

# 基于颜色分量运算与色域压缩的杂草实时检测方法<sup>\*</sup>

周平 汪亚明 赵匀

**【摘要】** 提出了一种基于 RGB 分量运算和色域位屏蔽压缩的杂草实时检测方法。对杂草和作物的大量实验显示:颜色分量运算可增强目标的显示特性,而对色域的屏蔽压缩可在保证实时性的同时减弱图像噪声污染,减小干扰引起的纹理分割误差。该方法的处理时间几乎不受目标复杂度影响,可在 30 ms 内有效分割出 320×240 分辨率图像中有颜色差异的不同杂草或农作物,对颜色分布波动具有较强的鲁棒性。颜色分量运算的线性组合系数可通过有监督的学习自动确定。

**关键词:** 杂草识别 图像处理 色域位屏蔽压缩 实时检测

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## Real-time Detection of Weeds Based on Color Components and Bit-mask Operation

Zhou Ping Wang Yaming Zhao Yun  
(Zhejiang Sci-Tech University)

### Abstract

A real-time method to extract weed or crop populations was presented, based on RGB color components operation combined with bit-masked color reduction. Experimental results on different weed or crop populations show that color components operation can enhance the visual pattern of objects to human, and color bit-masked operation can reduce noises in image, so that the error on segmentation can be reduced. Processing time of this method costs little, no matter how complex of related scenario, with color objects be extracted within 30 ms for images of 320×240 resolution, and it's robust to variation of color or illumination on local weed or crop populations. The coefficient and operator for color components combination is determined by a supervised learning mechanism.

**Key words** Weed detection, Image processing, Bit-masked color reduction, Real-time detection

### 引言

植物在可见光和近红外光谱区具有不同的反射特性,这些反射差别可用于自动区分作物和杂草。现有机器视觉实时检测识别主要采用在线的草叶谱分析方法。为保证除草的动作位置精度和作业能力,从识别草到发出除草动作的时间应小于 2 s,即:在大于 7 km/h 速度下作业,不发生漏检<sup>[1~2]</sup>。Dryden

等<sup>[3]</sup>提出了一种分割杂草与作物纹理的 Bayesian 方法。Bak 等<sup>[4]</sup>研发了用于监控作物与杂草的自主信息系统平台,可将播种图转换成种苗位置图,其视觉系统提供了便于物理系统作业的茎秆位置和便于喷雾系统作业的作物叶位置的精确信息。光谱成像分析装置的成本相对较高,基于 Markov 随机场的分割速度较慢。毛文华<sup>[5]</sup>、王月青等<sup>[6]</sup>提出超绿色灰度化后应用最大方差自动取阈值二值化图像,再用

收稿日期:2005-07-29

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目(项目编号:50545027)和浙江省高校中青年学术带头人资助项目

周平 浙江理工大学信息电子学院 副教授 博士生(浙江大学),310018 杭州市

汪亚明 浙江理工大学信息电子学院 教授 博士后(香港科技大学)

赵匀 浙江理工大学机械与自动控制学院 教授 博士生导师

种子填充的分割方法,取得了 60 ms 处理一幅  $544 \times 117$  分辨率图像的速度,然而,其方法的后 2 步计算是导致无法快速识别的直接原因。本文提出一种用摄像头获取图像,进行杂草实时检测的方法。

## 1 特定颜色特征提取

采用  $0.3R+0.59G+0.11B$  线性组合将彩色图像转换成灰度图或直接采用灰度图像,再进行识别处理是一种常用的方法。但这会将完全不同的颜色值转变为相同的灰度值,丢失颜色信息。Collins 等<sup>[7]</sup>在解决强光与阴影对目标识别的影响时,发现图像中 RGB 分量线性组合构成的候选特征集具有特定颜色特征增强能力。其在强光下用  $R-G$  来提取目标,而用  $2G-B$  来提取阴影下的目标。目前,文献中经常提到的颜色分量线性组合还有: RGB 单一分量、 $(R+G+B)/3$  组合、近似色度特征(如  $R-B$ )和过量颜色特征(如  $2G-R-B$ )等。

