

# 基于多特征相融合和支持向量机的森林火场识别技术的研究

胡全, 王霓虹\*, 邱兆文 (东北林业大学信息与计算机工程学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** 针对森林火场采用了新的颜色特征提取方法, 融合图像的颜色和纹理特征作为图像的特征向量, 并用支持向量机作为学习工具, 充分利用已有森林火场的数据进行学习, 提高森林火场的自动识别的准确率。结果表明, 新的颜色特征提取方法适用于森林火场的识别, 采用支持向量机融合多特征可成功用于森林火场的自动识别。

**关键词** 森林火场; 特征提取; 特征融合; 支持向量机

中图分类号 S762; TP391 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)12-03688-02

## On Forest Fire Recognition Technology Based on Multi-feature Fusion and Support Vector Machine

HU Quan, WANG Ni-hong et al (Institute of Information and Computer Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** New color features extraction method was used aiming at forest fire, with image color and texture features as vector, support vector machine as learning tool, the accuracy of automatic recognition of forest fire was improved. The results showed that the new color feature extraction method is suitable for forest fire identification, support vector machine multi-feature fusion can be successfully used for forest fire automatic recognition.

**Key words** Forest fire; Feature extraction; Feature fusion; Support vector machine

森林火灾是一种破坏性极大的自然灾害, 它对生态环境的影响极为恶劣, 造成的损失巨大, 因此, 它越来越受到世界各国政府的重视。森林火灾中, 初期火是较为容易扑灭的, 且造成的损失较小, 因此对于火场的实时监控并快速地发现火情、识别火场就成为研究的重点之一<sup>[1]</sup>。为此, 笔者采用新的颜色特征提取方法, 融合图像的颜色和纹理特征作为图像的特征向量, 以支持向量机对大小兴安岭已发生火灾的图像进行学习, 从而实现了对森林火场的识别。

### 1 森林火场图像的多特征提取和融合

颜色是图像的一个显著的物理特征, 颜色特征相对于几何形状特征而言, 对平移、旋转、缩放等变换具有不变性, 易于计算且表现出相当强的鲁棒性。颜色直方图表征了图像色彩频率分布, 但丢失了色彩的空间信息, 而纹理特征可很好地描述色彩的空间信息。针对森林火场产生的颜色和烟雾, 选取了森林火场的颜色特征和纹理特征进行融合<sup>[2]</sup>。

**1.1 颜色特征的提取** 在 HSV 空间中,  $H$  从  $0^\circ$  到  $360^\circ$  变化时, 色调依次呈现为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫, 而且每一种色调对应的  $H$  分量的区域不均匀。根据森林火场火焰和烟雾的颜色分布和视觉对颜色的心理感觉, 将  $H$  分量分为不等间隔的 7 份。当  $V$  足够小 ( $V < 0.15$ ) 时, 视觉感知的颜色基本上接近黑色, 可以忽略  $H$  的影响, 仅需一个量化值就可以表示。当  $S$  足够小 ( $S < 0.1$ ) 时, 视觉感知的颜色基本上接近灰度图像, 可以忽略  $H$  的影响, 仅需 4 个量化值就可以表示。将  $H$ 、 $S$ 、 $V$  3 个分量进行非均匀量化, 把色调  $H$  分成 7 份, 饱和度  $S$  分成 2 份, 亮度  $V$  分成 1 份, 并根据色彩的不同范围进行量化, 量化后的色调、饱和度和亮度值分别为  $H$ 、 $S$ 、 $V$ , 见

式(1)。

$$H = \begin{cases} 0, h \in (330, 360] \cup [0, 25] \\ 1, h \in (25, 41] \\ 2, h \in (41, 75] \\ 3, h \in (75, 156] \\ 4, h \in (156, 201] \\ 5, h \in (201, 272] \\ 6, h \in (272, 330] \end{cases} \quad (1)$$

$$S = \begin{cases} 0, s \in (0.1, 0.65] \\ 1, s \in (0.65, 1] \end{cases}$$

$$V = 0, v \in (0.1, 1]$$

按照以上的量化级, 把 3 个颜色分量合成为一维特征矢量:

$$l = HQ_s Q_v + SQ_v + V \quad (2)$$

式中,  $Q_s$  和  $Q_v$  分别是分量  $S$  和  $V$  的量化级数, 取  $Q_s = 2$ ,  $Q_v = 1$ 。因此式(2)可表示为:

$$l = \begin{cases} 2H + S + V, s \in (0.1, 1] \text{ 且 } v \in (0.1, 1] \\ 14, v \in [0, 0.1] \\ 15, s \in [0, 0.1] \text{ 且 } v \in (0.1, 0.65] \\ 16, s \in [0, 0.1] \text{ 且 } v \in (0.65, 0.9] \\ 17, s \in [0, 0.1] \text{ 且 } v \in (0.9, 1] \end{cases} \quad (3)$$

根据式(3),  $l$  取值范围为  $[0, 1, \dots, 17]$ , 计算  $l$  获得 18 柄的一维直方图, 这样量化可有效减少图像受光照强度的影响, 且量化后得到的 18 种颜色易表达图像的先验知识。

色彩直方图空间  $H$  的定义:

$$H = \left\{ \left( h[c_1], h[c_2], \dots, h[c_k], \dots, h[c_n] \right) \right\} \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{aligned} & 1 \sum_{k=1}^n h[c_k] = 1, 0 \leq h[c_k] \leq 1 \end{aligned} \right.$$

式中,  $h[c_k]$  表示第  $k$  种色彩的像素的频数。

**1.2 纹理特征的提取** 在对森林火场烟雾进行纹理特征提取时, 利用灰度共生矩阵法来提取纹理特征<sup>[3]</sup>。选取表示纹理特征的 4 个统计量: 对比度 (contrast)、纹理的一致性

**基金项目** “十二五”农村领域国家科技计划项目 (2012AA102003-2); 国家公益性行业专项 (201104037)。

**作者简介** 胡全 (1979-), 男, 助理研究员, 从事多媒体信息检索和模式识别研究。\* 通讯作者, 教授, 博士生导师, 从事模式识别和数字林业等研究。

**收稿日期** 2014-03-31

(uniformity)、像素对灰度的相关性 (correlation) 和熵 (entropy) 作为特征向量<sup>[4]</sup>。

在  $0^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $135^\circ$  4 个方向上提取上述 4 个纹理特征, 组成 16 维的特征向量。

## 2 支持向量机的建立

**2.1 最优分类面及核函数的构建** 选择 SVM 作为学习机器<sup>[5]</sup>, SVM 是统计学习理论中最年轻的部分, 在解决小样本、非线性及高维模式识别问题中表现出很多特有的优势。SVM 是从线性可分情况下的最优分类面发展而来的, 其基本思想是通过在原始空间或投影后的高维空间中构造最优分类面, 进行两类分类<sup>[6]</sup>。

对于给定的两类可分性训练样本集合  $(x_i, y_i)_{1 \leq i \leq l}$ , 其中  $x_i \in R^n$ ,  $y_i \in \{-1, +1\}$ 。  $y_i$  是向量  $x_i$  的类别标签。要找一个分类规则  $I(x)$ , 使它能对未知类别的新样本作尽可能正确的划分。

在训练集线性可分情形时, SVM 就是要构造一个最优超平面  $(w, x) + b = 0$ , 这个超平面既要满足  $y_i(w \cdot x_i + b) - 1 \geq 0$ ,  $(i = 1, 2, \dots, l)$ , 同时还要使函数  $\varphi(w) = \frac{1}{2} \|w\|^2 = \frac{1}{2}(w : w)$  取得最小值。

通过求解最优化问题可得最优超平面  $\sum_{i=1}^l y_i a_i^* (x \cdot x_i) + b^* = 0$ , 其中  $SV$  表示支持向量,  $a_i^*$  是拉格朗日乘子。

在训练集线性不可分时, 引进松弛因子  $\xi_i \geq 0$  及惩罚参数  $C$ 。这时需要做的是在约束  $y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1 - \xi_i (i = 1, \dots, l)$  下最小化函数  $\varphi(\xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^l \xi_i$ 。类似可得最优超平面, 最优分类函数只要取  $I(x) = \text{sgn} \{ \sum_{i=1}^l y_i a_i^* (x \cdot x_i) + b^* \}$  即可。

