

程玉柱, 陈 勇, 车 军, 等. 基于 Bayes 与 SVM 的玉米彩色图像分割新算法[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(7): 355-358.

基于 Bayes 与 SVM 的玉米彩色图像分割新算法

程玉柱, 陈 勇, 车 军, 金小俊

(南京林业大学机械电子工程学院, 江苏南京 210037)

摘要: 提出了基于 Bayes(贝叶斯)与 SVM(支持向量机)的玉米彩色图像分割新算法。统计原始 RGB 图像中的玉米和土壤背景的均值向量和协方差矩阵, 利用正态分布的 Bayes 分类器计算每个像素的目标和背景的判别函数值, 用训练好的 SVM 对判别函数值进行分类, 实现彩色图像分割。Matlab 试验结果表明, 该方法能够实现高光强下彩色图像分割, 平均错分率为 9.1%, 平均漏分率为 12.0%, 平均相似度为 80.8%。

关键词: 贝叶斯; 支持向量机; 彩色玉米图像; 图像分割

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2012)07-0355-04

农作物与杂草识别是实现精确除草的关键技术, 准确分割土壤背景中绿色植物及杂草是目标识别的主要前提, 而图像分割质量常受到背景、光照强度变化等因素影响, 实现精确、抗干扰的图像分割算法是自动识别的难点之一。

对于绿色植物图像分割, 传统上大多采用超绿色^[1-2]灰度化方法, 对灰度图像进行分割。由于彩色图像比灰度图像提供的信息量多, 且随着计算机处理能力的快速提高, 彩色图像分割成为热点。彩色图像的典型分割方法主要有: 直方图技术^[3]、彩色空间的聚类分析^[4-5]、区域分割^[6]、边缘检测^[6]、基于物理学分割^[6]等。

本试验提出了一种基于 Bayes^[7](贝叶斯)与 SVM^[7](支持向量机)相结合的玉米彩色图像分割算法, 可以提高高光下的图像分割效果, 试验结果表明, 此方法有效。

1 数学模型

1.1 Bayes 与 SVM 数学模型

本研究将 Bayes 与 SVM 技术相结合, 提出了一种基于 Bayes 与 SVM 的数学模型, 利用此模型解决彩色玉米图像分割问题, 具体算法流程如图 1 所示。首先输入彩色玉米 RGB 图像, 然后经过 Bayes 学习, 用学习好的 Bayes 分类器识别图像中的每个像素得到目标和背景判别函数的值, 对目标和背景判别函数的差值进行 SVM 训练, 最后让训练好的 SVM 对此差值进行识别, 得到图像像素类别标签, 根据标签得到图像分割结果。

1.2 Bayes 分类器

贝叶斯分类器(Bayes Classifier)是统计模式识别中经典的分类器。在彩色玉米图像分割问题中, 需要将玉米从土壤

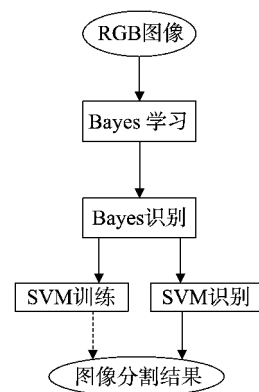


图1 Bayes与SVM数学模型

背景中分割出来, 实质上图像分割问题就转化为玉米和土壤背景的两类识别分类问题。贝叶斯公式(1):

$$P(\omega_i | x) = \frac{p(x | \omega_i) P(\omega_i)}{p(x)} \quad (1)$$

式中: $\omega_i (i = 1, 2)$ 为样本类别, $P(\omega_i)$ 为类别先验概率(已知), x 为图像像素值, $p(x | \omega_i)$ 为条件概率密度函数, $p(x) = \sum_{i=1}^2 p(x | \omega_i) P(\omega_i)$ 为 x 的概率密度函数, $P(\omega_i | x)$ 为各类后验概率。

贝叶斯分类规则为

如果 $P(\omega_1 | x) > P(\omega_2 | x)$, 则 $x \in \omega_1$;

如果 $P(\omega_1 | x) < P(\omega_2 | x)$, 则 $x \in \omega_2$;

由中心极限定理知, $p(x | \omega_i)$ 近似高斯分布, 即

$$p(x | \omega_i) = \frac{1}{(2\pi)^{t/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i) \right] \quad (2)$$

式中: $\mu_i = E[x]$ 为均值向量, $\Sigma_i = E[(x - \mu_i)(x - \mu_i)^T]$ 为协方差矩阵。

将式(2)代入式(1)并取对数得到判别函数式(3)

$$g_i(x) = \ln [p(x | \omega_i) P(\omega_i)] = \ln p(x | \omega_i) + \ln P(\omega_i) = -\frac{1}{2} (x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i) + \ln P(\omega_i) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i| \quad (3)$$

