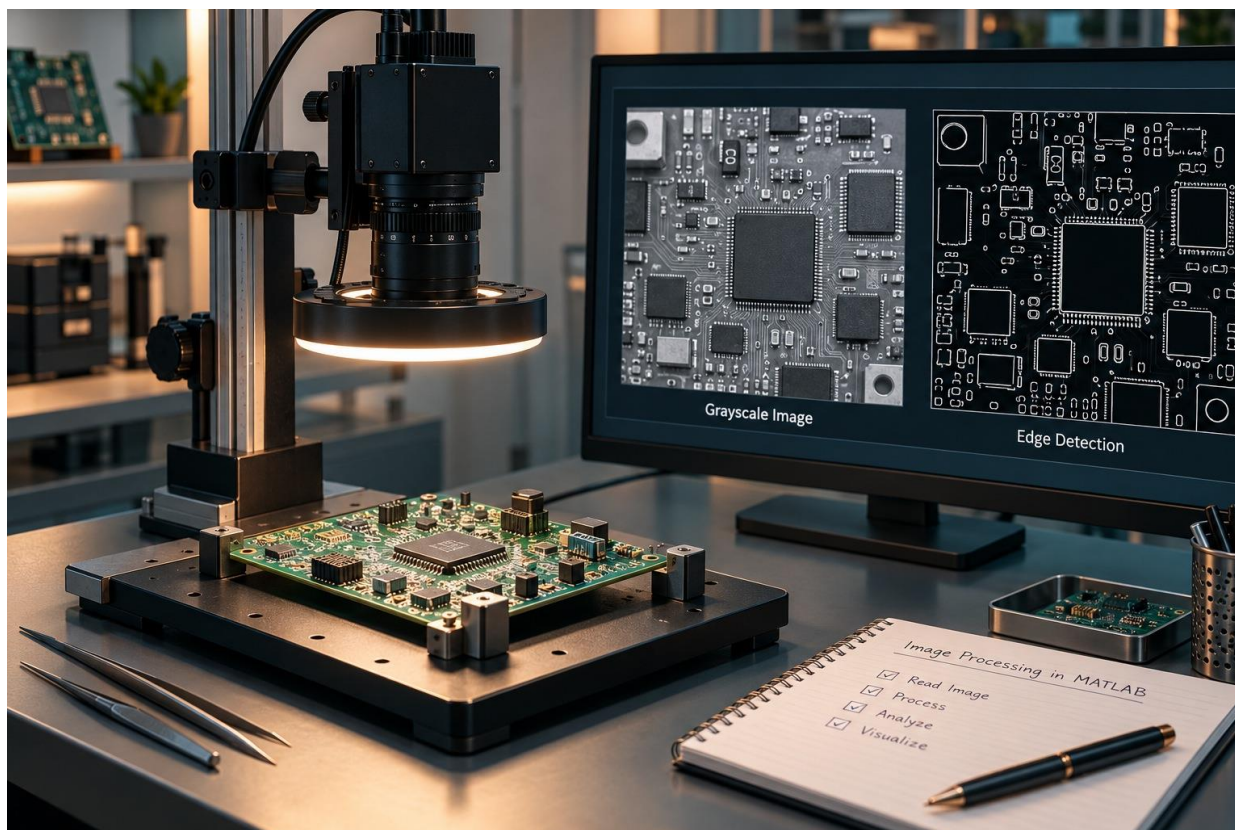


پردازش تصویر در متلب

ویژه مهندسی برق و بینایی صنعتی

مثال‌های کامل و پاسخ تمرین‌ها

محمدرضا خیری



تصویر مفهومی آموزشی

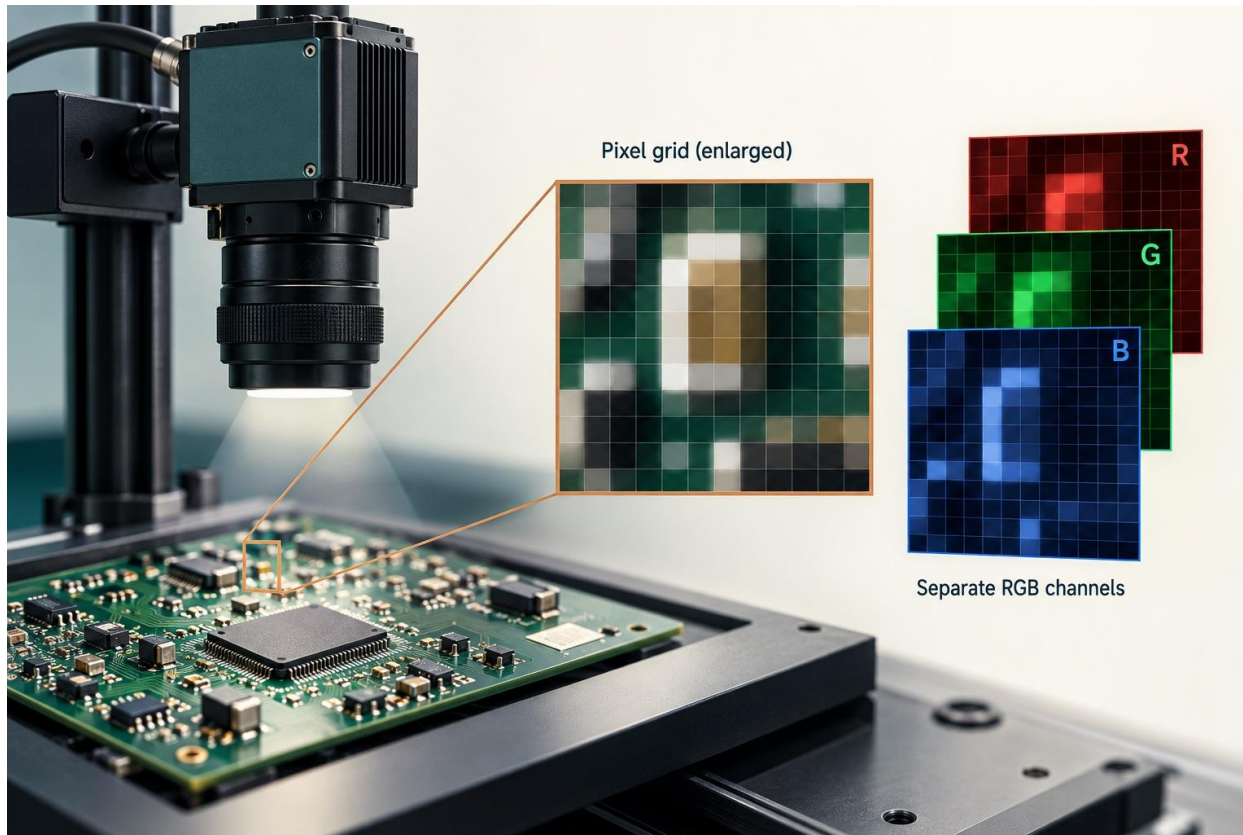
سرفصل‌های دوره

1. پیکسل و نوع داده
2. بهبود تصویر و نویز
3. لبه و جداسازی
4. شکل، هندسه و اندازه‌گیری
5. بازرسی صنعتی و ارزیابی

پیکسل و نوع داده

فصل 1

مدل، مثال و پاسخ تشریحی



تصویر مفهومی آموزشی

مسیر پردازش تصویر در برق

تصویر را به آرایه عددی تبدیل می‌کنیم و درباره روشنایی، رنگ و شکل محاسبه انجام می‌دهیم. کاربردهای این دوره: دوربین صنعتی، بازرسی برد و اندازه‌گیری قطعه. مثال‌ها با داده کوچک و ساختگی آغاز می‌شوند تا وابستگی به فایل خارجی کاهش یابد.

پیش‌نیاز نرم‌افزاری

مثال‌های اصلی این دوره به Image Processing Toolbox نیاز دارند.
هسته زبان، آرایه و FFT با MATLAB پایه کار می‌کنند.
Computer Vision Toolbox، Deep Learning Toolbox و سخت‌افزار دوربین، مسیرهای اختیاری‌اند و برای همه
مثال‌ها لازم نیستند.

