

基于自治体搜索和区域相关性的 图像边沿检测算法

王 祁 张洪光

(哈尔滨工业大学自动化测试与控制系, 哈尔滨 150001)

摘 要 图像分割在图像工程中位于重要位置, 广泛应用于各个领域。提出了基于自治体搜索和区域相关性的图像边沿检测算法, 算法中有 4 个种类的自治体, 分别完成 0° 、 45° 、 90° 和 135° 方向上相邻区域灰度相关性和其几何特征相关性的比较, 来判别图像中的边沿点, 完成边沿检测。利用该算法对样本图像进行处理, 取得了较好的实验结果。此外, 将该算法与同类算法(例如 Prewitt 算子、Sobel 算子、Canny 算子)进行了比较, 比较结果说明本文算法在某些方面具有一定的优势。

关键词 边沿检测 自治体 相关性 图像分割

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)06-0688-05

Edge Detection Based on Agent Searching and Region Correlation

WANG Qi, ZHANG Hong-guang

(Department of Automatic Test and Control, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract Image segmentation owns the important status in the structure of image engineering and is of considerable interest in many fields. The algorithm of edge detection based on the agent searching approach and the correlation of neighbor regions is proposed in the paper. There are four species of agents in the proposed algorithm. The four species of agents can respectively compare the correlation of gray level of neighbor regions with the correlation of geometrical features of neighbor regions at 0 degree, 45 degrees, 90 degrees and 135 degrees to judge whether the pixels lie in the edge of the object or not and finally accomplish edge detection. Experimental results of the proposed algorithm are satisfactory. In addition, there is the comparison of experimental results between the proposed algorithm and some algorithms of edge detection in the section of experimental results, such as Prewitt operator, Sobel operator and Canny operator. The comparison of experimental results demonstrates the proposed algorithm has good performance on some aspects.

Keywords edge detection, agent, correlation, image segmentation

1 引 言

图像分割是一个富有挑战性的研究领域, 有着广阔的应用前景。由于图像的多样性和图像中物体的边沿信息极为复杂, 至今尚无通用的分割理论, 而且许多成功的图像分割方法都是针对于某一类具体的图像而言的。

在一般情况下, 一幅图像经过理想的分割后, 在

同一区域内部, 相邻区域的相关性和其几何特征相关性应该强一些^[1]; 反之, 在分割得到两个区域边沿应该很弱。在上面假设的基础上, 提出了基于自治体搜索和区域相关性的图像边沿检测算法, 该算法可应用于某些具体的领域, 如医学图像边沿提取。

2 方 法

基于自治体搜索和区域相关性的图像边沿检测

算法包含预处理和自治体判别 2 个阶段。

2.1 预处理阶段

依据区域相关性检测边缘时,如果图像纹理信息丰富,会使边缘检测的难度加大,预处理可以简化区域纹理。原始灰度图像 I_{Ori} 经过 top-hat 算法、bottom-hat 算法处理后^[2],分别得到图像 I_{Top} 和 I_{Bot} , I_{Ori} 加上 I_{Top} 、减去 I_{Bot} 为预处理得到的图像,预处理阶段的过程如图 1 所示。

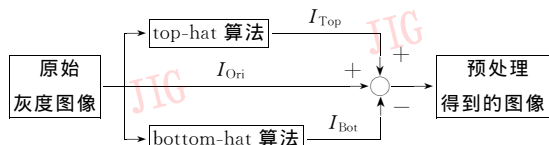


图 1 预处理阶段流程图

2.2 自治体判别阶段

自治体是人工生命^[3,4]中的概念,在提出的算法中,可以定义自治体是一种具有行为特性的计算单元,能够直接处理图像。不同种类的自治体构成了一个群体,共同完成边缘检测任务。

