

# 基于改进布谷鸟搜索算法的图像边缘检测<sup>①</sup>

邓江洪<sup>1</sup>, 赵 领<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(黄淮学院 动画学院, 驻马店 463000)

<sup>2</sup>(黄淮学院 国际学院, 驻马店 463000)

**摘 要:** 针对传统边缘检测算法自适应能力差、固定阈值、背景噪声抑制的问题, 为了获得更理想的图像边缘检测结果, 提出了一种基于改进布谷鸟搜索算法的图像边缘检测算法。首先通过灰度图像矩阵的一阶导数得到灰度图像的梯度值矩阵, 然后用改进布谷鸟搜索算法根据布谷鸟繁殖行为找到搜索图像的梯度最大值, 检测出图像的边缘, 最后采用仿真实验对算法的性能进行检测。仿真实验结果表明, 本文算法能快速、准确地检测出图像的边缘, 且优于其他传统边缘检测算法。

**关键词:** 图像边缘检测; 布谷鸟搜索算法; 图像梯度值; 选择性淘汰

## Image Edge Detection Based on Improved Cuckoo Search Algorithm

DENG Jiang-Hong<sup>1</sup>, ZHAO Ling<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Animation College, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)

<sup>2</sup>(International College, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)

**Abstract:** according to adaptive difference, fixed threshold, background noise suppression problem in traditional edge detection algorithms, in order to obtain more ideal result of image edge detection, a new image edge detection algorithm based on improved cuckoo search algorithm is proposed in this paper. The gradient matrix of grayscale is obtained by first-order derivative, and the maximum of image gradient is obtained by using cuckoo search algorithm. The image edge is achieved rapidly and accurately. The experimental results show that the proposed algorithm can detect the image edge accurately and quickly, and better than other traditional edge detection algorithm.

**Key words:** image edge detection; cuckoo search algorithm; image gradient; selective elimination

图像是人们获取信息和交换信息的来源, 数字图像处理技术涉及到人们日常生活的方方面面。因为边缘检测是图像分析、计算机视觉等领域分析方法的基础, 图像边缘检测算法优劣直接影响到系统性能的好坏, 因此选取一个合适的边缘检测算法显得尤为重要<sup>[1]</sup>。

边缘是图像灰度在局部范围内变化比较剧烈的像素点的集合, 目前传统的边缘检测算法都是局域窗口梯度算子, 如: Roberts、Sobel、Prewitt、Kirsch 和 Laplacian 等<sup>[2-4]</sup>, 这些算子虽然易于实现, 具有较好的实时性, 但由于图像边缘和噪声都是高频信号, 边缘信息很容易被噪声污染, 所以直接对含有噪声的图像运用梯度算子, 可能丢失重要的边缘信息, 影响定位

精度。由于小波变换具有良好的时频局域化特性及多尺度分析能力, Mallat 等人较早提出了基于奇异点检测的小波多尺度边缘检测方法, 但传统的小波变换应用于图像边缘检测虽具有较强的理论性, 但边缘不连续, 抑制噪声能力弱<sup>[5]</sup>。1986 年 Canny 提出基于最优化算法的边缘检测算子, 得到了广泛的应用, 主要是因为它提出了迄今为止定义最为严格的边缘检测的三个标准, 另外就是其相对简单的算法使得整个过程可以在较短的时间内实现<sup>[6]</sup>。传统的 Canny 算法利用固定的高、低阈值进行边缘提取, 这些参数都是人为确定的, 参数对于边缘检测的结果影响很大, 对不同的图像缺乏自适应性, 而且无法消除局部噪声干扰, 在检测

① 基金项目: 河南省科技攻关项目(132102210423, 122102210549)

收稿时间: 2014-10-19; 收到修改稿时间: 2014-12-22

出伪边缘的同时还会丢失一些灰度值变化缓慢的局部边缘<sup>[7]</sup>。近年来,一些学者将群智能算法引入图像边缘检测领域中,出现了基于遗传算法、人工鱼群算法、蚁群算法和粒子群算法等的图像检测算法,相对于传统边缘检测算法相比,群智能算法有鲁棒性好、扩展性好、适应性好且运算速度快的优点,获得更优的检测效果<sup>[8,9]</sup>。2009年,剑桥大学的 Yang 和拉曼工程大学的 Deb 模拟布谷鸟的巢寄生繁育行为和昆虫等动物的莱维(Lévy)飞行特性为而创立的布谷鸟搜索算法(Cuckoo Search, CS),CS 算法具有控制参数少,搜索路径优,全局优化能力强等优点,在解决许多优化问题中表现出了比粒子群算法、遗传算法、人工鱼群算法更高效的搜索效果<sup>[10]</sup>

