

关 强,薛河儒,姜新华. 基于二维 OTSU 的田间植物图像分割方法[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):437-440.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.134

基于二维 OTSU 的田间植物图像分割方法

关 强,薛河儒,姜新华

(内蒙古农业大学计算机与信息工程学院,内蒙古呼和浩特 010018)

摘要:田间植物图像分割就是将田间图像分成绿色植物部分和背景部分,它是田间杂草识别过程中的关键步骤。通过对植物部分与背景部分特点的研究,采用 RGB 颜色模型和 HSV 颜色模型的灰度化方法,根据不同灰度化结果的特点选取不同的分割算法。通过试验对比,选取 RGB 颜色模型中 $g-r$ 作为灰度化方法,并且选取二维 OTSU 算法作为图像的分割方法,最终得到较好的分割效果。

关键词:田间植物;图像处理;图像分割;二维 OTSU

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0437-03

田间杂草不仅同作物竞争营养成分,还会影响作物生长,对作物的产量、质量影响非常大,因此实现田间杂草智能信息处理已成为现代农业的发展方向。将绿色植物部分从田间图像中分割出来是田间杂草识别过程中的关键步骤^[1-2]。

目前,常用的植物与背景分割过程是首先根据灰度化方法将彩色图像转化为灰度图像,再选取合适的分割算法将灰度化图像转化为二值图像,从而将植物与背景分割出来。毛文华等基于颜色特征、位置特征、纹理特征对田间杂草进行识别^[3];Ji 等总结了在户外室外自然光照条件下的实时田间作物图像分割的算法^[4];吴兰兰在对玉米苗期杂草的研究中利用 OTSU 法对植物与背景进行了分割^[5];Burgos-Artiz 等在对田间图像分析中利用了超绿法将图像灰度化,并且利用阈值法和位置信息法将图像成功分割^[6];刘广瑞等利用 OTSU 最佳阈值法在棉花幼苗识别中将植物与背景分割出来^[7]。通过对原有的灰度化方法和分割方法的分析,总结了目前存在的灰度化方法和分割算法,发现存在的算法当中未考虑相邻区域像素点的取值,因此由于光照、反射等原因引起的失真问题极大地影响分割效果。胡波等提出了基于像素灰度级和邻域灰度级的二维直方图分割算法,在分割过程中运用了最优阈值法进行像素灰度级和邻域灰度级的分割^[8]。本研究引入了相邻区域像素点的信息,得到基于像素灰度级和邻域像素灰度级的二维 OTSU 分割方法。

本研究针对田间植物与背景的各自特点,主要研究了在 RGB 颜色模型中的 3 种灰度化方法和在 HSV 颜色模型中的 H 值的灰度方法^[9-11]。通过对灰度直方图的分析,选取了定阈值法、双峰法、迭代法、OTSU 方法和二维 OTSU 方法 5 种分割方法分割植物与背景区域。

收稿日期:2014-12-01

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201203041);教育部“春晖计划”(编号:Z2009-1-01062);内蒙古农业大学科技创新团队项目(编号:ZN201010)。

作者简介:关 强(1989—),男,硕士研究生,主要从事模式识别与图像处理研究。

通信作者:薛河儒,博士生导师,主要从事模式识别与图像处理研究。

E-mail:xuehr@imau.edu.cn。

1 灰度化方法

农作物和杂草一般为绿色,石头土壤等背景部分一般为黄色。由于植物和土壤等背景的颜色有明显差别,可以通过使用颜色分量作为分割的阈值。为了有效迅速将图像背景分离出来和一些颜色区别明显的杂草标记出来,首先必须将图像进行灰度化。

1.1 RGB 颜色模型中灰度化方法

在 RGB 颜色模型中,根据大量图像分析得出结论,各种背景的均值关系: $r > g > b$;植物部分的均值关系: $g > r$ 且 $g > b$ 。通过试验数据分析,1.4r-g、g-r、2g-r-b 这 3 个灰度化方法可以有效地将背景和植物分割^[5]。灰度直方图对比见图 1。

