

图象边界的遗传算法规整

黎明 杨小芹 刘高航

(南昌航空工业学院测试与控制工程系, 330034 南昌)

摘要 为了使检测的图象边界更符合有效的理想边界结构,同时能滤除边界图象中的噪声干扰,提出了一种基于遗传算法的图象边界规整方法。该方法首先将已经检测得到的边界图象编码为两维二值码串个体,并根据理想边界模板集来计算每个个体的适应度;然后通过交叉、变异和选择等遗传运算对被检测出的非理想边界进行规整。在遗传算法收敛时,该算法不仅能得到最适合有效理想边界结构的边界图象,并能有效地滤除边界图象中的噪声。

关键词 图象处理 边界检测 边界规整 遗传算法

中图分类号: TP391.41 TP301.6 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2001)08-0750-05

Optimization of Image Edge Maps with Genetic Algorithm

LI Ming, YANG Xiao-qin, LIU Gao-hang

(Dept. of Test & Control Engineering, Nanchang Institute of Aeronautical Technology, Nanchang 330034)

Abstract Many techniques in pattern recognition, robot vision, segmentation, feature extraction and etc require edge detection as a basic instrument. Although many methods have been suggested, the performance is quite different for different types of images and there is still not a general method. In this paper, we proposed a novel edge processing approach which makes the detected edge maps more valid and more ideal, instead of introducing a new edge detection method. The proposed method uses genetic algorithm to optimize the edge maps after edge detection. First, it encodes the edge maps into a two-dimensional binary array and determines the fitness based on valid edge structural templates for each individual. Second, the parent population is generated by changing a small part of pixels in edge maps randomly. Then the proposed method re-allocates edge points according to the genetic operators such as crossover and mutation, and forms their offspring population. Finally, elitist section is adopted to drive the genetic procedure approaching convergent state. When the genetic algorithm is converged, the optimized edge maps can be obtained and the noises in edge maps can be effectively reduced. The proposed method has been carried out for both the artificial and natural images, and the experimental results have shown its good performance.

Keywords Image processing, Edge detection, Edge optimization, Genetic algorithm

0 引言

图象边界检测是图象测试与计算机视觉等的最基本步骤之一。在从背景中抽取一个目标时,一般都是先通过边界检测方法得到目标的形状、位置和尺寸,因此边界检测结果对后续的图象测试与计算机视觉过程的处理质量具有重大的影响。许多研究者

提出了各种图象边界检测方法^[1~4],其中典型的有基于图象灰度梯度的方法、边界模板算子方法、灰度曲面匹配方法、边界跟踪方法、统计边界滤波器方法、基于神经网络的方法和基于损失函数的方法等,但是由于噪声的干扰和图象光照不均匀等因素的影响,现在还没有一种理想的图象边界检测方法能有效地检测出各种图象中的各种边界。

本文并不涉及图象边界检测方法,而是提出了

基金项目:第三批江西省主要学科跨世纪学术和技术带头人培养计划项目和江西省自然科学基金项目(9911013)

收稿日期:2000-02-16; 改回日期:2000-12-05

一种图象边界的后处理方法,即基于遗传算法的图象边界规整方法,这种方法主要用于对被检测出的非理想边界进行迭代规整,使得每个边界点领域更符合有效的理想边界结构,同时可进一步滤除边界图象中的噪声干扰。

1 基于遗传算法的图象边界规整方法

很多边界检测方法只考虑了图象本身的信息,并未充分利用图象边界结构所应遵守的有效逻辑规则,例如 Sobel 边界检测算法,在检测某一点是否为边界时,就只考虑了此点邻域内的图象灰度梯度信息,因此检测出的边界图象中不仅有许多无效的边

