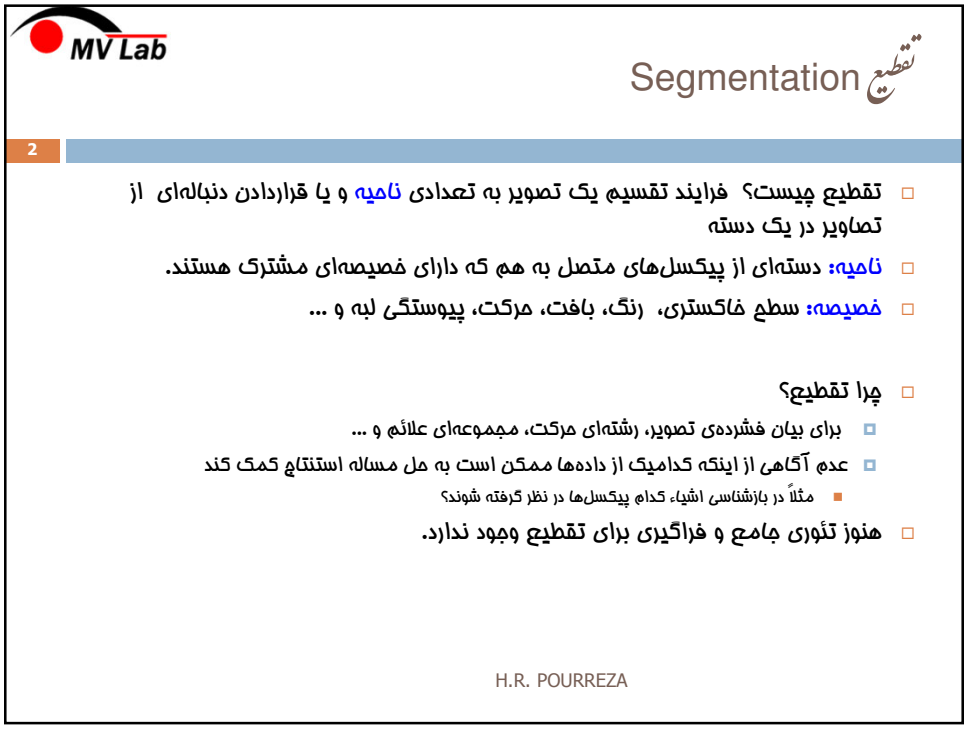
H.R. POURREZA 1
بخش از دور
بخش دهم: تقطیع
حمیدرضا پوررضا
MV Lab


MV Lab
تقطیع Segmentation
2
تقطیع چیست؟ فرایند تقسیم یک تصویر به تعدادی ناحیه و یا قراردادن دنباله‌ای از تصاویر در یک دسته
ناحیه: دسته‌ای از پیکسل‌های متصل به هم که دارای خصیصه‌ای مشترک هستند.
خصیصه: سطح خاکستری، رنگ، بافت، حرکت، پیوستگی لبه و ...
چرا تقطیع؟
برای بیان فشرده‌ی تصویر، رشته‌ای حرکت، مجموعه‌ای علائم و ...
عدم آگاهی از اینکه کدامیک از داده‌ها ممکن است به حل مساله استنتاج کمک کند
مثلاً در بازشناسی اشیاء کدام پیکسل‌ها در نظر گرفته شوند؟
هنوز تئوری جامع و فراگیری برای تقطیع وجود ندارد.
H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع Segmentation

3

- اگر R را کل نامیه شکل دهنده تصویر در نظر بگیریم، تقطیع به معنای افراز R به مجموعه‌ای از n نامیه R_i است بطوریکه
  - $\bigcup_{i=1}^{n} R_i = R$
  - R_i مجموعه‌ای متصل است
  - $R_i \cap R_j = \phi$
  - $Q(R_i) = TRUE$
  - برای دو نامیه مجاور $Q(R_i \cup R_j) = FALSE$

(Q بیانگر همگنی یک نامیه است)

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تقطیع

4

- تقطیع بر اساس لبه‌ها
- تقطیع بر اساس نواحی

H.R. POURREZA

MV Lab

لبه‌ها و نواحی

5

- در تصاویر ایده‌آل یک نامیه توسط یک کانتور بسته محصور شده است
  - یک کانتور بسته ممکن است از روی یک نامیه و به کمک آشکارسازی لبه‌ها بدست آید.
  - یک نامیه ممکن است از روی یک کانتور بسته و به کمک پرکردن بدست آید.
- نواحی در تفسیر تصاویر از اهمیت بالایی برخوردارند چرا که این نواحی می‌توانند متناظر با اشیاء صحنه باشند.
- یک تصویر ممکن است شامل چندین شیء و هر شیء ممکن است شامل چند نامیه باشد که این نواحی معرف اجزای شیء هستند
- بنابه برخی دلایل (نویز، نورپردازی نامناسب، سه بعدی بودن دنیا و ..) ممکن است تقطیع بخوبی انجام نشود.
- تفسیر تصاویر نیاز به دانش در مورد اشیاء دارد.

MV Lab

لبه‌ها و نواحی

6

- تصویری با چندین شیء
- هر شیء شامل چندین نامیه

MV Lab

تقطیع براساس لبه

7

- پیکسل‌های قرار گرفته بر روی حاشیه نامیه پیدا می‌شوند (به کمک تکنیک‌های آشکارسازی لبه)
- آشکارسازی لبه
  - هموارسازی گوسی اعمال شود
  - لبه‌ها آشکار شوند
  - لبه‌های کاذب حذف شوند
  - لبه‌ها نازک سازی شوند
  - گسستگی لبه‌ها از بین بروند
  - پیکسل‌های پیرامون نامیه در یک لیست قرار گیرند
- در حالت ایده‌آل پیرامون نامیه بسته است

H.R. POURREZA

MV Lab

تشخیص پیرامون Boundary Detection

8

- گروه‌بندی خرده لبه‌ها برای تفکیک پیرامون‌های مختلف موجود در تصویر
- مشکلات
  - خرده لبه‌های کاذب
  - خرده لبه‌های اعلام نشده
- هر چه اطلاعات بیشتر باشد (میزان محدودیت‌ها بیشتر باشد) راحت‌تر می‌توان بر مشکلات فوق غلبه کرد.

H.R. POURREZA

MV Lab

تشخیص پیرامون Boundary Detection

9

- روشهای مختلف تشخیص پیرامون
  - آرمیدگی لبه: لبه‌های کاذب را حذف و لبه‌های گم شده را احیا می‌کند
  - جستجو در محل تقریبی: محل تقریبی را می‌دانیم, می‌خواهیم محل دقیق را مشخص کنیم
  - تعیین محل پیرامونهایی با شکل خاص: می خواهیم مرز دارای یک فرم جبری مشخص باشد. مثلا دایره و ... (استفاده از تبدیل هاف)
  - جستجو در گراف: تصویر نقاط روی لبه (خرده لبه‌ها) با یک گراف نمایش داده می‌شود. تعیین مرز در این حالت, تعیین مسیری است که در گراف بهینه باشد
  - برنامه‌ریزی پویا (Dynamic Programming) . با یک فرمولاسیون ریاضی بهترین مرز کلی را تعیین می‌کند
  - دنبال کردن پیرامون Contour Following. در کاربردهایی که تصویر دارای نویز زیاد نباشد مفید است

H.R. POURREZA

MV Lab

آرمیدگی لبه Edge Relaxation

10

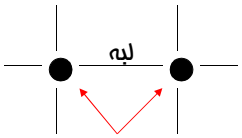
- ایجاد بهبود در مقدار نقاط لبه با توجه به مقادیر نقاط همسایه آن میسر است
- مثلا یک نقطه ضعیف بین دو نقطه افقی قوی باید تقویت شود
- تکنیک حاضر برای لبه‌های شکافی (Crack Edge) پیشنهاد شده است
- در ابتدا مقدار اولیه برای اطمینان از لبه بودن هر نقطه را برابر گرادیان نرمالیزه شده با حداکثر گرادیان در نظر می‌گیریم ($C^0(e)$)
- بدین ترتیب الگوریتم آرمیدگی لبه به شرح زیر است:
  1. $k=1$
  2. $C^k(e)$ را بر اساس نوع لبه‌های اطراف (Edge type) اصلاح کنید
  3. همه $C^k(e)$ ها برابر صفر یا یک شده‌اند یا نه؟ در صورت مثبت بودن الگوریتم خاتمه یافته و در غیر این صورت $k=k+1$ و سپس به مرحله ۲ بروید

H.R. POURREZA

آرمیدگی لبه Edge Relaxation

11

- آرمیدگی لبه (ادامه)
  - نوع لبه از ترکیب نوع راس‌های دو طرف لبه بدست می‌آید و نوع راس نیز از روی شدت لبه‌های آن راس مشخص می‌شود



راس‌های دو طرف لبه

علائم

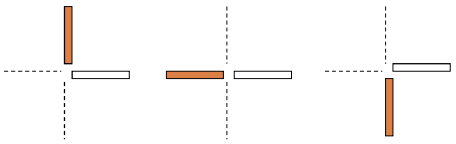
- لبه با قوت نامشخص
- لبه‌ای که مورد بررسی است
- لبه‌ی قطعی
- محل لبه که قطعاً لبه‌ای در آن نیست

H.R. POURREZA

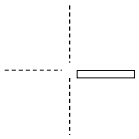
آرمیدگی لبه Edge Relaxation

12

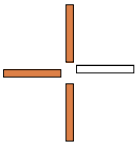
- آرمیدگی لبه (ادامه)
  - با این علائم انواع رئوس به شرح زیر خواهد بود



