

9 — Segmentacja obrazów

9.1 Cel

- zapoznanie z metodami segmentacji obrazów:
 - segmentacją przez rozrost,
 - segmentacją przez podział i scalanie,
- zadanie domowe: segmentacja z wykorzystaniem wodorodziałów morfologicznych

9.2 Wstęp

W ramach dotychczas wykonanych ćwiczeń poznaliśmy segmentację z wykorzystaniem binaryzacji (progowania) – tj. na podstawie jasności (koloru) poszczególnych pikseli. Wykonaliśmy dwa warianty metody: globalny i lokalny oraz przetestowaliśmy różne podejścia do automatycznego wyznaczania progu binaryzacji: Otsu, Yen, Sauvola.

Ponadto poznaliśmy możliwość segmentacji na podstawie krawędzi z wykorzystaniem transformaty Hough'a.

W tym ćwiczeniu poznamy dwie inne metody podziału obrazu na fragmenty:

- segmentację przez rozrost obszaru (ang. *region growing*),
- segmentację przez podział i scalanie (ang. *split and merge*).

9.3 Podstawy

Niech R oznacza obszar równy całemu analizowanemu obrazowi. Segmentację możemy uznać za proces podziału R na n podobszarów R_1, R_2, \dots, R_n takich że:

- $\bigcup_{i=1}^n R_i = R$
- R_i – składa się z połączonych ze sobą pikseli,
- $R_i \cap R_j = \emptyset$ dla wszystkich i i $j, i \neq j$,
- $Q(R_i) = TRUE$ dla $i = 1, 2, \dots, n$
- $Q(R_i \cup R_j) = FALSE$ dla każdych sąsiednich R_i i R_j .

gdzie: symbole \cup i \cap oznaczają odpowiednio sumę i iloczyn zbiorów, a Q jest pewnym predykatem.

Punkt *a.* oznacza, że segmentacja musi być kompletna tj. każdy piksel powinien zostać przyporządkowany do jakiegoś zbioru. Punkt *b.* oznacza, że piksele w ramach jednego podobszaru muszą być ze sobą połączone (na zasadzie sąsiedztwa 4 lub 8 punktowego). Punkt *c.* oznacza, że dowolne różne podobszary muszą być rozłączne. Punkt *d.* oznacza, że wszystkie piksele będące w ramach jednego podobszaru muszą spełniać pewną własność. Przykładowo może to być ten sam lub podobny odcień szarości. Punkt *e.* oznacza, że dwa sąsiednie podobszary muszą być różne w sensie predykatu Q (inaczej powinny zostać uznane za ten sam podobszar).

9.4 Segmentacja przez rozrost obszaru

Pomysł jest następujący. Wybieramy (jak ? – o tym później) piksele startowe (ang. *seed*) i od nich zaczynamy segmentację. Odbywa się ona na zasadzie sprawdzania czy sąsiednie piksele

(sąsiedztwo 4 lub 8 punktowe) są podobne do centralnego pod względem jakieś cechy (predykatu Q). Jeśli tak to oznaczane są jako należące do tej samej klasy co piksel centralny. Ponadto stają się one kolejnymi punktami startowymi metody. Zatem procedura ma charakter rekurencyjny.

Wybór punktów startowych może być podyktowany charakterem problemu (przykładowo wiemy gdzie na pewno zaczynają się obiekty). W ogólnym przypadku trzeba założyć, że pikselem startowym może być każdy piksel, co oczywiście wpływa na złożoność metody.

Kolejnym problemem jest wybór kryterium stopu tj. kiedy nasza procedura rekurencyjna ma się zakończyć. Dla danego podobszaru będzie to moment, kiedy nie istnieją już piksele, które można do niego dołączyć.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że stosowanie “sztywnego” warunku – np. różnica jasności pomiędzy pikselem centralnym, a analizowanym jest mniejsza niż 5 – może często dać niepożądane wyniki, gdyż nie uwzględnia pewnych globalnych właściwości. Przykładowo, może się okazać, że jeśli na obrazie występuje niewielki gradient to za należące do tego samego obszaru uznane zostaną piksele o zupełnie różnych jasnościach. Możliwa jest też sytuacja odwrotna. Duże zróżnicowanie wartości na obrazie spowoduje zbyt duże “poszarpanie” wykrytych obszarów.

Jednym z możliwych rozwiązań jest uzależnienie kryterium podobieństwa (predykatu Q) od własności obrazu np. średniej jasności w obrębie danego obszaru. Można również dodać inne kryteria np. kształt podobszaru itp.

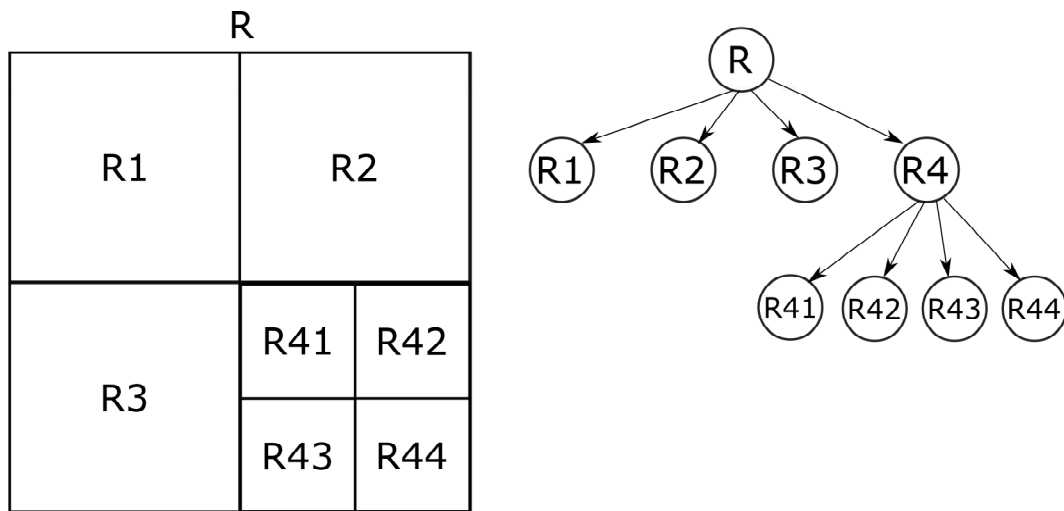
Uwaga. Pojęcie segmentacja przez rozrost to pewna koncepcja podejścia do segmentacji, a nie konkretna metoda. Na etapie projektowania algorytmu należy skupić się na konstrukcji kryterium podobieństwa (tj. co i jak ma być ze sobą porównywane) oraz ewentualnym uzupełnianiu metody o dodatkowe kryteria.

