

基于链码的分水岭和区域合并算法

陈建祥 静大海

(河海大学计算机与信息学院 南京 211100)

摘要: 为了对图像进行快速准确地分割,提出了一种新算法,以链码的形式实现分水岭算法及解决其分割后的过度分割问题。首先,根据传统链码的思想提出了指出链码和指入链码的思想。在灰度图像中,规定链码的指向规则进行区域分割,接着对分割后出现的小区域规定链码合并规则进行区域合并。最后,先用新算法和 VS 算法进行图像分割对比实验,再用新算法和 NGG 算法进行区域合并对比实验,并对新算法的实现效果和实现速度进行了分析。结果表明,新算法具有快速分割及合并的效果,且具有一定的准确性和可行性。

关键词: 图像分割; 分水岭; 区域合并; 链码

中图分类号: TP391.41 TN957.54 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Watershed and region merging algorithm based on chain code

Chen Jianxiang Jing Dahai

(Hohai University, College of Computer and Information, Nanjing 210000, China)

Abstract: In order to quickly and accurately segment the image, a new algorithm is proposed, which is based on the form of chain code to solve the excessive segmentation of the watershed algorithm. Firstly, according to the idea of traditional chain code, we put forward the outward chain code and the inward chain code. In the gray image, the rule of the chain code is defined, and it is used to segment the image. And then the rule of the chain code about merging of the small region that is arised after segmentation of the image is set. Finally, using the new algorithm and VS algorithm to segment image, and using the new algorithm and NGG algorithm to achieve the region merging, complete the analysis of result and speed of the implementation about the new algorithm. The results show that the new algorithm has the advantages of fast segmentation and merging, and it has a certain accuracy and feasibility.

Keywords: image segmentation; watershed; region merging; chain code

1 引言

传统的分水岭算法^[1]是由前人从大自然中山水的分布中启发得到的。将图像灰度化,然后根据得到的灰度值的大小及图像的横纵坐标,将图像看做空间中的一座山岭,其中灰度值的大小代表这座山岭地势的高低。然后往山岭中注水,最后山岭将这片水域划分成一些独立的区域,这些区域的交界处就是所说的分水岭。实现分水岭算法的过程有两种,一种是通过模拟浸水的方法来实现,另一种是通过模拟降雨的方法来实现。模拟浸水的方法是在山岭地势最低的地方开始让水慢慢浸入,随着水量的不断增多,然后开始向周围蔓延,最后在两个独立水域之间

构筑大坝,形成分水岭。模拟降雨的方法是以模拟降雨方式让水从山岭上面的空中落下,雨水在地势高的地方向地势低的地方流去,在山岭的高处开始分开流向不同的区域,雨水最终汇集到一个个独立的区域,将那些将雨水分开的高处标记起来,最后将它连接起来就形成了分水岭。基于链码^[2]的分水岭思想是受到雨水从高到低流下时所形成的一条条路径启发得到的。将流向同一个区域的所有路径连接起来就形成一个独立的区域。通过比较灰度值^[3]的大小来确定链码的指向,然后以链码的形式实现模拟降雨过程和区域合并过程来实现分水岭算法。其中灰度值可以看作地势的高低,链码可以看作水流的方向。

2 基于链码的分水岭算法^[4]

2.1 指出链码和指入链码^[4]的定义

指出链码是当前像素指向邻居像素的方向码。有 a, b, c, d, e, f, g, h, i 9 个指出方向, 其中 i 代表不指向任何邻居像素, 且一个像素点只能有一个指出链码。如图 1 中 (a) 所示。指入链码是邻居像素指向当前像素的方向码。有 A, B, C, D, E, F, G, H, I 9 个指入方向, 其中 I 代表没有邻居像素指向当前像素, 且一个像素点只能有一个指入链码。如图 1 中 (b) 所示。

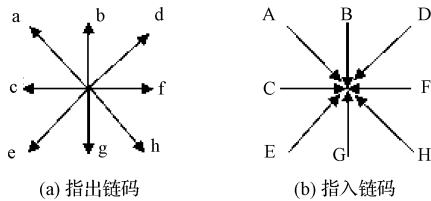


图 1 指出链码和指入链码示意

2.2 优先级原则

当几个邻居像素和当前像素的关系条件相同时, 当前像素按照 a, b, c, d, e, f, g, h 的先后顺序找到一个方向指向邻居像素。

2.3 最陡峭路径^[4]

当前像素到对应区域极小值点的像素串。如图 3 中像素 (1, 1) 的路径为 (10, 6, 5, 4)。

2.4 当前像素和邻居像素灰度值之间的关系

根据图片中像素点的灰度值将所有像素分成六个种类, 设当前像素灰度值为 P , 邻居像素灰度值最小值为 P_{\min} , 邻居像素灰度值最大值为 P_{\max} 。当前像素和邻居像素灰度值大小关系有 6 种 (如表 1 所示)。

