

文章编号:1007-2780(2014)05-0800-05

基于改进粒子群算法的图像边缘检测研究

王洪涛*, 李 丹

(河南牧业经济学院 计算机应用系, 河南 郑州 450044)

摘要: 为了提高图像边缘检测的细节信息, 采用了二进制粒子群算法。首先通过 logistic 变换更新粒子速度, 粒子速度不受限制; 接着动态调整粒子位置, 使飞行状态充分调整; 然后正态云发生器动态调整粒子的惯性权重, 这样较优粒子可以取得较小的惯性权重; 最后建立图像边缘检测模型和算法流程。实验仿真显示本文算法对图像边缘定位准确、清晰, 信噪比为 35.928 1 db, 处理时间为 1.340 1 s。满足检测结果中对信息含量大、执行时间少等要求。

关键词: 粒子群; 二进制; 边缘检测; 灰度

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20142905.0800

Image edge detection research based on improved particle swarm optimization algorithm

WANG Hong-tao*, LI Dan

(Department of Computer Application, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450044, China)

Abstract: The presented binary particle swarm optimization algorithm is used to improve the quality of image edge detection. First, the particle velocity is updated through logistic transform which isn't restricted. Second, position of particle is adjusted dynamically, and state of flight is adjusted fully. Third, inertia weight of particle is adjusted dynamically by normal cloud generator, smaller particle is got optimum inertia weight. Finally, the processing of image edge detection is described. The experiment results show that the edge detection is precisely and clear, SNR is 35.928 1db, time is 1.454 3 s. It has large information and takes less time.

Key words: particle swarm optimization; binary; edge detection; gray

1 引 言

图像边缘是图像最基本的特征之一, 往往携带着一幅图像的大部分信息, 边缘检测是特征提取、模式识别等图像分析领域的重点, 直接关系后

续图像处理的质量^[1-2]。

常用的算子有 Robert、Sobel、Kirsch、LoG 和 Canny 等^[3], 这些方法实现简单, 但是阈值的选取是关键, 检测出来的边缘效果往往不太理想。随着智能算法的提出与改进, 同时出现了基于智能算法的图像边缘检测方法, 如粒子群算法易于得

收稿日期: 2013-12-18; 修订日期: 2014-01-24.

基金项目: 河南省政府重大专项(No. 121100111000)

* 通信联系人, E-mail: fisher1978@qq.com

到图像边缘^[4],但存在陷入局部极小值、早熟收敛的缺点,得到的图像边缘存在大量非边缘点;混沌粒子群算法对噪声不敏感^[5],但只能得到图像的边缘,存在部分细节边缘丢失的现象;量子粒子群算法能找到全局最优值^[6],快速对图像边缘定位,但是存在搜索震荡的缺陷。

本文采用离散二进制云粒子群算法,首先通过 logistic 变换更新粒子速度,同时粒子速度不受限制,接着动态调整粒子位置,使飞行状态充分调整,然后正态云发生器动态调整粒子的惯性权重,这样较优粒子取得较小的惯性权重,最后建立图像边缘检测模型和算法流程。实验仿真显示本文算法对图像边缘检测清晰,耗时少,信噪比大。

2 离散二进制云粒子群算法思想

2.1 离散二进制粒子群算法模型

2.1.1 logistic 变换粒子群

Kennedy 等人用粒子速度表示粒子位置状态改变的可能性,粒子速度决定粒子位置取 0 或 1 的概率^[7-8],取 1 表示粒子的速度较大,取 0 表示粒子的速度较小,同时粒子速度不受限制^[9]。采用 logistic 变换对 v_{id}^k 进行处理, x_{id}^k 的取值过程:

$$x_{id}^k = \begin{cases} 1 & \text{rand}() < S(v_i) = \frac{1}{1 + e^{-v_{id}^k}} \\ 0 & \text{rand}() \geq S(v_i) = \frac{1}{1 + e^{-v_{id}^k}} \end{cases}, \quad (1)$$

