

蚁群算法在低对比度图像边缘检测中的应用

殷小莉,黄晓彤,郑晓霞,雷建坤,蒋慕蓉

(云南大学信息学院 计算机科学与工程系,云南 昆明 650091)

摘要:蚁群算法应用于大多数图像边缘检测均具有抗噪声能力强、提取边缘精细等优点,但在处理含噪声的低对比度图像边缘时会出现边缘部分缺失、边缘不平滑等现象。为了对低对比度图像的边缘检测达到理想效果,文中通过对蚁群算法中信息素矩阵和阈值选取方法进行分析,将传统蚁群算法中四种启发函数得到的信息素矩阵进行叠加,再对其元素进行统计排序选取合适的阈值进行边缘提取。实验结果表明,文中方法能有效提取含一定噪声的低对比度图像边缘。

关键词:蚁群算法;边缘检测;信息素矩阵;阈值选取

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)05-0180-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.05.046

Application of Ant Colony Algorithm in Edge Detection for Lower Contrast Image

YIN Xiao-li, HUANG Xiao-tong, ZHENG Xiao-xia, LEI Jian-kun, JIANG Mu-rong

(Department of Information Science and Engineering, College of Information of Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The image edge detection based on the ant colony algorithm has many advantages, such as strong ability of resisting noise and fine edge extraction. But when it is used in the edge extraction of lower contrast image with noise, several bad phenomenon occur, such as the hiatus of edge portion and unsmooth margin. In order to achieve the desired result for the lower contrast image edge extraction, in this paper, use the method which plus the pheromone matrixes got by four traditional heuristic functions to gain the pheromone matrix containing more rich edge information, and select the appropriate threshold through the ordered matrix elements to produce the edge extraction. After comparing with several traditional methods, the experimental results show that this method can efficiently extract the edge of low contrast images with noise.

Key words: ant colony algorithm; edge detection; pheromone matrix; threshold selection

0 引言

蚁群算法是一种模拟自然界蚂蚁觅食行为而提出的新型仿生优化算法,1991年由意大利学者 M. Dorigo, A. Colomn 等人^[1,2]首先提出。由于蚁群算法具有鲁棒性、正反馈、分布式等特征,已广泛应用于多目标优化、数据分类、模式识别、决策支持、图像处理等领域^[3~6]。蚁群算法在应用于图像边缘检测时具有抗噪声能力强、提取边缘精细等优点,在图像分割、视频检索、模式识别、图像匹配等方面应用广泛,但存在搜索时间较长、参数选择不当易导致算法过早收敛或停滞

等问题,许多学者对此进行研究和改进。例如:高德威等^[7]利用图像的梯度灰度值变化作为边缘提取的启发信息,加入运动因子改变量启发蚁群向边缘运动;卢雪夫等^[8]将传统边缘检测 Canny 算子与蚁群算法融合,以 Canny 算子得到的图像中像素灰度的不同比例以及图像角点作为边缘点的先验知识,通过蚁群算法的计算实现对图像边缘的提取;解欢庆^[9]利用遗传算法对蚁群边缘检测的收敛速度及迭代次数进行了改进;何小娜等^[10]通过二维直方图设置初始聚类中心减少蚁群算法循环次数以定义新的启发函数,通过改进信息素更新机制提高蚁群聚类的速度;于勇等^[11]先利用可能边缘信息引导蚁群迭代搜索局部边缘,再通过更新路径上的信息素分布使搜索逐渐向真实边缘收敛。这些工作有效地改进了蚁群算法在处理图像边缘时的不足,但是对含噪音的低对比度图像进行边缘检测时会出现边缘缺失、不连续等现象。

文中通过对蚁群算法中信息素矩阵和阈值选取方

收稿日期:2012-08-20;**修回日期:**2012-11-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(11161055);云南省中青年学术和技术带头人项目(2008PY034)

作者简介:殷小莉(1987-),女,江苏无锡人,硕士,研究方向为图像边缘检测、边缘提取;蒋慕蓉,教授,博士,主要研究方向为分布式计算、数字图像处理。

法进行分析,发现传统蚁群算法中单一启发函数易出现信息素矩阵值偏小导致边缘信息不完整、数据部分缺失等现象,将四种启发函数得到的信息素矩阵进行叠加,对其元素进行统计排序选取合适的阈值进行边缘提取。实验结果表明,文中方法能有效提取含一定噪声的低对比度图像边缘。