表 1 当前像素和邻居像素灰度值之间的关系^[4]

关系类型	当前像素和邻居像素灰度值之间的关系
I 类	$P_{\min} < P < P_{\max}$
II 类	$P_{\min} < P = P_{\max}$
III 类	$P_{\min} = P = P_{\max}$
IV 类	$P_{\min} = P < P_{\max}$
V 类	$P_{\max} < P$
VI 类	$P < P_{\min}$

2.5 链码指向规则

1) 由于 I 类, II 类和 V 类像素的邻居像素中存在比当前像素灰度值小的像素, 则当前像素的链码指向邻居像素中灰度值最小的像素。如果满足条件的邻居像素不只有一个, 则按照优先级原则指向优先级最高的邻居像素。本文中使用的图 2 中的数据为例, 该图像大小为 15×15 , 各像素

的位置为 (i, j) , 其中 $1 \leq i < 15, 1 \leq j < 15$ 这幅图像中就包含了上述 6 种类型的像素, 例如, (2, 2) 像素属于类型 I, (3, 7) 像素属于类型 II; (6, 4) 像素属于类型 V。

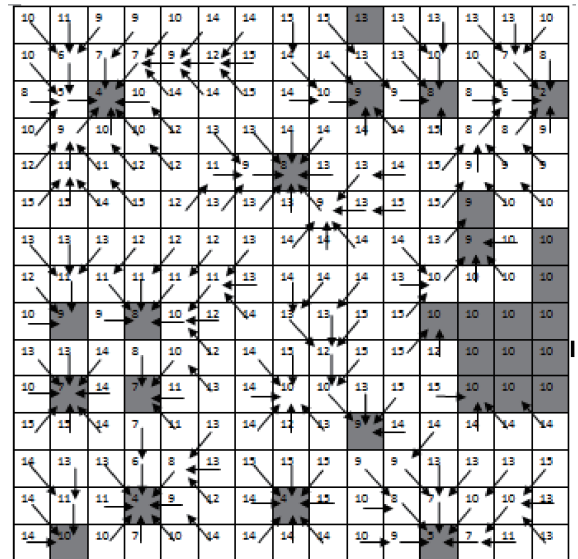


图 2 I 类, II 类和 V 类像素的指出链码及尚未生成指出链码的像素 (灰色标记区域)

2) 第 III 类像素中所有邻居像素与当前像素的灰度值相同, 当前像素应指向已规定链码指出方向的像素, 且此规定的链码指出方向不是指向当前像素。如果满上面的邻居像素有多个, 则按照优先级原则链码指向优先级最高的一个像素。如果有邻居像素的链码指向当前像素, 则当前像素的链码应指向没有标记指出链码且优先级高的像素。例如 (10, 14) 像素属于类型 III。

3) 第 IV 类像素中当前像素与邻居像素中的灰度值最小值相同。如果满足条件的邻居像素只有一个, 且这个像素的链码已被规定指向其他像素, 则当前像素的链码指向此邻居像素。如果满足条件的邻居像素有多个, 且有邻居像素的链码指向当前像素, 则当前像素的链码应该指向灰度值最小优先级最高的邻居像素。例如 (12, 4) 像素属于类型 IV。

4) 第 VI 类像素中当前像素比所有邻居像素的灰度值都小, 所以它是极小值。它不指向任何其他像素。例如 (3, 15) 像素属于类型 VI。

通过链码实现分水岭算法时, 从左向右, 从上到下依次对每一个像素进行扫描, 先找 I 类, II 类和 V 类像素, 然后再找出 III 类, IV 类及 VI 类像素, 标记出它们的链码指向。此时各类像素找出, 链码标记完成, 则各个区域分割完成, 以链码实现了分水岭算法, 达到了区域分割的目的。如图 3 所示, 将这个图像分成 7 个区域, 形成分水岭, 每一个区域有一个极小值像素, 在这个区域中所有的路径的终点都是这个极小值。

