

一种改进的模糊连接度图像分割方法

An Improved Fuzzy Connectedness method for Image segmentation

(华中科技大学数字化工程与仿真中心) 于 龙 王 乘 李利军 袁晓辉

YU LONG WANG CHENG LI LIJUN YUAN XIAOHUI

摘要:本文对模糊连接度的理论框架进行了扩展,在框架内引入了图论中的有向图和森林等概念。把图像定义为一个有向图,有向图的结点是图像的像素点,有向图的弧是相邻像素的边,树的根结点是人工给出的种子点,所有像素点到种子点的模糊连接路径组成了模糊连接森林,模糊连接森林给出了图像的分割。实验结果表明本文方法比相对模糊连接度方法得到更好的结果。

关键词:模糊连接度; Dial 算法; 图像分割

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Abstract: This paper presents an improved fuzzy connectedness method for image segmentation. The concepts in graph theory such as tree, forest are introduced. The union of fuzzy connected path make up of fuzzy connected forest. Examples show that the improved method gives good results for image segmentation.

Key words: Fuzzy Connectedness, Dial's algorithm, Image segmentation

技术创新

1 引言

图像分割是多数计算机图像的应用基础。图像分割已经有四十多年的研究历史,已经提出了很多理论来解决这一问题,模糊连接度方法是其中之一。模糊连接度的理论框架是 Udupa 等人于 1996 年提出的,此后一些模糊连接度的扩展概念相继被提出,如基于尺度的模糊连接,相对模糊连接等。现有模糊连接度方法及扩展方法的一个缺陷是分割结果中容易出现空洞。为此本文提出一个新的扩展概念—森林化模糊连接。基本思想是:在模糊连接度的理论框架内引入了图论中的有向图和森林等概念,把图像定义为一个有向图,有向图的结点是图像的像素点,有向图的弧是相邻像素的边,弧长定义为亲和度,在有向图中给出一些种子点,通过某种求有向图各点到种子点最短路径的算法,我们可以得到有向图的一个森林—模糊连接森林,通过模糊连接森林给出图像的分割结果。

2 森林化模糊连接度的概念

2.1 模糊邻近关系,模糊度

若 Z 上的模糊关系 α 是自反的、对称的,则称为模糊邻近关系。它描述了两个空间元素的位置邻近关系,一般要求 α 的隶属函数 $\mu_\alpha(c, d)$ ($c, d \in Z^n$) 是 c, d 之间距离的递减函数。 (Z^n, α) 被称为模糊数字空间。下式为四邻接的模糊邻近关系

$$\mu_\alpha(c, d) = \begin{cases} 1, & \text{若 } c = d \text{ 或 } \|c - d\| \leq 1, \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

模糊场是模糊数字空间 (Z^n, α) 上的一个数对 $f = (C, f)$, C 是模糊场的定义域, f 是定义在 C 上的函数。该函数反映了空间元素的某种属性,如图像上像素点的亮度值或颜色属性等。

2.2 图像模糊亲和度

若一个模糊关系 κ 是自反的和对称的,则可称其为模糊亲和度。

$\mu_\kappa(c, d)$ 的基本形式为:

$$\mu_\kappa(c, d) = \mu_\alpha(c, d) g(\mu_\nu(c, d), \mu_\rho(c, d)) \quad (2)$$

其中 $\mu_\nu(c, d)$ 分量表示基于均匀性的亲和度, $\mu_\rho(c, d)$ 分量物体特征的亲和度。本文取 $\mu_\kappa(c, d)$ 函数为:

$$\mu_\kappa(c, d) = \mu_\alpha \sqrt{\mu_\nu \mu_\rho} \quad (3)$$

基于尺度的和用于彩色图像的 μ_ν 和 μ_ρ 的具体形式参见文献。

2.3 路径,路径连接度,模糊连接度,模糊连接路径

模糊场 I 的一条路径 p_{cd} 是指从 c 到 d 的空间元素序列

$\langle c_1, c_2, \dots, c_q \rangle$ $q \geq 2$ 其中 $c_1 = c, c_q = d$ 。所有从元素 c 到元素 d 的路径集合为 P_{cd} 。模糊场所有路径的集合为 P_c 。

模糊场的路径连接度是集合 P_c 的模糊子集的隶属函数,定义如下。对任意路径 $p_{cd} = \langle c = c_1, c_2, \dots, c_q = d \rangle \in P_c$, 定义路径 p_{cd} 的隶属函数为:

$$\mu_{N_\kappa}(p_{cd}) = \min_{1 \leq i < j \leq q} [\mu_\kappa(c_i, c_{j+1})] \quad (4)$$

