

光照强度对烟叶颜色特征向量的影响

顾金梅¹, 吴雪梅^{1*}, 陈永安², 张富贵¹

(1. 贵州大学机械工程学院, 贵阳 550025; 2. 贵州省烟草公司黔南州公司, 都匀 558000)

摘要: 烟叶颜色特征是用于烟叶等级判别的重要因子, 影响烟叶图像质量和等级判别的重要因素是光照强度(简称光强)。为研究光强如何影响不同等级的烟叶颜色特征, 设计烟叶图像采集系统, 以人工分级所用光源光强为基准, 在 12 个不同光强下分别采集不同等级烟叶图像, 提取 RGB、HIS 及 HSV 模型的颜色分量, 分析各等级的烟叶颜色分量在不同光强下的变化规律, 研究不同等级各颜色分量对光强的敏感性, 提出适合于烟叶等级判别的颜色分量和光强, 为烟叶自动分级及光源选取提供科学依据。试验结果表明, 对于 R、V 颜色分量, 光强为 2500 lx 左右时, 判别不同烟叶等级效果最佳。G、B、I 和 HSV 模型中 H_{HSV} 分量, 光强为 3200 lx 左右时, 判别不同烟叶等级效果最佳。

关键词: 烤烟烟叶; 光强; 颜色特征; 敏感性; 图像处理

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)02-0322-05

Influence of light intensity on color features of the flue-cured tobacco leaf

GU Jinmei¹, WU Xuemei¹, CHEN Yong'an², ZHANG Fugui¹

(1. College of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025;

2. Qiannan Branch of Guizhou Provincial Tobacco Corporation, Duyun 558000)

Abstract: Color feature is an important factor affecting the automatic tobacco leaf grading system. Light intensity affects tobacco leaf image quality and grade criteria. To study how light intensity influences tobacco color features, we designed an image acquisition system in which pictures were taken under twelve different light intensities based on the artificial light intensity. Using color vectors under the model RGB, HSI and HSV to analyze how light intensities influence color vectors and sensibility. Suitable color vectors and light intensity for grading tobacco leaves were identified, providing a scientific basis of the light selection for tobacco classification. The result showed that color vectors R and V can be used as discriminant operators under the light intensity of 2500 lx, while color vectors G, B, I and H of the model HSV can be used as discriminant operators under the light intensity of 3200 lx.

Key words: flue-cured tobacco leaf; light intensity; color feature; sensibility; image processing

烟叶是一种重要的经济作物, 是我国重要的出口农产品之一, 对提高农民收入、政府税收有着重要作用^[1]。烟叶作为卷烟产品的基础, 需要有科学合理的烟叶质量标准 and 客观的分级方法以提高烟草产品的质量^[2]。烤烟烟叶的分级和质量评估是一项严格的任务, 目前分级和评估的结果主要依赖于专家的经验判断^[3], 所以国内外有学者正致力于实现烟叶的自动分级和量化评估以替代人工分级^[4]。光照是影响彩色植物叶色变化最重要的环境因素^[5], 在彩色视觉检测中, 光源的照度也会对检测目标的

颜色有着直接的影响^[6], 而烤烟烟叶的分级主要是依靠烟叶的颜色来区分, 分级时烟叶的颜色效果一定要较好的呈现, 所以有必要选择在合适的光强下区分烟叶。国内已有人研究了烟叶外观品质特征的提取、描述与定量检测方法^[7-8], 但对不同光强如何影响不同等级烤烟烟叶的颜色特征规律的相关文章尚未有详实报道。