通过直方图对比,可以发现 1.4r-g、g-r 形成了双峰效果,有利于对以后的图像分割,2g-r-b 双峰效果不明显,所以选取 g-r 作为灰度化方法。

1.2 HSV 颜色模型中的灰度化方法

RGB 真彩色图像每个像素点都包含有 3 个颜色值,处理真彩色图像时因其数据量太大,为了将颜色信息更直观化并且符合人的视觉特性,需要将 RGB 模型转换成 HSV 模型^[12-13]。RGB 颜色空间到 HSV 颜色空间的转化关系如公式(1):

$$\begin{cases} H_1 = \cos^{-1} \left[\frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-G)(R-B)}} \right] R \neq B \text{ or } G \neq B \\ H = \begin{cases} H_1 & \text{if } B \leq G \\ 360^\circ - H_1 & \text{if } B > G \end{cases} \\ S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \\ V = \frac{\max(R, G, B)}{255} \end{cases} \quad (1)$$

根据文献表明^[12],限定 S 饱和度、V 亮度在 $(S > 35) \&\& (V > 70)$ 之间,以 H 色调为检测条件,绿色是最容易分割的颜色,H 色调范围很大,经计算色调 H 的范围为 $30 < T < 90$ 。对其进行 H 分割,实现了图像绿色植物信息的提取。