由上式可以看出任一路径的连接度是路径中最弱的链接的亲和度。

模糊场 I 的模糊连接度 K 是定义于 C 上的模糊关系,定义如下。对所有的 $c, d \in C$

$$\mu_K(c, d) = \max_{p_{cd} \in P_{cd}} [\mu_{N_\kappa}(p_{cd})] \quad (5)$$

由上式可见,模糊连接度是所有路径连接度中最大的。

本文提出模糊连接路径的概念。我们称一条路径为从 c 到 d 的模糊连接路径,表示为 p_{cd}^K ,如果对于任意另外一条路径 $p'_{cd} \in P_{cd}$ 都有 $\mu_{N_\kappa}(p_{cd}^K) \geq \mu_{N_\kappa}(p'_{cd})$ 。显然模糊连接路径的路径连接度就是模糊连接度,即

$$\mu_K(c, d) = \mu_{N_\kappa}(p_{cd}^K) \quad (6)$$

2.4 生成林,模糊连接森林

于 龙: 博士生

基金项目: 国家自然科学基金(50539140)

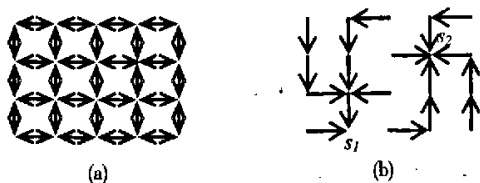


图1 (a)一个4×5图像的有向图。(b)由a图生成的一个有2棵树的生成林,根结点分别为 s_1 和 s_2 。

现在引入图论中有向图的概念。我们把一个图像看成一个有向图,有向图的结点是图像的像素点,有向图的弧是相邻像素的边。例如图1a是一个4×5的图像转换成的有向图。

父结点映射图是一个函数 P ,它为 V 中的每一个像素 t 映射到一个父结点像素 $P(t)$,当 t 已经为根结点时 P 指向一个不在 V 中的元素 nil 。所谓生成林 P 是一个无环的父结点映射图,任意像素点在有限的迭代步骤内,都最终映射到 nil (根结点的父结点为空值)。(参见图1b)

根结点标识映射 L 是一个函数,把 C 内每一个元素 c 映射到一个生成林的根结点 s 。

模糊连接森林:如果一个生成林中所有结点与其根结点的路径都是模糊连接路径,那么我们称这个生成林是模糊连接森林。

对于给定的模糊场、亲和度和种子点集合,模糊连接森林可以通过第3节中的算法求出。

3 森林化模糊连接度算法

在这一节中我们给出一个森林化模糊连接度算法(简称FFC算法),可以计算给定模糊场 $I=(C, f)$ 的模糊连接森林。算法本质上是对计算最短路径树的dial算法的修改,使得算法能够按模糊连接度来计算路径长度。

森林化模糊连接度算法FFC。输入:模糊场 $I=(C, f)$,亲和度 κ ,种子点集合 $S=\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$;输出:模糊连接森林 P ,根结点标识映射 L ;辅助结构:先入先出队列 Q

```

0for each  $s_i \in S$  do (1-2)
1set  $f_{KS}(c) = -1$ ,  $P(c) = -1$ ,  $L(c) = -1$  for all  $c \in C$ ;
set  $f_{KS}(s_i) = 1$ ,  $P(s_i) = -1$ ,  $L(s_i) = i$  for all  $s_i \in S$ ;
2push all  $s_i \in S$  to  $Q$ ;
3While  $Q$  is not empty do (4-10)
4Remove a spel  $c$  from  $Q$  for which  $f_{KS}(x)$  is maximal;
5For each spel  $d$  such that  $\mu_r(c, d) > 0$  do (6-10)
6Set  $f_{min} = \min(f_{KS}(c), \mu_r(c, d))$ ;
7if  $f_{min} > f_{KS}(d)$  then
8If  $d$  is already in  $Q$  then Update the location of  $d$  in  $Q$ ;
9else push  $d$  to  $Q$ ;
10Set  $f_{KS}(d) = f_{min}$ ; Set  $P(d) = P(c)$ ; set  $L(d) = L(c)$ ;