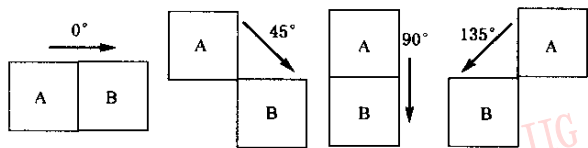


图 2 4 种不同种类自治体的形状

为了保证对不同方向边缘的敏感性,设计了 4 种具有不同方向特性的自治体,它们的形状如图 2 所示。4 个种类自治体分别对应于 0° 、 45° 、 90° 和 135° 4 个方向,而且每种自治体仅具有唯一的方向特性,例如,与 0° 方向对应的自治体的方向特性为 0° 。下文中统称相邻区域 A 、 B 为矩阵 A 、 B 。每种自治体计算自身相邻矩阵 A 、 B 的相关性和矩阵 A 、 B 几何特征的相关性, A 、 B 相关性反映像素灰度的相似性, A 、 B 几何特征相关性反映像素空间位置关系的相似性。

因为,最终的实验结果是 4 种自治体处理图像的叠加,所以,它们之间的关系是彼此合作^[5]、相互补充。4 种不同种类的自治体在 0° 、 45° 、 90° 和 135° 方向上的搜索策略、方法和参数都是相同的。定义与 0° 方向对应的自治体为零度自治体,下面以零度自治体为例说明自治体判别阶段的过程。

纹理随机性是图像分割的难点之一,也是该算

法遇到的最大难点。为了提高边缘点检测的可靠性,零度自治体不检测相邻的 2 个单点像素,而是检测相邻的 2 个 2×2 区域,这样可以降低某些局部纹理剧烈变化的影响。如果零度自治体检测 2 个 2×2 区域的均值分别位于原始图像局部均值的两边,则认为该像素可能是边缘点,然后依据相关性进行判别。在算法中,原始图像局部均值为以零度自治体 A 部分顶点为中心、大小为 101×101 区域的均值。选择原始图像的局部均值主要有两个原因。首先,原始图像的局部均值比预处理后的图像更能准确反映该区域的特征,而预处理后图像的局部均值有可能会发生很大变化,而影响边缘检测结果;其次,局部区域的大小对于边缘检测的结果影响不大,一般只要大于 61×61 即可,出于折衷,所以选择 101×101 大小的区域。

通过上面的计算,零度自治体检测到的像素不一定是边缘点,可能是某些局部剧烈变化纹理的突兀点。因此,零度自治体依据相邻矩阵 A 、 B 的相关性和它们几何特征的相关性,进一步地判别。其中, A 矩阵和 B 矩阵的大小为 20×20 ,选择 A 矩阵和 B 矩阵不宜于过大,同时还应该保留适当数目的像素,以保证相关性判别能够获得很好的效果。

零度自治体计算 A 和 B 矩阵相关系数 C_1 为

$$C_1 = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2}} \quad (1)$$

$$\bar{A} = \frac{\sum_m \sum_n A_{mn}}{MN} \quad \bar{B} = \frac{\sum_m \sum_n B_{mn}}{MN} \quad (2)$$

其中, A_{mn} 、 B_{mn} 分别为 A 、 B 矩阵像素灰度值, M 、 N 为矩阵的行数和列数。

E 和 F 矩阵分别由 A 和 B 矩阵的行、列几何均值构成,反映相邻矩阵 A 、 B 像素的空间相关性。

$$E = \begin{bmatrix} \left[\prod_{n=1}^N A_{1n} \right]^{\frac{1}{N}} & \left[\prod_{n=1}^N A_{2n} \right]^{\frac{1}{N}} & \cdots & \left[\prod_{n=1}^N A_{Mn} \right]^{\frac{1}{N}} \\ \left[\prod_{m=1}^M A_{m1} \right]^{\frac{1}{M}} & \left[\prod_{m=1}^M A_{m2} \right]^{\frac{1}{M}} & \cdots & \left[\prod_{m=1}^M A_{mN} \right]^{\frac{1}{M}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$F = \begin{bmatrix} \left[\prod_{n=1}^N B_{1n} \right]^{\frac{1}{N}} & \left[\prod_{n=1}^N B_{2n} \right]^{\frac{1}{N}} & \cdots & \left[\prod_{n=1}^N B_{Mn} \right]^{\frac{1}{N}} \\ \left[\prod_{m=1}^M B_{m1} \right]^{\frac{1}{M}} & \left[\prod_{m=1}^M B_{m2} \right]^{\frac{1}{M}} & \cdots & \left[\prod_{m=1}^M B_{mN} \right]^{\frac{1}{M}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