本试验属于烟叶等级自动识别项目中研究的部分内容, 以人工分级下的光强为基础, 选择 12 种不同强度的光照, 利用图像采集设备获取烟叶彩色图

收稿日期: 2014-10-22

基金项目: 贵州大学引进人才科研项目(贵大人基合字(2013)38号), 贵州省烟草公司黔南州公司科技项目《烟叶等级自动识别技术研究》共同资助。

作者简介: 顾金梅, 硕士研究生。E-mail: jmgirl0812@163.com

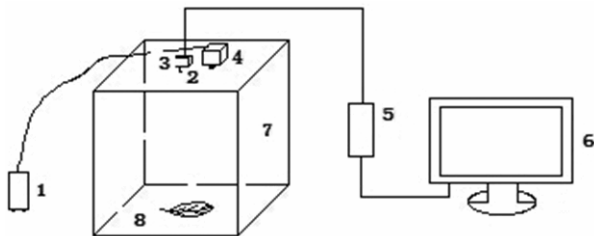
* 通信作者: 吴雪梅, 博士, 副教授。E-mail: xm_wu@163.com

像, 通过相关图像处理技术获得烟叶在 RGB、HIS 和 HSV 3 种模型下的各颜色分量, 通过对绘制各分量在光强下的变化曲线, 以期找出光照强度对烟叶颜色特征的影响规律, 旨在为烟叶的自动分级提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 烟叶分级图像采集

1.1.1 图像采集系统 为研究光强对烟叶分级的影响, 设计烤烟烟叶分级图像采集系统, 烟叶采集图片所用的是型号为 MV-VD078SM/SC 的工业数字 CCD 摄像头, 最高分辨率达 1024×768 , 像素尺寸为 $4.65 \mu\text{m} \times 4.65 \mu\text{m}$; 烟叶图像采集光箱大小 $80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$; 照射光源型号为: JGF-F211W, 100 W 的白光 led 灯, 可通过调光驱动电源调节电流大小获得所需光源强度; 光强测试用 TENMARS 牌型号为 TM-201L 的照度计测试, 该照度计共 200、2000、20000 和 200000 等 4 个档位; 本试验依据烟叶人工分级所用光强为参考基准, 分别研究在 1000、1500、1800、2000、2200、2500、2800、3000、3200、3500、4000 和 4500 lx 12 个光强下不同等级烟叶图像的颜色分量变化规律。



1.调压电源 Voltage regulating power; 2.灯, led; 3.散热器, radiator; 4.相机, CCD; 5.采集卡, capture card; 6.PC 机, personal computer; 7.光箱, light box; 8.置放烟叶平台 platform for tobacco leaf placement

图 1 烟叶采集系统

Figure 1 Acquisition system of tobacco leaves

采集系统的装置如图 1 所示, 光箱前门可开、闭, 载物台用于放置烟叶样本, 光箱顶部安装 led 灯和工业数字 CCD 摄像头, 工业数字 CCD 摄像头镜头探入长度为 10cm。调光驱动电源与 Led 灯连接以调节光强变化。工业相机与电脑上图像处理软件通过图像采集卡相连, 烟叶图像可实时采集、显示。

1.1.2 烟叶图像采集 所选样本烟叶由贵州省烟草公司黔南州龙里分公司提供, 云贵地区的烟叶分级程序首先进行的是分部位、其次分组、最后确定等级, 经比较本试验选择了中部 6 个等级: C2L、C2F、C3L、C3F、C4L、C4F (即中二柠檬黄、中二橘黄、

中三柠檬黄、中三橘黄、中四柠檬黄、中四橘黄) 的烟叶, 每个等级选取烟叶 8 片。

将照度计感光处放在烟叶拍摄部位, 调节光强依次分别采集 12 个光强下 6 个等级的烟叶样本图片, 每张烟叶采集 3 个不同部位, 共采集 1728 张。

1.2 图像处理

1.2.1 图像处理 图 2 所示为烟叶图像处理流程图。首先读入所采集的烟叶图像, 为消除图像采集过程中的噪音, 对烟叶图像进行滤波处理, 在此基础上进行图像分割, 去除烟叶背景, 最后提取烟叶颜色分量灰度值。