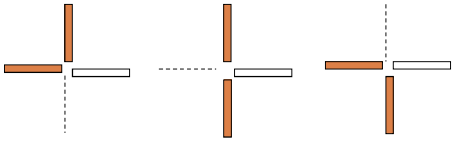
نوع ۱: یک لبه قطعی به راس آمده



نوع ۰: هیچ لبه قطعی به راس نیامده



نوع ۳: سه لبه قطعی به راس آمده



نوع ۲: دو لبه قطعی به راس آمده

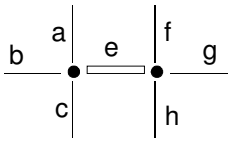
H.R. POURREZA

MV Lab

آرمیدگی لبه Edge Relaxation

13

- آرمیدگی لبه (ادامه)
  - a الی h گرادیان‌های نرمالیزه شده هستند و q عدد ثابتی است مثل 0.1



  - فرض کنید که مقادیر a، b و c بترتیب از بزرگ به کوچک هستند

- m=max(a,b,c,q)
- Conf(0)=(m-a)(m-b)(m-c)
- Conf(1)=a(m-b)(m-c)
- Conf(2)=ab(m-c)
- Conf(3)=abc

MV Lab

آرمیدگی لبه Edge Relaxation

14

- آرمیدگی لبه (ادامه)
  - با این تعاریف نوع راس j خواهد بود اگر Conf(j) حداکثر باشد
  - q اختیار شده در اینجا رئوس ضعیف را به سمت نوع صفر می‌برد.
  - تغییر در اطمینان به لبه بودن (Conf) در هر تکرار بصورت زیر باید انجام شود:

    در این روابط δ یک مقدار ثابت کوچک است
  - اگر نوع لبه 0-0 ، 0-2 و یا 0-3 باشد، اطمینان باید کم شود

    $C^{k+1}(e)=\max(0,C^k(e)-\delta)$
  - اگر نوع لبه 1-1 ، 1-2 و یا 1-3 باشد، اطمینان باید اضافه شود

    $C^{k+1}(e)=\min(1,C^k(e)+\delta)$
  - اگر نوع لبه 0-1 ، 2-2 ، 2-3 و یا 3-3 باشد، اطمینان تغییر نکند

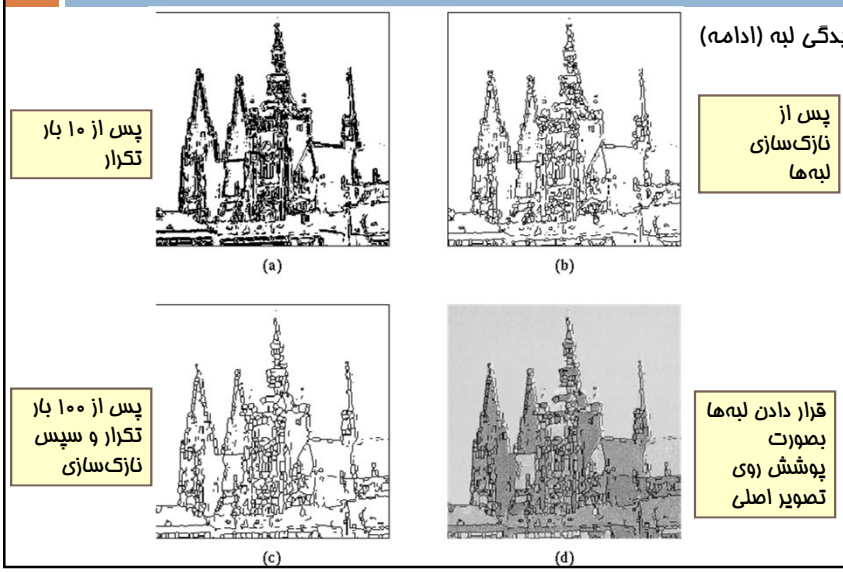
    $C^{k+1}=C^k$

MV Lab

آرمیدگی لبه Edge Relaxation

15

- آرمیدگی لبه (ادامه)



(a) پس از ۱۰ بار تکرار

(b) پس از نازک‌سازی لبه‌ها

(c) پس از ۱۰۰ بار تکرار و سپس نازک‌سازی

(d) قرار دادن لبه‌ها بصورت پوشش روی تصویر اصلی

MV Lab

جستجو در حوالی تقریبی لبه

16

- اگر اطلاعاتی در مورد مکان پیرامون و یا شکل وجود داشته باشد, استفاده از آن مفید است
- این اطلاعات ممکن است ناشی از اطلاعات سطح بالا و یا نتیجه حاصل از پردازش رزلوشن پایین‌تر تصویر باشد.

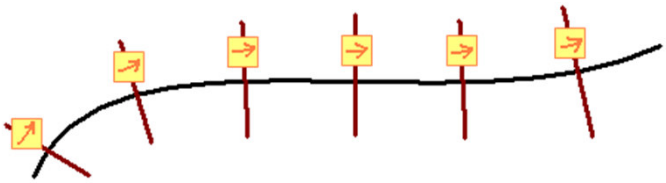
H.R. POURREZA

MV Lab

جستجو در حوالی تقریبی لبه

17

- تنظیم لبه های نادقیق
  - در راستای عمود بر محل لبه‌های تقریبی قوی‌ترین خرده لبه را به عنوان محل مرز انتخاب می‌کنیم.



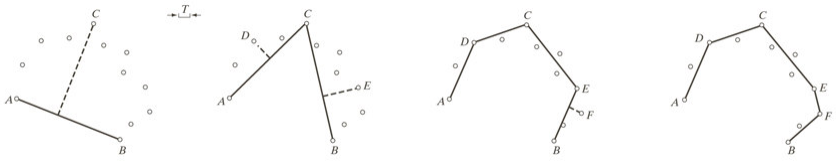
H.R. POURREZA

MV Lab

جستجو در حوالی تقریبی لبه

18

- روش تقسیم و غلبه
  - فرضیات:
    - محل End-point را می دانیم
    - تصویر دارای نویز کم است
    - خطوط تشکیل دهنده پیرامون تقریبا صاف است
  - دو نقطه end-point را به یکدیگر متصل کنید. در راستای عمود بر این خط به دنبال دورترین نقطه‌ای بگردید که شدت لبه از حدی بیشتر باشد
  - این نقطه را به عنوان یک end-point در نظر گرفته (در صورتیکه فاصله آن از خط واصل از T بیشتر باشد) و در end-point های متوالی عملیات فوق را تکرار کنید.



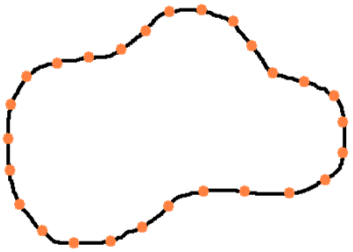
H.R. POURREZA

MV Lab

جستجو در حوالی تقریبی لبه

19

- همبستگی غیر خطی در فضای لبه ها
  - در این روش مرز تقریبی را بصورت یک کلیشه جامد در نظر بگیرید. کلیشه را در نقاط مختلف تصویر بگذارید. در محل تقریبی لبه، خرده لبه‌هایی که دارای راستای تقریبی یکسانی با کلیشه بوده و ضمنا شدت آن نیز از حدی بیشتر باشد را شمارش کنید. میزان نقاط منطبق در هر جا از حدی بیشتر شد، آن محل را به عنوان محلی پیرامونی که چنین شکلی در آن قرار دارد در نظر بگیرید



H.R. POURREZA

MV Lab

تعیین پیرامون هایی با شکل خاص — برازش Fitting

20

- روشی که در بدو امر به ذهن می‌رسد استفاده از کلیشه است، اما مشکلاتی چون جهت، اندازه، همپوشانی اشیاء و ... این روش را دچار مشکل می‌کند
- می‌توان یک مدل پارامتریک برای بیان خرده‌لبه‌های تصویر در نظر گرفت
- در اینجا سعی می‌شود خرده‌لبه‌ها در مدل‌های با پارامترهای خاص دسته‌بندی شوند.
- نکته جالب در اینجا می‌توان یک نگاه سراسری به خرده نقاط باشد و لذا برامتی مسائلی چون گسستگی خرده لبه‌ها و همپوشانی اشیاء حل می‌شود.

H.R. POURREZA

MV Lab

تعیین پیرامون هایی با شکل خاص — برازش Fitting

21

- در اینجا سه سؤال اساسی وجود دارد
  - چه شیئی (مدلی) می‌تواند مجموعه‌ای از خرده لبه‌ها را بیان کند؟
  - یک خرده لبه در چند شیء (مدل با پارامترهای مختلف) می‌تواند قرار گیرد؟
  - چند شی وجود دارد؟

H.R. POURREZA

MV Lab

برازش و تبدیل Hough

22

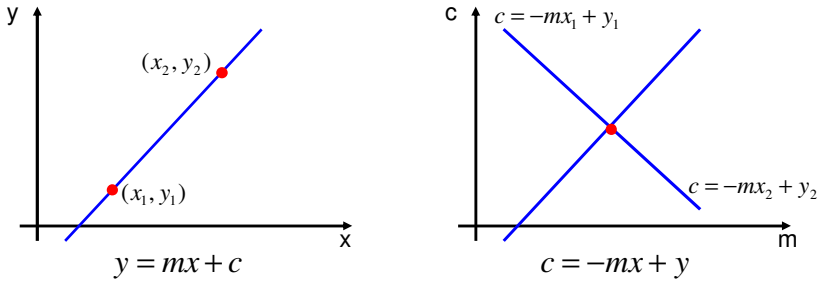
- بدنبال یافتن اشیائی هستیم که شکل آن دارای یک مدل خاص باشد.
- با استفاده از یک مدل پارامتریک بدنبال تعیین پارامترهای مدل هستیم
  - خط، دایره، بیضی و ...
  - خط: $y=mx+c$
  - دایره: $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$
- تبدیل، خرده لبه‌ها را از فضای مکان به فضای پارامترها می‌برد مثلاً
  - برای خط از فضای (x,y) به فضای (m,c)
  - برای دایره از فضای (x,y) به فضای (a,b,r)

