

文章编号: 2095-4980(2020)04-0687-05

基于高光谱图像的东北稻米品种快速分类

司刚正, 岳鑫, 吕众, 杨珩, 王盛楠, 李凤娇, 宋少忠, 温昌礼, 谭勇*

(长春理工大学 理学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 针对稻米品种无损鉴别需求, 利用高光谱技术分析了3种稻米样品的光谱图像特征, 实现了利用液晶可调滤波器(LCTF)光谱相机对3种稻米的探测、分类与鉴别。通过高光谱相机采集稻米样品的VIS/NIR光谱图像, 运用Matlab软件及ENVI软件对高光谱图像进行处理分析, 获得各样本的相对反射率曲线, 结合图像阈值分割技术, 得到各波段光谱图像的二值图像。结合图像及数据, 分析不同品种稻米的光谱差异, 发现稻米于480~550 nm波段有较为明显的特征峰, 品种之间光谱差异明显, 且不同品种稻米的二值图像明暗占比不同, 以此完成稻米品种的分类与鉴别。研究表明, 光谱图像的相对反射率和二值图像在稻米品种快速分类与识别的应用中具有较好的应用前景。

关键词: 光谱图像法; 无损检测; 高光谱图像技术; 阈值分割

中图分类号: TN919

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA2019297

Rapid classification of northeast rice varieties based on hyperspectral imagery

SI Gangzheng, YUE Xin, LYU Zhong, YANG Heng, WANG Shengnan, LI Fengjiao,
SONG Shaozhong, WEN Changli, TAN Yong*

(College of Science, Changchun University of Science and Technology, Changchun Jilin 130022, China)

Abstract: Based on the nondestructive identification requirements of rice varieties, the spectral image features of three rice samples are analyzed by hyperspectral technique, and the detection, classification and identification of three kinds of rice using Liquid Crystal Tunable Filter(LCTF) spectral camera are realized. The VIS/NIR(Visible/Near-Infrared) spectral images of rice samples are collected by hyperspectral camera, and the hyperspectral image is processed and analyzed by Matlab and ENVI software. The relative reflectance curves of each sample are obtained. By using image threshold segmentation technology, the spectral images of each band are obtained. Combining the images and data, the spectral differences of different varieties of rice are analyzed. It is found that the rice had a distinct characteristic peak in the 480–550 nm band. The spectral differences between different varieties are obvious, and the ratios of the brightness of the binary images for different varieties of rice are different as well. The results show that the relative reflectivity and binary image of spectral images have good prospects in the application of rapid classification and identification of rice varieties.

Keywords: spectral image method; nondestructive test; hyperspectral image technique; threshold segmentation

稻谷是我国第一大粮食品种, 占全国人民口粮消费的近60%。传统方法对稻米品种的识别以其形态和生理上的差异为主, 由于稻米颗粒微小, 数量较大, 传统方法较难对稻米品种进行批量无损的精确判定, 因此有必要寻找一种无损、精确、快速的稻米品种分类方法。高光谱图像法^[1]具有检测精确、无损样品、检测速度快等优点, 近年来逐渐被应用到物质检测和鉴别^[2-7]领域。2012年, Garrido-Novell等利用三原色(Red Green Blue, RGB)数字

收稿日期: 2019-08-12; 修回日期: 2019-11-12

基金项目: 吉林省大学生创新训练资助项目(201910186055); 吉林省科技发展计划资助项目(20190303108SF); 吉林省发改委创新能力建设资助项目(2019C053)

作者简介: 司刚正(1998-), 男, 在读本科生, 主要研究方向为光谱成像技术。email:1074275145@qq.com

*通信作者: 谭勇 email:laser95111@126.com

成像技术和高光谱成像技术对苹果在不同贮藏条件下的成熟度进行分析^[8], 结果表明, 高光谱识别对不同存储状态的分类效果优于 RGB。2015 年, YANG Xiaoling 等提出了一种基于可见光和近红外(VIS/NIR)高光谱图像中提取的光谱、形态和纹理等特征的玉米种子分类新方法^[9]。同年, WANG Lu 等研究了利用高光谱成像技术对水稻品质进行鉴别的方法^[10]。2016 年, WANG Lu 等利用高光谱成像技术完成不同品种玉米种子的快速、无损分类^[11]。2018 年, GAO Junfeng 等利用高光谱图像结合机器学习技术完成对杂草和玉米的区分^[12]。