为了获得更加理想的图像边缘检测效果,提出一种改进布谷鸟搜索算法的图像边缘检测方法。首先利用改进布谷鸟搜索算法搜索图像灰度梯度矩阵中的最大值,从而得到图像的边缘,然后采用仿真实验测试本文图像边缘检测方法的性能。仿真实验结果表明,该算法能快速、准确地检测出图像的边缘,将其应用于图像的边缘检测是可行的、有效的。

## 1 改进布谷鸟搜索算法

### 1.1 标准布谷鸟搜索算法

受布谷鸟的繁殖行为和动物的 Lévy 飞行特性的启发,剑桥大学的 Yang 和拉曼工程大学的 Deb 于 2009 年创立了布谷鸟搜索算法(CS 算法),在导出 CS 算法时他们设定以下 3 个理想的状态<sup>[11]</sup>:

- 1) 每只布谷鸟一次只产一个蛋,并随机地选择鸟巢进行孵化;
- 2) 在随机选择的一组鸟巢中,高质量鸟巢将会被保留至下一代;
- 3) 布谷鸟可以选择的宿主鸟巢数量  $n$  是固定的,放置在宿主鸟巢中的布谷鸟蛋被主人发现的概率是  $P_a \in [0,1]$ 。

在这 3 个规则基础上,设  $x_i^{(t)}$  为第  $i$  个鸟巢在第  $t$  代的鸟巢位置,  $L(\lambda)$  表示随机搜索路径,那么布谷鸟寻巢的路径和位置更新公式如下:

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + \partial \oplus L(\lambda), i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

式中,  $\partial$  表示步长控制量;  $\oplus$  表示点对点乘法。

位置更新后,随机产生一个[0,1]的数  $r$ , 如果  $r > P_a$ , 那么  $x_i^{(t+1)}$  就进行随机改变,反之不变,最后保留测试

值较好的一组鸟巢位置  $y_i^{(t+1)}$ , 此时仍把记为  $x_i^{(t+1)}$ <sup>[11]</sup>。

### 1.2 布谷鸟搜索算法的改进

SDCS 算法拟从选择性淘汰策略和决策域策略两方面对 CS 算法进行改进。

#### 1.2.1 选择性淘汰策略

在 CS 算法中,采用  $r > p_a$  方式鸟巢位置进行随机改变,进化过程的每一代,约 75% 的鸟巢依靠随机策略被淘汰(更新),若这些鸟巢(包括其附近区域)有重要的优化信息未被充分利用就被淘汰掉,则必然会影响算法的搜索路径、降低搜索效率和收敛速度,在保持 CS 算法进程每一代随机淘汰策略的同时,有目的地增加选择性淘汰策略淘汰部分差的鸟巢保留好的鸟巢,试图使算法沿更高效的途径进化,提高其搜索效率和收敛速度。选择性淘汰策略主要利用式(2)实现:

$$X_{i,\text{newnest}}^k = X_{i,\text{pnest}}^k + c \times (X_{i,\text{pnest}}^{r,k} - X_i^{r,k}) \quad (2)$$

式中,  $X_{i,\text{pnest}}^k$  是第  $k$  代当前最优鸟巢位置  $X_{i,\text{pnest}}^k$ ;  $X_i^{r,k}$  是从当前最优鸟巢位置  $X_{i,\text{pnest}}^k$  出发继续按 Lévy 飞行模式搜索到自身的当前鸟巢位置;  $X_{i,\text{newnest}}^k$  是按式(2)产生新的鸟巢位置。

#### 1.2.2 决策域策略

CS 算法各个体均是按 Lévy 飞行方式进行随机搜索,全局搜索能力很强,但局部搜索能力较弱,使其在进化后期收敛速度偏慢和收敛精度不够高。为此提出一种决策域精细搜索策略,此策略主要利用式(3)实现:

$$X_{i,\text{jcnest}}^k = X_{i,\text{pnest}}^{n,k} + \frac{\|X_{\text{best}}^k - X_{\text{worst}}^k\|}{\sqrt{d}} \times [\text{rand}(1,d) - 0.5] \quad (3)$$