2 分割方法

通过上述分析,可以利用选取合适的灰度化方法得到灰

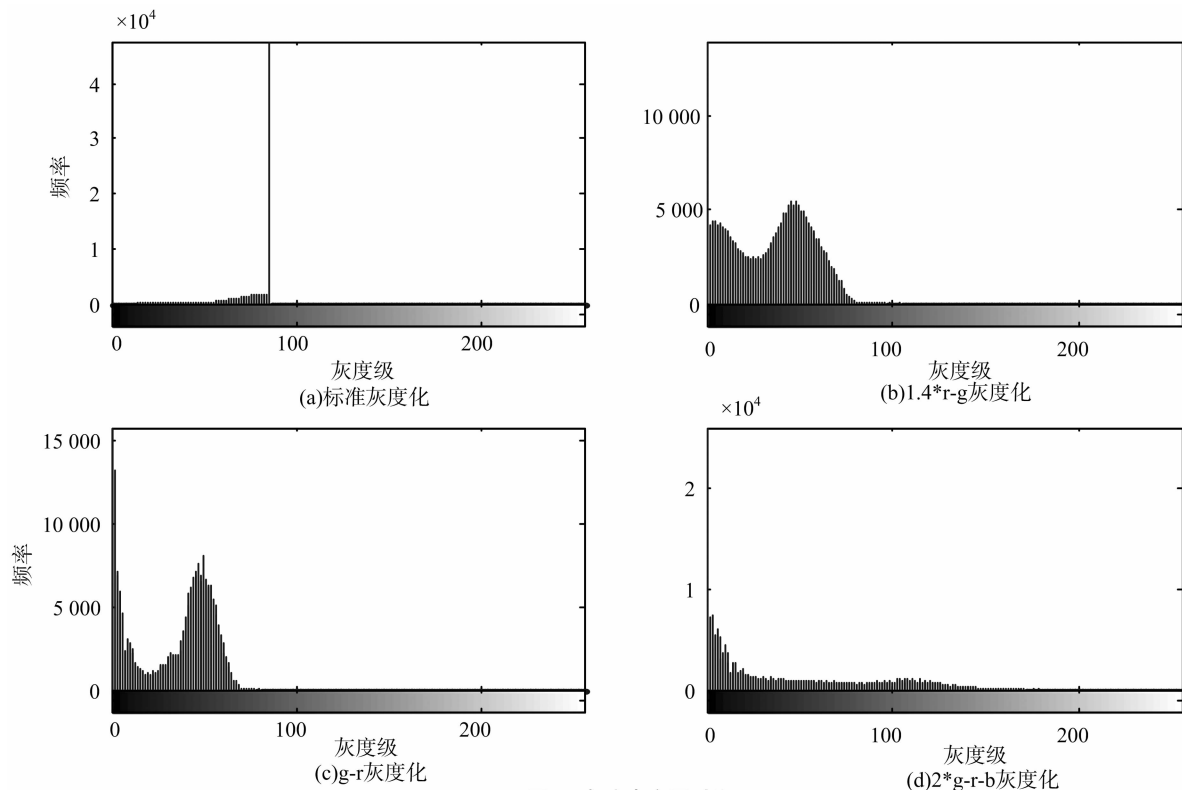


图1 灰度直方图对比

度图像,要想把植物与背景分割出来就要选择适合的分割方法,方法选取的好坏直接影响到分割的准确性。

通过上述灰度化结果分析,可以知道所选取的颜色分量可以将植物和背景在数值上分割出来,所以用阈值法对上面的试验结果进行分割,选取的阈值方法分为定阈值法和动态阈值法。

2.1 定阈值法

即阈值 T 为指定的常数值,对所要处理的图像 $f(x, y)$ 逐像素扫描并与该 T 值进行比较,将像素标记为前景或背景。这种方法最简单、快速,在图像具有固定阈值的情况下可取得很好的效果^[14]。

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 & f(x, y) > T \\ 0 & f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

2.2 动态阈值法

根据对颜色分量特点的分析,动态阈值法适合采用 RGB 颜色模型对图像进行分割。动态阈值分割方法主要有双峰法、迭代求最佳阈值法、一维 OTSU 法、二维 OTSU 法。

2.2.1 双峰法 双峰法的基本方法是根据直方图搜寻直方图两峰值之间的最低点作为阈值,当直方图有 2 个以上峰值时,则把 2 个主要峰值之间的最低点做为阈值,其直方图具有双峰性质时分割效果较好^[14]。

2.2.2 迭代求最佳阈值法 迭代求最佳阈值法:基于灰度值的统计分布,通过逐次迭代来寻求最佳分割阈值^[15]。迭代法是基于逼近的思想,其步骤如下:(1) 求出图像最大灰度值和最小灰度值,分别记为 ZMAX 和 ZMIN,令初始阈值 $T_0 = (ZMAX + ZMIN)/2$;(2) 根据阈值 T 将图像分割为前景和背景,分别求出二者的平均灰度值 ZO 和 ZB;(3) 求出新阈值 $T = (ZO + ZB)/2$;(4) 如果 2 个平均灰度值 ZO 和 ZB 不再变

化,则 T 为阈值;否则转到步骤 2,迭代计算。

2.2.3 一维 OTSU 法 一维 OTSU 法的基本方法是基于灰度值的统计分布,通过求分割后 2 区域的最大方差来获取最佳分割阈值。

具体思路是对于图像 I ,记植物部分与背景部分的分割阈值为 T ,植物部分像素点的平均灰度为 u_0 ,占图像比例 w_0 ;背景部分像素的平均灰度值为 u_1 ,占图像比例 w_1 。图像的平均灰度值为 $u_t = w_0 \times u_0 + w_1 \times u_1$ 。图像中所有的灰度值遍历 T ,当 T 使得方差 $\sigma_2 = w_0 \times (u_0 - u_t)^2 + w_1 \times (u_1 - u_t)^2$ 最大时, T 为分割的最佳阈值。

2.3 二维 OTSU 法

在一维 OTSU 法中确定阈值是对像素点本身灰度值的计算,而二维 OTSU 法阈值的确定是将像素点的灰度值和邻域灰度值形成二元组之后再进行计算。

设图像的灰度分为 L 级,那么像素的邻域平均灰度也分为 L 级,由该像素点本身的灰度值和它周围像素点的平均灰度值形成一个二元组 (i, j) 。 f_{ij} 表示为 (i, j) 出现次数, P_{ij} 为出现的概率,表示为 $P_{ij} = f_{ij}/N$,将图像分为植物和背景 2 个部分,分别用 C_0 和 C_1 表示。设图像分割阈值为 (s, t) ,因此, C_0 和 C_1 的概率分别为^[16]:

$$w_0 = P_r(C_0) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t p_{ij} = w_0(s, t); \quad (3)$$

$$w_1 = P_r(C_1) = \sum_{i=s+1}^L \sum_{j=t+1}^L p_{ij} = w_1(s, t)。 \quad (4)$$

C_0 的均值矢量为:

$$u_0 = (u_{0i}, u_{0j})^T = \left[\sum_{i=1}^s i P(i/C_0), \sum_{j=1}^t (j/C_0) \right]^T = [u_i(s, t)/w_0(s, t), u_j(s, t)/w_0(s, t)]^T。 \quad (5)$$

