

基于灰色系统理论的图象边缘检测新算法

马苗 樊养余 谢松云 郝重阳 黎新伍

(西北工业大学电子与信息工程研究所, 西安 710072)

(西安虚拟现实工程技术研究中心, 西安 710072)

摘要 边缘检测是图象特征提取与分析理解的基础, 其检测质量直接决定后期理解的效果. 寻找一种对噪声不敏感、定位精确、不漏检真边缘又不引入假边缘的检测方法, 一直是人们的努力目标. 本文尝试与探讨了基于灰色系统理论的图象边缘检测新算法. 该算法首先对图象基元的特点进行分析, 以确定非边缘点参考序列和待比较序列, 然后通过两个序列之间的灰色关联度区分边缘点和非边缘点. 实验结果证明, 该算法不仅能够较为准确地检测出有用的边缘信息, 具有一定的抗噪声能力, 而且还可通过调整关联度阈值控制边缘信息量, 因此其是一种有效的、具有可调功能的边缘检测新算法.

关键词 计算机图象处理(520·6040) 边缘检测 灰色系统理论 灰色关联度

中图分类号: TP391.41 N941.5 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2003)10-1136-04

A Novel Algorithm of Image Edge Detection Based on Gray System Theory

MA Miao, FAN Yang-yu, XIE Song-yun, HAO Chong-yang, LI Xin-wu

(Institute of Electronic and Information Engineering North Western Polytechnic University, Xi'an 710072)

(Xi'an Technique Research Center of Virtual Reality, Xi'an 710072)

Abstract Edge detection is the base of feature extraction, analysis and comprehension of image, the quality of which determines the results of subsequent processing. Thus it is an effort goal for people to find a kind of method that is insensitive to noise, precisely locates true edges and excludes false edges. This paper discusses and tests a novel algorithm of edge detection based on gray system theory. At first the characteristics of pixels are analyzed to decide non-edge referential sequence and the sequence to be compared, and then gray correlation degree of both sequences is employed to distinguish between non-edge pixels and edge pixels. Finally, the simulations prove that in binary image cases, the algorithm can obtain more precise edge pixels than some traditional edge detection algorithms, such as canny, log, sobel and zerocross, and tolerate some noise such as speckle, salt and gaussian. In grayscale image cases, it is unnecessary to change the referential sequence. Furthermore the quantity of edges can be controlled by adjusting the correlation degree threshold. So the technique is a new effective adjustable method of edge detection.

Keywords Computer image processing, Edge detection, Gray system theory, Gray correlation degree

0 引言

灰色系统是指信息不完全或不完全确定的系统. 作为系统科学和应用数学的新分支, 灰色系统理论^[1]正处在发展时期. 到目前为止, 灰色系统理论大

致包括灰观念(如认识无穷尽公理、灰性不灭原理、层次无限可分原理、白性相对原理及解的非唯一性、信息可补充性)、灰生成(如层次转换、互补规律引用及内涵显露与转化、量化)、灰色数学(指以灰数为基础的数学)、灰色因素的关联分析、灰色建模、灰色预测、灰色决策和灰色控制等几个方面, 其特点^[2]为:

基金项目: 中国航空科学基金(02153071), 西北工业大学优秀青年教师基金(521020101-0600-020102)

收稿日期: 2002-11-22; 改回日期: 2002-05-16

- (1) 用灰色数学来处理不确定量,使之量化;
- (2) 充分利用已知信息寻求系统的运动规律;
- (3) 灰色系统理论能够处理小样本、贫信息系统。

传统系统分析常用的定量方法是数理统计法,如同回归分析、方差分析、主成份分析、主分量分析等,但这些方法都有无法克服的缺点,如需要大量数据作为样本找出统计规律、要求样本服从某个典型的概率分布、计算量大、可能出现量化结果与定性分析结果不符的现象等。而在灰色系统理论中几个无任何规律的样本即可建立数学模型,且能够从中找出影响系统发展趋势的重要因素,掌握事物的主要特征^[3]。究其原因在于,它吸收了距离空间的量化特性和灰色预测点集拓扑空间的整体比较特点,升华为灰关联空间,建立起整体比较机制。目前,灰关联分析的应用几乎渗透到社会科学和自然科学各个领域,且取得了较好的应用效果。而其在图象处理中的应用有图象压缩^[4-6]、图象隐藏等。本文基于灰色理论的图象技术,提出并实现了一种基于灰色关联度的图象边缘检测算法,找到了一条有效的边缘检测新途径。这在寻求基于新理论、新思想的图象分析技术方面具有重要的理论意义和实用价值。

