

HSI 和区域生长结合的火灾图像分割方法

梁 杰,张丽红,李 林

(山西大学 物理电子工程学院,山西 太原 030006)

摘 要:森林火灾图像分割是火灾特征和识别的重要前提,其分割结果将直接影响到火灾识别的准确率。针对常用的图像分割方法进行了分析,在此基础上提出了 HSI 模型和区域生长结合的森林火灾图像分割方法。该方法首先将原图像转换到 HSI 空间,提取图像中 H、S、I 分量;然后在原图像中选取种子,并对其 H、S、I 分量图像进行区域生长;最后对各分量区域生长后的图像进行合并,最终得出分割图像。并与常用分割方法仿真结果进行了比较,试验结果表明:该算法对森林火灾分割精度高、抗扰性好且应用范围广泛,对森林火灾分割、识别具有重要意义。

关键词:HSI;区域生长;图像分割;森林火灾

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)01-0191-04

Research on Image Segmentation of Fire Based on HSI and Region Growing

LIANG Jie, ZHANG Li-hong, LI Lin

(Department of Physics and Electronics Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The image segmentation of forest fires is the major premise of extraction and recognition of fire and its result affects accuracy of fire identification directly. Common image segmentation methods are analyzed and a new image segmentation method based on HSI and region growing is put forward. First, convert the original image into HSI space and extract H, S and I component of the image separately. Then, choose the seed in original image and do region growing to its H, S and I component. At last, combine each image of regional growth and the image segmentation image is obtained. The new method is compared with the common segmentation method. The simulation result indicates that the new method has better performance of forest fires segmentation accuracy approaching and immunity, is important for forest fire segmentation and recognition.

Key words: HSI; region growing; image segmentation; forest fire

0 引 言

图像分割是指把图像分成各具特殊意义的区域并提取出感兴趣目标的技术和过程,满足灰度、纹理、彩色等特征的相似性。图像分割算法是基于图像灰度的不连续性和图像灰度的连续性。其中不连续性是指图像灰度不连续性,连续性则是按照事先制定的准则把图像分割成相似区域^[1-3]。

现有的火灾识别方法可靠性低、适用范围有限,存在许多待研究的问题,发生火灾到一定程度后,探测器才能感应,不能达到早期报警,并存在众多干扰导致的误报、错报等。图像型火灾识别技术能准确、及时对火灾进行正确地识别,在森林火灾发生初期对火灾进行

识别报警,使损失达到最小化^[4]。火灾图像分割是火灾特征提取和后期识别的前提,火灾图像分割结果将直接影响着后期火灾正确识别率的高低。如何准确、快速的将所需要的火焰区域分割出来是我们研究的内容。目前针对火灾图像的分割有:基于阈值分割、基于区域生长、感兴趣区域提取、模糊聚类^[5]。但这些方法大多针对灰度图像的,而在实际应用中,由于森林火灾图像色彩信息丰富,过早灰度化会失去大量的色彩信息,对分割后结果影响很大,所以我们采用彩色图像处理能较好地分割出火焰部分。

1 森林火灾图像分割常用方法

1.1 最大类间方差阈值法

阈值分割的基本思想是确定一个阈值,然后把每个像素点的灰度值和阈值比较,根据比较的结果把该像素划分为两类——前景和背景。

最大类间方差的阈值法,也叫 Otsu 法,它是阈值

收稿日期:2011-06-04;修回日期:2011-09-15

基金项目:山西省高校高新产业化项目(2010002)

作者简介:梁 杰(1985-),男,山西临汾人,硕士研究生,主要研究方向为图像处理与模式识别;张丽红,副教授,主要研究方向为图像处理与模式识别。

选取的最优方法,其基本思想就是确定一个阈值将图像分成前景和背景两类,通过使两类的类间方差达到最大值来确定最佳阈值。这种方法通常以图像中的灰度为模式特征,假设各模式的灰度是独立分布的随机变量,并假设图像中待分割的模式服从一定的概率分布。一般来说,采用的是正态分布,即高斯概率分布^[1,6]。