界,而且抗噪声干扰的能力也较弱,故 Sobel 边界检测以后还要进行边界细化处理。

为了充分利用图象边界结构所应遵守的有效逻辑规则,本文定义了如图 1 所示的 32 个 3×3 大小基本的有效图象边界结构,并将每个有效图象边界结构用一个 3×3 大小的矩阵表示,矩阵元素为 0 时,表示此点为边界点;矩阵元素为 1 时,表示此点为非边界点,例如图 1 的第 23 个有效图象边界结构可由下式表达

$$T_{23} = \{t_{mn}; m; n = 1, 2, 3\} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

其中, t_{mn} 是矩阵元素。

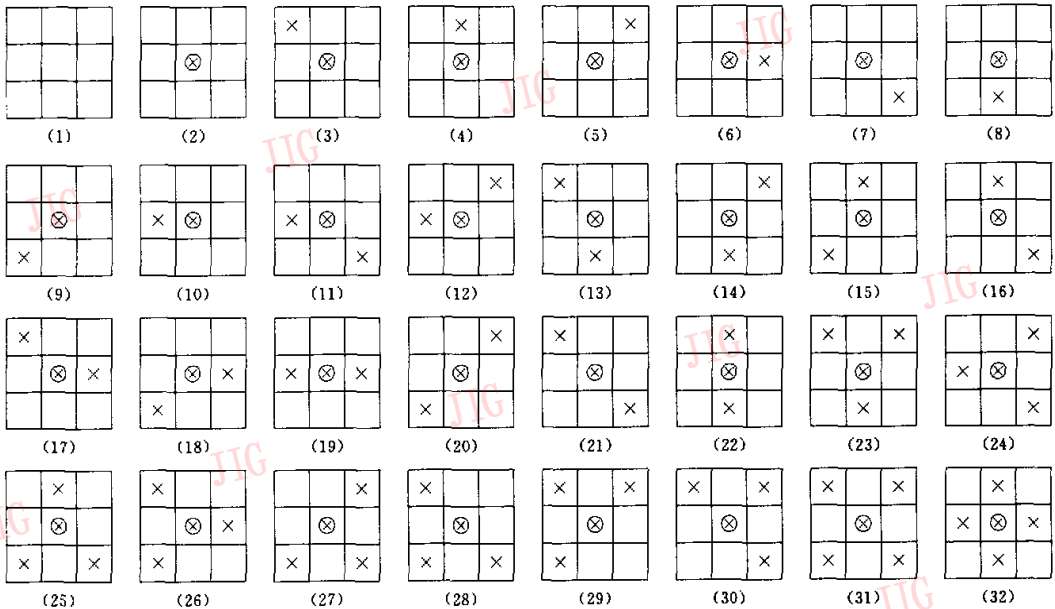


图 1 基本的 32 个有效的理想边界结构

平移上述的 32 个基本的、有效的理想边界结构,可以得到更多有效的理想边界结构(如图 2、图 3 所示,图 2 表示了 8 个平移方向)。去除掉其中重复的边界结构,还可以得到总共 68 个有效的理想边界结构,这样就形成一个理想的边界结构集合: $Q = \{T_i, i = 1 \sim 68\}$ 。

对被其他边界检测算法已检测出的边界图象进行遗传算法规整的具体步骤如下:

(1) 建立遗传编码 设边界图象尺寸为 $M \times N$, 其中,边界像素点灰度取值为 0,非边界像素点灰度取值为 1,则每一个遗传个体均为一个两维

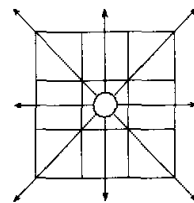


图 2 基本的、有效的理想边界结构的 8 个平移方向

二值矩阵: $V = \{v_{ij}; i \in [1, M], j \in [1, N]\}$. 式中, (i, j) 是像素点坐标,其灰度值为 v_{ij} 。

