

Przekształcenia morfologiczne

Cel:

- zapoznanie z podstawowymi przekształceniami morfologicznymi - erozją, dylacją, otwarciem, zamknięciem, transformacją trafi, nie trafi,
- zapoznanie ze złożonymi operacjami morfologicznymi:
 - ścienianiem,
 - szkieletyzacją,
 - rekonstrukcją morfologiczną,
 - wypełnianiem dziur,
 - czyszczeniem brzegu.
- zapoznanie z operacjami morfologicznymi dla obrazów w odcieniach szarości - erozją, dylacją, otwarciem, zamknięciem, filtrami top-hat i bottom-hat,
- zapoznanie z wykorzystaniem złożonych operacji morfologicznych przy rozwiązywaniu konkretnego problemu,
- zapoznanie z wykorzystaniem morfologii do implementacji "Gry w życie" - zadanie dodatkowe.

Przypomnienie teorii

Element strukturalny obrazu jest to pewien wycinek obrazu (przy dyskretnej reprezentacji obrazu - pewien podzbiór jego elementów). Najczęściej stosowanym elementem strukturalnym jest "maska" o rozmiarze 3x3 lub 5x5. Niekiedy pożądaną są maski o innym kształcie np. zbliżonym do elipsy.

Erozja jest podstawowym przekształceniem morfologicznym.

Zakładamy, że obraz wyjściowy zawiera pewien obszar (figurę) X, wyróżniający się pewną charakterystyczną cechą (np. odróżniającą się od tła jasnością). Figura X po wykonaniu operacji erozji to zbiór punktów centralnych wszystkich elementów strukturalnych, które w całości mieszczą się we wnętrzu obszaru X. Miarą stopnia erozji jest wielkość elementu strukturalnego.

Erozję można traktować jako **filtr minimalny**, tj. z danego otoczenia piksela (określanego przez maskę) do obrazu wynikowego wybierana jest wartość minimalna.

Dylatacja:

Zakładamy, że obraz wejściowy zawiera obszar X wyróżniający się pewną charakterystyczną cechą (np. jasnością). Figura przekształcona przez dylację to zbiór punktów centralnych wszystkich elementów strukturalnych, których którykolwiek punkt mieści się we wnętrzu obszaru X. Miarą dytacji jest wielkość elementu strukturalnego.

Dylatację można traktować jako **filtr maksymalny**, tj. z danego otoczenia piksela (określanego przez maskę) do obrazu wynikowego wybierana jest wartość maksymalna.

A. Podstawowe operacje morfologiczne: erozja, dylatacja, otwarcie, zamknięcie, trafi nie trafi.

- Otwórz program **Matlab**. Ustal ścieżkę **Current Directory** na swój własny katalog na dysku D. Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
- Wczytaj obraz "ertka.bmp" (wcześniej ściągnij archiwum i rozpakuj w odpowiednim katalogu).
- Dla obrazu "ertka.bmp" wykonaj operację erozji (`imerode`). Funkcja wymaga podania elementu strukturalnego (SE) - do jego zdefiniowania należy wykorzystać funkcję `strel`. Na początku wykorzystaj element strukturalny w postaci kwadratu o rozmiarze 3 piksele.
- Wyświetl obraz oryginalny oraz po wykonaniu erozji - najlepiej na wspólnym wykresie. Upewnij się, że rozumiesz jak działa erozja.
- Zapoznaj się z możliwymi elementami strukturalnymi (dokumentacja funkcji `strel`). Zmień element strukturalny (inny kształt - koło, diament lub inny rozmiar). Podglądaj nowy element strukturalny - np. poprzez dwukrotne kliknięcie na zmiennej w zakładce *workspace*. Ponownie wykonaj erozję, sprawdź rezultat działania operacji.
- Oprócz zmiany elementu strukturalnego na rezultat erozji można wpłynąć zwiększając liczbę iteracji (np. wykonać erozję trzykrotnie). Ustal element strukturalny na kwadrat o boku 3 piksele. Wykonaj erozję obrazu "ertka.bmp" 2 i 3-krotnie. Zaobserwuj rezultaty.
- Wczytaj obraz "buzka.bmp". Tak dobrać element (zdefiniuj go "ręcznie" jako macierz 0 i 1) strukturalny usunąć "włosy" o określonej orientacji (ukośne lewo lub prawo).

