

Systemy Wizyjne

Opracowanie do zaliczenia cz. 3

Zakres : Lab 12 – Lab 13

Laboratorium 12

Zagadnienia :

- Przekształcenia morfologiczne,
- Erozja,
- Dylatacja,
- Otwarcie / Zamknięcie,
- Top – Hat / Bottom – Hat,
- Trafi – nie – trafi,
- Ścinanie, szkieletyzacja,
- Rekonstrukcja,

Pytania :

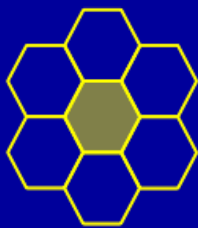
- Przekształcenia morfologiczne – czym jest element strukturalny obrazu ?
- Ogólny schemat przekształcenia morfologicznego. Co odpowiada punktowi centralnemu ? Kiedy jest wykonywana operacja na badanym punkcie – co musi być zgodne ?
- Czym jest erozja ? Jaki filtr odpowiada działaniu erozji ? Jakie znasz sposoby zmiany jej działania ? (3)
- Jak działa dylatacja ? Jaki filtr odpowiada dylatacji ?
- Jaka jest zasadnicza wada erozji / dylatacji ?
- Jak działa otwarcie / zamknięcie ? Co jest wykonywane najpierw w której operacji ?
- Jakie są zalety otwarcia / zamknięcia w stosunku do erozji / dylatacji ?
- Jak działa Top – Hat i Bottom – Hat ? Co od czego należy odjąć w Top-Hat, a co w Bottom – Hat ? Jakie inne przekształcenia wykorzystują w algorytmie ? (1)
- Czym jest przekształcenie trafi-nie-trafi ?

- Co to jest ścinanie ? Co to jest szkieletyzacja ?
- Czym jest rekonstrukcja ? Do czego jest wykorzystywana ?

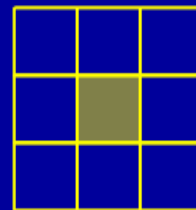
UWAGA : Zagadnienie całkiem dobrze omówione w wykładach z doku Wiki – Wykład 7. Większość materiału stamtąd przekopiowana, dodane komentarze ułatwiające zrozumienie.

Erozja

Podstawowym pojęciem przekształceń morfologicznych jest tzw. **element strukturalny obrazu**. Jest to pewien wycinek obrazu (pewien podzbiór elementów) z wyróżnionym jednym punktem – punktem centralnym. Najczęściej stosowanym elementem strukturalnym jest koło o promieniu jednostkowym.



Element strukturalny
(koło o promieniu
jednostkowym) na
siatce heksagonalnej



Element strukturalny
(koło o promieniu
jednostkowym) na
siatce kwadratowej

Podstawowa różnica pomiędzy przekształceniami morfologicznymi, a filtracjami jest taka, że filtracje modyfikują wszystkie piksele obrazu, a morfologie tylko wybrane – te które mają pasujący element strukturalny.

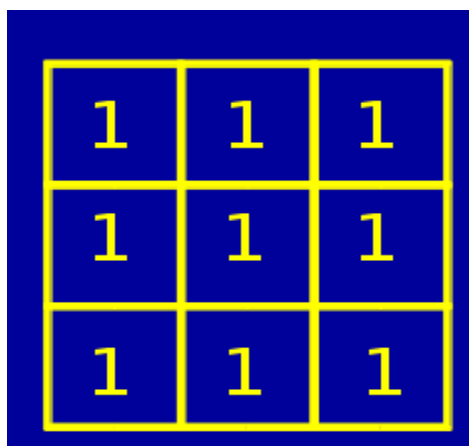
Ogólny algorytm przekształcenia morfologicznego:

- element strukturalny jest przemieszczany po całym obrazie i dla każdego punktu obrazu dokonywane jest porównanie punktów obrazu i elementu strukturalnego, przy założeniu, że badany punkt obrazu jest punktem centralnym elementu strukturalnego
- w każdym punkcie obrazu następuje sprawdzenie, czy rzeczywista konfiguracja pikseli obrazu w otoczeniu tego punktu jest zgodna z wzorcowym elementem strukturalnym
- w przypadku wykrycia zgodności wzorca pikseli obrazu i szablonu elementu strukturalnego – następuje wykonanie pewnej operacji na badanym punkcie

