

植物油颜色的谱识别方法*

曾 华 郭履容 王植恒
(四川大学信息光学研究室)

提 要

本文提出一种植物油色的谱识别新方法。该方法突破了传统的三刺激值测色模式,提出了用光谱特征及非固定的场景模式,替代三刺激值及其固定的 CIE 测量模式,建立了良好的判别函数,适于植物油色的客观检验与定级。结果令人满意。

关键词: 光学信息处理; 颜色谱识别。

一、前 言

植物油颜色是检验油质的一个重要指标,国内油检部门用罗维朋比色计检验植物油色,这种带主观性的标准,其传递性能差,不易掌握一致性,人们希望用光电仪器替代目测,以便进行客观检验。

我们曾用传统的 CIE 测色仪对不同颜色深度的植物油进行了客观的色度测量,发现各油样的色度值在 CIE 色度图上分布密集,无明显的规律可寻,有重叠现象,定级困难。为解决这一问题,我们从信息处理的观点去看待人脑对颜色的提取和辨别过程,认为颜色信息的提取模式应随场景而变,突破了 CIE 测色模式,采用谱识别方法建立适宜于植物油色分级的判别函数,获得了满意的结果。

二、植物油色的目视检测法

罗维朋比色计的光学原理如图 1 所示。通过目视系统可以看到全漫反射体的左右两个视场。右边呈现待测色光,左边呈现由红、黄、蓝三组滤光片组混合而成的比较色光。三组滤光片按颜色深浅程度分成若干等级,从浅到深每一等级有一确定的罗维朋色度值,这些值的范围为 0~70.0,最小间隔为 0.1 罗维朋单位。此外,在测量通道内还置有一组中性色减光片,用以调节颜色亮度。检测时一边观察,一边调整三色滤光片组和中性减光片的级次,当两视场匹配时,滤色片的罗维朋色度值即为待测物的色度值。以菜油为例,按国家标准^[1]必须先将其黄色滤色片的值固定为 35,然后再调整红色滤色片,以两视场颜色相匹配时的红色色度值来确定油色等级。按规定^[2]:黄 35, 红 ≤ 4 为一级油,黄 35, 4 $<$ 红 ≤ 7 为二级油。由于目视检验法是以人的视觉作为最后评判的依据,因此检验结果必然受到各种主观因素的制

收稿日期: 1989年1月4日; 收到修改稿日期: 1989年5月7日

* 本工作得到国家教委博士点基金的赞助。

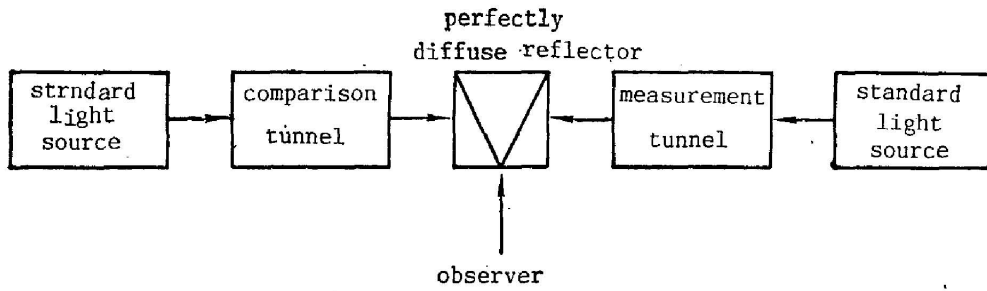


Fig. 1 Principle of lovibond tintometer

约。同时在配色过程中, 由于采用中性色减光片, 使检验标准的一致性很不容易掌握, 因而寻求客观可靠的检验方法, 就成为十分必要的了。

三、植物油色的 CIE 检测方法

CIE 测色法是国际上通用的客观颜色定量测定法^[3], 目前几乎所有的测色仪器都以此为基础。主要根据人眼视觉的三刺激原理, 用一种固定的模式, 将目标的光谱信息压缩成三维的色度坐标, 从而得出目标的颜色特性。