矩阵 E 、 F 的大小为 $K \times L$, $K \times L$ 实际值是 2×20 ,

其相关系数为

$$C_2 = \frac{\sum_m \sum_n (E_{mn} - \bar{E})(F_{mn} - \bar{F})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (E_{mn} - \bar{E})^2 \sum_m \sum_n (F_{mn} - \bar{F})^2}} \quad (5)$$

$$\bar{E} = \frac{\sum_m \sum_n E_{mn}}{KL} \quad \bar{F} = \frac{\sum_m \sum_n F_{mn}}{KL} \quad (6)$$

C_1 和 C_2 绝对值的最小值表示矩阵 A 和 B 的相关程度 C

$$C = \min(|C_1|, |C_2|) \quad (7)$$

算法中, C 阈值为 0.5, 这是因为 C_1 和 C_2 相关性的取值范围是 $-1.0 \sim 1.0$, 而 0.5 为相关性取绝对值后区间的中点。如果 C 小于 0.5, 该像素就被认为是边界点, 否则抛弃。

3 实验结果

利用上述算法对一些样本图像进行了处理, 取得了较好的实验结果, 如图 3 所示。

本文算法对原图像的各个部分进行了很好的划分, 例如图 3(a) 中的飞机形状、图 3(c) 中的树木及树木阴影的形状和图 3(e) 中左侧具有模糊边沿的立柱以及 Lena 的脸型、帽子等。同时, 该算法也很好地处理了具有相同纹理的区域, 例如图 3(a) 中右上角有着相同纹理的云海、图 3(c) 中的树木和图 3(e) 中 Lena 的头发, 另外, 提出的算法对图 3(a) 的山峦和图 3(c) 的草地中具有相连纹理的部分也进行了划分。

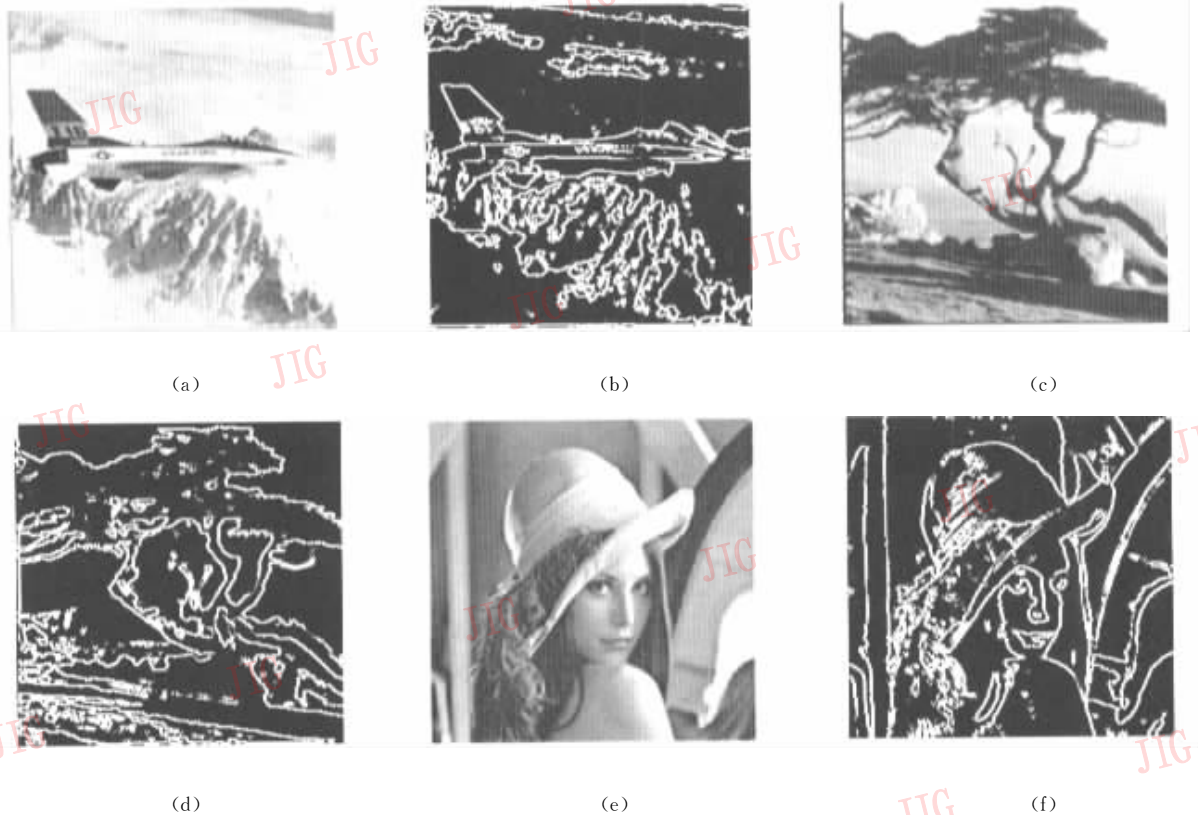
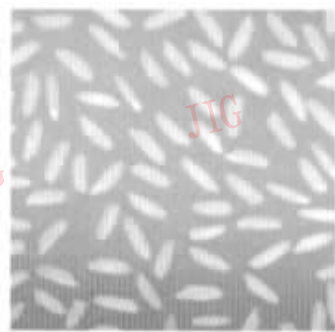