2 玉米彩色图像分割的实现

本试验以南京江心洲苗期玉米田不同时段数码相机拍摄

收稿日期: 2011-12-05

基金项目: 江苏省普通高校研究生科研创新计划(编号: CXZZ11_0515)。

作者简介: 程玉柱(1980—), 男, 江苏盐城人, 博士研究生, 讲师, 主要从事测控技术与智能系统方面的研究。E-mail: chengyuzhu2003@163.com。

通信作者: 陈 勇, 教授, 博士生导师, 主要从事机电一体化方面的研究。Tel: (025) 85427146; E-mail: chenrongnj@sohu.com。

自然光源下的玉米图像为研究对象。

试验在主频 2.5 GHz AMD 处理器、2 GB 内存 PC 上 Windows XP 操作系统环境下进行,采用 Matlab 7.8.0 软件编写程序。

2.1 基于 Bayes 分类器的彩色玉米图像分割实现

Bayes 学习和 Bayes 识别分割具体算法步骤如下:

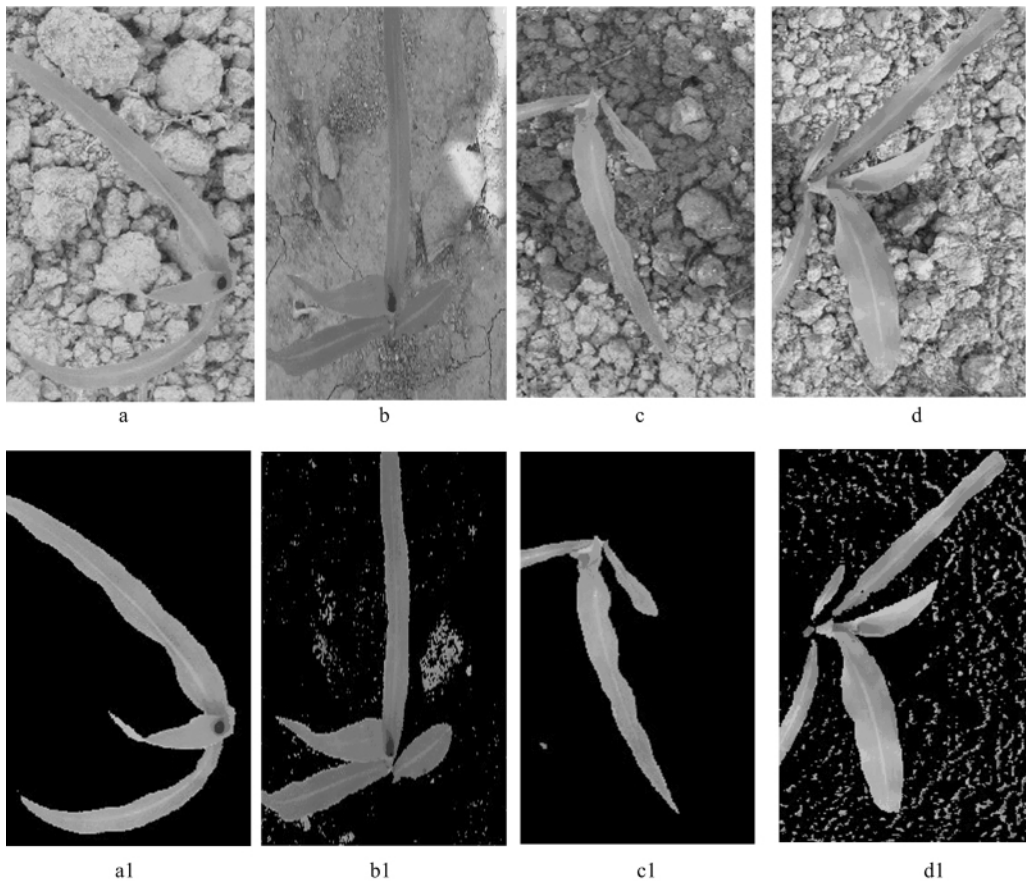
(1) Bayes 学习。选取玉米图像样本,从样本中分别计算玉米类 ϖ_c 和背景类 ϖ_s 的均值向量 μ_c 、 μ_s 以及协方差矩阵 Σ_c 、 Σ_s 的估计值;并计算两类的先验概率的估算值 $P(\varpi_c) = 0.1$ 、 $P(\varpi_s) = 0.9$,统计结果如表 1 所示。