Aby wyjaśnić operację erozji można założyć, że istnieje nieregularny obszar X i koło B o promieniu r , które będzie elementem strukturalnym. Jako punkt środkowy elementu strukturalnego przyjmuje się środek koła B . Wówczas erozję figury X elementem B można zdefiniować na dwa sposoby:

- figura zerodowana to zbiór wszystkich środków kół o promieniu r , które w całości zawarte są we wnętrzu obszaru X

Czyli, np. jeśli weźmiemy taki element strukturalny :



, to sprawdzany piksel to ten w środku (element centralny), wartość tego piksela nie jest istotna, bo jest zastępowany elementem badanym (wartością piksela badanego). Sprawdzamy zgodność pikseli sąsiednich elementu centralnego z pikselami elementu strukturalnego, sprawdzamy więc czy otoczenie piksela centralnego zawiera jedynki. Zazwyczaj (nie zawsze, ale przeważnie) jeśli wykryjemy zgodność, to na elemencie centralnym jest wykonywana jakaś operacja.

W przypadku erozji : jeśli erozja wykryje element czarny na choćby jednym z pikseli sąsiednich punktu centralnego to przypisuje elementowi centralnemu kolor czarny, a jak wykryje same białe, to nic nie zmienia. Działa więc jak filtr minimalny. (Uwaga : Obrazek na poniższym obrazku powinien być na czarnym tle i biały aby zaprezentować w pełni działanie erozji)

Przykład realizacji erozji



figura przed erozją

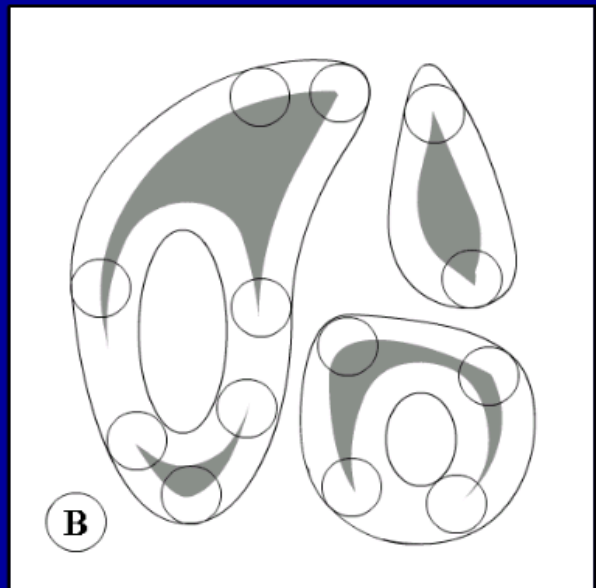


figura po erozji

Dla obrazów w skali szarości erozję można interpretować jako filtr minimalny, tzn. zastępuje element centralny najmniejszą znaną wartość. Przykład poniżej.

Erozję możemy również interpretować jako filtr minimalny, co ukazuje poniższy schemat. Z lewej strony umieszczony jest obraz wyjściowy, natomiast z prawej obraz po erozji.

8	8	7	5	8	8	3	5
5	3	3	5	8	3	3	4
5	3	5	8	8	5	5	5
5	5	8	8	5	5	5	5
3	3	5	5	8	8	7	7
7	7	2	7	8	8	5	7
7	5	5	7	8	7	7	7
5	5	3	3	3	3	5	8

3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3
3	3	3	5	5	5	5	5
3	2	2	2	5	5	5	5
3	2	2	2	5	5	5	5
5	2	2	2	3	3	3	5
5	3	3	3	3	3	3	5

Jak można zmienić działanie erozji ?

Tak jak robiliśmy na laboratorium można zmienić kształt elementu strukturalnego np. na koło, diament czy też zmienić rozmiar elementu strukturalnego.

Innym sposobem na zmianę działania erozji, który również był wykonywany na laboratorium jest wykonanie erozji iteracyjnie kilkakrotnie.

