

基于元胞自动机的图像边缘检测新方法

辜萍萍 董槐林 姜青山

(厦门大学 软件学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 具有自组织性并行行为的元胞自动机模型已逐步应用于图像处理领域。在已有的基于元胞自动机的图像处理算法基础上, 结合元胞自动机和图像边缘的种种特征, 提出了一种新的适用于图像边缘检测的元胞自动机模型。实验证明, 新模型更加有效地勾勒出图像细节边缘。同时, 该模型也适用于高分辨率遥感图像中小目标的边缘检测和提取。

关键词: 元胞自动机, 边缘检测, 高分辨率遥感, 目标识别

中图分类号: TP31 文献标识码: A 文章编号: 1000-7180(2006)S0-0162-03

New Algorithm for Edge Detection Based on Cellular Automata

GU Ping-ping, DOGN Huai-lin, JIANG Qing-shan

(School of Software, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Cellular Automata with self-organizing and parallel evolution has been used in image processing gradually. Considered the existing situation, a new algorithm for edge detection of image based on cellular Automata is proposed. The results have shown that the new CA model works well which can detect edges effectively, especially for the slender edges. And also this model can be used on SAR images.

Key words: Cellular automata, Edge detection, High spatial resolution remote sensing, Target recognition

1 引言

边缘检测在图像处理与计算机视觉中占有特殊的位置, 它是底层视觉处理中最重要的一环之一, 提取的边缘有助于识别特定的物体、测量物体面积及周长等。传统的边缘检测算法大都是基于微分算子和模板匹配, 这类算法往往需要根据图像各局部的灰度变化特征挑选合适的算子, 匹配模板的过程同样太过繁琐。随着小波研究的深入, 越来越多的线性滤波方法应用于边缘检测, 例如经典的Canny最优边缘检测算子, 但是该类算法存在滤波尺度的选择问题。

我们希望新算法能快速有效地检测并提取图像边缘, 尤其是对微弱的细节边缘能准确定位而非忽略不计, 同时算法的执行过程应该是快速简单地自动完成而不是在过程中手动调整参数而后依赖执行效果选定其值。

元胞自动机 CA (Cellular Automata)^[4]这一以自组织自适应的并行演化特征著称的全离散动力学

模型已被广泛应用于各领域的时空动态变化建模。例如在计算机科学中, 元胞自动机可以被看作是并行计算机而用于并行计算的研究。近几十年, 二维CA逐步被应用于图像处理和模式识别中。例如, 利用CA特性检测超声波图像中的滤泡体、灰度图像的区域分割及信息提取等。文献[2]初步提出了一种图像边缘检测的CA模型, 但是该模型仅考虑了边缘的方向性特征且需要人为调整阈值参数, 因此对实际边缘的检测率并不高。

结合CA模型自身以及图像边缘特点, 我们提出了一种基于边缘方向性和有序性的且自动获取参数的边缘检测CA模型。该模型不仅适用于普通灰度图像的边缘检测, 对高分辨率遥感图像中的小目标也能较准确地提取细节轮廓, 从而提高图像后序操作的准确率。

2 元胞自动机

元胞自动机是一种空间、时间、状态都离散, 物量参量只取有限数值的理想化物理系统模型。公式化表示为 $G=(S, N, R)$, 其中: G 为系统状态 (Global

收稿日期: 2006-04-28

基金项目: 厦门大学 985 二期信息创新平台项目

States); S 为元胞状态 (Cellular States); N 为邻居关系 (Neighborhood); R 为演化规则 (Evolution Rules)。每个目标元胞及其邻居的当前状态在规则函数作用下产生下一时刻的新状态。

把二维方形元胞自动机应用到图像处理方面, 可以充分发挥其特点以使其对图像的高维像素进行高效模拟。

3 基于 CA 的边缘检测新模型

要建立图像处理的 CA 仿真模型, 关键要确定两个要素: 分别是第一代初始状态和演化规则。我们将从图像中提取与边缘相关的信息作为模型初始值映射到元胞空间, 然后依据元胞邻居关系和图像边缘特点制定规则。演化停止时的状态就是边缘检测的最终结果。

