

# 自适应边缘检测方法的研究

顾茂松, 杨小冈, 缪 栋, 刘云峰

(第二炮兵工程学院 303 教研室, 西安 710025)

**摘要:** 图像的边缘是图像最基本也是最重要的特征之一。边缘检测一直是计算机视觉和图像处理领域的经典研究课题之一, 在精确制导武器中有着广泛的运用。针对经典边缘检测方法在阈值选取中存在的问题, 在分析几种二值化阈值选取方法的基础上, 提出了自适应的边缘检测方法。基于 C++Builder 语言, 研究了该方法的设计并得到了实现。通过实验验证, 说明了该文方法的实用性和有效性。

**关键词:** 边缘检测; 二值化阈值; C++Builder; 自适应

## Research on Approach of Adaptive Edge Detection

GU Maosong, YANG Xiaogang, MIAO Dong, LIU Yunfeng

(303 Teaching and Research Section, The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025)

**【Abstract】** Edge is one of the most fundamental and significant features. Edge detection is always one of the most classical studying projects of computer vision and image processing field. It is widely applied to precise guide weapons. Aiming at the problem of the image-binary threshold selection in edge detection and based on the analysis of threshold selection methods, an adaptive edge detection approach is presented. The approach is implemented by C++ Builder programming language. Through experiment, the practicability and efficiency of the approach is demonstrated.

**【Key words】** Edge detection; Image-binary threshold; C++ Builder; Adaption

图像边缘检测是数字图像处理、分析与理解的基本手段之一, 广泛应用于精确制导武器, 如巡航导弹影像匹配制导、目标识别与跟踪、机器人视觉、图像数据压缩等领域。虽然边缘检测是一种对图像的低层处理手段, 但图像中物体(目标)的轮廓特征与其它特征相比, 最能反映出物体(目标)的个体特征, 包含了有关物体(目标)的独特的重要信息, 因此成为研究人员进行图像特征分析研究时最为关注的热门课题之一。微分算子法是最为经典的边缘检测方法, 具有算法简单、易于实现, 在图像分析与处理中具有广泛的应用, 但它们的二值化阈值是通过经验或人为指定的, 实时性不高, 因而边缘检测的自适应阈值选取的研究具有一定的实用意义。

### 1 自适应阈值选取方法

图像二值化就是确定一个灰度值, 然后将大于或等于此灰度值的像素判为对象并用一个灰度值表示, 而将小于此灰度值的像素判为背景并用另一个灰度值表示。或者反之, 对象与背景的灰度大小关系对调。二值化的结果将灰阶图像变成了二值图。这个起分界作用的灰度值在图像处理中称为分割阈值, 或简称阈值。确定阈值的常用方法有: 矩量保持法, 大津法(最大类间方差法), 最大熵法, 最小误差法, 最大分离度法和最小偏差原法等。本文只对前 3 种方法进行阐述。

#### 1.1 p-参数法

假如已知对象区域面积(像素点数)在全图中所占的比率  $p$ , 就可据此在直方图中选取相应的分割阈值, 这种方法称为 p-参数法。若对象区域较暗, 则从灰度值 0 开始累加像素点数, 并计算它在全图中的比率, 将此比率与  $p$  作比较, 等到前者等于或超过  $p$  值时, 这时的灰度值就是所需的分割阈值。

#### 1.2 矩量保持法

矩是随机变量的数学特征。一幅仅有对象与背景两类区

域的图像经过二值化处理后可以变为二值图像。处理前后的两幅图像的直方图具有各自的各阶矩(力学概念)。正确的阈值可以使二者之间的各阶矩接近或者相等。矩量保持法就是在保持处理前后直方图的前三阶矩不变的基础上导出的。

二值化前图像直方图各阶矩按式(1)计算:

$$m_i = \sum_j p_j(z_j)^i \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (1)$$

其中,  $z_j$  为灰度值,  $p_j$  为图像中灰度值为  $z_j$  的像素所占的比例。二值化后图像变为只有  $z_0$  和  $z_1$  两个灰度层, 且  $z_0 < z_1$ 。低于阈值的像素比例和高于阈值的像素比例分别  $p_0$  和  $p_1$  表示。同样, 可以算出二值图像直方图的前三阶矩:

$$m'_i = \sum_{j=0}^1 p_j(z_j)^i \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (2)$$

