

文章编号: 1003-501X (2004) 10-0050-03

综合边缘检测和区域生长的红外图像分割方法

陶唐飞, 韩崇昭, 代雪峰, 段战胜

(西安交通大学电信学院 综合自动化研究所, 陕西 西安 710049)

摘要: 针对红外图像的特点, 提出了一种综合应用边缘检测和区域生长方法的图像分割方法。其思路为: 先对图像进行边缘提取, 得到边缘像素点集; 然后利用该点集的平均灰度和目标区域的连通性作为生长判决条件, 采用区域生长法实现图像分割。仿真结果表明, 该方法能快速准确地实现红外图像分割, 避免了单独使用边缘提取或区域生长法进行图像分割时的典型分割错误。

关键词: 图像分割, 红外图像, 边缘检测, 区域生长

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

An infrared image segmentation method based on edge detection and region growing

TAO Tang-fei, HAN Chong-zhao, DAI Xue-feng, DUAN Zhan-sheng

(The Institute of Synthetic Automation, School of Electronic and Information Engineering,
Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: An image segmentation method based on edge detection and region growing is proposed in view of the features of IR image. The idea is this: we first apply edge detection technique to obtain the set of edge pixels. And then, in the region-growing step, we take the average gray level of the edge pixel set and region connectivity as the criteria to determine whether the growing process should be terminated in this direction. The simulation results show that our proposed method is fast, reliable and accurate for infrared image segmentation. This combined method helps to avoid characteristic segmentation errors when edge detection or region growing technique is adopted separately.

Key words: Image segmentation; Infrared image; Edge detection; Region growing

引言

图像分割在大多数自动图像模式识别和场景分析问题中是一个基本的预备性步骤。尽管人们在图像分割方面作了许多研究工作, 提出了各种各样的分割算法, 但这些算法大都是针对具体问题的, 并没有一种适合于所有图像的通用分割算法。

红外图像反映了目标及其周围背景的温度分布情况。通常情况下, 目标的红外辐射强度总是高于背景的, 尤其是对于开动着的飞机、车辆和舰船等目标更是如此。同时, 由于目标高速运动时与空气发生摩擦, 目标的温度将高于环境温度, 反映在红外图像中, 就是目标区域的灰度总是高于背景的灰度。针对红外图像目标准确分割这一课题, 国内外许多学者都进行了研究, 提出了相应的算法, 如 Doyle 提出了 P-tile 分割方法, 陈小梅等人提出了基于分水岭算法的红外图像分割算法。

根据红外图像的特点, 本文提出了一种基于边缘提取和区域生长的分割方法。其思路为: 先对图像进行边缘提取, 检测出目标可能的边缘像素点集, 并计算该点集的平均灰度; 然后利用该平均灰度及目标区域的连通性作为生长判决条件, 采用区域生长方法实现红外图像的准确分割。

收稿日期: 2004-03-09; 收到修改稿日期: 2004-06-30

基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助课题(2001CB309403)

作者简介: 陶唐飞(1972-), 男(汉族), 重庆人, 讲师, 博士生, 研究方向为计算机图形学, 虚拟现实技术, 计算机仿真机技术, 数字图像处理等。E-mail: taotangfei@mail.xjtu.edu.cn, rattf163@163.com

1 算法阐述

1.1 边缘提取

从本质上说, 图像边缘是图像局部特性不连续性(灰度突变、颜色突变等)的反映, 它标志着一个区域的终结和另一个区域的开始。这种不连续性可利用梯度算子等边缘提取算子检测得到。

通常, 边缘提取算子得到的是处在边缘上的像素点, 很少能描绘出一条完整的边界。因此, 典型的做法是在使用边缘检测算法后紧接着使用连接过程将边缘像素组成有意义的边界。

本文的作法是在得到边缘像素点集后, 不使用连接过程, 而是先求出该点集的平均灰度, 作为后续区域生长的判决条件; 同时, 标记这些边缘像素点。平均灰度计算方法如下:

设得到的边缘像素点集中, 边缘像素点的总数为 N , 灰度分别为 $X(0), X(1), \dots, X(N-1)$, 则平均灰度为

$$X_{av}^N = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X(i) \quad (1)$$

在后续的区域生长过程中, 若发现有新的边缘点时(设其灰度为 X_{new}), 则将其加入边缘像素点集, 并用公式(2)更新平均灰度。这样做是为了补充用边缘提取法时漏检的边缘, 使目标轮廓更加完整。

$$X_{av}^{N+1} = (NX_{av}^N + X_{new}) / (N+1) \quad (2)$$

在完成了边缘的提取之后, 便可采用区域生长思想对整幅图像实施分割。

1.2 区域生长

区域生长的基本思想是将具有相似性质的像素集合起来构成区域。首先, 对需要分割的区域找 1 个种子像素作为生长的起点, 将种子像素周围邻域中与种子像素有相同或相似性质的像素(根据某种事先确定的生长或相似准则来判定)合并到种子像素所在的区域中, 将这些新像素当作新的种子像素继续进行上面的过程, 直到再没有满足条件的像素可被包括进来, 这样一个区域就长成了。需要注意的是, 在采用区域生长法分割图像时, 常会产生下面三类错误:

1) 通过区域生长检测得到的边界在实际的图中并不存在; 2) 图像中实际存在的边界在通过区域生长法进行分割时检测不到; 3) 通过区域生长检测到的边界与图中实际存在的相邻边界不一致。

这就要求在应用区域生长法具体实现图像分割时, 要解决下面 3 个问题:

1) 选择或确定一组能正确代表所需区域的种子像素; 2) 确定在生长过程中能将相邻像素包括进来的准则; 3) 制定让生长过程停止的条件或规则。

上述问题的解决, 需要根据对象的特点来进行。根据红外图像的特点, 本文采用如下方法实现分割。

1.2.1 种子点的选择

如前所述, 红外图像中目标区域的灰度总是高于背景的灰度, 最亮点(灰度最大点)即是目标中温度最高的地方。因此, 在应用区域生长法时, 本算法选择灰度值最大的点作为初始种子像素点, 进行图像分割。

1.2.2 生长判决条件及生长过程

设候选像素的灰度为 X , 利用公式(1)计算得到的边缘像素点集的平均灰度 X_{av} 。当 $X > X_{av}$ 时, 称其满足灰度生长条件。为了使生长过程能够在各个方向都比较均匀, 使最终得到的分割结果和实际目标相吻合, 本文用先进先出队列, 按层次遍历了由起始点开始生长所建立的树。根据需要, 对图像中的每个像素点加上 2 个标签: 判断是否已生长的标签 P_{region} 和判断是否为边缘的标签 P_{edge} 。初始情况下, 所有像素的 P_{region} 为 0, 而边缘像素点集中像素的 P_{edge} 为 1, 其余像素的 P_{edge} 为 0。生长过程如下:

1) 建立一个队列且置空。在图像中, 选取灰度值最高的点作为种子像素点 S , 并将 S 加入队列, 且置其 P_{region} 为 1, 表示将其纳入已生长区域。

2) 判断队列是否为空, 如果队列中存在元素, 则继续下面的步骤; 否则, 结束生长。

3) 判断种子点 S 的四邻域内是否有满足灰度生长条件的像素。如有, 转步骤 4), 否则转步骤 5)。

4) 置满足灰度条件的邻域点的 P_{region} 为 1, 表示将其纳入已生长区域, 同时判断该邻域点是否为边缘点。如不是边缘点, 则将其添加到候选种子队列, 表示该方向生长继续; 如果是边缘点, 则检测该邻域点的四邻域。如果在四邻域内至少还存在一个边缘点, 则将其添加到候选种子队列, 表示该方向生长继续;

如果四邻域内不存在其它边缘点,则不将该点添加到候选种子队列,表示该方向上的生长停止。

5) 如果种子点四邻域内没有灰度满足条件点,则停止该方向上的生长,同时进行下面的判断:

如果种子点是边缘点,或者既不是边缘点,且其四邻域中也没有边缘点,则保持其 P_{edge} , P_{region} 的值不变;如果种子点不是边缘点,但其四邻域中有边缘点,则标记该种子点为新的边缘点,置其 P_{edge} 为 1;同时,用公式 2) 更新平均灰度,并保持该点的 P_{region} 不变。

6) 删除队列中的首元素,返回步骤 2)。

当队列为空时,表明没有像素满足事先规定的生长准则,则结束区域生长。在生长结束后,扫描整幅图像的每一个像素点,如果其生长标签 P_{region} 为 0,则表明该点在背景区域;为 1,则表明该点在目标区域。

从生长过程可知,通过灰度条件及边缘像素点集的限制,该方法能有效避免或减少单独使用区域生长时产生的三类典型错误。仿真结果也证明了这一点。

2 仿真试验

利用上述算法,对各种尺寸大小及成像条件的红外图像进行了实验,下面给出其中的两组红外图像的仿真结果(图 1, 图 2)。从仿真结果可知,用边缘提取法分割图像时,会产生孤立的边缘点或线段(由噪声等引起的局部灰度跳变而产生)以及虚假的边缘(非关注对象的边缘)。而用本文方法分割时,有效地抑制了孤立边缘(点)和虚假边缘的产生,取得了感兴趣目标的良好分割效果。



图 1 飞机

(a) Original image; (b) Segmented result obtained from edge detection;
(c) Segmented result obtained with the method described in the paper

Fig.1 Infrared image of plane



图 2 坦克

(a) Original image; (b) Segmented result obtained from edge detection;
(c) Segmented result obtained with the method described in the paper

Fig.2 Infrared image of tank

3 结论

边缘检测和区域生长是两种传统的图像分割方法。边缘检测能够获得灰度或彩色值的局部变化强度,而区域分割能够检测特征的相似性与均匀性,它们各有优点。文中提出的基于这两种方法的红外图像分割方法,结合了两者的优点,避免了单独使用边缘检测或区域生长法进行图像分割时的典型错误。通过边缘点的限制,在避免区域过生长的同时,还能有效地避免或减少单独使用区域生长法分割图像时三类错误的产生;通过区域生长,避免了典型的边缘检测法分割图像时后续的边界接连过程,提高了分割速度;同时,补充了漏检的边缘,去除了虚假的目标边缘,使目标轮廓更加完整,位置更为准确。

