

## 基于 HIS 颜色模型的珍珠颜色分选方法

李 革<sup>1</sup>, 李 斌<sup>1</sup>, 王 莹<sup>1</sup>, 孙 立<sup>1</sup>, 赵 匀<sup>1\*</sup>, 李 兢<sup>1</sup>, 刘玉超<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018; 2. 枣庄学院, 枣庄 277100)

**摘 要:** 为研究和实现珍珠的自动分选, 提出了一种对珍珠的色调及饱和度进行分选的方法。将珍珠图像由RGB颜色模型转换到HIS模型中进行处理, 根据I(亮度)分量直方图, 通过全局分割提取珍珠光亮区, 掩模后得到光亮区H(色调信息)、S(饱和度信息)均值。其中针对色调分选要求, 运用了基于RPROP算法的人工神经网络学习方法; 针对各色系内色彩的深浅差异, 运用了K-均值聚类方法对S均值进行分类。从而实现了先按照珍珠表面色彩进行分类, 再将同一色系内的珍珠按照饱和度进行再度分选, 最终达到颜色分选要求。

**关键词:** HIS 颜色模型; K-均值聚类; 人工神经网络; RPROP 算法

**中图分类号:** S944.4+6; TP183

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2008)-8-0284-04

李 革, 李 斌, 王 莹, 等. 基于 HIS 颜色模型的珍珠颜色分选方法[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 284-287.

Li Ge, Li Bin, Wang Ying, et al. Method for classification of pearl color based on HIS model[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(8): 284-287.(in Chinese with English abstract)

### 0 引 言

随着社会对淡水珍珠的需求逐年增大, 珍珠养殖、加工已形成一个巨大的产业。然而, 作为珍珠生产的一个环节——珍珠的自动分选, 却一直缺乏科学的技术和方法<sup>[1]</sup>。在珍珠颜色分选方面, 国内外大多企业还是停留在人工分选的基础上。有关这方面的理论研究报道很少。颜色是划分珍珠类别的重要参数之一。它可以用色调和饱和度两个分量来表征和衡量。贾渊<sup>[2]</sup>等在牛肉颜色的特征提取中运用了HSL颜色模型, 取得了较好的提取效果; 汪莉<sup>[3]</sup>等在提取真菌孢子时用到了HIS颜色模型, 根据色调信息, 从培养液里提取到了真菌孢子。本文采用HIS颜色模型转化技术<sup>[4]</sup>, 将得到的珍珠图像由RGB颜色模型转换到HIS模型中进行处理, 提取光亮区颜色信息, 通过人工神经网络的学习与K-均值动态聚类方法, 实现珍珠色调分量与饱和度分量的自动分选。

### 1 HIS模型

通常采用的是RGB颜色模型, 可是用于提取色调和饱和度信息时较困难, 而HIS模型恰好体现了本文研究的对象信息, 描述也很接近人眼感知色彩的方式, 故采用HIS颜色模型。它基于两个重要的事实<sup>[4]</sup>: 其一, I分量与图像的彩色信息无关; 其二, H与S分量与人感受颜色的

方式是紧密相连的。HIS模型包括3个分量: 色调H(Hue)、饱和度S(Saturation)和亮度I(Intensity), 该空间在平面上呈三角形, 如图1所示<sup>[5]</sup>。从RGB模型到HIS模型的转换公式为:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)}[\min(R, G, B)] \quad (2)$$

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

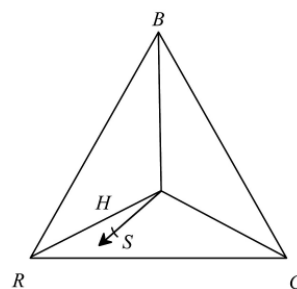


图1 HIS 颜色模型  
Fig.1 HIS color model

### 2 珍珠图像预处理

#### 2.1 珍珠图像获得及颜色模型的转化

珍珠表面有反光以及呈现表面映像等特有的现象, 因此, 在珍珠图像获取时, 选择在柔弱光下进行, 并选择与之色差较大的黑色作为背景, 便于图像的分析与处理。

根据转化公式(1)、(2)和(3), 仅取I分量进行分析, 得到的图像如图2所示。

收稿日期: 2007-05-01 修订日期: 2007-09-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(50575211)资助