我们对 20 种不同颜色深度的菜油进行了 CIE 色度测量, 结果如图 2 所示。从图 2(a) 中可看出各油样的色度坐标 x , y 分布密集, 无明显规律可寻, 重叠现象严重(不同油色具有相同的色度坐标 x , y)。图 2(b) 显示的是明度 Y 与罗维朋红色度值 R (黄固定在 35) 的关系曲线。曲线有起伏, 不完全呈单调关系。以上结果表明, 如果采用 CIE 测色方法进行油色的客观检验, 由于无明显规律可寻, 需要采集到所有与罗维朋色度值有一一对应关系的油样数据, 建立庞大的数据库, 这是难于办到的。

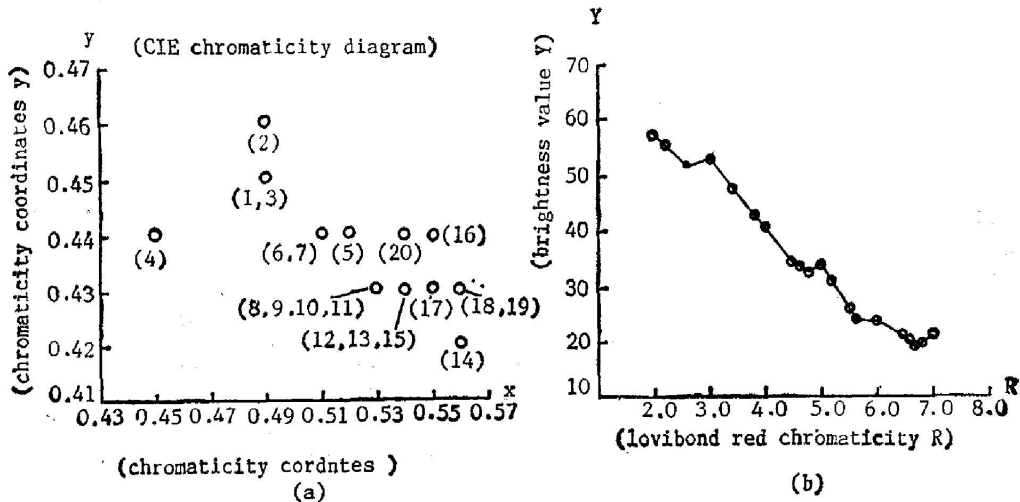


Fig. 2

(a) The distribution of CIE chromaticity coordinates of twenty repressed oil samples. The figures on diagram is the code of the samples, which is arranged from small to big numbers according to Lovibond red chromaticity value R . (b) Plot of brightness value Y versus Lovibond red chromaticity value R for twenty repressed oil samples

四、植物油色的谱识别方法

基本思想 从信息处理的角度看,人脑是一种智能型的信息处理系统,颜色则是人脑对可见光谱进行信息处理后的一种反应,在不同的场景下(如周围环境、物体大小、形状、方向、表面状态等),获得的“主观感觉色”所遵循的谱信息处理模式(简称场景模式)亦不相同,而 CIE 三刺激值模式只是在特定场景下^[4](孤立孔色),一种理想化的固定谱信息压缩模式而已,因此它不能完全反映在各种场景下具体的主观感觉颜色效果。就植物油色检验而言,实验表明 CIE 方法并非是一种最佳的客观测量手段,这一结果是符合上述思路的。

基于此,我们从近年来国际上兴起的谱识别技术^[5,6](主要在红外波段)中得到启迪,提出一种新的、颜色的谱识别方法。其基本思想是:以光谱特征来作为颜色的基本特征,用谱特征空间来替代 CIE 色度空间,根据待测目标的光谱特性,建立场景模式,用模式识别法去完成在各种场景下感觉色的识别工作。

