

## 基于数学形态学的脑组织图像自动分割

### 1 概述

在实际应用中, 图像分割是一个非常复杂的问题, 针对不同图像、不同对象、不同要求, 往往需要采取多种不同的分割方法来得到我们需要的结果[1][8][9]。

在医学成象中的许多场合, 一个组织近似地可以用某一阈值或范围来确定, 但其他的组织由于与所希望的组织之间没有足够的差异而使它难以区别。在这种情况下, 典型的分割方法通常包括在阈值处理[2]和区域生长[3]后, 再使用人工或半人工的跟踪技术[4]。这一过程很费时间, 并需要有专家来处理数据。而在一些场合中应用数学形态学, 可以大大减少必须的人工干预[5]。

针对脑组织图像的分割问题, 本文研究了基于数学形态学的分割方法, 采用先腐蚀, 后膨胀的操作来实现脑组织的自动分割。这种方法简洁快速, 用这种方法, 我们对序列头部图像实现了脑实质的良好分割。

### 2 数学形态学算子

数学形态学的基本运算有4个: 膨胀、腐蚀、开启和闭合[4][6][7]。

#### 2.1 膨胀

膨胀的算符为 $\oplus$ , A用B膨胀写作 $A \oplus B$ , 其定义为:

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

上式表明用B膨胀A的过程是, 先对B做关于原点的映射, 再将其映象平移x, 这里A与B映象的交集不为空集。换句话说, 用B来膨胀A得到的集合是 $\hat{B}$ 的位移与A至少有一个非零元素相交时B的原点位置的集合。

根据这个解释, 式(1)也可写成

$$A \oplus B = \{x | [(\hat{B})_x \cap A] \subseteq A\} \quad (2)$$

如果将B看作一个卷积模板, 膨胀就是先对B做关于原点的映射, 再将映象连续地在A上移动而实现。

图1给出膨胀运算的一个示例, 其中图(1a)中阴影部分为集合A, 图(1b)中阴影部分为结构元素B(标有“+”处为原点), 它的映象为图(1c), 而图(1d)中的2种阴影部分(其中深色为扩大的部分)合起来为集合 $A \oplus B$ 。由图可见膨胀将图像区域扩大了。

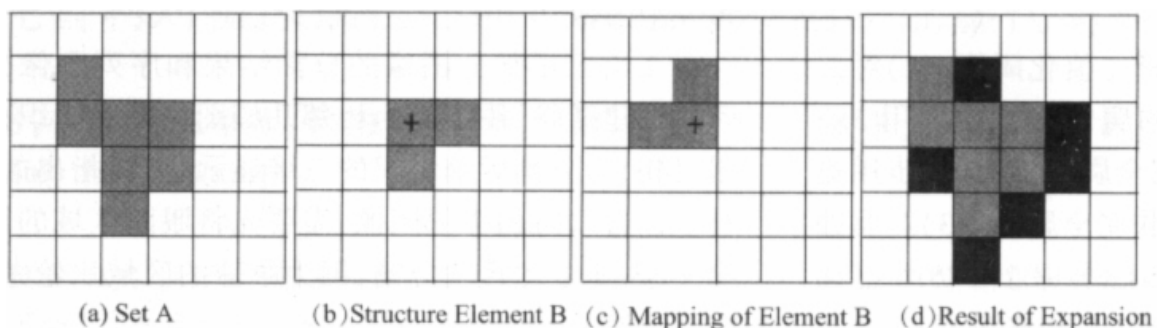


图1 膨胀运算示例

## 2.2 腐蚀

腐蚀的算符为  $\ominus$ ，A用B来腐蚀写作  $A \ominus B$ ，其定义为：

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (3)$$

上式表明A用B腐蚀的结果是所有x的集合，其中B平移x后仍在A中。换句话说，用B来腐蚀A得到的集合是B完全包括在A中时B的原点位置的集合。

图2给出腐蚀运算的一个简单示例。其中图(2a)中的集合A和图(2b)中的结构元素B都与图1中相同，而图(2c)中深色阴影部分给出(浅色为原属于A现腐蚀掉的部分)。由图可见腐蚀将图像区域缩小了。