高光谱成像技术近年来发展较快, 在物质检测和鉴别等方面具有重大应用, 但在稻米等粮食作物的品种鉴别及分类方面应用较少, 本文以东北地区常见的 3 个品种的稻米作为实验样本, 运用高光谱图像法获得 3 种稻米可见光波段(400~720 nm)的特征光谱图像, 通过提取图像的特征参数, 实现对稻米品种分类鉴别, 为稻米的快速分类鉴别提供了一种新方法。

1 实验系统

1.1 实验装置

实验中采用的光路如图 1 所示, 实验采用氙灯作为照明光源; 光学系统由 Canon EFS18-135 和双凹透镜组成; 采用 PerkinElmer 公司生产的 VariSpec™ 液晶可调滤波器, 波长范围为 400~720 nm; 电荷耦合元件(Charge Coupled Device, CCD)相机为 MV-VEM200SM 工业相机, 分辨率为 1 280×960, 帧数为 20 fps。

图 1 中氙灯光源以 45°方向照射稻米, 所得反射光经光学系统形成平行光, 随后平行光进入液晶可调滤波器得到不同波段的高光谱图像, 保存在 CCD 相机中, 每个样本分 4 部分重复 3 次。实验中液晶可调滤波器输入的波段为 400~720 nm, 光谱分辨率为 10 nm, 每个波段驻留时间为 1.6 s。

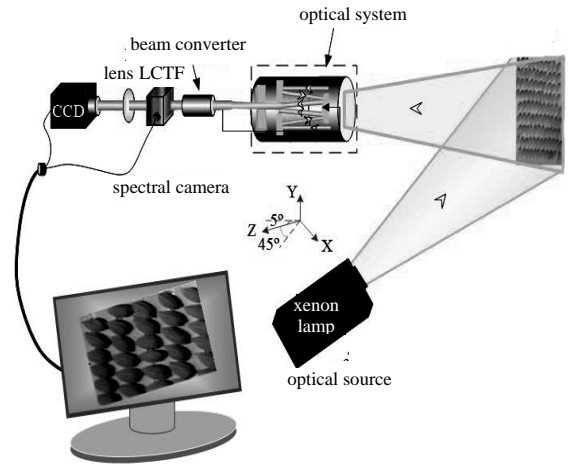


Fig.1 System setup
图 1 系统装置图

1.2 样品制备

实验中采取东北地区常见的 3 种稻米(样品 1 为吉育梗, 样品 2 为吉宏 6, 样品 3 为九稻 86)作为实验样本, 并对样本进行预处理, 每个品种选取无杂质、无异味, 且大小、饱和度、色泽均较为相近的 99 个优质样本, 共 297 个样本作为研究对象, 再将不同品种的稻米按 9×11 的顺序均匀(保证稻米摆放均匀, 间距相同, 胚芽端向同一个方向倾斜)固定在 3 块白色聚四氟乙烯板上, 避免其他因素对光谱图像产生影响, 以减少误差。

2 实验结果与分析

2.1 试验结果

用 LCTF 光谱相机对 3 种稻米进行光谱数据采集, 采集波段为 400~720 nm, 光谱分辨率为 10 nm, 每个波段驻留时间为 1.6 s, 每个样本分 4 部分进行拍摄, 重复 3 次, 以减小误差。再用 Matlab 软件对所得的视频进行分帧处理, 转化为灰度图, 获得各个波段的高光谱图像。为获得高质量的三维(x, y, λ)高光谱图像, 校正光源产生的误差, 样品原始图像(I)用 2 个参考标准校正, 分别为以盖子(反射率约为 0%)覆盖镜头得到的黑色图像(B)和照射白色聚四氟乙烯板(反射率约为 100%)得到的白色图像(W)。

