

•信号与信息处理•

## 基于区域特征合并的分水岭图像分割

邓 剑<sup>1</sup>, 陈 峰<sup>1</sup>, 郭宝录<sup>2</sup>

(1. 中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300000; 2. 空军驻锦州地区军事代表室, 辽宁 锦州 121000)

**摘要:** 传统分水岭变换图像分割方法容易造成过度分割, 不利于后期的图像分析与处理。采用一种分水岭变换结合区域特征合并的方法, 首先将原始图像进行形态学变换, 获取梯度图像; 再进行分水岭变换, 并将运算后的结果进行基于区域纹理、灰度一致性及区域平滑性等特征的区域合并; 最终获取分割结果。实验结果表明, 与传统分水岭变换方法相比, 该方法能够有效降低因噪声、明暗纹理产生的过分割现象, 方法可行、有效。

**关键词:** 图像分割; 分水岭变换; 区域特征合并; 梯度运算

中图分类号: TP317.4

文章标识码: A

文章编号: 1673-1255(2014)-03-0027-03

## Watershed Image Segmentation Based on Region Feature Merging

DENG Jian<sup>1</sup>, CHEN Feng<sup>1</sup>, GUO Bao-lu<sup>2</sup>

(1. Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China; 2. Military Representative Office of Air Force in Jinzhou, Jinzhou 121000, China)

**Abstract:** Excessive segmentation is easily caused by traditional watershed transform image segmentation method and it is disadvantaged to image analysis and processing at the post stage. A method incorporating with watershed transform and region feature merging is adopted. Firstly, the original image is transformed morphologically to get gradient image. Then watershed transform is performed and the operated result is regional merged based on region texture, gray level consistency and region smoothness. And the segmentation result is got finally. Experimental results show that the method is feasible and effective comparing with traditional watershed transform method and excessive segmentation due to noise and light-to-dark texture is reduced effectively.

**Key words:** image segmentation; watershed transform; region feature merging; gradient operation

图像分割是图像处理的一个关键步骤,也是计算机视觉的重要组成部分。图像分割的目的是为了获取图像中感兴趣的、具有独特特性的区域(这部分区域通常称为目标),并将目标区域与背景分离,以此为基础才能进行目标提取、识别等更高层次的图像运算<sup>[1]</sup>。一般采用的图像分割算法都为基于图像灰度值的像素级分割,通常可归类为以下两种方法:基于边界的分割方法和基于区域的分割方法<sup>[2]</sup>。基于边界的分割方法利用目标区域在边界的不连续性获取目标区域的边缘信息,而基于区域的分割方法利用目标区域内部灰度的相近性获取目标轮廓信息。

分水岭算法是一种数学形态学方法,该方法属于基于区域的分割方法。其基本思想是把图像看作是测地学上的拓扑地貌,图像中每一点像素的灰度值表示该点的海拔高度,每一个局部极小值及其影响区域称为集水盆,而集水盆的边界则形成分水岭。分水岭的概念和形成可以通过模拟浸入过程来说明。在每一个局部极小值表面,刺穿一个小孔,然后把整个模型慢慢浸入水中,随着浸入的加深,每一个局部极小值的影响域慢慢向外扩展,在两个集水盆汇合处构筑大坝,即形成分水岭<sup>[3-4]</sup>。

由于噪声和暗纹理细节的影响,在图像中会存在大量的伪极小值,这些伪极小值在图像中产生相

应的伪集水盆地。因此,每一个伪极小值将和那些真正的极小值一起被作为一个独立的区域通过分水岭算法分割出来,最终造成分水岭严重的过分割问题。文中采用一种分水岭变换结合区域特征合并的图像分割方法,该方法能够有效降低分水岭变换产生的过分割现象。

## 1 分水岭变换

### 1.1 梯度运算

分水岭变换包括对灰度图像的分水岭变换和对梯度图像的分水岭变换,考虑到一般同一区域内灰度变化较小,不同区域边缘的灰度变化较大,且边缘的灰度变化差异较大,通常采用基于梯度图像的运算方法。