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

23



H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

24

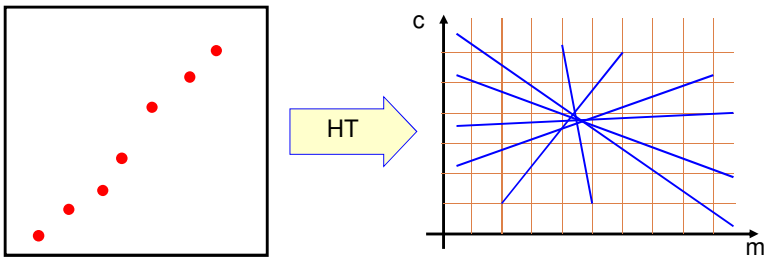
- فضای پارامترها را بصورت مناسبی کوانتایز کنید
- یک آرایه A(m,c) را برابر صفر کنید
- برای هر خرده لبه‌ی قرار گرفته در (x_1 , y_1) تمام مقادیر A(m,c) که در رابطه‌ی $c=-mx_1+y_1$ صدق می‌کنند را یک واحد افزایش دهید
- در آرایه‌ی A(m,c) ماکزیمم‌های محلی نشان دهنده‌ی خطوط هستند

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

25

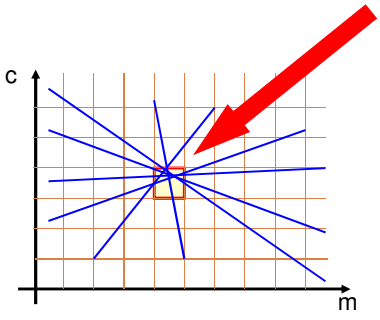


H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

26

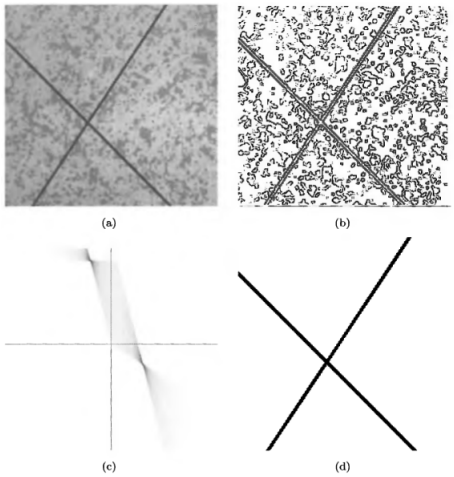


H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

27



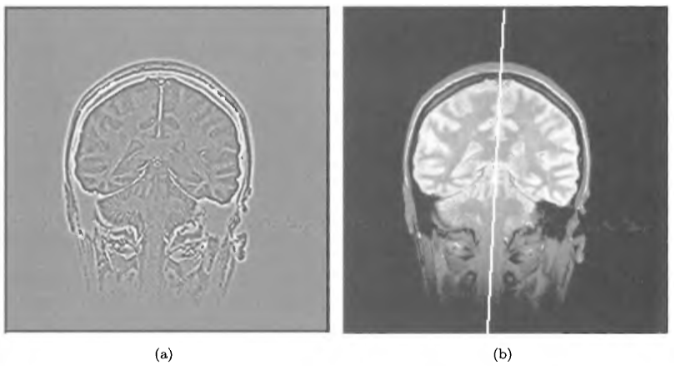
H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

28

- وجود خط عمودی باعث می‌شود که مقدار m بسیار بزرگ باشد



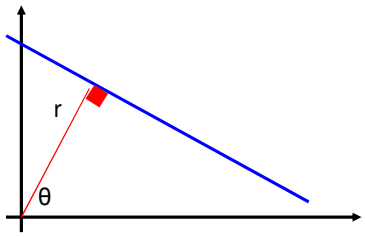
H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

29

- استفاده از فضای (m,c) دارای این اشکال است که m می‌تواند مقدار بی نهایت را شامل شود
- برای رفع این مشکل می توان از فضای (r,θ) استفاده کرد
- بدین ترتیب هر نقطه تبدیل به یک سینوس می‌شود



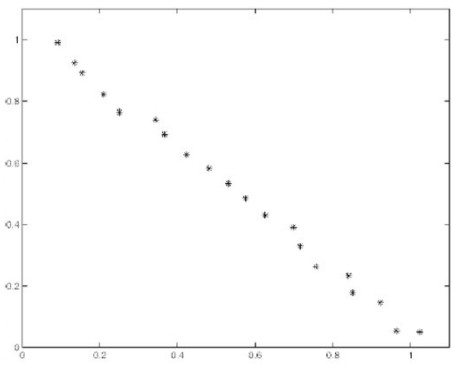
H.R. POURREZA

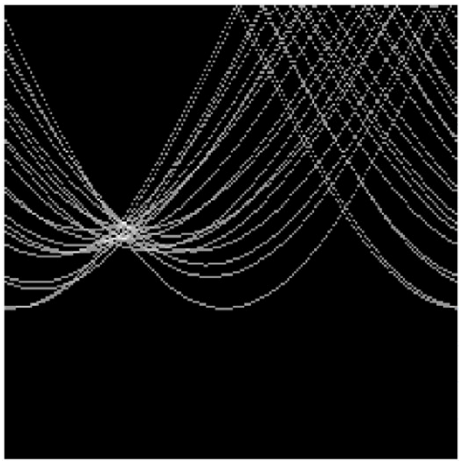
MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

30

در فضای (r,θ)





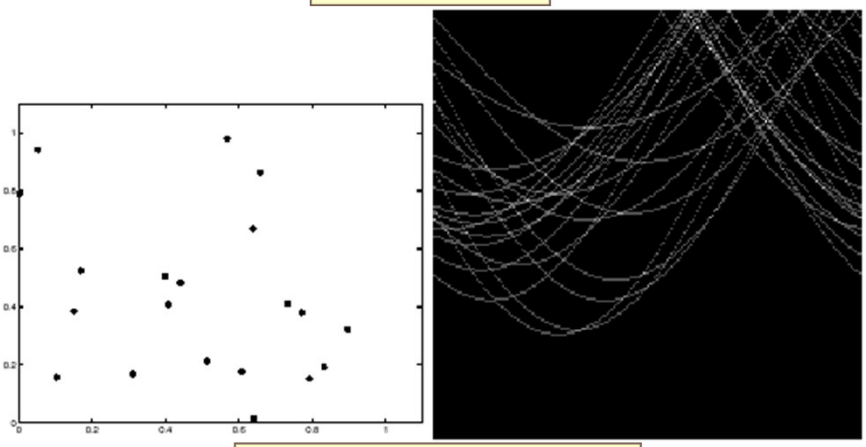
H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

31

در فضای (r,θ)



در تصویر خط وجود ندارد

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

32

- مشکلات عملی
  - خطای کوانتیزیشن: کوانتیزیشن درشت، قدرت تمایز خطوط را از بین می‌برد و کوانتیزیشن ریز محاسبات زیاد و انعطاف کم می‌شود (برای تشخیص خط، انحراف نقاط نبایستی از خط زیاد باشد)
  - خرده لبه‌های کاذب
- راه حل
  - کاهش خرده لبه‌های کاذب به کمک افزایش سطح آستانه در فرایند کشف خرده لبه‌ها
  - انتخاب درست میزان گام‌های کوانتیزیشن در فضای پارامترها (با سعی و خطا)

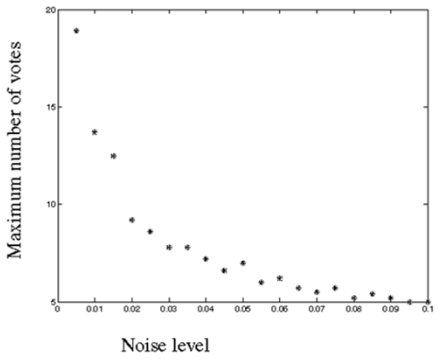
H.R. POURREZA

MV Lab

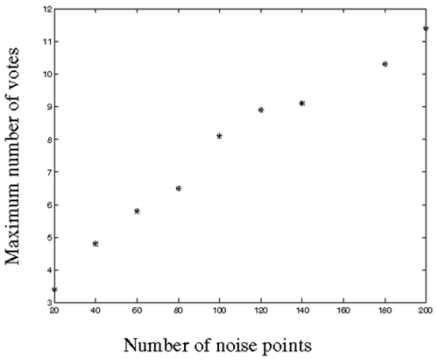
تبدیل Hough - تشخیص خط

33

- اثر نویز



اثر نویز بر تشخیص یک خط شامل 20 نقطه



حضور نویز به تنهایی (خطی وجود ندارد)

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص خط

34

- برای کاهش عملیات تبدیل هاف می‌توان از اطلاعات جهت گرادیان استفاده کرد:
  - ورودی: گرادیان $\nabla f(x, y) = (s(x, y), \theta(x, y))$
  - خروجی: آرایه A(m,c)
    - برای هر نقطه در تصویر گرادیان عملیات زیر انجام شود:
      - m=tan(θ(x,y))
      - c= -mx+y
    - A(m,c)=A(m,c)+g(x,y) که در آن g(x,y) به ازای لبه قویتر مقدار بیشتری ارائه می‌کند
    - ماکزیمم‌های محلی A(m,c) خطهای تصویر را مشخص می‌کنند

H.R. POURREZA

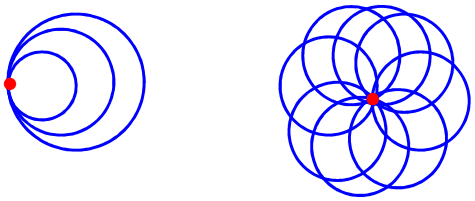
MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص دایره

35

- برای دایره داریم:

$$(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$$



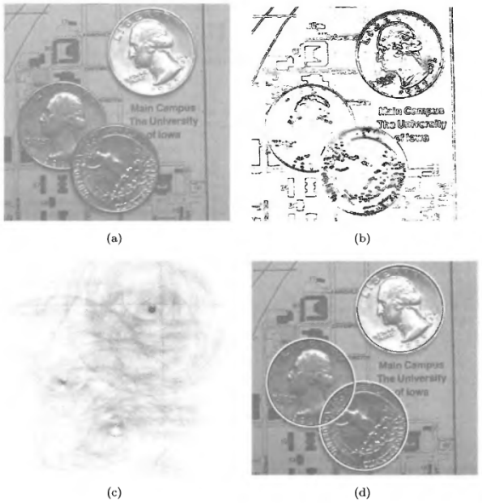
- در حالت عمومی، تبدیل هاف تصویر را به یک فضای سه پارامتری A(a,b,r) می برد که کار نسبتاً مشکل است. محدود کردن مساله باعث ساده شدن می‌شود. مثلا یافتن دایره‌های با شعاع خاص.