作者简介: 李 革(1958—), 男, 博士, 教授, 硕士生导师, 主要从事机器视觉、农业机械、纺织机械和食品机械和开发工作。浙江杭州下沙高教园区 浙江理工大学机械与自动控制学院, 310018。

Email: lige918@yahoo.com.cn

\*通讯作者: 赵 匀(1946—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事机构计算机辅助分析与设计、农用动力与农机具的改进设计、农业机器人的研究与应用的研究。浙江杭州下沙高教园区 浙江理工大学机械与自动控制学院, 310018。Email: zhaoyun@zist.edu.cn

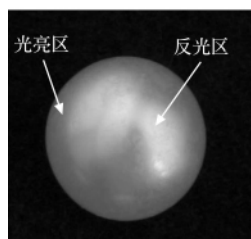


图2 珍珠亮度分量图像  
Fig.2 I weight image of pearl

## 2.2 中值滤波

实际拍摄的珍珠图像中有很多的噪声点, 会干扰有用信息的提取。为此, 对珍珠图像进行滤波处理。

中值滤波<sup>[6]</sup>是一种非线性平滑方法。它可以减少边界的噪声点。思想是: 当前点的亮度值用它相邻若干点的亮度中值来代替。相邻若干点的亮度中值不会被个别点的冲击噪声影响。所以, 中值平滑消除冲击噪声的效果很好。鉴于此, 本文采用中值滤波的方法来消除珍珠图像噪声。

## 2.3 绘制 $I$ 分量直方图

通过以上的珍珠图像预处理后, 得到了可进行数据分析的理想图片。为了后续的图像分割, 对预处理后的图像进行各亮度值的像素数进行统计, 得到了  $I$  分量直方图<sup>[7]</sup>如图3所示。



图3  $I$  分量直方图  
Fig.3 I weight histogram

## 2.4 图像分割

由于珍珠表面非常光滑, 由图2可以看出, 所拍图像的反光区特别明亮。这部分信息对颜色信息的提取已经没有意义, 在实际分析中需要剔除。为此, 把拍摄到的珍珠图像分为反光区和光亮区。

阈值分割法<sup>[8]</sup>是简单地用一个或几个阈值将图像的灰度直方图分成几类, 认为图像中灰度值在同一个灰度类内的像素属于同一个物体。整体阈值 (*Global Thresholding*) 是对整幅图像选定一固定灰度值, 并以此值去做此图像的分类, 以找出此图像的物体。可以根据直方图直接在交汇点选择灰度值作为门限。本文两次运用整体阈值分割, 第一次实现珍珠与背景的分割, 第二次实现珍珠光亮区与反光区的分割。最终实现了珍珠光亮区的提取。

## 3 颜色信息的提取

为了得到珍珠图像的颜色信息, 将得到的光亮区的灰度图像 (如图4a) 与实际拍得的珍珠彩色图像 (如图4b) 进行掩模运算<sup>[9]</sup>, 获得含有彩色信息的珍珠光亮区 (如图4c)。然后, 根据转化公式 (2) 和 (3), 将彩色光亮区由 RGB 颜色模型转换到 HIS 颜色模型, 求出该区域色调  $H$ 、饱和度  $S$  的平均值信息  $H_0$ 、 $S_0$ , 作为珍珠颜色信息的分类依据, 为后续的颜色分类做准备。

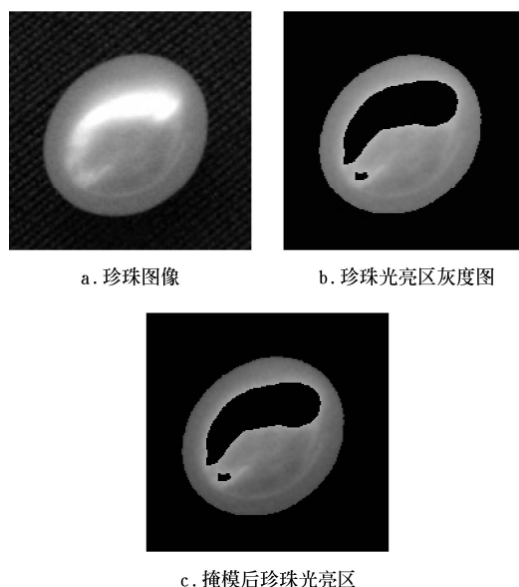


图4 珍珠图像分割  
Fig.4 Pearl image segmentation

## 4 色调的人工神经网络分选

### 4.1 基于 RPROP 算法的人工神经网络模型

珍珠的颜色丰富多彩, 在工业生产中分为白色系列、红色系列和紫黑色系列等三个系列。为了实现机器的快速准确分选, 本文采用了基于 RPROP 算法的人工神经网络模型。

