

# 蚁群算法在图像边缘提取中的研究

徐金龙, 陈明举, 吴明

(四川理工学院自动化与电子信息学院, 四川 自贡 643000)

**摘要:** 文章对蚁群算法在图像边缘的提取中进行研究, 对蚁群算法在图像边缘提取中采用蚂蚁访问不同邻域策略与不同的启发信息公式进行 MATLAB 仿真, 得到最佳的邻域策略与启发信息公式, 并利用得到的最佳方式对不同图像进行边缘的提取, 达到一定的效果。

**关键词:** 邻域策略; 启发信息; 蚁群算法; 图像边缘

**中图分类号:** TN911.73

**文献标识码:** A

## 引言

蚁群算法是受生物界中蚂蚁觅食行为启发而来, 生物界中的蚂蚁有能力在没有任何可见提示下找出从蚁穴到食物源的最短路径, 并且能够随环境的变化而变化地搜索新的路径, 产生新的选择<sup>[1]</sup>。蚂蚁之所以能够智能地觅食, 依靠的是一种相当简单的生理机制: 蚂蚁在其走过的路径上释放一种化学物质信息素 (pheromone), 信息素承载着路况信息, 蚂蚁在行进的过程中能够感知这种信息素的存在和其强度, 并指导自己的行进方向使蚂蚁倾向于向信息素强度高的方向移动。

在图像处理方面, 蚁群算法可以进行图像的特征提取、分割、边缘的检测、图像匹配以及图像分类。对于蚁群算法对图像进行边缘检测的研究比较少, 文献[6]利用蚁群算法对 canny 算子提取的边缘的间断点进行连接。文献[3-5]是直接利用蚁群算法进行图像边缘的检测。

## 1 蚁群算法在图像边缘检测的基本思想

蚁群算法的基本思想通过模仿蚂蚁在一个区域更新信息素的找到最短路径的方法来求解实际问题的最优化。对于数字图像的边缘提取, 该算法将待处理图像中的每一像素点看作节点构成二维图, 其信息素释放在蚂蚁行经的节点上<sup>[2]</sup>。初始状态时蚂蚁随机分布在像素点上, 然后根据其邻域像素点的信息素与梯度值, 以较大概率选择信息素分布多、梯度值高的像素点, 并增强经过的像素点的信息素。由于图像的边缘点梯度值高, 因此, 蚂蚁逐渐向边缘汇聚, 从而得到图像边缘。假

设有  $K$  只蚂蚁, 叠代次数为  $N$ , 图像的大小为  $M_1 \times M_2$ , 算法过程如下:

**初始化参数:**  $K$  只蚂蚁随即分布在  $M_1 \times M_2$  个像素上, 设置初始化信息素强度为  $\tau(0)$ ;

**节点转移方法:** 对迭代次数循环  $n = 1:N$ , 对每只蚂蚁循环  $k = 1:K$ , 每只蚂蚁通过节点转移概率矩阵  $p(n)$  与禁忌矩阵  $\text{tabu}(k)$  移动  $L$  步, 更新信息素矩阵  $\tau(n)$ 。

**通过阈值选择边缘:** 信息素矩阵  $\tau(N)$  与阈值比较确定图像的边缘。  $\text{tabu}(k)$  记录蚂蚁最近经历过的像素点, 避免蚂蚁重复经过走过的路径。

在蚁群算法进行边缘检测中, 有两个重要的步骤: 概率矩阵  $p(n)$  的确定与信息素矩阵  $\tau(n)$  的更新。

蚁群算法直接提取图像的边缘主要算法有: 最初的蚁群算法 (Ant System, AS), Gambardella & Dorigo 提出的 (The Ant Colony System, ACS)。两者算法的主要区别: AS 算法对每次迭代循环时才更新信息素矩阵, 根据转移概率矩阵的值选择路径; ACS 算法对每次迭代循环和每只蚂蚁移动一次对信息素矩阵都进行更新, 在选择路径时根据概率矩阵随即选择。然而 ACS 算法提取图像的主要边缘, 丢失图像很多的细节信息, 本文对 ACS 算法在图像边缘提取中的蚂蚁访问领域的选择与启发信息计算所涉及到的范围进行研究。