```

4 算例

我们在开源软件 Insight Toolkit(ITK)的基础上编制了本文算法程序。ITK中含有文献中的算法代码(相对模糊连接度算法简称RFC)。下面的例子中主要将本文FFC算法的分割结果与文献中RFC算法的分割结果做了比较。

例一,测试和对比了RFC算法与本文FFC算法分割虚拟人彩色图像的分割效果。测试图像是来自“虚拟中国人女性一

号”彩色图像,见图2a,分割对象是肾部图像。选取的种子点如图2b,在肾内部和外部用鼠标随意选取种子点,随着鼠标的每个选取动作,计算机屏幕上实时给出分割结果做为反馈,以便进一步选取种子点或结束分割。RFC的分割结果如图2c,分割结果中有较多的孔洞和奇异点。FFC的分割结果比较理想如图2d所示。

与例一类似,例二对虚拟人腿骨的分割进一步验证了FFC算法优于RFC。如图3a-3d所示。



图2 例一 (a)分割对象是图像中间颜色较深的肾部 (b)在肾的内外分别随意选取的种子点 (c) RFC的分割结果 (d) FFC的分割结果



图3 例二 (a)分割对象是图像中上部白色骨髓所围住的骨 (b)在骨内外随意选取的种子点 (c) RFC的分割结果 (d) FFC的分割结果

5 结论

本文为模糊连接度理论框架增加了新的扩展—森林化模糊连接度,并给出了算法。分割实例表明本文的算法FFC的分割结果优于RFC,解决了原模糊连接度方法分割结果有孔洞的问题。进一步的工作可以是探索模糊连接森林的更多性质和优化算法。

本文作者创新点:本文针对模糊连接度分割方法容易出现孔洞的缺点,对模糊连接度的理论框架提出了一个新的扩展概念—模糊连接森林概念,提出一个新的算法—森林化模糊连接度方法,为国内外首创。

参考文献

- [1]王成儒,倪永婧,基于精度依据准则的图像分割算法评价[J]微计算机信息,2006,(13): 248-250.
- [2]J. K. Udupa, S. Samarasekera, Fuzzy connectedness and object definition: theory, algorithms, and applications in image segmentation [J], Graphical Models and Image Processing, 1996, (58): 246-261.
- [3]Y. Zhuge, J. K. Udupa, P. K. Saha, Vectorial scale-based fuzzy-connected image segmentation[J], Computer Vision and Image Understanding, 2006,(101): 177-193.
- [4]R. B. Dial, Shortest-Path Forest with Topological Ordering[J], Comm. ACM, 1969,(12): 632-633.

作者简介:于龙(1972-),男(汉族),黑龙江人,博士生,研究方向:系统分析与集成;王乘,博士生导师,教授;李利军,副教授;袁晓辉,副教授。

Biography:Yu Long (1972-), male (Han), Heilongjiang Province, doctor's degree, research direction: System Analysis and Integration . (430074 武汉 华中科技大学数字化工程与仿真中心) 于龙 王秉 李利军 袁晓辉

(Digital Engineering & Simulation Center of Huazhong Univ. of Sci.&Tech., Wuhan,430074)Yu Long Wang Cheng Li Lijun Yuan XiaoHui

通讯地址:(430074 武汉 华中科技大学数字化工程与仿真中心)于龙 (收稿日期:2007.7.03)(修稿日期:2007.8.05)

(上接第9页)

角色	概念级任务	项目计划	开发完成	发布
产品经理	编写需求性描述文档	参与概念设计	管理客户期望	协调资源测试与产品发布
程序员 (项目经理)	开发 设计目标 开发 成功要素 开发 风险控制 建立解决方案概念	参与概念设计 用需求性描述文档 设计 为下一阶段建立计划与建设安排 提交交付物	管理规格说明 跟踪项目 沟通项目状态 准备开发测试计划 协调可用性测试	跟踪项目状态 协调发布 规格
开发 (每个开发小组)	考虑其他要素	技术评价 参与物理设计 开发单元测试或实现 现原型 估计任务并确定程度	开发产品原型、演示、和最终原型 创建内部原型 优化代码 支持可用性测试	跟踪修正 调整文档工作 (将规格说明与设计文档并 级连产品当前的发布水平)
用户教育 (技术支持组)	建立 系统运行的策略 建立 概念设计的策略 建立 用户培训的策略	评价系统运行的设计 计划和安排文档和 在线交付工作	创建和跟踪文档、 图形和逻辑材料 参与可用性测试	文档 训练 管理执行系统的 系统
测试 (测试小组成员)	评价需求性描述与规格 一致性	评测设计 为下一阶段做测试计划与开发进度 评价下一阶段的测试计划与开发进度	执行测试并报告结果 校验原型修正 参与可用性测试 根据程度更新被测试的执行策略	跟踪测试 发布与最终规格 发布规格 执行配置测试
所有成员	风险定义	更新风险 清单	更新风险 清单	更新风险 清单