Można też zmienić zera i jedynki w elemencie strukturalnym.

UWAGA : Metody zmiany działania erozji wykorzystuje się analogicznie w przypadku innych operacji morfologicznych : dylatacji, otwarcia, zamknięcia.

Dylatacja jest operacją odwrotną do erozji. Jeśli znajdzie element biały na choćby jednym z przeszukiwanych pikseli, to przypisuje środkowemu wartość białą.

Dla obrazów w odcieniach szarości jest to filtr maksymalny.

Dylatacja jest przekształcenie niejako odwrotne do erozji. Aby wyjaśnić operację dylatacji można założyć, że istnieje nieregularny obszar (figura) na obrazie X i koło B o promieniu r , które będzie elementem strukturalnym. Wówczas dylatację figury X elementem B można zdefiniować na trzy sposoby:

- figura po dylatacji jest zbiorem środków wszystkich kół B , dla których choć jeden punkt pokrywa się z jakimkolwiek punktem figury wyjściowej

Poniżej przykład. UWAGA : tło powinno być czarne, a kształt biały.

Przykład realizacji dylatacji



figura
dylatacją

przed

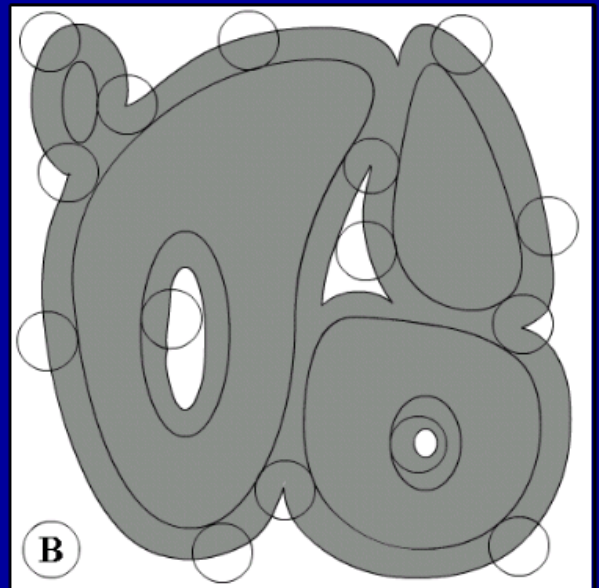


figura po dylatacji

Otwarcie i zamknięcie

Przekształcenia takie jak: erozja i dylatacja posiadają istotną wadę. Zmieniają one w wyraźny sposób pole powierzchni przekształcanych obrazów. Erozja zmniejsza je, a dylatacja zwiększa. Aby wyeliminować tę wadę wprowadzono dwa przekształcenia będące złożeniem poprzednich: Są to otwarcie i zamknięcie, które można zdefiniować następująco:

$$\text{otwarcie} = \text{erozja} + \text{dylatacja}$$
$$O(x) = D(E(x))$$

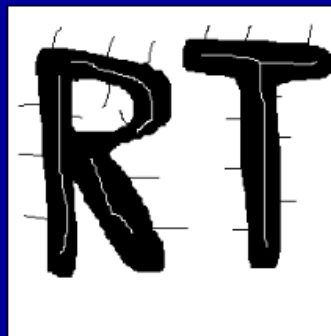
$$\text{zamknięcie} = \text{dylatacja} + \text{erozja}$$
$$C(x) = E(D(x))$$

UWAGA : To nie suma, tylko najpierw robimy erozję, a później z niej dylatację, w drugim przypadku w odwrotnej kolejności.