ردیف، ستون و کانال رنگ

در تصویر، اندیس اول ردیف و اندیس دوم ستون است.
آرایه RGB سه کانال دارد. شدت تصویر خاکستری یک کانال است.
مختصات هندسی x و y را با ترتیب row و column اشتباه نگیرید.

نمونه برداری و نور در دوربین

پیکسل، اندازه گیری صحنه در شرایط اپتیک و نور مشخص است.
نور نامناسب، فوکوس یا حرکت می تواند ورودی الگوریتم را خراب کند.
پاسخ تمرین: پیش از پیچیده کردن فیلتر، کیفیت ثبت و ثبات نور را روی نمونه های کنترل شده بررسی کنید.

تصویر به عنوان ماتریس

برای ماتریس 3×2 شدت، مقدار پیکسل سطر دوم و ستون سوم و میانگین شدت را پیدا کنید.

```
I = uint8([0 50 100;150 200 250]);  
p = I(2,3);  
avg = mean(double(I(:)));  
imshow(I); disp(p); disp(avg);
```

پاسخ تصویر به عنوان ماتریس

پیکسل: ۲۵۰
میانگین: ۱۲۵

تبدیل به double پیش از محاسبه، معنای عددی میانگین را روشن می کند.

تبدیل شدت و نوع داده

شدت‌های uint8 صفر و ۲۵۵ را به بازه اعشاری صفر تا یک ببرید.

```
I = uint8([0 255]);  
J = im2double(I);  
K = double(I);  
disp(J); disp(K);
```

پاسخ تبدیل شدت و نوع داده

```
im2double: [0,1]  
double: [0,255]
```

double فقط نوع را عوض می‌کند im2double . برای uint8 شدت را نیز به بازه استاندارد اعشاری تبدیل می‌کند.

جدایی کانال‌های RGB

یک پیکسل قرمز خالص بسازید و مقدار کانال‌ها و شدت خاکستری آن را بررسی کنید.

```
RGB = zeros(1,1,3,'uint8');  
RGB(1,1,1) = 255;  
G = rgb2gray(RGB);  
disp(squeeze(RGB)); disp(G);
```

پاسخ جدایی کانال‌های RGB

$RGB = [255; 0; 0]$
شدت خاکستری نزدیک ۷۶ است.

تبدیل خاکستری، وزن یکسانی به سه کانال نمی‌دهد. مقدار نهایی صحیح عدد به گرد کردن تبدیل وابسته است.

تفاضل تصویر بدون اشباع

از شدت ۱۰ مقدار ۲۰ را کم کنید و تفاوت محاسبه uint8 و double را ببینید.

```
A = uint8(10); B = uint8(20);  
raw = A-B;  
signedDifference = double(A)-double(B);  
disp(raw); disp(signedDifference);
```

پاسخ تفاضل تصویر بدون اشباع

تفاضل: uint8: صفر

تفاضل: double: منفی ۱۰

برای تفاضل علامت‌دار، پیش از کم کردن نوع داده را تغییر دهید. محاسبه صحیح عدد بدون علامت مقدار منفی را نمایش نمی‌دهد.

بهبود تصویر و نویز

فصل 2

مدل، مثال و پاسخ تشریحی



تصویر مفهومی آموزشی

فیلتر و مرز تصویر

فیلتر از همسایگی هر پیکسل استفاده می‌کند.
صفرگذاری، تکرار لبه و بازتاب مرزی خروجی یکسانی نمی‌دهند.
رفتار مرکز و گوشه را با یک تصویر ثابت آزمایش کنید و سیاست مرز را در گزارش ثبت کنید.

تبدیل گاما

شدت‌های اعشاری $[0, 0.25, 1]$ را با گامای 0.5 تبدیل کنید.

```
I = [0 0.25 1];  
gamma = 0.5;  
J = I.^gamma;  
disp(J);  
assert(max(abs(J-[0 0.5 1])) < 1e-12);
```

پاسخ تبدیل گاما

$[0, 0.5, 1]$

برای داده نرمال شده، توان کمتر از یک مقادیر میانی را افزایش می دهد. نتیجه بصری به توزیع شدت ورودی بستگی دارد.

