

# 基于哈希编码的无线多媒体传感网络森林火灾图像识别算法

常晓敏<sup>1</sup> 赵涓涓<sup>1</sup> 葛磊<sup>1</sup> 强彦<sup>1</sup> 史曜华<sup>2</sup>

(太原理工大学计算机科学与技术学院 太原 030024)<sup>1</sup> (西安电子科技大学通信工程学院 西安 710071)<sup>2</sup>

**摘要** 针对无线多媒体传感网络在森林火灾监测应用中存在的问题,提出了基于图像哈希编码技术的森林火灾识别算法。首先,建立森林火灾图像的图像库,提取火焰图像的一系列静态和动态特征,通过哈希函数对其特征向量进行计算得到对应的哈希码,从而得到图像库对应的哈希码库。其次,计算被识别图像的哈希码,并通过计算汉明距离与哈希码库进行匹配,得出与其最相近的图像,从而得出是否有火灾发生。实验结果表明,该算法的火焰识别准确率达到94.12%,高于SVM、BP神经网络和稀疏表示的火焰识别算法,且减少了网络中因图像传输而产生的能量消耗,提高了网络带宽的使用率。

**关键词** 林火监测,无线多媒体传感网络,火焰识别,图像哈希编码

**中图分类号** TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.5.060

## Forest Fire Image Recognition Algorithm Based on Wireless Multimedia Sensor Network of Hash Coding

CHANG Xiao-min<sup>1</sup> ZHAO Juan-juan<sup>1</sup> GE Lei<sup>1</sup> QIANG Yan<sup>1</sup> SHI Yao-hua<sup>2</sup>

(College of Computer Science and Technology, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)<sup>1</sup>

(School of Telecommunications Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Aiming at the existing problems about the application of the wireless multimedia sensor network(WMSN) in the forest fire monitoring, we proposed a forest fire recognition algorithm based on the mage hash code technology. First, we built the database of forest fire image and got database of corresponding hash code. Through extracting a series of static and dynamic characteristics of the flame image, we computed characteristic vector generation with the hash function to get the corresponding hash code. Second, we computed the hash code of the identified image, matched the image by calculating the hamming distance between the identified image and the image of database, and got the most similar image with the identified image, obtaining the conclusion of the presence of fire or non-fire. The experimental results show that the accuracy of flame recognition of this algorithm is 94.12%, and it is higher than other flame recognition algorithms based on the SVM, BP-neural network and sparse representation. Besides, this algorithm reduces the energy consumption of image transmission in WMSN, and improves the use efficiency of the network bandwidth.

**Keywords** Forest fire monitoring, Wireless media sensor network, Fire recognition, Image hash coding

## 1 引言

由于森林火灾的发生会产生巨大的损害且具有突发性,其已被认为是主要的自然灾害之一<sup>[1]</sup>。森林火灾不仅会毁坏森林,降低木材资源的数量和质量,杀死大量的野生动物,打破森林生态系统的平衡,还会威胁到人类的生命和财产安全<sup>[2]</sup>;而且,森林火灾具有突发性强、毁灭性高、扑救难度大等特点,一旦火灾发生,造成的损失是相当大的。因此,探索先进的监测手段有利于及早发现森林火灾,从而采取有效、科学的防护、扑救手段和措施<sup>[3]</sup>。

目前,大多针对森林火灾的监测系统是基于物联网技术而设计的,包括基于节点传感系统和火灾图像识别两个方面<sup>[4]</sup>。基于无线传感网络的方案主要是将传感器节点分布到森林的各个地方,每个传感器节点包括温度、湿度、红外等传

感器,通过无线网络将传感器节点处的传感器数据传送到簇头节点,簇头节点将传回的数据包进行处理,判断是否有火灾发生,最后将结果传到 sink 节点<sup>[5]</sup>;基于无线多媒体传感网络的火灾图像识别的方案主要是通过摄像头将其采集到的森林图像传回到 sink 节点,然后在 sink 节点对图像进行分析和处理,判断是否有火灾发生<sup>[3]</sup>。其中,基于无线传感网络的方案会受到森林中噪声的严重干扰而无法正常工作;而基于无线多媒体传感网络的火灾图像识别的方案则是因为传输图像的过程中占用的带宽较大,能量消耗较大。因此这两种方案没有兼顾到提高准确率和减少能量消耗等方面的问题。