表 1 玉米与背景颜色参数

颜色	玉米类 ϖ_c				背景类 ϖ_s			
	均值 μ_c	协方差矩阵 Σ_c			均值 μ_s	协方差矩阵 Σ_s		
R	147.022 2	60.347 4	54.129 8	50.995 2	173.633 5	1 357.4	1 326.5	1 218.7
G	184.132 7	54.129 8	69.915 0	48.500 6	151.893 3	1 326.5	1 302.1	1 197.0
B	116.569 3	50.995 2	48.500 6	60.984 4	122.125 6	1 218.7	1 197.0	1 112.4

(2) Bayes 分割。由 Bayes 学习得到的参数值,分别用公式(3)计算图像中的每个像素的两类的判别函数值 $g_c(x)$ 、 $g_s(x)$,根据 $g_c(x)$ 与 $g_s(x)$ 值的大小,识别像素的类别,从而

得到图像分割结果,如图 2 所示,其中 a~d 是未分割的原图像,a1~d1 是对应的分割后的图像。



a~d: 未分割的原图像; a1~d1: 对应的 Bayes 分割后图像

图2 Bayes 彩色玉米图像分割效果图

2.2 基于 Bayes 与 SVM 的彩色玉米图像分割实现

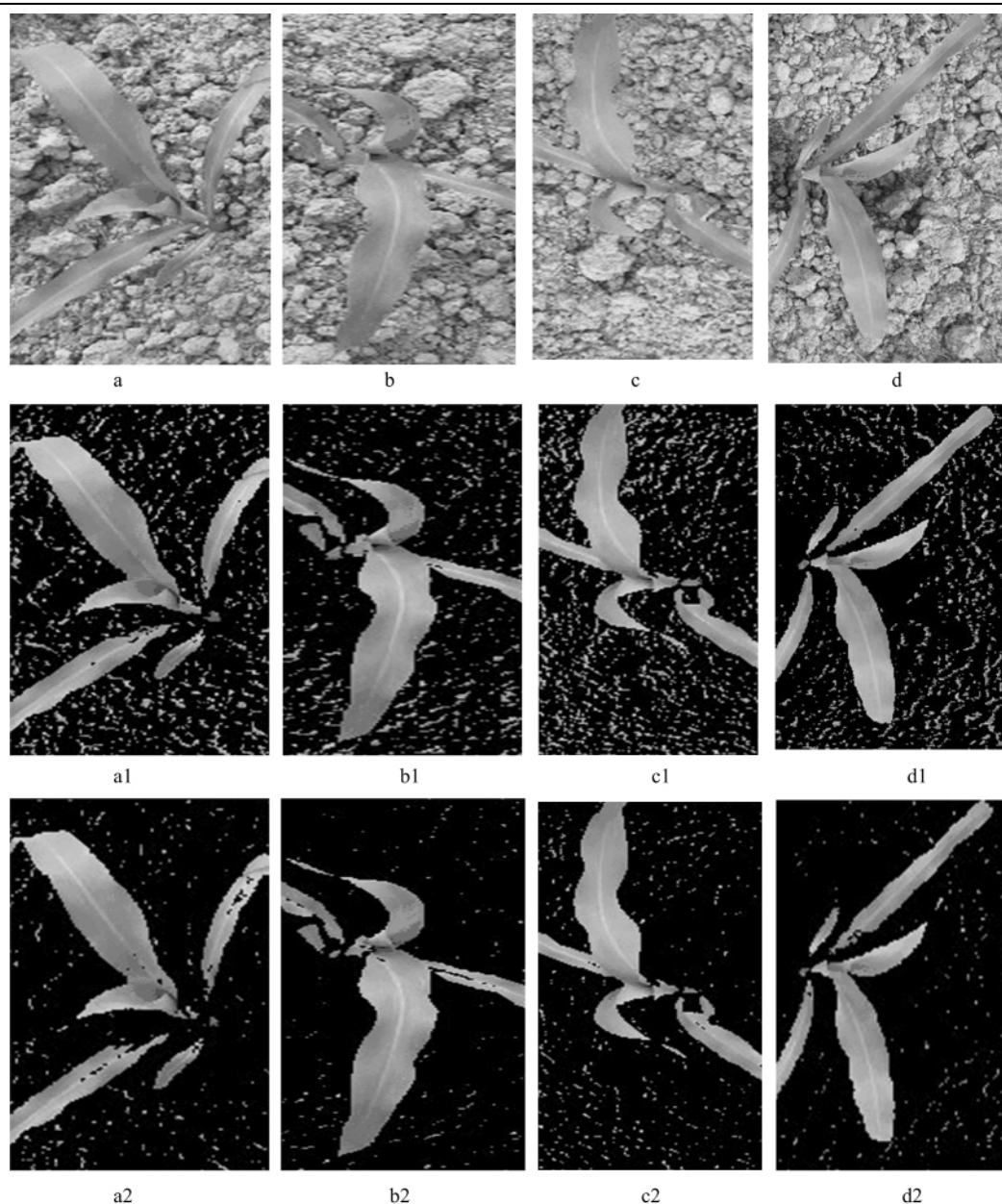
由图 2 可以看出,在正常光照条件下,Bayes 彩色玉米图像分割效果较好,而在光照强度较大的情况下,Bayes 彩色玉米图像分割质量降低,因此对于高光强彩色玉米图像分割,采用本试验“1.1”提出的 Bayes 与 SVM 数学模型对图像进行分割。