(2) 产生遗传初始群体 首先随机取出已检测出的边界图象中 10% 的像素点进行取反运算,即将

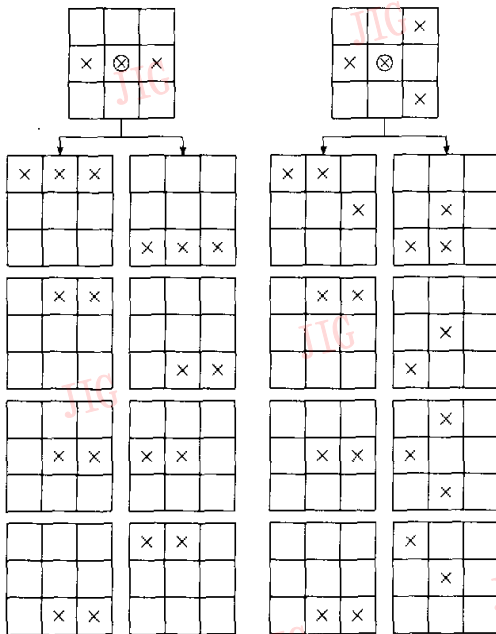


图3 由基本的、有效的理想边界结构产生其他有效的理想边界结构

0变为1,而将1变为0,就可以得到另一个遗传个体,再以相同的方法建立具有 P 个个体的遗传初始群体。

(3) 随机抽取遗传群体中的两个个体,因为所有个体都是二维的二值矩阵,所以要对此两个个体进行二维的遗传交叉算子(Crossover)运算,产生一个暂态的后代个体。

(4) 对上一步产生的暂态后代个体进行遗传变异算子(Mutation)运算,产生一个后代个体。

(5) 重复步骤(3)~(4)产生足够数量的后代个体,再通过遗传选择算子(Selection)从这些后代个体中选择产生新一代的遗传群体,使得下一代的遗传群体中个体具有更高的适应度。遗传选择算子可采用最优选择算法(Elitist selection operator)或轮盘赌选择算法(Proportional selection operator)根据遗传个体的适应度来进行选择。因此在遗传选择运算之前要计算每一个遗传个体的适应度。对遗传个体 $V = \{v_{ij}; i \in [1, M], j \in [1, N]\}$,其适应度 $Fitness(V)$ 由两部分组成,其中,第一部分用于控制遗传规整后的边界图象中边界点总数,第二部分反映遗传规整后的边界图象中边界点结构与理想边界点结构的偏差,即

$$Fitness(V) = - \left| \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M v_{ij} - \bar{V} \right| - K \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \Delta T_{ij} \quad (2)$$

式中, K 为加权系数,主要对适应度函数的两个部分起均衡作用,一般取 $K \in [0.1, 1.0]$ 。该适应度函数的第一部分中的 \bar{V} 是已检测出的边界图象像素值总和,设已检测出的边界图象为

$$V' = \{v'_{ij}; i \in [1, M], j \in [1, N]\}$$

则 $\bar{V} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N v'_{ij}$,为计算适应度函数的第二部分中的 ΔT_{ij} ,设遗传个体 V 在象素点 (i, j) 的 3×3 邻域内的边界结构是 T_{ij} ,这样即可在理想边界结构集合 $\Omega = \{T_i, i=1 \sim 68\}$ 中找出与 T_{ij} 最相似的边界结构 \tilde{T} ,即

$$\tilde{T} = \text{Arg Minimum}_{k \in \Omega} |T_k - T_{ij}| \quad (3)$$

其中,两个边界结构之差是其每个对应的象素点灰度值之差的和值,即

$$\tilde{T} - T_{ij} = \sum_{mn} (t_{mn} - v_{mn}) \quad (4)$$

上式中的 t_{mn} 参见式(1)中的定义, v_{mn} 与 t_{mn} 类似,据此可得

$$\Delta \tilde{T}_{ij} = |\tilde{T} - T_{ij}| \quad (5)$$

(6) 重复步骤(3)~(5)直到遗传算法收敛,即遗传群体中个体的最高适应度不再变化或只在误差允许范围内变化。此时,遗传群体中具有最高适应度的个体,其表示的边界图象即是经过遗传算法规整的边界图象。