3.1 模型原理

有效的图像边缘点除了灰度突变的显著特征之外, 与非边缘点的最大区别在于边缘点具有方向性和有序性两大特点^[3]。

3.1.1 方向信息测度及其改进

基于方向性的方向信息测度已经被广泛用来作为判别是否为边缘点的依据之一。各像素的方向信息测度组成了图像的方向信息测度矩阵 M, 像素点 (i, j) 的信息测度 $M_{i,j}$ 定义为:

$$M_{i,j} = d_{\max} - d_{\min} : d_{\max} = \max_{0^{\circ} \sim 180^{\circ}} (d), d_{\min} = \min_{0^{\circ} \sim 180^{\circ}} (d)$$

$$d = |f_{s1} - f_{s2}|, f_{s1} = \sum_{(i,j) \in S_1} a_{i,j}, f_{s2} = \sum_{(i,j) \in S_2} a_{i,j}$$

新模型中, 我们在直线分割的基础上增加曲线分割。如图 1 所示, 曲线的夹角取值范围为 {90°, 135°}。结合直线与曲线两种分割方法计算信息测度主要是针对图像中细微边缘的检测与提取。

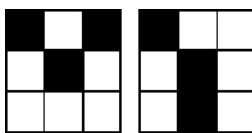


图1 曲线分割变化类型

3.1.2 基于直方图拟合的阈值设置

信息测度矩阵提供的信息就是图像各像素点具有边缘方向性的程度, 程度高的判定为准边缘点, 即初始状态中的边缘点。新模型中采用直方图拟合的方法自动确定判定阈值。通过大量实验发现, 图像的“灰度-信息测度”直方图曲线近似高斯分布的右半侧, 如图 2 所示。因此采用高斯拟合方

法^[4]对曲线拟合, 之后取期望与标准差之和为判定阈值, 即 $\mu_M + \sigma_M$

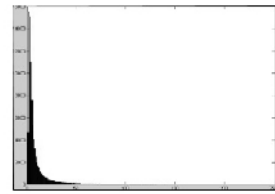


图2 “灰度-信息测度”直方图

3.1.3 边缘有序性度量

边缘点是两个不同区域的边界点, 有一定连续性和宽度, 因此, 边缘的有序性度量^[5]也可作为判断邻域内是否存在边缘的标准之一。模型考虑其两个参量衡量边缘的有序性。

3.2 模型构建

构建图像边缘检测与提取的元胞自动机模型如下:

(1) 元胞空间: 把原图像的像素坐标直接映射到元胞空间上, 每一像素对应一个元胞, 即元胞空间大小形状与图像完全吻合。

(2) 状态集: 赋予“是”与“否”两个状态, 分别代表边缘点和非边缘点。

(3) 初始状态: 在计算图像的信息测度矩阵和高斯拟合“灰度-信息测度”直方图之后根据判定阈值而求得: 像素灰度大于等于阈值的, 赋予状态“是”, 反之, 赋予状态“否”。

(4) 演化规则: 目标是既要剔除孤立点边缘又要连接断裂开的边缘, 给定以下两条规则:

当元胞状态为“是”: 若邻域内状态为“是”的邻居个数为 1 且邻域边缘有序性不够大, 或者当邻域内状态为“是”的邻居个数为 0 时, 那么元胞在下一时刻的状态为“否”; 否则, 状态不变。

当元胞状态为“否”: 若元胞状态转为“是”之后, 邻域内存在过中心的直线边缘且该邻域内边缘有序性足够大时, 那么元胞在下一时刻的状态为“是”。否则, 状态不变。

(5) 终止条件: 当各元胞都不再改变自身状态后, 演化终止。

4 实验结果及其分析

将模型应用于普通灰度图像和高分辨率遥感图像上, 与前人的 CA 检测模型以及 Matlab 中自带的算法效果相比, 检测率有所提高。图 3 所示为新模型与其他算法在彩色遥感图像上的结果对比。

