

基于改进的数学形态学的 OCT 图像快速边缘提取算法

张博闻¹ 田小林¹ 孙延奎²

(澳门科技大学 澳门 999078)¹ (清华大学 北京 100084)²

摘 要 提出了一种基于形态学的 OCT 图像的边缘检测方法,即对原始图像预处理,增加图像的对比度和边缘特性,使用形态学腐蚀和膨胀两个基本算子进行,选取了合适的结构元素,最后采用 canny 算法提取边缘。实验结果表明,经过改进的数学形态学方法处理的图像边缘特性的提取效果显著增强,且效率高、处理速度快。与经典的边缘检测算子和传统形态学边缘检测算法相比,该算法优势更加明显,边缘提取质量显著提高,且速度有显著提升。

关键词 数学形态学,多结构元素,边缘提取

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Based on the Improved Mathematical Morphology OCT Image Quick Edge Detection Algorithm

ZHANG Bo-wen¹ TIAN Xiao-lin¹ SUN Yan-kui²

(Macau University of Science and Technology, Macau 999078, China)¹

(Tsinghua University, Beijing 100084, China)²

Abstract A new edge detection algorithm based on improved mathematics morphologic method is proposed. By using e-rosion and dilation basic operators, the structure elements suitable for the image edge detection are chosen, then use Canny edge detector to extraction edge. The improved mathematics morphologic method is helpful to reveal distinct characteristics for some edge features, efficiently with high speed processing. Compared with the classical edge detection operators and traditional mathematics morphology edge detection algorithm, the improved algorithm is more advantage, the quality and speed of the picture edge extraction significantly improved.

Keywords Mathematics morphologic method, Multiple structuring elements, Edge extraction

形态学图像处理的基本思想是利用一个称为结构元素的“探针”去探测目标图像,数学形态学的基本运算包括腐蚀、膨胀、开运算和闭运算^[1]。数学形态学对图像的处理是基于填充结构元素的概念、结构元素的选择和图像的某种信息的密切关系,构造不同的结构元素可完成不同的图像分析,并得到不同的结果^[4]。对于形态学边缘提取的优化方法主要是用多个不同尺度的结构元素进行多次形态学腐蚀、膨胀计算^[3]。光学相干层析技术(OCT)近年来快速发展,其中,眼前节组织 OCT 图像中央角膜的边缘检测是急需解决的问题^[1]。文献[1]提出了一种自适应权重多结构多尺度形态学边缘检测的方法。本文结合数学形态学的边缘检测算法和 OCT 图像的特征,运用一种适合 OCT 图像的多尺度形态学边缘检测算法,取得了较好的效果。本文先采用预处理图像得到去噪后且灰阶度均衡的图片,再采用改进的数学形态学方法与传统经典算法结合的方式提取 OCT 图像边缘。

1 形态学基本方法及原理介绍

数学形态学(Mathematical Morphology)诞生于 1964 年,是由法国巴黎矿业学院博士生赛拉(J. Serra)和导师马瑟莱提出的。他们在从事铁矿核的定量岩石学分析及预测其开采价值的研究中提出“击中/击不中变换”,并在理论层面上第一次引入了形态学的运算式,建立了颗粒分析方法。他们的工作奠定了这门学科的理论基础,如击中/击不中变换、开闭

运算、布尔模型及纹理分析器的原型等。对于形态学边缘提取的优化方法主要是用多个不同尺度的结构元素进行多次形态学腐蚀、膨胀计算^[4]。

图像数学形态学中腐蚀具有缩小图像目标的作用,通过适当地选取结构元素可以将两个或多个比较接近不易分辨的图像目标依灰度收缩,使目标分离以便于轮廓的提取。图像膨胀是图像腐蚀的对偶运算,具有扩大图像的目的。若图像集合 A 用元素 B 来膨胀,记作 $A \oplus B$,其定义为:

$$A \oplus B = \{x | [(B)_x \cap A] \neq \emptyset\} \quad (1)$$

式中, $\hat{B}$ 表示 B 的映像,即与 B 关于原点对称的集合。式(1)表明,用 B 对 A 进行膨胀的过程为:先对 B 做关于原点的映射,再将其映像平移 x,当 A 与 B 映像的交集不为空集时, B 的原点就是膨胀集合的像素。

腐蚀的运算符是 $\ominus$, A 用 B 腐蚀记作 $A \ominus B$,其定义为:

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (2)$$

式(2)表明, A 用 B 腐蚀的结果是将 B 平移 x 后, B 仍全部包含在 A 中的 x 的集合,从直观上看就是 B 经过平移后全部包含在 A 中的原点组成的集合,即平移后的 B 与 A 的背景并不叠加。