实验装置 根据谱识别思想,我们建立了如图 3 所示的智能型快速谱数据采集系统^[7]。其特点为:1. 照明系统配有微机控制的直流稳压装置,以保证光源色温的稳定性;2. 色散系统由高精度的可调机械狭缝,高衍射效率的全息光栅和短焦距的显微成像系统构成。体积小、结构简单、成像质量好;3. 传感器件采用 64 阵元的自扫描光电二极管阵列,采样速度快,一次谱采集时间不超过 2ms,重复性较好,短期采样重现精度优于 1%,8 小时以上重现精度优于 4%;4. 系统可直接与微机或 51 系列单片机联接,整个操作过程由微机实时控制,具有丰富的软件和硬件支持,实现高度的智能化。

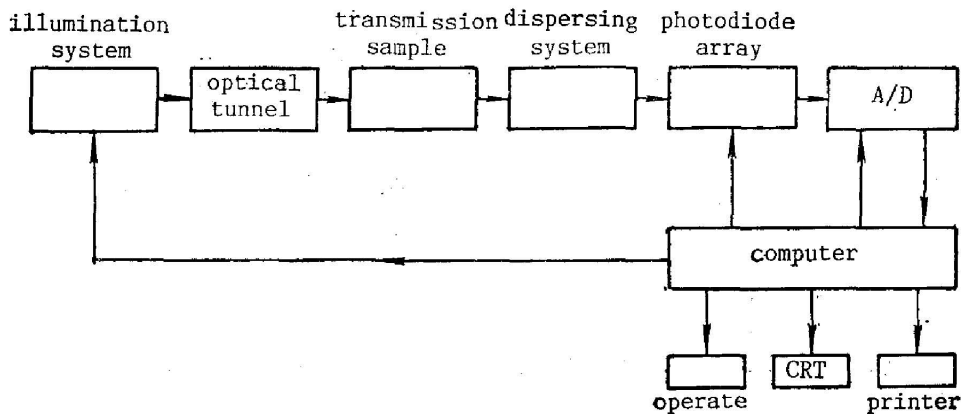


Fig. 3 Simplified block diagram of experimental apparatus

植物油色的谱识别方法 其框图见图 4 所示,上半部是识别部分,对未知油样进行分类定级;下半部是分析部分,通过对已知类别油样(训练样本)分析制定出判决方法和函数,使之对未知类别的油样能进行分类。如果一组经人眼观察具有单调规律的油色序列,可以通过某种谱信息处理方式,使谱识别系统的检测结果,仍具单调性,则可采用内插法,用较少类的训练样本集,制定出一条对其它类油色也能进行有效识别的判决规则,其使用过程大致如下:

1. 光谱特征提取 选择若干个已知类别的油样为训练样本,利用光学色散系统得到其透

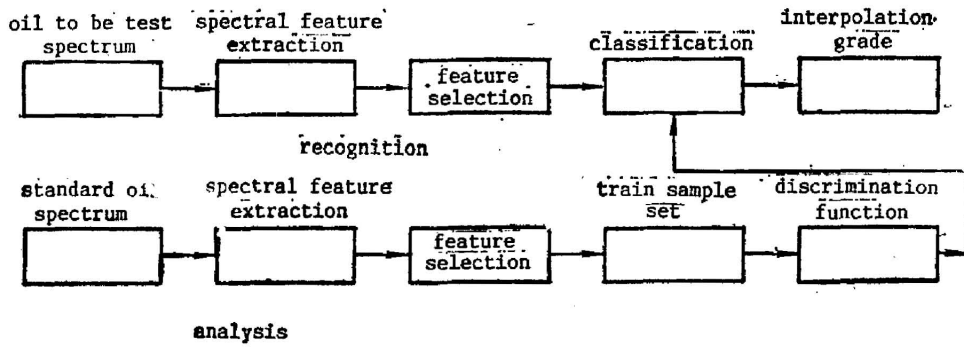


Fig. 4 Block diagram of method of spectral recognition for vegetable oils colour inspection

射光谱, 再通过快速谱数据采集系统对光谱进行多通道数字化采样, 然后进行光谱特征分析;