本文针对上述两种方案的弊端和森林火灾的特点,基于无线多媒体网络提出一种在多媒体摄像头传感器节点处对摄像头采集到的图像特征进行编码处理的方案。该方案只需将特征编码传输到 sink 节点,在 sink 节点处再根据这些编码判

到稿日期:2015-05-08 返修日期:2015-07-12 本文受国家自然科学基金(61202163,61373100),山西省科技攻关项目(20120313032-3),虚拟现实技术与系统国家重点实验室(BUAA-VR-15KF02)资助。

常晓敏(1990-),女,硕士生,主要研究领域为物联网、无线传感网络,E-mail:lanmeimin@163.com;赵涓涓(1975-),女,副教授,CCF会员,主要研究领域为人工智能、图像处理、物联网、无线传感器网络等;葛磊(1990-),男,硕士生,主要研究领域为图像处理、无线传感网络等;强彦(1969-),男,教授,主要研究领域为云计算、图像处理、人工智能等;史曜华(1993-),男,主要研究领域为图像处理、计算机视觉等。

断有无火灾发生,这样可以大大减少信息传输过程中的能量消耗。其具体思想是:在节点处对摄像头采集到的图像进行特征提取(包括静态特征和动态特征)并量化,从而构成特征向量;然后通过哈希函数对特征向量或特征矩阵进行哈希编码;最后将这些编码通过哈希码进行检索匹配,最终判断出是否有火灾发生。本方案主要利用哈希编码技术来提高森林火灾图像识别的准确率,减少图像传输过程中的能量消耗,延长网络的使用寿命,增加网络带宽的使用率。

本文第2节是相关工作,介绍了森林火灾检测的相关研究内容;第3节描述了本文提出的整体框架以及问题的描述和公式表达;第4节搭建了实验的模拟环境并展示了实验结果;最后得出了实验结论并提出下一步的计划。

## 2 相关工作

无线多媒体传感器网络(Wireless Multimedia Sensor Networks, WMSNs)是由一组具有计算、存储和通信能力的多媒体传感器节点组成的分布式感知监测网络。图像作为WMSNs的感知对象之一,具有数据量大、内存需求高以及复杂度大等特点,因此在传输前需要对图像进行处理。图像处理的一般步骤:(1)将采集到的原始图像进行去噪和增强;(2)将去噪和增强后的图像分割出候选区域;(3)提取候选区域的特征;(4)根据所提取的特征对图像进行分类。

根据图像处理的一般步骤,文献[6]基于RGB/HIS的颜色模型,通过分析火焰的动态特征确定是否有火灾发生。然而,该方法的决策规则不能很好地通过连续两帧图像之间的差异区别出真实的火焰,因为会受到移动噪声的影响。文献[7,8]中,火焰的边界属于小波域,其通过提取火焰区域边界的高频特征来表示火焰空间模型的闪烁特征,得到了理想的结果。文献[9]提出了利用基于视觉的传感器和支持向量机的方法进行火灾的监测。在该方法的研究中,提出使用支持向量机的非线性分类方法和发光地图的方法,得出了有良好鲁棒性的火灾监测结果。文献[10]提出了基于颜色特征提取候选火灾区域的火灾探测概率模型;此外,从火灾候选区域提取4种特征,分别是火焰面积、表面粗糙度、边界粗糙度和偏态系数。将这些特征通过贝叶斯分类器区分出有火和无火。

近年来,许多学者对WMSNs的图像处理进行了大量研究。如Wang Pu等人[11]提出了基于信息熵差异测量方案和分布式多簇编码协议的图像压缩框架,旨在最大程度提高对WMSNs视觉信息的整体压缩,能够减少20%~30%的总编码率。罗晖等人[12]利用WMNS图像内在的稀疏性和结构特征,提出一种新的基于稀疏表示的图像融合方法,并将其应用于WMNS红外和可见光图像融合中;采用这种图像融合方法,能在保证全天候监测的同时,减少数据传输量。Zhang zhen-jiang等人[13]提出了一种基于信息融合的用于减少传输数据量的机制。该机制在上传处理后的数据与上传原始数据之间进行切换。根据用户需求上传合适的数据,其查询精度优于上传所有的原始数据。Luo Hui等人[14]提出了基于稀疏表示的稀疏去噪算法。该算法基于CSR去噪算法,结合灰度相似性和几何结构相似性,能在资源受限的条件下有效地减少噪声,并且保留了有用信息。