1 基于蚁群算法的边缘检测主要步骤

利用蚁群算法进行图像边缘检测的主要步骤如下:

1) 初始化。

放置 k 个蚂蚁于图像 I 上,图像 I 由 $M_1 \times M_2$ 个像素点构成,开始时信息素矩阵被设为 $\tau^{(0)} = \tau_{\text{init}}$,表示蚂蚁初始状态,矩阵中所有像素点值均设为 0.0001。

2) 信息素矩阵的更新操作。

先从 k 个蚂蚁中随机选择一只蚂蚁,令其在图像矩阵 I 上移动,计算该蚂蚁从像素点 (l, m) 到像素点 (i, j) 的转移概率值 $p_{(l, m), (i, j)}^{(n)}$,公式如下:

$$p_{(l, m), (i, j)}^{(n)} = \frac{(\tau_{i, j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i, j})^\beta}{\sum_{(i, j) \in \Omega_{(l, m)}} (\tau_{i, j}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{i, j})^\beta} \quad (1)$$

其中, $\tau_{i, j}^{(n-1)}$ 表示第 $n-1$ 次迭代结束后像素点 (i, j) 处残留的信息素值, α 和 β 分别代表信息素影响因子和启发函数影响因子, $\eta_{i, j}$ 由像素点 (i, j) 处的 8-邻域灰度梯度值来确定,计算公式为:

$$\eta_{i, j} = \frac{V_c(I_{i, j})}{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} V_c(I_{i, j})}$$

其中, $V_c(I_{i, j})$ 如下所示:

$$V_c(I_{i, j}) = f(|I_{i-2, j-1} - I_{i+2, j+1}| + |I_{i-2, j+1} - I_{i+2, j-1}| + |I_{i-1, j-2} - I_{i+1, j+2}| + |I_{i-1, j+2} - I_{i+1, j-2}| + |I_{i-1, j} - I_{i+1, j}| + |I_{i-1, j+1} - I_{i+1, j-1}| + |I_{i-1, j+2} - I_{i+1, j-2}| + |I_{i, j-1} - I_{i, j+1}|) \quad (2)$$

其中 $f(\bullet)$ 是启发引导函数,较为常用的表达形式有:

$$f(x) = \lambda x \quad (x \geq 0) \quad (3)$$

$$f(x) = \lambda x^2 \quad (x \geq 0) \quad (4)$$

$$f(x) = \begin{cases} \sin(\frac{\pi x}{2\lambda}), & 0 \leq x \leq \lambda \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (5)$$

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\pi x \sin(\frac{\pi x}{\lambda})}{\lambda}, & 0 \leq x \leq \lambda \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

其中 λ 取 30。

信息素矩阵的计算需要进行局部和全局两次更新操作:

第一次局部更新:移动 k 蚂蚁,若第 k 只蚂蚁在移动过程中通过像素点 (i, j) ,则利用公式(7)、(8)调整点 (i, j) 处的信息素值;否则点 (i, j) 处的信息素不进行调整。公式(7)中 ρ 是信息素的挥发系数,一般 ρ 取 0.08, $1 - \rho$ 指未被挥发的信息素残留下的量, $\Delta_{i, j}^{(k)}$ 由启发引导函数 $\eta_{i, j}$ 决定:

$$\tau_{i, j}^{(k)} = (1 - \rho) \cdot \tau_{i, j}^{(k-1)} + \rho \cdot \Delta_{i, j}^{(k)} \quad (7)$$

$$\Delta_{i, j}^{(k)} = \eta_{i, j} \quad (8)$$

第二次全局更新:所有蚂蚁走完一趟过程,信息素矩阵根据公式(9)进行更新:

$$\tau^{(n)} = (1 - \psi) \cdot \tau^{(n-1)} + \psi \cdot \tau^{(0)} \quad (9)$$

其中 ψ 表示整个信息素矩阵退化系数,一般 ψ 取 0.05。

3) 确定阈值选取边缘点。

根据蚁群完成所有迭代次数之后得到的信息素矩阵 $\tau^{(n)}$,计算阈值:

(1)对最终信息素矩阵求其每个信息素的均值,得到初始的阈值如公式(10)所示:

$$T^{(0)} = \frac{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} \tau_{i, j}^{(n)}}{M_1 M_2} \quad (10)$$