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص دایره

36



H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough - تشخیص دایره

37

- یکی از راه‌های ساده برای محاسبه A(a,b,r) استفاده از اطلاعات گرادیان است. در این حال تنها نقاطی که روی یک کمان که در روابط زیر صدق کند به هنگام شوند:

$$\nabla f(x,y) = (s(x,y), \theta(x,Y))$$

$$\begin{aligned} a &= x + r\cos(\theta) \\ b &= y + r\sin(\theta) \end{aligned}$$

- همانند تشخیص خط، فرایند به هنگام کردن A(a,b,r) را نیز می‌توان تابع قوت لبه کرد.

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough تعمیم یافته

38

- اگر شیء مورد نظر دارای فرم ریاضی ساده‌ای نباشد می‌توان آنرا با روش هاف تعمیم یافته پیدا کرد.
- فرض کنید که شیء در تصویر با شکل، وضعیت و مقیاس مشخصی ظاهر شود.
- یک نقطه‌ی مرجع (x_c , y_c) در نظر بگیرید
- از نقطه‌ی مرجع به نقاط روی پیرامون وصل کرده و زاویه گرادیان در مرز را به عنوان تابعی از نقطه‌ی مرجع ثبت کنید.
- بر این اساس برای همه نقاط پیرامون شیء می‌توان یک جدول تنظیم کرد که آنرا با R نمایش می‌دهیم. در این جدول تمام نقاطی که زوایای گرادیان مختلف دارند نشان داده می‌شوند
  - هر سطر از جدول مشخص کننده بردارهایی است (شامل اندازه و جهت) که از نقاط پیرامون با زاویه گرادیان خاص ما را به نقطه مرجع می رساند

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough تعمیم یافته

39

θ_1	$\underline{r}_1^1$	$\underline{r}_2^1$	$\underline{r}_3^1$	…	$\underline{r}_n^1$
θ_2	$\underline{r}_1^2$	$\underline{r}_2^2$	$\underline{r}_3^2$	…	$\underline{r}_n^2$
θ_3	$\underline{r}_1^3$	$\underline{r}_2^3$	$\underline{r}_3^3$	…	$\underline{r}_n^3$
…	…	…	…	…	…
θ_m	$\underline{r}_1^m$	$\underline{r}_2^m$	$\underline{r}_3^m$	…	$\underline{r}_n^m$

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough تعمیم یافته

40

- الگوریتم:
  - ابتدا جدول R را برای شیء مورد نظر مشخص نمایید
  - آرایه زیر را برابر صفر قرار دهید

    $A(X_{cmin}:X_{cmax}\ ,\ Y_{cmin}:Y_{cmax})$
  - برای هر خرده لبه قدم‌های زیر را انجام دهید:
    - $\theta(x,y)$ را محاسبه کنید
    - برای هر مقدار r و θ موجود در جدول، محل متناظر با X_c و Y_c بدست آمده از رابطه زیر را در ماتریس A یک واحد افزایش دهید

$$X_c = x + r(\theta)\cos(\alpha(\theta))$$
$$Y_c = y + r(\theta)\sin(\alpha(\theta))$$

  - محل‌های کاندید برای وجود شیء در تصویر با محل‌های ماکزیمم محلی در A متناظر است

H.R. POURREZA

MV Lab

تبدیل Hough

41

- مزایا:
  - آشکار سازی اشیاء حتی در حضور نویز
  - اشیاء می‌توانند حتی همپوشانی داشته باشند
  - در مدل‌های با پارامتر کم بطور موثری کار می‌کند
- معایب:
  - شکل بایستی شناخته شده باشد
  - برای اشکال پیچیده، الگوریتم بشدت کند است
  - اشکال پیچیده به فضاهایی با ابعاد بزرگ تبدیل می‌شوند

H.R. POURREZA

MV Lab

پیگیری پیرامون Contour Following

42

- الگوریتم
  - نقاط تصویر را جاروب کنید تا به یک نقطه از نامیه برسید
  - اگر نقطه متعلق به یک نامیه است به سمت چپ پیچیده، حال با شرع از این نقطه، در جهت عقربه های ساعت آنقدر بچرخید تا به اولین پیکسل نامیه برسید
  - الگوریتم با رسیدن به نقطه شروع خاتمه می یابد

H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع ناحیه

43

- تقطیع ناحیه: پیکسل‌های یک ناحیه با هم یک دسته شده و با انتساب یک برچسب به آن یک ناحیه را می‌سازند.
- معیار تقطیع ناحیه: پیکسل ها به یک ناحیه منتسب می شوند اگر علاوه برداشتن شباهت به هم (بر اساس یک خصوصیت)، به یکدیگر متصل نیز باشند
- تقطیع ناحیه به دو شکل می‌تواند انجام شود
  - کلاس‌بندی پیکسل‌ها (مثلاً به کمک یک مقدار آستانه)
  - خوشه‌بندی پیکسل‌ها

MV Lab

کلاس بندی به کمک Thresholding

44

- کلاس‌بندی بر اساس استفاده از یک معیار شباهت خاص مانند سطح خاکستری، رنگ، بافت و ... انجام می‌شود (در حالت رایج ما فقط هیستوگرام را برای سطوح خاکستری می‌شناسیم)
- فعلاً در اینجا مساله برای سطح خاکستری بیان می‌شود ولی موضوع بدون تغییر قابل تعمیم به رنگ، بافت و ... است
- تقسیم تصویر به دسته‌هایی که دارای سطح خاکستری مشابه هستند می‌تواند به کمک استفاده از یک مقدار آستانه انجام شود. در این حال فرض می‌شود که :
  - اشیاء دارای سطح خاکستری کاملاً متفاوت از زمینه هستند
  - سطوح خاکستری اشیاء و زمینه می‌تواند به کمک یک مقدار آستانه از هم تفکیک شود
  - با انتخاب یک سطح آستانه مناسب، تصویر با سطح خاکستری می‌تواند به یک تصویر باینری تبدیل شود که در آن 0 برچسب اشیاء (زمینه) و 1 برچسب زمینه (اشیاء) است.
- مقدار آستانه می تواند سراسری و یا محلی باشد

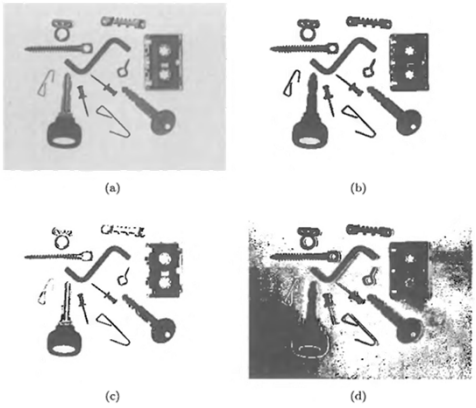
$$T = T(f) \qquad T = T(f, f_c)$$

MV Lab

Thresholding

45

- اگر اشیایی با سطح خاکستری کاملاً متمایز با زمینه داشته باشیم که با همدیگر تماس نیز نداشته باشند، در این صورت استفاده از آستانه‌گیری بخوبی برای استخراج نواحی مفید خواهد بود



a. تصویر اصلی
b. آستانه گیری با آستانه مناسب
c. استفاده از آستانه کم
d. استفاده از آستانه زیاد

H.R. POURREZA

MV Lab

Thresholding

46

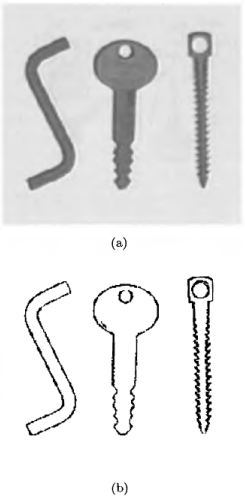
- روش استفاده از مقدار آستانه

$$g(i,j)=\begin{cases}1 & for\ \ f(i,j)\geq T\\ 0 & for\ \ f(i,j)<T\end{cases}$$

- Band Thresholding

$$g(i,j)=\begin{cases}1 & for\ \ f(i,j)\in D\\ 0 & otherwise\end{cases}$$

- این روش در سگمنت کردن تصویر میکروسکوپی سلولهای خونی مفید است. در این تصاویر سیتوپلاسماها در یک رنج خاصی از سطح خاکستری هستند و در این حال زمینه روشن‌تر و سلولها تیره‌تر هستند. در این حال این نوع آستانه‌گیری موجب یافتن حاشیه نواحی می شود