Przykład działania operacji **zamknięcia**:



Obraz binarny

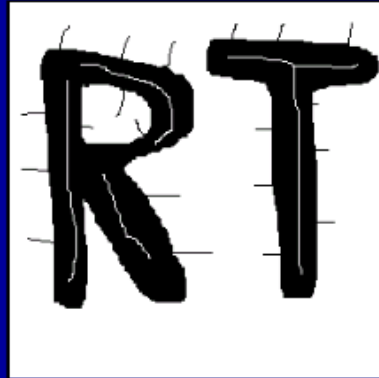


Obraz binarny zakłócony



Zakłócony obraz po operacji domknięcia jest wolny od części zakłóceń

Przykład działania operacji **zamknięcia** i **otwarcia**:



Obraz binarny zakłócony



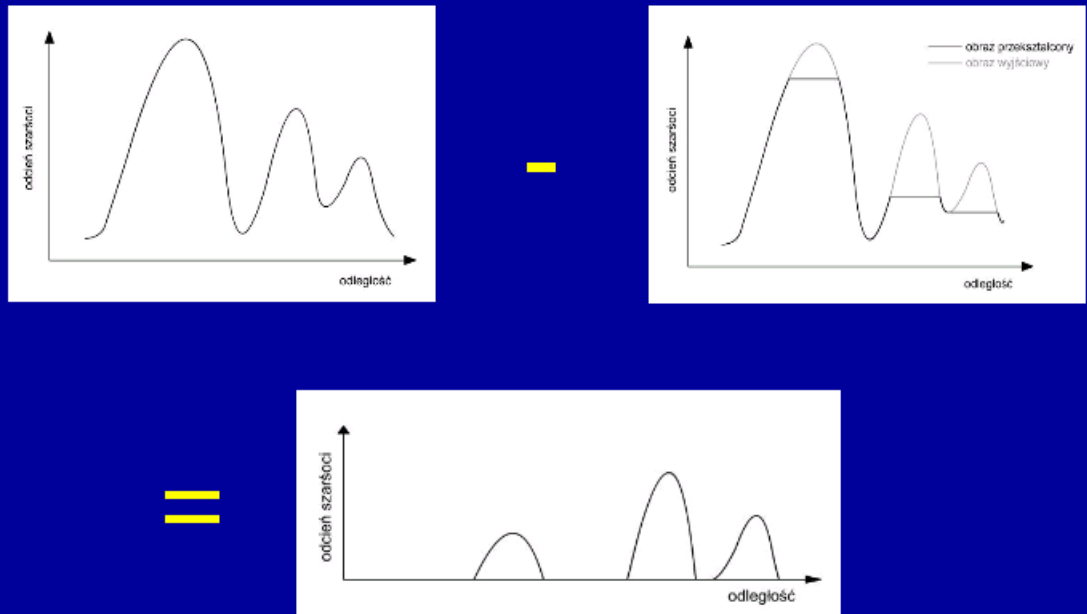
Obraz binarny zakłócony po operacji domknięcia i otwarcia jest wolny od wszystkich zakłóceń

- otwarcie usuwa drobne obiekty i drobne szczegóły, jak półwyspy i wypustki, rozłącza niektóre obiekty z przewężeniami
- zamknięcie wypełnia wąskie wcięcia i zatoki oraz drobne otwory wewnątrz obiektu, może też połączyć leżące blisko siebie obiekty
- Obydwie operacje nie zmieniają kształtu ani wymiarów dużych obiektów o wyrównanym gładkim brzegu

Detekcja maksimów i minimów na obrazie, czyli operacje Top-Hat oraz Bottom-Hat.

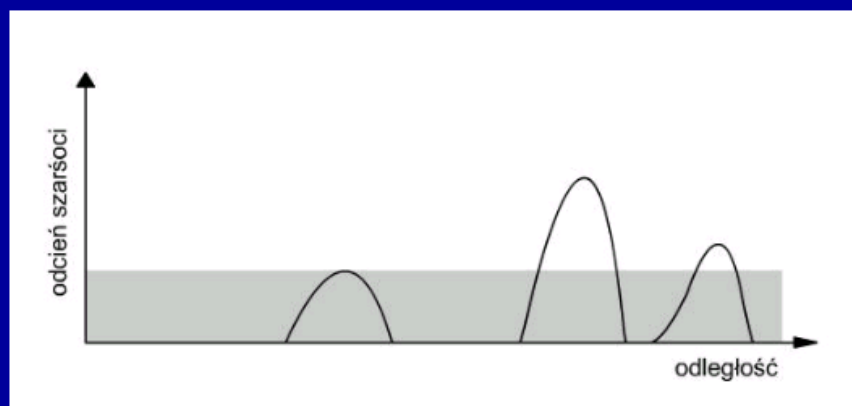
Krok I

Aby dokonać detekcji szczytów musimy od obrazu wyjściowego odjąć obraz powstały w wyniku otwarcia:



Krok II

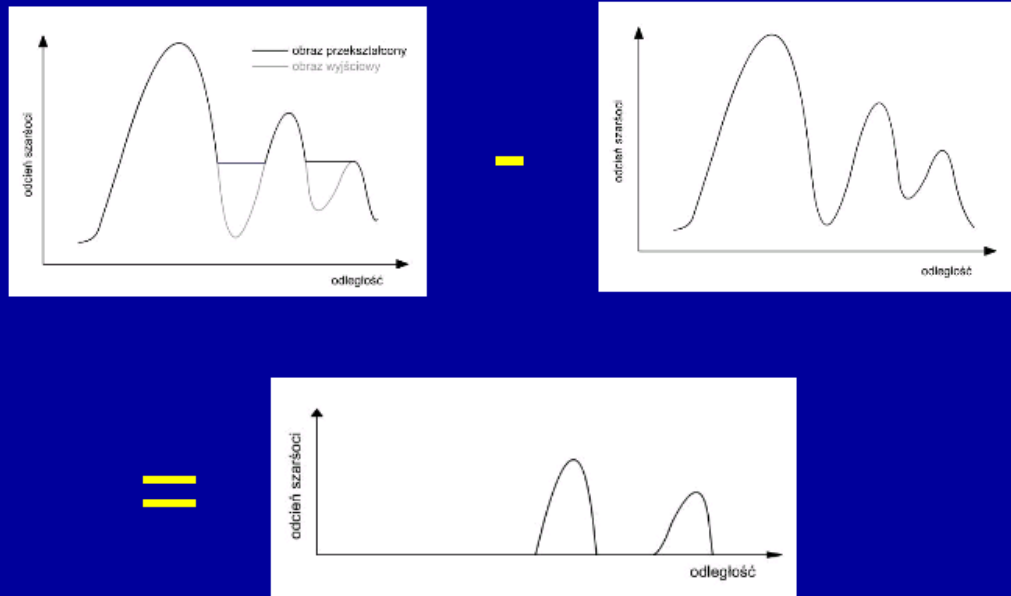
W następnej kolejności musimy dokonać binaryzacji z dolnym progiem w celu pozostawienia jedynie najjaśniejszych lub najciemniejszych punktów.



Po odpowiednio przeprowadzonej binaryzacji pozostają interesujące nas szczyty

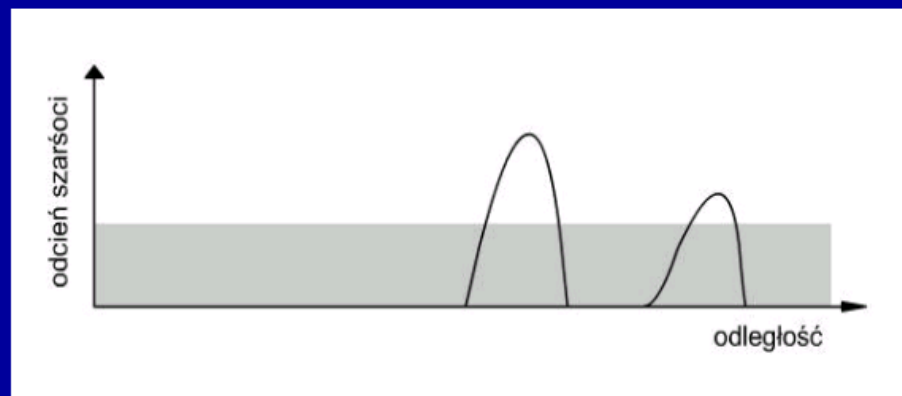
Krok I

Aby dokonać detekcji dolin musimy odjąć obraz wyjściowy od obrazu powstałego w wyniku zamknięcia:



Krok II

W następnej kolejności musimy dokonać binaryzacji z dolnym progiem w celu pozostawienia jedynie najjaśniejszych lub najciemniejszych punktów.