## 2 蚁群算法在图像边缘提取过程

蚁群算法对图像进行边缘检测, 首先把蚂蚁随机分在二维图像的像素上, 并建立初始化概率矩阵、信息素强度矩阵与启发信息矩阵。根据概率矩阵大小随即选

取移动方向,并更新概率矩阵与信息素强度矩阵,最后根据信息素强度确定图像边缘,具体步骤如下:

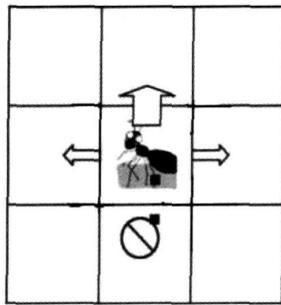
2.1 K只蚂蚁随即分布在  $M_1 \times M_2$  个像素上,设置初始吸引信息强度  $\tau(0)$ 、总共迭代次数 N

2.2 节点转移方法

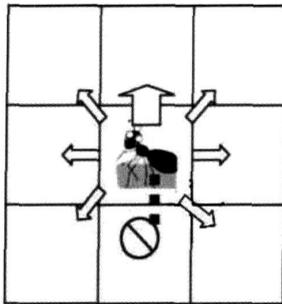
在第 n次迭代循环中,每只蚂蚁每运动一步,搜索的扩展点在其当前节点的邻域内根据转移概率矩阵随机选择。在蚂蚁搜索的每一节点,它能感知以下两种信息,一种是从当前节点到其邻域点的路径上分布的信息素;另外一种是每一路径所对应节点的梯度幅值构成的启发信息。在搜索过程中,蚂蚁根据各路径上的信息素及路径的启发信息来计算转移概率,像素点 (r s) 运动到像素点 (j j) 的转移概率定义为:

$$P_{(\tau s), (ij)}^{(n)} = \frac{(\tau_{ij}^{(n-1)})^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{(ij) \in \Omega} ((\tau_{ij}^{(n-1)})^\alpha) ((\eta_{ij})^\beta)} \quad (1)$$

其中  $\tau$  与  $\eta$  分别表示从节点 (r s) 到节点 (j j) 路径上的信息素与启发信息,  $\alpha$  与  $\beta$  分别为信息素与启发信息的控制因子。  $\Omega$  是允许移动的邻近区域,  $\Omega$  的取值范围可为  $4 \times 4$  或  $8 \times 8$  其中蚂蚁最近经过的 M 个像素点不允许访问,其像素坐标记录在禁忌矩阵  $\text{tabu}(k)$ , 蚂蚁访问邻近区域如图 1所示:



(a)



(b)

(a)  $4 \times 4$  邻域 (b)  $8 \times 8$  邻域

图 1 蚂蚁访问不同邻域

如前所述,从节点 (r s) 到其邻域节点 (j j) 路径上启发信息与节点 (j j) 的梯度幅值信息相关,同时,考虑到目标搜索过程的边缘曲线方向的连续性,本文的启发信息采用公式 (2)、(3) 两种定义,启发信息计算的像素点关系如图 2所示:

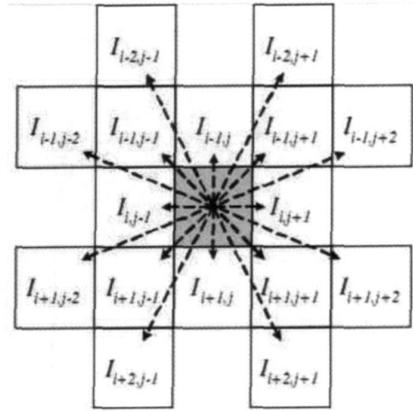


图 2 启发信息计算的关系图

$$\eta_{ij} = \frac{1}{I_{max}} \times Max \begin{bmatrix} |I(i-1, j-1) - I(i+1, j+1)| \\ |I(i-1, j+1) - I(i-1, j-1)| \\ |I(i, j-1) - I(i, j+1)| \\ |I(i-1, j) - I(i-1, j)| \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\eta_{ij} = \frac{1}{I_{max}} \times Max \begin{bmatrix} |I(i-2, j-1) - I(i+2, j+1)| \\ |I(i-2, j+1) - I(i+2, j-1)| \\ |I(i-1, j-2) - I(i+1, j+2)| \\ |I(i-1, j-1) - I(i+1, j+1)| \\ |I(i-1, j) - I(i-1, j)| \\ |I(i-1, j+1) - I(i-1, j-1)| \\ |I(i-1, j+2) - I(i-1, j-2)| \\ |I(i, j-1) - I(i, j+1)| \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.3 信息素更新

为了更好的描述蚂蚁访问过的路径,较好地保存了已访问路径的信息素,使得算法逐渐向真实边缘收敛,信息素矩阵  $\tau(n)$  的更新分两种情况。第一种情况是每只蚂蚁每移动一次,信息素更新一次,第 k 只蚂蚁访问像素点 (j j), 素点 (j j) 的信息素更新公式为

$$\tau_{ij}^{(n-1)} = (1 - \rho) \cdot \tau_{ij}^{(n-1)} + \rho \cdot \Delta_{ij}^k \quad (4)$$

$\rho$  为挥发因子,  $\Delta_{ij}^k$  表示第 k 只蚂蚁通过像素 (j j) 留下信息素的浓度。

第二种更新为每迭代循环一次 (所有的蚂蚁都移动 L 步) 更新一次信息素  $\tau(n)$ , 更新公式为

$$\tau(n) = (1 - \varphi) \cdot \tau(n-1) + \varphi \cdot \tau(0) \quad (5)$$

其中  $\varphi$  表示每次迭代循环信息素的衰变因子。

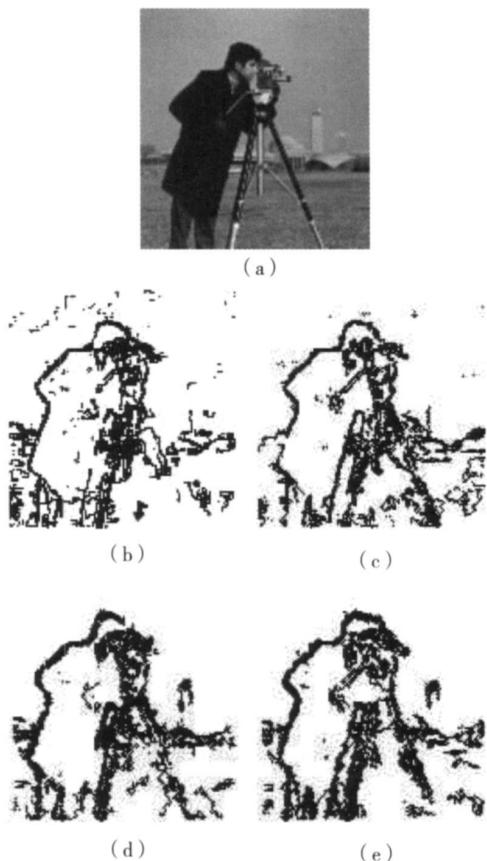
2.4 搜索中止条件

蚂蚁搜索的中止点是完成预定的 N 次迭代循环完成。要得到的边缘图像是二值图像,根据像素点的信息素  $p(i j)$  与阈值  $T_0$  比较判断是否是边缘点。阈值  $T_0$  的选取可以选取所有像素点的信息素的平均值 T 乘上系数  $\gamma$  即  $T_0 = \gamma \times T$ 。