H.R. POURREZA

MV Lab

Thresholding

47

- Multiple Thresholding

$$
\begin{aligned}
g(i,j) &= 1 \quad for \ f(i,j) \in D_1, \\
&= 2 \quad for \ f(i,j) \in D_2, \\
&= 3 \quad for \ f(i,j) \in D_3, \\
&\cdots \\
&= n \quad for \ f(i,j) \in D_n, \\
&= 0 \quad otherwise
\end{aligned}
$$

- Semi-thresholding

$$
g(i,j) = \begin{cases} f(i,j) & for \ f(i,j) \geq T \\ 0 & for \ f(i,j) < T \end{cases}
$$

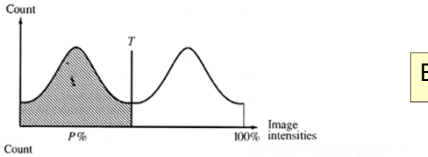
H.R. POURREZA

MV Lab

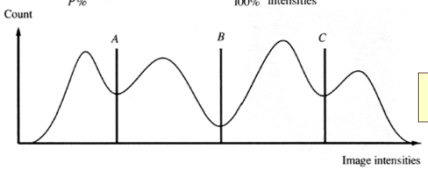
روشهای تعیین مقدار آستانه

48

- خصوصیاتی از تصویر را می‌دانیم
  - برای یک متن درصد پیکسل‌های متعلق به نوشته‌ها را می‌دانیم (p-tile thresholding)
  - متوسط عرض خطهای یک رسم را می‌دانیم
- بر اساس هیستوگرام
  - آستانه‌ای کردن می‌تواند بصورت منتخب انجام شود (مثلا لاپلاسین از حدی بیشتر باشد)



Bimodal



Multimodal

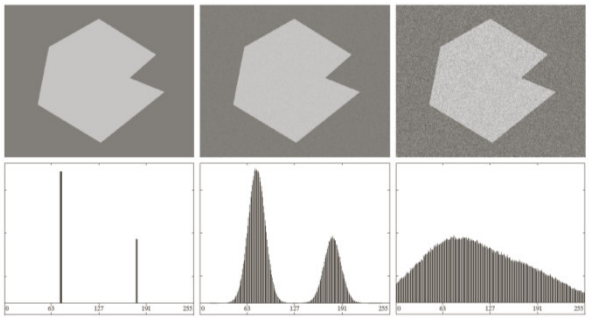
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

49

- تاثیر نویز بر تعیین مقدار آستانه



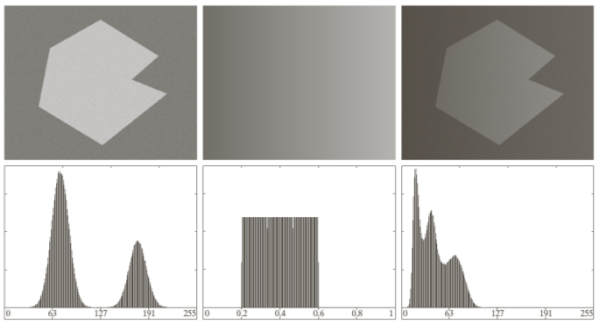
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

50

- تاثیر روشنایی و انعکاس بر تعیین مقدار آستانه

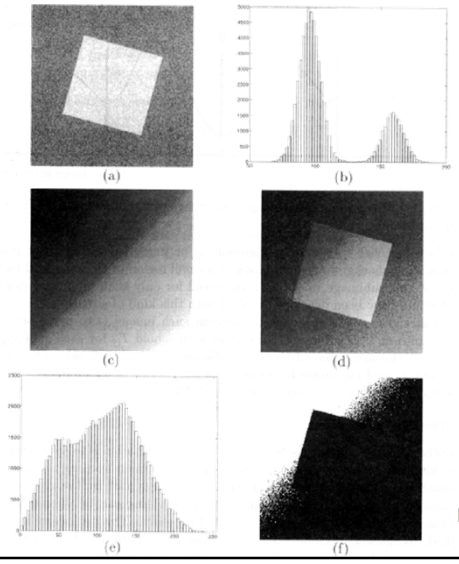


H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

51



a) تصویر اصلی با نوردهی یکنواخت

b) هیستوگرام a

c) شبیه سازی شده نوردهی غیریکنواخت

d) تصویر a با نوردهی غیر یکنواخت

e) هیستوگرام d

f) آستانه ای شده تصویر d با آستانه T=72

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

52

- مقابله با تغییر روشنایی با استفاده از میانگین محلی
  - استفاده از میانگین محلی به عنوان آستانه

a b c

FIGURE 10.49 (a) Text image corrupted by spot shading. (b) Result of global thresholding using Otsu's method. (c) Result of local thresholding using moving averages.

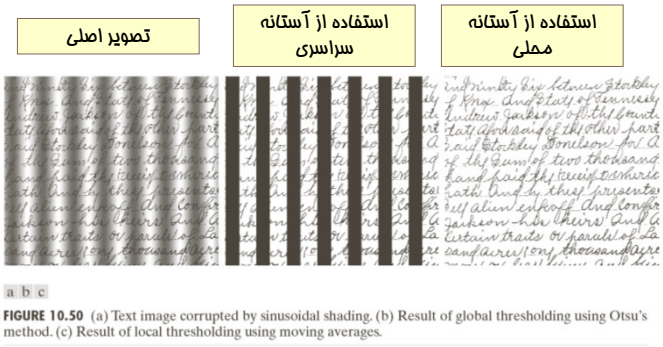
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

53

- مقابله با تغییر روشنایی با استفاده از میانگین محلی
  - استفاده از میانگین محلی به عنوان آستانه



a b c

FIGURE 10.50 (a) Text image corrupted by sinusoidal shading. (b) Result of global thresholding using Otsu's method. (c) Result of local thresholding using moving averages.

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

54

- Peakiness Detection Algorithm
  - در هیستوگرام دو مقدار ماکزیمم محلی g_i و g_j را چنان پیدا کنید که حداقل به اندازه‌ی d از هم فاصله داشته باشند
    - مقدار d توسط استفاده کننده تعیین می شود
  - بین دو مقدار g_i و g_j ، پایین‌ترین نقطه‌ی دره g_k را پیدا کنید.
  - $\text{Peakiness}=\min\{H(g_i),H(g_j)\}/H(g_k)$
  - ترکیبی از (g_i,g_j,g_k) با بیشترین Peakiness را انتخاب کنید
  - از آستانه‌ی $T=g_k$ استفاده کنید

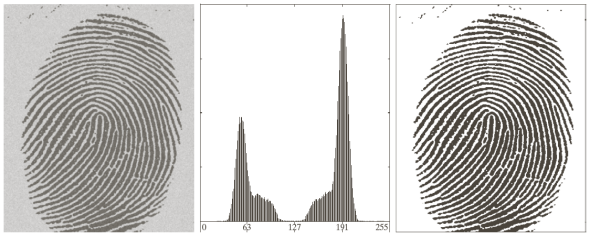
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

55

- الگوریتم تکراری
  1. یک مقدار آستانه را محاسبه کنید
     - مثلاً میانگین تصویر
  2. به کمک این مقدار آستانه تصویر را به دو ناحیه R_1 و R_2 تقسیم کنید
  3. میانگین سطوح خاکستری نواحی R_1 و R_2 یعنی μ_1 و μ_2 را بدست آورید
  4. آستانه جدید را مقدار $T=(\mu_1+\mu_2)/2$ انتخاب کنید
  5. مراحل ۲ تا ۴ را آنقدر تکرار کنید تا دیگر میانگین‌ها تغییر نکنند



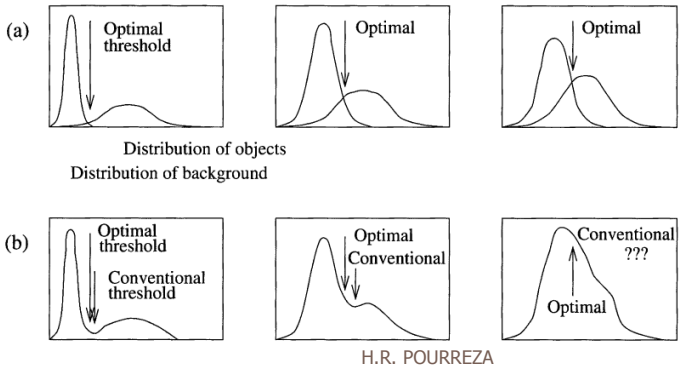
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

56

- Optimal Thresholding
  - اگر هیستوگرام Bimodal باشد می‌توان آنرا ترکیبی از دو تابع چگالی احتمال گوسی در نظر گرفت. حال با استفاده از روش بیز می‌توان مقدار آستانه را تعیین کرد.
  - مشکلات: ۱) تخمین پارامترهای توابع گوسی، ۲) عدم قطعیت در گوسی بودن توابع چگالی احتمال



H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

57

- Optimal Thresholding (ادامه)
- یکی از روش‌های تعیین مقدار آستانه بر اساس فرض فوق: مقدار آستانه T از عبارت زیر قابل محاسبه است:

$$AT^2+BT+C=0$$

که در آن:

$$A = \sigma_1^2 - \sigma_2^2$$

$$B = 2(\mu_1\sigma_2^2 - \mu_2\sigma_1^2)$$

$$C = \sigma_1^2\mu_2^2 - \sigma_2^2\mu_1^2 + 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln\frac{\sigma_2 P_1}{\sigma_1 P_2}$$

P_1 و P_2 احتمال وقوع هر کلاس است.