Po odpowiednio przeprowadzonej binaryzacji pozostają interesujące nas doliny

$$M(f) = B(O(f) - f)$$



Efekt działania operacji detekcji lokalnego maksimum



Efekt działania operacji detekcji lokalnego minimum

Przekształcenie ' Trafi nie Trafi '.

Do każdego punktu analizowanego obrazu przykładany jest punkt centralny danego elementu strukturalnego. Jeżeli lokalne otoczenie analizowanego punktu zgodne jest z elementem strukturalnym - odpowiedni punkt obrazu wynikowego uzyskuje wartość 1. W przeciwnym wypadku - wartość 0. Tak jak we wcześniej opisanych przekształceniach operacja ta jest przeprowadzana wielokrotnie, aż do braku zmian wprowadzanych przez operację.

Przykład

Do detekcji pojedynczych odizolowanych punktów w obrazie można wykorzystać przekształcenie trafi - nie trafi z następującym elementem strukturalnym:

0	0	0
0	1	0
0	0	0

Czyli w skrócie : Jak trafi to jedynka (zgoda otoczenia z el. Strukturalnym)
, jak nie trafi to zero.

Ścinanie

Tą nazwą można określić pewną grupę przekształceń morfologicznych, które charakteryzują się podobnym sposobem ich wykonania.

Ścienianie obiektu X przy użyciu elementu strukturalnego B polega na przyłożeniu tego elementu do każdego punktu obrazu w ten sposób, że punkt centralny pokrywa się z analizowanym punktem. Następnie podejmujemy decyzję:

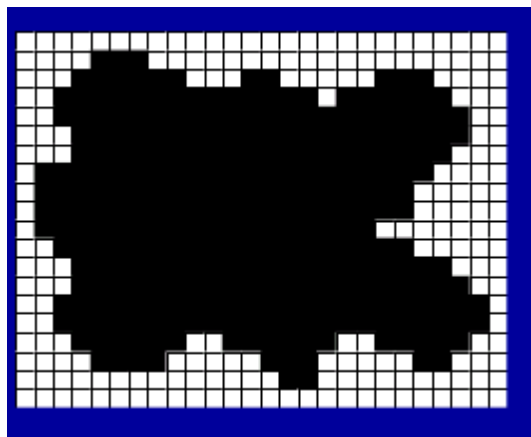
- nie zmieniamy punktu, gdy element nie pokrywa się z jego sąsiedztwem
- zamieniamy wartość punktu na zero, jeżeli element strukturalny pasuje do sąsiedztwa analizowanego punktu

Czyli, przykładamy strukturalny, jeśli pasuje otoczenie do strukturalnego, to zerujemy centralny, jeśli nie pasuje do strukturalnego, to nic nie zmieniamy.

Czyli przykładowo mamy taki element strukturalny :

1	1	1
1	X	1
1	1	1

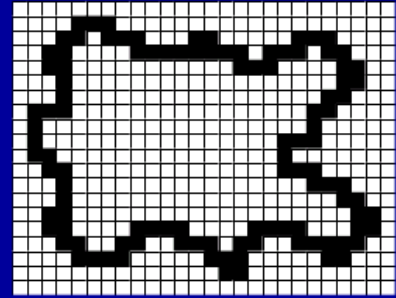
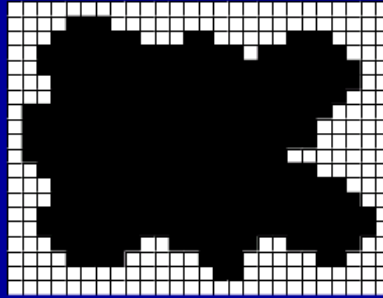
Taki obrazek :



Przykładamy do jakiegoś środkowego piksela element strukturalny i patrzymy czy sąsiedztwo tego punktu zgadza się nam z elementem strukturalnym. Mamy w sąsiedztwie sam kolor czarny, (tzn. '0' , ale powinno być '1' - jest błąd w obrazku – element powinien być biały, a tło czarne).

Jeśli zatem potraktujemy, że jest tam dookoła '1', to zgadza się nam z elementem strukturalnym , to zmieniamy piksel na biały, a gdyby się nam nie zgadzało to nie zmienialibyśmy go.

