

利用计算机视觉识别小麦叶色的光照模型研究

陈国庆^{1,2}, 姜东¹, 朱艳¹, 曹卫星¹, 陈雨海²

(1. 南京农业大学江苏省信息农业高技术研究重点实验室, 南京 210095; 2. 山东农业大学农学院, 泰安 271018)

摘要: 计算机图像识别技术的研究与应用是农业信息技术领域的重要分支之一。为更好的将其应用到虚拟作物中, 用 RGB 系统表示叶色, 利用虚拟现实技术中的光照技术, 将太阳光分为环境光、漫射光和镜面光 3 部分, 分别研究了这 3 部分光对叶色的影响, 并根据颜色和太阳光的内在联系, 建立了小麦叶片颜色的识别模型。检验表明, 模型具有较高的准确性和较强的预测性。

关键词: 叶色识别; 模型; 环境光; 漫射光; 镜面光

中图分类号: TP319.41

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)04-0143-03

0 引言

计算机在农业中的应用日益广泛, 利用计算机图形图像技术识别叶色来鉴别农作物长势已成为一个全新的领域^[1,2]。特别是随着虚拟现实技术在农业中的不断应用与发展, 建立适用于作物虚拟显示的叶色识别方法, 已成为急待解决的问题^[3-5]。国内外的研究人员提出了一些叶色识别的方法, 如基于遗传算法^[6]、人工神经网络^[7]等方法, 对所采集的图像进行分析处理等^[8,9], 但都没有深入地分析颜色与光的内在联系, 导致了在叶色鉴别分析的过程中存在许多干扰因素, 如不同时间采集的图片由于受到太阳光照的影响而使图像中的叶色呈现不同深度的颜色^[10,11], 从而使计算机很难正确识别, 也不能很好的应用于小麦叶片的虚拟显示。本研究在前人的基础上, 借助虚拟现实技术, 考虑到光与颜色的内在关联^[12,13], 建立适用于不同日期(天)及同一日期(天)不同时刻变化的普适性小麦叶色识别模型, 从而实现计算机对不同时间拍摄的图片进行叶色识别, 为实现小麦的虚拟显示提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2001~2002 年度在南京农业大学卫岗试验站进行, 供试品种为徐麦 26, 采用常规栽培技术。

1.2 方法

1.2.1 测量方法

从小麦拔节期开始, 连续测量 10 d。分别在每天的 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00、18:00 用数码相机拍下(无闪光灯)小麦群体冠层叶片状态, 包括自然光和遮光条件下以不同角度 $\alpha(0^\circ; 45^\circ; 90^\circ; 135^\circ; 180^\circ;$ 如图 1)

拍摄的照片, 并将所拍照片的图像文件输入计算机。然后取下所测叶片, 将所取下的叶片用扫描仪直接进行扫描, 保存为图像文件, 重复 4 次。用图形处理软件分别提取拍摄图像和扫描图像的 RGB 值。遮光方法: 在与太阳光垂直的平面上放置一白色挡板, 使小麦的拍摄区域都在挡板的阴影之内^[14]。

1.2.2 模型检验方法

采用国际上模型检验常用的统计方法 RMSE (root mean square error, 简称 RMSE) 对模拟值与观测值之间的符合度进行统计分析。RMSE 的值越小, 表明模拟值与实际观测值的一致性越好, 即模型的模拟结果越准确、可靠。RMSE 可用方程(1) 求算, 其中 $OB S_i$ 为观测值, $S M_i$ 为模拟值, n 为样本容量。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (OB S_i - S M_i)^2}{n}} \quad (1)$$

2 结果与分析

2.1 模型算法的描述

2.1.1 太阳光亮度在一天中的变化

对于太阳光来说, 它的颜色值 R、G、B 是相等的, 只是光的亮度不一样, 从而可用光的颜色值来表示光的亮度。太阳光的亮度在一天中的不同时刻是变化的, 在不同日期(天)的相同时刻同样也是变化的。为消除光亮度在不同日期(天)同一时刻的区别, 本研究在一天中从 8:00~18:00 每隔 2 h 在固定位置以固定角度用数码相机拍摄水平放置的白板, 提取拍摄图片的亮度值, 连续 4 d 进行测定。把一天中 14:00 的亮度值定为 1, 则可用相对亮度即某一时刻的亮度与 14:00 亮度的比值, 来确定不同日期(天)同一时刻的光亮度。