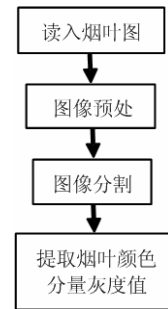


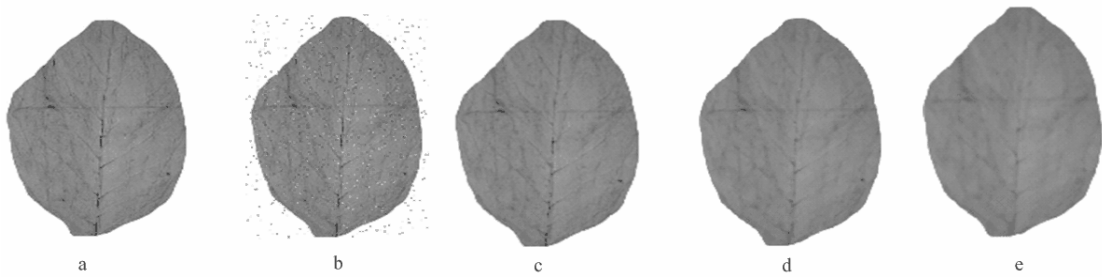
图 2 图像处理流程

Figure 2 Flow chart of image processing

图像采集过程中会产生噪声, 除了外界环境影响外, 主要是由图像传感器、图像传输及解码过程中引起的噪声, 即椒盐噪声。为获得清晰的图像, 需要对图像作去噪处理。中值滤波方法既能去除噪声又能保护图像的边缘^[9], 可以有效地除去脉冲型噪声, 特别是对椒盐噪声的除去非常有效, 它是一种非线性处理方法^[10]。为说明中值滤波去除椒盐噪声的效果, 人为对烟叶原图添加椒盐噪声后进行滤波处理, 处理后烟叶图片如图 3 所示, 由图可见, 窗口 3×3 下的烟叶图片更清晰, 去噪效果较佳, 故选择窗口为 3×3 的中值滤波。

1.2.2 颜色模型选择与数据提取 RGB 颜色模型容易在硬件上实现, 是一种面向硬件设备的模型, 因此也称为机器颜色模型。对于任何颜色 C 都可通过改变三基色的数量混合得出^[11]; HIS 是独立于设备、面向色彩处理常用的模型, 能反映全部颜色信息的特征量和人观察色彩的方式^[12]; HSV 模型更符合人眼视觉感知特性^[13]。本试验选取分析 RGB、HIS 和 HSV 3 种模型下的颜色分量。

所得数据为光强 i ($i=1 \sim 12$) 下 48 片烟叶的颜色分量值。计算出等级 j ($j=1 \sim 6$) 的 8 片烟叶在光强 i 下颜色分量的均值, 以光强为变量得出该颜色分量下 6 个等级烟叶随光强变化的曲线图, 3 个颜色模型共得 9 组曲线图。



a.烟叶原图; b.添加椒盐噪声后烟叶图; c.3×3 中值滤波后烟叶图; d.5×5 中值滤波后烟叶图; e.7×7 中值滤波后烟叶图
 a.original image; b.image with sugar and soil noise; c.image after median filter of 3×3; d.image after median filter of 5×5; e.image after median filter of 7×7

图 3 烟叶图像预处理及各模板下中值滤波比较效果图

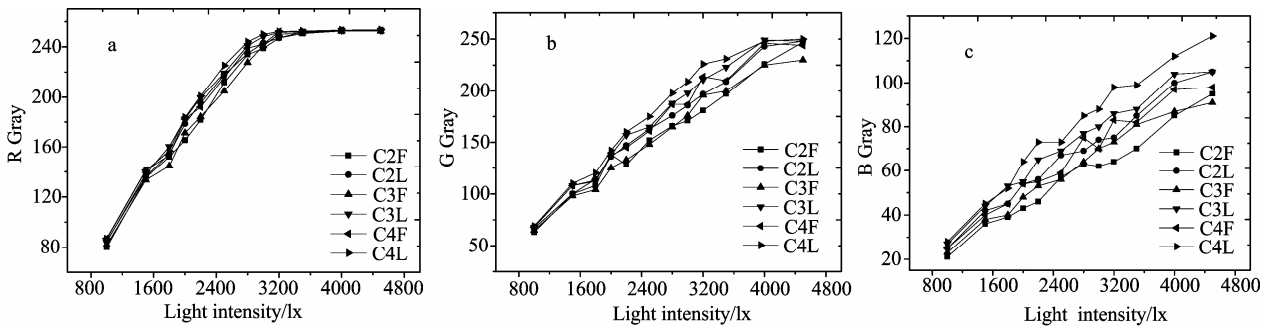
Figure 3 Image preprocessing and comparison under each template of median filtering