实验结果如图 2 所示(因样品原始图像数量较多, 本文仅选用样本 1 的第 1 部分进行代表)。

为提高实验的准确性, 本次实验采用分析样品相对反射率^[13]的方法和图像阈值分割^[14]法 2 种方法来分别探究稻米不同品种之间的差异。

2.2 相对反射率的计算

校正后的高光谱图像相对反射率(R)的计算公式如下:

$$R = \frac{I - B}{W - B} \times 100\% \quad (1)$$

用 ENVI 软件提取不同波段的高光谱图像 DN 值(DN 值为遥感影像元亮度值), 对于每个高光谱图像按 2×5

(即 2 行 5 列)的顺序取 10 粒稻米中心的 DN 值, 以 10 次的截尾平均数(去掉一个最高值和最低值求取平均数)作为每个高光谱图像的 DN 值, 代入式(1)中得到样本各个部分不同波段高光谱图像的相对反射率(R), 求其平均值, 表示此波段下样本的相对反射率(R)。绘制 3 次重复实验的 400~720 nm 的相对反射率(R)曲线, 如图 3 所示。

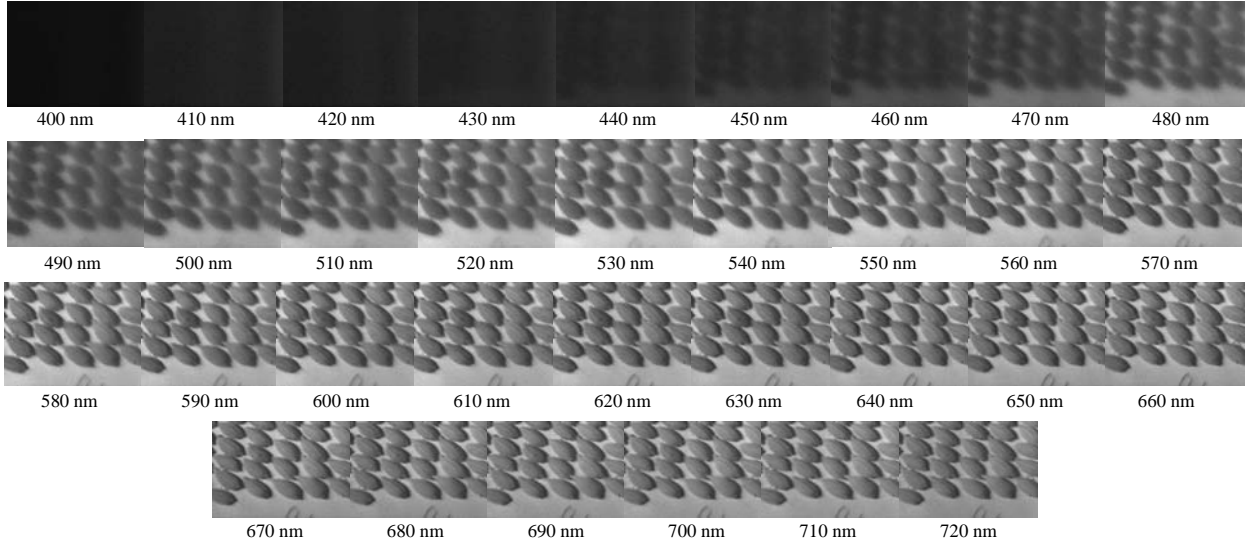


Fig.2 Spectrograms of sample 1(400-720 nm)
图 2 样品 1(400~720 nm)光谱图

结合 3 次实验的图像可以看出, 通过在不同波段下探测反映出不同的反射率, 3 种样品曲线总体趋势相同, 但不同品种之间的相对反射率有所差异, 本实验中 3 种样品的相对反射率从图中明显可以看出样品 3>样品 2>样品 1, 3 种样品均会在 480~550 nm 产生一个较为明显的特征峰, 且在这个波段内, 样品的相对反射率差异最为明显。因为水稻的 VIS/NIR 光谱主要提供水分和蛋白质等主要化学信息, 反射率大小的差异可能与不同来源和生长条件(温度、降雨量和光照时间)的水稻的水分和蛋白质含量及其他成分的不同有关。