هیستوگرام و فراوانی

تصویری با شدت‌های صفر، صفر، ۲۵۵ و ۲۵۵ بسازید و فراوانی دو شدت را بشمارید.

```
I = uint8([0 0;255 255]);  
[counts,levels] = imhist(I);  
disp([counts(1) counts(end)]);  
bar(levels,counts); xlim([0 255]);
```

پاسخ هیستوگرام و فراوانی

فراوانی شدت صفر: ۲

فراوانی شدت ۲۵۵: ۲

هیستوگرام موقعیت مکانی پیکسل‌ها را نگه نمی‌دارد. دو تصویر متفاوت می‌توانند هیستوگرام یکسان داشته باشند.

کاهش نویز با فیلتر گاوسی

به تصویر ثابت 0.5 نویز گاوسی اضافه کنید و اثر فیلتر را با MSE بسنجید.

```
rng(7);  
ref = 0.5*ones(64);  
noisy = ref+0.08*randn(64);  
filtered = imgaussfilt(noisy,1);  
mseBefore = mean((noisy(:)-ref(:)).^2);  
mseAfter = mean((filtered(:)-ref(:)).^2);  
disp([mseBefore mseAfter]);
```

پاسخ کاهش نویز با فیلتر گاوسی

MSE را از اجرای واقعی ثبت کنید.
در این نمونه ثابت، هموارسازی معمولاً خطای نویز را کاهش می‌دهد.

کاهش نویز ممکن است جزئیات و لبه‌ها را هم نرم کند. نتیجه یک تصویر ثابت، عملکرد همه تصاویر صنعتی را ثابت نمی‌کند.

نویز ضربه‌ای و میانه

در یک تصویر ثابت، پیکسل مرکزی را به یک تغییر دهید. مقدار مرکز پس از فیلتر میانه 3×3 چیست؟

```
I = 0.5*ones(7);  
I(4,4) = 1;  
J = medfilt2(I,[3 3]);  
disp(J(4,4));  
assert(abs(J(4,4)-0.5) < 1e-12);
```

پاسخ نویز ضربه‌ای و میانه

شدت مرکزی 0.5 :

در همسایگی ۹ عضو، هشت مقدار 0.5 و یک مقدار ۱ است. میانه برابر 0.5 می‌شود.

کانولوشن و میانگین‌گیری

فیلتر میانگین 3×3 را روی تصویر ثابت اعمال کنید و فرق مرز و مرکز را بررسی کنید.

```
I = ones(5);  
h = ones(3)/9;  
J = conv2(I,h,'same');  
disp([J(3,3) J(1,1)]);
```