表 1 一天中不同时刻光亮度的相对值
Table 1 Relative sunlight brightness value at different observing time over a day

重复	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
1	0.8523	0.9437	0.9649	1	0.9089	0.7782
2	0.8070	0.8953	0.9054	1	0.8681	0.7578
3	0.8270	0.8953	0.9287	1	0.8425	0.7653
4	0.8692	0.9214	0.9304	1	0.8487	0.7744

收稿日期: 2003-06-30 修订日期: 2004-05-26

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(30030090); 国家“863”计划项目(2003AA 209030)资助

作者简介: 陈国庆(1979-), 男, 山东平阴人, 研究生, 主要从事作物形态虚拟模型方面的研究。Email: chsp@program@sohu.com

通讯作者: 曹卫星, 博士, 教授, 博士生导师, 南京市卫岗 南京农业大学江苏省信息农业高技术研究重点实验室, 210095。Email: caow@njau.edu.cn

根据表 1, 一天中不同时刻光亮度的相对值呈现先逐渐升高后逐渐降低的趋势, 见图 2。得出拟合曲线方程(2)。其中 $SunL$ 为太阳光某一时刻的相对亮度, T 为一天中的某一时刻。

$$SunL = - 0.00057T^2 + 0.1389T + 0.1123$$

$$R^2 = 0.8222 \quad (2)$$

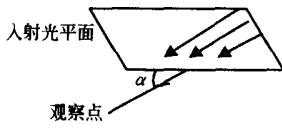


图 1 角度 α

Fig. 1 Observed angle α

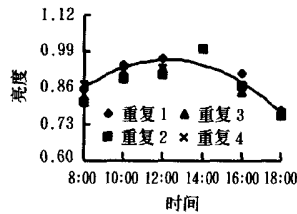


图 2 一天中太阳光亮度的变化

Fig. 2 Changes of sunlight brightness over a day

2.1.2 环境光对叶色的作用

环境光的光源是太阳光, 但被周围的叶片多次反射而变得没有方向。在环境光下, 叶片的各个部位受光均等。本研究利用白板遮住太阳直射光(只存在环境光)的影响, 来确定环境光在不同时间的数值。此时的环境光是由全局环境光和周围叶片的漫射光组成, 本研究将这两种光合为一种, 来研究对叶片的影响, 统称为环境光。

表 2 在遮住直射光下不同角度拍摄所提取颜色值的差异比较

Table 2 Variance analysis of leaf colour at different observed angles under shielded incident light conditions

差异源	SS	Df	MS	F	P-value	F _{0.05}
组间	404.9333	2	202.4667	3.4330	0.0391	3.1588
组内	3361.6500	57	58.9763			
总计	3766.5830	59				

通过表 2 分析可知, 在遮住太阳直射光时, 从不同角度所提取的 RGB 值差异不显著, 从而限制了太阳直射所造成的漫射光和镜面光对叶色的影响。可以把此时的叶色做为环境光对叶片影响的叶色。环境光用 RGB (ER, EG, EB) 来表示。环境光作用于叶片后, 表现出来的颜色用 RGB (FR, FG, FB) 来表示^[4]。

$$FR = ER \times MR \quad (3)$$

$$FG = EG \times MG \quad (4)$$

$$FB = EB \times MB \quad (5)$$

方程(3)~(5)中, MR, MG, MB 分别表示小麦叶片对光的反射属性 RGB (MR, MG, MB)。由于环境光的亮度与太阳光的亮度直接相关, 所以一天中太阳光的亮度变化同样可以用来描述环境光在一天中的变化。在一天中的不同时刻, 环境光的三色值 RGB 与同时刻的太阳光的颜色之比为一定值。三色值 RGB 的比值分别为 13, 5, 60。即环境光的颜色最大值为 RGB (13, 5, 60), 用 RGB (ERm, EGm, EBm) 来表示。所以, 在环境光的影响下, 叶片的颜色值可用方程(6)来描述。

$$RGB (FR, FG, FB) = RGB (MR, MG, MB) \times RGB (ER, EG, EB) \times SunL \quad (6)$$