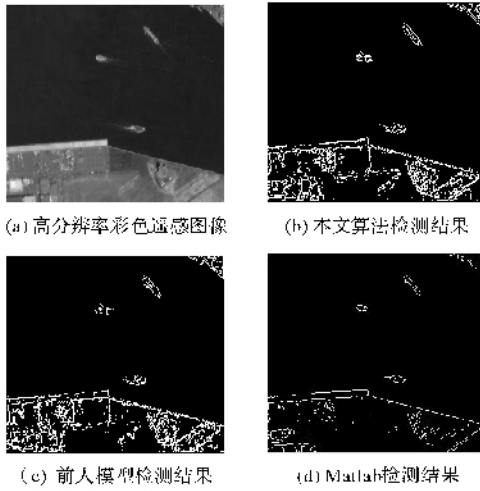


图3 边缘检测与提取结果对比

本文算法最突出的特点是对细节边缘的检测比较完整。图中船只及其尾迹的边缘基本勾勒出来,能看清尾迹的条纹数目,这对于提取舰船类型等有价值的信息也有一定帮助。

从算法执行速度来看,由于元胞自动机具有并行性演化特征,因此基于CA的检测算法比传统算法更具优势。

5 结束语

本文在前人的CA模型基础上,综合图像边缘特征与CA原理,提出一种新的图像边缘检测方法。试验中,同时对普通灰度图像和预处理后的高分辨

(上接第161页)

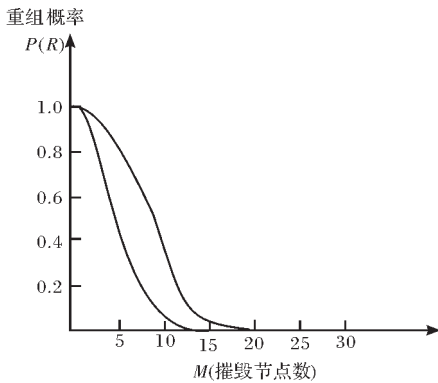


图4 采用重组算法的仿真结果和原网络重组概率的比较

5 结束语

文中提出的当网络的节点失效时,基于作战指挥原则的网络组织重组的方法,不仅适用于战术互联网内的网络重组,而且当节点由于移动而超出原

率彩色遥感图像进行边缘检测及提取,相对于已有的CA模型和Matlab工具箱中自带的算法,新算法提高了检测率,从而有助于目标识别和信息提取。但是,对于彩色图像的灰度化预处理势必影响边缘的准确定位和最终检测效果,因此,如何建立针对彩色图像处理的元胞自动机模型将是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] Bastien Chopard, Michel Droz. Cellular automata modeling of physical system [J]. Cambridge University Press, UK, 2003
- [2] Chun-Ling Chang, Yun-Jif Zhang, Yun-Yin Gdong. Cellular automata for edge detection of images [J]. Proceedings of the Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai, August 2004: 26~29
- [3] 杨焯,梁德群. 基于方向信息的多尺度边缘检测方法[J]. 西安电子科技大学学报, 1997, 24(4)
- [4] 张韵华,奚梅成,陈长松. 数值计算方法和算法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [5] 裴继红,杨焯,谢维信. 基于边缘有序性模糊度量的多尺度边缘检测方法[J]. 通信学报, 1999, 20(增刊)

作者简介:

辜萍萍 女, (1982-), 硕士研究生。研究方向为软件工程、数据挖掘以及遥感信息处理。

有的通信通信范围时,也可以通过组织重组使其与其它节点建立越级或转隶连接,从而最大限度地保证网络的连通性。

参考文献:

- [1] 郑爱民,崔灿,刘福杰. 实用化的战术互联网管理方案及技术[J]. 西安电子科技大学学报, 2002, 21(3): 59~63
- [2] 王晓凯, 候朝桢. 战术互联网的无线通信网络模型及管理策略[J]. 计算机工程, 2003, 29(15): 75~77
- [3] 冯永新,王光兴. 网络管理中用于实现网络重组的算法的研究与实现 [J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(10): 1194~1198

作者简介:

刘鑫昌 男, (1979-), 硕士研究生。研究方向为多媒体技术、计算机网络技术。

朱丽洁 女, (1983-), 硕士研究生。研究方向为多媒体技术。慕晓冬 教授。研究方向多媒体技术、计算机网络技术。