1 基于灰色理论的图象边缘检测

1.1 算法基本思想及实现步骤

对图象进行边缘检测时,某个像素有边缘点或非边缘点两种可能,但究竟是不是边缘点无法确定,这是典型的外延确定,内涵不确定问题,因此可把图象看成一个灰色系统,应用灰色关联来分析。

(1) 确定参考数列和比较数列

根据“同一种物质、粒子、细胞具有相同或相似灰度或彩色的概率最大”原理^[7],非边缘点就是像素取值与其周围相邻像素值没有差别或差别不大的点,理想的非边缘点就是该点像素值与周围像素值完全相同。因此可以把某一像素和其相邻像素一起形成参考序列,令其取相同的值,那么该点元素必为非边缘点,为计算方便取值均为1的5点序列(该点像素及其上、下、左、右相邻元素)作为参考序列;比较序列分别由各个像素及其相应的4个相邻位置的像素来组成。那么,对于 $M \times N$ 大小的图象

$$x_0 = \{1, 1, 1, 1, 1\}$$

$$x'_i = \{x_{i-1,j}, x_{i,j-1}, x_{i,j}, x_{i,j+1}, x_{i+1,j}\},$$

$$i = 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N$$

其中,当 $i, j = 0$ 或 $i = M, j = N$ 时,重复其相邻的行或列上相应位置的像素值作为该点的值。为描述方便,用 $x_r(k)$ ($r = 1, 2, \dots, M \times N, k = 1, 2, \dots, 5$)表示 $M \times N$ 个比较数列 x'_i 。

(2) 计算以各像素点为中心形成的比较数列与参考序列之间的灰色关联系数 ξ_{or} 。

$$\xi_{or}(k) = \frac{\Delta \min + \zeta \Delta \max}{\Delta Or(k) + \zeta \Delta \max} \quad (1)$$

其中

$$\Delta \min = \min |x_0(k) - x_r(k)|$$

$$\Delta \max = \max |x_0(k) - x_r(k)|$$

$$\Delta Or(k) = |x_0(k) - x_r(k)|$$

$$r = 1, 2, \dots, M \times N; k = 1, 2, \dots, 5$$

ζ 为分辨系数,是一个事先取定的常数。常取 $\zeta \leq 0.5$,保证 $\xi_{or} \in [0, 1]$ 。 $\Delta \min$ 和 $\Delta \max$ 分别为 x_0 数列与 x_r 数列的最小绝对差值和最大绝对差值, $\Delta Or(k)$ 为 $x_0(k)$ 与 $x_r(k)$ 的绝对差值。

(3) 计算以各像素点为中心形成的比较数列与参考序列之间的灰色关联度 R_{or} 。

R_{or} 是参考序列 x_0 与比较序列 x_r 间各时刻的总体关联程度

$$R_{or} = \frac{1}{5} \sum_{k=1}^5 \xi_{or}(k) \quad (2)$$

边缘点的判断原则:当 R_{or} 大于某一既定的关联度阈值 θ 时,说明该点与参考序列具有相同的特征,不是边缘点;反之,则是边缘点。

1.2 仿真实验

(1) 边缘检测

为评价该方法的有效性,将基于灰关联度的检测算法分别与Sobel算子等传统的6种检测算法作比较如图1所示。

对于二值图cat中小猫右耳上一个白色像素检测的情况:Log算子和Sobel算子无法检测,Canny算子检测出4个像素但边缘不连续,Prewit算子检测出连续边缘但由8个像素组成,Zerocross算子检测到连续边缘但由9个像素组成。显然,Prewit算子和Zerocross算子都扩大了边缘信息,Canny算子没有扩大边缘信息,但却检测出4个假边缘,而本方法检测结果为5个像素组成的连续边缘。这充分表明基于灰色关联的检测方法是有效和可行的,能够得到较好的检测结果。

(2) 抗噪声实验

为了进一步测试该算法对各种噪声的抵抗性

能,对原图分别加入强度为 0.01 的 Speckle 噪声、0.01 的 Salt 噪声和 0.2 的 Gaussian 噪声后进行检测,检测结果如图 2 所示.