图像哈希[15]是图像数据的一种紧凑表达,可用于基于内容的图像检索。图像哈希技术由于其存储量小、检索速度快且可以大量减少信息传输过程中的能量消耗,因此可以被应用在森林火灾监测中。最早将哈希技术应用在图像检索领域

的是Piotr Indyk等人于1998年提出的局部位置敏感哈希方法[16]。另外,样本之间的相似性可以通过哈希码之间的汉明距离进行衡量。文献[17]中提出了一种有监督的核哈希方法,其目标函数能够巧妙地处理哈希码的内积,从而可以更有效地优化汉明距离。文献[18]中提出了一种高效的基于主成分分析的无监督哈希技术方法来获得可扩展的图像检索,通过公共数据集和标准评估方法证实,在几乎不损失准确率性能的情况下,该方法可以实时地处理百万级别的图像知识库。因此,本文将图像哈希技术运用到森林火灾图像识别中。

本文根据火灾图像处理的一般方法,结合哈希编码在图像检索和匹配中的应用,将哈希编码技术运用到火灾图像识别中。首先提取火灾图像的静态特征和动态特征,并将其特征量化为特征向量,然后通过哈希函数进行哈希编码,最后通过计算其与火灾图像库中的哈希码的汉明距离,得出是否有火灾发生的结论。

## 3 基于哈希编码的火灾监测算法的总体框架

### 3.1 系统的整体框架

本文依据图像哈希技术,建立森林火灾图像的快速检索匹配系统。该系统主要包括两部分:线下学习和在线查询。线下学习主要是通过火灾视频数据库中的训练集,提取火焰图像的一系列特征,并将这些特征组成的特征向量或者特征矩阵通过哈希编码技术压缩成二值码表示,从而形成森林火灾火焰图像对应的哈希码库。在线查询部分将采集到的森林火灾图像通过提取相应的特征和运用哈希函数转化为对应的哈希码,然后在哈希码空间通过距离测度检索出最相近的火焰图像,从而得出是否有火灾发生。系统的整体框架如图1所示。

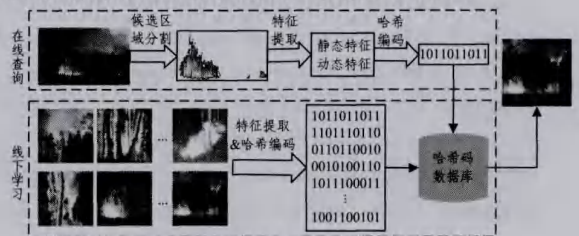


图1 系统的整体框架

### 3.2 图像哈希编码技术

图像哈希编码技术是将欧氏空间的高维数据映射到低维的二值空间中。假设输入一个 $n$ 维的向量 $X=[x_1, x_2, \dots, x_n] \subset R^d$ ,如果期望的二值空间的维数为 $b$ ,则需定义 $b$ 个哈希函数 $\{h_1, h_2, \dots, h_b\}$ ,每个哈希函数 $h_i$ 都是一个二值函数, $b$ 个哈希函数可将一个 $n$ 维的向量 $X$ 映射成 $b$ 维的二值码 $H_i \in \{0, 1\}^b$ ,也称为哈希码[10]。

完整的图像哈希编码算法可以由两部分构成,分别是生成算法和匹配算法。图像哈希编码的生成算法就是提取的图像特征并将其编码为简短的二值码,即通过哈希函数将表示图像的特征向量转换成0/1码串表示。生成算法由特征提取和量化编码两部分组成,如图2所示。

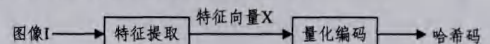


图2 图像哈希编码技术生成算法示意图

本文定义哈希函数的形式如式(1)所示:

$$h(x) = \text{sgn}(\omega^T x + t) \quad (1)$$

式中, $x \in R^d$ 是原始空间中提取的图像特征组成的特征向量, $\omega \in R^d$ 是投影向量, $t$ 是偏移参数, $\text{sgn}(\cdot)$ 是取符号函数。通

