

文章编号:1007-2780(2015)01-0157-06

一种基于形态学的脑肿瘤分割

李晓龙, 帅仁俊*

(南京工业大学 电子与信息工程学院, 江苏 南京 211816)

摘要:由于脑部结构复杂,存在精密纹理并且由于成像技术的限制,传统分水岭算法分割脑肿瘤很容易产生过分割问题。本文提出一种改进的分水岭算法解决此过分割现象。在应用分水岭算法之前对图像进行一些预处理:首先,应用形态学开闭重建重构原图像,滤除噪声和复杂细小的纹理;其次,对重建后的图像做多尺度形态学梯度,并对修改了标识符的梯度图像进行分水岭算法分割。实验结果表明:结构元素半径大小取 17~22,肿瘤能够完全地分割出来。与传统的分水岭分割算法相比,本文所采用的算法很好地抑制了过分割问题,可以很容易地分割出肿瘤。

关键词:分水岭;过分割;形态学开闭重建;多尺度形态学梯度;标记符

中图分类号:TP391.41 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20153001.0157

One kind of segmentation of brain tumors based on morphology

LI Xiao-long, SHUAI Ren-jun*

(*School of Electronics and Information Engineering,
Nanjing Technology University, Nanjing 211816, China*)

Abstract: As the brain is complicated, which has precision texture, and imaging technologies is limited, there will be an over segmentation issue if the traditional watershed algorithm is used to segment brain tumor. As a matter of method, some pre-processing is proposed before applying the watershed segmentation: firstly, morphological opening and closing reconstruction is used to reconstruct the original image and to filter the noise and fine texture; secondly, the multi-scale morphological gradient is used in the reconstructed image, and the watershed segmentation algorithm is used in the gradient image of modified marker. Experiments results indicate that the tumor can be separated completely when structural element radius size is used from 17 to 22. Compared with the traditional watershed segmentation algorithm, this method alleviates the over segmentation problem, and tumor can be separated easily from the original image.

Key words: watershed; over segmentation; morphological opening and closing reconstruction; multi-scale morphological gradient; marker

收稿日期:2014-03-23;修订日期:2014-04-11.

基金项目:十一五国家科技支撑计划项目(No. 2010BAI88B00)

* 通信联系人, E-mail: srjwhy@sina.com

1 引言

医学图像分割目的在于将病变区域从图像中分割出来,从而便于后续的定量分析。由于医学成像系统具有多样性,使得成像图像易出现模糊、噪声等不期望特征,因此分割的准确性对医生判断疾病的真实情况并做出正确的诊断至关重要^[1]。

分水岭算法^[2]是一种基于数学形态学的区域分割方法,该算法运算简单^[3]、计算速度快、对微弱边缘敏感,运用此算法可以得到单像素宽的并且封闭的区域轮廓。但由于对噪声和微弱边缘信息敏感,导致该算法很容易产生过分割现象,使得正确的目标区域边界轮廓信息被过分割所产生的复杂边界所覆盖。本文根据医学图像的特点和原始分水岭算法的优缺点,对分水岭算法作了改进,提出了基于内部、外部标记符的分水岭分割算法。实验结果表明,改进的算法有效地解决了过分割问题,脑肿瘤可以很好地分割出来。

2 算法背景

2.1 分水岭算法

分水岭分割方法,是一种基于拓扑理论和区域生长思想的分割方法,其基本思想是把灰度图像看作是一幅拓扑地貌,图像中每一点的灰度值作为该点的海拔高度,局部像素比较低的区域形成盆地。我们可以模拟降雨过程来说明分水岭的概念。降雨时,雨水从高处流向低处,形成的区域即为集水盆,随着降雨的持续,水位不断上涨,局部区域不断扩大,为了避免水溢出而流向其他区域,在每个集水盆汇合处构筑大坝,水自然不会流出,即形成分水岭。

2.2 多尺度形态学梯度

梯度表示灰度变化的速度^[4],梯度能够很好地突出灰度值变化比较大的边界区域。

形态学的代数运算符构成数学形态学运算,其基本思想是用具有一定尺度的结构元素找到图像中的对应形状以达到图像分割识别的目的^[5]。腐蚀与膨胀是形态学两个最基本的运算,这两种运算也是形态学其他运算的基础。

图像梯度能够比较好地增强图像中边缘轮廓信息,对梯度图像作分水岭变换比直接作用原始图像能够取得更好的效果。因此,我们经常对梯度作分割算法而不是图像本身。图像分割的效果部分取决于所采用的梯度函数,由于形态学梯度对边缘方向性依赖小的同时,保持较强的对比度,所以本文中所采用的梯度函数为形态学梯度。