人工神经网络是一种具有高度非线性自适应并行分布的信息处理系统, 由输入层、输出层和一个或一个以上隐含层构成。它的信息处理象人的大脑一样由神经元之间的相互作用而实现, 通过信息样本对神经网络的训练, 使其具有人的大脑的记忆和辨别能力, 从而达到信息处理的目的<sup>[10,11]</sup>。

人工神经网络所具有的良好信息处理能力, 得益于它的学习算法或学习方法。神经网络的学习表现为输入节点连结、输出节点和隐层节点的矩阵设定和误差修正过程, 它通过方程的迭代和收敛来实现。针对传统的 BP 算法的收敛速度慢等局限性, 本文引入一种快速实用的 BP 算法——*Resilient Back-propagation (RPROP)* 算法<sup>[12]</sup>, 它是一种在多层前向网络训练中实现批处理有导师学习的局部自适应算法。采用偏导数的符号带来的网络训练信息来调整网络。在珍珠分类试验中, 在对一个权值  $W_{ij}$  的训练过程中, 其修正值计算公式为:

$$\Delta w_{ij}^{(t)} = \begin{cases} -\Delta_{ij}^{(t)} & (\frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} > 0) \\ +\Delta_{ij}^{(t)} & (\frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} < 0) \\ 0 & (else) \end{cases}$$

式中  $t$ ——珍珠的样品数目, 即训练次数。此算法基于大量的珍珠批处理训练方式。 $\frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}}$  是第  $t$  次训练时珍珠样品的所有色调类别的梯度的累加和。

那么, 网络权值的训练公式为

$$w_{ij}^{(t)} = w_{ij}^{(t-1)} + \Delta w_{ij}^{(t)}$$

由此说明了本试验中采用的 RPROP 算法的网络权值调整原理。

## 4.2 珍珠色调的分选实现

本文运用 Visual C++6.0 软件, 对基于 RPROP 算法的人工神经网络模型进行了学习、训练, 将珍珠颜色分成 3 类: 白色系列、红色系列、紫黑色系列。试验选取了 940 颗不同色调的珍珠对网络进行了训练, 然后对 10 颗珍珠进行分类判别, 结果如表 1 所示。

表 1 色调分选试验

Table 1 Hue classification experiment

| 序号 | 原始类别 | 网络输出                             | 判别结果    | 是否正确 |
|----|------|----------------------------------|---------|------|
| 1  | 白    | (0.729999, 0.288870, -0.026161)  | 100(白)  | 是    |
| 2  | 红    | (0.100330, 0.811586, -0.026063)  | 010(红)  | 是    |
| 3  | 红    | (0.075570, 0.908147, -0.026208)  | 010(红)  | 是    |
| 4  | 紫黑   | (-0.025120, -0.026246, 1.026290) | 001(紫黑) | 是    |
| 5  | 紫黑   | (-0.026315, 0.509399, 0.515943)  | 001(紫黑) | 是    |
| 6  | 紫黑   | (0.067172, -0.026002, 0.913604)  | 001(紫黑) | 是    |
| 7  | 白    | (0.984983, 0.025988, -0.025221)  | 100(白)  | 是    |
| 8  | 红    | (-0.026235, -0.025954, 1.026276) | 001(紫黑) | 否    |
| 9  | 白    | (1.018515, -0.000460, -0.026031) | 100(白)  | 是    |
| 10 | 红    | (-0.003211, 0.979679, -0.026192) | 010(红)  | 是    |