式中,  $X_{i,\text{jcnest}}^k$  为第  $k$  代布谷鸟  $i$  在其决策域精细搜索到的鸟巢位置;  $X_{i,\text{pnest}}^{n,k}$  为第  $k$  代布谷鸟  $i$  经选择性淘汰更新后新的当前最优鸟巢位置;  $X_{\text{best}}^k$  和  $X_{\text{worst}}^k$  分别为群体  $n$  只布谷鸟中当前适应度最好鸟巢位置和最差鸟巢位置;  $\text{rand}(1,d)$  为 0~1 之间均匀分布的随机数组成的  $d$  维行向量。

根据式(3),布谷鸟  $i$  以  $X_{i,\text{pnest}}^{n,k}$  为中心  $\frac{\|X_{\text{best}}^k - X_{\text{worst}}^k\|}{\sqrt{d}}$  为决策域直径确定其决策域,并应用  $\frac{\|X_{\text{best}}^k - X_{\text{worst}}^k\|}{\sqrt{d}} \times [\text{rand}(1,d) - 0.5]$  得到小于或等于决策域半径可正可负的随机值,用来实现在决策域内精细搜

索到的鸟巢位置  $X_{i,jnest}^k$  具有随机性, 从而保证算法在加强局部搜索能力。

## 2 改进布谷鸟搜索算法的边缘检测

### 2.1 算法的基本思想

图像相邻区域图像边缘灰度值是不连续的, 其图像边缘点的梯度值比非边缘点的梯度值高, 所以布谷鸟寻优的过程就是寻找灰度图像梯度值高的过程, 即灰度图像梯度值高的点即为最优解。

将灰度图像分割成  $10 \times 256$  的矩阵, 然后将布谷鸟随机分布在  $10 \times 256$  的灰度图像像素上, 通过布谷鸟行为规则不断更新布谷鸟位置和决策区域来完成寻优过程, 布谷鸟的鸟巢位置由目标函数值决定, 目标函数是布谷鸟的灰度梯度值减去图像灰度阈值。

### 2.2 获取各点灰度梯度值

本文将灰度图像像素的梯度值作为目标函数参数, 将灰度图像作为一个  $256 \times 256$  的矩阵, 灰度图像像素的梯度值是将灰度图像相邻行和相邻列的像素点作相减, 然后再将减得的值相加。设  $F$  为灰度图像,  $x_{ij}$  为灰度图像  $F$  的第  $i$  行第  $j$  列的灰度值, 如式(4)所示。

$$F = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (4)$$

将灰度图像  $F$  的相邻两行相减得到图像  $F1$  如式(5)所示; 将灰度图像相邻两列相减得到图像  $F2$  如式(6)所示。

$$F1 = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} - x_{11} & x_{22} - x_{12} & \cdots & x_{2n} - x_{1n} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ x_{n1} - x_{n-1,1} & x_{n2} - x_{n-1,2} & \cdots & x_{nm} - x_{n-1,n} \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$F2 = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} - x_{11} & \cdots & x_{1n} - x_{1, n-1} \\ x_{21} & x_{22} - x_{21} & \cdots & x_{2n} - x_{2, n-1} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} - x_{n1} & \cdots & x_{nm} - x_{n, n-1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

将  $F1$  与  $F2$  相加, 求得灰度图像  $F$  的梯度值  $F'$ , 即:

$$F' = F1 + F2 \quad (7)$$

### 2.3 算法的工作流程

1) 初始化算法的基本参数, 包括鸟巢数量、算法参数以及鸟巢的初始位置等;

2) 随机分布布谷鸟在  $10 \times 256$  的灰度图像上, 计算各鸟巢位置相应的适应度值, 确定当前的最优鸟巢位置及其适应度值;

3) 利用 Lévy 飞行机制式(1)和(2)对鸟巢位置进行更新, 得到一组新的鸟巢位置;

4) 计算各鸟巢位置相应的适应度值, 经过比较后更新各鸟巢的历史最优位置;

5) 用服从均匀分布的随机数  $r \in [0, 1]$  与  $p_a = 0.25$  对比, 概率较小 ( $r \leq 0.25$ ) 的鸟巢位置会被保留下来, 而概率较大 ( $r > 0.25$ ) 的鸟巢位置则被随机替换, 总的鸟巢数目不变, 从而得到一组新的鸟巢位置;