2.1.3 漫射光对叶色的作用

对单独的一个物体来说, 漫射光是影响物体颜色的

最重要的因素, 当太阳光照射叶片时, 被叶片均匀的反射。其强度取决于入射光的颜色以及入射光和叶片顶点法线向量的夹角, 当入射光垂直于表面时漫射光最强。但对一株小麦的叶片来说, 由于其处于一个非常大的群体中, 其他叶片的漫射光对于此叶片来说, 就是环境光。所以, 对于小麦叶片来说, 漫射光已不是影响颜色最重要的因素。漫射光仍然受到太阳光亮度的影响。当太阳光亮度最强时, 漫射光的亮度也最大。在漫射光作用下, 小麦叶片的颜色可由方程(7)来表示。

$$RGB (DR, DG, DB) = RGB (MR, MG, MB) \times RGB (1, 1, 1) \times SunL \quad (7)$$

2.1.4 镜面光对叶色的作用

镜面光照射到叶片上时, 会被强烈的反射到另一方向。所以, 看到的镜面光只是一个亮斑, 它的颜色始终为白色, 即 RGB 值为 (1, 1, 1)。本研究将镜面光忽略不计。因此, 太阳光对叶色的影响可以用方程(8)来表示。

$$RGB (AR, AG, AB) = RGB (FR, FG, FB) + RGB (DR, DG, DB) \quad (8)$$

将方程(6)和(7)代入方程(8), 整理得到如下方程:

$$RGB (AR, AG, AB) = RGB (MR, MG, MB) \times (RGB (ER, EG, EB) + RGB (1, 1, 1)) \times SunL \quad (9)$$

由于太阳照射的角度不同以及叶片倾斜的影响, 不同的角度 α (观察点与太阳光入射点的连线和植株冠层平面的交角, 如图(1)处, 所得到的太阳光的强度是不同的。同时亮度也随之不同。当角度 α 在 0~180 之间变化时, 观察点处所得到的太阳光的亮度不同, 符合二次曲线, 见图 3 和方程(10)。

$$Va = 3E - 05\alpha^2 - 0.0089\alpha + 0.9096 \quad (10)$$

方程(10)中, Va 为随角度 α 的变化量。所以, 最终上式可写成

$$RGB (AR, AG, AB) = RGB (MR, MG, MB) \times (RGB (ER, EG, EB) + RGB (1, 1, 1) \times SunL) \times (1 + Va) \quad (11)$$

将上式变形得到:

$$RGB (MR, MG, MB) = \frac{RGB (AR, AG, AB)}{[RGB (ERm, EGm, EBm) + RGB (1, 1, 1)] \times SunL \times (1 + Va)} \quad (12)$$

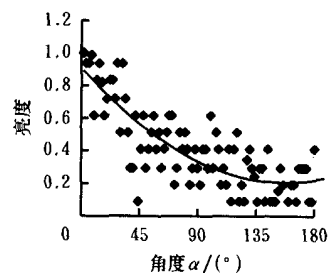


图 3 亮度随角度 α 的变化

Fig. 3 Changes of brightness varying with the change of angle α

2.2 模型的检验与评价

任选 3 d, 采集一天中的不同时刻(10:00, 14:00,

16:00) 以及同一时刻不同角度(0°; 90°; 180°)的叶片颜色数据进行检验(表3)。

表3 一天中不同时刻, 同一时刻不同角度叶色的预测值与观察值的比较

Table 3 Comparison between the predicted and observed wheat leaf colour values at different time and different angles over the day

时间	重复	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\alpha = 180^\circ$
10:00	1	-1.4	-2.1	0.8
	2	-1.2	-1.6	1.4
	3	-0.8	-1.8	0.3
RMSE		1.2836	1.7432	1.0548
14:00	1	-1.8	-3	1.4
	2	-2.5	0.4	0.8
	3	-1.6	-1.7	1.1
RMSE		2.3165	2.1123	0.7973
16:00	1	-2.8	-1.2	1.8
	2	-3.5	-1	1.3
	3	-2.7	-1.7	2
RMSE		2.909	1.2365	1.5469

