

东莞理工学院

本科毕业论文(设计)

题目： 基于 OpenCV 的工程图数据提取
在 UWB 定位系统的应用

姓名： 陈俊杰

专业： 软件工程

学院： 机器人学院

学号： 201541412127

指导教师： 刘文果

职称： 副教授

2019 年 4 月 20 日

东莞理工学院本科毕业论文（设计）诚信声明

本人郑重声明：所呈交的毕业论文（设计），题目《基于 OpenCV 的工程图数据提取及其在 UWB 定位系统的应用》是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式注明。除此之外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。本人完全意识到本声明的法律结果。

毕业论文（设计）作者签名：

日期： 年 月 日

1 相关技术及背景

1.1 建筑工程图的认识

建筑工程图是用来表示房屋的规划位置、外部造型、内部布置、内外装修、细致结构、固定设施及施工要求等的图纸。它包括施工图平面图、建筑总平面图、建筑剖面图、建筑立面图和建筑详图。

工程图纸分类分为三种：建筑施工图（又称建施），主要表示房屋的总平面图、剖面图、立面图等；结构施工图（又称结施），主要表示房屋承重结构的布置、构件类型、大小、数量及做法等。它包括结构布置图和构件详图；设施施工图（又称设施），主要表示各种线路、设备和管道的布置、走向以及安装施工要求等。

而本课题采用的建筑工程图属于建筑施工图的房屋平面图（文章以下出现的“工程图”时均表示建筑平面图）。而在现今，国内建筑行业在绘制平面图普遍使用 AutoCAD 软件绘制成.dwg 文件格式的工程图。

.dwg 是 AutoCAD 软件保存图形及属性数据的一种二进制文件格式，是制图行业的工业标准，数据结构复杂，主要包括文件头部（HEADER）、应急头部（CONTINGENY HEADER）、表部（TABLES）、实体部（ENTITLES）、块实体部（BLOCKS）5 部分。

1.2 OpenCV 的基础知识

1.2.1 OpenCV 介绍

OpenCV（Open Source Computer Vision Library）诞生于 Intel 研究中心，其目的是开发一个普遍可用的计算机视觉库。在 Intel 的性能库团队的帮助下，OpenCV 实现了一些关于计算机视觉的核心代码以及算法，并在 Intel 俄罗斯的库团队的帮助下得到优化。

OpenCV 是一个开源的计算机视觉库。OpenCV 采用 C/C++ 语言编写，可以运行在 Linux/Windows/Mac 等操作系统上。OpenCV 还提供了可 Python、Ruby、MATLAB 以及其他语言的接口。无论是科研使用还是商业使用，OpenCV 都是开放源代码且免费的，OpenCV 的代码可用于或者嵌入（整体或部分）其他的应用程序中。

OpenCV 主体分为五个模块，其中四个模块如图 1 所示。还有一个模块是 CvAux 模块，该模块中一般存放一些新出现的实验性的算法和函数，同时还有一些即将被淘汰的算法和函数。

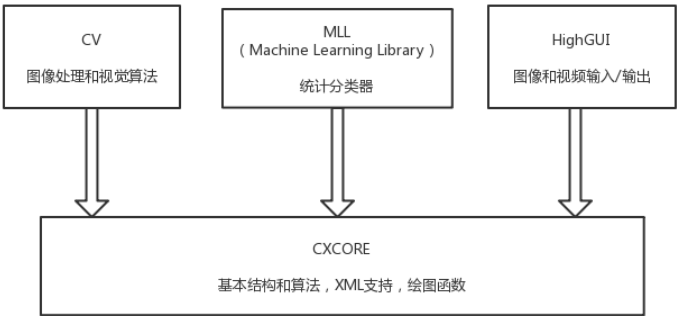


图 1: OpenCV 模块图

1.2.2 灰度处理

灰度的概念：

一个大小为 $M \times N$ 的数字图像是由 M 行 N 列的有限元素组成的，每个元素（又称为像素）都有特定的位置和幅值，代表了所在行列位置上的图像物理信息，如灰度和 RGB 等。