过定义的哈希函数,将原始空间中的火焰图像对应的特征向量映射成一位哈希值,本文用-1代替0。

通常,图像哈希编码的匹配算法的实现就是计算两幅图像对应的哈希码之间的汉明距离,即匹配距离等于汉明距离。匹配距离的大小表示相对应的两幅图像的相似程度。汉明距离的定义<sup>[20]</sup>:等长的字符串  $p$  和  $q$  之间的汉明距离  $H(p, q)$  是  $p$  和  $q$  对应位置的不同字符的个数。

目前,哈希技术在机器学习和基于计算机视觉的大规模图像检索领域有非常多的应用。图像哈希技术具有存储空间小、检索速度快的优势,有助于实现待识别的森林火灾图像的火焰区域与建立的火焰图像的数据库的检索和匹配。

本文将哈希编码技术运用到森林火灾监测中,对火焰图像哈希编码的过程如图3所示:(a)通过图像分割方法,分割出视频图像中的火焰候选区域;(b)提取火焰候选区域的图像特征,并将所有的特征量化为特征向量或者特征矩阵;(c)将得到的特征向量或者特征矩阵通过相应的哈希函数进行哈希编码。

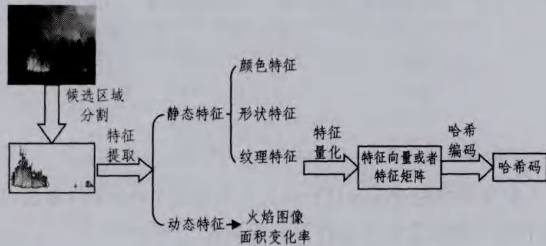


图3 对火焰图像编码的过程

### 3.3 火焰图像的特征提取

本文提取火焰图像的静态特征和动态特征。静态特征包括颜色特征、形状特征和纹理特征;动态特征则是指火焰面积的变化率。

#### 1. 火焰的颜色特征

火焰的颜色特征是其最显著的静态特征<sup>[21]</sup>,一般是在某一种颜色模式下,提取其颜色特征。表示颜色的模型有很多,本文选取的是 HIS 颜色模型。HIS 颜色模型是从人类的视觉系统出发,直接使用颜色三要素即色调(hue)、饱和度(saturation)和亮度(intensity)来描述<sup>[22]</sup>。由于火灾视频监控获取的图像一般为 RGB 彩色图像,因此要将火焰图像转换为 HIS 模式。

在描述森林火灾火焰颜色特征的时候,一般采用 HIS 颜色模式下的色调分量的一阶颜色矩,如式(2)所示:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H(p_i) \quad (2)$$

其中,  $M$  表示一阶颜色矩;  $n$  表示分割图像区域的像素总数;  $H(p_i)$  表示图像区域  $p$  的第  $i$  个像素的色调分量。

#### 2. 火焰的形状特征

形状特征的表现形式通常有两类:区域特征和轮廓特征<sup>[23]</sup>。本文提取的森林火灾火焰图像的形状特征为圆形度和边界特征,其中边界特征用傅里叶描述子表示。

圆形度通常用字母  $C$  来表示,用于表示一个物体形状的复杂度,如式(3)所示。

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} \quad (3)$$

其中,  $p$  为边界的周长,  $A$  为图形区域的面积。

傅里叶描述子<sup>[24]</sup>是一种将物体边界傅里叶变换作为形状描述的方法,其基本思想是通过物体区域边界的周期性及封闭性,将二维问题简化为一维问题。

假设形状由离散的  $N$  点  $(x(n), y(n)) (n=0, 1, 2, \dots, N-1)$  组成,则它采用一个以  $N$  作为时间循环周期的变化的离散复变函数  $u(n) = x(n) + jy(n) (n=0, 1, 2, \dots, N-1)$ , 其离散傅里叶变换如式(4)所示:

$$f(k) = \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \exp\left(-\frac{j2\pi kn}{N}\right), 0 \leq k \leq N-1 \quad (4)$$

