

合定位 $A \odot B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$ 。

6.5 【灰度图像模板匹配】

相关系数： $c(x,y) = \sum_s \sum_t w(s,t) f(x+s,y+t)$
归一化相关系数：减均值，除两方差。最后一定在±1 之内
$$r(x,y) = \frac{\sum_s \sum_t [w(s,t) - \bar{w}][f(x+s,y+t) - \bar{f}(x+s,y+t)]}{\{\sum_s \sum_t [w(s,t) - \bar{w}]^2 \sum_s \sum_t [f(x+s,y+t) - \bar{f}(x+s,y+t)]^2\}^{\frac{1}{2}}}$$

流程：原图 padding，模板遍历全图计算归一化相关系数，最大点即匹配结果

7 图像分割

7.1 基本概念：基于边缘的，基于区域的

7.2 点线边检测

【背景】边缘像素：强度突变的像素
边缘：连接的一组边缘像素
一阶导：f(x+1)-f(x)； 二阶导：f(x+1)+f(x-1)-2*f(x)
【点检测】检测突出点
流程：用 laplacian 核[[111,1-81,111]卷积，保留>阈值的点
【线检测】
整体线：用 Laplacian 核卷积，取正数（或取绝对值，较少）
方向线：四个方向卷积核卷积，四响应中最大者。
水平：[-1-1-1;222;-1-1-1].垂直：(90° 水平旋转)
+45° [-2-1-1;-12-1;-1-12],-45° ：(45° 左右翻转)
【边缘模型】
台阶型，斜坡型，屋脊型



【边缘检测】
基于梯度：先算水平竖直梯度，再计算强度谱和方向谱。
其中，边缘的梯度方向与边缘垂直。

梯度算子：gx,gy=[下][右]。垂直梯度[-1;1],[-1;1]，Roberts[-1 0;0 -1],[0 -1;1 0]，Prewitt 0-90° [-1-1-1;000;111]逆]或 45° [011;-101;-1-10][顺]，Sobel 0-90° [-1-2-1;000;121]逆]或 45° [012;-101;-2-10][顺]。

梯度幅值： $M(x,y) = |gx|+|gy|$ ，或 $gxgy$ 平方和开根号
梯度幅角：反正切(gy/gx)
Canny 算子：空域 2D 高斯平滑；梯度算子计算纵横梯度、幅值图、幅角图；根据幅角，沿梯度方向(非边缘方向)对幅值图做 NMS；双阈值算法，去掉假边缘，连接真边缘。
NMS 流程：1.根据幅角图，将每个像素点的梯度方向，量化为横竖撇捺四类；2.对某点，沿其梯度方向在其 3×3 邻域中取 3 个点，若中心点梯度幅值最大则保留该点，否则置零；3.遍历全图做 2，即得 NMS 结果。

$$g_N(x,y) = \begin{cases} M(x,y), & \text{if } M(x,y) > \text{two neighbors along } d_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

双阈值：设定强弱阈值(TH/TL=2 或 3)，根据每个点梯度幅值 $g_N(x,y)$ 判断：小于弱阈值点置零，大于强阈值点置 1(确定边缘)；中间的点则判定，若与强阈值点 8 连通，则置 1(但不参与下次判定)，否则置零。
Canny 初表：所有边缘均被找到，错误率低；定位边缘尽可能接近真实边缘；检测器指出边缘是单一的，不应指出多个像素边缘。Canny 特点：改进边缘细节，拒绝无关特征，所得边缘连续、细、直。

【直线检测】hough 变换：从空域到参数域的变换。
笛卡尔坐标系中概念：原图中点(xi,yi)代表的一簇直线(yi=axi+b)，对应参数空间一条线(b=-xia+yi)；原图中两点(x1,y1)(x2,y2)确定了一条直线(两簇的交集)，对应参数空间两线交点(b=-x1a+y1 与 b=-x2a+y2 的交点)。
极坐标：法线式(xcos θ +ysin θ = ρ， θ ∈[±90])，点(xi,yi)确定的一簇直线(xicos θ +yisin θ = ρ)，在 $\rho\theta$ 平面中代表一曲线；在空域中两点确定直线，在 $\rho\theta$ 平面中代表两曲线交点。
用极坐标的理由：x=c 无法在笛卡尔坐标参数空间表示。
利用 hough 变换检测直线：1.canny 等获得二值化边缘图像；2.将每个点映射到极坐标参数空间 $\rho\theta$ 平面中，得多个连续曲线；3.划分网格，对曲线离散化，统计网格中点的数目；4.包含点最多的网格，其所代表的参数即为直线参数。
计算步骤：1、离散化 $\theta=45, 0, 45, 90$ ；2.根据所给二值化图像，计算每个点的 $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ （每个点对应多个 ρ，这里是 4 个），得到行 n 列 θ，内容为 ρ 的表格；3.统计表格中 (ρ, θ) 出现频数；4.频数最高的 ρ 和 θ 即为检测的直线参数。