在低维空间中向量集往往难于划分, 通过映射将向量集映射到高维空间, 使其可分, 但随之会带来“维数灾难”问题。SVM 通过引入核函数巧妙地解决了这个问题。注意到上面的最优分类函数中只涉及样本特征向量的点积, 就可以用核函数  $K(x, y)$  代替原来的点积  $(x, y)$ 。若函数  $K(x, y)$  满足 Mercer 条件, 则  $K(x, y) = \phi(x) \cdot \phi(y)$ , 其中  $\phi$  表示某个映射 (未必知其具体表达式) 常用的核函数, 有多项式核函数  $K(x, y) = [(x \cdot y) + s]^d$ 、径向基函数  $K(x, y) = \exp(-\sigma \|x - y\|^2)$ 、Sigmoid 函数  $K(x, y) = \tanh[k(x \cdot y) - \mu]$  等等。适当选取一个核函数后, 就可得到对应高维空间的最优分类函数  $f(x) = \text{sgn} \{ \sum_{i=1}^l a_i^* y_i K(x_i, x) + b^* \}$ <sup>[6]</sup>。

**2.2 建立基于支持向量机的分类器** 为每一类图像建立一个分类器, 图像的组合特征 (36 维) 作为支持向量机的输入向量, 对图像类进行学习, 选取了地表火、树冠火、地下火等 50 个图像类, 共计 12 000 幅图像。试验数据全部选自伊春林管局火灾图像库。对每类图像, 每次从 12 000 幅图像中先随机抽取 50 个正例、450 个反例, 形成一个 500 幅图像的小规模的样本训练集进行训练得到一个初始的分类器, 从 12 000 幅图像中先随机抽取 150 个正例、1 850 个反例, 形成一个 2 000 幅图像的大规模的样本训练集。用初始的分类器对

大规模训练集进行修剪, 修剪后得到一个规模很小的约减集, 再用这个约减集进行训练得到最终的分类器。

**2.3 火场图像语义标注** ①对目标图像  $I$  进行预处理, 提取目标图像的颜色、纹理和形状共 36 维特征, 构成图像的特征向量  $V$ ; ②将特征向量  $V$  提交给分类器树  $T$ ; ③按广度优先策略遍历分类器树  $T$  中的每一个节点, 若当前节点对应的分类器返回的值为 1, 则将当前节点对应的分类器的语义信息赋给待分类图像  $I$ , 并实现图像语义的自动标注, 停止对分类器树  $T$  的遍历; 若当前节点对应的分类器返回的值为 0, 继续按广度优先策略遍历分类器树  $T$ 。④若分类器树  $T$  中的所有节点对应的分类器返回的值全部为 0, 则图像的语义自动标注失败, 将这样的图像统一归类, 等待人工处理。

## 3 实例分析

**3.1 图像选取** 试验中的图像均选自伊春林管局火灾图像库。

试验 1 选取地表火、树冠火、地下火等 50 个图像类。从每类图像中抽取 200 幅正例, 以 8:7 的比例分配给训练集和测试集。不同类别的图像互相作为反例加入训练集中。训练集的反例还包括 1 000 幅除此 50 类图像以外的其他类图像。测试集一共 5 000 幅, 其中除了 50 类待分类图像外, 还包括其他类图像。试验中, 核函数选取高斯核, 其中  $\sigma = 2$ , 惩罚参数  $C = 500$ 。将只采用颜色特征分类和融合多特征分类进行了对比试验。

试验 2 中, 采用已建好的分类器, 从初期火焰、地表小烟雾、地表大烟雾、树冠火和中期火焰等 5 个图像类中各随机抽取 50 幅图像进行测试, 进行图像语义自动标注试验。

**3.2 试验环境** 在服务器 HP ProLiant DL380p Gen8 上, 采用 Visual C++ .NET 语言, SQL Server 2008 为数据库, Windows 2008 Server 为平台完成了一个图像检索系统, 来实现森林火场图像语义的自动标注。

**3.3 结果与分析** 试验 1 中, 采用颜色特征设计的分类器进行森林火场图像语义自动标注的平均正确率为 69.3%, 融合颜色和纹理特征设计的分类器进行森林火场图像语义自动标注的平均正确率为 73.8%, 融合多特征较采用单一特征设计的分类器分类的正确率提高了 4.5%。

