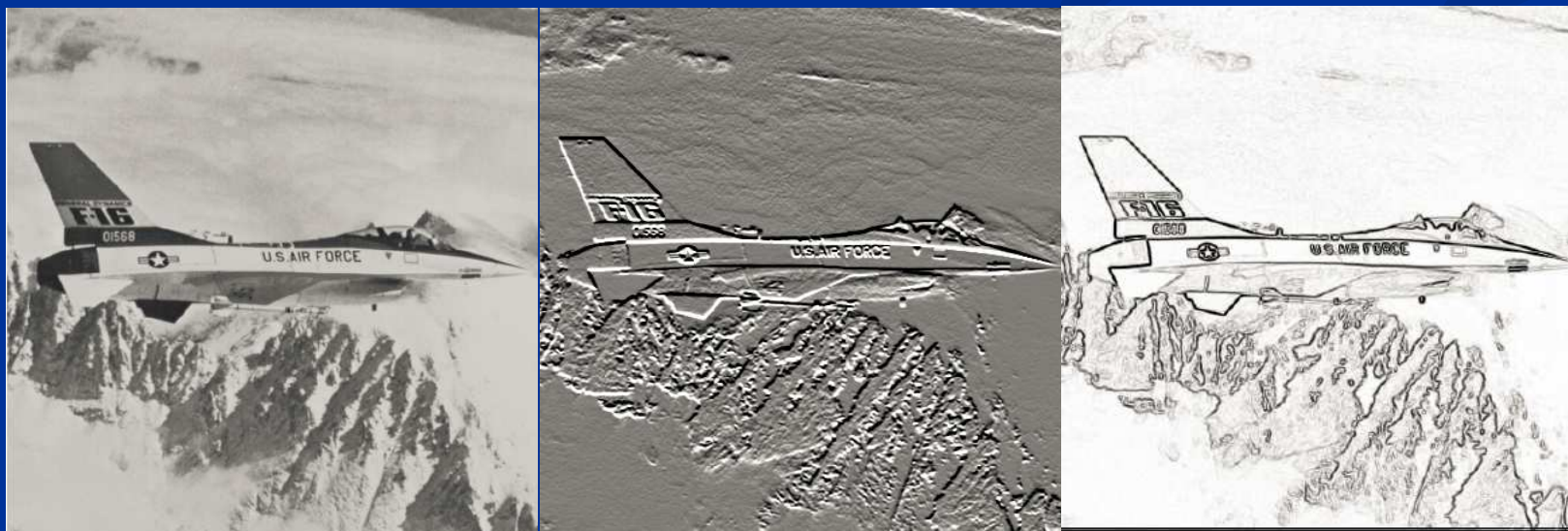
- Filtry dolnoprzepustowe

- usuwają zakłócenia z obrazu



- Filtry górnoprzepustowe – gradienty

- wydobywają z obrazu składniki odpowiedzialne za szybkie zmiany jasności - a więc kontury, krawędzie, drobne elementy faktury, itp. „wyostrzają” obraz



Przekształcenia widmowe (1)

- Podobne do filtracji kontekstowych, z tą różnicą, że kontekstem używanym w operacjach jest cały obraz
- Technika przekształceń widmowych polega na tym, że najpierw w oparciu o cały obraz obliczane jest (z użyciem transformacji Fouriera) dwuwymiarowe widmo obrazu:

$$F(i,k) = \beta_L \cdot \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} L(m,n) \cdot \exp\left(\frac{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot m \cdot i}{M}\right) \cdot \exp\left(\frac{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot k}{N}\right)$$

- Następnie widmo to podlega określonej modyfikacji (na przykład usuwane są składowe o wysokich częstotliwościach), a następnie dokonywana jest rekonstrukcja obrazu (z użyciem odwrotnej transformacji Fouriera):

$$L(m,n) = \beta_F \cdot \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} F(i,k) \cdot \exp\left(\frac{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot m \cdot i}{M}\right) \cdot \exp\left(\frac{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \cdot k}{N}\right)$$

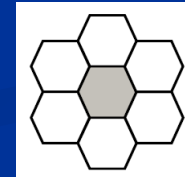
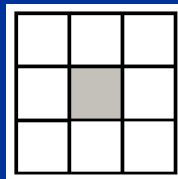
- Taki sposób przetwarzania obrazu pozwala na wyjątkowo precyzyjne kontrolowanie skutków dokonywanych transformacji, jednak z punktu widzenia jakości obrazów nie wnosi istotnie nowej jakości, a wiąże się z ogromnym obciążeniem obliczeniowym komputera (wykonywanie transformacji Fouriera)
- Transformata Fouriera nadaje się z kolei do implementacji na procesorach kart graficznych, dzięki czemu czas jej działania może ulec znaczącemu przyspieszeniu.