2 结果与分析

2.1 光强对 RGB 模型下颜色分量的影响

RGB 颜色模型下的颜色分量随光强变化曲线如图 4 所示。图中可以看出，R、G、B 各分量随光强变化具有不同变化规律，具体比较结果如表 1 所示。

从图 4 和表 1 可知，颜色分量 R、G、B 的灰度值在光强 1500~3200 lx 间，均随着光强的增加呈线性增长，最终达到稳定趋势。颜色分量 R 比颜色分量 G 和 B 对光强更敏感。



a.R 颜色分量 Red color vector; b.G 颜色分量 Green color vector; c.B 颜色分量 Blue color vector

图 4 光强对 R.G.B 颜色分量的影响

Figure 4 Influence of light intensity to R.G.B color vectors

表 1 光强对 R.G.B 颜色分量的影响结果对比

Table 1 Comparison of the influence result by light intensity to R.G.B color vector

模型	分量	光强/lx	变化	光强/lx	变化	灰度值	光强敏感度
Model	Vector	Light intensity	Change	Light intensity	Change	Grey value	Sensitivity to light intensity
RGB	R	1500~3200	递增	3200~4500	不变	100~200	敏感
	G	1500~4000	递增	4000~4500	不变	40~90	较敏感
	B	1500~4000	递增	4000~4500	不变	130~240	较敏感

2.2 光强对 HSV 模型下颜色分量的影响

图 6 所示为 HSV 颜色模型下的颜色分量随光强变化曲线。图中可以看出， H_{HSV} 、 S_{HSV} 、 V 各分量随光强变化具有不同变化规律，比较结果如表 3。

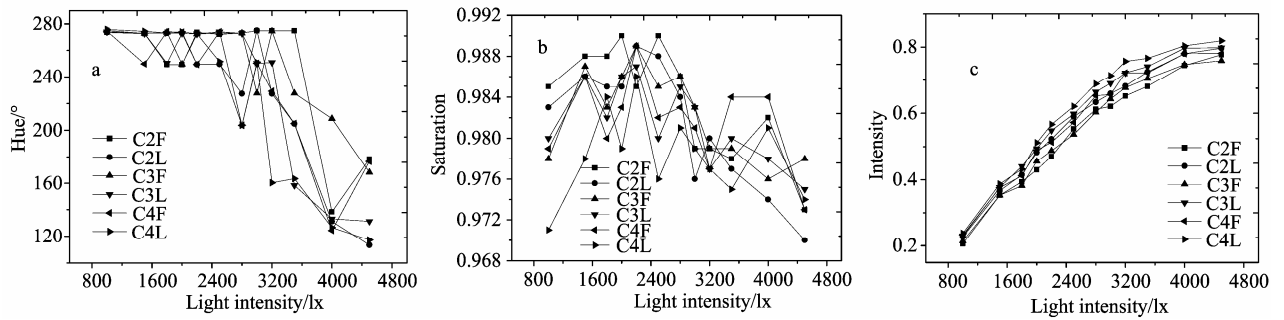
从图 6 和表 3 可知，颜色分量 H_{HSV} 和 S_{HSV} 的

2.2 光强对 HSI 模型下颜色分量的影响

图 5 所示为 HSI 颜色模型下的颜色分量随光强变化曲线。图中可以看出， H_{HSI} 、 S_{HSI} 、 I 各分量随光强变化具有不同变化规律，具体比较结果如表 2 所示。