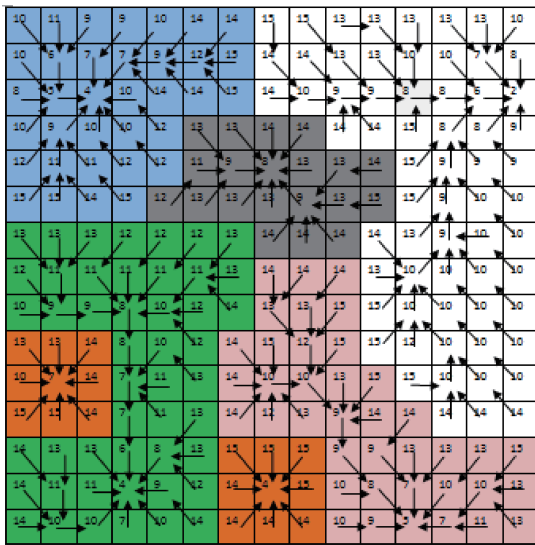


图3 所有像素的指出链码及所分割的各个区域

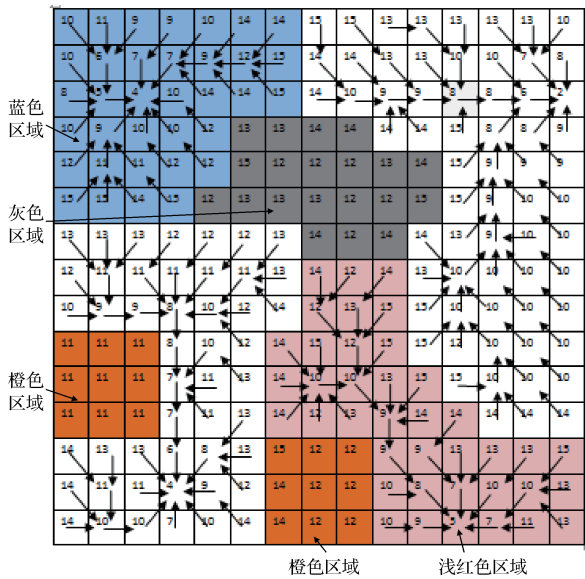


图4 改变需要合并的区域灰度值(橙色和灰色区域)

3 基于链码的区域合并算法

3.1 区域合并^[5]

分水岭方法作为一种经典的图像分割方法,它可以是图像分割非常彻底,但这也常常造成过度分割的现象,这是比较棘手的问题。因为刚开始在对图像处理的过程中由于外界环境的一些影响(比如噪声、光线等)所造成的。一些学者为了解决这个问题,提出了根据区域相似度^[6]和相同的区域块特征^[4]进行区域合并的算法,有较好的效果。此算法也是根据上面的区域相似原则来解决这个问题。对于面积设置一个阈值 h ,所有面积小于 h 的分割区域视为过度分割区域,将这些区域根据最大相似度^[7]找到与之差异度最小的区域^[8]进行合并或将它们合并到大的领域中。合并前首先计算出各个区域的平均灰度值。

3.2 基于链码的区域合并规则

1)如果符合合并条件的区域只有一个邻域,则将这个小区域的灰度值全部变为它的邻域的平均灰度值。如图4中左边的橙色区域为这种灰度值变换结果。

2)如果符合合并条件的区域有多个邻域,则选择一个相似度最高的邻域进行合并。以图4中灰色区域为例,灰色区域最大灰度值为15,浅红色区域的平均灰度值为12,它有4个邻域,假设它与下方浅红色区域的相似度最高,将它合并到浅红色区域中。在灰色区域中,先判断是否有以其他邻域中的像素(除浅红色区域外)为邻居像素的像素的灰度值小于12。如果没有,则将这些像素的灰度值保持不变,灰色区域中的其他像素灰度值全部变为12。如果有,则将这些像素中灰度值小于12的像素灰度值全部变成灰色区域中像素灰度值的最大值,例如像素(5,6)。将这些灰度值不小于12的像素灰度值保持不变,例如像素(4,6)。接下来将灰色区域中的其他像素灰度值全变为12,例如像素(5,7),(5,8)等。最后在浅红色区域中,找到

只以灰色区域的像素和浅红色区域的像素为邻居像素的像素(只有像素(8,9)),找到这些像素的最陡峭路径(只有路径(14,13,12,10,9,9,8,5)),将最陡峭路径中大于12的灰度值全变为12(变换后的路径(12,12,12,10,9,9,8,5)),且链码指向不变。图4中的灰色区域和最下方的橙色区域为这种灰度值变换结果。