在文献[7]基础上,将颜色分量线性组合的范围从  $[-2, -1, 0, 1, 2]$  的 5 个值组合,扩展到了  $[-n, n]$  域内有限实数的组合。该线性组合可表示为

$$F = \{w_1R + w_2G + w_3B \mid w_i \in [-n, n], i = 1, 2, 3\} \quad (1)$$

式中  $F$ ——颜色分量线性组合运算后的结果特征  
 $n$ ——有限实数界限值

计算候选方案时,所有特征均被规则化到  $0 \sim 255$  的数值范围中(如果为负值,直接置其为 0)。

本文设计了实验软件,对分割提取较困难的近千张图像在  $[-3.0, 3.0]$  系数范围内自动穷举运算其所有排列组合下呈现的特征图,通过人眼辅助来判断线性组合对目标分离的增强效果。实验发现:线性组合系数  $w$  在引入 1 位小数后,产生了许多目标分离增强,颜色域特征距离越大,通过这种线性组合运算的目标分离效果越好,与纹理的波动性大小几

乎无关,而增强效果是通过现有任何域值法都无法达到的。由此可知:颜色分量运算结果与特定 RGB 颜色高度集的一定组合有关,其颜色域特征可在颜色特征空间上搜索到,对特定颜色类问题,其分布存在规律。

## 2 颜色域实时压缩

多数情况下,有限颜色的图像更易被理解和处理。颜色压缩也是图像表示、转换和分割的主要任务。然而,按颜色距离最近原则进行颜色聚类压缩优化,计算量非常大,对大尺寸图像的计算更慢。为此,提出了一种具有实时计算能力的颜色位屏蔽压缩法。

所谓颜色的位屏蔽是一种在 3D 的 RGB 真彩色空间中近似均匀采样的颜色压缩方法(即:将被屏蔽的颜色位置为 0,算法中采用移位运算实现)。可在扫描图像像素,进行颜色分量运算增强的过程中,同时进行颜色的位屏蔽运算。不需要额外的扫描开销,计算是实时的。例如:屏蔽 RGB 颜色各分量 8 位中的末 3 位颜色(即:将扫描到的像素颜色分量值和 11111000 求与运算  $\oplus$ )对图像进行颜色压缩,压缩后的图像在视觉效果上改变不大,但计算搜索空间被大大压缩。屏蔽末 3 位颜色后,实验显示的  $R$  颜色分量可以从实际的 146 个亮度值被压缩为 19 个,  $G$  分量从实际的 154 个亮度值被压缩为 19 个,  $B$  分量从实际的 198 个亮度值被压缩为 24 个。将分量运算的结果特征图和 10000000 二进制求与运算可以直接获取理想的二值分割图,其结果像素最亮值为 128。实验发现:颜色位屏蔽压缩放在颜色分量运算之后进行,所提取的目标图像更接近理想情况,而且不需要分割阈值。就颜色屏蔽位的位置展开进一步研究,如图 1 所示,屏蔽不同的位可以获得不同的显示特性。

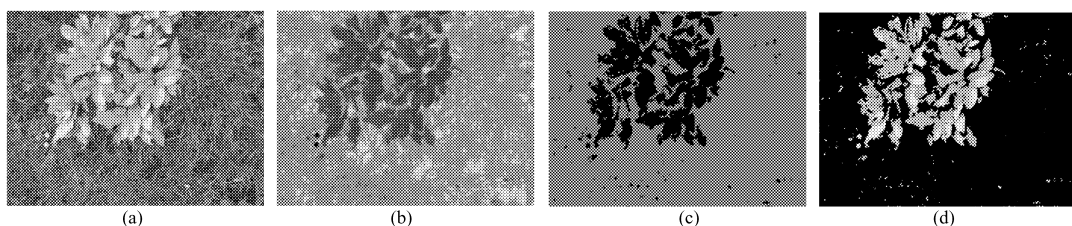


图 1 分量运算与不同位屏蔽对兴趣目标的分割结果

Fig. 1 Segmentation based on our color components operation and bit-mask method

(a) 原图(24 位 RGB 真彩) (b)  $R+G-B \oplus 11011111$  (c)  $R+G-B \oplus 10000000$  (d) 用(c)割取原图