其中:rand()是产生(0,1)随机数的函数,速度 x_{id}^k 值被映射到区间[0,1]之间, $S(v_i)$ 是映射函数。

2.1.2 动态调整粒子位置

为了避免离散二进制粒子群多样性和收敛性降低^[10],速度更新公式中: $v_{id}^k = 0$, 则 x_{id}^k 不需要变化; $v_{id}^k < 0$, 则 $x_{id}^k = 1$ 可能性大,位置需要转变为 0; $v_{id}^k > 0$, 则 $x_{id}^k = 0$ 可能性大,位置需要转变为 1。对离散二进制粒子群中的位置更新:

$$x_{id}^k = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{id}^k < 0 \text{ and } r \leq S'(v_{id}^k) \\ 1 & \text{if } x_{id}^k > 0 \text{ and } r \leq S'(v_{id}^k) \\ x_{id}^k & \text{others} \end{cases} \quad (2)$$

其中: $r \in [0,1]$, $S'(v_{id}^k)$ 为 $S(v_{id}^k)$ 修改映射函数,

$$S'(v_{id}^k) = \begin{cases} 1 - \frac{2}{1 + e^{-v_{id}^k}} & v_{id}^k \leq 0 \\ \frac{2}{1 + e^{-v_{id}^k}} - 1 & v_{id}^k > 0 \end{cases}. \quad (3)$$

这样离散二进制粒子群具有更好的收敛性且收敛速度更快。

2.2 云计算优化离散二进制粒子群

2.2.1 正态云发生器动态调整粒子的惯性权重

粒子 v_{id}^k 的适应度值为 f_i , 则粒子群总数为 M 的平均适应度值为 $f_{avg} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M f_i$, 将适应度值优于 f_{avg} 的适应度值求平均得到 $\bar{f}_{avg}$, 适应度值次于 f_{avg} 的适应度值求平均得到 $\bar{f}_{avg}$, 整个种群最优粒子的适应度值为 f_{min} ^[11]。正态云发生器非线性动态调整粒子惯性权重:

$$\begin{cases} E_x = f_{avg} \\ E_n = (\bar{f}_{avg} - f_{min})/c_{11} \\ H_e = E_n/c_{22} \\ E_n' = \text{normrnd}(E_n, H_e) \\ \omega = 0.9 - 0.5 \times e^{-\frac{(f_i - E_x)}{2(E_n')^2}} \end{cases}. \quad (4)$$

式中: c_{11} 、 c_{22} 为控制参数,云粒子的期望值为 E_x , 熵为 E_n , 超熵为 H_e , E_n 影响正态云的陡峭程度,越大云覆盖水平就越宽; E_x 为父代个体遗传的优良特征,是子代对父代的继承; H_e 决定云滴的离散程度,本文取 $c_{22} = 10$, $c_{11} = 2.9$, 正态云实现了概念空间到数值空间的转换^[12-13]。

2.2.2 变异操作

在搜索过程中,为了让较优粒子的多样性维持,克服过早收敛,通过云粒子进行变异操作,当全局极值连续 σ_1 代没有发生进化或者进化程度小于 σ_2 时,粒子陷入局部极值^[14],对全部粒子根据全局极值通过正态云发生器进行变异操作:

$$E_x = P_{gd}, E_n = 2P_{gd}, H_e = E_n/10. \quad (5)$$

当前收敛区域进行精细搜索,完成局部求精工作。

2.3 图像边缘检测模型建立

设一幅图像的总灰度级数为 255,总像素数为 N ,第 r 级像素总数为 n_r 个, f_{ij} 为灰度级 r 邻域大小 $k \times k$ 平均灰度级 q 的像素点,设灰度检测最佳阈值为 t ,则图像像素按照平均灰度级被分为两类:

$$C_0 = \{1, 2, \dots, t\}, C_1 = \{t+1, \dots, 255\}. \quad (6)$$

图像总平均灰度级为:

$$\mu = \sum_{r=0}^{255} \sum_{d=0}^{255} rd / 255^2. \quad (7)$$

其中: C_0 类的平均灰度级为: $\mu(t) = \sum_{r=0}^t \sum_{d=0}^t rd / t^4$, 像素数为: $N_0 = \sum_{r=0}^t \sum_{d=0}^t f_{rd}$; C_1 类的平均灰度级为: $\mu - \mu(t)$, 像素数为: $N - N_0$ 。