3 实验仿真

本文群蚁算法选取参数,实验图像采用大小为 128

$\times 128$ 的灰度图像, 蚂蚁的只数  $K = \lfloor \sqrt{128 \times 128} \rfloor$ , 初始信息强度为  $\tau(0) = 0.0001$ ,  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0.1$ , 挥发因子  $\rho = 0.1$ , 迭代次数  $N = 3$ , 每次迭代每只蚂蚁移动次数  $L = 40$ , 每次迭代的衰变因子  $\varphi = 0.4$ , 实现对 'camera' 选取不同的访问领域策略与不同启发信息进行实验, 如图 3所示:



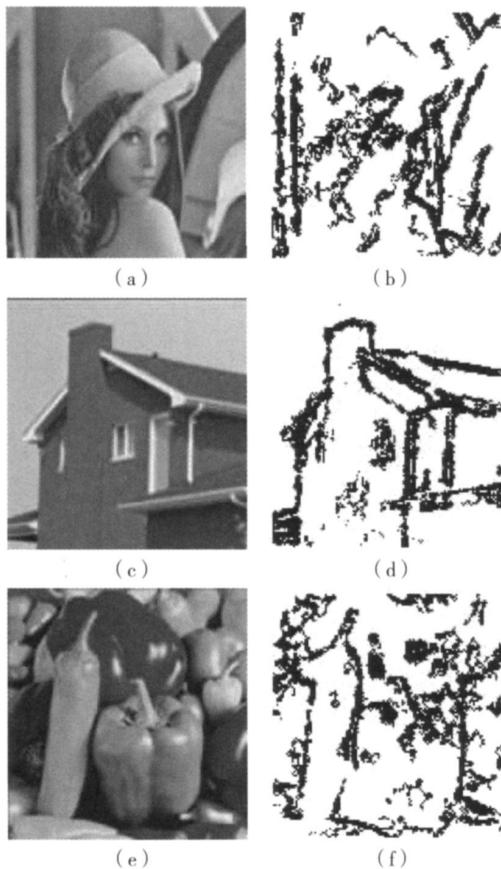
(a)原始图像; (b)  $4 \times 4$ 邻域与公式 (2)提取的边缘; (c)  $4 \times 4$ 邻域与公式 (3)提取的边缘; (d)  $8 \times 8$ 邻域与公式 (2)提取的边缘; (e)  $8 \times 8$ 邻域与公式 (3)提取的边缘。

图 3 蚂蚁访问不同邻域与不同启发信息提取的图像边缘

由图 3可知蚁群算法采用  $8 \times 8$ 邻域访问策略与启发信息公式 (2)检测的图像边缘较好。在接下的图像测试中, 采用  $8 \times 8$ 邻域与公式 (2)对不同的图像进行边缘检测, 得到的图像如图 4

#### 4 结 论

蚁群算法是近段时间新兴的算法, 其在图像中的应用中的研究很少。本文采用 ACS 蚁群算法对图像进行边缘的提取, 算法中对每次迭代循环和每只蚂蚁移动一次都进行信息素更新, 在选择路径时根据概率矩阵随即选择。用 matlab进行仿真, 实现了图像边缘的提取, 虽然提取的效果有限, 但对蚁群算法在图像中边缘提取的进一步研究有很好的指导作用。



(a)、(c)、(e)原始图像; (b)、(d)、(f)提取的边缘图像  
图 4 不同的图像进行实验

#### 参 考 文 献:

- [ 1 ] Marco Dorigo, Christian Blum. Ant colony optimization theory: A survey[ J]. Theoretical Computer Science, 2005, 344 Issues 2-3(17): 243-278
- [ 2 ] Costa D, Hertz A. Ants can colour graphs[ J]. Journal of the operational research society, 1997, 48: 295-305
- [ 3 ] Nezam abadi-Pour H, Sayyazdi S, Rashedi E. Edge detection using ant algorithms[ J]. Soft Computing, 2006 (5), 10: 623-628
- [ 4 ] Tian Jing, Yu Wei, Xie Shengli. An Ant Colony Optimization Algorithm For Image Edge Detection[ C]. 2008 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2008). 751-756
- [ 5 ] 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
- [ 6 ] Lu D S, Chen C C. Edge detection improvement by ant colony optimization[ J]. Pattern Recognition Letters, 2008, 29: 416-425