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

58

- Optimal Thresholding (ادامه)
- اگر $\sigma_1=\sigma_2$ باشد:

$$T = \frac{\mu_1+\mu_2}{2} + \frac{\sigma^2}{\mu_1-\mu_2}\ln\frac{P_1}{P_2}$$

- اگر همچنین $P_1=P_2$:

$$T = \frac{\mu_1+\mu_2}{2}$$

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

59

- Optimal Thresholding (ادامه)
- روش آتسو (Otsu):

1. هیستوگرام نرمالیزه شده را بدست آورید. در این حال Pi ها را به ازای i های مختلف خواهیم داشت
2. اگر مقدار آستانه k باشد، احتمال وقوع کلاس (1) با رابطه زیر محاسبه می شود. این رابطه را برای تمام kها بدست آورید.

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^{k} p_i$$

3. میانگین تجمعی را برای kهای مختلف بر اساس رابطه مقابل بدست آورید $m(k) = \sum_{i=0}^{k} ip_i$
4. میانگین سراسری تصویر را از رابطه مقابل بدست آورید $m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$
5. واریانس بین کلاسی را از رابطه مقابل برای تمام kها بدست آورید $\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]}$
6. آستانه آتسو مقداری است که واریانس فوق را ماکزیمم می‌کند . در صورتیکه چند مقدار ماکزیمم وجود دارد، آستانه را میانگین این ماکزیمم‌ها بگیرید

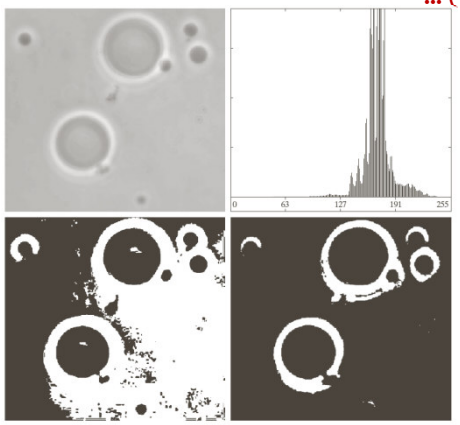
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

60

- Optimal Thresholding (ادامه)
- روش آتسو (Otsu) ...



با استفاده از آستانه حاصل از روش تکراری

با استفاده از آستانه آتسو

H.R. POURREZA

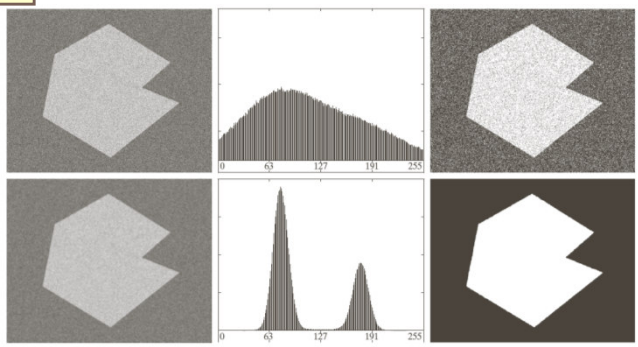
MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

61

- بهبود آستانه یابی سراسری به کمک هموارسازی

تصویر نویزی



نتیجه آستانه گیری

تصویر نویزی هموارشده

H.R. POURREZA

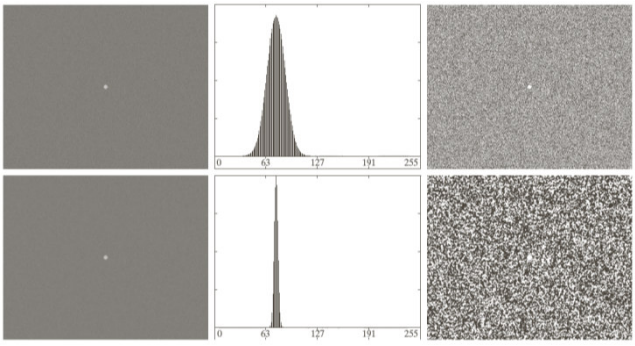
MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

62

- بهبود آستانه یابی سراسری به کمک هموارسازی ...

تصویر نویزی



نتیجه آستانه گیری

تصویر نویزی هموارشده

- علت شکست روش کوچک بودن ناحیه سفید است. هموارسازی نتوانسته موجب دوقله‌ای شدن هیستوگرام شود

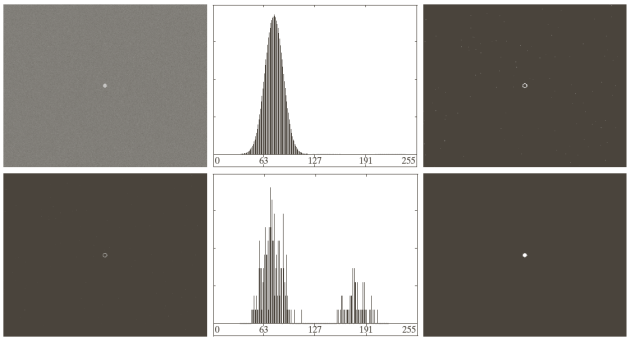
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

63

- استفاده از اطلاعات لبه در تعیین مقدار آستانه: در این روش برای ایجاد یک هیستوگرام دو قله ای، تنها پیکسلهای اطراف لبه ها برای بدست آوردن هیستوگرام و تعیین مقدار آستانه از روی آن استفاده می‌شود



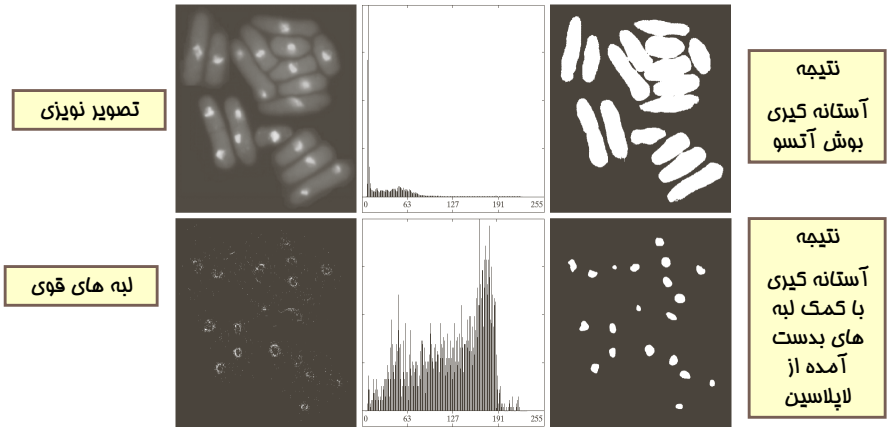
H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

64

- استفاده از اطلاعات لبه در تعیین مقدار آستانه ...



H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

65

- آستانه یابی وفقی
  - یک مقدار آستانه مناسب برای استفاده در تمام نقاط تصویر نیست (نور دهی غیریکنواخت)
  1. تصویر را به نواحی m×m تقسیم کنید
  2. برای هر زیرتصویر مقدار آستانه T_{ij} راتعیین کنید (در صورتیکه در یک ناحیه هیستوگرام تک‌قله‌ای بود تصمیم‌گیری بر اساس نقاط مجاور انجام شود)
  3. تصویر واحدی را با استفاده از زیر تصویر آستانه‌ای شده بدست آورید

H.R. POURREZA

MV Lab

روشهای تعیین مقدار آستانه بر اساس هیستوگرام

66

- Double Thresholding

هدف قراردادن پیکسلهای با سطح خاکستری نزدیک آستانه در کلاس درست با استفاده از شرط مجاورت

1. مقدار آستانه‌ی T را انتخاب کنید (به کمک یکی از روش‌های قبلی)
2. با یک مقدار ε تعریف شده مقدار $T_1=T-\varepsilon$ و $T_2=T+\varepsilon$ را بدست آورید
3. نواحی R_1، R_2 و R_3 را بدست آورید
   - R_1 : پیکسلهای کمتر از T_1
   - R_2 : پیکسلهای بین T_1 و T_2
   - R_3 : پیکسلهای بیشتر از T_2
4. به هر یک از پیکسل‌های R_2 نگاه کنید: اگر پیکسل یک همسایه در R_1 داشت، آنرا در R_1 قرار دهید.
5. مرحله‌ی ۴ را آنقدر تکرار کنید که دیگر هیچ یک از پیکسل‌های R_2 به ناحیه R_1 نرود
6. پیکسل‌های باقیمانده در R_2 را در ناحیه R_3 قرار دهید.

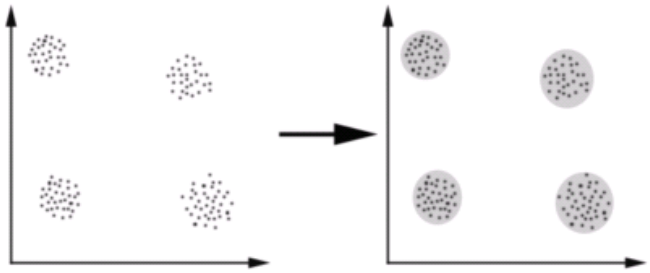
H.R. POURREZA

MV Lab

خوشه بندی Clustering

67

- خوشه بندی چیست؟

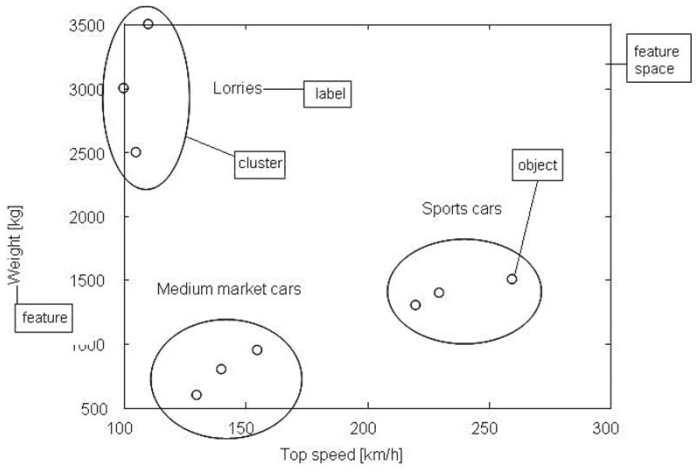


H.R. POURREZA

MV Lab

مثالی از خوشه بندی

68



H.R. POURREZA

MV Lab

خوشه‌بندی

69

- خوشه‌بندی K-means Algorithm
  1. تعداد معینی برای خوشه‌ها انتخاب کنید
  2. مرکز هر خوشه را تعیین کنید (میانگین خوشه)
  3. هر نقطه از تصویر را در خوشه‌ای قرار دهید که مقدار پیکسل به مرکز آن نزدیکتر است
  4. مراحل ۲ و ۳ را آنقدر تکرار کنید که مرکز خوشه‌ها تغییر نکنند.