پاسخ کانولوشن و میانگین‌گیری

مرکز: ۱

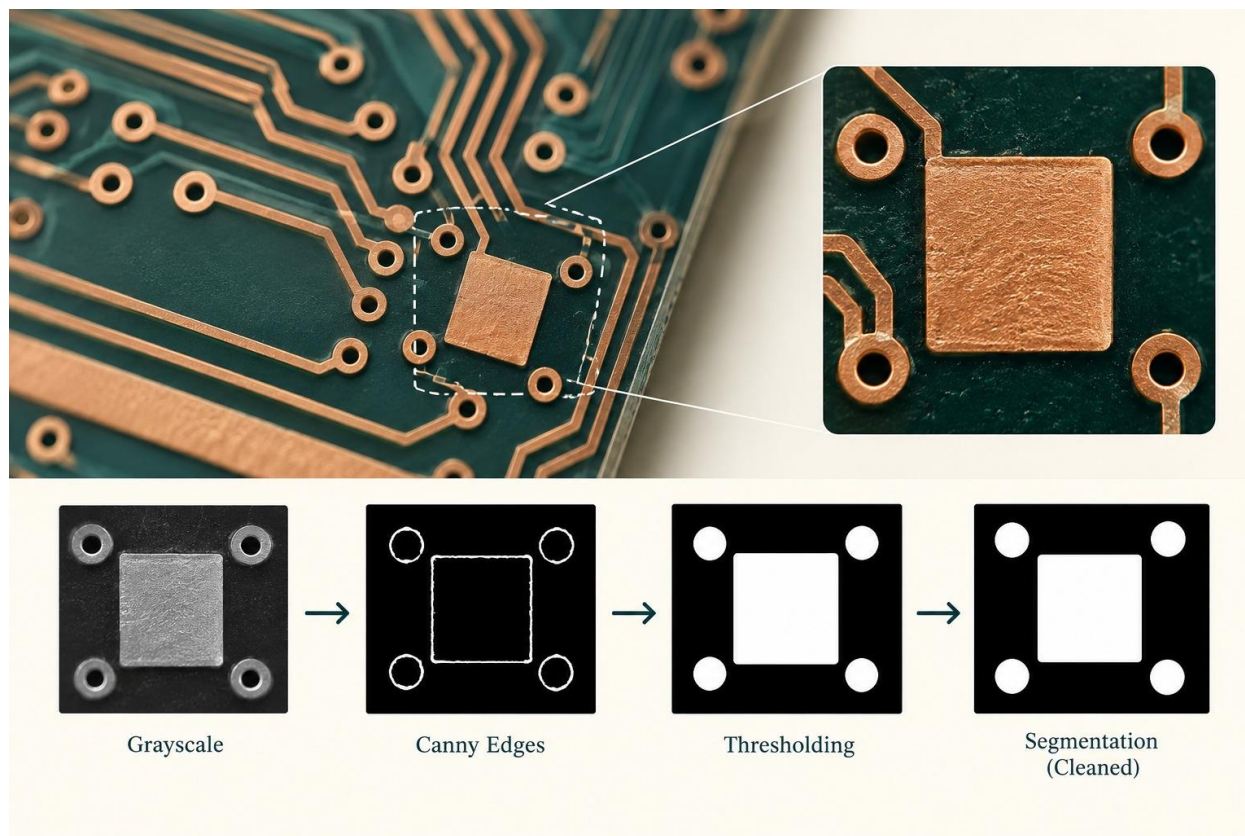
گوشه $0.4444 \approx 4/9$:

در این کانولوشن، بیرون تصویر صفر فرض می‌شود. سیاست مرزی بر نتیجه اثر دارد؛ `imfilter` گزینه‌های مرزی دیگری ارائه می‌کند.

لبه و جداسازی

فصل 3

مدل، مثال و پاسخ تشریحی



تصویر مفهومی آموزشی

جداسازی و اتصال ناحیه

ماسک دودویی تصمیم پیکسل را نگه می‌دارد.
اتصال ۴ و اتصال ۸ درباره همسایگی متفاوت‌اند.
دو پیکسل مورب می‌توانند در اتصال ۸ یک ناحیه و در اتصال ۴ دو ناحیه باشند.

لبه یک قطعه ساختگی

یک مربع روشن روی زمینه تاریک بسازید و لبه‌های آن را با روش Canny پیدا کنید.

```
I = zeros(64);  
I(17:48,17:48) = 1;  
E = edge(I, 'Canny');  
imshow(E);  
edgeCount = nnz(E); disp(edgeCount);
```

پاسخ لبه یک قطعه ساختگی

لبه پیرامون مربع ظاهر می‌شود.
تعداد دقیق پیکسل‌ها به روش و تنظیمات لبه‌یابی وابسته است.

لبه، تغییر شدت را نشان می‌دهد. الزاماً معادل مرز واقعی یک جسم یا عیب تولیدی نیست.

آستانه‌گذاری روشن و تاریک

در ماتریس $[0, 0.2; 0.8, 1]$ ، مقادیر بزرگ‌تر از 0.5 را جدا کنید.

```
I = [0 0.2; 0.8 1];  
BW = I > 0.5;  
disp(BW); disp(nnz(BW));
```

پاسخ آستانه‌گذاری روشن و تاریک

ماسک $[0,0;1,1]$:
تعداد پیکسل روشن: ۲

آستانه ثابت برای این داده ساختگی روشن است. برای داده واقعی باید نور، کالیبراسیون و شرایط پس‌زمینه را بررسی کنید.