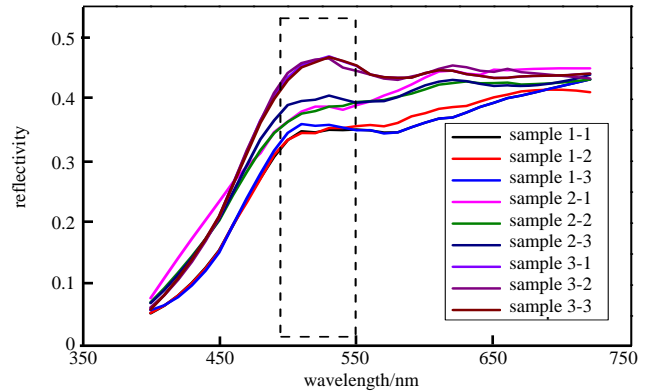


Fig.3 Relative reflectance curves
图 3 相对反射率曲线

2.3 图像阈值分割

此自制 LCTF 光谱成像系统拍摄后的稻米图像为灰度图, 本次实验使用图像阈值分割法。阈值分割是传统的最为常用的分割方法, 通过选择合适的阈值 T , 将灰度图像转换为二值图像, 其中包含有关感兴趣对象(目标)的位置和形状的所有基本信息, 降低了数据的复杂度, 简化了识别和分类的过程。本实验选取单阈值 T , 低于 T 的所有灰度值分类为白色(1), 高于 T 的灰度值分类为黑色(0)。

对所获得的高光谱图像进行筛选, 选取较有特征的 5 组(460 nm, 520 nm, 580 nm, 640 nm, 700 nm 处)高光谱图像, 如图 4 所示。

为了降低高光谱图像识别的难度, 提高计算机识别的准确率, 根据这 3 种作物的相对反射率曲线, 采用图像阈值分割法, 选取相对反射率 40%(对应 DN 值为 100)为阈值 T , 利用 ENVI 软件对 3 幅

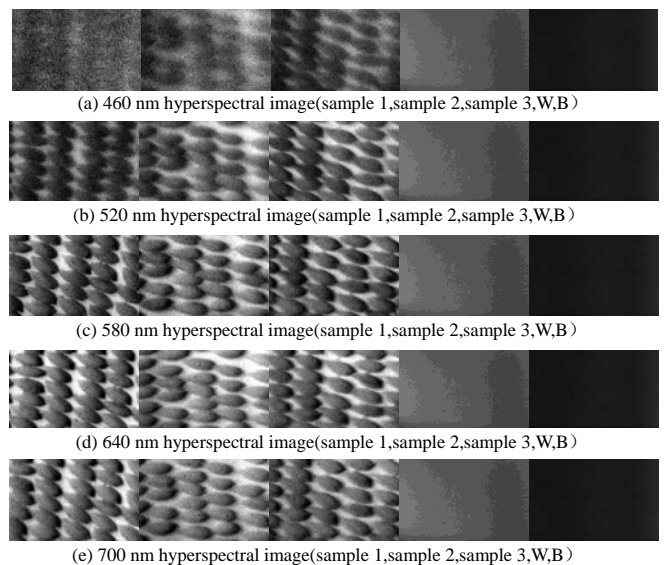


Fig.4 Comparison of hyperspectral images in different bands
图 4 不同波段高光谱图像对比

图像进行分析, 对其进行散点处理, 识别 DN 值在 100 以下的像素点并用 DN 值为 255 的最高亮度值加以覆盖, 获得其二值图像。

在 460 nm 时, 如图 5 所示, 图 5(a)~5(c)分别为样品 1、2、3 对应的二值图像, 通过图像阈值分割法, 使用 Matlab 软件计算可知: 样品 1 高亮区域占比最高, 为 76.83%; 样品 2 较低, 为 55.26%; 样品 3 最低, 为 44.74%。

