

Przekształcenia morfologiczne II i operacje na obrazach logicznych

1 Przekształcenia morfologiczne

1.1 Ścienianie i Pogrubianie

Pogrubianie i ścienianie: Operacje te polegają na nałożeniu lub ściągnięciu wierzchniej warstwy obiektu. W procesie ścieniania wartość punktu nie zmienia się, gdy SE nie pokrywa się z jego sąsiedztwem lub zmienia jego wartość na zero, gdy SE pasuje do sąsiedztwa rozpatrywanego punktu. W procesie pogrubiania relacje są odwrotne. Do wykonywania tych operacji służy polecenie `bwmorph` z parametrami `'thicken'` i `'thin'`: `bwmorph(obraz, 'thin')`;

Elementem wykorzystywanym do ścieniania jest maska, obracana co 90°:

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

1.2 Szkieletyzacja

Szkielet figury to zbiór wszystkich środków okręgów, mieszczących się w całości wewnątrz figury i mających co najmniej dwa punkty wspólne z brzegiem figury. Szkieletyzację wykonuje się przy użyciu następujących elementów:

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

Do szkieletyzacji służy polecenie `bwmorph(obraz, 'skel')`;

1.3 Dylatacja bez stykania obszarów (SKIZ)

SKIZ (ang. skeleton by influence zone) jest pomocne przy rozdzielaniu elementów częściowo się stykających. Jako pierwszy krok wykonuje się erozję, a następnie pogrubienie następującym SE:

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

Gdy przekształcenie to jest stosowane cyklicznie, aż do braku zmian, uzyskuje się szkielet wpływów (SKIZ). Strefa wpływów danego punktu definiowana jest jako zbiór wszystkich punktów obrazu, dla których odległość do danego punktu jest mniejsza niż do pozostałych. Przekształcenie to czasami powoduje pewne artefakty (wąskie i głębokie zatoki), które eliminuje się w 3 krokach: negatyw $\rightarrow$ obcięcie gałęzi $\rightarrow$ negatyw.

1.4 Obcinanie gałęzi

Do obcinania gałęzi, powstałych np. w wyniku szkieletyzacji lub wycieniania służą następujące elementy strukturalne:

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

1.5 Pakiet bwmorph

`bwmorph(obraz, 'metoda', parametr)`; Funkcja ta aplikuje operacje morfologiczne na obrazie logicznym. Do metod zaliczamy:

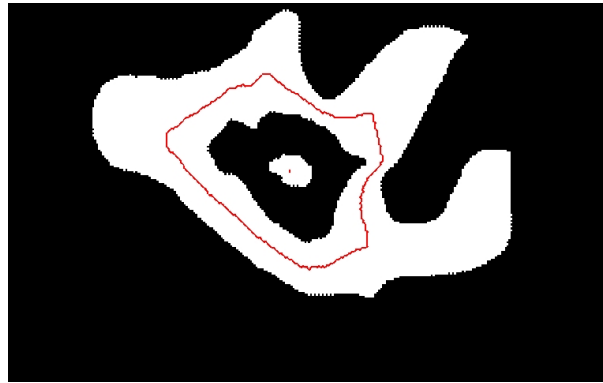
- `'bothat'` - operacja Bottom hat, która polega na odjęciu od zamknięcia obrazu samego obrazu. Istnieje jej uogólnienie na obrazy monochromatyczne `imbothat`.
- `'bridge'` - łączy blisko siebie leżące piksele.
- `'clean'` - zeruje pojedynczego piksela, otoczonego samymi zerami.
- `'close'` i `'open'` - zamknięcie i otwarcie elementem `ones(3)`.
- `'diag'` - zamienia połączenia diagonalne (8-sąsiedztwo) na 4-sąsiedztwo poprzez zmianę wartości piksela leżącego pod przekątną na 1.
- `'dilate'` i `'erode'` - dylatacja i erozja elementem `ones(3)`
- `'fill'` - zmienia wartość zerowego piksela otoczonego samymi jedynkami na jeden.
- `'hbreak'` - rozdziela H-połączone piksele (w pionie i poziomie)