(2)分析矩阵 $\tau^{(n)}$ 中的每个信息素值,若小于 $T^{(0)}$,则记为 $g_{T^{(0)}}^L$,若其值大于 $T^{(0)}$,则记为 $g_{T^{(0)}}^U$ 。对所有信息素 $\leq T^{(0)}$ 以及 $\geq T^{(0)}$ 的这两类信息素进行计算,计算公式为:

$$m_L^{(l)} = \frac{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} g_{T^{(0)}}^L(\tau_{i, j}^{(n)})}{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} h_{T^{(0)}}^L(\tau_{i, j}^{(n)})}$$

$$m_U^{(l)} = \frac{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} g_{T^{(0)}}^U(\tau_{i, j}^{(n)})}{\sum_{i=1}^{M_1} \sum_{j=1}^{M_2} h_{T^{(0)}}^U(\tau_{i, j}^{(n)})}$$

其中当 $x \leq T^{(l)}$ 时, $h_{T^{(0)}}^L(x)$ 取 1, $g_{T^{(0)}}^L(x)$ 取 x ; 当 $x \geq T^{(l)}$ 时, $h_{T^{(0)}}^U(x)$ 取 1, $g_{T^{(0)}}^U(x)$ 取 x 。

(3)重新计算阈值。

$$T^{(l)} = \frac{m_L^{(l)} + m_U^{(l)}}{2}$$

(4)重复步骤 2 和步骤 3, 到 $|T^{(l)} - T^{(l-1)}| \leq \varepsilon$, 这里 $\varepsilon = 0.1$ 。

依据求得的阈值 $T^{(l)}$ 判断矩阵中像素点 $\tau_{i, j}^{(n)}$ 是否为边缘点。若 $\tau_{i, j}^{(n)} \geq T^{(l)}$, 则视为边缘点,进行提取。

2 信息素矩阵分析与阈值选取

在蚁群边缘检测中,边缘的判定主要依靠建立信息素矩阵和阈值的选取来完成。蚂蚁根据转移概率计算其 8-邻域内灰度梯度的最大值,由启发引导函数指

引其往边缘爬行,文中采用公式(3)~(6)的四种启发引导函数。图1中(e)、(f)、(g)、(h)分别是公式(3)~(6)建立信息素矩阵(a)、(b)、(c)、(d)后的边缘提取效果。可以看出,利用这几种函数存在提取的边缘部分缺失、边缘不平滑等现象。将四个信息素矩阵进行叠加后效果如图1(j),叠加后的信息素矩阵边缘部分被加强,边缘信息更加充分,对叠加的信息素矩阵选取合适的阈值提取边缘,一些细节部分相应地被增强,如图1(k)所示。

在图1(k)中,阈值过小则图像含噪声高、图像质量差;阈值过大会导致边缘信息不完整、边缘不光滑。为了计算简单,用矩阵像素均值作为初始阈值,分别对其做各种比例取值,以图1原图(i)为例。