从表3中可以看出, 一天中不同的时刻, 以及同一时刻不同角度的RMSE值都比较小(小于3), 表明此模型对叶色的颜色有较好的预测性。

3 结论

通过试验研究和文献资料分析, 对小麦叶片的颜色值进行了模拟研究, 将光对颜色的作用进行了有效的融合。通过对模型的分析以及数据的检验, 表明此模型能够很好的模拟小麦叶片的颜色值, 更加有效地实现计算机对叶色的识别。

与国内外已有的叶色识别方法相比, 本模型首次利用了虚拟现实技术中的光处理技术, 更加真实地模拟了光在人类肉眼对颜色进行辨别中的关键作用, 有力支持了小麦的虚拟现实技术。此外, 本模型将不同时期(天), 以及同一日期(天)不同时刻的光亮度变化进行了量化, 可在不同时刻不同光环境下对叶色进行合理的识别。经检验发现具有较高的准确性和较强的预测性, 从而大大

增加了该模型的普适性。

[参考文献]

- [1] 宁纪锋, 龙满生, 何东健, 等. 农业领域中的计算机视觉研究[J]. 计算机与农业, 2001, (1): 1-3
- [2] 李少昆, 王崇桃. 图象及机器视觉技术在作物科学中的应用进展[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2002, 6(1): 79-86
- [3] 宋有洪, 贾文涛, 郭焱, 等. 虚拟作物研究进展[J]. 计算机与农业, 2001, 46(4): 273-280
- [4] 郭焱, 李宝国. 虚拟植物的研究进展[J]. 科学通报, 2001, 46(4): 273-280
- [5] Lee B Y, Juan H, Yu S F. A study of computer vision for measuring surface roughness in the turning process[J]. Advanced Manufacturing Technology, 2002, 19: 295-301
- [6] 陈佳娟, 纪寿文, 马成林, 等. 基于遗传神经网络的玉米叶色的自动测定研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 114-117
- [7] 李少昆, 索兴梅, 白中英, 等. 基于BP神经网络的小麦群体图象特征识别[J]. 中国农业科学, 2002, 35(6): 616-620
- [8] 应义斌, 景寒松, 等. 用计算机视觉进行黄花梨果梗识别的新方法[J]. 农业工程学报, 1998, 14(2): 220-225
- [9] 何东健, 杨青, 薛少平, 等. 果实表面颜色计算机视觉分级技术研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 201-205
- [10] 应朝福. 不同光源下标准色板的颜色误差分析[J]. 浙江师大学报(自然科学版), 2001, 24(2): 146-149
- [11] 乔林, 费广正, 林杜, 等. OpenGL 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000
- [12] Schneider N, Christoph von Campenhausen. Color and lightness constancy in different perceptual tasks[J]. Biological Cybernetics, 1998, 79: 445-455
- [13] Buchsbaum G A. Spatial processor model for object colour perception[J]. J Franklin Inst, 1980, 310: 1-26
- [14] 彭望鹭, 白振平, 刘湘南, 等. 遥感概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002

Light modelling of wheat leaf colour identifying using computer vision

Chen Guoqing^{1,2}, Jiang Dong², Zhu Yan², Cao Weixing², Chen Yuhai¹

(1. Hi-Tech Key Laboratory of Information Agriculture, Jiangsu Province, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Agronomy Department, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract: The study and application of leaf colour identifying technology using computer vision is one of the most important branches in the field of agricultural information technology. In order to apply it to virtual crop better, RGB system was introduced to identify wheat leaf colour. By using the light treatment technology in virtual reality technology, the sunlight was divided into three parts as environment light, diffusion light and lens light, and the effects of these three parts of light on leaf colour were simulated. According to the intrinsic relationship between colour and the sunlight, the model for identifying the wheat leaf colour was developed. This model is characterized with high accuracy and strong predicability, according to the verification.

Key words: leaf colour identification; model; environment light; diffusion light; lens light