从图 5 和表 2 可知，颜色分量 H_{HSI} 和 S_{HSI} 的灰度值在光强 1500~3200 lx 和 1500~4000 lx 间呈一定幅度的波动，光强 3200 和 4000 lx 以后灰度值均减小，颜色分量 S_{HSI} 对光强更敏感。颜色分量 I 的灰度值在光强 1500~4000 lx 间随着光强的增加呈线性增长，最终达到稳定趋势，对光强较敏感。

灰度值在光强 1500~3200 lx 间均呈一定幅度的波动，光强 3200 lx 以后，灰度值 H_{HSV} 增加、 S_{HSV} 减小，颜色分量 S_{HSV} 对光强更敏感。颜色分量 V 的灰度值在光强 1500~3200 lx 间随着光强的增加呈线性增长，最终达到稳定趋势，对光强敏感。



a. H_{HSI} 颜色分量 Hue color vector of HSI model; b. S_{HSI} 颜色分量 Saturation color vector of HIS model; c. I 颜色分量 Intensity color vector

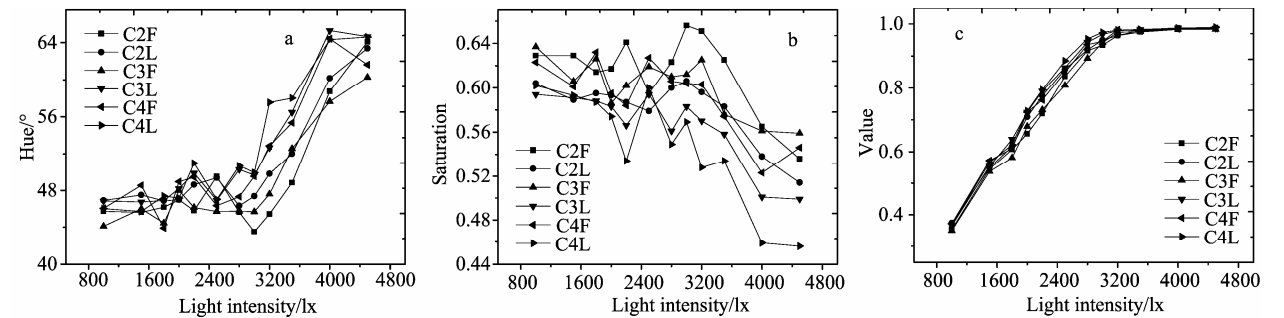
图 5 光强对 H_{HSI} - S_{HSI} -I 颜色分量的影响

Figure 5 Influence of light intensity on H_{HSI} - S_{HSI} -I color vector

表 2 光强对 H.S.I 颜色分量的影响结果对比

Table 2 Comparison of the influence result by light intensity to H.S.I color vector

模型	分量	光强/lx	变化	光强/lx	变化	灰度值	光强敏感度
Model	Vector	Light intensity	Change	Light intensity	Change	Grey value	Sensitivity to light intensity
HSI	H_{HSI}	1500~3200	波动	3200~4000	变小	270°~120°	较敏感
	S_{HSI}	1500~4000	波动	4000~4500	变小	-	很敏感
	I	1500~4000	递增	4000~4500	不变	0.35~0.8	敏感



a. H_{HSV} 颜色分量 Hue color vector of HSV model; b. S_{HSV} 颜色分量 Saturation color vector of HSV model; c. V 颜色分量 Value color vector

图 6 光强对 H_{HSV} - S_{HSV} -V 颜色分量的影响

Figure 6 Influence of light intensity to H_{HSV} - S_{HSV} -V color vector

表 3 光强对 H.S.V 颜色分量的影响结果对比

Table 3 Comparison of the influence result by light intensity to H.S.V color vector