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

- `'majority'` - jeżeli suma maski 3x3 jest większa lub równa 5, to element centralny przyjmuje wartość 1. Jeżeli nie, to element centralny ma wartość 0.
- `'remove'` - zmienia wartość środkowego piksela na 0, jeżeli wszyscy jego 4-sąsiedzi mają wartość 1.
- `('shrink',n)` - kurczy obiekty do punktów. W przypadku obiektu z "dziurami", i użycia tej funkcji z `n=inf`, powstaje obwódka w pomiędzy granicą zewnętrzną i wewnętrzną obiektu. Obiekty jednorodne są zmniejszane do punktu. Parametr `n` oznacza ilość iteracji, przy `n=inf` operacja jest wykonywana do momentu, kiedy pomiędzy wynikami dwóch sąsiednich iteracji nie będzie różnicy. Efekt działania tej funkcji z parametrem `n=inf` (kolor czerwony) naniesiony na obraz wejściowy przedstawia fig.1. Widoczna jest obwódka wokół dziury oraz pojedynczy punkt w wewnętrznym obiekcie.
- `('skel',n)` - szkieletyzacja. Działanie parametru `n` jest analogiczne do funkcji `'shrink'`.
- `'spur'` - usuwa gałęzie, połączone diagonalnie.

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

- `('thicken', n)` i `('thin', n)` - pogrubianie i wycienianie obiektu



Rysunek 1: Efekt działania funkcji `bwboundaries` zaznaczony kolorem czerwonym

- **'tophat'** - operacja Top hat. Funkcja zwraca różnice między obrazem, a jego otwarciem. Istnieje jej uogólnienie na obrazy monochromatyczne `imtophat`.

1.6 Operacje geodezyjne

Operacje geodezyjne wymagają użycia dwóch obrazów (obraz wejściowy oraz maska / marker). W wyniku tych operacji obraz wejściowy jest poddawany operacji morfologicznej, a następnie porównywany z maską. Wyróżniamy następujące operacje geodezyjne:

- **dylatacja geodezyjna (o rozmiarze 1)** - jest to wartość minimalna z obrazu wejściowego poddanego dylatacji jednostkowym elementem strukturalnym oraz maski. W przypadku obrazów logicznych jest to iloczyn logiczny maski oraz obrazu po dylatacji. Zakłada się, że $D(\text{obraz}) \leq \text{maska}$
- **erozja geodezyjna (o rozmiarze 1)** - jest to wartość maksymalna z obrazu wejściowego poddanego erozji jednostkowym elementem strukturalnym oraz maski. W przypadku obrazów logicznych jest to suma logiczna maski oraz obrazu po erozji. Zakłada się, że $E(\text{obraz}) \geq \text{maska}$
- **rekonstrukcja przez dylatację** - wykonywanie cyklicznie dylatacji geodezyjnych, aż do braku różnic pomiędzy kolejnymi dylatacjami. Jest to najczęściej stosowana rekonstrukcja morfologiczna.
- **rekonstrukcja przez erozję** - wykonywanie cyklicznie erozji geodezyjnych, aż do uzyskania braku różnicy pomiędzy kolejnymi iteracjami.
- **otwarcie przez rekonstrukcję** - Polega na wykonaniu erozji zadany elementem strukturalnym, a następnie rekonstrukcji przez dylatację.
- **zamknięcie przez rekonstrukcję** - Polega na wykonaniu dylatacji zadany elementem strukturalnym, a następnie rekonstrukcji przez erozję.

2 Operacje na obrazach logicznych

Do innych operacji (niż morfologiczne) na obrazach logicznych należą następujące przekształcenia i operacje:

2.1 Estymacja pola powierzchni

Polecenie `bwarea(obraz)`; podaje estymowane pole powierzchni. Wartość uzyskana tą funkcją może być inna od wartości rzeczywistej (uzyskanej funkcją `sum(obraz(:))`). Zliczania dokonuje się w otoczeniu 2x2 i na podstawie następujących warunków:

- 0 - jeżeli w otoczeniu wszystkie piksele mają wartość 0.
- 0.25 - jeżeli tylko jeden piksel ma wartość 1.
- 0.5 - jeżeli dwa piksele mają wartość 1 i stykają się bokami.
- 0.75 - jeżeli dwa piksele mają wartość 1 i stykają się rogami.
- 0.875 - jeżeli 3 piksele mają wartość 1.
- 1 - jeżeli wszystkie 4 piksele mają wartość 1.

2.2 Wyznaczanie obwodu

Polecenie `bwperim(obraz, sąsiedztwo)`; wyznacza linie obwodu. Sąsiedztwo dla obrazów 2D może przyjmować wartość 4 lub 8. Rozbudowaniem tej funkcji jest polecenie

`D=bwboundaries(obraz, sąsiedztwo, opcje)`.