1.2 区域生长法

区域生长是根据事先定义的准则将像素点或者子区域聚合成更大区域的处理方法。区域生长方法的基本思想是将具有相似的单个或者一组生长点开始生长,将与该生长点相同或相似的像素点进行合并,形成新的生长点,重复上述过程直到不能生长为止。实际应用中,区域生长算法一般需解决三个关键问题:(1)选择合适的生长点;(2)制定相似性准则(生长准则);(3)制定生长停止准则^[3]。一般来说,在无像素或者区域满足加入生长区域的条件时,区域生长就会停止。

1.3 彩色模型的森林火焰图像分割

前面研究的阈值分割法、区域生长法适用于色彩信息单调的火灾图像,并且都是在灰度化基础上进行图像的火焰分割。但是对于色彩信息丰富的火灾图像,过早灰度化会丢失大量彩色信息,不利于排除高亮物体等干扰,如灯光、森林中发黄的树叶、高亮度射线。所以充分利用森林火灾中的色彩信息来提高森林火灾中火焰分割准确率是十分必要的。彩色图像分割需要在特定的颜色空间内进行,选择何种颜色空间将直接影响分割效果。我们将从两类颜色空间进行实验来分析它们分割森林火灾图像效果的利弊。

1.3.1 基于 RGB 模型的图像分割

RGB 模型是最常见到的彩色模型,是通过将红(Red)、绿(Green)、蓝(Blue)三中颜色的相互叠加后得到各种各样的颜色^[5,6]。基于 RGB 模型的图像分割是利用图像中前景与背景在色彩上的特征差异来分割图像的方法。对于色彩信息丰富的森林火灾图像,火都是红色或偏红色,色彩特征很明显,与背景中的烟雾、树木色彩差异很大。所以根据 RGB 颜色特征进行火灾图像分割是可行的。文献[6,7]中总结出在森林火灾空间中 RGB 模型满足:

(1) 火焰像素点的各颜色分量满足关系:

$$R(x, y) \geq G(x, y) \geq B(x, y)$$

(2) 火焰的红色分量大于某个阈值^[6]:

$$R(x, y) > Th$$

(3) 火焰像素点的亮度大于给定的阈值,即满足以下公式^[7]:

$$Y = 0.299R(x, y) + 0.587G(x, y) + 0.114B(x, y) \quad (1)$$

红色饱和度^[8]:

$$R_s = \frac{R(x, y)}{R(x, y) + G(x, y) + B(x, y)} \quad (2)$$

其中 R_s 为图像中任意点的像素。

根据大量实验发现,某一点的平均亮度大于 150 以及 $R_s \geq 0.34$ 时可以把该点判断为疑似着火点。

根据以上提出的图像红色饱和度和亮度两个特征对多幅色彩信息丰富的森林火灾图像进行分割实验,最后取亮度 $180 \leq L \leq 255$,红色饱和度 $0.25 \leq r \leq 1$,所得出的分割效果较好。

1.3.2 基于 HSI 模型的森林火焰图像分割

HSI 模型是从人的视觉系统出发,直接使用颜色三要素色调(Hue)、饱和度(Saturation)和亮度(Intensity)来描述颜色。在众多的颜色模型中,HSI 模型成功的模拟了人类的颜色视觉特性。亮度是人眼感光的亮暗程度,光的能量越大,亮度就越大。所以光照明暗给物体颜色带来的直接影响是亮度分量 I ,其与其他彩色信息无关;而 HSI 空间的亮度(I)和色度(H)具有可分离特性,使图像处理和机器视觉中灰度处理算法大部分在 HSI 空间中使用^[9-11]。

在 HSI 彩色空间中, H, S, I 这三个分量之间的相关性比 R, G, B 三个分量之间要小得多,由于 HSI 彩色空间的表示更接近人眼的视觉生理特性,人眼对 H, S, I 变化的区分要比 R, G, B 变化的区分能力强。此外在 HSI 空间中彩色图像的每一个均匀性彩色区域都对应一个相对一致的色调(H),这说明色调是独立变化的,可以被用来进行独立于背景的彩色区域的分割。