在 520 nm 时, 如图 6 所示, 样品 1 高亮区域占比为 71.72%; 样品 2 高亮区域占比为 39.63%; 样品 3 高亮区域占比为 36.11%。

在 580 nm 时, 如图 7 所示, 样品 1 高亮区域占比为 40.11%; 样品 2 高亮区域占比为 36.13%; 样品 3 高亮区域占比为 22.63%。

在 640 nm 时, 如图 8 所示, 样品 1 高亮区域占比为 30.34%; 样品 2 高亮区域占比为 19.41%; 样品 3 高亮区域占比为 14.27%。

在 700 nm 时, 如图 9 所示, 样品 1 高亮区域占比为 18.86%; 样品 2 高亮区域占比为 13.87%; 样品 3 高亮区域占比为 9.82%。

由图 5~图 9 可见, 对于 3 个不同品种的稻米, 利用图像阈值分割的方法将灰度图转化为二值图像, 通过计算高亮区域占比来进行水稻品种区分, 各个谱段图像的高亮区域占比均为样品 1>样品 2>样品 3, 非常直观地显示 3 种样品的差异。

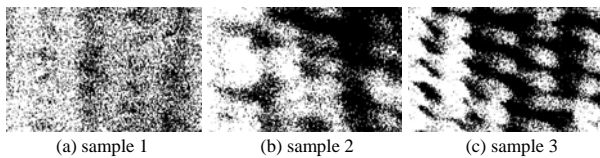


Fig.5 Binary image comparison at 460 nm
图 5 460 nm 二值图像对比

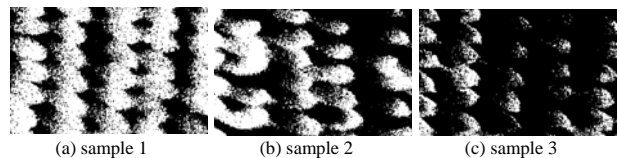


Fig.6 Binary image comparison at 520 nm
图 6 520 nm 二值图像对比

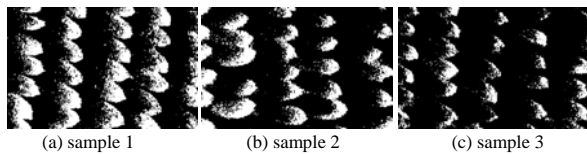


Fig.7 Binary image comparison at 580 nm
图 7 580 nm 二值图像对比

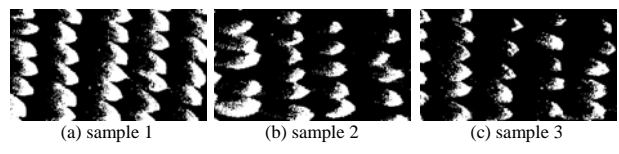


Fig.8 Binary image comparison at 640 nm
图 8 640 nm 二值图像对比

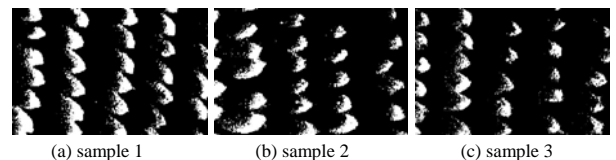


Fig.9 Binary image comparison at 700 nm
图 9 700 nm 二值图像对比

二值图像大幅降低了识别难度, 同时为后续的计算机识别提供了便利, 也可以有效地从视觉检测中得到结果, 通过 LCTF 光谱成像技术, 结合图像阈值分割法, 可以更为准确地区分稻米的品种, 对精准农业具有重要意义。

3 结论

实验通过自制的 LCTF 光谱相机对 3 种稻米样品在可见光波段(400~720 nm)进行了高光谱检测, 以 10 nm 的采样间隔进行取样, 每个波段采样时间为 1.6 s, 以得到 3 个样品不同波段的高光谱图像。