单尺度形态学梯度定义为:

$$\text{Grad } f(x, y) = [f(x, y) \oplus g(x, y)] - [f(x, y) \ominus g(x, y)], \quad (1)$$

其中: $f(x, y)$ 为原始图像, $g(x, y)$ 为结构元素, $\oplus$ 为膨胀算子, $\ominus$ 代表腐蚀算子。

结构元素的大小和形状直接决定了单尺度形态学梯度的性能,结构元素过大或者过小都会很容易产生比较差的结果,进而影响后续的操作。本文采用多尺度的形态学梯度。由于圆盘状结构元素具有各向同性的性质,使得形态学梯度图像更少地依赖边缘的方向^[6]。本文中皆采用 disk 结构元素。

多尺度形态学梯度定义为:

$$G_n[f(x, y)] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{ [f(x, y) \oplus g_i(x, y)] - [f(x, y) \ominus g_i(x, y)] \} \ominus g_{i-1}(x, y). \quad (2)$$

多尺度形态学由于均值的采用,减小了噪声对图像的影响的同时,更有效地增强了梯度的边缘轮廓。

2.3 形态学开闭重建

2.3.1 开闭运算

形态学开运算定义为:

$$f(x, y) \circ g(x, y) = [f(x, y) \ominus g(x, y)] \oplus g(x, y). \quad (3)$$

形态学闭运算定义为:

$$f(x, y) \bullet g(x, y) = [f(x, y) \oplus g(x, y)] \ominus g(x, y). \quad (4)$$

开运算可以去除比结构元素更小的明亮细节,相反闭运算可以消除比结构元素更小的暗细节,故两者常结合在一起用于平滑图像并去除噪声^[7]。

2.3.2 形态学重构

两幅图像应用在重构运算中,一幅标记图像和一幅掩膜图像,前者是运算的起点,后者约束重构的过程。

开运算重建:原图像作为掩膜图像,腐蚀后图像作为标记图像,用形态学开运算作重构操作。相对应,闭运算重建:形态学膨胀后的图像求补并将其作为标记图像,掩膜图像则是开运算重建后求补的图像^[8],用闭运算做重构操作。

形态学开闭重建在滤波的过程中,可以完全把比结构元素小的灰度区域完全滤除掉,同时也可以把没有被形态学开闭运算所滤除掉的部分恢复出来。开闭重建不会产生新的边界也不会导致边界偏移。

2.4 控制标记符

重建滤波对目标边界轮廓的提取得到了很大的改善,但依然有一些区域的最小值存在于梯度图像中,若此时直接对梯度图像进行分水岭变换,必然导致过分割的问题,这样分割的结果就无意义可言。本文采用基于标记符的算法来解决此问题,其基本思想是对梯度图像中感兴趣的目标区域进行最小值标记,并且屏蔽掉其他区域最小值,最后对标记后的梯度图像做分水岭变换,达到分割目的。具体步骤如下:

(1)提取重建后的梯度图像局部极小值区域,对其进行标记,根据标记的结果对其做二值化处理,极小值区域设为 1,该区域即为前景标记,记为 A^0 ,其他区域设为 0。

(2)对标记处理后的二值图像做欧氏距离变换,结果图像与原图像大小相同,由此得到的轮廓即为梯度图像的背景标记,记为 A^1 。

(3)利用前景与背景标记的同时,采用强制最小值技术修正多尺度形态学梯度图像,得到修改后的梯度图像用 G^{mark} 表示,即:

$$G^{\text{mark}} = \text{imimposemin}(G_n, A^0 \mid A^1), \quad (5)$$

其中: G_n 表示多尺度形态学梯度图像, imimposemin 强调了极小值的同时,将其他的像素值向上提,很好地弱化了过分割现象。

最后,在 G^{mark} 上进行分水岭分割,以获得理想的目标轮廓,即:

$$\text{Edge} = \text{watershed}(G^{\text{mark}}). \quad (6)$$

3 算法的描述

传统分水岭算法由于各种因素的影响,很容易对图像产生过分割,严重的情况下会使得分割

的结果毫无意义^[9]。通常情况下,通过改进分水岭分割算法用于解决过分割情况方法有两种^[10]:一种是进行分割前预处理,主要是进行标记处理;另一种是分割后处理,如依据某些准则对相似或相关区域进行合并。本文是依据前种方法进行的改进探究。

基于改进后的分水岭分割算法具体流程如下:

(1)对原图像做开闭重建预处理。尽管连续的形态学开闭运算作为滤波器能够对原图像起到平滑去噪的效果,但是由于开运算和闭运算基于膨胀与腐蚀,滤波后图像的边缘特征不能得到完全的体现。故本文采用形态学开闭重建对原图像作预滤波处理,其优点是保持原图像轮廓信息不变的同时达到去噪、锐化等目的。

(2)计算预处理后图像的梯度。采用半径大小为 3、5、7 的 disk 结构元素作多尺度形态学梯度。

(3)标记梯度图像的前景。前景标记和感兴趣的目标肿瘤相关,梯度图像中,肿瘤所处位置的内部存在局部极小值区域,故对此区域作局部极小值标记,此标记即为前景标记。

(4)标记梯度图像背景。由于把大脑从整幅图像中提取出来会额外增加算法的复杂度,本文对标记后的梯度图像直接作欧氏距离变换,所得图像作为背景标记。

(5)对采用强制极小值技术标记后的图像做分水岭分割,进而输出分割结果。

4 实验结果与分析

本实验基于 matlab7.14 平台在 PC 上仿真运行。

从图 1 可以很直观地看出,对原始图像求梯度,然后直接做分水岭分割,导致很严重的过分割现象,使得分割的结果毫无意义。为了解决过分割问题,精确地分割出肿瘤,本文先对原图像做开闭重建滤波,之后对滤波后图像的形态学梯度做分水岭分割,分割的结果得到了很大的改善,但仍存在过分割情况,如图 2 所示。

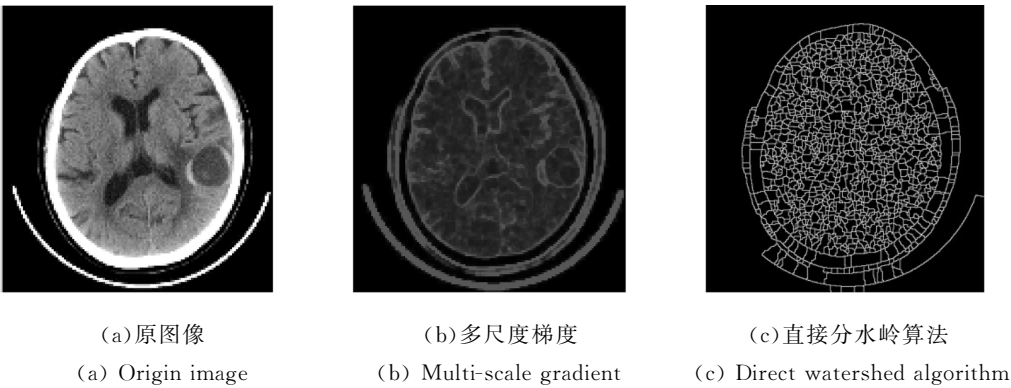


图 1 直接分水岭算法分割

Fig. 1 Direct segmentation of watershed algorithm

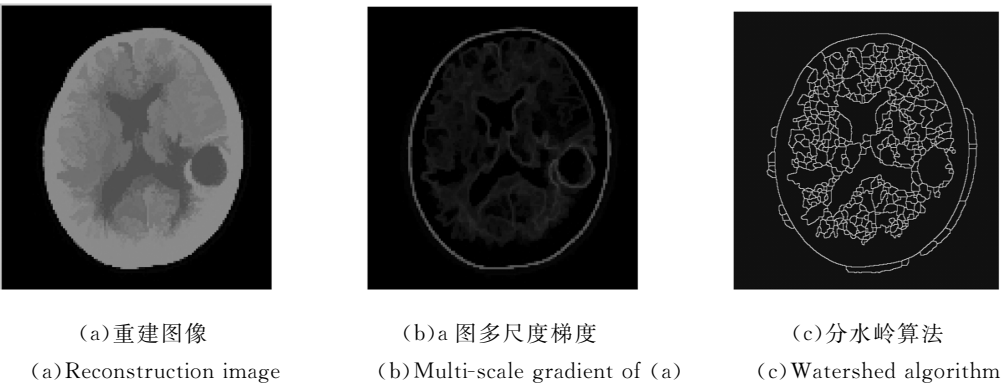


图 2 滤波后的分水岭分割

Fig. 2 Watershed segmentation after filtering

为了从根本上解决过分割问题,采用强制极小值技术修正图 2(b)梯度图像,标记肿瘤区域作为内部标记,并对图 3(a)作欧式距离变换,得到图 3(a)距离变换图像,以此作为图 2(b)梯度图像的外部标记。最后对强制标记后的梯度图像作分水岭算法分割,最终比较准确地分割