从 RGB 空间到 HSI 空间通过一个简单的非线性变换,便实现转换;转化公式如下:

$$H = \begin{cases} \theta, & (B \leq G) \\ 360 - \theta, & (B > G) \end{cases} \quad \text{其中 } \theta \in [0, 2\pi]$$

$$\theta = \arccos \left[\frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - G)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3)$$

$$\text{饱和度分量: } S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \quad S \in [0, 1] \quad (4)$$

$$\text{亮度量: } I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad I \in [0, 255] \quad (5)$$

假定 RGB 值归一化为 $[0, 1]$ 范围内,色调可以用(1)得到的值除以 360 归一化为 $[0, 1]$ 范围内,而 S, I 分量已经在 $[0, 1]$ 范围之内。

在 HSI 颜色模型上进行火灾图像分割,许多研究人员进行了大量的研究。依据 W. B. Homg 和 Tai-Fang Lu^[6,8,12] 提出经验阈值基于森林火灾的火焰分割做了大量实验,根据图像色彩信息、亮暗程度不同,大

致总结为两类,如表 1 所示。

表 1 火焰颜色、亮度、饱和度阈值范围

阈值取值	$0 < H < 0.17$	$0.2 < S < 1$	$120 < I < 255$
较亮环境	$0 \sim 60^\circ$	$0.4 \sim 1$	$127 \sim 255$
较暗环境	$0 \sim 60^\circ$	$0.2 \sim 1$	$100 \sim 255$

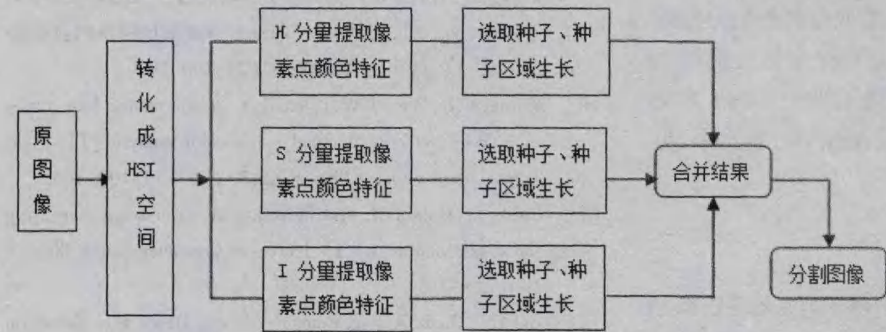


图 1 对不同分量进行区域生长的算法流程图

需要强调的是,HSI 空间分割火焰与 RGB 空间分割火焰方法相似,都是在做了大量试验后得出分割火焰的阈值范围,但是某一阈值并不是对所有森林火灾图像都适用,所以对于不同背景的火灾图像,需要不断调整阈值,使分割达到最佳效果。

2 基于 HSI 模型的算法改进

在 HSI 模型分割方法中,是把一幅图像分成三个分量,分别取阈值,得出分割结果,最后合并得出图像,具有一定的局限性:对于背景不同的图像需要不断的调整阈值,才可使分割达到最佳效果;对于火焰中心的颜色泛白的图像,用 HSI 模型是无法分割出来的;由于阈值选取的局限性,使分割出来的火焰图像具有间断性,火焰周围造成很多噪点;对下一步的特征提取和识别造成不小的误差。

根据彩色图像的分割策略,当对彩色图像的分割在 HSI 空间进行时,由于 H 、 S 、 I 三个分量是相互独立的,所以我们将 3-D 搜索问题转化为 1-D 搜索,下面

介绍一种对不同分量进行分割的方法,流程图如图 1 所示。

从以上流程图可以看到,对火灾图像分割过程的三个主要步骤:

- (1)将原图像(RGB 空间)转换到 HSI 空间。
- (2)提取图像中 H 、 S 、 I 分量,分别对 H 、 S 、 I 提取图像的像素点特征,选取种子并对种子区域生长。
- (3)对各分量区域生长后的图像,进行合并结果,最后得出分割图像。