آستانه داده محور

برای دو ناحیه تیره و روشن، آستانه Otsu و تعداد پیکسل‌های انتخاب شده را بررسی کنید.

```
I = [0.1*ones(20,10),0.9*ones(20,10)];  
level = graythresh(I);  
BW = imbinarize(I,level);  
disp(level); disp(nnz(BW));  
assert(nnz(BW) == 200);
```

پاسخ آستانه داده محور

۲۰۰ پیکسل در ناحیه روشن
مقدار دقیق آستانه را از اجرای MATLAB ثبت کنید.

این مثال دو شدت جدا دارد. روش آستانه گذاری به تنهایی معنای صنعتی ناحیه انتخاب شده را تعیین نمی کند.

حذف لکه کوچک

یک مربع 5×5 و یک پیکسل جدا بسازید. نواحی کوچکتر از ۴ پیکسل را حذف کنید.

```
BW = false(20);  
BW(5:9,5:9) = true;  
BW(17,17) = true;  
clean = bwareaopen(BW,4,8);  
disp([nnz(BW) nnz(clean)]);  
assert(nnz(clean) == 25);
```

پاسخ حذف لکه کوچک

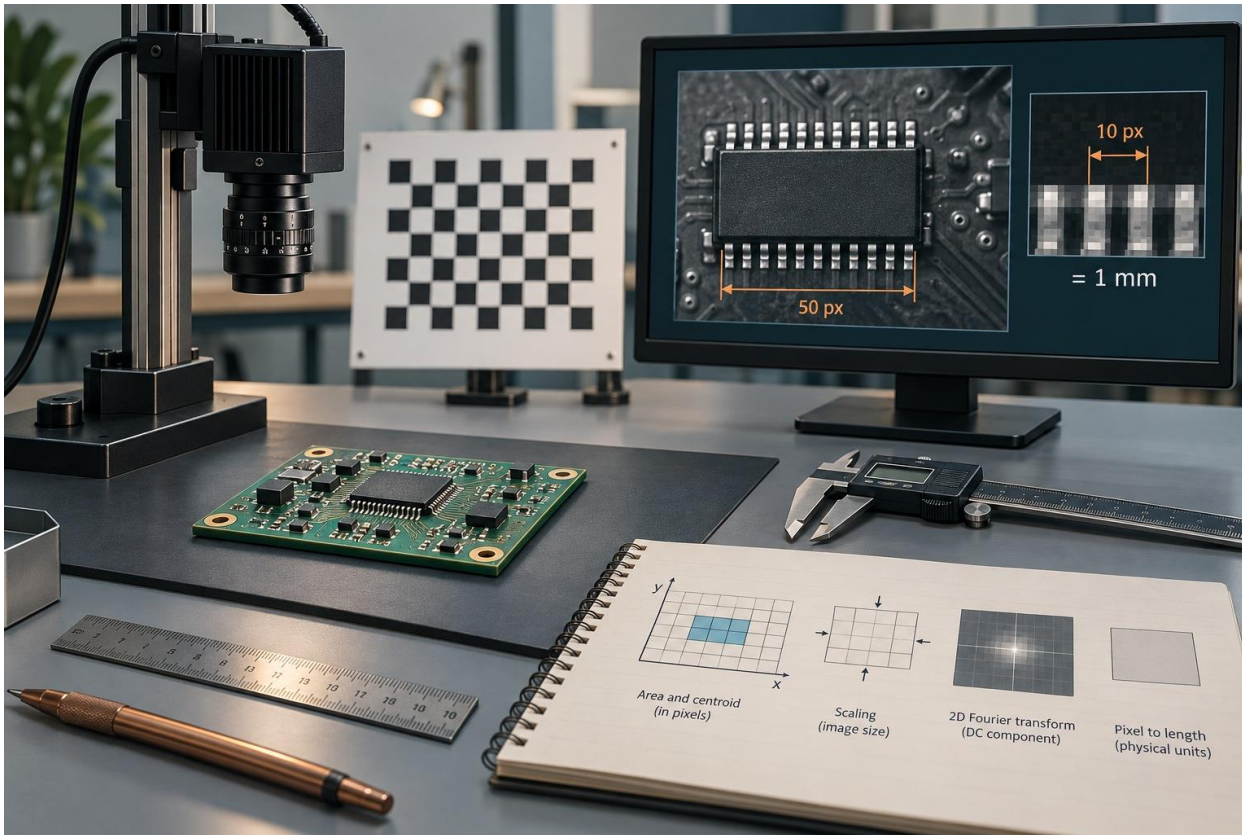
پیش از حذف: ۲۶ پیکسل
پس از حذف: ۲۵ پیکسل

آستانه مساحت برحسب پیکسل است. حذف لکه کوچک، بدون مرجع اندازه یا تعریف عیب، تصمیم صنعتی کامل نیست.