图 3 算法实验结果

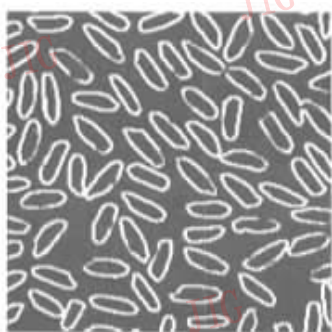
此外, 将上述算法的一些样本图像处理结果与 Prewitt, Sobel, LOG 和 Canny 算法的处理结果进行了比较, 结果如图 4 和图 5 所示。

从实验结果不难看出该算法的实验结果优于 LOG, Prewitt 和 Sobel 算法。仔细观察图 4(a) 的左上角, 会发现有些米粒具有明暗两个区域, Canny 算

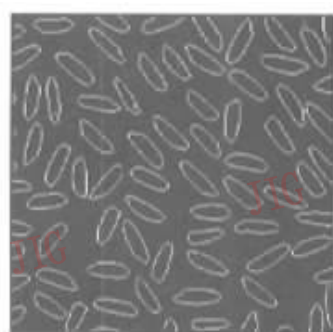
法将其分割成了两部分, 如图 4(c) 左上角所示, 该算法由于考虑两个区域纹理很相近, 将米粒的明暗两个区域分割为一个部分。在图 5(a) 中也有这样的情况, 但是由于胡椒标准图像比较复杂, 不同人对图像分割的标准不同, 所以很难有一个统一的标准。