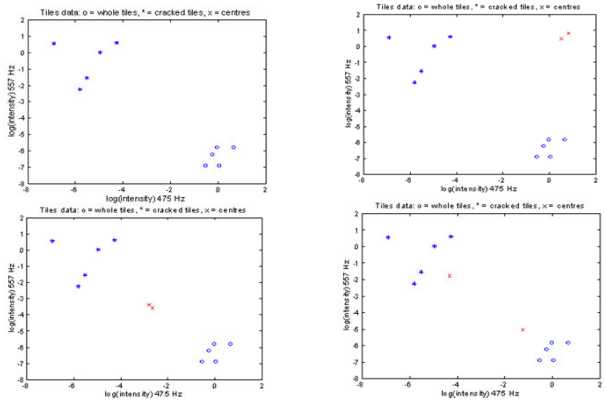
H.R. POURREZA

MV Lab

خوشه‌بندی

70

- مثالی از الگوریتم K-means



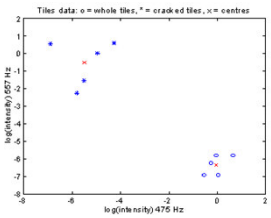
H.R. POURREZA

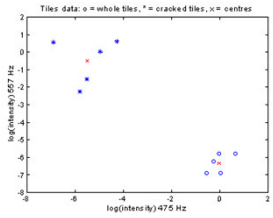
MV Lab

خوشه‌بندی

71

- مثالی از الگوریتم K-means (ادامه)





H.R. POURREZA

MV Lab

خوشه‌بندی Clustering

72

- K-means Algorithm (برای انتخاب چند مقدار آستانه)

Image | Clusters on intensity | Clusters on color

H.R. POURREZA

MV Lab

Clustering خوشه‌بندی

73

- K-means Algorithm با استفاده از رنگ، ۱۱ خوشه

Image

Clusters on color

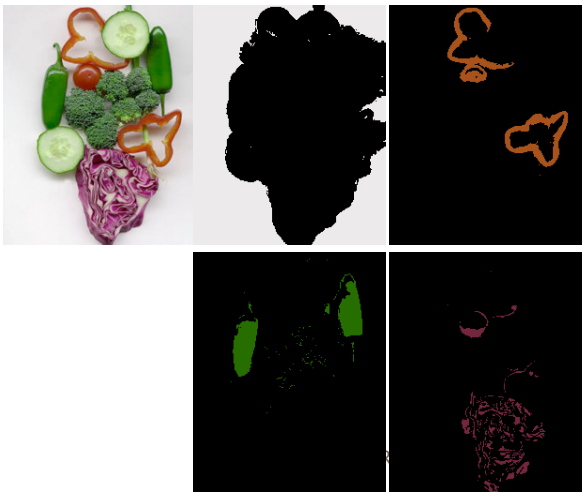
H.R. POURREZA

MV Lab

Clustering خوشه‌بندی

74

- K-means Algorithm با استفاده از رنگ، ۱۱ خوشه

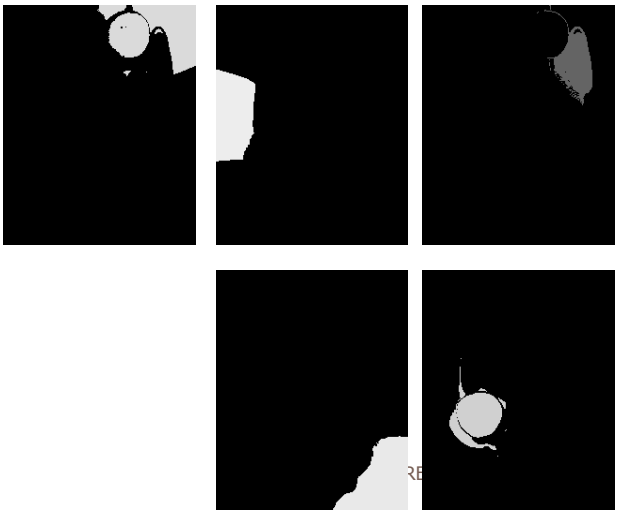


MV Lab

خوشه‌بندی Clustering

75

- K-means Algorithm با استفاده از رنگ، ۱۱ خوشه



MV Lab

خوشه‌بندی

76

- مشکلات الگوریتم K-means
  - جواب نهایی به انتخاب خوشه‌های اولیه وابستگی دارد.
  - روالی مشخص برای محاسبه‌ی اولیه‌ی مراکز خوشه‌ها وجود ندارد.
  - اگر در تکراری از الگوریتم تعداد داده‌های متعلق به خوشه‌ای صفر شد راهی برای تغییر و بهبود ادامه‌ی روش وجود ندارد.
  - در این روش فرض شده است که تعداد خوشه‌ها از ابتدا مشخص است. اما معمولا در کاربردهای زیادی تعداد خوشه‌ها مشخص نیست.

H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

77

- هدف: نسبت دادن هر نقطه به یک ناحیه متمایز، بر اساس یک معیار شباهت.
- روشها:
  - محلی (Local)
  - سراسری (Global)
- یادآوری:
  - نقاط متصل: دو نقطه x_i و x_j را متصل می‌گوییم اگر بتوان دنباله‌ای از پیکسل‌ها را که با x_i شروع و به x_j ختم شده و هر دو پیکسل متوالی پیوسته باشند
  - ناحیه متصل: یک ناحیه متصل است اگر هر زوج پیکسل آن به هم متصل باشند.

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

78

- رشد دادن ناحیه به کمک ترکیب کردن نقاط
  - رشد نواحی بر اساس رشد یکسری نقاط هسته (Seed Points)
    - بر اساس یک معیار نقاط همسایه هسته به آن اضافه می‌شود
    - روشهای انتخاب نقاط هسته:
      - در تصاویر مادون قرمز: نقاط روشن
      - مرکز خوشه
      - نقاط دارای رنگ خاص در تصاویر ماهواره‌ای
    - توقف رشد نواحی: رشد ناحیه تا آنجا ادامه می‌یابد که همسایه جدیدی نتوان برای ناحیه پیدا کرد که معیار شباهت برای آن صادق باشد.

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

79

- رشد دادن نامیه به کمک ترکیب کردن نقاط
  - رشد نواحی بر اساس ذوب کردن مرزها
    - در این روش سعی می شود در صورت امکان مرزهای بین نواحی ذوب شده و نواحی در هم ادغام شوند.
    - شرطهایی برای ذوب کردن مرز بین دو نامیه
      - مرز دو نامیه مجاور برداشته شود اگر:

$$\frac{W}{\min(l_i, l_j)} > T_1$$

که در آن W تعداد نقاط مرزی ضعیف واقع بر مرز مشترک دو نامیه و l طول پیرامون نامیه iام است.

      - مرز دو نامیه مجاور برداشته شود اگر:

$$\frac{W}{l} > T_2$$

که در آن l طول مرز مشترک دو نامیه است.

      - مرز دو نامیه مجاور برداشته شود اگر:

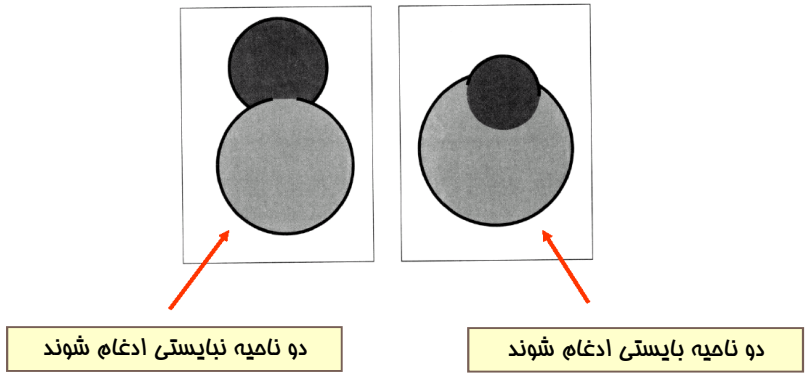
$$W > T_3$$

H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

80



دو نامیه نبایستی ادغام شوند

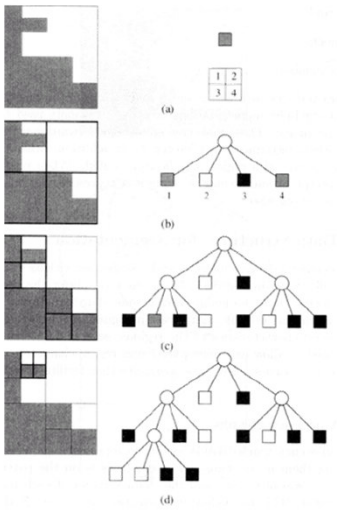
دو نامیه بایستی ادغام شوند

H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

81



- رشد دادن ناحیه به کمک ترکیب و تقسیم نواحی
  - در این روش از یک معیار همگنی استفاده می شود:

$$\begin{cases} H(R_k) = T & \forall k \\ H(R_i \cup R_j) = F & \forall i \neq j \end{cases}$$

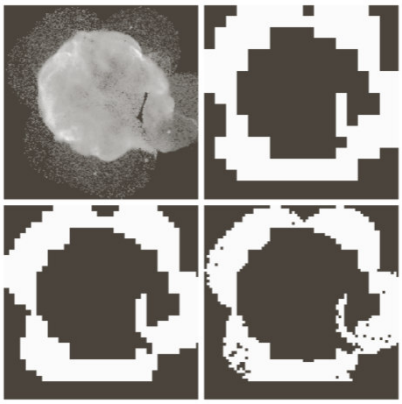
  - کار با تصویر اصلی شروع شده و با تقسیم های چهارگانه ضمن تشکیل یک درخت چهارتایی, در هر مرحله با چک کردن معیار همگنی تصمیم بگیرید که آیا یک ناحیه را تقسیم کنید یا نه

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

82

- رشد دادن ناحیه به کمک ترکیب و تقسیم نواحی ...