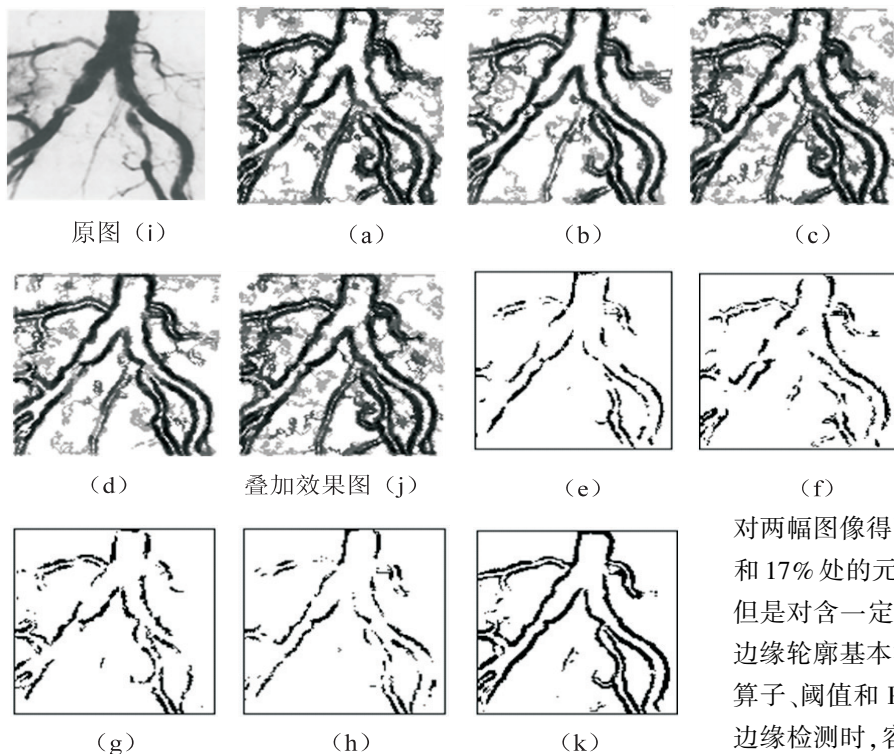


图1 信息素矩阵叠加分析对比图

取叠加后的信息素矩阵像素均值作为阈值 T ,依次取阈值 $T * 0.6$ 、 $T * 0.8$ 、 T 、 $T * 1.2$,得到如图2所示的阈值结果对比图,可以看出阈值选为初始阈值的60%时边缘细节较为清晰。

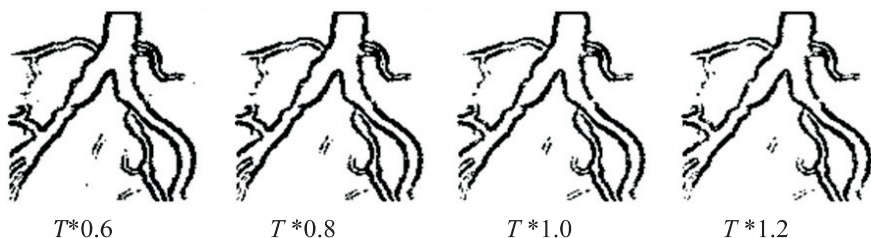


图2 阈值分析对比图

通过选取初始阈值的百分比作为阈值能够选取较好的边缘,但是仅凭经验去实验选取参数过程繁琐复

杂,并且叠加后矩阵中像素点的信息素值会变大,值越大则说明该像素点成为边界的概率越大,对于数值较小的元素则很难判断是否为边界。于是,又利用信息素矩阵元的不同数值进行递减排序,选取前10%、20%、30%、40%处的元素值作为阈值提取边缘进行实验,结果如图3所示。

由图3看出,图3(d)出现了大量伪边缘、细分化的现象,图3(a)和图3(b)包含边缘信息较少,部分细节被忽略,图3(c)边缘信息完全,效果较好。

一般来说,若图像中包含的边缘较多,可以选择一个较大的百分比,而对于一个包含边缘较少的图像只需要选择较小的百分比。

3 实验分析

选用两个低对比度的图像进行实验。图4是含噪音的夜间飞机图和血细胞图分别采用多种传统算法进行边缘提取的结果对比。实验中,图像尺寸为 128×128 ,蚂蚁总数为300,结果如图4所示。

从图4中可以看出,文中采用的蚁群边缘检测算法进行信息素矩阵叠加后,对两幅图像得到的信息素矩阵分别选取9.01%和17%处的元素值作为阈值,虽然边缘比较粗,但是对含一定噪音的图像提取边缘效果明显,边缘轮廓基本清晰,边缘连续。而传统的Canny算子、阈值和Prewitt算子对含噪音的图像进行边缘检测时,容易出现噪点,边缘细分化,特别是Canny算子进行边缘提取时产生了大量的伪边缘以及噪点。

4 结束语

将四种启发函数得到的信息素矩阵进行叠加,对其元素进行统计排序选取合适的阈值进行边缘提取,与传统的Prewitt算子、Ostu阈值、Canny算子相比,文中方法能够有效地提取含一定噪音的低对比度图像边缘。在计算过程中,信息素矩阵的参数是依靠经验来选择的,存在一定的随机性,如果能结合遗传算法进行选参,可以降低人为因素影响,计算结果将更加合理,

但同时也会增加计算的复杂性。

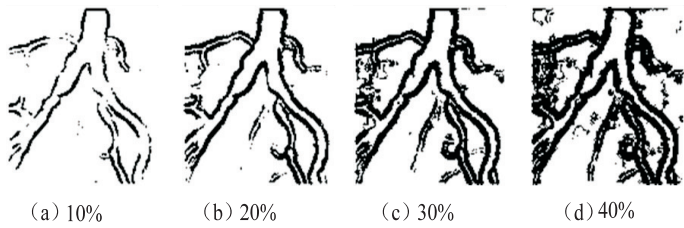


图3 阈值统计分析对比图

图像名称	原图	Canny算子	Ostu 阈值	Prewitt 算子	文中算法
含噪音的夜行飞机图					
含噪音的血细胞图					

图4 边缘检测实验结果

参考文献:

[1] Colomi A, Dorigo M, Maniezzo V, et al. Distributed Optimization by Ant Colonies[C]//Proceedings of the 1st European Conference on Artificial Life. Paris, France: [s. n.], 1991: 134-142.