注: 网络输出中取绝对值最大的那个数值作为类别的输出判别结果。

## 5 饱和度的 K-均值动态聚类分选

对于珍珠的白色系列、红色系列、紫黑色系列等色系, 深浅要分三个等级, 而人眼很难判断出准确的分类界限, 为此, 采用基于 K-均值算法的动态聚类方法实现分类。

### 5.1 K-均值算法

K-均值聚类法 (K-Mean Cluster) [11] 是一种比较常用的动态聚类方法, 这种算法的基础是误差平方和准则。若  $N_i$  是第  $i$  聚类  $T_i$  中的样本数目,  $m_i$  是这些样本的均值, 即

$$m_i = \frac{1}{N_i} \sum_{y \in T_i} y$$

把  $T_i$  中的各样本  $y$  与均值  $m_i$  之间的误差平方和对所有类相加后为

$$J_e = \sum_{i=1}^c \sum_{y \in T_i} \|y - m_i\|^2$$

$J_e$  是误差平方和聚类准则, 它度量了用  $C$  个聚类中心  $m_1, m_2, \dots, m_c$  代表  $C$  个样本子集  $T_1, T_2, \dots, T_c$  时所产生的总的误差平方。对于不同的聚类, 使得  $J_e$  极小的聚类是误差平方和准则下的最优结果。

在本试验中, 为了得到珍珠饱和度分类的最优结果, 首先要对珍珠样本集进行初始分类, 一般的做法是先选择一些代表的珍珠作为聚类的核心, 然后把其余的珍珠按照某种方法分到各类中去。将珍珠样品做聚类分析的具体算法如下 [11]:

1) 先选择红色系列的 15 颗珍珠样本并分成 3 个饱和度等级的初始划分, 即深、中、浅, 计算每个聚类的均值  $m_1, m_2, m_3$  和  $J_e$ ;

2) 选择一个备选珍珠样本  $y$ , 设  $y$  现在在  $T_1$  中;

3) 若  $N_1=1$ , 则转步骤 2, 否则继续 (4);

4) 按照以下公式 (4), 计算此珍珠分别移到  $T_j$  类和  $T_k$  类带来的误差平方和变化。

$$R_j = \begin{cases} \frac{N_j}{N_j+1} \|y - m_j\|^2 & \dots\dots j \neq i \\ \frac{N_j}{N_j-1} \|y - m_i\|^2 & \dots\dots j = i \end{cases}$$

5) 对于所有的  $j$ , 若  $R_k \leq R_j$ , 说明此珍珠移到  $T_k$  会使得误差平方和更小, 则把  $y$  从  $T_j$  移到  $T_k$  中去;

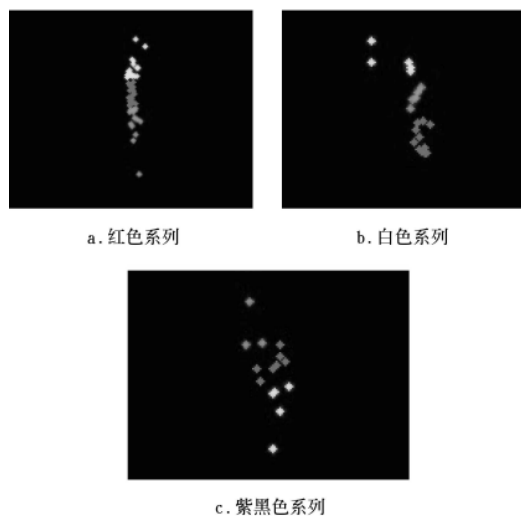
6) 重新计算  $m_i$  和  $m_k$  的值, 并修改  $J_e$ , 为后续的误差平方和的比较做准备;

7) 若连续迭代  $N$  次  $J_e$  不变, 则停止, 否则转到 2;

8) 然后, 再用同样的算法对白色珍珠和紫黑色的珍珠饱和度进行聚类。

### 5.2 珍珠饱和度的分选实现

本文运用 Visual C++6.0 软件, 编程实现基于以上算法的动态聚类, 将珍珠饱和度分成 3 个等级: 深、中、浅。试验选取了 200 颗不同分别属于三个色系、不同饱和度的珍珠进行试验, 得到了 K-均值聚类结果图, 如图 5 所示。



注: 在结果图中, 自上而下, 各色系珍珠的饱和度依次为: 深、中、浅

图 5 各色系饱和度 K-均值聚类结果图

Fig.5 K-mean clustering results of saturation in each color series

## 6 结 论

1) 对于珍珠这类表面反光很强的物料颜色的分选, 可以采用光亮区的颜色信息来代表整个珍珠的颜色信息, 可有效消除因强反光带来的反光区颜色信息的误差影响;

2) 光亮区的颜色信息提取可采用: 将拍摄得到的珍珠图像由 RGB 颜色模型转换到 HIS 颜色模型中, 进行中值滤波等处理, 并根据  $I$  分量直方图, 通过全局分割提取珍珠光亮区, 掩模后得到光亮区的颜色信息;