图像的总均值为: $\mu = \omega_0 \mu_0 + \omega_1 \mu_1$, 其中 ω_0 、 ω_1 分别表示 C_0 、 C_1 在图像中所占的比例。图像类间方差为:

$$\sigma^2(t) = \omega_0 (\mu - \mu_0)^2 + \omega_1 (\mu - \mu_1)^2. \quad (8)$$

整理得:

$$\sigma^2(t) = \frac{(\mu \omega_0 - \mu(t))^2}{\omega_0 (1 - \omega_0)}. \quad (9)$$

使得目标选择函数 $\sigma^2(t)$ 最大的 t^* 为最佳阈值^[15]。由于离散二进制云粒子群算法寻找的是全局最小值,而本文所用的阈值选择为最大,将适度函数定义为:

$$\text{fit} = -\sigma^2(t) = -\frac{(\mu \omega_0 - \mu(t))^2}{\omega_0 (1 - \omega_0)}. \quad (10)$$

2.4 算法过程

算法流程如图 1 所示。

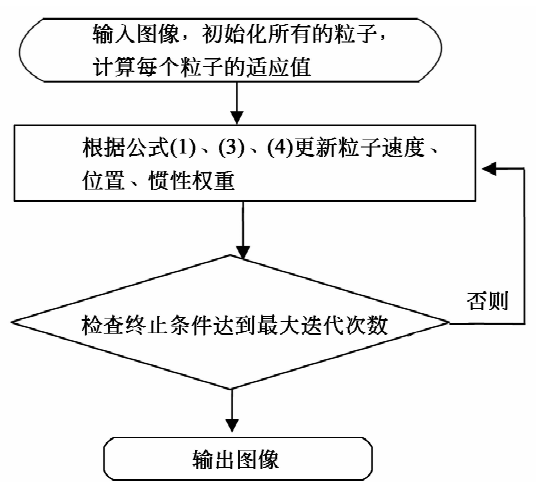


图 1 算法流程

Fig. 1 Process of algorithm

3 实验仿真

粒子群算法的种群数为 30, 最大迭代次数为 200, 每个粒子的维数为 4, $V_{\max} = 10$, $c_1, c_2 = 2$, ω 从 0.9 到 0.1 线性递减。程序采用 MATLAB 实现。