首先将灰度图像转换为梯度图像,采用灰度级的数学形态学梯度算子。选用形态学梯度算子是因为形态学梯度使输入图像灰度级的跃变更为急剧,与空域中模板求取的梯度相比,对称结构元素得到的形态学梯度对边缘的方向性依赖更小。具体的形态学梯度计算过程如下<sup>[5]</sup>。

$$g(x,y)=f(x,y)\oplus B(x,y)-f(x,y)\ominus B(x,y) \quad (1)$$

式中,  $\oplus$  为图像的膨胀;  $\ominus$  为图像的腐蚀;  $B(x,y)$  为结构元素。

选用的圆盘状结构元素具有各向同性,消除了梯度对边缘方向的依赖性;同时,为了避免梯度图像中产生过厚边缘造成的区域轮廓定位误差,应该选取半径较小的结构元素。

### 1.2 标记分水岭变换

标记分水岭变换是一种改进的分水岭变换,它在图像中设定标记,标记可以是点、线或者是一块区域,重要的不是标记的形状而是它的位置,每一个标记就代表图像中的一个最终分割区域。标记的选取成为决定分割效果的关键因素。对图像设置阈值,可以得到图中所有的低地,将这些低地作为标记进行分水岭变换,就可以得到最终的分割图。阈值的选择也是个值得斟酌的问题,对于图像分析或图像理解的分割,应该选择一致的标准,即均匀性值小于此标准的区域内任意两个像素之间的灰度差异用肉眼无法分辨<sup>[7]</sup>。分水岭变换示意图

见图1。

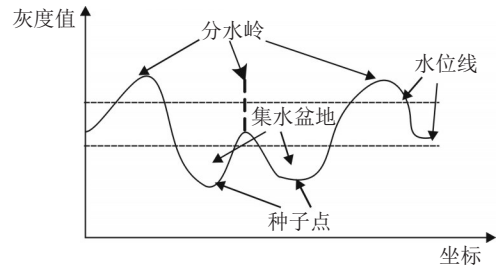


图1 分水岭变换示意图

## 2 区域特征合并

采用基于梯度修正后的分水岭变换能够有效地消除因噪声及细节纹理产生的过分割问题,但是仍存在边缘分割过多的现象。采用区域特征合并的方法,将所有标记的区域特征进行相似性判别,将特征近似的标记区域进行合并,减少目标标记区域。选取图像的纹理、灰度一致性及区域合并后的边缘平滑性作为区域合并的特征<sup>[8-9]</sup>。

### 2.1 纹理特征

一般来说,可以认为纹理由许多相互接近的、相互编制的元素构成,并具有周期性。所谓测量一个目标的纹理,就是找出像素中像素灰度级的特殊排列特征,以表示纹理在目标内的有效变化。在这里,在共生矩阵的基础上定义纹理对比度  $W_c$ ,以检测两个相邻区域内的纹理一致性<sup>[10]</sup>。

