

粒子群优化算法在图像边缘检测中的应用

聂笃宪, 文有为, 袁利国

(华南农业大学理学院, 广东 广州 510642)

摘要:通过分析研究传统的边缘检测方法,提出了应用粒子群优化算法对边缘检测模板系数进行优化,试验结果表明,该方法利用个体在解空间中的随机速度来调整位置,具有很强的随机性,检测结果比传统方法效果好,鲁棒性好,比其他优化算法方便,没有遗传算法交叉变异等复杂过程.

关键词:粒子群优化;边缘检测;模板算子

中图分类号:TN391.41

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)01-0122-03

Applications of the Particle Swarm Optimization Algorithm in Image Edge Detection

NIE Du-xian, WEN You-wei, YUAN Li-guo

(College of Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A new method for image edge detection is proposed based on particle swarm optimization through analyzing traditional methods for edge detection. The experimental results show that the proposed method has high randomness by using individual random velocity in the solution space to change the position of the individual, and that the detected image edge is much clearer and more robust by using the proposed method than by using traditional methods. And compared with other optimization methods, such as Genetic algorithm (GA), the proposed method is very convenient and has no complex process of GA with crossover operators and mutation operators.

Key words: particle swarm optimization; edge detection; template operator

边缘是图像中局部区域像素灰度值的突变,它是图像的最基本特征之一^[1],包含着图像绝大多数的有用信息.在实际图像处理问题中,图像的边缘常被应用到较高层次的图像处理中,它在图像识别、图像分割、图像增强以及图像压缩等领域中有较为广泛的应用,也是它们的基础.图像边缘检测的手段多种多样,经典的边缘提取方法是通过考查图像的每个像素邻域内灰度的变化,即利用边缘邻近的一阶或二阶方向导数变化规律来检测边缘.主要有 Roberts、Laplace、Sobel、Prewitt、Canny、LOG 等算子^[2],这些算子显然非常简单方便,但是它们只适用于检测有限类型的边缘,并且对噪声很敏感,容易产生断裂的边缘.鉴于此,本文提出了应用粒子群优化算法

对边缘检测模板系数进行优化的方法.

经典的边缘提取方法对图像进行边缘提取时,一般都是采用模板的方法,几乎所有的边缘检测模板都具有如下的运算形式:

$$e(m) = \sum_{j=1}^p w_j(m) y_j(m), \quad (1)$$

式中: $e(m)$ 代表边缘特征, $w_j(m)$ 代表模板的不同权重, $y_j(m)$ 代表图像的灰度值.从式(1)可以看出,选择理想的模板系数是边缘检测的关键,这样,图像的边缘检测就可以转化为边缘检测模板系数的优化问题^[3].因此,可以根据待检测图像的特征,应用寻优算法,设计合适的边缘检测模板,得到图像的边缘信息.

收稿日期:2007-09-17

作者简介:聂笃宪(1974—),男,讲师,硕士,E-mail: ndx_x@163.com

基金项目:国家青年基金(60702030)

1 粒子群优化算法对边检测模板系数的优化

1.1 粒子群优化算法

粒子群优化算法由 Kennedy 和 Eberhart^[4]发明,源于对鸟群捕食的行为的研究,是一种基于迭代的优化工具^[5]. 系统初始化一组随机粒子群,群体规模为 M ,通过迭代搜寻最优值,在每一次迭代过程中,粒子通过跟踪粒子本身所找到的最优解(个体极值 p_{best})与整个粒子群的最优解(全局极值 g_{best})来更新自己的速度和位置,找到以上 2 个极值后,计算适应值,选择最优解,依据式(2)与(3)更新下一代速度与位置,不断迭代找到系统的最优解.

$$v = w \times v + c_1 \times \text{rand}() \times (p_{best} - x) + c_2 \times \text{rand}() \times (g_{best} - x), \quad (2)$$

$$x = x + v, \quad (3)$$

其中, v 是粒子的速度, x 是粒子的当前位置,学习因子常取 $c_1 = c_2 = 2$, w 是加权因子,取值在 0.1 ~ 0.9, $\text{rand}()$ 是(0,1)之间的随机数. 对加权因子 w 一般由最大加权因子 w_{max} 线性递减到最小加权因子 w_{min} ,即

$$w = w_{max} - i_{ter} \times \frac{w_{max} - w_{min}}{i_{ter\ max}}. \quad (4)$$

群体规模 M 越大,则算法的寻优能力越强,但计算代价也越大;同时在某些实际应用中,还需要对粒子的最大运动速度进行限制,控制每次迭代时粒子的运动步长,从而提高算法的稳定性和减小计算代价.