对本文算法以及其它算法进行实验仿真对比, 其结果如图 2 所示。

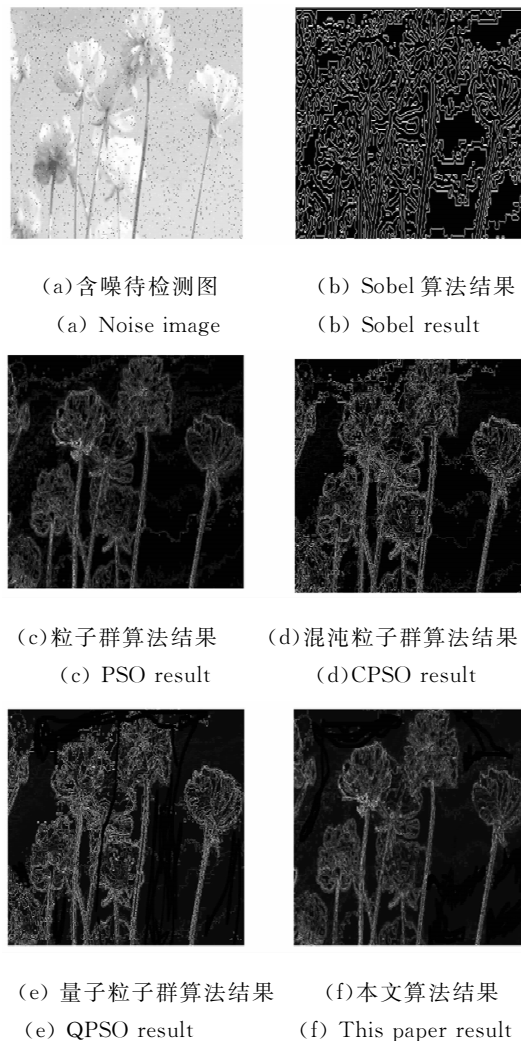


图 2 各种算法边缘检测结果

Fig. 2 Edge detection algorithms results

其中图 2(a)为含高斯白噪声的待检测图, 图 2(b)为 Sobel 算法结果, 图 2(c)为粒子群算法结果, 图 2(d)为混沌粒子群算法结果, 图 2(e)为量子粒子群算法结果, 图 2(f)为本文算法结果, 从实验结果可以看出, 本文使用的算法检测的图像边缘定位准确、清晰、细化。图 2(b) Sobel 算法把噪声、部分背景也作为边缘检测, 并且检测结果杂乱; 图 2(c)粒子群算法降噪效果较 Sobel 算法改进, 检测出了花朵边缘, 但是部分背景也作为边缘检测; 图 2(d)混沌粒子群算法结果减少了部分背景的误检测, 图 2(e)量子粒子群算法结果检测出了花瓣, 但是花瓣检测中有哑铃现象, 图 2(f)本文算法结果检测出了花瓣的交叉连接边缘, 这

是因为离散二进制云粒子群算法实现了较优粒子取得较小的惯性权重值,同时在当前收敛区域进行精细搜索,完成局部求精工作。表1给出了不同算法的处理时间、信噪比对比情况。

表1 不同算法的处理时间、信噪比对比情况

Tab.1 Different processing time,SNR compare

算法	评价参数	
	处理时间/s	信噪比/dB
Sobel 算法	5.932 1	22.724 3
粒子群算法	5.189 0	27.490 2
混沌粒子群算法	3.152 6	30.435 9
量子粒子群算法	3.293 8	30.458 1
本文算法	1.340 1	35.928 1

从表1的对比结果中,本文算法耗时少,信噪比大,比其他算法具有优势,这是因为本文算法动态调整粒子位置,算法具有更好的收敛性且收敛速度更快。

4 结 论

采用离散二进制云粒子群算法,首先通过 logistic 变换更新粒子速度,速度不再表示位置变化而是位置取1的概率,同时粒子速度不受限制,接着动态调整粒子位置,使飞行状态充分调整,然后正态云发生器动态调整粒子的惯性权重,这样较优粒子取得较小的惯性权重,最后建立图像边缘检测模型和算法流程。实验仿真显示本文算法对图像边缘定位准确、清晰、细化,耗时少,信噪比大。

参 考 文 献:

- [1] 刘博超,赵建,孙强.基于边缘改进的Harris角点检测方法[J].液晶与显示,2013,28(6):939-942.
Liu B C,Zhao J,Sun Q. Improved Harris corner detection method based on edge [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2013 28 (6): 939-942. (in Chinese)
- [2] 高珊,马艳会.基于边缘保持的SAR图像滤波算法研究[J].液晶与显示,2013,28(2):290-294.
Gao S, Ma Y H. Algorithm research of filtering for sar images based on edges-preserving [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2013, 28(2): 290-294. (in Chinese)
- [3] 陈世文,刘越畅.一种基于最小交叉熵的canny边缘检测算法[J].电视技术,2013,37(1):165-168.
Chen S W, Liu Y C. Improved canny edge detection algorithm based on minimum cross entropy [J]. *Video Engineering*,2013,37(1):165-168. (in Chinese)
- [4] 潘烁,王曙燕,王欢.基于改进粒子群算法的组合测试数据生成[J].西安邮电学院学报,2012,17(3):48-52.
Pan S, Wang S Y, Wang H. Test data generation based on improved particle swarm optimization algorithm [J]. *Journal of Xi'an Institute of Posts and Telecommunications*,2012,17(3):48-52. (in Chinese)
- [5] 胥小波,郑康锋,李丹.新的混沌粒子群优化算法[J].通信学报,2012,33(1):24-30.
Xu X B,Zheng K F ,Li D. New chaos-particle swarm optimization algorithm [J]. *Journal on Communications*,2012, 33(1):24-30. (in Chinese)
- [6] 刘志刚,杜娟,李盼池.一种基于量子粒子群的过程神经网络学习算法[J].信息与控制,2012,41(2):174-179.
Liu Z G,Du J, Li P C. A learning algorithm of process neural network based on quantum particle swarm [J]. *Information and Control*,2012,41(2):174-179. (in Chinese)
- [7] Kennedy J,Eberhart R C. Particle swarm optimization[C]. *Proc. of IEEE International Conference on Neural Networks*,Piscataway:IEEE press,1995:1942-1948.
- [8] Eberhart R C, Dobbins R W, Simpson P K. *Computational Intelligence PC Tools* [M]. Boston: Academic Press,1996.
- [9] 刘建华,杨荣华,孙水华.离散二进制粒子群算法分析[J].南京大学学报:自然科学版,2011,47(5):504-514.
Liu J H,Yang R H, Sun S H. The analysis of binary particle swarm optimization [J]. *Journal of Nanjing University: Nat. Sci. Ed.*,2011,47(5):504-514. (in Chinese)
- [10] 王永强,周建中,覃晖,等.基于改进二进制粒子群与动态微增率逐次逼近法混合优化算法的水电站机组组合优化

- [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(10): 64-69.
- Wang Y Q, Zhou J Z, Qin H, *et al.* Hydroelectric unit commitment optimization based on improved BPSO algorithm combined dynamic successive approximation method [J]. *Power System Protection and Control*, 2011, 39(10): 64-69. (in Chinese)
- [11] 张佩炯, 苏宏升, 杨珏. 基于改进云粒子群算法的电力系统无功优化研究[J]. 兰州交通大学学报, 2012, 31(6): 49-53.
- Zhang P J, Su H S, Yang J. Research on reactive power optimization of power system based on improved cloud particle swarm algorithm [J]. *Journal of Lanzhou Jiaotong University*, 2012, 31(6): 49-53. (in Chinese)
- [12] 王永华, 李冬. 基于云粒子群算法的航空发动机性能衰退模型研究[J]. 燃气涡轮试验与研究, 2012, 25(1): 17-19.
- Wang Y H, Li D. Research on aero-engine performance deterioration model based on the cloud particle swarm optimization [J]. *Gas Turbine Experiment and Research*, 2012, 25(1): 17-19. (in Chinese)
- [13] 张朝龙, 江巨浪, 李彦梅, 等. 基于云粒子群-最小二乘支持向量机的传感器温度补偿[J]. 传感技术学报, 2012, 25(4): 472-477.
- Zhang C L, Jiang J L, Li Y M, *et al.* Temperature compensation of sensor based on CMPSO-LSSVM [J]. *Chinese Journal of Sensors and Actuators*, 2012, 25(4): 472-477. (in Chinese)
- [14] 张英杰, 邵岁锋, Niyongabo J. 一种基于云模型的云变异粒子群算法[J]. 模式识别与人工智能, 2011, 24(1): 90-95.
- Zhang Y J, Shao S F, Niyongabo J. Cloud hypermutation particle swarm optimization algorithm based on cloud model [J]. *Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 2011, 24(1): 90-95. (in Chinese)
- [15] 肖易寒, 席志红, 海涛. 基于非下采样 contourlet 变换的图像边缘检测新方法[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(7): 1668-1672.
- Xiao Y H, Xi Z H, Hai T. Image edge detection based on nonsubsampling contourlet transform [J]. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 2011, 33(7): 1668-1672. (in Chinese)

作者简介: 王洪涛(1978—), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事计算机应用方面的研究。E-mail: fisher1978@qq.com