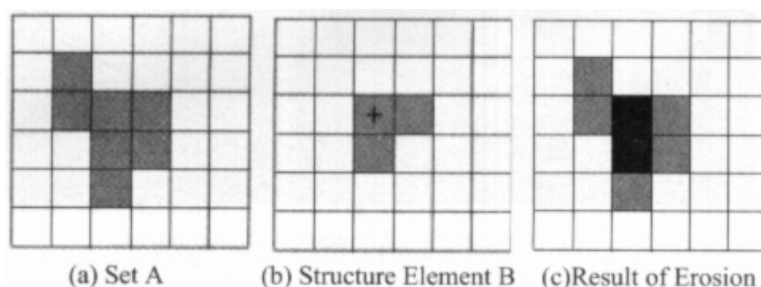


图2 腐蚀运算示例  
Fig.2 Example of Erosion

形态学的另两种运算开启和闭合是由膨胀和腐蚀组合而成的。对图像先腐蚀，后膨胀则称为开启运算，先膨胀后腐蚀则称为闭合运算。

## 3 脑组织图像的分割

在头部MRI图像中，眼睛以上的序列图像主要包含脑组织、皮肤、骨骼等，在这种情况下，将脑组织从图像中分割出来，就是要将图像中的皮肤、骨骼等部分去除。由于皮肤、骨骼是在图像的外围，如果能用形态学中的腐蚀算子先将皮肤等完全腐蚀掉(此时脑组织也被部分腐蚀)，然后对腐蚀后剩余的部分进行膨胀，则膨胀后的图像将仅有脑组织，而其余部分将不会恢复，这就能实现脑组织的分割。按照以上思想，我们运用连续的腐蚀和膨胀来实现脑组织的分割。

首先选择合适的阈值将需要分割的图像进行二值化。这一步十分关键，阈值的选择会直接影响到腐蚀的效果。我们希望二值化图像后，采用合适大小的腐蚀结构元素，能很好地将皮肤等外围组织腐蚀，而对脑组织的腐蚀不能太大。

图3是对一幅脑部MRI图像分割的实例。图(3a)为原始图像，图(3b)为(3a)图的直方图，图(3c)为图(3a)二值化结果，在选择阈值的过程中，是根据图像的直方图作为参考，选择阈值为100。图(3d)是用结构元素进行腐蚀的结果。在腐蚀过程中，首先采用的是  $5 \times 5$  的方块结构对图像进行腐蚀，然后进一步用  $3 \times 3$  的小块对图像进行第二次腐蚀，得到图(3d)。图(3e)是对图(3d)进行膨胀的结果，先采用的是  $5 \times 5$  的方块结构元素对图像进行第一次膨胀，然后用  $2 \times 2$  的方块对图像进行了再次膨胀得到良好的结果。图(3f)是最后的分割结果。