شکل، هندسه و اندازه‌گیری

فصل 4

مدل، مثال و پاسخ تشریحی



تصویر مفهومی آموزشی

هندسه و ثبت تصویر

جابجایی، چرخش و پرسپکتیو می‌توانند مقایسه مستقیم پیکسل را نامعتبر کنند. `imregcorr` و تبدیل‌های هندسی برای هم‌ترازی کاربرد دارند. پاسخ تمرین: پیش از تفاضل دو تصویر جابه‌جا، تبدیل هندسی را تخمین بزنید و اعتبار هم‌ترازی را روی نقاط مستقل بررسی کنید.

ناحیه، مساحت و مرکز

برای مستطیل ردیف‌های ۳ تا ۶ و ستون‌های ۵ تا ۹، مساحت و مرکز را پیدا کنید.

```
BW = false(12);  
BW(3:6,5:9) = true;  
stats = regionprops(BW, 'Area', 'Centroid');  
disp(stats.Area); disp(stats.Centroid);  
assert(stats.Area == 20);
```

پاسخ ناحیه، مساحت و مرکز

مساحت: ۲۰ پیکسل
مرکز $[x,y] = [7,4.5]$

Centroid ترتیب x و y دارد. با ستون و y با ردیف مرتبط است.

اندازه‌گیری با مقیاس معلوم

مساحت ناحیه ۲۰۰ پیکسل است. اگر هر پیکسل ۰.۱ میلی‌متر در هر راستا باشد، مساحت فیزیکی چیست؟

```
areaPixels = 200;  
mmPerPixel = 0.1;  
areaMM2 = areaPixels*mmPerPixel^2;  
disp(areaMM2);  
assert(abs(areaMM2-2) < 1e-12);
```

پاسخ اندازه‌گیری با مقیاس معلوم

۲ میلی‌متر مربع

برای مساحت، مقیاس طول به توان دو می‌رسد. فرض پیکسل مربع و مقیاس یکسان در ناحیه اندازه‌گیری باید معتبر باشد.

ابعاد و تغییر اندازه

تصویر 200×100 را با ضریب 0.5 کوچک کنید. ابعاد خروجی چیست؟

```
I = zeros(100,200);  
J = imresize(I,0.5);  
disp(size(J));  
assert(isequal(size(J),[50 100]));
```

پاسخ ابعاد و تغییر اندازه

۵۰ ردیف و ۱۰۰ ستون

کوچک سازی باید اثر نمونه برداری و حذف جزئیات را در نظر بگیرد. ابعاد خروجی به معنی حفظ همه اطلاعات نیست.

تبدیل فوریه دوبعدی

برای تصویر 8×8 با شدت ثابت یک، مؤلفه DC و مجموع اندازه سایر مؤلفه‌ها را بررسی کنید.

```
I = ones(8);  
F = fft2(I);  
dc = F(1,1);  
F(1,1) = 0;  
other = sum(abs(F(:)));  
disp([dc other]);
```

پاسخ تبدیل فوریه دوبعدی

DC = 64

سایر مؤلفه‌ها: صفر

شدت ثابت فقط مؤلفه DC دارد `fftshift` . برای نمایش مرکز طیف است و به معنی تغییر محتوای فرکانسی نیست.

بازرسی صنعتی و ارزیابی

فصل 5

مدل، مثال و پاسخ تشریحی



تصویر مفهومی آموزشی

پروژه نهایی بازرسی برد

ورودی: مرجع و نمونه هم‌تراز در شرایط تصویربرداری کنترل‌شده.
مسیر: تبدیل شدت، کاهش نویز، جداسازی، مقایسه و اندازه‌گیری.
پاسخ نمونه ساختگی دوره: شش پیکسل حذف‌شده در مثال تفاضلی. نتیجه صنعتی واقعی به داده و معیار پذیرش مستقل نیاز دارد.