1	1	1
1	X	1
1	1	1



Element strukturalny wykorzystany przy ścienianiu oraz figura przed i po ścienianiu

Szkieletyzacja

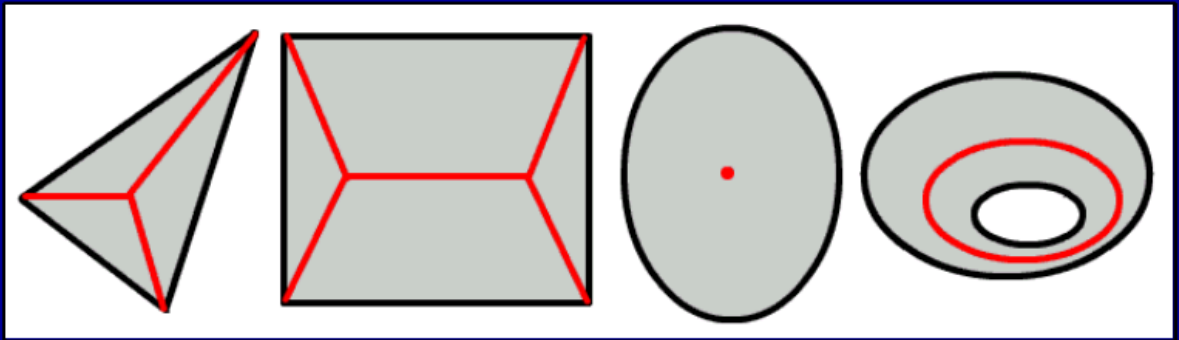
Szkieletyzacja jest operacją pozwalającą wyodrębnić osiowe punkty (szkielety) figur w analizowanym obrazie.

Definicja

Szkielet figury jest zbiorem wszystkich punktów, które są równoodległe od co najmniej dwóch punktów należących do brzegu figury.

Szkielet figury jest znacznie mniejszy od samej figury, ale w pełni odzwierciedla jej podstawowe topologiczne własności.

Wybrane figury i ich szkielety:



Szkieletyzacja może być realizowana jako ścienianie z elementem strukturalnym przedstawionym poniżej:

x	0	x
x	1	x
1	1	1

Element strukturalny używany do ścieniania podczas szkieletyzacji

('x' oznacza cokolwiek ?)

W praktyce do ścieniania podczas procesu szkieletyzacji często stosowane są różne elementy strukturalne (naprzemiennie), na przykład:

1	1	1
x	1	x
0	0	0

1	x	1
x	1	x
0	0	0

1	1	1
x	1	x
0	0	0

Rekonstrukcja

Rekonstrukcja polega na cyklicznym dokonywaniu dylatacji obrazu i wyznaczeniu części wspólnej z obrazu uzyskanego po dylatacji i obrazu wyjściowego całego przekształcenia (wykonuje się operację logiczną AND z obrazem wyjściowym a więc usuwa się te fragmenty, które po dylatacji „wyszły” poza odtwarzaną figurę).

O rekonstrukcji z UPEL :

1. **Rekonstrukcja morfologiczna** jest operacją trójargumentową. Wymaga podania markera (obrazu od którego zacznie się transformacja), maski (ograniczenia transformacji) oraz elementu strukturalnego. Operacja polega na powtarzaniu poniższych kroków dopóki w dwóch kolejnych iteracjach nic się nie zmieni:

- dylatacja obrazu markera (z danym elementem strukturalnym)
 - "nowy" marker = część wspólna dylatacji "starego" markera i maski
- Trzy operacje, które wykorzystują schemat rekonstrukcji:
- otwarcie poprzez rekonstrukcję
 - wypełnianie dziur
 - czyszczenie brzegu

Czyszczenie brzegu

W tym przekształceniu tym wykorzystuje się rekonstrukcję. Obrazem markerów dla rekonstrukcji jest część wspólna obrazu wyjściowego i jego brzegu.