Jako rezultat działania funkcji otrzymujemy wektor o rozmiarze równym ilości izolowanych obiektów, składający się z tablic współrzędnych każdej granicy. Jako opcje mamy dwie możliwości: `'noholes'` i `'holes'`. Na fig.2 pokazano efekt działania tych parametrów. Kolorem czerwonym zaznaczono granice obliczone z parametrem `'noholes'`. Dzięki zastosowaniu opcji `'holes'` zyskujemy, oprócz dwóch czerwonych, dodatkową granicę zaznaczoną kolorem niebieskim.



Rysunek 2: Efekt działania funkcji `bwboundaries` z parametrami `'noholes'` - kolor czerwony, i `'holes'` - czerwony + niebieski

2.3 Obliczanie odległości

Polecenie `bwdist(obraz, 'metryka')`; podaje odległość od najbliższego piksela o wartości 1, przy wykorzystaniu jednej z następujących metryk:

- `'euclidean'`: $d = \sqrt{(m_1 - m_2)^2 + (n_1 - n_2)^2}$
- `'quasi-euclidean'`:

$$d = \begin{cases} |m_1 - m_2| + (\sqrt{2} - 1)|n_1 - n_2| & \text{dla } |m_1 - m_2| > |n_1 - n_2| \\ (\sqrt{2} - 1)|m_1 - m_2| + |n_1 - n_2| & \text{dla } |m_1 - m_2| \leq |n_1 - n_2| \end{cases}$$

- 'chessboard': $d = \max(|m_1 - m_2|, |n_1 - n_2|)$
- 'cityblock': $d = |m_1 - m_2| + |n_1 - n_2|$

2.4 Liczba Eulera

`bweuler(obraz, sąsiedztwo)`; - podaje wartość liczby Eulera. Jest to ilość obiektów występujących na obrazie binarnym, pomniejszona o ilość dziur w tych obiektach. Sąsiedztwo przyjmuje wartość 4 lub 8.

2.5 Wypełnianie dziur w obiektach

Do wypełniania dziur w obiektach służy polecenie:

```
imfill(obraz, sąsiedztwo, lokalizacja, 'holes');
```

We wcześniejszych wersjach biblioteki jest to funkcja `bwfill`. W przypadku obrazów logicznych wypełnia wskazane myszką lub poprzez podanie współrzędnych punktu obszaru złożonego z zer wewnątrz figury. Dodanie parametru 'holes' wypełnia wszystkie dziury na obrazie. W przypadku obrazu monochromatycznego poprzez dziurę rozumie się obszary zbudowane z pikseli o mniejszej intensywności niż otoczenie.

2.6 Etykietowanie i segmentacja

Polecenie `bwlabel(obraz, sąsiedztwo)`; służy do etykietowania, tzn. do przypisywania jednakowej wartości pikselom wewnątrz obszarów jednorodnych i rozłącznych z innymi obiektami. Sąsiedztwo przyjmuje wartość 4 lub 8. Każdy jednorodny obiekt ma unikalny numer, będący kolejnymi dodatnimi liczbami całkowitymi.

Do prezentacji wyników etykietowania służy polecenie `label2rgb (wynik, 'paleta', [kolor zerowy], 'kolejność')`. Do etykietowania obrazów wielowymiarowych służy polecenie `bwlabeln (obraz, sąsiedztwo)`.

Z pojęciem etykietowania związana jest segmentacja czyli proces podziału obrazu na fragmenty odpowiadające widocznym na obrazie obiektom. Wyróżniamy dwie grupy metod segmentacji:

- poprzez podział obszaru: polega na stopniowym, iteracyjnym, podziale dużych obszarów na mniejsze, których piksele mają wartość różniącą się od sąsiedztwa.
- poprzez rozrost obszaru: piksele sąsiedztwa obszaru są sprawdzane czy spełniają warunki podobieństwa i w przypadku spełnienia, są dołączane do obszaru.

2.7 Wskazywanie obiektów

Polecenie `bwselect(obraz, x, y, sąsiedztwo)`; służy do wskazywania obszarów jednorodnych poprzez wskazanie dowolnego punktu wewnętrznego. Wektory x,y wskazują położenie pikseli wewnętrznych. W przypadku ich braku, wskazywanie odbywa się przy użyciu myszki. Sąsiedztwo=4,8 i oznacza typ sąsiedztwa. Wynikiem działania tego polecenia jest mapa logiczna, gdzie wartość jeden mają tylko obiekty wskazane poprzez punkty wewnętrzne.

2.8 Dział wodny

Dział wodny jest to linia rozdzielająca dwa obszary przyciągania (zlewnie). Służy do tego polecenie `watershed(obraz, sąsiedztwo)`; . Funkcja działu wodnego może służyć do rozdzielania blisko siebie leżących obiektów.