(下转第 215 页)

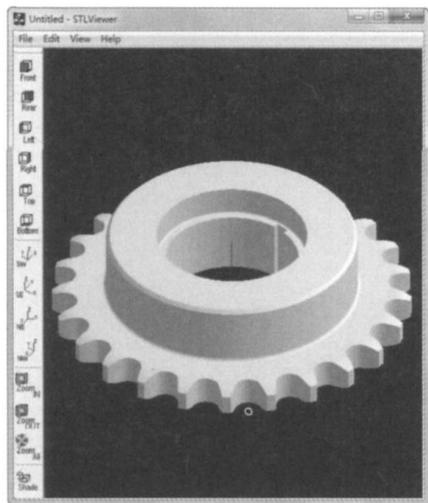


图 3 模型显示结果

理三维模型数据的弊端。本文给出了一种在 SQL Server 数据库中存取三维模型的方法, 并验证了其有效性。基于该方法可进一步设计更加完善的模型管理系统。另外, 利用相同的方法还可以在数据库中存取模型的纹理文件, 通过纹理贴图技术提高模型的真实感。

## 参考文献:

- [1] 褚彦军, 康凤举, 高立娥, 等. 视景仿真的三维模型库管理系统的研究与开发 [J]. 计算机仿真, 2004, 21(5): 174-176
- [2] 赵韩, 曾文莹, 黄方毅, 等. 基于 Web 的三维模型库系统的研究与开发 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2005, 28(11): 1384-1388.
- [3] 周松涛. 基于关系数据库的三维模型库技术 [J]. 测绘信息与工程, 2005, 30(6): 30-31.
- [4] 宫法明, 李海生, 杨钦, 等. 基于 OpenGL 的 STL 文件浏览器的设计与实现 [J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(6): 116-117.
- [5] 李涛, 刘凯奎, 王永皎. Visual C++ + SQL Server 数据库开发与实例 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006
- [6] Microsoft Corporation. How To Access and Modify SQL Server BLOB Data by Using the ADO Stream Object [DB/OL]. (2004-6-15) [2009-12-23]. <http://support.microsoft.com/kb/258038/en-us>
- [7] 李保杰, 马明栋. OpenGL 实现三维可视化工作流程 [J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2005, 18(3): 54-58

## Research and Implementation of 3D Model Access Based on SQL Server Database

HU Feng-kai, ZHAO Gang, CHENG Xu

(School of Electronics and Information Engineering, Sichuan University of China, Chengdu 610064, China)

**Abstract** How to manage the 3D models effectively is an important problem in the 3D graphics applications. It used to store and manage the models with database and file systems, but the data completeness and security is poor. Instead, accessing models in the database can totally resolve these problems. A method is proposed to access 3D models in the database, which stores the STL file in SQL Server database as BLOB, accessing to the database via ADO, reading and exporting the model file by using Stream object. The validity of the method is verified by reading and visualising the model.

**Key words** SQL Server databases; 3D model; STL; ADO

(上接第 211 页)

## Research on Ant Colony Algorithm for Image Edge Detection

XU Jin-long, CHEN Ming-ju, HAO Ming

(School of Automation and Electronic Information, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

**Abstract** The Ant Colony Optimization (ACO) to detect the image edge is researched in this paper. Different neighborhood and heuristic matrix to get the image edge are proposed in the algorithm. According to the simulation with MATLAB, how to get the optimal neighborhood and heuristic's method in this algorithm is obtained. Detecting different image edge is also received by the optimal method.

**Key words** neighborhood; heuristic information; Ant Colony Optimization; image edge