模型	分量	光强/lx	变化	光强/lx	变化	灰度值	光强敏感度
Model	Vector	Light intensity	Change	Light intensity	Change	Grey value	Sensitivity to light intensity
HSV	H_{HSV}	1000~3200	波动	3200~4500	递增	45°~64°	较敏感
	S_{HSV}	1500~3200	波动	3200~4500	变小	0.62~0.45	非常敏感
	V	1500~3200	递增	3200~4500	不变	0.55~0.95	敏感

由图 4~图 6 和表 1~表 3 可知, 各颜色分量灰度值具有明显变化规律性: R、G、B、I、V 分量随着光强的增加而增加, 当光强到一定值后, 其灰度值基本不变; H_{HSI} 和 H_{HSV} 的变化规律基本相同, 随着光强的增加, 其灰度值先明显波动后再变大(小), 其中 H_{HSI} 变小, H_{HSV} 变大; S_{HSI} 和 S_{HSV} 的变化规律是随光强的增加灰度值先呈齿状波动变化再变小。

2.4 光强对烟叶等级的影响

从图 4-图 6 和表 1-表 3 可知, 不同光强下不同

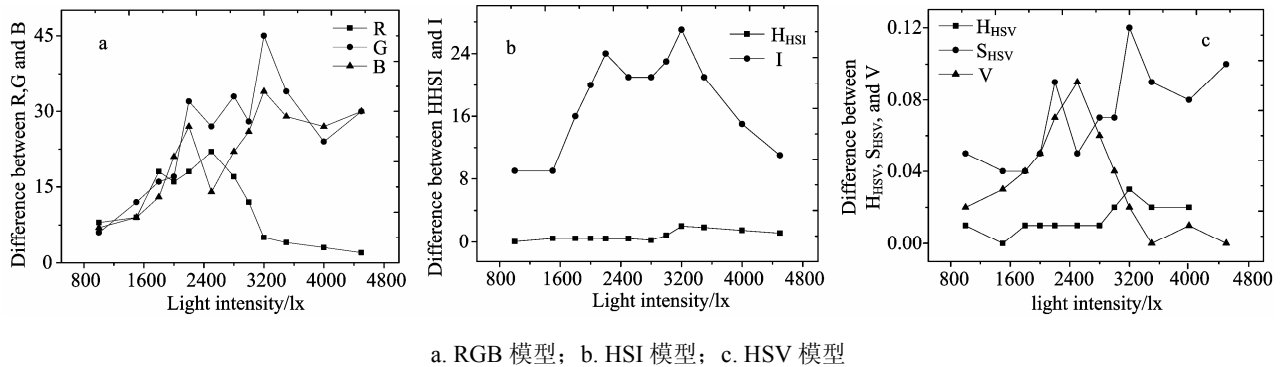
等级间烟叶的颜色分量值不同, 颜色分量值最大处的光强最能区分烟叶的等级。设 $C_k(k=1\sim6)$ 为颜色值、 ΔC 为颜色差值, 由下式:

$$\Delta C_{\max} = \max/C_m - C_n/ \quad (m=1\sim6, n=1\sim6, m \neq n)$$

可计算出不同等级烟叶间各颜色分量在各光强下的最大差值, HSV 模型中的 S_{HSV} 颜色很敏感, 不易区分等级, 图 7 所示为其余颜色分量颜色最大差值随光强的变化曲线, 曲线的波峰即为在该光强下颜色差值最大处。

从图 7 可知, 各等级烟叶间颜色分量差异最大的光强在 2500 lx 和 3200 lx 左右, 选择 R、V 分量作为等级判别算子时, 可选择光强 2500 lx 左右; 选择 G、B、I 和 HSV 模型中的 H_{HSV} 、 S_{HSV} 分量作为

等级判别算子时, 可选择光强 3200 lx 左右; 同时选择以上分量作为判别算子时, 选择在 2500~3200 lx 之间的光强, 不同颜色分量判别烟叶等级的最佳光强如表 4 所示。



a. RGB 模型; b. HSI 模型; c. HSV 模型
a. RGB color model; b. HSI color model; c. HSV color model