复数列  $\{f(k)\}$  是所要描述的形状特征的傅里叶描述子,在傅里叶系数中仅选取低阶部分。

#### 3. 火焰的纹理特征

纹理特征是不依赖于颜色或者亮度的反映图像中同质图像的视觉特征,它是所有物体表面共有的内在特性<sup>[25]</sup>。本文使用 Haralick 等提出的灰度共生矩阵描述森林火灾火焰图像的纹理特征。利用灰度共生矩阵可以提取 14 个纹理特征<sup>[26]</sup>,本文选取其中的 ASM 能量、对比度、逆差矩、熵和自相关 5 个统计特征进行详细介绍,实际提取了 14 个纹理特征。

灰度共生矩阵的定义为从灰度级  $i$  的点离开某个固定的位置关系  $d = (D_x, D_y)$  以达到灰度为  $j$  的概率,用  $P_d(i, j) (i, j=0, 1, 2, \dots, L-1)$  表示。其中  $i, j$  分别表示像素的灰度,  $L$  表示图像的灰度级,  $d$  表示两个像素间的空间位置关系。

##### 1. ASM 能量

$$f_1 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d^2(i, j) \quad (5)$$

##### 2. 对比度

$$f_2 = \sum_{n=0}^{L-1} n^2 \left\{ \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d(i, j) \right\} \quad (6)$$

##### 3. 逆差矩

$$f_3 = \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} \frac{P_d(i, j)}{1 + (i-j)^2} \quad (7)$$

##### 4. 相关性

$$f_4 = \frac{\sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} ij P_d(i, j) - \mu_1 \mu_2}{\sigma_1^2 \sigma_2^2} \quad (8)$$

式中,  $\mu_1 = \sum_{i=0}^{L-1} i \sum_{j=0}^{L-1} P_d(i, j)$ ,  $\mu_2 = \sum_{j=0}^{L-1} j \sum_{i=0}^{L-1} P_d(i, j)$ ,  $\sigma_1^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (i - \mu_1)^2 \sum_{j=0}^{L-1} P_d(i, j)$ ,  $\sigma_2^2 = \sum_{j=0}^{L-1} (j - \mu_2)^2 \sum_{i=0}^{L-1} P_d(i, j)$ 。

##### 5. 熵

$$f_5 = - \sum_{i=0}^{L-1} \sum_{j=0}^{L-1} P_d(i, j) \log P_d(i, j) \quad (9)$$

#### 4. 火焰图像的动态特征

火灾发生时,火焰是在不断跳动的,不同时刻火焰的面积和形状都在发生变化。本文主要通过相邻两帧图像火焰面积的变化率来表现森林火灾火焰图像的动态特征<sup>[27]</sup>,如式(10)所示:

$$R = \left| \frac{A_i - A_{i-1}}{A_i} \right|, i=2, 3, 4, \dots \quad (10)$$

其中,  $R$  表示面积变化率;  $A_i$  和  $A_{i-1}$  表示相邻两帧图像中疑似火焰部分的面积。

## 4 实验

### 4.1 实验数据

本文采用的森林火灾视频数据来自于土耳其的 Bilkent 大学提供的火灾视频库。该视频库中包括 3 类火焰图像,分别是在空旷的地方使用器皿进行点火测试、在森林边缘进行点火测试和森林着火的视频。这 3 类视频的时间长达 168 秒,即总共有 4032 帧图像,将所有视频图像分成两部分,分别

是训练集和测试集。取其中 2/3 作为训练集,其余的 1/3 作为测试集。

#### 4.2 实验环境

本文使用 Bilkent 大学的火灾视频数据库,通过 OPENCV 提取每一帧图像的一系列特征组成对应的特征向量,然后再使用 Matlab2012b 进行哈希编码算法的验证,使用的计算机环境为 Windows 7、Inter (R) Core (TM) i7-3770CPU @ 3.40GHz,RAM 为 8GB。