试验 2 中, 采用融合多特征和基于支持向量机构造的分类器进行森林火场图像语义的自动标注, 平均正确率为 69.4%。

## 4 结论

基于 HSV 空间的 18 色非均匀量化算法, 特征维数少, 计算量小, 检索效果较好; 融合多特征可弥补单一特征的不足, 提高森林火场识别的准确率; 采用支持向量机作为学习机器融合图像多特征实现森林火场图像语义的标注是可行的, 采用此方法可以较为快速地对森林火场的识别。

## 参考文献

- [1] 吴雪琼, 覃先林. 我国林火监测体系现状分析[J]. 森林防火, 2010(3): 69-72.
- [2] MA Y D, LIU L. Pulse-coupled neural networks and one-class support vector machines[J]. Image and Vision Computing, 2010, 28: 1524-1529.

造成菇体纤维化,从而影响平菇的感官品质。低温较明显地抑制了呼吸作用的强度及相关反应酶的活性,气调虽然也有抑制呼吸作用强度的功效,但常温下平菇子实体细胞可能进行无氧呼吸同样消耗糖类物质,所以控制温度可以有效抑制多糖的消耗,使平菇多糖含量保持稳定水平。

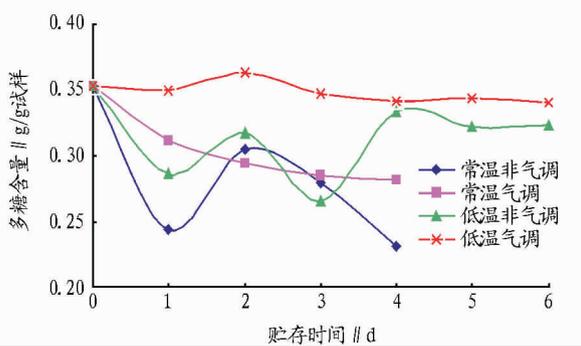


图4 不同试验条件下平菇试样多糖含量对比

**3.5 不同试验条件下平菇蛋白质含量变化** 分别对常温非气调、常温气调、低温非气调、低温气调条件下,平菇试样的蛋白质含量变化情况进行测定,结果如图5所示。

由图5可以看出,各组试样中蛋白质含量在试验期间内并未出现明显的下降趋势。说明平菇在外观已丧失商品价值的同时,内部的蛋白质含量并没有受到影响或影响较小,需要延长试验周期才能得到明确的变化趋势,也说明在贮藏时间较短的情况下平菇的营养消耗以  $V_c$  和糖类物质为主。

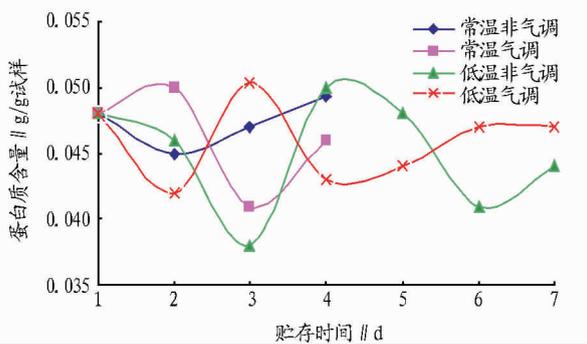


图5 不同试验条件下平菇蛋白质含量对比

## 4 结论

在常温条件下,平菇容易变质,且表面褐变严重。低温可大大减缓平菇的呼吸速度,降低新陈代谢速率,延长保鲜时间,提升运输储存过后的商品价值。

高湿度条件可以减少平菇子实体的水分蒸发,但在常温

下高湿度会导致平菇的快速变质,低温高湿适合平菇储藏。

在常温条件下气调保鲜效果并不是十分明显,但当低温和气调联合使用时,平菇品质保持效果较好。气调保鲜可以延长平菇保存期3~4 d,当在3 d内的短途运输时,低温高湿可以起到较好的保鲜效果;当需要7 d以上的运输时,低温高湿辅助气调是很好的保鲜方案。