[2] Dorigo M. Optimization, learning and natural algorithms[D]. Milano: Politecnico de Milano, 1992.

[3] Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. Ant system: optimization by

a colony of cooperating agents[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B, 1996, 26 (1): 29-41.

[4] 张纪会,徐心和. 一种新的进化算法-蚁群算法[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(3): 84-87.

[5] 李士勇. 蚁群算法及其应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.

[6] 周光华,冯象初. 蚁群算法在图像处理中的应用[EB/OL]. [2010-07-01]. <http://www.paper.edu.cn/>

[7] 高德威,陈天煌,刘朋. 蚁群算法在图像边缘检测上的应用研究[J]. 计算机与数字工程, 2009 (1): 131 - 134.

[8] 卢雪夫. 基于蚁群算法的图像边缘检测[D]. 成都: 电子科技大学, 2010.

[9] 解欢庆. 改进的蚁群算法在图像边缘检测中的应用研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.

[10] 何小娜,逢焕利. 基于二维直方图和改进蚁群聚类的图像分割[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(3): 128-131.

[11] 于勇,郭雷. 噪声图像中提取边缘的蚁群搜索算法[J]. 电子与信息学报, 2008, 30(6): 1271-1275.

(上接第179页)

4 结束语

与现有技术相比,本系统的有益效果是:助力转向功能效率高;能耗低,电机只在需要助力时工作;无污染,助力转向(EPS)系统的使用过程几乎不对环境造成污染;路感良好,系统可以根据车速情况和驾驶员的要求不断调整助力大小从而增强路感^[12];结构紧凑,系统易于安装布置;容易调整, EPS 可根据不同车型需求对 ECU 控制程序进行修改,从而简化开发时间和开发成本;增强了环境适应性,尤其是低温工作情况。

参考文献:

[1] 熊建桥,唐小琦,陈吉红. 基于模糊控制策略的 EPS 设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2007(34): 101-104.

[2] 江浩斌,唐斌,耿国庆. 无刷直流电机助力式 EPS 控制器设计与试验[J]. 汽车工程, 2011(11): 980-984.

[3] 唐爱民,赵武,谢刚,等. 汽车电动助力转向系统电控单元的研究[J]. 微计算机信息, 2008(14): 253-255.

[4] 王园园,唐岚. 基于 Freescale 的汽车电动助力转向控制器研究[J]. 拖拉机与农用运输车, 2011(5): 63-65.

[5] 王金归. 电动助力转向系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2006.

[6] Rogers K, Kimberly W. Turning Steering to Electric[J]. Automotive Engineer, 2000(2): 39-41.

[7] Murugan R, Nandakumar S, Mohiyadeen M S. DSP-based Electric Power Assisted Steering Using BLDC Motor[J]. Sadhana, 2008(5): 581-590.

[8] Noguchi A. Development of a Steering Angle and Sensor of Contact-type[J]. Furukawa Review, 2004(25): 36-41.

[9] 邱少锋,辜承林,唐小琦,等. EPS 无刷直流电动机控制系统研究与仿真分析[J]. 微特电机, 2006, 34(8): 8-10.

[10] 唐小琦,刘光启,李新华. 电动助力转向用无刷直流电动机控制系统的开发[J]. 机械电子, 2004(12): 22-25.

[11] 宋晓华. 基于 MSC1210 的汽车电动助力转向控制系统研究与开发[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2011.

[12] Kim H J. Control Logic for an Electric Power Steering System Using Assist Motor[J]. Mechatronics, 2002(12): 447-459.

蚁群算法在低对比度图像边缘检测中的应用

作者: [殷小莉](#), [黄晓彤](#), [郑晓霞](#), [雷建坤](#), [蒋慕蓉](#)
作者单位: [云南大学信息学院 计算机科学与工程系, 云南 昆明650091](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201305048.aspx