出了肿瘤,达到了仿真的目的,如图 3(c)所示。但是,文章所采用的算法也有一定的局限性或缺点。一方面,形态学开闭重建预处理滤波的结果很大程度上依赖于所采用结构元素的大小与形状,如图 4 所示,采用不同的模板,最终分割的结果有很大的区别。

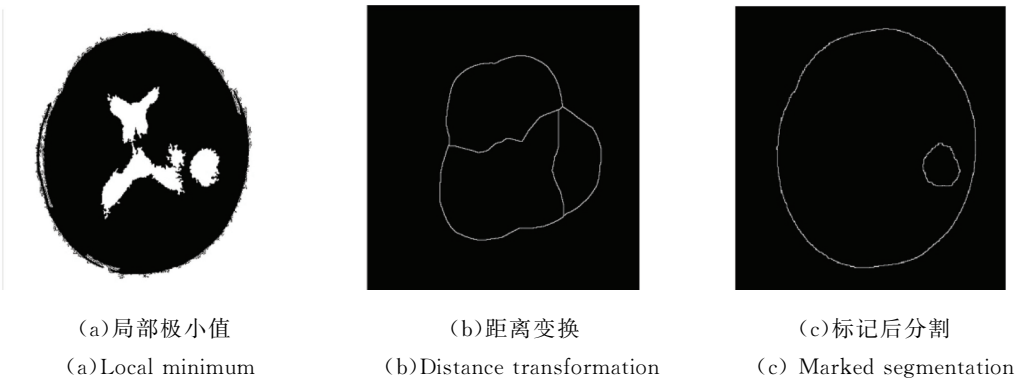


图 3 标记后分水岭分割

Fig. 3 Watershed segmentation based on marker

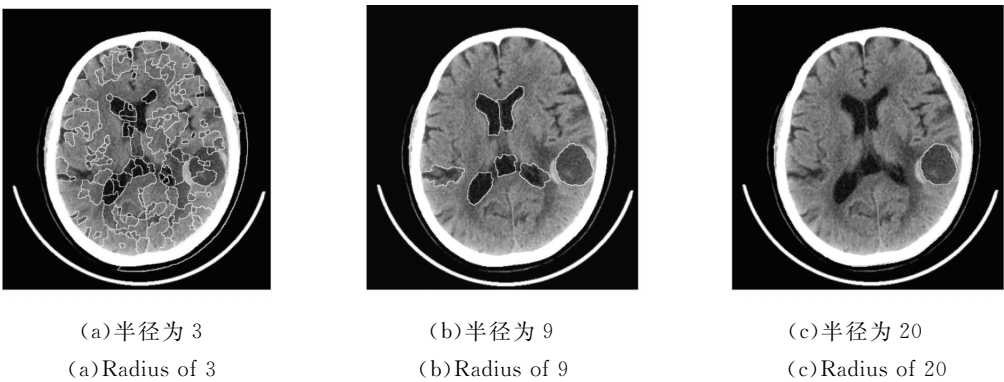


图 4 不同半径的分割结果
Fig. 4 Segmentation results of different radius

5 结 论

本文综合利用了形态学开闭重建预处理和基于标记的分水岭分割算法,成功地解决了过分割

问题,使脑肿瘤很好地从原图中分割开来。但是,文章所采用的算法也有一定的局限性或缺点。当肿瘤的面积较大时,本文算法分割的结果较为理想,但是,肿瘤的面积很小时,很难采用本文的算法将肿瘤分割出来。

参 考 文 献:

[1] 税午阳,周明全,耿国华. 磁共振颅脑图像的脑组织自动获取方法[J]. 软件学报,2009,20(5):103-106.
Shui W Y,Zhou M Q,Geng G H. Method of automatic acquisition of magnetic resonance image of The brain [J]. *Journal of Software*,2009,20(5):103-106. (in Chinese)

[2] Vincent L,Soille P. Watershed in digital spaces;An efficient algorithm based on immersion simulations [J]. *IEEE Trans.on Pattern Analysis and Machine Intelligence*,1991,13(6):583-589.