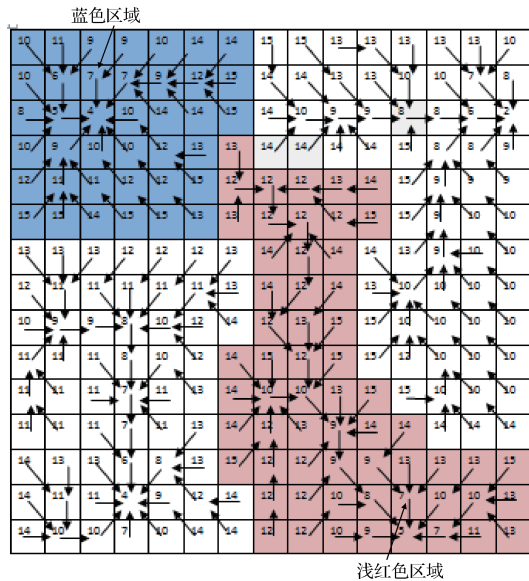


图5 合并后的区域分布图

3)将这些需要合并的区域按照上面的链码指向原则对这些需要合并的小区域每个像素进行规定链码指向可得到合并后的区域分布图,如图5所示为完成基于链码的区域合并。

4 实验

为验证本文算法效果,在 Visual C++ 6.0 平台对算

法进行实现。以图6中所示的图像来进行实验。将它灰度化,求取它们的形态学梯度^[9],然后在梯度图像上分别采用VS算法和本文的算法进行分水岭变换,实验结果如表2所示,分割的区域个数相同,但时间不同。这是由于VS算法需要对每一个像素进行排序,加大了算法的复杂程度。为了验证本文基于链码的区域合并算法的效果,在同一过度分割图像的基础上,将本文算法与NNG区域合并算法^[10]进行对比。实验结果如图7和图8所示,其中NNG算法只依据区域中各个像素灰度值的不同,通过迭代的方法进行合并,而本文合并算法通过多次小区域之间合并和多次大小区域之间的合并得到结果。两种算法以设定的相同合并区域数目结束。从实验结果可知,本文算法合并的用时较短合并速度较快,但合并的效果不如NNG算法的效果好,这是由于本文的算法在合并时一些小的区域可能合并错误,从而导致了合并的区域相同但效果不太好的结果。这是本文的算法有待改进的地方。



图6 原图

表2 基于链码的算法和VS算法对比数据

算法/比较参数	分割区域块数	时间/ms
VS算法	5 204	156
本文算法	5 204	98

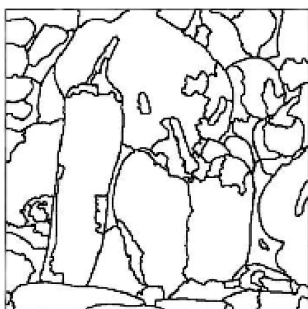


图7 NNG算法区域合并结果耗时1.03 s

5 结论

本文提出了基于链码的分水岭变换和区域合并算法,用于解决分水岭算法中的过度分割问题。实验结果验证了该算法的时间复杂度小,运行时间快的优越性,且有一

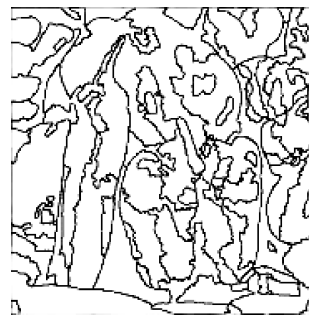


图8 基于链码的区域合并结果耗时0.52 s

定的可行性。但合并效果不太好,在合并过程对区域相似度形成的各种条件和情况判断有所欠缺,导致小区域合并时正确率不够高,算法不够智能,这是在接下来的工作中有待解决和探讨的问题。

参考文献

- [1] 高丽,杨树元,李海强.一种基于标记的分水岭图像分割新算法[J].中国图像图形学报,2007,12(6):1025-1032.
- [2] 邓伟,何云飞.基于改进链码的新型手形图像分割方法[J].电子测量技术,2013,36(1):51-54.
- [3] 冯林,孙焱,吴振宇,等.基于分水岭变换和图论的图像分割方法[J].仪器仪表学报,2008,29(3):649-653.
- [4] 杨骥,叶龙.基于链码的分水岭算法在图像分割中的应用[J].中国传媒大学学报,2008,15(2):47-76.
- [5] 李小红,武敬飞,张国富,等.结合分水岭和区域合并的彩色图像分割[J].电子测量与仪器学报,2013,27(3):247-252.
- [6] 朱平哲.一种相似区域合并的分水岭路面裂缝图像分割方法[J].轻工科技,2014,189(8):89-90.
- [7] NING J F, ZHANG L, ZHANG D, et al. Interactive image segmentation by maximal similarity based region merging[J]. Pattern Recognition, 2010, 43(2):445-456.
- [8] 孙惠杰,邓廷权,李艳超.改进的分水岭图像分割算法[J].哈尔滨工程大学学报,2014,35(7):857-864.
- [9] 卢中丁,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.
- [10] 李健宏,付淇.一种基于图的分水岭区域合并算法[J].南昌大学学报,2009,33(2):200-204.

作者简介

陈建祥,1992年出生,男,山西,硕士研究生,主要研究方向为图像处理。

E-mail:1343949022@qq.com