UWAGA: Pokazane w punkcie 5, 6 i 7 metody wpływania na rezultaty erozji wykorzystuje się identycznie dla pozostałych operacji morfologicznych - dytacji, otwarcia i erozji.

B. Inne operacje morfologiczne - ścienianie (*thinning*), szkieletyzacja (*skeletonization*), rekonstrukcja morfologiczna (*morphological reconstruction*), czyszczenie brzegu (*clearing border*) i uzupełnianie dziur (*filling holes*).

- Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
- Ścienianie** - wczytaj obraz "fingerprint.bmp". Wyświetl go. Chcemy spowodować aby grzbiety linii papilarnych miały szerokość 1 piksela. Taka operacja (tu dość uproszczona) może być elementem systemu identyfikacji na podstawie odcisku palca. Wykorzystaj funkcję `bwmorph` z parametrem 'thin'. Wykonaj ścienianie jednokrotnie, dwukrotnie i "do skutku" (parametr `n=Inf`). Rezultaty wyświetl.
- Szkieletyzacja** - wczytaj obraz "kosc.bmp". Wyświetl go. Chcemy określić szkielet figury, czyli zbiór wszystkich punktów, które są równo odległe od co najmniej dwóch punktów należących do brzegu figury. Wykorzystaj funkcję `bwmorph` z parametrem 'skel' oraz `n=Inf`. Wyświetl rezultat operacji. Warto pamiętać, że niekiedy po ścienianiu i szkieletyzacji może być konieczne usunięcie pojedynczych pikseli na zakończeniach np. za pomocą opisanej w zadaniu dodatkowym detekcji zakończeń.
- [P] Zaprezentuj wyniki pracy prowadzącemu.

Trzy operacje, które wykorzystują schemat rekonstrukcji:

- otwarcie poprzez rekonstrukcję,
- wypełnianie dziur,
- czyszczenie brzegu.

5. Otwarcie poprzez rekonstrukcję:

- wczytaj obraz "text.bmp", wyświetl go,
- zalożmy, że chcemy wykryć na obrazie literki, które zawierają długie pionowe fragmenty. W pierwszym podejściu stosujemy morfologiczne otwarcie z maską pionową o "wysokości" 51 pikseli (taka jest średnia wysokość literek na obrazie - `SE = ones(51,1)`). Sprawdź rezultat takiej operacji,
- detekcja wprawdzie się udala ale otrzymujemy tylko pionowe kreski,
- rozwiązaniem jest rekonstrukcja - jako marker wybieramy obraz oryginalny poddany erozji z elementem strukturalnym, takim jak wykorzystany przy otwarciu. Maskę stanowi obraz oryginalny,
- wykorzystując funkcję `imreconstruct` wykonaj rekonstrukcję,
- porównaj efekt otwarcia i rekonstrukcji.

6. Wypełnianie dziur:

- dla obrazu "text.bmp" zastosuj funkcję `imfill` z parametrem 'holes'
- wynik operacji wyświetl

7. Czyszczenie brzegu:

- dla obrazu "text.bmp" zastosuj funkcję `imclearborder`
- wynik operacji wyświetl, zwróć szczególną uwagę na prawą krawędź obrazu

8. UWAGA: przedstawione operacje morfologiczne warto zapamiętać z jednego prostego powodu - **często się je wykorzystuje** w aplikacjach **przetwarzania obrazu** - np. aby "popatrzeć" i "wyglądzić" rezultat **binaryzacji**.