表 1 火焰图像提取的特征向量

图像	颜色特征		形状特征			纹理特征				动态特征
	一阶颜色矩	圆形度	傅里叶描述子	ASM 能量	对比度	逆差矩	相关性	熵	其余 9 个纹理特征	火焰面积变化率
Q <sub>1</sub>	76.4851	0.2458	5.373×10 <sup>4</sup>	0.8748	0.2746	0.9721	1.1816	0.4556	...	0.15
Q <sub>2</sub>	69.4339	0.2301	2.558×10 <sup>4</sup>	0.8114	0.3488	0.9673	0.7096	0.6354	...	0.24
Q <sub>3</sub>	65.3901	0.2021	5.571×10 <sup>4</sup>	0.8030	0.3198	0.9682	0.6562	0.6584	...	0.14
Q <sub>4</sub>	70.5012	0.2431	3.982×10 <sup>4</sup>	0.8078	0.4171	0.9675	0.6589	0.6472	...	0.31
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Q <sub>n</sub>	59.8683	0.2518	3.939×10 <sup>4</sup>	0.8319	0.2535	0.9742	0.7923	0.5679	...	0.48

将测试集中的火焰图像对应得到的特征向量通过哈希函数计算得出对应的哈希码。根据本文设置的测试集的数量,将特征向量量化为 12bit 的编码,所以应设置相应的 12 个哈希函数,如式(12)所示:

$$h_b(Q_i) = \text{sgn}(\omega_b^T Q_i + t_b) \quad (12)$$

式中,  $b=12$ 。根据式(12)计算出的测试集对应的哈希码,可以组成一个哈希码库。

然后,利用上述哈希函数得到测试集中的图像对应的哈希码,通过计算测试集中图像的哈希码与图像库中的图像对应的哈希码之间的距离,检索出与测试图像距离最近的图像库中的图像,从而得出是否有火灾发生。

#### 4.4 实验结果分析

本文通过测试集中火焰图像识别的准确率和本算法对应的 P-R 曲线来判断算法的性能。准确率分别通过判断准确率、误判率和漏判率等指标来体现,且这 3 个指标的计算方式如式(13)所示:

$$\begin{aligned} f(a) &= \frac{m_r}{m_a} \\ f(b) &= \frac{m_b}{m_f} \\ f(c) &= \frac{m_c}{m_t} \end{aligned} \quad (13)$$

式中,  $f(a)$  为判断准确率,即森林火灾被正确判断的百分比,  $m_r$  为测试集中被正确识别的火焰图像帧数,  $m_a$  为测试中所有图像的帧数;  $f(b)$  为误判率,即测试集中不是火焰图像但被误判为火焰图像的百分比,  $m_b$  为测试集中不是火焰图像但被误判为火焰图像的帧数,  $m_f$  为测试集中不是火焰图像的帧数;  $f(c)$  为漏判率,即测试集中的火焰图像被识别为非火焰图像的百分比,  $m_c$  为测试集中的火焰图像被识别为非火焰图像的帧数,  $m_t$  为测试集中是火焰的图像帧数。

通过计算火焰图像测试集中衡量识别准确率的 3 个指标,得出判断火灾发生的平均准确率为 94.12%,平均误判率为 6.43%,平均漏判率为 4.55%。相较支持向量机(SVM)、BP 神经网络、稀疏表示方法得出的火灾发生的准确率,通过哈希编码检索匹配的方法得到的火灾判断准确率更高,如表 2 所列。

#### 4.3 实验中提取火焰图像特征的量化编码表示

根据第 3 节介绍的特征提取方法,提取测试集中一帧火焰图像的所有特征组成特征向量  $Q_i$ ,如式(11)所示:

$$Q_i = [X_i^1, X_i^2, X_i^3, X_i^4, \dots, X_i^{17}, X_i^{18}] \quad (11)$$

其中,  $X^1$  是图像的颜色特征;  $X^2$  和  $X^3$  是图像的形状特征;  $X^4 - X^{17}$  是图像的纹理特征;  $X^{18}$  是图像的动态特征。提取的火焰图像对应的特征向量如表 1 所列。

表 2 不同判断方法对森林火灾监测准确率(%)的对比

判断方法	准确率	误判率	漏判率
支持向量机(SVM)	89.33	11.07	8.67
BP 神经网络	92.11	8.27	5.33
稀疏表示	93.56	6.80	4.67
哈希编码	94.12	6.43	4.55