1) 对不同波段的高光谱图像进行分析, 分别得到了 3 条互有差异的相对反射率曲线, 基于相对反射率曲线, 在可见光波段实现了水稻品种的区分。

2) 通过高光谱图像的灰度图和图像阈值分割法进行了高光谱图像分析, 不同样品在可见光波段的二值图像高亮占比具有较大差异, 可以以此为基础进行稻米品种的分类。

将分析样品相对反射率的方法和图像阈值分割法相结合, 可同时从特征部分及总体部分两方面同时进行分, 较程度地利用了所得的光谱信息, 在一定程度上减小了分类的误差, 提高了准确性。

由于 400~720 nm 波段高光谱图像主要提供水分和蛋白质等主要化学信息, 且文中所示同一省份的 3 种所处环境相近的稻米高光谱图像所提供的反射率信息亦有明显不同, 而对于全国范围的不同稻米品种, 各稻米由自身品种及所处环境所决定的理化性质亦会有所不同, 因此此方法在不同种稻米的分类上具有一定的潜力。

参考文献：

- [1] PAN Bin,SHI Zhenwei,XU Xia. MugNet:deep learning for hyperspectral image classification using limited samples[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2017(145):108–119.
- [2] 李成成,赵明富,汤斌,等. 高光谱技术在血迹分类识别中的应用[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2019,17(3):489–494. (LI Chengcheng,ZHAO Mingfu,TANG Bin,et al. Application of hyperspectral technology in classification and recognition of bloodstains[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2019,17(3):489–494.
- [3] CUCCI C,DELANEY J K,PICOLLO M. Reflectance hyperspectral imaging for investigation of works of art:old master paintings and illuminated manuscripts[J]. Accounts of Chemical Research, 2016,49(10):2070–2079.
- [4] YU Shiqi,JIA Sen,XU Chunyan. Convolutional neural networks for hyperspectral image classification[J]. Neurocomputing, 2017(219):88–98.
- [5] WANG Ziyu,LIU Jianxiong,XUE Jinghao. Joint sparse model-based discriminative K-SVD for hyperspectral image classification[J]. Signal Processing, 2017(133):144–155.
- [6] CHENG Weiwei,SUN Dawen,PU Hongbin,et al. Characterization of myofibrils cold structural deformation degrees of frozen pork using hyperspectral imaging coupled with spectral angle mapping algorithm[J]. Food Chemistry, 2018(239):1001–1008.
- [7] LIU Yuwei,SUN Dawen,CHENG Junhu,et al. Hyperspectral imaging sensing of changes in moisture content and color of beef during microwave heating process[J]. Food Analytical Methods, 2018,11(9):2472–2484.
- [8] CRISTOBAL Garrido-Novell,DOLORES Pérez-Marin,AMIGO J M,et al. Grading and color evolution of apples using RGB and hyperspectral imaging vision cameras[J]. Journal of Food Engineering, 2012,113(2):281–288.
- [9] YANG Xiaoling,HONG Hanmei,YOU Zhaohong,et al. Spectral and image integrated analysis of hyperspectral data for waxy corn seed variety classification[J]. Sensors, 2015,15(7):15578–15594.
- [10] WANG Lu,LIU D,PU H,et al. Use of hyperspectral imaging to discriminate the variety and quality of rice[J]. Food Analytical Methods, 2015,8(2):515–523.
- [11] WANG Lu,SUN Dawen,PU Hongbin. Application of hyperspectral imaging to discriminate the variety of maize seeds[J]. Food Analytical Methods, 2016,9(1):225–234.
- [12] GAO Junfeng,DAVID Nuyttens,PETER Lootens,et al. Recognizing weeds in a maize crop using a random forest machine-learning algorithm and near-infrared snapshot mosaic hyperspectral imagery[J]. Biosystems Engineering, 2018(170):39–50.
- [13] SANDRA Munera,JOSE Manuel Amigo,NURIA Aleixos,et al. Potential of VIS–NIR hyperspectral imaging and chemometric methods to identify similar cultivars of nectarine[J]. Food Control, 2018(86):1–10.
- [14] YANG Jian,HE Yuhong,JOHN Caspersen. Region merging using local spectral angle thresholds:a more accurate method for hybrid segmentation of remote sensing images[J]. Remote Sensing of Environment, 2017(190):137–148.