## 参考文献

- [1] 董丽萍. 食用菌——平菇[J]. 农民致富之友, 2013(5): 24.
- [2] 刘镇江, 王红育. 食用菌功能食品的研究与开发[J]. 食品科技, 2007, 32(1): 29-31.
- [3] 兰良程. 中国食用菌产业现状与发展[J]. 中国农学通报, 2009(5): 213-216.
- [4] 谢雯君, 王则金. 蘑菇采后生理及保鲜技术研究进展[J]. 食品与机械, 2005, 21(3): 69-71.
- [5] LIU J, WU Y C, KAN J, et al. Effect of maturity stage on quality and selected enzyme activities of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) during storage[J]. Food Bioscience, 2013, (11). <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2013.11.002>.
- [6] MARIE FOULONGNE-ORIOU, REMI DUFOURCQ, CATHY SPATARO, et al. Comparative linkage mapping in the white button mushroom *Agaricus bisporus* provides foundation for breeding management[J]. Curr Genet, 2011, 57: 39-50.
- [7] 满红. 双孢蘑菇保鲜的四大影响因素[J]. 农产品加工·综合刊, 2013(10): 37.
- [8] 肖功年, 张慧, 彭建, 等. 平菇气调包装保鲜[J]. 无锡轻工大学学报, 2002(6): 46-50.
- [9] 吕素彬, 张庆芳, 殷梅. 不同处理防止蘑菇褐变的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1997(3): 83-85.
- [10] 郭燕, 朱杰, 许自成, 等. 植物抗坏血酸氧化酶的研究进展[J]. 中国农学通报, 2008(3): 204-207.
- [11] 张立科, 田水泉, 谢太平, 等. 紫外可见分光光度法测定果蔬中的维生素C[J]. 河北化工, 2009(1): 56-58.
- [12] 廖莉. 萝卜维生素C的分光光度法测定[J]. 科技创新导报, 2009(13): 16.
- [13] 高丽君, 王汉忠, 崔建华, 等. 苯酚-硫酸法测定白首乌中多糖含量[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2004(2): 137-139.
- [14] 黎晶晶, 徐格非. 苯酚-硫酸法测定灵芝多糖含量的研究[J]. 杭州化工, 2008(1): 26-29.
- [15] 李坚, 刘东波, 夏志兰, 等. 分光光度法快速测定灵芝中多糖含量[J]. 湖南农业科学, 2009(2): 42-44.
- [16] 胡尔西丹, 刘海, 艾尔肯·依不拉音, 等. 分光光度法测定鹰嘴豆豆叶、豆茎、豆荚中总多糖含量[J]. 中国民族民间医药, 2010(21): 13-14.
- [17] 苗永美, 王明佳, 何华奇. 平菇多糖的提取及含量测定[J]. 安徽科技学院学报, 2010(6): 34-37.
- [18] 王新风, 杨芳, 刘圣师, 等. 富硒平菇蛋白测定与氨基酸成分分析[J]. 食品科学, 2008(12): 587-590.
- [19] 张军. 食用菌加工过程中的褐变原因及其控制[J]. 食用菌, 1993(6): 44-45.
- [20] ROY S, ANANTHESWARAN R C, BEELMAN R B. Fresh mushrooms quality as affected by modified atmosphere packaging[J]. J Food Sci, 1993, 60: 334-340.
- [21] DEEPAK RAJ R, MICHIIHIKO S, RYOICHI M. Effect of modified atmosphere (MA) packaging on glutathione and some other qualitative parameters of hiratake mushroom[J]. J Jpn Soc Hortic Sci, 2000, 69(4): 435-439.

(上接第3689页)

- [3] GONZALEZ R G, WOODS R E. Digital Image Processing[M]. Second Edition. 北京: 电子工业出版社, 2005: 258-270.
- [4] BACH J R, FULLER C, GUPTA A, et al. Virage image search engine: An open framework for image management[J]. SPIE Storage and Retrieval of Image and Video Data Bases, 1996, 4: 76-87.

- [5] BURGESS J C. A tutorial on support vector machines for pattern recognition[J]. Data Mining and Knowledge Discovery, 1998, 2(2): 121-167.
- [6] MANJUNATH B S, MA W Y. Texture features for browsing and retrieval of large image data[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, 18(8): 837-842.