P-R 曲线是查准率(Precision)和查全率(Recall)曲线,且查准率 P 和查全率 R 的计算公式如式(14)所示:

$$\begin{aligned} P &= \frac{A}{A+B} \\ R &= \frac{A}{A+C} \end{aligned} \quad (14)$$

式中,  $A$  为算法检索到的相关图像帧数;  $B$  为算法检索到的不相关的图像帧数;  $C$  为相关但算法没有检索到的图像帧数。通过比较基于支持向量机(SVM)、BP 神经网络、稀疏表示方法的森林火焰图像识别算法与本文提出的基于哈希编码的火焰图像识别算法的 PR 曲线,得知图像哈希编码技术对于森林火焰图像识别是有效的,且本文算法的查准率和查全率都高于其余 3 种算法,如图 4 所示。

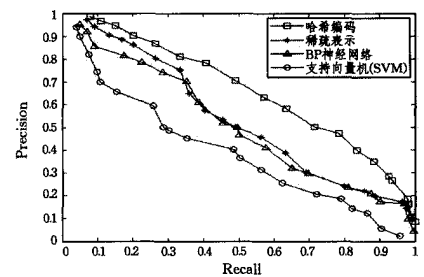


图 4 4 种火焰识别算法的 P-R 曲线

**结束语** 本文将图像哈希编码技术运用到森林火灾火焰图像识别研究中。通过提取火焰图像的一系列静态和动态的特征,并将其组成的特征向量通过哈希函数处理得到对应的哈希码,然后通过匹配被识别图像与数据库中图像的哈希码的汉明距离,得出是否有火灾发生的结论。通过实验得出,使用图像哈希编码技术进行森林火焰识别的准确率为 94.12%,高于通过支持向量机(SVM)、BP 神经网络和稀疏表示方法识别森林火灾的准确率。并且图像哈希编码技术具有表示方法简单、存储空间小、检索速度快等优点,将其运用到森林火