图 7 各模型中光强对不同等级间烟叶颜色分量最大差值的影响
Figure 7 Influence of light intensity on each color vector under each model between tobacco grades

表 4 不同颜色分量判别烟叶等级的最佳光强

Table 4 The Best light intensity to classify tobacco leaf grade by different color vector

模型 Model	分量 Vector	最佳光强/lx Optimal light intensity
RGB	R	2500
	G	3200
	B	3200
HSI	H_{HSI}	3200
	I	3200
HSV	H_{HSV}	3200
	S_{HSV}	3200
	V	2500

3 结论

在不同光强下采集烤烟烟叶图像, 对光照强度对烟叶颜色特征向量的影响研究表明:

不同颜色分量对光强具有不同的敏感性, 其敏感程度依次是: S_{HSI} 、 S_{HSV} > R 、 I 、 V > G 、 B 、 H_{HSI} 、 H_{HSV} 。随着光强的增加, 各颜色分量灰度值具有明显变化规律性, 其明显程度依次是: R 、 G 、 B 、 I 、 V > H_{HSI} 、 H_{HSV} > S_{HSI} 、 S_{HSV} 。

不同光强下采集烟叶图像, 不同等级烟叶的颜色分量 R 、 G 、 B 、 I 和 H_{HSV} 、 V 差异明显, 该颜色分量可作为烟叶等级判别算子。

烤烟烟叶的分级主要是依靠颜色, 经对烟叶各颜色分量随光强的变化规律曲线图的综合分析, 为使烟叶在分级时色彩效果较好的呈现, 应选取值为 2500~3200 lx 左右的光照强度用于基于计算机视觉的烟叶自动分级。

参考文献:

- [1] 毛鹏军, 贺智涛, 杜东亮, 等. 烤烟烟叶视觉检测分级系统的研究现状与发展趋势[J]. 农业机械, 2006(16): 43.
- [2] 李胜. 烤烟烟叶图像特征提取和质量分级研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.
- [3] Zhang X H, Zhang F. Images features extraction of tobacco leaves[J]. Congress on Image and Signal Processing, 2008: 773-776.
- [4] 杜东亮, 毛鹏军, 王俊, 等. 基于计算机视觉的烟叶自动分级系统硬件设计[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(4): 77-79.
- [5] 陈芝, 林思祖, 曹光球, 等. 不同光照处理对黄心榕叶色及色素含量的影响[J]. 绿色科技, 2012(12): 180-182.
- [6] 祝振敏, 张永贤, 金小龙, 等. 光源光强对颜色对比度的影响研究[J]. 华东交通大学学报, 2013, 30(1): 1-4.
- [7] Zhang F, Zhang X H. Classification and quality evaluation of tobacco leaves based on image processing and fuzzy comprehensive evaluation[J]. Sensors, 2011, 11(3): 2369-2384.
- [8] Zhang J P, Sokhansanj S, Wu S Y, et al. A transformation technique from RGB signals to the Munsell system for color analysis of tobacco leaves [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 19(2): 155-166.
- [9] 徐贵力, 毛罕平, 李萍萍. 缺素叶片彩色图像颜色特征提取的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 150-154.
- [10] 周俊霞, 吴国平, 高芳芳. 基于中值滤波和数学形态学结合的边缘检测[J]. 现代计算机, 2005(2): 73-75.
- [11] 符宝鼎, 袁建畅, 郭彩霞. 基于 RGB 颜色模型棉花杂质的识别算法[J]. 中国电子学术期刊, 2005: 48-51.
- [12] 何晓鸣, 吕植勇, 李大光, 等. 一种基于 HSI 色度空间的磨粒成分分析法[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 27(5): 1-4.
- [13] 张文耀, 蒋凌霜. 基于 HSV 颜色模型的二维流场可视化[J]. 北京理工大学学报, 2010, 30(3): 302-306.