在二值图像（像素只有 0 和 1 两种取值，0 代表黑色，1 代表白色）中进一步加入许多介于黑色和白色之间的颜色深度，就构成了灰度图像。这类图像通常显示为从最暗黑色到最亮的白色的灰度，每种灰度（颜色深度）称为一个灰度级，通常用 L 表示。在灰度图像中，像素可以取 $0 \sim L-1$ 之间的整数值，根据保存灰度数值所使用的数据类型不同，可能有 256 种取值或者 2^k 种取值，当 $k=1$ 时即退化为二值图像。在通常情况下，图像的灰度级范围从 0 到 255，白色为 255，黑色为 0，故黑白图片又称为灰度图像。灰度级越大表示越亮。

图像灰度级分辨率：

在数字图像处理中，灰度级分辨率又称色阶，是指图像中可分辨的灰度级数目 L ，它与存储灰度级别所使用的数据类型有关。由于灰度级度量的是投射到传感器上光辐射值的强度，所以灰度级分辨率也叫辐射计量分辨率。

随着图像的灰度级分辨率逐渐降低，图像中包含的颜色数目变少，从而在颜色的角度造成图像信息受损，同样使图像细节表达受到了一定的影响。

灰度图像在图像处理中的作用：

对于一个数字图像处理系统来说，一般可以将处理流程分为 3 个阶段。在获取原始图像后，首先是图像预处理阶段，第二是特征抽取阶段，最后才是识别分析阶段。预处理阶段尤为重要，这个阶段处理不好则后面的工作根本无法展开。

灰度直方图是最基本的图像分析工具。灰度直方图是图像的一种统计表达，它反映了该图中不同灰度级出现的统计概率。主要应用于图像分割和图像灰度变换等处理过程中。

利用直方图辅助实现的各种灰度变换（点运算）¹，包括线性灰度变换、分段线性灰度变换、非线性灰度变换等。

阈值处理：

根据用户规定的阈值（threshold），一张图像每个像素的灰度值放在一个数组中，然后根据数值中的每个元素的值低于还是高于阈值而进行一些处理。例如阈值的二值化处理，图像中每个像素点的灰度值如果大于 threshold，则这个值置为 255；如果小于 threshold，则将这个值置为 0。

直方图均衡化：

把原始图像的直方图变换为均匀分布的形式，从而增加图像灰度的动态范围，达到增强图像对比度的效果。经过均衡化的图像，其灰度级出现的概率相同，此时图像的熵²最大，图像所包含的信息量最大。

¹点运算：是指对一副图像中每个像素点的灰度值进行计算的方法。

²熵指的是体系的混乱的程度，对焦良好的图像的熵大于没有清晰对焦的图像，因此可以用熵作为一种对焦评价标准。熵越大，图像越清晰。——来源百度百科

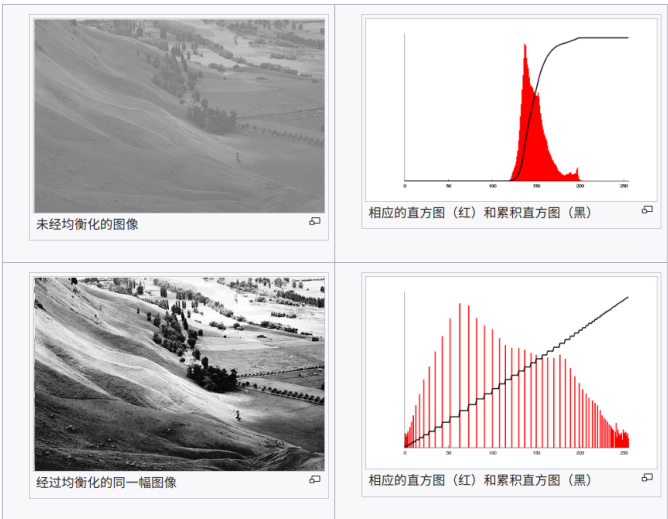


图 2: 直方图均衡化前后对比

1.2.3 图像分割

图像分割概述：

图像分割是指将图像中具有特殊意义的不同区域划分出来，这些区域是互不相交的，每个区域满足灰度、纹理、彩色等特征的某种相似性准则。

图像分割算法一般基于图像灰度值的两个基本特性之一：不连续性和相似性。第 1 类是基于图像灰度的不连续变化分割图像，例如图像的边缘，有边缘检测、边界跟踪、Hough 变换等算法。第 2 类是依据事先制定的准则将图像分割为相似的区域，如阈值分割。