2. 特征选择 找出这些训练样本光谱分布中差异最大的波段, 在这一波段内对每个通道的抽样值 $\rho_i(N)$ 乘上一个权重因子 $a(N)$ 后线性组合成一维特征矢量 V_i ,

$$V_i = \sum_{N=R_1}^{R_2} a(N) \rho_i(N), \quad (i=1, 2, \dots, m).$$

m 为训练样本数。 $a(N)$ 为第 N 通道的权重因子, 其选择原则是在某波长处为最大值, 逐步向两侧递减, 越靠近可见波段的边缘, $a(N)$ 的值越小;

3. 建立训练样本集 利用采集系统具有高速采集, 运算和存贮能力, 采用信号平均技术^[8], 找出各类训练样本特征矢量的平均值 $\bar{V}_i = E(V_i)$, $(i=1, 2, \dots, m)$;

4. $a(N)$ 因子修正 绘 $\bar{V}_i - R$ 曲线 (R 为各类训练样本对应的罗维朋红色度值), 检验曲线是否单调, 如不单调再回到 2、3 过程修正 $a(N)$ 因子, 反复循环, 直至构成一单调序列, 在实验中我们选取 20 种不同颜色深度的菜油为训练样本, 进行了罗维朋色度定标, 选择的样本基本

上覆盖我国粮油部门生产的各类菜油的油色范围, 经反复实验, 已找到一组权重系数 $a(N)$, 由其线性组合而成的矢量序列 $\{\bar{V}_i\}$ 见表 1, $\bar{V}_i - R$ 曲线见图 5;

5. 识别 未知油样经同样的特征提取和选择过程后, 先采用最小距离判别法^[9], 求出该样本的类属范围, 再用内插法, 求出其对应的 R 值和油色等级。

经反复实验表明, 未知油样的检测精度优于 0.2 罗维朋色度单位, 基本上找到了油色检验在“目视”与“谱识别”两系统之间的相关性。

该方法简便宜行, 权重系数 $a(N)$ 的加入, 不仅使内插法得以实现, 而且还起到扩大类

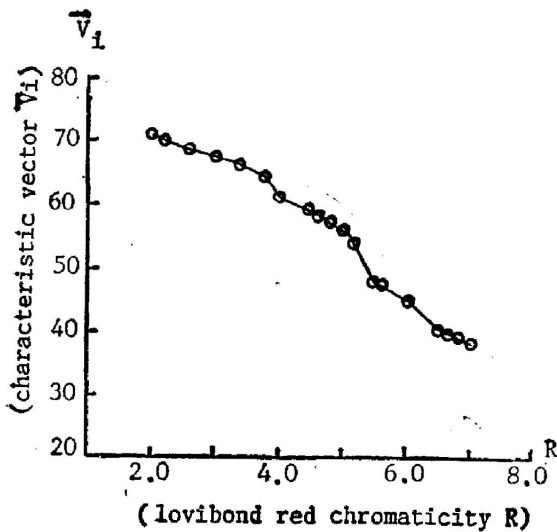


Fig. 5 Plot of \bar{V}_i versus Lovibond red chromaticity R for twenty standard samples

Table 1 Results of experiment

SAMPLE CODE	LOVIBOND		CIE			DIS. FUN. V	STANDARD GRADE
	YELLOW	RED	Y	x	y		
1	35	2.0	56.65	0.49	0.45	70.28	[I]
2	35	2.2	55.00	0.49	0.46	69.30	[I]
3	35	2.6	50.99	0.49	0.45	67.57	[I]
4	35	3.0	52.52	0.45	0.44	66.60	[I]
5	35	3.4	46.93	0.52	0.44	65.52	[I]
6	35	3.8	42.02	0.52	0.44	63.27	[I]
7	35	4.0	40.35	0.51	0.44	60.43	[I]
8	35	4.5	33.97	0.53	0.43	58.44	[II]
9	35	4.6	33.40	0.53	0.43	57.84	[II]
10	35	4.8	32.11	0.53	0.43	56.19	[II]
11	35	5.0	33.66	0.53	0.43	55.61	[II]
12	35	5.2	30.69	0.54	0.43	53.60	[II]
13	35	5.5	25.60	0.54	0.43	47.14	[II]
14	35	5.6	23.51	0.56	0.43	47.09	[II]
15	35	6.0	23.30	0.54	0.43	44.51	[II]
16	35	6.5	20.73	0.54	0.44	39.83	[II]
17	35	6.6	20.11	0.56	0.43	39.47	[II]
18	35	6.7	18.37	0.56	0.43	38.27	[II]
19	35	6.8	18.97	0.56	0.43	38.27	[II]
20	35	7.0	20.60	0.55	0.44	37.93	[II]