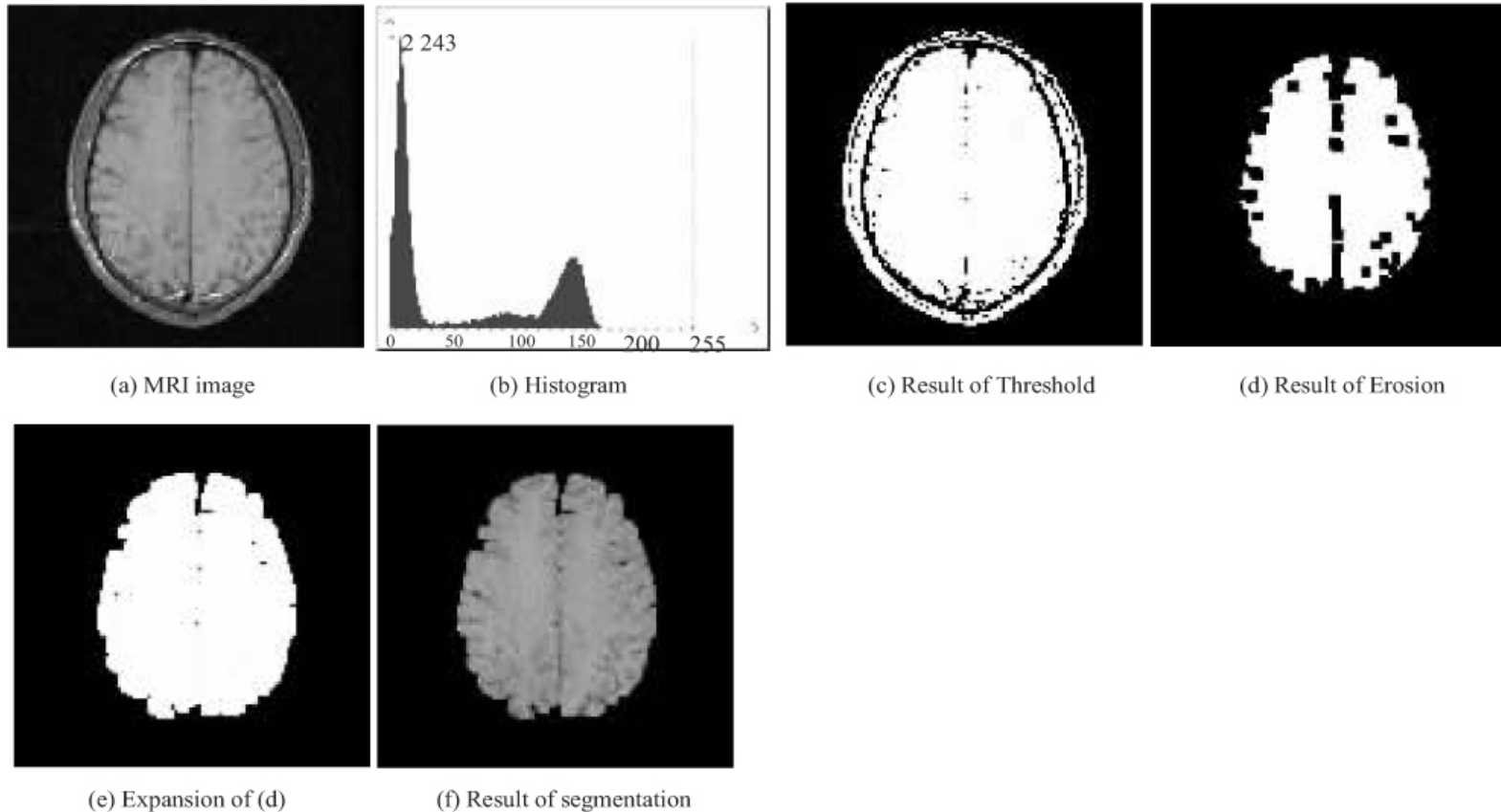


图3 形态学算子分割脑组织示例  
Fig.3 Example of segmentation using morphologic operator

采用同样的方法，我们对头部数据中的序列图像进行了分割。具体步骤是：

(1) 根据图像的直方图选择二值化阈值；(2) 对二值化后的图像用 $5 \times 5$ 方块结构腐蚀，然后再用 $3 \times 3$ 结构腐蚀。如果此时皮肤未完全腐蚀，则进一步用更小的结构元素腐蚀，直至将皮肤完全腐蚀；(3) 对腐蚀后的图像用 $5 \times 5$ 方块膨胀，然后再用 $2 \times 2$ 方块继续膨胀，得到膨胀恢复的二值图像(有膨胀像素的为1，其他为0)；(4) 将原始图像与膨胀后的图像相乘，得到分割图像。

图4给出了部分图像的分割结果和序列图像分割后的重建结果。图(4a)为相邻几幅图像的脑组织分割图，(4b)为分割后脑组织的三维显示。需要指出的是，对于包含眼睛的头部图像，需要先将眼睛区域的图像除去，再用上述算法分割，因为眼球的区域比较大，不能完全腐蚀。