3 实验仿真

对常用的分割方法和所提出的 HSI 模型及区域生长相结合的方法进行了仿真,仿真结果如图 2 所示。

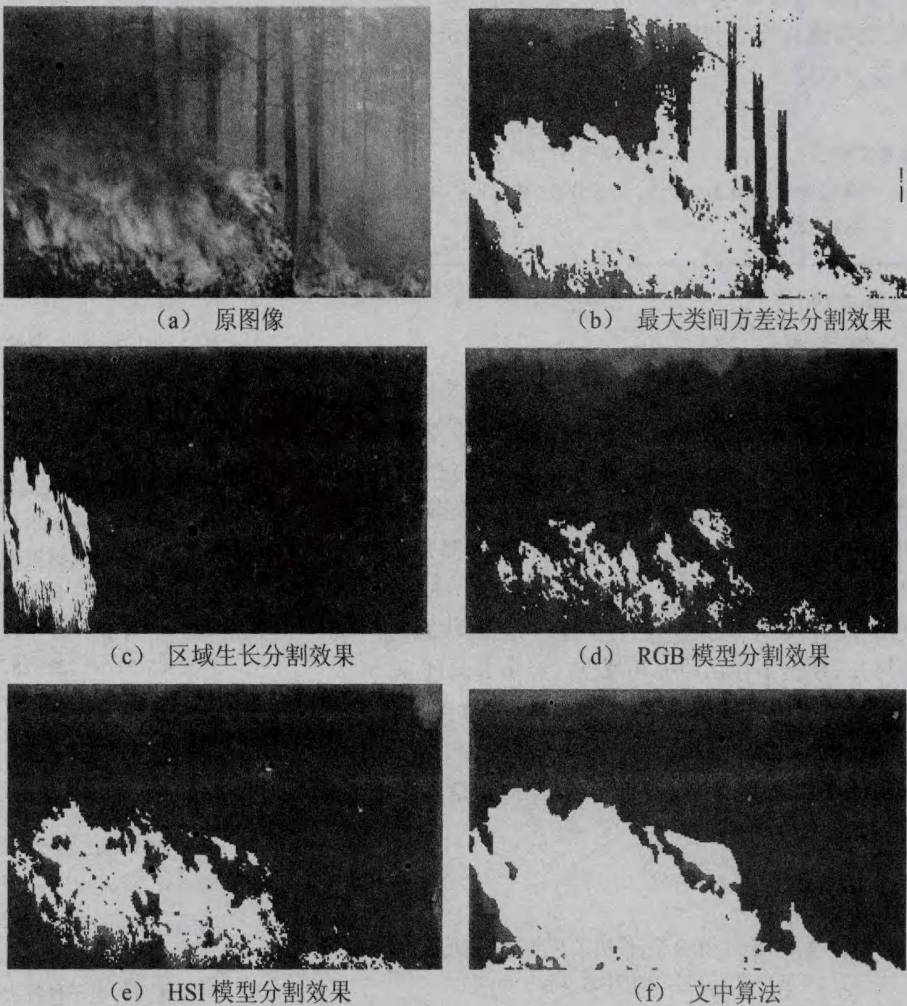


图 2 仿真结果

其中,图 b 中可以看出,由于图像色彩信息丰富,图像右侧较亮区域不能准确地分割出火焰。图 c 只分割出部分火焰,由于原图像火焰连通性不强,右侧火焰

部分被误认为是背景,故最大类间方差法和区域生长法不能满足分割的需求。图 d,红色饱和度和亮度是选取了一段区间的阈值,不断调整阈值能使结果不断的变化,但是始终只能分割出部分火焰,造成了分割出火焰区域不连通,为后续的火灾识别增加了难度,可见直接利用 R 和 I 分割火焰图像不能取得理想的分割效果。图 e 提取出大部分火焰,但是高亮度的火焰被误认为背景且连通性不强,分割效果不理想。图 f 为文中算法,准确地将火焰区域从背景图像中分割出来,为今后的火焰识别打下基础。

4 结束语

文中提出 HSI 模型和区域生长结合的火焰分割方法,有效结合了 HSI 模型和区域生长分割方法的优点,使火焰准确、完整的从背景图像中分割出来,使图像分割结果更符合实际分割需求。但是对分割策略时间的复杂度没有做深入的研究,若要应用到森林火灾预测中,要考虑此算法的实时性。因此文中的研究还有待于进一步完善。