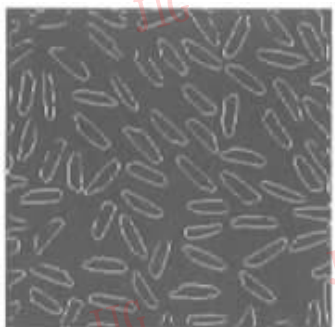
(a) 原图像



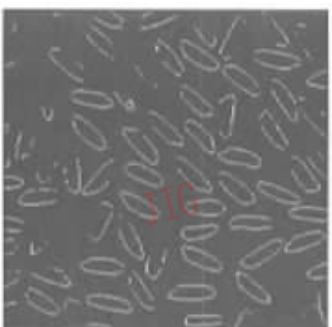
(b) 本文算法



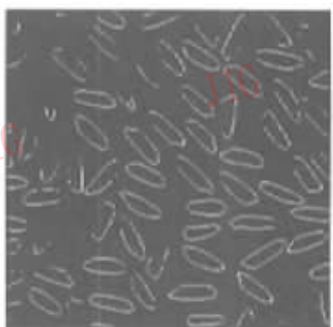
(c) Canny 算法



(d) LOG 算法



(e) Prewitt 算法

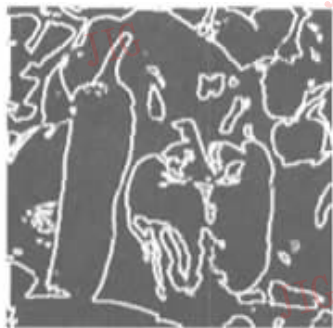


(f) Sobel 算法

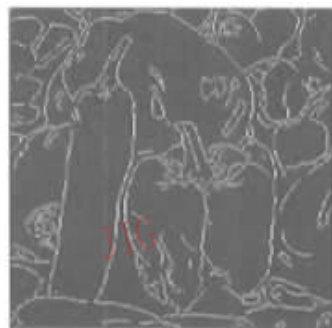
图 4 稻米图像的实验结果比较



(a) 原图像



(b) 本文算法



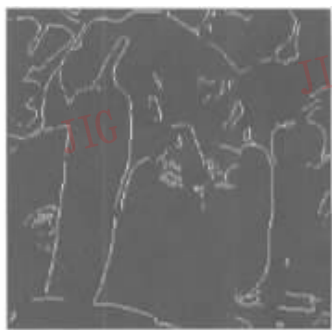
(c) Canny 算法



(d) LOG 算法



(e) Prewitt 算法



(f) Sobel 算法

图 5 胡椒图像的实验结果比较

4 结 论

基于自治体搜索和区域相关性的图像边沿检测算法的核心是自治体搜索和区域相关性判别,该算法的样本图像实验结果是较好的,但由于该算法是建立在分割后的同一区域相关性较强,而不同区域相关性较弱这一假设基础上的,因而有其自身的局限性。提出的算法还可以在算法的计算量等方面做进一步的完善,以取得更好的效果。

参 考 文 献

- 1 Li Ming-jing, Chen Zheng, Zhang Hong-jiang. Statistical correlation analysis in image retrieval[J]. Pattern Recognition, 2002, **35**(12):2687~2693.
- 2 Yang Jun, Li Xiao-bo. Boundary detection using mathematical morphology [J]. Pattern Recognition Letters, 1995, **12**(16): 1277~1286.
- 3 Langton Christopher. Artificial Life [M]. Addison-Wesley Publishing Company, Santa Fe, New Mexico, USA, 1989.

- 4 Taylor Tim, Christoph Adami, Introduction to artificial life[J]. Artificial Intelligence, 2001, **130**(1):119~121.
- 5 Thimbleby Harold W, Witten Ian H, Pullinger David J. Concepts of cooperation to artificial life[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1995, **25**(7):1166~1171.



王 祁 1944 年出生,教授、博士生导师,1967 年哈尔滨工业大学电气工程系本科毕业,1980 年于哈尔滨工业大学获电磁测量专业硕士学位。主要研究方向为智能仪器、信号处理和多传感器信息融合。近年来出版专著 3 部,发表论文 90 余篇。



张洪光 1978 年生,2000 年于哈尔滨工业大学获自动化测试与控制专业学士学位,2002 年获该专业硕士学位,现为该专业博士研究生。主要研究方向为数字图像分割。

国际对地观测第 2 次部长级峰会在日本召开

2004 年 4 月 25 日,由 43 个国家和地区以及 26 个国际组织参加的国际对地观测第 2 次部长级峰会,在日本东京召开。日本首相小泉纯一郎出席了开幕式并讲话。中国科学技术部部长徐冠华率领中国代表团出席了会议。会议采纳了国际对地观测 10 年实施计划框架文件,并发表了高峰会议公报。

徐冠华部长在大会发言中指出:目前气候变化、自然灾害的增加、资源不足等问题给人类社会带来重大影响。为解决这些问题,必须通过世界各国的合作,建立可持续性的便于规模的对地观测体系,研究自然灾害的起因,掌握自然灾害的规律,为人类造福。目前中国已经逐步形成了对地观测体系,在气象预报、灾害管理、资源调查与配置、全球变化等领域得到了很好的应用。同时中国政府正在编制对地观测领域未来 10 年实施计划。中国愿意向发展中国家提供力所能及的援助和支持,联合世界各国力量,共同构建好综合、协调、持续的对地观测系统。

2004 年是全球对地观测(CEOS)全会成立 20 周年,11 月 16 日至 18 日将在中国首都北京召开 CEOS 第 18 届全会和 20 周年庆典。徐冠华部长代表中国政府欢迎各国参加。