1.2 模板选择

模板系数直接决定了边缘检测效果好坏,无疑,根据需要不同和设计目的不同,有多种形式,如采用无向模板、垂直和水平模板、四方向模板等. 本文采用了类似 Sobel 和 Prewitt 算子的模板,但未局限于 Sobel 算子的格式,而是采用了算子都应具有的约束条件,即一个好的边缘检测模板应该不敏感于方向和位置,而且对常量输入响应为 0,本模板采用 3×3 系数之和为 0 的反对称矩阵实现,对于 $N \times N$ 的情况 ($N > 3$) 与此相似.

$$A_L = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ -a_{12} & a_{22} & a_{23} \\ -a_{13} & -a_{23} & a_{33} \end{bmatrix}, A_V = \begin{bmatrix} a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ a_{12} & a_{22} & -a_{23} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$A_L = A_V', \sum_{ij} a_{ij} = 0. \quad (6)$$

1.3 应用粒子群优化算法优化模板系数

粒子群优化算法适应度函数的选择:为了得到好的边缘检测模板系数,首先对标准测试图像进行加工,并根据实际需要定义人工理想边缘. 然后用模板对标准测试图像进行卷积,结果大于阈值 T 设为 1,否则为 0;把检测结果和理想边缘进行比较,用粒子群算法进行搜索,得到一组模板系数 $\{a_{i,j}\}_{i,j=1}^N$,当人工边缘和检测结果完全一致,适应度函数有最大值即 $E_{\max} (a_{1,1}, \dots, a_{N,N})$,适应度函数具体形式为:

$$E = \sum_{i=0}^n E_{det}(i) \theta E_{ari}(i), \quad (7)$$

其中, n 为像素点总数, E_{det} 为检测到的边缘, E_{ari} 为人工边缘, θ 表示同或运算,如果两点值相同则为 1,不同则为 0. 应用粒子群优化算法对模板系数优化的工作流程如图 1:



图 1 模板系数优化流程图

Fig. 1 Flow chart of optimized template coefficient

粒子群优化算法具体执行步骤:

- ①初始化边缘模板系数,在允许的范围 $[0, 255]$ 内随机设置初始化粒子群 $\{a_{i,j}\}_{i,j=1}^N$;
- ②用模板对标准测试图像进行检测,并与理想边缘比较,根据式(7)确定适应值;
- ③根据式(2)(3)更新粒子的位置和速度;
- ④检查终止条件,输出最佳模板系数,算法结束,否则回到步骤②.

1.4 实验仿真

粒子群优化算法和传统方法检测效果如图 2 所示,这里采用了边缘花格近似的灰度图像进行试验,图 2a 和 2b 分别为算法训练的典型图像和人工边缘,选取阈值 $T = 0.067$,群体规模 $M = 40$, $i_{ter\ max} = 100$, $w_{max} = 0.9$, $w_{min} = 0.4$,用本文算法得到的最优算子为:

$$A_L = \begin{bmatrix} 3.224 & 2.365 & 2.515 \\ -2.365 & 0.936 & 1.048 \\ -2.515 & -1.048 & -4.341 \end{bmatrix},$$

$$A_V = \begin{bmatrix} 3.224 & -2.365 & -2.515 \\ 2.365 & 0.936 & -1.048 \\ 2.515 & 1.048 & -4.341 \end{bmatrix}.$$