Zadanie: zaprojektować system segmentacji wybranej struktury na obrazie MRI (np. stawu kolanowego). Punkt startowy wyznaczany będzie “ręcznie” (poprzez kliknięcie na obrazie).

9.5 Segmentacja przez podział i łączenie

Opisaną powyżej procedurę segmentacji przez rozrost można określić jako podejście z dołu do góry, od szczegółu do ogółu (ang. *bottom-up*) – zaczynamy od pojedynczego piksela i dochodzimy do całego obrazu lub jego fragmentu. Segmentację można również zacząć od całego obrazka i dokonywać jego podziału na fragmenty, które ew. mogą zostać później połączone. Takie podejście można określić jako od góry do dołu, od ogółu do szczegółu (ang. *top-down*).

Niech R oznacza cały obraz, a Q wybrany predykat. Sprawdzamy, czy zachodzi zależność $Q(R) = TRUE$. Zwykle tak nie jest, gdyż to oznaczałoby obecność na obrazie tylko jednego obszaru o “spójnych” właściwościach, czyli segmentacja w takim przypadku byłaby zbędna. Jeśli $Q(R) = FALSE$ dzielimy obszar R na podobszary. Zwykle stosuje się tutaj podział na cztery jednakowe kwadratowe podobszary. Zilustrowano to na rysunku 9.1.



Rysunek 9.1: Przykład Podziału obrazu na kwadratowe podobszary. Źródło: opracowanie własne.

Podział ten można również opisać w formie drzewa, gdzie każdy wierzchołek może mieć dokładnie 4 następniki. W takim ujęciu korzeń to cały obraz. Dla nowo powstałych podobszarów R_1, R_2, R_3, R_4 sprawdzany jest predykat Q . Jeśli nie jest on spełniony to następuje dalszy podział – w przykładzie na $R_{41}, R_{42}, R_{43}, R_{44}$. Procedurę kontynuujemy do momentu kiedy wszystkie podobszary będą spójne. Uwaga. Zwykle określa się minimalny rozmiar podobszaru (większy niż 1 piksel np. blok o rozmiarze 8×8).

W wyniku procedury otrzymujemy podział obrazka, przy czym często się może zdarzyć, że leżące obok siebie podobszary będą spełniać predykat tj. $Q(R_i \cup R_j) = TRUE$ dla sąsiadujących R_i i R_j . Jest to sprzeczne z podpunktem *e*. w warunkach segmentacji. Zjawisko to eliminowane jest w procedurze łączenia. Dla każdego z podobszarów sprawdza się jego sąsiadów i jeśli spełniony jest warunek $Q(R_i \cup R_j) = TRUE$ to następuje połączenie. Procedura kontynuowana jest do momentu, kiedy niemożliwe jest dalsze łączenie.

Dla metody możliwe są również uproszczenia. Przykładowo osłabia się warunek na łączenie z $Q(R_i \cup R_j) = TRUE$ na $Q(R_i) = TRUE \wedge Q(R_j) = TRUE$, czyli warunki muszą być spełnione dla każdego podobszaru osobno, ale już nie dla połączenia.

Uwaga. Podobnie jak dla segmentacji przez rozrost, segmentacja przez podział i łączenie to też tylko pewna koncepcja (pewne ramy) algorytmu. Stworzenie konkretnego rozwiązania jest zadaniem dla osoby realizującej dany system wizyjny i wymaga analizy konkretnego problemu.

Uwaga. Podany poniżej sposób implementacji nie jest ani jedynym z możliwych, ani optymalnym obliczeniowo. Ma on za zadanie tylko zilustrować koncepcję tej metody segmentacji.

9.6 Wykorzystywane funkcje

- `ginput` – pobranie pozycji kursora myszy z ekranu,
- `floor` – obcięcie części ułamkowej,
- `round` – zaokrąglenie do liczby całkowitej,
- `zeros` – utworzenie macierzy o zadanym rozmiarze zainicjowanej zerami,
- `imfilter` – filtracja konwolucyjna obrazu,
- `fspecial` – tworzenie masek filtracji (np. Gaussa, Sobela),
- `drawnow` – wymuszenie odświeżenia rysunku (*figure*),
- `rgb2hsv` – konwersja z przestrzeni barw RGB do HSV,
- `mean` – średnia z danych (wektora, macierzy),
- `std` – odchylenie standardowe z danych (wektora, macierzy),
- `imdilate` – dyatacja morfologiczna,
- `strel` – tworzenie elementu strukturalnego dla operacji morfologicznej,
- `nonzeros` – wybór niezerowych elementów z macierzy lub wektora,
- `unique` – wybór unikalnych (bez powtórzeń) elementów z macierzy lub wektora,
- `label2rgb` – wyświetlanie obrazu w odcieniach szarości jako kolorowy (pseudokolor).