设  $S$  是目标区域  $R$  中具有特定空间联系的像素对的结合,基于共生矩阵  $P$ ,可以计算两个区域的纹理对比度为

$$X_1 = \sum_{g_1} \sum_{g_2} |g_1 - g_2| P(g_1, g_2) \quad (2)$$

式中,  $P(g_1, g_2)$  为共生矩阵  $P$  中各元素的取值,表示相应位置算子的联合分布。

### 2.2 灰度一致性

邻近区域的相近性主要反映在目标灰度的相似性。针对两个相邻区域  $A_i$  和  $A_j$ ,计算两个区域的灰度相似度<sup>[11]</sup>为

$$X_2 = \frac{R_i \cdot R_j}{R_i + R_j} [\mu_i - \mu_j]^2 \quad (3)$$

其中,  $R_i$  和  $R_j$  分别为区域  $A_i$  和  $A_j$  的面积,  $\mu_i$  和  $\mu_j$

为区域  $A_i$  和  $A_j$  的灰度均值。

### 2.3 边界平滑性

通常,一般的物体往往有光滑的边界,可选取边界的平滑度作为区域合并准则。为了利用边界信息,首先引入边界曲率比的概念<sup>[6,12]</sup>。

$A_i$  和  $A_j$  为图像中两个邻近的区域,这两个区域合并后产生一个新的区域  $A_k$ ,  $N_i$  和  $N_j$  为区域的边界,其中,  $N^i = \{(x_1^i, y_1^i), (x_2^i, y_2^i) \cdots (x_n^i, y_n^i)\}$ ,  $n$  为与第  $n$  个边界的像素数,  $(x_n^i, y_n^i)$  为第  $i$  个边界的第  $n$  个像素的位置坐标。这些边界的曲率按照下面公式计算。

$$k_i^j = \frac{\Delta x_i^j \Delta^2 y_i^j - \Delta^2 x_i^j \Delta y_i^j}{((\Delta x_i^j)^2 + (\Delta y_i^j)^2)^{1.5}} \quad (4)$$

式(4)中,  $\Delta x_i^j = x_{i+1}^j - x_{i-1}^j$ ,  $\Delta y_i^j = y_{i+1}^j - y_{i-1}^j$ ,  $\Delta^2 x_i^j = \Delta x_{i+1}^j - \Delta x_{i-1}^j$ ,  $\Delta^2 y_i^j = \Delta y_{i+1}^j - \Delta y_{i-1}^j$ , 引入式(5)计算两个邻近区域的平均曲率比如下

$$R_{u,v} = \frac{\frac{1}{N_w} \sum_{i=1}^{N_w} k_i^j}{\frac{1}{N_v + :N_u} (\sum_{i=1}^u k_i^u + \sum_{i=1}^v k_i^v)} \quad (5)$$

式(5)表示合并前后的区域平均曲率之比,如果  $R_{u,v}$  的分子大于分母,则意味着合并前的两个独立区域的边界比合并后的边界更光滑,在这种情况下,这两个区域没必要合并,相反,如果分母大于分子,则意味着合并后的区域结构更完整光滑,可以将这两个区域合并。

## 3 实验及结果分析

### 3.1 试验步骤

(1)将原始灰度图像转换为梯度图像;(2)对梯度图像进行开闭运算,消除明暗噪声及细节;(3)使用标记分水岭变换获取分割后的图像;(4)获取图像的纹理特征、灰度一致性及边界平滑度等特征;(5)利用空间几何分类器对特征矢量进行加权运算,对相近的区域进行合并;(6)输出区域合并后的图像。

### 3.2 结果分析

为验证算法的有效性,采用红外图像进行验

证,图像大小为  $384 \times 296$ ,如图2所示。并在 VC++ 6.0 平台下进行编程实现。

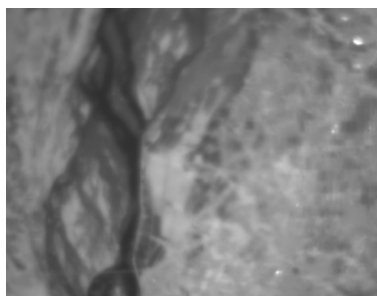


图2 原始图像

图3为采用传统分水岭算法处理后的结果,整幅图像被分割成932个小区域。可以看出,受到噪声及其他纹理的影响,出现过分割现象,如图像左侧的河流,即使灰度值相差很小的区域,都被分割成若干个小区域,分割效果不理想。

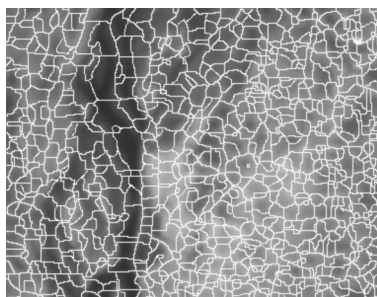


图3 传统分水岭算法处理结果

采用标记分水岭处理后,如图4所示。分割后的独立区域为520个。虽然某些区域仍存在过分割现象,但相对传统算法,分割精度有所提高。

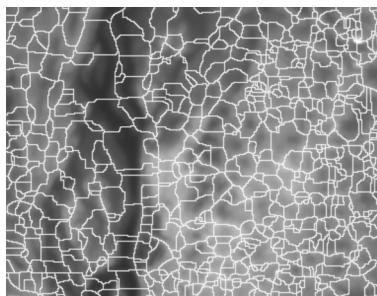


图4 改进分水岭算法处理结果

采用区域特征合并后,对具备相同纹理特征及灰度一致性的区域进行合并,同时,根据被合并区域的平滑度特性,将合并后平滑度较好的区域进行

(下转第51页)