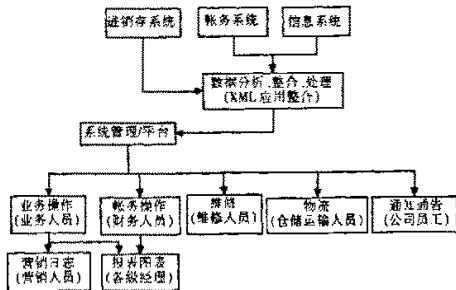
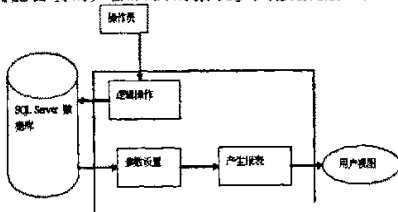


图4 模块划分

- * 销售月、年报图表:以棒图或饼图的形式显示各种查询的销售。
- * 实时库存和历史库存:历史库存需要人工结转或设定时间进行结转。
- * 零售点销售日报:针对直属所有零售点的销售日报汇总。
- * 销售毛利表:提供各种方式的查询。
- * 各类盘点表:含盖库存盘点、资金盘点,按照盘点的结果和实际的情况对比。
- * 调拨统计表:统计各个仓库间的调拨、各个点之间的调拨。
- * 各类结转表:按照公司规定的会计期间进行结转,保存所得的结果记录。

开发这些功能时,为了能够使功能复用,必须开发一个报表生成组件。这样即使对于不同类型的报表,只要其输入报表的结构(即是从数据库中读出数据对应的字段名),应用这个报表生成组件就能自动的产生所要的报表。其数据流如下:



操作员给出操作的类型,组件中的逻辑操作部分进行处理,并从数据库中取出相应的数据,转到参数设置部分,最后把所有的数据流交给产生报表部分,得出用户所需要的报表。

5 总结

现在软件开发在我国的上势头仍然凶猛,也出现了许多大大小小的软件公司。但是其中能把企业资源管理、ERP、供应链管理或协同电子商务做成功的很少,因为在这方面起步的晚,没有欧美企业一样具有许多开发经历,也就需要研究许多适合自己的解决方案。MSF 这种解决方案框架具有较好的应用前景,适用于中大型企业信息系统的开发。

本文作者的创新点:运用微软解决方案框架 MSF 和构件设计的一些原理,并且使用了当前比较流行的一些开发模式和软件工程技术,如 MVC 结构,制定解决方案架构等来解决企业资源管理软件开发难题。

参考文献

- [1]麦中凡,陶伟. 微软软件开发解决方案框架 第2版.北京航空航天大学出版社.
- [2]Marcus Fontoura, Wolfgang Pree, Bernhard Rumpe: The UML Profile for Framework Architectures.
- [3]Douglas C.Schmidt: Inside Patterns. 03.02.2000.
- [4]Joshua Kerievsky, Industrial Logic, Inc: A Learning Guide To Design Patterns. February, 2000.
- [5]Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides: Design Patterns.
- [6]Simon Robinson, K.Scott Allen 著,杨浩,杨铁男 译, C# 高级编程.清华大学出版社.
- [7]夏晖、董平等,基于.NET 框架的设备管理系统的设计与实现,《微计算机信息》,2006.8-3 110-111

作者简介:江耘(1970-),女,汉,讲师/硕士,江西南昌大学信息工程学院,主要研究方向:虚拟现实,信息安全;谢军,女(1972-),讲师/硕士,研究方向:城市仿真;黄水源,男(1979-)讲师/硕士,研究方向:数据库;段隆振(1962-),男(汉)教授/硕导,研究方向:数据挖掘等。

Biography:Jiang Yun(1970-),female, College of Electronics and Information, nanchang University, master, engaging in manufacturing informatization.

(330031 江西南昌 南昌大学信息工程学院)江耘 谢军 黄水源 段隆振

通讯地址:(330031 江西省 南昌市红谷滩新区学府大道 999 号南昌大学计算中心)黄水源

(收稿日期:2007.8.03)(修稿日期:2007.9.05)