9. [P] Wyniki zaprezentuj prowadzącemu.

C. Operacje morfologiczne dla obrazów w skali szarości.

Wszystkie dotychczasowe operacje (oprócz transformacji trafi, nie trafi) mają swoje odpowiedniki dla obrazów w skali szarości. Konieczne jest tylko podanie definicji erozji i dytacji w nieco innej formie.

Erozja - filtr minimalny.
Dylatacja - filtr maksymalny.

- Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
- Wczytaj obraz "ferrari.bmp" i wykonaj operacje morfologiczne: erozję i dylację. Element strukturalny ustal na kwadrat 3x3. Oblicz też różnicę pomiędzy obrazem po dytacji a po erozji - czyli tzw. gradient morfologiczny. Rezultaty wyświetl na wspólnym wykresie.
- Otwarcie to "tłumienie" jasnych detali na obrazie. Zamknięcie to "tłumienie" ciemnych detali na obrazie. Potwierdź powyższe stwierdzenia wykonując obie operacje na obrazie "ferrari.bmp".
- Wykonaj operacje **top-hat** i **bottom-hat** (`imtophat`, `imbothat`) na obrazie "ferrari.bmp". Jakie obszary udało się wykryć za pomocą tej operacji? Z jakich operacji składa się filtr top-hat?
- Wczytaj obraz "rice.png". Wyświetl go. Zwróć uwagę na niejednorodne oświetlenie. Wykonaj operację top-hat z dużym elementem strukturalnym (np. 'disk' 10) na tym obrazie. Wynik wyświetl. Co stało się z niejednorodnością oświetlenia?
- [P] Rezultaty zaprezentuj prowadzącemu.

D. Przykład zastosowania morfologii.

- Utwórz nowy m-plik (**New Script**) lub (**New->Script**). Na początku wykonaj polecenia `close all; clearvars; clc;`
- Wczytaj obraz "calculator.bmp". Wyświetl go. Zadanie do realizacji: wyizolować tekst na klawiszach kalkulatora.
- W pierwszym kroku usunięte zostaną poziome odbicia znajdujące się na górnej krawędzi każdego z klawiszy. Wykorzystamy fakt, że odbicie jest dłuższe niż jakikolwiek pojedynczy znak. Wykonujemy **otwarcie przez rekonstrukcję**:
 - początkowo wykonujemy erozję z elementem strukturalnym w postaci poziomej linii - `ones(1,71)`,
 - następnie dokonujemy rekonstrukcji - marker - obraz po erozji, maska - obraz oryginalny.
 - wynik operacji wyświetl
- Dla podważania wyświetl wynik klasycznego otwarcia z elementem strukturalnym `ones(1,71)`. W czym wynik przez rekonstrukcję jest lepsze od klasycznego?
- W poprzednim kroku (tj. w wyniku otwarcia przez rekonstrukcję) uzyskaliśmy obraz tła. Należy go odjąć od obrazu oryginalnego. Ten rodzaj operacji można nazwać **top-hat poprzez rekonstrukcję**. Wynik wyświetl. Dla porównania wyświetl wynik klasycznej operacji **top-hat** - różnicę między obrazem oryginalnym a obrazem po klasycznym otwarciu. Efekt ten można też uzyskać wykorzystując funkcję `imtophat`.
- W podobny sposób należy zlikwidować odbłaski pionowe:
 - erozja z elementem strukturalnym w postaci poziomej linii - `ones(1,11)` - zostaną zachowane wszystkie znaki (bo prawie wszystkie są "szersze"), Uwaga. Operację wykonujemy na uzyskanym w kroku 4 rezultacie odjęcia od obrazu oryginalnego, obrazu po rekonstrukcji.
 - rekonstrukcja,
 - wynik wyświetl.
- Rezultat jest satysfakcjonujący, ale wystąpił problem z cienkimi pionowymi elementami napisów - np. *I* na klawiszu *ASIN*. Wykorzystując fakt, że usunięte znaki znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących znaków wykonujemy następujące operacje:
 - dylację z elementem `ones(1,21)`;
 - rekonstrukcję z markerem w postaci - minimum(obraz po dytacji z punktu powyżej, obraz uzyskany w punkcie 3 tj. po rekonstrukcji) oraz maska - obraz z pkt. 3 (tj. po rekonstrukcji)
- [P] Rezultat wyświetl i zaprezentuj prowadzącemu. Czy za pomocą zaproponowanych operacji udało się uzyskać zamierzony efekt - ekstrakcję napisów?