划分对象与背景的正确阈值称为最佳阈值, 应当保持二值化前后的 0 阶矩及前三阶矩相等, 即有

$$m'_i = m_i \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (3)$$

将式(2)代入式(3)得

$$p_0 z_0^i + p_1 z_1^i = m_i \quad (i=0, 1, 2, 3) \quad (4)$$

考虑到

$$p_0 + p_1 = 1 \quad (5)$$

为了找出希望的阈值  $t$ , 可以先从方程组(4)中解出  $p_0$

$$p_0 = \frac{1}{2} - \frac{m_1/m_0 + c_1/2}{(c_1^2 - 4c_0)^{1/2}} \quad (6)$$

**基金项目:** 总装“十五”预研项目

**作者简介:** 顾茂松(1978-), 男, 硕士生, 主研方向: 精确制导及图像处理技术; 杨小冈, 博士生; 缪 栋, 教授、博导; 刘云峰, 博士生

**收稿日期:** 2006-03-12 **E-mail:** goodpines@sohu.com

其中：

$$c_0 = \frac{m_1 m_3 - m_2^2}{m_0 m_2 - m_1^2}, \quad c_1 = \frac{m_1 m_2 - m_0 m_3}{m_0 m_2 - m_1^2}$$

求出  $p_0$  后，即可用 1.1 节 p-参数法找到所需的阈值。

### 1.3 大津法

大津法又称最大类间方差法。原理为取某个灰度值，以它为分界将图像分为灰度值大小两类，分别计算这两类中的像素点数及灰度平均值。然后，计算它们的类间方差，最后取所有灰度的类间方差中的最大值对应的灰度为阈值。类间方差的计算公式如下：

$$\sigma(i)^2 = N_1(i) * N_2(i) * [V_1(i) - V_2(i)]^2 \quad (7)$$

其中， $N_1(i)$ 、 $N_2(i)$  分别为灰度小于  $i$  的像素与大于、等于  $i$  的像素的数目， $V_1(i)$ 、 $V_2(i)$  分别为它们的平均值。

$$thre = ArgMax \sigma(i)^2 \quad (8)$$

式(8)的意思是取  $\sigma(i)^2$  中的最大值时的下标作为处理结果，作为二值化的分割阈值。 $\sigma(i)^2$  实际上是一个以灰度值为自变量的函数，求阈值就是找出函数值取最大值的位置。

### 1.4 最大熵法

将信息论中熵的概念应用于图像分割，是基于图像灰度直方图的熵测量。从不同的角度出发定义不同的熵测量方法以及获得最大熵、选择最佳阈值的方法。有 3 种基于熵测量的阈值法：基于一个分布假设提出的方法(P 氏熵法)，基于两个分布假设提出的方法(KSW 熵法)以及基于极小类间依赖性的方法(JM 熵法)。

这里介绍 KSW 熵法。已知  $p_0, p_1, \dots, p_{l-1}$  ( $l$  表示灰度等级)为灰度的概率分布，根据熵的定义，它的熵为

$$H_T = - \sum_{i=0}^{l-1} p_i \ln p_i \quad (9)$$

设有灰度  $t$  将它们分成两类：即  $\{0, 1, \dots, t\}$  与  $\{t+1, t+2, \dots, l-1\}$ 。这两个类的概率分布分别是

$$A : \frac{p_0}{p_t}, \frac{p_1}{p_t}, \dots, \frac{p_t}{p_t} \quad (10)$$

$$B : \frac{p_{t+1}}{1-p_t}, \frac{p_{t+2}}{1-p_t}, \dots, \frac{p_{l-1}}{1-p_t} \quad (11)$$

其中，

$$p_t = \sum_{i=0}^t p_i \quad (12)$$

设与每个分布有关的熵分布为  $H_A(t)$  和  $H_B(t)$ ，则有

$$H_B(t) = - \sum_{i=0}^t \frac{p_i}{p_t} \ln \frac{p_i}{p_t} = \ln p_t + \frac{H_t}{p_t} \quad (13)$$

$$H_B(t) = - \sum_{i=t+1}^{l-1} \frac{p_i}{1-p_t} \ln \frac{p_i}{1-p_t} = \ln(1-p_t) + \frac{H_T - H_t}{1-p_t} \quad (14)$$