(1) Bayes 学习和 Bayes 识别。其实现过程与“2.1”Bayes 算法相同,通过学习和识别得到图像每个像素的 $g_c(x)$ 和

$g_s(x)$ 值。

(2) SVM 训练。对图像中的玉米和土壤背景类,选取 $g_c(x)$ 和 $g_s(x)$ 的样本值,对 SVM 进行训练,SVM 的核函数采用默认的“Linear kernel”。

(3) SVM 像素识别。用训练好的 SVM 对每幅图像中所有像素进行分类识别,从而得到图像分类结果,如图 3 所示,其中 a~d 是原未分割图像,a1~d1 是对应的 Bayes 分割后图像,a2~d2 是 Bayes 与 SVM 算法分割后图像。



a~d: 未分割的原图像; a1~d1: 对应的Bayes分割后图像; a2~d2: Bayes与SVM算法分割后图像

图3 Bayes与SVM彩色玉米图像分割效果图

3 图像分割结果分析

3.1 图像分割评价

为了较准确的评价图像分割质量,本试验采用有监督客观评价方法,人工利用 Photoshop 分割出理想的图像,并将此作为基准。定义标准分割图像和实际算法分割图像分别为 $I_{gold-truth}$ 和 $I_{segmented}$, 则错分率定义为

$$ER = \frac{I_{segmented} - I_{gold-truth} \cap I_{segmented}}{I_{gold-truth}} \times 100\%;$$

漏分率定义为

$$NR = \frac{I_{gold-truth} - I_{gold-truth} \cap I_{segmented}}{I_{gold-truth}} \times 100\%;$$

相似度定义为

$$SD = \frac{I_{gold-truth} \cap I_{segmented}}{I_{gold-truth} \cup I_{segmented}} \times 100\%。$$

同时统计 Bayes 和 Bayes + SVM 两种算法所消耗的时间。彩色玉米图像分割性能评价如表 2 所示。

3.2 图像分割结果讨论

因彩色玉米图像在野外田地采集,光照强度、土壤的背景等不可控自然因素对图像分割影响较大。当光强适中时, Bayes 彩色图像分割效果较好,如图 2-a 和图 2-a1 所示,正确分割率几乎接近 100%;即使土壤有湿度变化, Bayes 算法也具有一定的稳定性,如图 2-c 和图 2-c1 所示;而当土壤背景复杂,如图 2-b 和图 2-b1,有坚硬的土块或石子时,图像分割质量就会降低;特别在高光强下(图 2-d), Bayes 分割效果大幅下降(图 2-d1)。导致图像分割质量下降的原因是

高光强使得 Bayes 判别函数的数值发生了偏移,如图 4 所示。选取了图 2-d 的第 1 列前 200 个像素予以说明,“gc curves”为玉米目标判别函数值,“gs curves”为土壤背景判别函数值,“gc - gs curves”为玉米目标判别函数值与土壤背景判别函数值之差,看到第 121、124 两个像素发生误判。

“gc - gs curves”为玉米目标判别函数值与土壤背景判别函数值之差,看到第 121、124 两个像素发生误判。

表 2 彩色玉米图像分割性能评价

测试图像	ER(%)		NR(%)		SD(%)		CPU 时间(s)	
	Bayes	Bayes + SVM	Bayes	Bayes + SVM	Bayes	Bayes + SVM	Bayes	Bayes + SVM
图 3 - a	37.9	8.3	14.9	17.2	61.7	76.5	15.890 6	16.062 5
图 3 - b	32.2	4.2	7.8	10.6	69.8	85.8	16.609 4	16.968 8
图 3 - c	71.3	15.6	4.2	6.6	55.9	80.8	21.390 6	21.984 4
图 3 - d	45.7	8.1	10.6	13.5	61.5	80.1	16.718 8	16.812 5
平均值	46.8	9.1	9.4	12.0	62.2	80.8	17.652 4	17.957 1