焰识别研究中,可以提高识别率,减少算法的消耗时间,增加算法的鲁棒性,减少无线多媒体传感网络中图像传输的能量消耗,提高网络带宽的使用率。

## 参 考 文 献

- [1] Li Jin, Qi Qing-ween, Zou Xiu-ping, et al. Technique for automatic forest fire surveillance using visible light image[C]//Proceedings of 2005 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2005 (IGARSS'05). IEEE, 2005, 5: 3135-3138
- [2] Bohórquez L, Gómez I, Santa F. Methodology for the discrimination of areas affected by forest fires using satellite images and spatial statistics[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 7: 389-394
- [3] Jiang Li-li, Qi Qing-wen, Zhang An, et al. Improving the accuracy of image-based forest fire recognition and spatial positioning [J]. Science China Technological Sciences, 2010, 53(1): 184-190
- [4] Bayo A, Antolin D, Medrano N, et al. Early detection and monitoring of forest fire with a wireless sensor network system[J]. Procedia Engineering, 2010, 5: 248-251
- [5] Aslan Y E, Korpeoglu I, Ulusoy Ö. A framework for use of wireless sensor networks in forest fire detection and monitoring [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2012, 36(6): 614-625
- [6] Chen T H, Wu P H, Chiou Y C. An early fire-detection method based on image processing[C]//2004 International Conference on Image Processing, 2004(ICIP'04). IEEE, 2004, 3: 1707-1710
- [7] Töreyn B U, Dedeoğlu Y, Güdükbay U, et al. Computer vision based method for real-time fire and flame detection[J]. Pattern Recognition Letters, 2006, 27(1): 49-58
- [8] Töreyn B U, Cetin A E. Online detection of fire in video[C]//IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007(CVPR'07). IEEE, 2007: 1-5
- [9] Ko B C, Cheong K H, Nam J Y. Fire detection based on vision sensor and support vector machines[J]. Fire Safety Journal, 2009, 44(3): 322-329
- [10] Borges P V K, Izquierdo E. A probabilistic approach for vision-based fire detection in videos[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2010, 20(5): 721-731
- [11] Wang Pu, Dai Rui, Akyildiz I F. A spatial correlation-based image compression framework for wireless multimedia sensor networks[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2011, 13(2): 388-401
- [12] Luo Hui, Liu Jie-li, Qi Mei-li. Infrared and visible image fusion in WMSN based on sparse representation[J]. Computer Engineering & Science, 2014, 36(5): 958-962(in Chinese)  
罗晖, 刘洁丽, 祁美丽. 基于稀疏表示的 WMSN 红外和可见光图像融合[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(5): 958-962
- [13] Zhang Zen-jiang, Lai Chin-feng, Chao Han-chien. A green data transmission mechanism for wireless multimedia sensor networks using information fusion[J]. Wireless Communications, IEEE, 2014, 21(4): 14-19
- [14] Luo Hui, Chu Hong-liang, Xu Yao. Clustering-Based Image Sparse Denoising in Wireless Multimedia Sensor Networks[J]. Circuits, Systems, and Signal Processing, 2014, 34(3): 1-14
- [15] Dubewar A, Bhosale S. Query Adaptive Image Retrieval System [J]. Journal of Engineering Research and Applications, 2014, 4(3): 935-938
- [16] Indyk P, Motwani R. Approximate nearest neighbors: towards removing the curse of dimensionality[C]//Proceedings of the Thirtieth Annual ACM Symposium on Theory of Computing. ACM, 1998: 604-613
- [17] Liu Wei, Wang Jun, Ji Rong-rong, et al. Supervised hashing with kernels[C]//2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR). IEEE, 2012: 2074-2081
- [18] Yu Xiang, Zhang Sao-ting, Liu Bo, et al. Large scale medical image search via unsupervised pca hashing[C]//2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). IEEE, 2013: 393-398
- [19] Fu Hai-yan. Research on Hashing-Based Image Retrieval for Large-Scale Dataset[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2014(in Chinese)  
付海燕. 基于图像哈希的大规模图像检索方法研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2014
- [20] Chen Han-wu, Li Wen-qian, Ruan Yue, et al. A Synthesis Algorithm of Reversible Logical Circuit Based on the Decreasing Transform of Hamming Distance[J]. Chinese Journal of Computers, 2014, 37(8): 1839-1845(in Chinese)  
陈汉武, 李文骞, 阮越, 等. 基于汉明距离递减变换的可逆逻辑综合算法[J]. 计算机学报, 2014, 37(8): 1839-1845
- [21] Geng Qing-tian, Yu Fan-hua, Zhao Hong-wei, et al. New algorithm of flame detection based on color features[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2014, 44(6): 1787-1792(in Chinese)  
耿庆田, 于繁华, 赵宏伟, 等. 基于颜色特征的火焰检测新算法[J]. 吉林大学学报(工学版), 2014, 44(6): 1787-1792
- [22] Horng Wen-bing, Peng Jian-wen, Chen Chih-yuan. A new image-based real-time flame detection method using color analysis[C]//Proceedings of 2005 IEEE Networking, Sensing and Control, 2005. IEEE, 2005: 100-105
- [23] Zeng Ming, Meng Qing-hao, Zhang Jian-xun, et al. Automatic Analysis of Blood Cell Nuclei Based on Morphological Features and Support Vector Machines[J]. Computer Engineering, 2008, 34(2): 14-16(in Chinese)  
曾明, 孟庆浩, 张建勋, 等. 基于形态特征和 SVM 的血液细胞核自动分析[J]. 计算机工程, 2008, 34(2): 14-16
- [24] Kuhl F P, Giardina C R. Elliptic Fourier features of a closed contour[J]. Computer Graphics and Image Processing, 1982, 18(3): 236-258
- [25] Wang Yuan-bin, Ma Xian-min. Fire recognition method based on image characteristics[J]. Fire Science and Technology, 2012, 31(2): 126-128(in Chinese)  
王媛彬, 马宪民. 基于图像特征的火灾火焰识别方法[J]. 消防科学与技术, 2012, 31(2): 126-128
- [26] Haralick R M, Shanmugam K, Dinstein I H. Textural features for image classification[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1973(6): 610-621
- [27] Yang Qiu-xia, Luo Chuan-wen. Recognition of Forest Fire Flame Based on Sparse Representation[J]. Journal of Anhui Agricultural Science, 2014(30): 10777-10779(in Chinese)  
杨秋霞, 罗传文. 基于稀疏表示的森林火灾火焰识别研究[J]. 安徽农业科学, 2014(30): 10777-10779