具体的二维遗传交叉算子、变异算子和选择算子以及遗传算法的收敛性分析参见有关文献[5~9]。

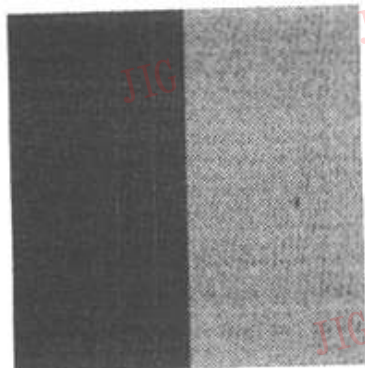
2 实验结果与结论

采用基于遗传算法的图象边界规整方法来对被测出的图象边界进行规整,为了有效地对比试验结果,对人工的图象进行了边界质量的量化计算。人工黑白图象如图4(a)所示,其中加入了均值为零、标准方差为 $\sigma^2=10$ 的高斯分布噪声;图4(b)是用Sobel梯度算子方法检测得到的边界,图4(c)是采用本文提出的方法对图4(b)进行遗传规整后得到的边界图象,规整时适应度加权系数 K 选为0.7。另外,为了定量评价边界结构,还引入PFM评价标准^[10]:

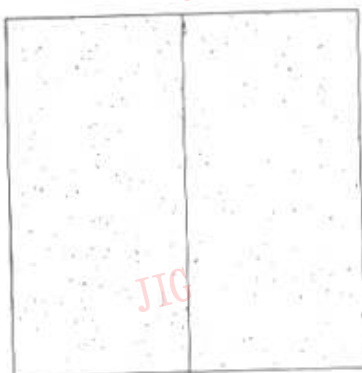
$$PFM = 100 \cdot \left(\frac{1}{\max(I_d, I_i)} \sum_{i=1}^{I_d} \frac{1}{1 + ad^2(i)} \right) \quad (6)$$

PFM 是一个在 $[0, 100]$ 之间的数值, 其中, L_i 是检测到的边界像素点数, L 是理想边界的像素点数, $d(i)$ 是检测到的某个边界像素点 i 到最近理想边界的像素点之间的距离, a 是一权重参数, 一般取 $a=0.01$. 图 4(b) 边界图象 $PFM=71$, 图 4(c) 的边界图象 $PFM=99$. 由图 4(b), (c) 可见, 本文提出的基于遗传算法的图象边界规整方法可以有效地去除边界图象中孤立噪声点的干扰.

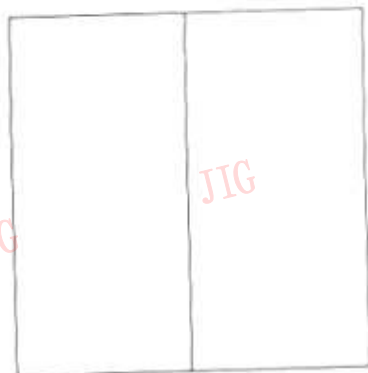
图 5 是用本文方法对一幅南昌航空工业学院主教学楼非人工图象边界进行规整的结果. 图 5(b), (c) 所选择的加权系数 K 不同, 分别为 0.1 和 0.5. 若 K 值越大, 则边界规整方法对原边界改变越大; 图 6 是对一幅南昌航空工业学院校园一角非人工图象边界进行规整的结果, 从图 5(b), (c) 和图 6(b), (c) 可明显看出, 基于遗传算法的图象边界规整方法可以得到更合理理想边界结构的边界图象.