本文颜色分量运算增强的线性组合参数是由有监督的学习自动确定。学习原理是:通过 RGB 色域特征循环学习法,半监督地获得感兴趣区的进化学习模板,自动穷举 RGB 组合系数,按式(1)求特征

图,并与该感兴趣区模板进行二值图的异或运算,再求取其运算结果图中的像素和,搜索最小值(即:匹配残差)来自动判断学习效果,控制学习结束,从而得到图像中对特定目标进行分割的最佳 RGB 组合

系数。当组合系数允许存在1位小数时,对 $320 \times 240$ 分辨率图像中特定目标的最佳RGB组合获取,可在10 s内学习完成。

### 3 实验结果与讨论

在P4 1.5 GHz,512 MB RAM 微机环境下,采用上述方法对各类作物的分割效果见图2~4(均加了 $5 \times 5$ 中值滤波和10000000位屏蔽运算)。其对 $320 \times 240$ 分辨率图像的平均分割计算时间小于等于30 ms,能够保证实时响应。如果不用中值滤波,

分割耗时能进一步减少到10~20 ms。从图中可以看出,对各目标的提取效果较好。

图2是对376帧的收获季节水稻动态图像序列的其中8帧的即时分割结果,其中,该水稻序列的前面部分图像帧与后面序列部分图像帧的光线与颜色差别都非常大,但是,经“ $3R - 3B \oplus 10000000$ 位屏蔽压缩 $\oplus 5 \times 5$ 中值滤波”分割出的水稻目标图像却没有明显变化,强烈的环境干扰产生的影响很小。尤其是在整个序列的分割过程中,没有人为改变任何参数,这将对实用化工作奠定极为有利的基础。另