磁兼容设计已不能满足要求,抑制电场辐射发射的设计需要采用综合化的手段进行。已有较完善的电磁兼容设计但仍未通过试验,应根据试验数据进行分析排查,找出问题所在,如文中通过分析计算选择适合补救措施,保证再次试验的顺利通过。

#### 参考文献

- [1] 郑军奇. EMC 电磁兼容设计与测试案例分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010: 187-188.
- [2] 陈伟化. 电磁兼容使用手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 154-156.

- [3] 白同云. 电磁兼容设计实践[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 106-110.
- [4] 张秋菊. 电子设备电磁兼容性分析与设计[J]. 光电技术应用, 2011, 26(3): 63-64.
- [5] 王培清, 李迪. 电子系统中噪声的抑制与衰减技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 90-95.
- [6] 孙京昇. 电磁兼容器件知识介绍[J]. 医疗器械导航, 2010: 5-6.
- [7] 程浩, 谢桂林. 开关磁阻发电机系统研究[J]. 电子技术学报, 2001: 16(6): 7-12.
- [8] 杨克俊. 电磁兼容原理与设计技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2011: 88-90.

(上接第29页)

合并,结果如图5所示。可以看出,合并后的区域特征相似性较好,较好地解决了传统图像分割算法存在的过分割现象。

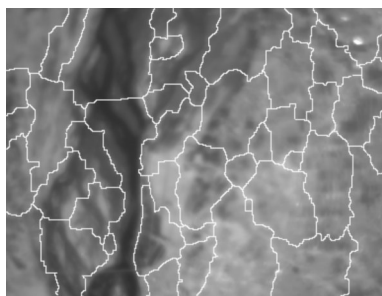


图5 区域特征合并后结果

## 4 结 论

采用的分水岭变换结合区域特征合并的图像分割方法,实现了对图像的自适应分割,较好地解决了传统方法存在的过分割现象。但是,采用目标区域平滑性合并方法存在将不同灰度特征区域合并的现象,如何实现该方法与图像灰度特征相结合是后期研究工作的重点。

#### 参考文献

- [1] RICHARD N, FRANK N. Statistical region merging [J].

- IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 26(11):1-7.
- [2] PAUL B, XHANG L, WUX. Canny edge detection enhancement by scale multiplication [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(9):1485-1490.
- [3] VINCENT L. Graphs and mathematical morphology [J]. Signal Processing, 1989, 16(4):365-388.
- [4] MEYER F. Topographic distance and watershed lines [J]. Signal Processing, 1994, 38(1):113-125.
- [5] 图像工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 399-427.
- [6] 卢中宁, 强赞霞. 基于梯度修正和区域合并的分水岭分割算法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30(8): 2075-2077.
- [7] 唐黎, 程胜. 基于分水岭与图像的自动分割方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2012, 38(5): 636-647.
- [8] 王振杰, 盛焕焯. 一种基于边缘梯度的图像分割方法[J]. 计算机应用研究, 2004, (4): 247-254.
- [9] 李苏祺, 张广军. 基于邻接表的分水岭变换快速区域合并算法[J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34(11): 1327-1348.
- [10] 杨海峰. 基于改进分水岭及区域合并的图像分割方法[J]. 微计算机应用, 2007, 28(11): 1132-1137.
- [11] 高红波, 王卫星. 一种二值图像连通区域标记的新算法[J]. 计算机应用, 2007, 27(11): 2776-2785.
- [12] 邵明, 徐向纭. 分水岭变换和统计区域合并的图像分割算法研究[J]. 中国计量学院学报, 2012, 23(4): 273-278.