间距离的作用, 再加之方法中采用了信号平均技术, 减小了每类样本集的离散系, 故可采用模式识别中最简单的判别方法——最小距离法进行识别。该方法能在大范围内对油色检测, 并能保持一定的检测精度, 具有实用性。

五、结 论

综上所述可以看出植物油色的谱识别方法有如下的优越性:

1. 建立了一种可替代目视检验的客观检测法, 评判依据不受主观因素制约, 检验结果的一致性高, 置信度高;

2. 认识上突破了 CIE 测色模式, 采用谱特征空间来替代 CIE 色空间, 扩大了各近色之间的差异, 可消除 CIE 测色中的重色、同色异谱^[10]等现象, 提高对感觉色的识别精度, 处理方法不局限于固定模式而是根据被测目标的光谱特征经计算机反复“学习”而定, 针对性强,

故有可能解决 CIE 测色制中, 由于色度空间不均匀^[11]等缺陷带来的问题, 找出主观感觉色与客观测量值之间的相关性;

3. 仪器设计精度要求不高, 对照明和观察条件、光学像差、传感器件的光谱响应等等要求均不苛刻, 容易制成小型、价廉的智能型仪器;

4. 本方法不局限于对植物油色检验, 还可推广到其它有色透明物的检验, 如药品、染料等等。

作者对四川省粮油检验中心的严明德同志给予的帮助, 和四川大学研究生陈尊田同志参加了部分实验工作, 表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 《中华人民共和国标准 GB5525-85》(国家标准局, 北京, 1986)。
- [2] 《中华人民共和国标准 GB1536-86》(国家标准局, 北京, 1986)。
- [3] 荆其诚等著;《色度学》, (科学出版社, 北京, 1979), 68~124。
- [4] 束越新编著;《颜色光学基础理论》, (山东科学出版社, 济南, 1981), 1~2。
- [5] Donald. S. Frankel; *Opt. Eng.*, 1985, **24**, No. 6 (Nov-Dec), 981。
- [6] H. J. Caulfield and P. F. Mueller; *Opt. Eng.*, 1984, **23**, No. 1 (Jan-Feb), 16~19。
- [7] 杨骏、王植恒、郭履容;《全国第三届光电技术及处理系统学术会议论文集》, (中国光学学会光电技术专业委员会, 武汉, 1988), 33~34。
- [8] 胡鑫尧等;《计算机在分析化学中的应用》, (清华大学出版社, 北京, 1987), 28~30。
- [9] 程民德等;《图象识别导论》, (上海科技出版社, 上海, 1983), 15~16。
- [10] 林仲贤等;《视觉及测色应用》, (科学出版社, 北京, 1987), 187~189。
- [11] 徐行等;《颜色测量在纺织工业中的应用》, (纺织工业出版社, 北京, 1987), 115~116。

A method of spectral recognition for vegetable oil colour inspection

ZEN HUA, GUO FURONG AND WANG ZHIHENG

(Department of Physics, Sichuan University, Chengdu)

(Received 4 January 1989; revised 7 May 1989)

Abstract

This paper presents a method of spectral recognition for vegetable oil colour inspection. The method breaks through the traditional CIE colour measurement pattern, substitutes spectral feature and nonfixed view-field pattern for tristimulus value and its fixed aperture colour measurement pattern, respectively. A good discrimination function which is suitable to examining vegetable oil colour is developed. The experimental results are satisfied.

Key words: optical information processing; colour spectral recognition.