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像工程(中册)图像分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

(上接第 190 页)

5 结束语

文中基于 Agent 建模理论,对机场相邻停机位航空器推出过程建模,并用面向对象 Petri 网描述多 Agent 系统模型。在建模过程中考虑了推出过程中可能遇到的冲突,通过计算最小安全推出时间间隔 t ,控制相邻机位的航班实际推出时间和顺序,既满足优先级高的航班正点执行,又使所造成的航班延误时间最短,使用 CPN Tools 对模型进行仿真分析,由状态空间数据可知,模型不存在冲突和死点。经仿真验证,航班按照实际推出时间推出,不存在推出冲突,并且推出延误时间最短。建模时没有考虑进场航空器占用滑行道对推出航空器的影响,这涉及到停机位的预指派问题,是今后研究的重点方向。

参考文献:

- [1] 高 强,唐小卫,朱金福. 停机区推出共用停止点设计优化[J]. 交通信息与安全,2009(6):156-160.
- [2] 何小苑. 基于面向对象着色 Petri 网的多 Agent 系统建模[J]. 计算机与现代化,2008(11):3-4.
- [3] Nowostawski M, Purvis M, Cranefield S. A layered approach for modelling agent conversations[C]//Proceedings of the 2nd International Workshop on Infrastructure for Agents,

- [2] Gonzalez R C. Digital Image Processing Using MATLAB[M]. Beijing:Publishing House of Electronics Industry,2009.
- [3] 张 铮,王艳萍,薛桂香. 数字图像处理与机器视觉[M]. 北京:人民邮电出版社,2010.
- [4] Wang H H, Fan W C. Progress and problems of fire protection in china[J]. Fire Safe Journal,1997,28:191-205.
- [5] 杨旭强,冯 勇,刘洪臣. 一种基于 HSI 颜色模型的目标提取方法[J]. 光学技术,2006,32(2):290-292.
- [6] Horng W B, Peng J W, Chen C Y. A new image base real-time flame detection method using color analysis[J]. IEEE Transaction on Image Processing,2005,43(1):100-105.
- [7] Celik T, Demirel H. Fire detection in vedio sequences using statistical color model[J]. Journal of Computer Vision,2006,2(4):213-216.
- [8] Celik T, Ma Kaikuang. Computer Vision Based Fire Detection in Color Images[J]. Pattern Recognition,2008,34(12):258-263.
- [9] 刘红霞. 图像分割算法的研究与实现[D]. 上海:华东师范大学,2004.
- [10] 高 娜,董爱华. 火灾探测中火焰图像分割方法研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版),2008,27(1):17-21.
- [11] 胡 博. 彩色图像分割算法研究[D]. 成都:电子科技大学,2009.
- [12] Neil Y. Fire detection and alarm systems[J]. Fire Prevention and Fire Engineers Journals,2004(5):53-55.

MAS, and Scalable MAS. Montreal, Canada: [s. n.], 2001: 163-170.

- [4] 王文杰,叶世伟. 人工智能原理与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2004:251-252.
- [5] 袁抗萍,肖登海,连向磊,等. 一种新的基于 Agent 的体系结构[J]. 计算机技术与发展,2010,20(1):50-53.
- [6] 邓远红,郭 峰,姚淑珍. 基于 Petri Net 的多 Agent 系统建模[J]. 计算机工程与应用,2003,39(31):73-76.
- [7] 陈为雄. 基于 Petri Nets 的 BDI Agent 模型[J]. 计算机工程,2005,31(3):23-25.
- [8] 袁崇义. Petri 网原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [9] Jensen K. Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use Vol. 1, Basic Concepts[M]. [s. l.]: Springer Verlag,1992.
- [10] 胡晓辉,周兴社,党建武. 基于 Petri 网的实时多智能体系统建模[J]. 计算机应用,2004(8):86-88.
- [11] 于振华,贾俊秀,蔡远利. 基于 Petri 网的多 Agent 系统设计与实现[J]. 电子科技大学学报,2007,36(3):517-520.
- [12] Jensen K, Kristensen L M, Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems[J]. International Journal on Software Tools for Technology Transfer (STTT),2007,9(3):213-254.