先进行腐蚀操作再进行膨胀操作,称之为开运算,闭运算与开运算对偶,开运算和闭运算是膨胀和腐蚀运算的组合,可以用于滤除噪声、平滑图像等^[5]。

2 形态学的改进算法

2.1 改进的形态学噪声滤波器

一般而言,数学形态学算子由腐蚀运算、膨胀运算、开运算和闭运算组成。开运算是先进行腐蚀运算,再对其结果进行膨胀运算。闭运算则是先进行膨胀运算,再对膨胀运算的结果进行腐蚀运算^[6]。

开运算与闭运算合起来使用构成形态学噪声滤波器。实际中常用开运算消除与结构元素相比尺寸较小的亮细节,而保持图像整体灰度值和大的亮区域基本不变;用闭运算消除与结构元素相比尺寸较小的暗细节,而保持图像整体灰度值和大的暗区域基本不变。将这两种运算综合起来可达到滤除亮区和暗区中各类噪声的效果。腐蚀算法会去掉图像边缘的点,但一些图像边缘不清晰的点也会被认为是噪音点而去除掉,而膨胀与腐蚀为对偶运算,则会将缝隙、空洞等补齐,边界也随之模糊。

因此,如果直接使用开闭运算结合的形态学噪声滤波器,将图像转换为二值图像时,OCT 图像边缘很多细节将会丢失。为了解决上面的问题,本文将基本算子腐蚀与膨胀进行新的定义运算,如式(3)所示。与上文相同,A 用 B 来进行形态学算法操作,g 为输出图像。

$$g = A - [(A \ominus B) \oplus B] \quad (3)$$

我们对图像选取合适的结构元素进行开运算,即先进行腐蚀运算再膨胀,预读出背景亮度的估计,再从原图像中减去开运算操作后的图像。

图 1 为形态学噪声滤波器,即对图 3 给的原图先开运算后闭运算的图像处理结果。从图 1、图 2 可看出,本文提出的算法对于图像噪声的抑制更加明显,对比眼前节下部图 1 显得模糊,而本文算法则更好地保护了图片的细节。通过改进的算法得出的图片较暗,可调整灰阶值。此算法可以有效地创建一个新的、灰暗度一致的图片,并且能很好地保留图像边缘不清晰处的细节。



图 1 形态学噪声滤波器结果



图 2 本文提出的方法处理结果

2.2 多结构元素的选取

许多形态学运算往往只采用一个结构元素,这通常不能产生满意的结果。如果要提取某个特定的模式,只采用一个结构元素,那么只能提取出与结构元素形状、大小完全相同的模式,而与此结构元素即使有微小差别的其他模式都不能提取。若采用的是同一尺度结构元,则不能检测得到不同尺度下的边缘;而且在结构元素尺度范围内的邻域,结构元素越大,模糊程度越高^[7]。

文献[1]采用多尺度多结构元素进行计算,效果很好,但是采用多结构多尺度的结构元素进行运算,算法时间长。

OCT 图像多为医院临床应用,对算法时间的要求比较高。因此,为解决算法问题,本文方法将形态学运算与集合运算结合起来,采用多个结构元素,分别对图像进行运算,然后将运算后的图像合并起来,即多结构元素形态学运算。这样一方面将具有更强的去除噪声能力,另一方面能保留更多的边缘信息。

本文检测边缘所用的多结构元素的形状为式(4)所示,其由 0° 、 45° 、 90° 、 135° 4 种结构元素组成:

$$\begin{aligned} b_1 &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, b_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ b_3 &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, b_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

多结构元素对图像进行腐蚀处理,得到的图像更加清晰,图像边缘较弱的部分显示得更加明显,增加了图像的对比度和边缘特性,更加有利于后期进行边缘提取。

3 算法实现与处理步骤

1) 用本文提出的改进的形态学预处理算法对图像进行预处理,使得图像灰阶度均衡,增强了原图像中边界不清晰的细节,并进行了去噪。

2) 将图像转换为二值图像。对图像用文中提到的多尺度结构元素进行腐蚀操作,以便于将 OCT 图像边缘连接处噪音与边缘目标分离。同时去除了噪音,便于轮廓的提取,而且能将一些噪音去除,均匀各个目标内部的灰度,使之更平滑。这样在提取目标轮廓时可去除伪影改善图像质量。

3) 用 canny 算子对处理后的图像进行边缘提取。

4) 删除面积较小的无用连通域,将图像由于腐蚀等留下的非边缘噪声删除,只留下边缘部分,使得图像清晰,便于分析处理。

4 实验结果比较

本文在对 OCT 图像的分析处理中,使用改进的形态学算法对眼前节图像进行处理。图 3 为原图,图 4 为 canny 算子直接提取边缘得到的结果,由图像可知,噪音很大,边缘不清晰,内部杂质很多。图 5 为传统形态学进行的边缘提取,即先通过腐蚀与膨胀处理再进行边缘提取。边缘相比于图 4 比较清晰,但仍有杂质。边缘部分缺失过大,内部仍有噪音。图 6 为本文算法提取的边缘图像,由图像对比知,边缘更清晰、光滑,细节更丰富。