- Różnią się od filtrów tym, że dany element obrazu nie jest modyfikowany zawsze, ale tylko wtedy, gdy spełniony jest zadany warunek logiczny
- Wykonywane są zazwyczaj iteracyjnie, aż do zaistnienia zadanego warunku logicznego (zazwyczaj braku dalszych zmian w przetwarzanym obrazie)
- Są jednymi z najważniejszych operacji w komputerowej analizie obrazu, gdyż – odpowiednio kombinowane w zestawy – pozwalają na najbardziej złożone operacje, związane z analizą kształtu elementów obrazu oraz ich wzajemnego położenia

■ Element strukturalny obrazu

- Wycinek obrazu (przy dyskretnej reprezentacji obrazu - pewien podzbiór jego elementów) z wyróżnionym jednym punktem (tzw. punktem centralnym).
- Najczęściej stosowanym elementem strukturalnym jest koło o promieniu jednostkowym na siatce heksagonalnej

- lub kwadratowej



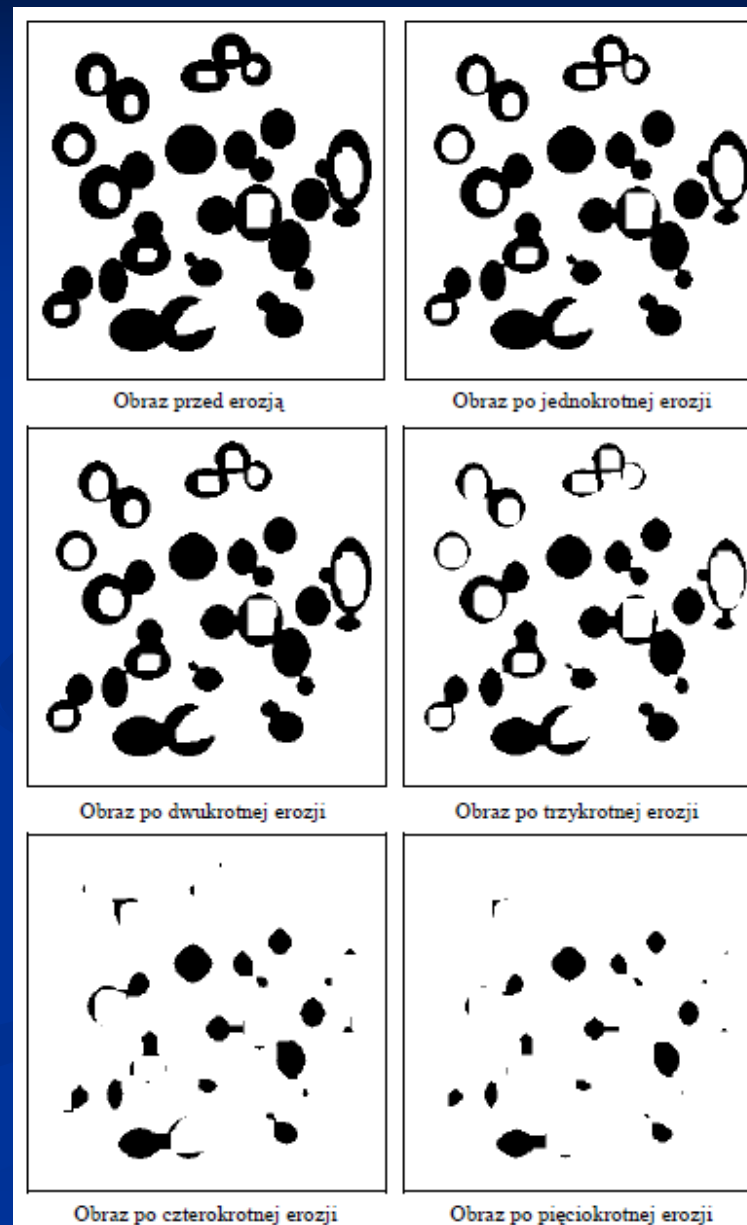
■ Ogólny algorytm:

- przyłóż centralny punkt kolejno do wszystkich punktów obrazu (element strukturalny jest przemieszczany po całym obrazie i dla każdego punktu obrazu wykonywana jest analiza koincydencji punktów obrazu i elementu strukturalnego, przy założeniu, że badany punkt obrazu jest punktem centralnym elementu strukturalnego)
- sprawdź, czy lokalna konfiguracja punktów odpowiada układowi, zapisanemu w elemencie strukturalnym (w każdym punkcie obrazu następuje sprawdzenie, czy rzeczywista konfiguracja pikseli obrazu w otoczeniu tego punktu zgodna jest z wzorcowym elementem strukturalnym)
- wykonaj, w przypadku zgodności konfiguracji punktów, operację określoną dla danego przekształcenia (w przypadku wykrycia zgodności wzorca pikseli obrazu i szablonu elementu strukturalnego następuje wykonanie pewnej (ustalonej) operacji na badanym punkcie; zazwyczaj jest to prosta zmiana koloru lub nasycenia jasności tego punktu, chociaż w ogólnym przypadku można założyć wykonanie dowolnej operacji)

Przekształcenia morfologiczne (4)

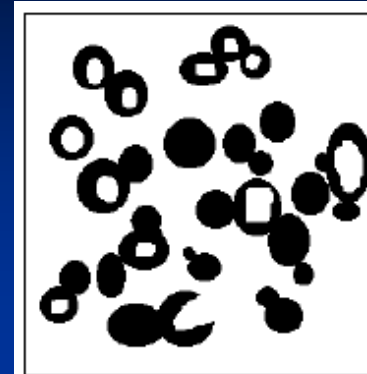
■ Erozja

- W implementacji komputerowej erozja jednostkowa polega na usunięciu wszystkich tych punktów obrazu o wartości 1, które posiadają choć jednego sąsiada o wartości 0
- Erozję można także interpretować matematycznie jako tzw. filtr minimalny, to znaczy taki operator, w którym każdemu punktowi przypisuje się minimum z wartości jego sąsiadów

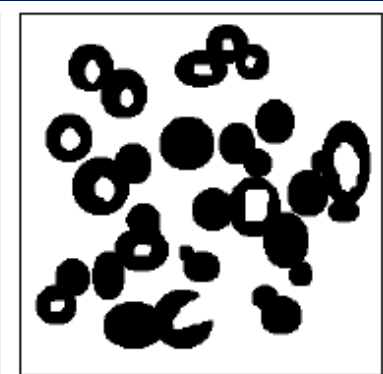


■ Dylatacja

- Przeciwnieństwo erozji
- Jeżeli punkt centralny i otoczenie elementu strukturalnego zgadza się z lokalną konfiguracją punktów obrazu, to nowa wartość punktu centralnego obrazu przyjmuje wartość 1 (pod warunkiem, że nie wszystkie wartości otoczenia obrazu są równe 0).
- Filtr maksymalny, to znaczy taki operator, w którym każdemu punktowi przypisuje się maksimum z wartości jego sąsiadów



Obraz przed dylatacją



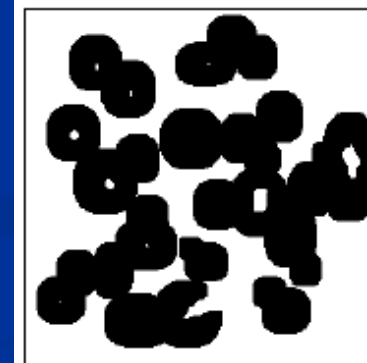
Obraz po jednokrotnej dylatacji



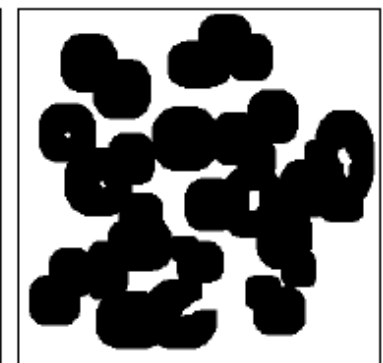
Obraz po dwukrotnej dylatacji



Obraz po trzykrotnej dylatacji



Obraz po czterokrotnej dylatacji



Obraz po pięciokrotnej dylatacji

Przekształcenia morfologiczne (6)

- Otwarcie i zamknięcie
- Automediana
- Detekcja ekstremów
- Ścienianie
- Szkieletyzacja
- Obcinanie gałęzi
- Wyznaczanie centroidów
- Pogrubianie
- Wypukłe otoczenie
- Złożenia przekształceń morfologicznych