(a) 白人人工原始图象

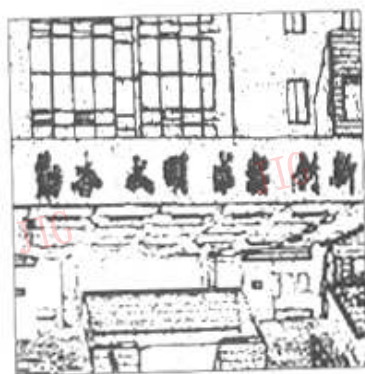


(b) Sobel 算子得到的边界



(c) 遗传算法规整后的边界图象

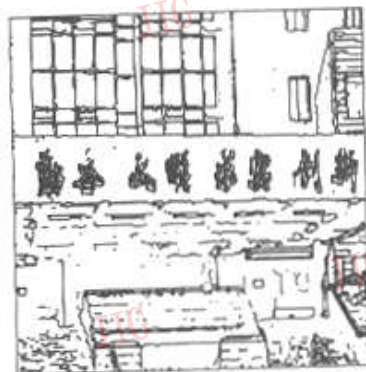
图 4 不同算法检测得到的边界图象



(a) 原始边界图象

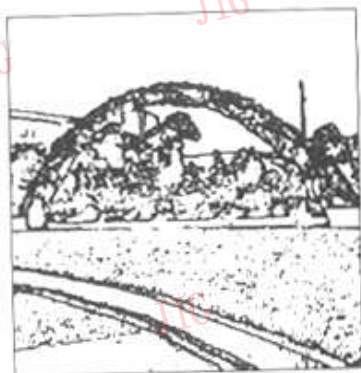


(b) 规整后的边界图象($K=0.1$)



(c) 规整后的边界图象($K=0.5$)

图 5 用本文算法对一幅南昌航空工业学院主教学楼图象边界进行规整的结果



(a) 原始边界图象



(b) 规整后的边界图象($K=0.2$)



(c) 规整后的边界图象($K=0.5$)

图 6 用本文方法对一幅南昌航空工业学院校园一角图象边界进行规整的结果

参考文献

- 1 Rosenfeld A, Kak A C. Digital picture processing. New York; Academic Press, 1982.
- 2 Peli T, Malah D. A study of edge detection algorithms. *Computer Graphics and Image Processing*, 1982, 20(1):1~21.
- 3 Torre V Poggio T A. On edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, PAMI-8(2): 147~163.
- 4 Bennamoun M. Edge detection: Problems and solutions. In: *Proceedings of 1997 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, San Diego, 1997, 4:3164~3169.
- 5 Baeck, Schwefel H P. An overview of evolutionary algorithms for parameter optimization. *Evolutionary Computation*, 1993, 1(1):1~24.
- 6 Fogel D. An introduction to simulated evolutionary optimization. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 1994, 5(1):4~14.
- 7 Quagliarella J, Periaux C, Poloni G W. Genetic algorithms and evolution strategy in engineering and computer science, recent advances and industrial applications. New York: John Wiley & Sons Ltd, 1998.
- 8 Hisashi S. New genetic algorithm using large mutation rates and population-elitist selection (GALME). In: *Proceedings of the International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, IEEE, Piscataway, NJ, 1996:25~32.
- 9 Dirk T, David G. Elitist recombination: An integrated selection recombination GA. In: *Proceedings of IEEE Conference on Evolutionary Computation*, IEEE, Piscataway, NJ, 1994:508~512.
- 10 Gudmundsson M, El-Kwae E A, Kabuka M R. Edge detection in medical images using a genetic algorithm. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 1998, 17(3):469~474.



蔡明 教授,1997年获南京航空航天大学测试工程系博士学位.主要从事图象处理、模式识别、神经网络和遗传算法等方面的研究工作.

杨小芹 副教授,1984年获西北工业大学电子工程系学士学位,主要研究方向为图象处理、神经网络和计算机视觉等.已发表学术论文近20篇.

刘高航 教授,1969年毕业于南京航空航天大学自动控制系.主要从事图象处理、模式识别、神经网络等方面的研究工作.发表学术论文近20篇.