Operacja przebiega w trzech etapach:

- tworzenie markerów - wspólnej części obrazu i jego brzegu
- rekonstrukcja obiektów przeciętych przez brzeg obrazu
- generacja różnicy obrazu wejściowego i obrazu z obiektami po rekonstrukcji



Obraz z markerami Rekonstrukcja znaczników Wynik - różnica obrazów

Wypełnianie dziur

Algorytm realizujący funkcję zalewania otworów może sprowadzać się do trzech kroków:

1. Wyznaczenie negatywu z obrazu wyjściowego.
2. Wyczyszczenie brzegu uzyskanego negatywu (w wyniku tego pozostają na obrazie same otwory).
3. Wyznaczenie sumy logicznej (operacji OR) obrazu wyjściowego i wyniku czyszczenia brzegu.



Obraz
wyjściowy



Negatyw
obraz
wyjściowego



Negatyw z
wyczyszczonym
brzegiem



Obraz
wynikowy

Laboratorium 13

Zagadnienia :

- Filtracja ROI (Region of Interest),
- Odzyskiwanie obrazu,
- Filtr odwrotny,
- Filtr pseudoodwrotny,
- Filtr Wienera

Pytania :

- Jak działa filtracja ROI ?
- Co rozumiane jest pod pojęciem odzyskiwania obrazu ?
- Jaki jest ogólny model matematyczny obrazu zniekształconego ?
- Co należy zrobić aby uzyskać obraz bez zniekształceń ? (Do jakiej postaci sprowadzić równanie)
- Jakie założenia wykorzystuje filtr odwrotny ?
- Jakie założenia wykorzystuje filtr pseudoodwrotny ?
- Jak działa filtr Wienera ?

Filtracja ROI

Często podczas analizy obrazu nie ma potrzeby przetwarzania całego obrazu - można się ograniczyć do wybranego obszaru zainteresowania (tzw. ROI - Region Of Interest), który jest zdefiniowany za pomocą maski binarnej, która zawiera wartości 1 dla pikseli uczestniczących w przetwarzaniu oraz 0 dla pozostałych pikseli.

Odzyskiwanie obrazu, czyli eliminacja zniekształceń i zakłóceń od systemu akwizycji.

Każdy system wizyjny podczas akwizycji sceny wnosi zniekształcenia i zakłócenia do obrazu. Problem ich eliminacji znany jest w literaturze pod pojęciem odzyskiwania obrazu (ang. *image restoration*).

Matematyczny model obrazu zniekształconego przedstawia się następująco:

$$g(x,y)=f(x,y)*psf(x,y)+n(x,y)$$

gdzie:

$g(x,y)$ -obraz wynikowy,

$f(x,y)$ - obraz idealny,

$psf(x,y)$ - funkcja rozmywająca obraz,

$n(x,y)$ - zakłócenia (szum)

* - operacja konwolucji

Po przejściu do dziedziny częstotliwości można to samo zapisać jako:
 $G(u,v)=F(u,v) \cdot PSF(u,v)+N(u,v)$

Filtr Odwrotny

Gdyby szum nie występował, to obraz wynikowy można wyliczyć jako moduł (jest to tzw. Filtr odwrotny) :

$$f(x,y)=||IDFT(G(u,v)PSF(u,v))||$$

Wykonywana jest tu odwrotna transformata Fouriera.

Filtr pseudoodwrotny

Poprzednio szum został pominięty. Gdyby jednak należało go uwzględnić, to równanie opisujące obraz wynikowy przyjęłoby postać:

$$f(x,y)=||IDFT(G(u,v)PSF(u,v)-N(u,v)PSF(u,v))||$$

Wykonywana jest tu odwrotna transformata Fouriera.

Filtr Wienera

Metoda filtracji Wienera jest używana wtedy, kiedy znana jest postać funkcji psf i poziom szumu albo można dokonać ich estymacji. Filtr Wienera poszukuje estymaty obrazu idealnego w oparciu o minimalizację funkcji błędu:

$$e^2 = E\{(f - \hat{f})^2\}$$

gdzie:

- $E\{(f - \hat{f})^2\}$ - wartość oczekiwana wyrażenia,
- f - obraz odniesienia,
- \hat{f} - obraz estymowany