E) *** Morfologiczna gra w życie - John Conway - zadanie dodatkowe

Wykorzystanie operacji LUT w przekształceniu trafi, nie trafi:

- szybszą metodą wykonania transformacji trafi, nie trafi może być operacja LUT,
- technika polega na zakodowaniu wyników wszystkich interesujących konfiguracji, a następnie podcasz przetwarzania wykorzystaniu operacji LUT,
- dla otoczenia 3x3 możliwe jest 512 różnych konfiguracji, należy nadać unikalny indeks. Jedną z możliwości jest pomnożenie elementu strukturalnego przez macierz (mnożenie odpowiednich elementów):

1	8	64
2	16	128
4	32	256
- inne ciekawe kształty do znalezienia w internecie.

Przykładowo elementowi:

```
1 1 0
1 0 1
1 0 1
```

Opowiada liczba $1(1) + 2(1) + 4(1) + 8(1) + 128(1) + 256(1) = 399$

- w Matlab Image Processing Toolbox dostępne są dwie funkcje, które pozwalają wykorzystać opisaną technikę - `makelut` i `applylut`,
- `makelut` - konstrukcja przekodowania LUT na podstawie dostarczonej funkcji. Funkcja użytkownika powinna akceptować macierz (np. 3x3) o wartościach 0,1 i zwracać wartość 0 lub 1,
- `applylut` - wykonanie operacji LUT.

Przykład działania metody - detekcja punktów końcowych na obrazie.

- założenie: punkt końcowy to punkt, który ma dokładnie jednego sąsiada,
- zdefiniuj funkcję która jako argument pobiera otoczenie (nhood), a zwraca 0 lub 1 w zależności od tego czy rozpatrywany punkt jest końcowy np. dla sąsiedztwa 3x3:


```
wynik = nhood(2,2) & (sum(nhood(:)) == 2);
```
- wygeneruj przekodowanie LUT za pomocą funkcji `makelut`. Wywołanie:


```
lut = makelut(@nazwa_funkcji,3);
```
- wczytaj obraz "szkielet.bmp". Wykorzystując wygenerowane przekodowanie LUT oraz funkcję `applylut` wykonaj detekcję zakończeń. Wyświetl obraz oryginalny i po przekodowaniu LUT.

Gra w życie

Reguły gry w życie:

- każdy piksel biały, który ma dwóch lub trzech sąsiadów (białych) przeżywa,
- każdy piksel biały, który ma 0,1 lub więcej niż trzech sąsiadów (białych) nie przeżywa (głód lub przeludnienie),
- jeżeli jakiś pole (czarne) sąsiaduje dokładnie z trzema pikselami białymi to na tym polu "rodzi" się nowy piksel biały.

Zadanie:

- za pomocą mechanizmu LUT (opisanego wcześniej) należy zaimplementować morfologiczną grę w życie,
- najważniejszym elementem jest funkcja opisująca reguły gry,
- symulację należy przeprowadzić dla plansz dostarczonych w pliku "gra.mat" (wczytywanie poprzez instrukcję `load`),
- dobrze jest wykonać kilka iteracji - zobaczyć jak zmienia się kształt,
- inne ciekawe kształty do znalezienia w internecie.