[3] 张鹤,吴谨. 基于运动信息和标记多尺度分水岭的运动目标检测算法[J]. 液晶与显示,2012,27(2):250-256.
Zhang H,Wu J. Moving target detection algorithm based on motion information and multi-measure watershed [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2012,27(2):250-256. (in Chinese)

[4] 赵文达,赵建,韩希珍,等. 基于变分偏微分方程的红外图像增强算法研究[J]. 液晶与显示,2014,29(2):281-285.
Zhao W D,Zhao J,Han X Z, et al. Infrared image enhancement based on varitional partial differential equations [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*,2014,29(2):281-285. (in Chinese)

[5] 张强,王正林. 精通 MATLAB 图像处理 [M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2012.
Zhang Q,Wang Z L. *Proficient in MATLAB Image Processing* [M]. 2nd ed. Beijing: Electronics Industry Press, 2012. (in Chinese)

[6] 葛世国,王茂芝,刘娟娟,等. 基于标记的改进分水岭分割算法[J]. 四川理工学院学报:自然科学版[J]. 2013,26(2):57-61.
Ge S G,Wang M Z,Liu J J, et al. Improved watershed segmentation algorithm based on marker [J]. *Journal of Si-chuan University of Science and Engineering:Natural Science* [J]. 2013,26(2): 57-61. (in Chinese)

[7] 冈萨雷斯. 数字图像处理(matlab 版)[M]. 北京:电子工业出版社,2013.
Gonzalez. *Digital Image Processing (MATLAB)* [M]. Beijing: Electronics Industry Press,2013. (in Chinese)

[8] 韩敬华,何长涛,张秋慧,等. 应用标记控制分水岭分割算法研究激光诱导玻璃体损伤形貌[J]. 光学精密工程, 2010,18(6):1387-1395.
Han J H,He C S,Zhang Q J, et al. Morphological analysis of laser induced glass bulk damage by marker controlling watershed algorithm [J]. *Optics and Precision Engineering*,2010,18(6): 1387-1395. (in Chinese)

[9] 侯阿临,张利红,徐坤,等. 一种适合医学图像分割的改进分水岭算法[J]. 电视技术,2007,31(11): 87-89.

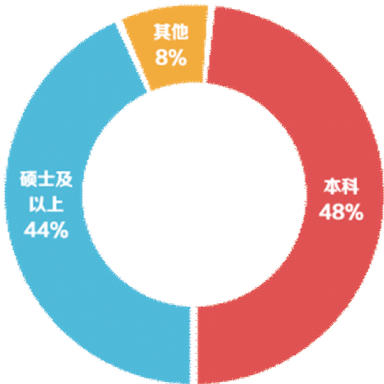
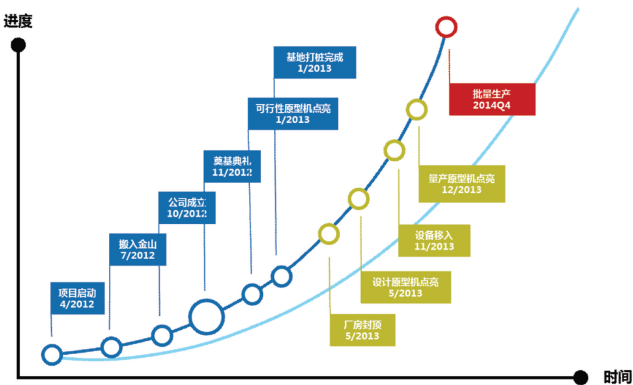
Hou A L,Zhang L H,Xu K,*et al.* An improved watershed segmentation algorithm for medical image [J].*Video Engineering*,2007,31(11):87-89. (in Chinese)

[10] 程淑红,张典范,胡春海,等. 基于标记的多尺度分水岭视频目标分割算法[J]. 光电工程,2010,37(4): 130-134.
Cheng S H,Zhang D F,Hu C H,*et al.* Video object segmentation algorithm based on marker multi-measure watershed [J].*Opto-Electronic Engineering*,2010,37(4):130-134. (in Chinese)

作者简介:李晓龙(1989—),男,江苏南京人,硕士研究生,主要研究方向:建筑智能化、信号处理。E-mail:fedlee@sina.com
帅仁俊(1962—),男,上海人,副教授,硕士生导师,主要研究方向:智能建筑理论与应用、信号处理等。E-mail:srjwhy@sina.com

上海和辉光电有限公司

和辉光电成立于2012年10月,是由上海市政府和金山区政府共同投资的上海市战略性新兴产业重点项目。公司专注于中小尺寸 AMOLED 显示屏量产和下一代显示技术的研发。一期投资总额 60 亿人民币,前期项目于 2012 年 11 月破土动工,预计 2014 年第四季度开始批量生产,建成后将成为国内第一条、设备最完善、技术最先进的第 4.5 代低温多晶硅(LTPS)AMOLED 量产线,率先在 AMOLED 量产工艺领域取得突破。



教育背景
技术团队中拥有硕士以上学历的员工占 44%

地址:上海市金山区九工路 1568 号
邮编:201506
电话:138-168-40495(于涛)
邮箱:barry516@163.com