تاثیر انتخاب حداقل مقدار بلوکی که دیگر شکسته نمی‌شود

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

83

- تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds: مبانی

تصویر اصلی

نمایش توپولوژیک تصویر

دو مرحله آبگرفتگی (Flooding)

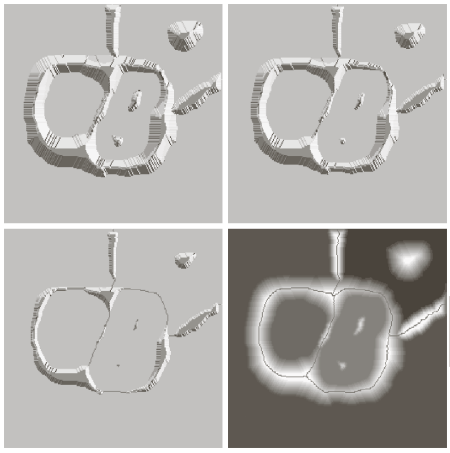
H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

84

- تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds: مبانی



آبگرفتگی بیشتر

شروع ادغام آبگیرها

تشکیل سد بین آبگیرها

افزودن سدها به تصویر

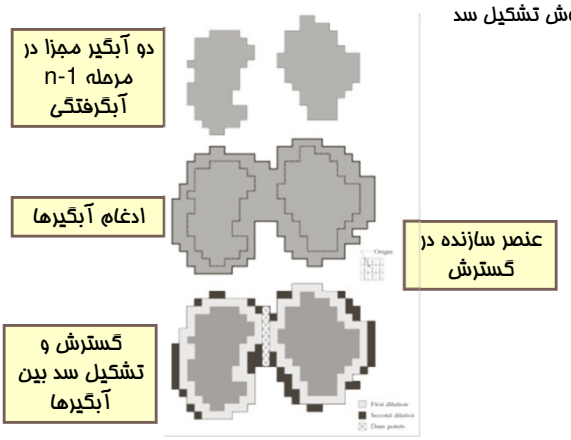
H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

85

- تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds
  - مبانی روش تشکیل سد



H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

86

- الگوریتم تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds برای تصویر g(x,y)
  - تعاریف
    - M_i را به عنوان قعر یک آبگیر در نظر بگیرید (یک مینیمم محلی)
    - $C(M_i)$ مجموعه قرار گرفته در آبگیر iام
    - $C_n(M_i)$ مجموعه قرار گرفته در آبگیر iام در مرحله nام آبگیری
    - T[n] مجموعه نقاط آبگرفته $T[n]=\{(s,t)|g(s,t)<n\}$
    - $C[n]=\bigcup_{i=1}^{R} C_n(M_i)$

H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

87

- الگوریتم تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds برای تصویر g(x,y)
  - الگوریتم
  - مقداردهی اولیه C[min+1]=T[min+1]
  - الگوریتم بازگشتی برای بدست آوردن C[n] از روی C[n-1]، با در نظر گرفتن Q به عنوان مجموعه‌ای از نواحی متصل در T[n]. برای هر ناحیه پیوسته qϵQ[n] سه حالت پیش می‌آید
    - q∩C[n-1] تهی است: یک مینیمم جدید پیدا شده
    - q∩C[n-1] شامل یک ناحیه متصل از C[n-1] است: q در یکی از آبگیرهای موجود است
    - q∩C[n-1] شامل بیش از یک ناحیه متصل از C[n-1] است: دو آبگیر در حال ادغام است. بایستی سد ساخته شود

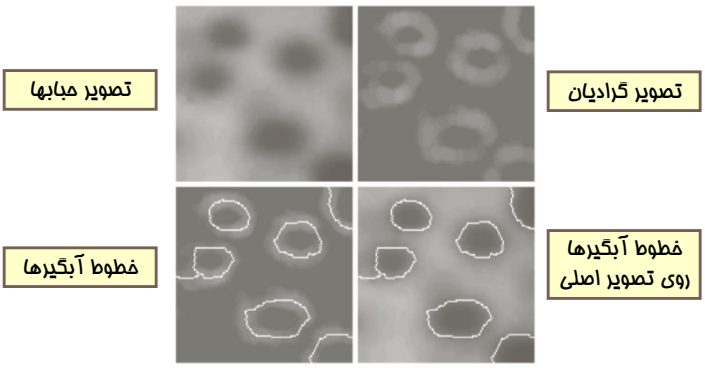
H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

88

- الگوریتم تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds



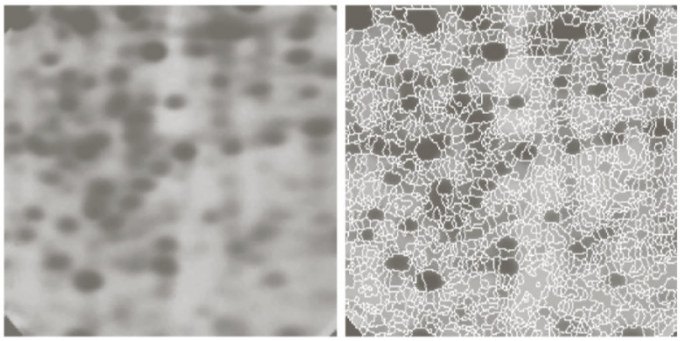
H.R. POURREZA

MV Lab

تقطیع مبتنی بر رشد نواحی

89

- الگوریتم تقطیع با استفاده از Morphological Watersheds
  - Over-segmentation ناشی از نویز در فرایند تقطیع



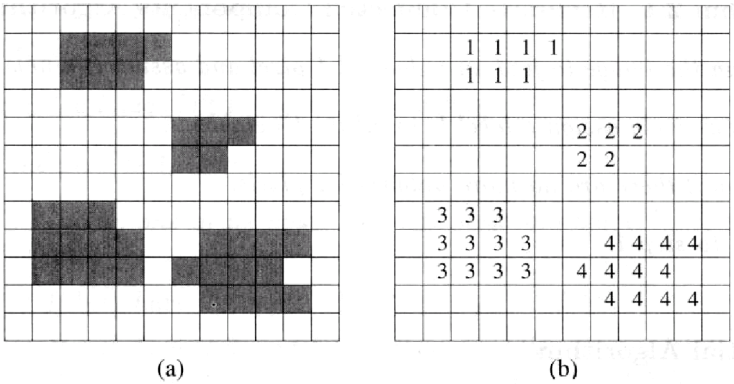
H.R. POURREZA

MV Lab

برچسب زنی (Labeling)

90

- اختصاص برچسب خاص به هر یک از نواحی به هم پیوسته



(a) تصویر باینری

(b) تصویر برچسب خورده

H.R. POURREZA

MV Lab

برچسب زنی با استفاده از رنگ آمیزی حباب

91

1. اسکن تصویر از بالا به پایین و از چپ به راست, تا رسیدن به پیکسل 1
   1. اگر پیکسل بالایی یا سمت چپ برچسب داشت, آنرا برای پیکسل جاری استفاده کنید
   2. اگر هر دو این پیکسل ها برچسب واحدی داشتند, همین برچسب را برای پیکسل جاری استفاده کنید
   3. اگر این دو پیکسل دارای برچسب غیر یکسان بودند, یکی از این برچسبها را برای پیکسل جاری استفاده کرده و این دو برچسب را به عنوان برچسب معادل یادداشت کنید
   4. اگر هیچ یک از این دو پیکسل برچسب نداشتند از یک برچسب جدید برای آن استفاده کنید.
2. اسکن تصویر برچسب خورده و جایگزینی برچسب های معادل با برچسب واحد

H.R. POURREZA

MV Lab

ارزیابی تقطیع

92

- ارزیابی با ناظر
- ارزیابی بدون ناظر (این روشها وابسته به کاربرد و مبتنی بر دانش نسبت به شکل نواحی است)

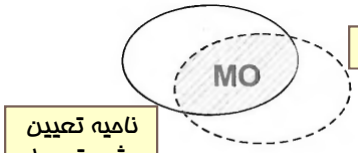
H.R. POURREZA

MV Lab

ارزیابی تقطیع

93

- ارزیابی با ناظر
  - براساس ناحیه همپوشان



$$M_{MO} = \frac{2MO}{(A_1 + A_2)}$$

  - خطای تعیین Border (استفاده از Hausdorff Dist.)

$$h(A,B) = \max_{a \in A}\left(\min_{b \in B} d(a,b)\right)$$

$$H(A,B) = \max\left(h(A,B), h(B,A)\right)$$

H.R. POURREZA