图 3 原图



图 4 canny 算子直接提取处理结果



图5 传统形态学处理结果



图6 本文算法结果

文献[1]提出的动态自适应权重多尺度形态学边缘检测方法,从图8结果图看,可得到清晰、光滑的边缘效果。对比图8、图9,本文算法处理的边缘效果更加提高,杂质明显减少。本文采用同一尺寸的4个结构不同的结构元素,计算腐蚀过程相比本文算法速度明显更快。文献[1]在做自适应确定的权重值时用到可填入次数 A ,并求倒数运算,其中算法时间如表1所列。

表1

	canny 算子	文献[1]算子	本文算子
用时:	0.2842	11.509	0.3100



图7 文献[1]提供的图

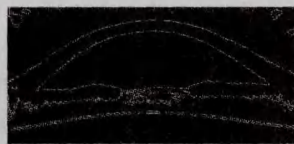


图8 文献[1]结果图

可见文献[1]算法消耗运算量非常大,而本文并没有使用此运算方法,本文算法相比文献[1]速度明显增快,并取得了相比其更加良好的效果。通过眼前节 OCT 图像的实验表明,新算法比文献[1]算法在算法时间上有了较大提高,边缘细节上也更完整,提高了边缘检测的正确性,很好地保留了图像的

(上接第159页)

的研究,结合领域中的 Web 数据表结构的分析结果,从面向领域的抽取和集成的角度,提出了基于 Web 表模式和领域模型的数据抽取和集成算法。实验结果表明,本文提出的数据抽取和集成方法提高了领域中数据抽取与集成的效率,能够满足房地产等领域的实际应用需求。同时如何对领域数据模型中实体和属性进行有效的扩充,以及如何有效地实现面向领域的大规模 Web 数据抽取与集成将是进一步研究的方向。

参考文献

[1] Cafarella M J, Halevy A, Wang D Z, et al. WebTables: Exploring the Power of Tables on the Web[C]//Proceedings of VLDB-08.

边缘图像,为之后的检测奠定了良好的基础。



图9 本文方法处理图7结果

结束语 本文提出此方法是为了更好更快速地识别 OCT 图像的边缘特性。本文采取改进的形态学方法,即采用多结构元素,通过对图像的预处理来提高图像暗区域的细节,减少图片本身的细节不明显问题。再通过基本的腐蚀与膨胀,提高了图像的分辨率并且去除了噪音,提高了边缘提取的精确度。

实验结果表明本文方法优于传统的边缘检测方法,能检测出更多的边缘细节,处理速度快。结合多结构元素的特性,使用合适的边缘检测算子,可以较好地解决边缘检测精度与抗噪声性能的协调问题,从而得到更好的边缘检测结果。相比文献[1],算法的时间显著提升,对于边缘效果有一定提高且有效减少了图像杂质对图像分析的干扰。

参考文献

[1] Huang Si-wei, Zhang Ang, Tian Xiao-lin, et al. Dynamic Adaptive Weight Multi-scale and Multi-structure Morphological Edge Detection in Anterior Chamber OCT Images Advanced Materials Research[J]. Trans. Tech. Publications, Switzerland, 2012 (340): 70-75

[2] 鲁昌华,刘玉娜. 基于同态滤波和改进形态学的图像边缘检测[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(6)

[3] 高玮玮,沈建新,王玉亮. 基于数学形态学的快速糖尿病视网膜病变自动检测方法[J]. 光谱学与光谱分析, 2012

[4] Yu Zi-yi. Analysis of mathematical morphological algorithm for edge detection in micrograph[J]. Computer Technology and Development, 2006, 16(2): 100-102

[5] 何新英,王家忠,孙晨霞,等. 基于数学形态学和 Canny 算子的边缘提取方法[J]. 计算机应用, 2008, 28(2)

[6] 熊立志,陈立潮,潘理虎,等. 基于多尺度轮廓结构元素的多形状边缘检测[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(9)

[7] 林玉池,崔彦平,黄银国. 复杂背景下边缘提取与目标识别方法研究[J]. 光学精密工程, 2006, 14(3)

Auckland, New Zealand, 2008: 538-549

[2] Crestan E, Pantel P. Web-Scale Knowledge Extraction from Semi-Structured Tables[C]// Proceedings of WWW-2010. Raleigh, North Carolina, USA, 2010

[3] Liu Bing. Web Data Mining[M]. 俞勇,薛贵荣,韩定一,译. 北京:清华大学出版社, 2009: 265-26

[4] Chen H, Tsai S, Tsai J. Mining Tables from Large-Scale HTML Texts[C]// Proceedings of COLING-00. Saarbrücken, Germany, 2000

[5] Robert G, Wilks Y. Information extraction: Beyond document retrieval[J]. Journal of Documentation, 1998, 54(1): 70-105

[6] Gatterbauer W, Bohunsky P, Herzog M, et al. Towards Domain-Independent Information Extraction from Web Tables[C]// Proceedings of WWW-07. Banff, Canada, 2007: 71-80