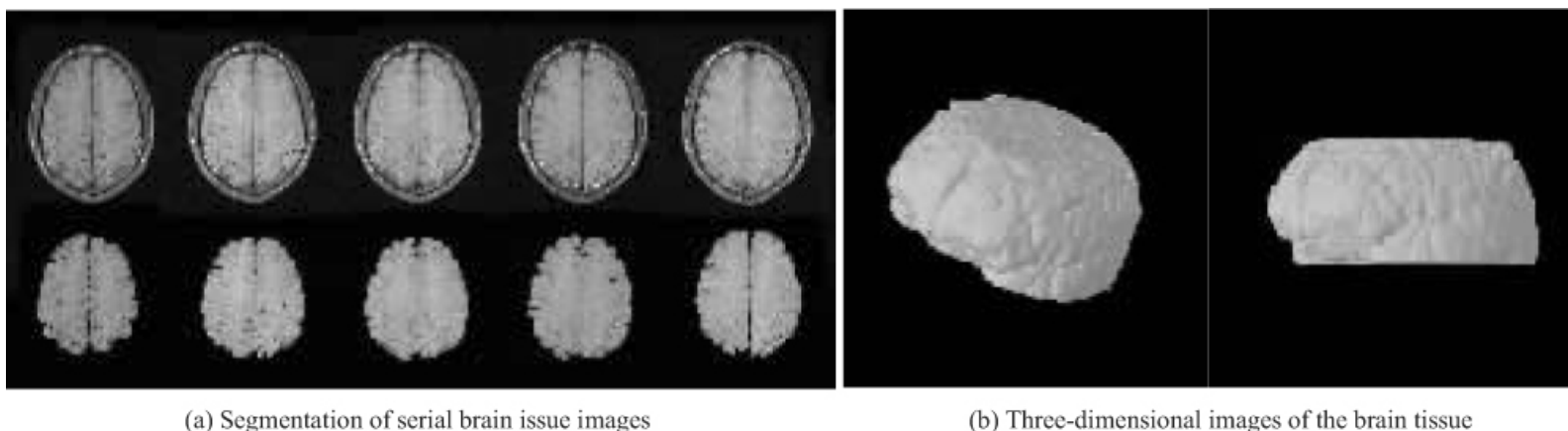


图4 头部序列图像脑组织分割结果  
Fig.4 Segmentation of the brain tissue images

#### 4 小结

医学图像的分割是医学图像处理的重要研究内容。在本章中，针对脑组织分割的实际问题，将数学形态学方法应用于头部图像的分割。

割,能较好地自动完成脑组织图像的分割,具有简单、方便、快捷的特点。这种方法分割的脑组织图像包含了灰质和白质,是对整个组织的分割。在此基础上,可以实现灰质和白质的进一步分割。

(责任编辑:吴锦雅)

#### 参考文献:

- [1] Pal NR, Pal SK. A review on image segmentation techniques[J]. Patt Reco, 1993, 26, 1277-9.
- [2] Zhang YJ, Gerbrands JJ, Back E. Thresholding three-dimensional image[J]. SPIE, 1990, 1360, 1258-69.
- [3] Adams R, Bischof L, Seeded region growing[J]. IEEE-PAMI, 1994, 16(6), 641-6.
- [4] 章毓晋. 图象工程-图像处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999. 254-78.
- [5] 吕维雪, 段会龙, 三维医学图象可视化及其应用[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2001. 150-70.
- [6] 梁虹, 周纪勤, 梁洁. 基于数学形态学的商标图象边缘提取[J]. 计算机应用研究, 2001, 3(1): 94-8.
- Liang H, Zhou JQ, Liang J. Extracting the Boundary of Trademarks based on mathematic morphology[J]. Appl Res Comp, 2001, 3(1): 94-8.
- [7] 吴丹, 刘修国, 尚建嘎. 数学形态学在图象处理与分析中的应用及展望[J]. 工程图学学报, 2003, 2, 120-5.
- Wu D, Liu XG, Shang JG. The application and prospect of mathematical morphology in image processing and analysis[J], J Eng Grap, 2003, 2, 120-5.
- [8] 王浩军, 郑崇勋, 闫相国, 等. 彩色血液细胞图象的自动分割方法研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2002, 19(2): 251-5.
- Wang HJ, Zheng CX, Yan XG, et al, Study on automatic segmentation of color images applied to blood Cells[J]. J Biomed Eng, 2002, 19(2): 251-5.
- [9] 李家志, 黄晓红, 王思贤. 显微细胞图象的自动分割[J]. 计算机应用研究, 2003, 2(1): 72-4.
- Li JZ, Huang XH, Wang sixian, An Automatic Segmentation Method of microscopic cell Image[J]. Appl Res Comp, 2003, 2(1): 72-4.

#### 参考文献:

- [1] Pal NR, Pal SK. A review on image segmentation techniques[J]. Patt Reco, 1993, 26, 1277-9.
- [2] Zhang YJ, Gerbrands JJ, Back E. Thresholding three-dimensional image[J]. SPIE, 1990, 1360, 1258-69.
- [3] Adams R, Bischof L, Seeded region growing[J]. IEEE-PAMI, 1994, 16(6), 641-6.
- [4] 章毓晋. 图象工程-图像处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社, 1999. 254-78.
- [5] 吕维雪, 段会龙, 三维医学图象可视化及其应用[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2001. 150-70.
- [6] 梁虹, 周纪勤, 梁洁. 基于数学形态学的商标图象边缘提取[J]. 计算机应用研究, 2001, 3(1): 94-8.
- Liang H, Zhou JQ, Liang J. Extracting the Boundary of Trademarks based on mathematic morphology[J]. Appl Res Comp, 2001, 3(1): 94-8.
- [7] 吴丹, 刘修国, 尚建嘎. 数学形态学在图象处理与分析中的应用及展望[J]. 工程图学学报, 2003, 2, 120-5.
- Wu D, Liu XG, Shang JG. The application and prospect of mathematical morphology in image processing and analysis[J], J Eng Grap, 2003, 2, 120-5.
- [8] 王浩军, 郑崇勋, 闫相国, 等. 彩色血液细胞图象的自动分割方法研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2002, 19(2): 251-5.
- Wang HJ, Zheng CX, Yan XG, et al, Study on automatic segmentation of color images applied to blood Cells[J]. J Biomed Eng, 2002, 19(2): 251-5.
- [9] 李家志, 黄晓红, 王思贤. 显微细胞图象的自动分割[J]. 计算机应用研究, 2003, 2(1): 72-4.
- Li JZ, Huang XH, Wang sixian, An Automatic Segmentation Method of microscopic cell Image[J]. Appl Res Comp, 2003, 2(1): 72-4.