یادگیری عمیق در پردازش تصویر

برای یادگیری عمیق به داده دارای برچسب و مجموعه آزمون مستقل نیاز دارید. نمونه‌های یک برد یا یک جلسه تصویربرداری را بی‌بررسی میان آموزش و آزمون پخش نکنید. مثال‌های کلاسیک این دوره یک خط مبنا می‌سازند؛ شبکه را با همان معیار و همان تقسیم داده مقایسه کنید.

بازرسی تفاضلی برد

در تصویر مرجع، یک ناحیه روشن 10×10 داریم. در نمونه، یک ناحیه 3×2 از آن حذف شده است. تعداد پیکسل‌های متفاوت را پیدا کنید.

```
ref = false(30);  
ref(10:19,10:19) = true;  
sample = ref;  
sample(12:13,14:16) = false;  
defect = xor(ref,sample);  
disp(nnz(defect));  
assert(nnz(defect) == 6);
```

پاسخ بازرسی تفاضلی برد

۶ پیکسل متفاوت

این پاسخ برای تصاویر هم‌تراز و دودویی ساختگی است. در بازرسی واقعی، ثبت هندسی، نور و تعریف عیب باید پیش از مقایسه بررسی شوند.

IoU و Recall ،Precision

ماسک پیش‌بینی سه پیکسل دارد و دو پیکسل آن درست است. مرجع هم سه پیکسل دارد. معیارها را حساب کنید.

```
truth = logical([1 1 1 0]);  
pred = logical([1 1 0 1]);  
TP = nnz(pred & truth);  
FP = nnz(pred & ~truth); FN = nnz(~pred & truth);  
precision = TP/(TP+FP);  
recall = TP/(TP+FN);  
iou = TP/(TP+FP+FN);  
disp([precision recall iou]);
```

پاسخ Precision، Recall و IoU

$$\text{Precision} = 2/3$$

$$\text{Recall} = 2/3$$

$$\text{IoU} = 1/2$$

برای مخرج صفر باید سیاست روشن تعریف شود. معیار روی یک ماسک، اثبات عملکرد کل مجموعه بازرسی نیست.

پردازش تکرارپذیر چند نمونه

سه تصویر ساختگی با یک، دو و سه پیکسل روشن را پردازش و جدول مساحت بسازید.

```
images = {logical([1 0 0]), ...  
          logical([1 1 0]),logical([1 1 1])};  
areas = zeros(numel(images),1);  
for k = 1:numel(images)  
    areas(k) = nnz(images{k});  
end  
T = table((1:3)',areas,'VariableNames',{'ID','Area_px'});  
disp(T);
```

پاسخ پردازش تکرارپذیر چند نمونه

Area_px = [1;2;3]

این مسیر کوچک، مبنای پردازش دسته‌ای است. برای فایل واقعی، کنترل خطای خواندن و ثبت نام فایل را اضافه کنید.

منابع و مستندات رسمی

mathworks.com/help/images/ref/bwareaopen.html

mathworks.com/help/images/ref/edge.html

mathworks.com/help/images/ref/graythresh.html

mathworks.com/help/images/ref/imadjust.html

mathworks.com/help/images/ref/imbinarize.html

mathworks.com/help/images/ref/imgaussfilt.html

mathworks.com/help/images/ref/imhist.html

منابع و مستندات رسمی

mathworks.com/help/images/ref/imresize.html

mathworks.com/help/images/ref/imshow.html

mathworks.com/help/images/ref/medfilt2.html

mathworks.com/help/images/ref/regionprops.html

mathworks.com/help/matlab/ref/cell.html

mathworks.com/help/matlab/ref/conv2.html

mathworks.com/help/matlab/ref/double.minus.html

منابع و مستندات رسمی

mathworks.com/help/matlab/ref/fft2.html

mathworks.com/help/matlab/ref/im2double.html

mathworks.com/help/matlab/ref/nnz.html

mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html

mathworks.com/help/matlab/ref/xor.html