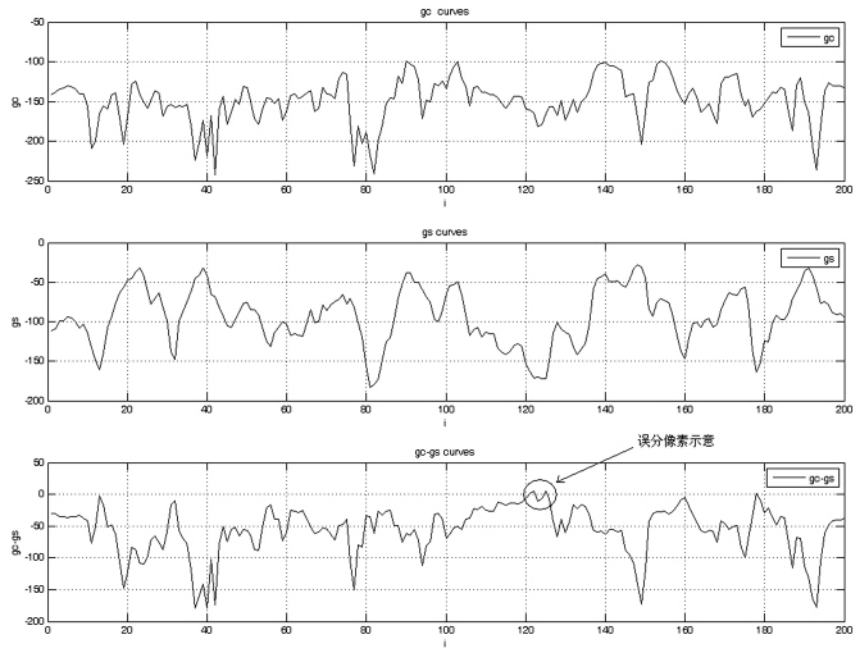


图 4 Bayes判别函数值

针对高光强图像分割问题,本试验采用 Bayes 与 SVM 算法进行彩色图像分割,图 3 是此算法效果图。表 2 中,4 幅高光测试图像分割的平均 ER 由 46.8% 下降到 9.1%,平均 SD 由 62.2% 上升到 80.8%,平均 NR 由 9.4% 小幅上升到 12.0%,总体来看,Bayes 与 SVM 联合算法比单独的 Bayes 算法具有更好的分割性能,利用 SVM 技术使得图像平均错分率大大降低了 37.7 百分点,平均相似度提高了 18.6 百分点,代价仅使平均漏分率微增了 2.6 百分点,而漏分的大多是叶片内部部分,可通过其他图像处理技术加以解决,从运算时间看,用 CPU 时间得到的核心程序平均运算时间仅增加了 0.305 3 s。

4 结论

- (1) 正常光照和普通土壤背景条件下,Bayes 方法能够实现接近 100% 的彩色玉米图像分割效果。
- (2) 基于 Bayes 和 SVM 相结合的彩色玉米图像分割方法,能有效地实现高光强环境下彩色玉米图像分割,平均错分率仅为 9.1%,平均漏分率为 12.0%,平均相似度达 80.8%。
- (3) SVM 对 Bayes 判别函数值进行训练和分类,结果表明此方法可行。
- (4) 选取合适的训练样本和 SVM,可以进一步改进图像分

割效果;同时本算法可以拓展应用到其他类别的彩色图像分割。

参考文献:

[1] Woebbecke D M, Meyer G E. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions [J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38(1): 259 - 269.

[2] 金小俊, 陈 勇, 孙艳霞. 农田杂草识别方法研究进展 [J]. 农机化研究, 2011(7): 23 - 33.

[3] Kurugollu F, Sankur B, Harmanci A E. Color image segmentation using histogram multithresholding and fusion [J]. Image and Vision Computing, 2001, 19: 915 - 928.

[4] Tan K S, Isa N A M. Color image segmentation using histogram thresholding - Fuzzy C - means hybrid approach [J]. Pattern Recognition, 2011, 44(1): 1 - 15.

[5] Sowmya B, Rani B S. Colour image segmenation using fuzzy clustering techniques and competitive neural network [J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(3): 3170 - 3178.

[6] 章毓晋. 彩色数字图像处理 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 162 - 189.

[7] Theodoridis S, Koutroumbas K. Pattern Recognition [M]. 4th ed. Leiden, Netherlands: Elsevier, 2009: 13 - 33, 119 - 127.