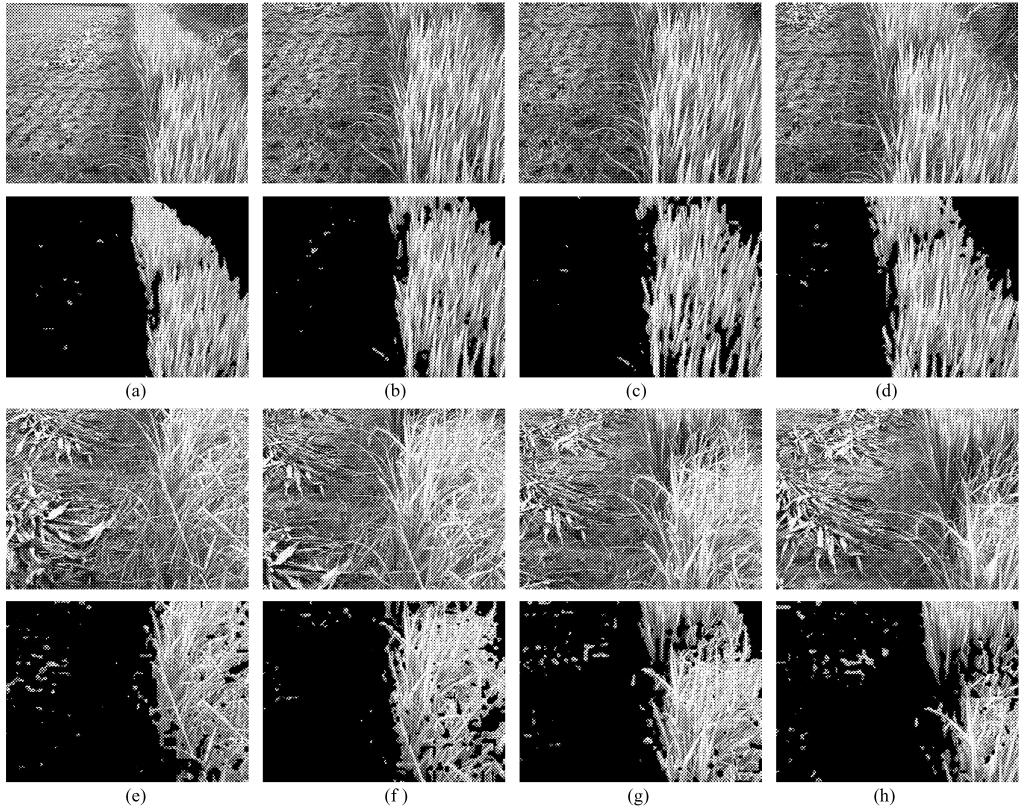


图2 对强变化光下的动态水稻序列原图和实时分割结果( $3R - 3B \oplus 10000000$ 位屏蔽 $\oplus 5 \times 5$ 中值滤波)

Fig. 2 Real-time segmentation of dynamic rice sequence under strong light changing  
(using operation of  $3R - 3B \oplus 5 \times 5$  median filter  $\oplus 10000000$  bit mask)

(a) 第2帧 (b) 第9帧 (c) 第16帧 (d) 第23帧 (e) 第232帧 (f) 第239帧 (g) 第246帧 (h) 第253帧

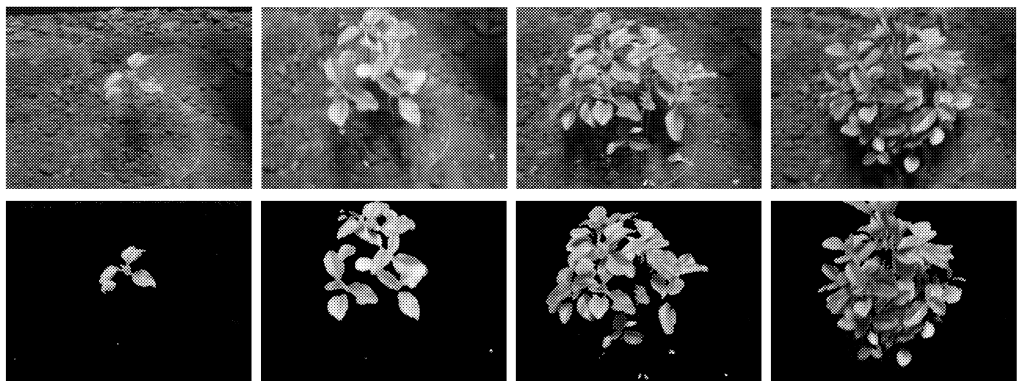


图3 对不同生长期同类植物原图及对应的实时分割结果( $R - 1.3G \oplus 5 \times 5$ 中值滤波 $\oplus 10000000$ 位屏蔽)