6) 计算各鸟巢位置相应的适应度值, 经过比较后得到各鸟巢的当前最优鸟巢位置  $X_{i,pnest}^k$ , 随后从此位置出发继续按 Lévy 飞行搜索到自身的当前位置  $X_i'^k$ , 经比较后得到各鸟巢新的当前最优位置  $X_{i,pnest}^k$ ;

7) 根据公式(3)对当前最优鸟巢位置  $X_{i,pnest}^k$  进行选择淘汰, 若  $X_i'^k$  与  $X_{i,pnest}^k$  相同,  $X_{i,pnest}^k$  将会被保留下来; 若  $X_i'^k$  与  $X_{i,pnest}^k$  不相同,  $X_{i,pnest}^k$  将会被淘汰并按式(3)产生新的鸟巢位置  $X_{i,newnest}^k$  来替换当前最优鸟巢位置  $X_{i,pnest}^k$ ;

8) 计算各鸟巢位置相应的适应度值, 经过比较后得到各鸟巢的当前最优位置  $X_{i,pnest}^{n,k}$ , 以及群体中当前适应度最好鸟巢位置  $X_{best}^k$  和最差鸟巢位置  $X_{worst}^k$ ;

9) 以各布谷鸟的当前最优位置  $X_{i,pnest}^{n,k}$  为中心形成一组决策域, 根据式(4)在各决策域内精细搜索到新的鸟巢位置  $X_{i,jnest}^k$ ;

10) 计算各鸟巢位置相应的适应度值, 确定当前的最优鸟巢位置及其适应度值;

11) 判断算法的终止条件, 若满足则获得结果, 否则重复步骤(3)~(11);

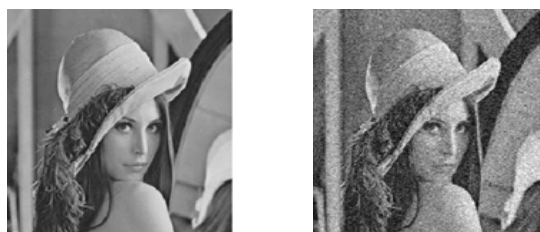
12) 根据最优鸟巢位置的灰度图像梯度值高的点, 按照灰度图像梯度值高点地图像边缘进行检测。

## 3 仿真实验

### 3.1 仿真环境

为了测试本文图像边缘检测算法的性能, 在 Intel 酷睿 2.8 GHz CPU, 8 GRAM, Windows XP 操作系统的

个人计算机上,采用编程工具 Matlab R2012 进行仿真实验,为了本文图像边缘算法的检测结果更具说服力,选择 Canny 算子进行对比实验. 仿真对象如图 1 所示.



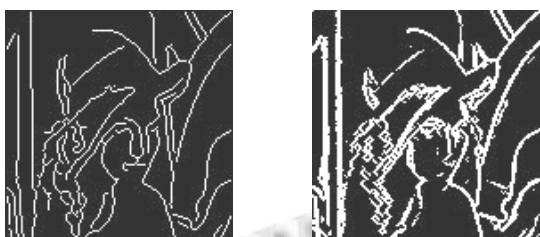
(a) 原始图像 (b)含噪声图像

图 1 仿真对象

### 3.2 结果与分析

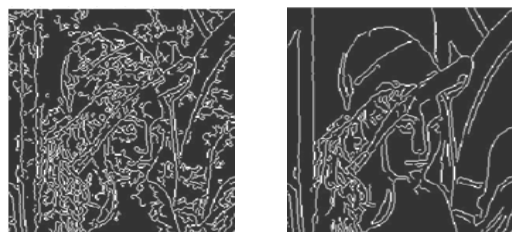
#### 3.2.1 主观视觉效果对比

Canny 算子和本文算法的检测如图 2 和图 3 所示,从图 2 和 3 可知,对于原始的 Lena 图像,Canny 算法和本文算法均取得不错的检测效果,检测精度较高. 对于含噪声的图像,Canny 算法边缘轮廓不清楚,检测精度比较低,边缘信息过于琐碎,不能较好准确描述物体轮廓特征;而本文算法得到较好的检测结果,图像边缘比较平,较好保持了图像的边缘信息,对比结果表明,本文图像边缘检测算法能有效地检测出图像的边缘,同时能较好的抑制背景噪声,具有较明显的优势.