3) 针对珍珠颜色分选要求, 运用基于 RPROP 算法的人工神经网络学习方法对珍珠色调  $H$  进行分选; 鉴于各色系内色彩的深浅差异的饱和度模糊特性, 运用 K-均值聚类方法对  $S$  均值进行分类和饱和度等级的判别;

本文试验基于 Visual C++6.0 及 OPENCV 软件平台, 运用计算机编程, 开发了颜色分选软件, 其分选正确率高、处理速度快, 实时性好, 可用于工业实时分选。

### [参 考 文 献]

- [1] 廖义奎, 王志文. 基于特征变换的珍珠图像分割方法[J]. 微型机与应用, 2003, 9: 50—53.
- [2] 贾 渊. 牛肉颜色的HSL特征分析[J]. 农机化研究, 2007, 1(1): 78—80.
- [3] 汪 莉, 蒋大林. 利用 HIS 颜色模型提取真菌孢子[J]. 仪器仪表学报, 2006, 6(27): 337—339.
- [4] 杨枝灵, 王 开, 等. Visual C++数字图像获取, 处理及实践应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [5] 孙 明, 王一鸣. 基于色调的黄粒米检测方法[J]. 农业机械学报, 2005, 36(8): 78—81.
- [6] Milan Sonka, Vaclav Hlavac. Image Processing, Analysis, and Machine Vision (Second Edition) [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [7] 舒 宁, 马洪超, 等. 模式识别的理论与方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.
- [8] 何 斌, 马天予, 等. Visual C++数字图像处理(第2版) [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2002.
- [9] 章毓晋. 图像处理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [10] Richard O.Duda, et al. 李宏东 姚天翔译. Pattern Classification (Second Edition) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [11] 边肇祺, 张学工, 等. 模式识别[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [12] 张治国, 杨毅恒. RPROP算法在测井岩性识别中的应用[J]. 吉林大学学报, 2005, 35(3): 389—391.
- [13] Cheng H D, Jiang X H, Sun Y, et al. Color image segmentation: advances and prospects[J]. Pattern Recognition, 2001, 34(12): 259—281.
- [14] 廖义奎. 珍珠自动分离机控制系统的设计[J]. 广西民族学院学报, 2004, 10(1): 82—86.
- [15] 杨秀坤, 陈晓光, 等. 用遗传神经网络方法进行苹果颜色自动检测的研究[J]. 农业工程学报, 1997, 13(2): 103—109.
- [16] 周 平, 汪亚明, 赵 匀. 农业机器人导航中两类纹理边缘的快速跟踪与透视变换[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 144—147.
- [17] 徐惠荣, 叶尊忠, 应义斌. 基于彩色信息的树上柑橘识别研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(5): 98—101.
- [18] 俞高红, 赵 匀, 李 革. 基于机器视觉的蘑菇单体检测定位算法及其边界描述[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 101—104.
- [19] 应义斌, 饶秀勤, 赵 匀, 等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2000, 16(1): 103—108.

## Method for classification of pearl color based on HIS model

Li Ge<sup>1</sup>, Li Bin<sup>1</sup>, Wang Ying<sup>1</sup>, Sun Li<sup>1</sup>, Zhao Yun<sup>1\*</sup>, Li Jing<sup>1</sup>, Liu Yuchao<sup>2</sup>

(1. Mechanical and Automation College, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;

2. Zaozhuang College, Zaozhuang 277100, China)

**Abstract:** In order to investigate and realize automatic classification of cultured pearls, the authors propose a classifying method for hue and saturation of pearl. First, the pearl image was processed after transforming it from RGB color model to HIS color model. According to the histogram of  $I$ (Intensity) weight, the brightness area by global-threshold segmentation was extracted and the average values of  $H$ (Hue) and  $S$ (saturation) after decoration were gained. Aiming at the standard of hue classifying, a kind of artificial neural network method based on RPROP algorithm was adopted. Aiming at the depth difference of all kinds of colors, K-mean clustering method was employed to classify the average value of  $S$ . In this way, cultured pearls can first be classified according to the surface color of pearl, and then was further classified according to the saturation of pearls in the same color series, and finally classification of cultured pearls according to the standard of color can be achieved.

**Key words:** HIS color model; K-mean clustering; artificial neural network; RPROP algorithm