图像分割的作用：

图像分割是图像识别和图像理解的前提步骤，图像分割质量的好坏直接影响了后续图像处理的效果。

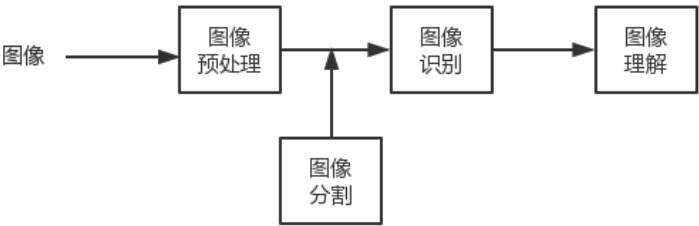


图 3: 直方图均衡化前后对比

图像分割应用：

在交通上，应用于车辆检测、车辆跟踪、车种识别等；在生物医学上，应用于计算机断层图像 CT、核磁共振、X 光透视、病毒细胞的自动检测和识别等；在工业上，应用于产品的精度和纯度分析、矿藏分析、无接触式检测等；另外，在神经网络、机器人视觉、图像传输、身份鉴定等都各个领

域都有着广泛的应用。

Canny 算法的步骤:

Canny 边缘检测的基本思想就是首先对图像选择一定的 Gauss（高斯）滤波器进行平滑滤波，然后采用非极值抑制技术进行处理得到最后的边缘图像。步骤如下：

(1) 用高斯滤波器平滑图像滤波的主要目的是降噪，高斯滤波会将图像变得模糊，同时也会可能增加边缘的宽度。对于在图像中位置 (m, n) 的像素点，其灰度值为 $f(m, n)$ 。

$$g_{\sigma}(m, n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{m^2+n^2}{2\sigma^2}} \cdot f(m, n)$$

$$H_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad H_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$G_x = H_y \cdot f(m, n) \quad G_y = H_x \cdot f(m, n)$$

$$G(m, n) = \sqrt{G_x(m, n)^2 + G_y(m, n)^2}$$

$$\theta = \arctan \frac{G_x(m, n)}{G_y(m, n)}$$

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$T_{TOF} = [(Ta_1 - Ta_2) - (Tb_1 - Tb_2)]/2 \quad (1)$$

$$S = C \cdot T_{TOF}, \quad (C \text{ 为光速, 即 } C = 3 \cdot 10^8) \quad (2)$$

$$d_i^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \quad (1)$$

$$= x^2 - 2x_i x + x_i^2 + y^2 - 2y_i y + y_i^2, \quad \text{其中 } (i = 0, 1, 2)$$

$$d_i^2 - d_N^2 = -2x(x_i^2 - x_N^2) + x_i^2 - x_N^2 \quad (2)$$

$$-2y(y_i - y_N) + y_i^2 - y_N^2, \quad \text{其中 } (i = 0, 1, 2 \dots, N-1)$$

$$b = \begin{bmatrix} d_1^2 - d_N^2 - (x_1^2 + y_1^2) + (x_N^2 + y_N^2) \\ d_2^2 - d_N^2 - (x_2^2 + y_2^2) + (x_N^2 + y_N^2) \\ \vdots \\ d_{N-1}^2 - d_N^2 - (x_{N-1}^2 + y_{N-1}^2) + (x_N^2 + y_N^2) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$A = -2 \begin{bmatrix} x_1 - x_N & y_1 - y_N \\ x_2 - x_N & y_2 - y_N \\ \vdots & \vdots \\ x_{N-1} - x_N & y_{N-1} - y_N \end{bmatrix} \tag{4}$$

$X = (A^T A)^{-1} A^T b$ 求解

$$G_T(m,n) = \begin{cases} G(m,n), & \text{if } G(m,n) \geq T \\ 0, & \text{其他情况} \end{cases}$$

$$y = \begin{cases} -x & x < 0 \\ x & x \geq 0 \end{cases}$$

$PPI = \sqrt{1920^2 + 1080^2} / 15.6 = 141.21$

$DP = 15.6 * 25.4 / \sqrt{1920^2 + 1080^2} = 0.1799$,(其中 1 英寸 = 25.4 mm)