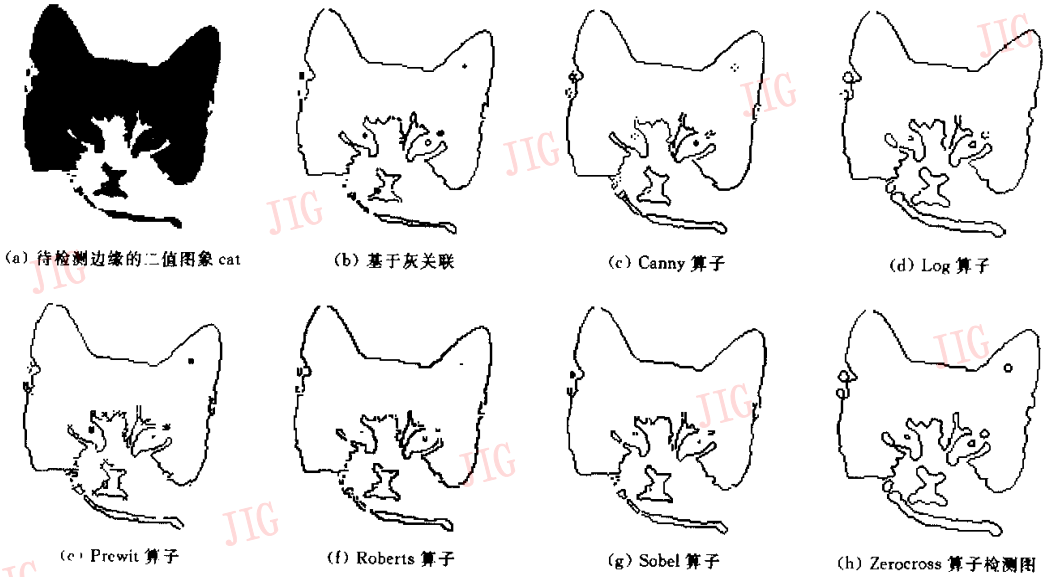


图 1 各种算法的边缘检测图比较



图 2 边缘检测抗噪实验

实验表明,本方法对于 Speckle 和 Gaussian 噪声具有很好的抑制能力,能够滤除噪声.对 Salt 型噪声具有一定的抑制能力,与其他算子检测相比,结果属中上水平.

(3) 算法的通用性实验

为测试算法的通用性,对 128×128 大小的 256 级灰度图 Lena 分别进行关联度阈值为 $\theta=0.80$ 和 $\theta=0.88$ 的边缘检测实验,结果如图 3 所示.



图3 对256级灰度图进行边缘检测实验

测试结果表明,该算法同样适用于灰度图象,并且还可以根据关联度阈值 θ 的大小,控制待检测的边缘信息量。

2 结 论

图象的边缘检测是图象特征提取与分析理解的基础,其检测质量直接决定后期理解的效果,所以对于边缘检测的研究始终是一个热点问题。寻找一种对噪声不敏感、定位精确、不漏检真边缘又不引入假边缘的检测方法,一直是人们的努力目标^[8]。本文尝试与探讨了在图象处理中应用灰色系统理论这一新理论的可行性和有效性,并进一步提出了基于灰色关联的图象边缘检测算法,该算法具有构思新颖独特、抗噪声、可控边缘信息量等优点,具有较为重要的理论意义和实用价值。目前,基于灰色系统的图象处理和分析技术才刚刚起步,还有许多问题有待于进一步研究,如基于GM(1,1)的图象压缩时,建模数列长度的确定以及灰模型预测值溢出问题的处理等。

参 考 文 献

- 1 Deng Julong. Control problems of grey system[J]. System and Control Letters, 1982, (5):288~294.
- 2 Deng Julong. Introduction to grey system theory[J]. Journal of Grey System, 1989, (1):1~24.
- 3 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1996.
- 4 Hsu Y T, Yeh J. Grey-based image compression [J]. The Journal of Grey System, 1998, 10(2):105~121.
- 5 Hsu Y T, Yeh J. A novel image compression using grey models on dynamic window[J]. International Journal of System Science, 2000, 31(9):1125~1141.
- 6 Hse Y T, Yeh J. A novel lossless image compression based on GM(1,1). The Journal of Grey System, 2000, 12(3):263~274.
- 7 容观澳. 计算机图象处理[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- 8 梅仁杰. 计算机图象处理[M]. 杭州:浙江大学出版社, 1990.

马 苗 1977年生,2002年获西安科技大学硕士学位,现为西北工业大学电子工程系信号与信息处理专业博士研究生。感兴趣的研究方向有灰色理论的应用研究、图象处理及数字水印等。



樊养余 1960年生,西北工业大学,教授,1999年获西北工业大学水声信号专业博士学位,博士后学历,研究室主任。感兴趣的研究方向有信号与图象处理、模式识别、虚拟现实与可视化技术等。



谢松云 1968年生,西北工业大学,副教授,2001年获西北工业大学武器系统与运用工程专业博士学位,现为德国柏林工业大学博士后研究人员。感兴趣的研究方向有灰色系统理论及其应用与图象处理等。



郝重阳 1941年生,西北工业大学,教授,博士生导师。感兴趣的研究方向有图象图形工程、虚拟现实和多媒体技术等。



黎新伍 1974年生,2000年获西安理工大学硕士学位,现为西北工业大学电子工程系信号与信息处理专业博士研究生。感兴趣的研究方向有图象处理技术及其医学应用等。