以上实验结果表明,粒子群优化算法对图像的

边缘检测优于传统的模板算子,其边缘检测的连续性较好,且提取的图像边缘相对于传统的模板算子提取的边缘要细很多,因此粒子群优化算法检测效果是较优的。

把得到的边缘检测算子用于2幅具有同类特征的图像进行边缘检测,检测结果如图3所示,从检测结果容易看出,利用粒子群优化算法寻优得到的算子对同类图像进行边缘提取具有较好的效果。

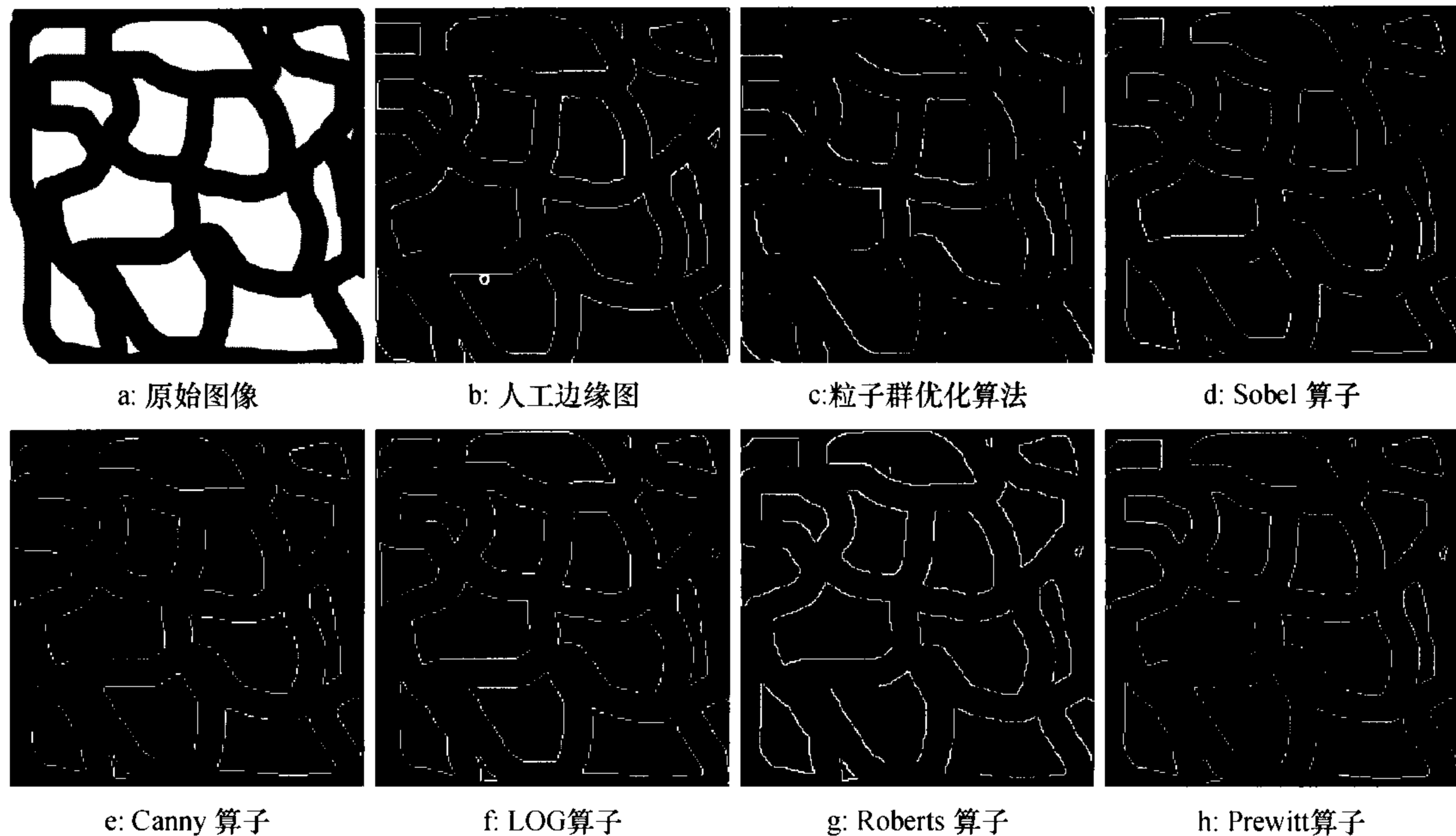


图2 粒子群优化算法与传统算子对花格图像的边缘检测结果

Fig. 2 Detected grillwork edge by traditional operator and proposed operator

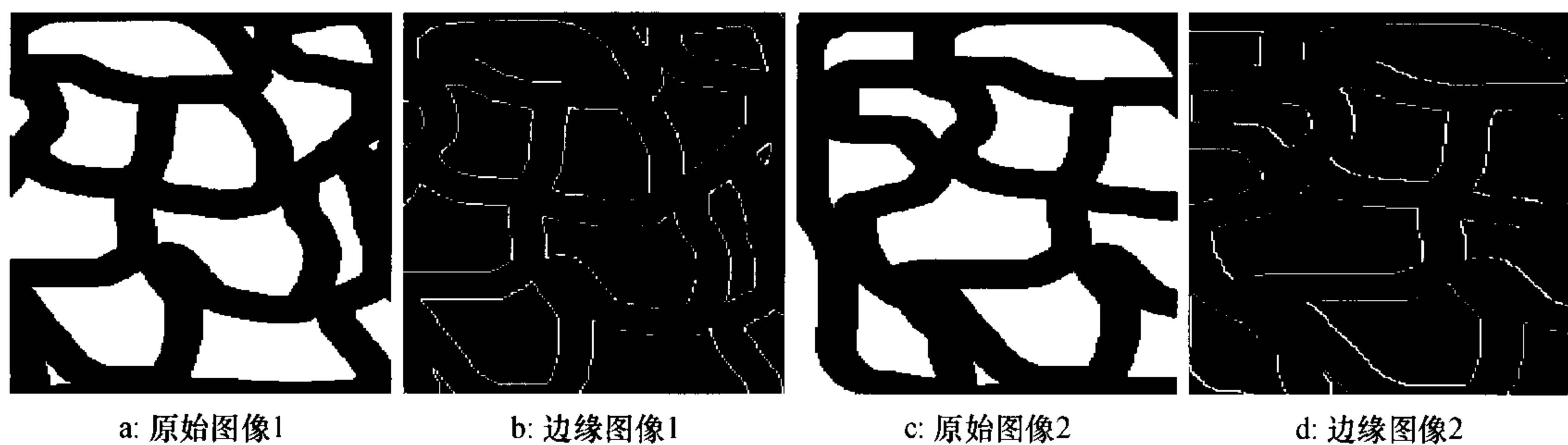


图3 粒子群优化算法对同类图像的边缘检测

Fig. 3 Detected edge on images of the same style by the proposed method

2 小结

应用粒子群优化算法对图像进行边缘检测,较好的解决了计算量大的问题,实验表明,该方法简捷,参数少,鲁棒性好,比其他优化算法方便,没有遗传算法交叉变异等复杂过程,特别是对同类图像边缘的提取效果较为明显;但是对于复杂图像的人工边缘的获取问题,仍然值得进一步研究。

参考文献:

[1] FELICE A P, WALTER V, VINCENT T. Edge detection revisited [J]. IEEE Trans Systems, Man and Cybernetics Part B: Cybernetics, 2004, 34(3):1500-1519.

[2] 章毓晋. 图像处理和分析基础[M]. 北京:高等教育出版社, 2002.

[3] LEE M K, LEUNG S W, PUN T L, et al. Edge detection by genetic algorithm[C]//IEEE. International Conference on Image Processing: Vol 1. Vancouver, BC, Canada: IEEE Server Center, 2000:478-480.

[4] KENNEDY J, EBERHART R C. Particle swarm optimization[C]//PISCATAWAY N J. Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks. Perth, WA, Australia:IEEE Server Center, 1995:1942-1948.

[5] 杨维,李歧强. 粒子群优化算法综述[J]. 中国工程科学, 2004, 6(5):87-94.

【责任编辑 李晓卉】