(a) Canny 算法 (b) 本文算法

图 2 原始图像的检测结果



(a) Canny 算法 (b) 本文算法

图 3 含噪声图像的检测结果

#### 3.2.2 检测结果的客观分析

为了全面评价算法的性能,采用边缘连续性、细化度和光滑性来对检测结果进行评价. 对各个性能的评价可分为 1, 2, 3, 4, 5 这 5 个等级. 级数越高,说明检测结果越理想,对原始图像,Canny 算子和本文算法的结果如下表 1 所示.

表 1 Canny 算子和本文算法的检测结果客观评价

| 算法       | 连续性 | 细化度 | 光滑性 |
|----------|-----|-----|-----|
| Canny 算法 | 3   | 2   | 3   |
| 本文算法     | 5   | 5   | 5   |

#### 3.2.3 边缘检测速度对比

在图像处理过程,速度至关重要,为此采用仿真实验对 Canny 算子和本文算法的平均检测时间进行计算,共进行 50 次检测实验,它们平均检测时间如图 4 所示. 从图 4 可知,相对于 Canny 算子,本文算法的平均检测时间相对较少,检测速度更快,提高了图像边缘检测的效率,可以图像处理的实时性和在线性应用要求.

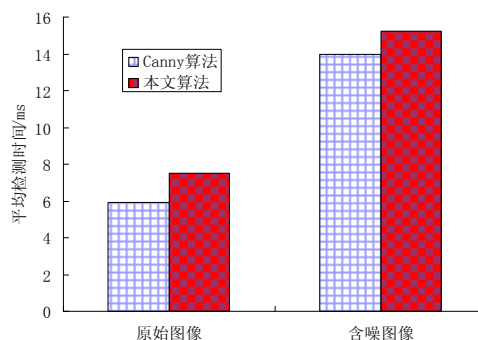


图 4 Canny 算子和本文算法的检测速度对比

## 4 结语

边缘是数字图像最重要的特征之一. 图像的大部分信息都存在于图像的边缘中,因此如何获得图像的边缘,成为图像处理于分析技术中的研究热点,为此,提出一种改进布谷鸟搜索算法的图像边缘检测方法,并针对布谷鸟搜索算法的不足,进行相应的改进,最后采用仿真对比实验对算法的性能测试,仿真结果表明,本文算法能比较好地抑制噪声对边缘检测的影响,并且很好地保留了边缘信息,具有较高的检测定位精度,相对于其它检测算法,具有明显的优势.

## 参 考 文 献

- 1 段瑞玲,李庆祥,李玉和.图像边缘检测方法研究综述.光学技术,2005,31(3):415-419.
- 2 杨新华,寇为刚.基于 FPGA 的 Sobel 算子图像边缘检测算法.仪表技术与传感器,2013(1):102-104.
- 3 梁娟,侯海虹.基于改进 Sobel 模板的灰色关联分析边缘检测算法.电视技术,2012,36(9):22-23.
- 4 贺强,晏立.基于 LOG 和 Canny 算子的边缘检测算法.计算机工程,2011,37(3):211-212.
- 5 刘紫燕,祁佳.实时图像边缘检测形态学优化设计及 FPGA 实现.电子技术应用,2013,19(9):132-134,138.
- 6 陈波,杨阳,沈田双.基于模糊聚类分析的边缘检测算法.仪器仪表学报,2006,27(z6):1603-1604.
- 7 刘紫燕,祁佳.层次聚类算法的实时图像边缘检测及 FPGA 实现.红外技术,2014,36(1):53-57.
- 8 楚晓丽,朱英,石俊涛.基于改进人工鱼群算法的图像边缘检测.计算机系统应用,2010,19(8):173-176.
- 9 张健,何坤,郑秀清等.基于蚁群优化的图像边缘检测算法.计算机工程,2011,37(2):191-193.
- 10 曹春萍,梁慧.改进的蚁群算法在图像边缘检测中的应用研究.计算机应用与软件,2013,30(9):266-269.
- 11 王凡,贺兴时,王燕.基于高斯扰动的布谷鸟搜索算法.西安工程大学学报,2011,25(4):566-569.
- 12 杜利敏,阮奇,冯登科.基于共轭梯度的布谷鸟搜索算法.计算机与应用化学,2013,30(4):406-410.
- 13 Valian E, Tavakoli S, Mohanna S, et al. Improved cuckoo search for reliability optimization problems. Computer & Industrial Engineering, 2013, 64: 456-468.