仿真结果表明,针对红外图像,该方法能取得良好的分割效果。

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像处理和分(上册)[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
ZHANG Yu-jin. **Image Processing and Analysis** [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [2] GONZALEZ R C, WOODS R E. **Digital Image Processing: Second Edition** [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.
- [3] 王爱民, 沈兰荪. 图像分割研究综述[J]. 测控技术, 2000, 19(5): 1-16.
WANG Ai-min, SHEN Lan-sun. Study Surveys on Image Segmentation[J]. **Measurement Control Technology**, 2000, 19(5): 1-16.
- [4] 向键勇, 徐 军. 一种实用的红外图像分割算法研究[J]. 西安电子科技大学学报, 1997, 24(3): 416-420.
XIANG Jian-yong, XU Jun. Research on a practical IR image segmentation method [J]. **Journal of Xidian University**, 1997, 24(3): 416-420.

(下转第 68 页)

注意到 e 光线与 e 光波法线的不同, 准确表述出 e 光线在晶片中的路径, 特别是晶体外的路径, 得到 e 光线与 o 光线的光程差, 推出了 e 光线与 o 光线间相位差的精确表达式, 即(20)或(21)式。更精确的相位差表述为更准确地分析双折射波片的特性提供了极大的方便。

参考文献:

- [1] TITLE A M, ROSENBERG W J. Improvements in birefringent filters. 5: Field of view effects[J]. **Appl. Opt.**, 1979, 18(20): 3443-3456.
- [2] 周煜, 刘立人, 张娟, 等. Solc型双折射滤波器离轴消光比的研究[J]. 光学学报, 2003, 23(2), 159-163.
ZHOU Yu, LIU Li-ren, ZHANG Juan, et al. Study of off-Axes Extinction Ratio of Solc Birefringent Filters[J]. **Acta Optica Sinica**, 2003, 23(2), 159-163.
- [3] BORN M, WOLF E. **Principles of Optics** [M]. London: Pergamon Press, 1980. 665-699.
- [4] 雷肇棣. 物理光学导论[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1993. 291-342.
LEI Zhao-di. **Introduction of Physical Optics**[M]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China Press, 1993. 291-342.
- [5] BORN M, WOLF E. **Principles of Optics** [M]. London: Pergamon Press, 1980. 378-383.
- [6] 李莉. 光程差计算中的近似问题[J]. 大学物理, 2002, 22(4): 18-19.
LI Li. Approximation problem in the optical path difference calculation[J]. **College Physics**, 2002, 22(4): 18-19.
- [7] 沈为民, 邵中兴. 单轴晶体中光轴任意取向时寻常光与非寻常光间的离散[J]. 光学学报, 2002, 22(6): 765-768.
SHEN Wei-min, SHAO Zhong-xing. Dispersion between ordinary ray and extraordinary ray in uniaxial crystals for any orientation of optical axis[J]. **Acta Optica Sinica**, 2002, 22(6): 765-768.

(上接第 52 页)

- [5] 汪祖媛, 庄镇泉, 汪炳权. 红外热图像分割中的二维灰度直方图小波变换方法[J]. 红外技术, 2000, 22(4): 1-4.
WANG Zu-yuan, ZHUANG Zhen-quan, WANG Bing-quan. Wavelet transformation method of two dimensional gray histogram in infrared images segmentation [J]. **Infrared Technology**, 2000, 22(4): 1-4.
- [6] HOJJATOLESLAMI S A, KITTLER J. Region growing: a new approach [J]. **IEEE Transactions on Image Processing**, 1998, 7(7): 1079-1084.
- [7] ADAMS R, BISCHOF L. Seeded region growing [J]. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, 1994, 16(6): 641-647.
- [8] YU Yi-wei, WANG Jung-hua. Image segmentation based on region growing and edge detection[J]. **Systems, Man, and Cybernetics**, 1999. **IEEE SMC '99 Conference Proceedings. 1999 IEEE International Conference on**, 1999, 6: 798-803.

(上接第 56 页)

- [4] LEE Y H, PARK S Y. A study of convex concave edges and edge-enhancing operators based on the Laplacian[J]. **IEEE Transactions on Circuits and Systems**, 1990, 37(7): 940-946.
- [5] DE VRIES FP P. Automatic, adaptive, brightness, independent contrast enhancement[J]. **Signal Processing**, 1990, 21(2): 169-182.
- [6] SEZAN M I, TEKALP A M, SCHAEZING R. Automatic anatomically selective image enhancement in digital chest radiography[J]. **IEEE Transactions on Medical Imaging**, 1989, 8(2): 154-162.
- [7] SKARABOT A, RAMPONI G, TOFFOLI D. Image sequence processing for videowall visualization[J]. **SPIE**, 2000, 3961: 138-147.