Fig. 3 Real-time segmentation of same plants at different growth period

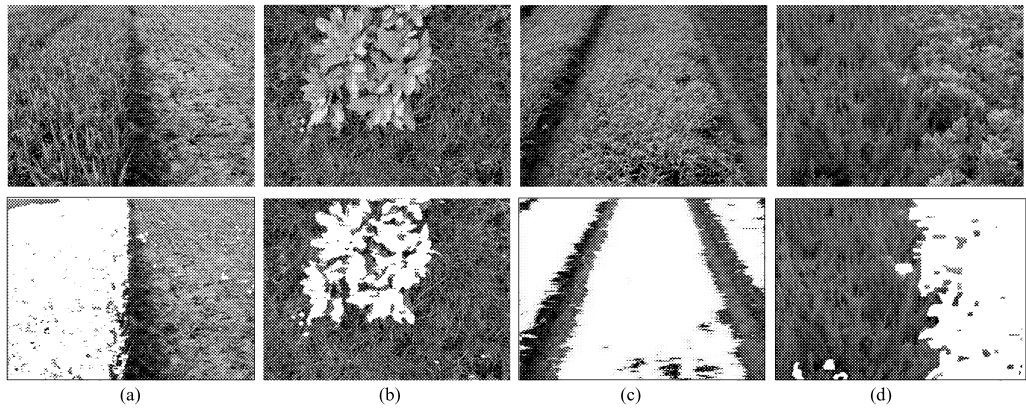


图 4 不同类植物原图和实时分割结果

Fig. 4 Real-time segmentation of different plants using our proposed method

(a)  $1.5R-G-B \oplus 5 \times 5$  中值滤波 (b)  $R+G-B \oplus 5 \times 5$  中值滤波 (c)  $1.2R-2B \oplus 5 \times 5$  中值滤波 (d)  $-R-G \oplus 5 \times 5$  中值滤波

外,采用广州飞盟公司的 FM328 型 USB2.0 Web 摄像头(分辨率  $1\ 280 \times 1\ 024$ )以本文方法提取了 6 个动态图像序列中的指定目标(约 2 300 帧图像),其分割同样是理想的,比较适合于主动摄像机视觉应用。

如果需要获得更精细的研究对象提取效果,还可在颜色分量线性组合系数  $[-3.0, 3.0]$  的分布范围内进一步细分(如保留 2 位小数,使得系数可选区扩展到  $[-3.00, 3.00]$ )。但是,线性组合系数被细分使分割精度提高,所付出的代价是其对颜色、亮度变化的鲁棒性有所下降,从而使其参数对环境变化的动态图像序列的分割适应性下降。

本文方法在计算中将所有特征规则化到  $0 \sim 255$  的数值范围时,采用了一个特殊的策略:如果值为负,则直接将其置为 0。这样能很快搜索找到理想的目标对象分割形态,并在一定的颜色亮度变化范围内一直保持有效性。当亮度变化超过了一定界限

时,其提取的目标对象就会随之改变。此问题可以采用自适应分段判断响应解决。通过基于色域特征 RGB 环形学习方法,进行含多段颜色误差带的目标特征提取实验,也能获得类似的对象分割结果,但其处理时间则要比本方法多 5~6 倍。

## 4 结论

(1) 颜色分量运算可增强目标的显示特性,色域屏蔽压缩可提取主成分,减弱图像噪声干扰引起的分割误差。

(2) 颜色域特征距离越大,目标分割效果越好,而与纹理波动大小无关,对环境光照波动的鲁棒性较强。

(3) 30 ms 内可有效分割出  $320 \times 240$  分辨率图像中具有颜色差异的任何复杂农作物或杂草目标。

(4) 分量运算的颜色组合系数,可通过有监督的学习自动确定。

## 参 考 文 献

- 1 Zhang N, Wang M, Wang N. Precision agriculture—a worldwide overview [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 36(2-3): 113~132.
- 2 Wang N, Zhang N, Wei J, et al. Wheat field tests for an optical sensor-based, real-time, embedded, weed-detection and spray-control system [J]. ASAE Paper 02-1179, 2002.
- 3 Dryden I L, Scarr M R, Taylor C C. Bayesian texture segmentation of weed and crop images using reversible jump Markov chain Monte Carlo methods [J]. Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), 2003, 52(1): 31~50.
- 4 Bak T, Jakobsen H. Agricultural robotic platform with four wheel steering for weed detection [J]. Biosystems Engineering, 2004, 87(2): 125~136.
- 5 毛文华, 王一鸣, 张小超, 等. 基于机器视觉的苗期杂草实时分割算法 [J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 83~86.
- 6 王月青, 毛文华, 王一鸣. 麦田杂草的实时识别系统研究 [J]. 农机化研究, 2004(6): 63~65, 68.
- 7 Collins R T, Liu Yanxi. On-line selection of discriminative tracking features [R]. Technical Report, CMU-RI-TR-03-12, the Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh PA, 2003.