图像的总熵  $H(t)$  为  $H_A(t)$  与  $H_B(t)$  之和为

$$H(t) = \ln p_t(1-p_t) + \frac{H_t}{p_t} + \frac{H_T - H_t}{1-p_t} \quad (15)$$

使总熵取最大值的  $t$ ，将为分割对象与背景的最佳阈值：

$$thre = ArgMax[H(t)] \quad 0 < t < l-1 \quad (16)$$

## 2 基于 C++ Builder 的自适应边缘检测方法

### 2.1 自适应边缘检测方法的提出

图像边缘是由其灰度的不连续性所反映的，在这些地方局部灰度以一定方式迅速改变，由此我们很自然地想起用灰度差分可以提取出图像的边缘，经典的微分算子边缘检测方法均是基于这种思想。经典的微分算子有罗伯特(Roberts)算子、索贝尔(Sobel)算子、普瑞维特(Prewitt)算子、拉普拉斯(Laplacian)算子等。

然而，用这些经典微分算子进行边缘检测时，它们的二值化阈值通常是经验值或人为指定，这在实际运用中存在着主观性和局限性，基于这个问题，本文提出了自适应的边缘检测方法，它可以根据实际需要自动地对检测算子进行阈值选取，从而实现对图像的自适应边缘检测。其实现的流程如图 1 所示。

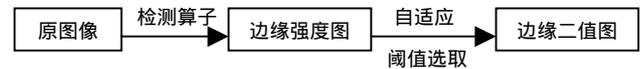


图 1 自适应边缘检测的流程

### 2.2 模板的实现

Borland C++ Builder 是 Borland 公司 1998 年推出的全新 32 位 Windows 开发工具。它不仅继承了 Delphi 使用简便、功能强大、效率高等特点，而且还融合了 C++ 语言所有优点，是面向对象可视化程序开发的理想平台。根据上文给出的原理，在 C++ Builder 开发平台中实现了它们的应用，如图 2 所示。



图 2 自适应边缘检测设置模板

在图 2 中，微分算子与自适应阈值的选择是通过组件 RadioButton 实现的，标识说明是通过组件 Label 实现，两个按钮是通过组件 Button 实现的。当微分算子与自适应阈值的选择确定好后，按“确定”，便可实现对图像的自适应边缘检测，阈值的自适应选择方法原理即第 1 节所论述的内容。

### 2.3 实验与分析

为了验证本文自适应阈值选取方法的实用性，进行了具体的图像边缘检测实验。以某卫星图片(图 3(a)所示，大小为 256×256)为例，采用本文所给的自适应阈值选取方法对 Roberts 和 Sobel 这两种算子进行了实验，实验结果如图 3(b)~图 3(g)所示。

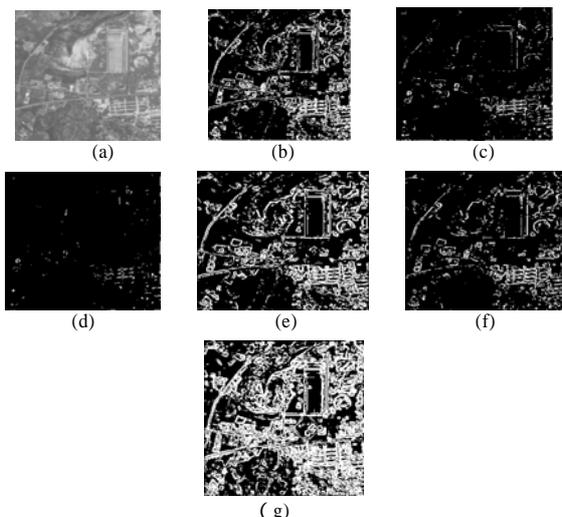


图 3 自适应边缘检测实验

图 3(b)~图 3(g)对应的微分算子、自适应阈值方法及阈值大小见表 1。

(下转第 196 页)