C_1 的均值矢量为:

$$u_i = (u_{1i}, u_{1j})^T = \left[\sum_{i=s+1}^l iP(i/C_1), \sum_{j=t+1}^l (j/C_1) \right]^T = [u_i(s, t)/w_1(s, t), u_j(s, t)/w_1(s, t)]^T. \quad (6)$$

将 C_0 和 C_1 均值矢量在二维直方图中表示为:

$$u_r = (u_{ri}, u_{rj})^T = \left(\sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l i p_{ij}, \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l j p_{ij} \right)^T. \quad (7)$$

存在如下关系: $w_0 + w_1 \approx 1, u_1 \approx w_0 u_0 + w_1 u_1$ 。

定义一个类间的离散度矩阵:

$$S_B = \sum_{k=0}^1 P_r(C_k) [(u_k - u_i)(u_k - u_i)^T] = \begin{bmatrix} \omega_0(\mu_{0i} - \mu_{1i})^2 + \omega_1(\mu_{1i} - \mu_{1i})^2 \\ \omega_0(\mu_{0i} - \mu_{1i})(\mu_{0j} - \mu_{1i}) + \omega_1(\mu_{1i} - \mu_{1i})(\mu_{1j} - \mu_{1i}) \\ \omega_0(\mu_{0i} - \mu_{1i})(\mu_{0j} - \mu_{1i}) + \omega_1(\mu_{1i} - \mu_{1i})(\mu_{1j} - \mu_{1i}) \\ \omega_0(\mu_{0j} - \mu_{1i})^2 + \omega_1(\mu_{1j} - \mu_{1i})^2 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

使 S_B 的记作为类间的离散度测度,有:

$$t_r S_B = \omega_0 [(\mu_{0i} - \mu_{1i})^2 + (\mu_{0j} - \mu_{1i})^2] + \omega_1 [(\mu_{1i} - \mu_{1i})^2 + (\mu_{1j} - \mu_{1i})^2]. \quad (9)$$

类似于一维 OTSU 法,最佳阈值 (s', t') 满足下式:

$$t_r S_B(s', t') = \max_{1 \leq s, t < L} \{t_r S_B(s, t)\}. \quad (10)$$

3 结果与分析

3.1 处理结果

定阈值法效果:根据对颜色分量选取的分析,定阈值法适合 HSV 颜色模型中的灰度化方法,限定 $S > 35$ 和 $V > 70$,选取

阈值 T 的取值范围为 $30 < T < 90$,这样就可以将图像中绿色和青色的部分分割出来。试验结果见图 2。



(a)原始图像



(b)30<T<90

图2 定阈值法分割效果

动态阈值效果对比,根据直方图双峰之间的最低值,在试验图像中,双峰法的阈值 $T = 25$ 。各种算法分割效果见图 3。



(a)双峰法



(b)迭代法



(c)一维OTSU法



(d)二维OTSU法

图3 动态阈值分割效果对比

从试验结果对比可以看出,HSV 特征分量的定阈值法分割后的图像处理效果较差,背景杂质较多。双峰法处理效果一般,主要依赖于阈值的选取,当图像没有形成双峰效果或者双峰之前没有明显的波谷时候,处理效果不理想。迭代求最佳阈值法处理结果较好,能够分割出绿色植物与背景区域部分,但是背景部分及植物叶片部分斑点较多,不利于后续处理。一维 OTSU 值法较优,和迭代求最佳阈值法处理结果相似,同样的缺点就是背景中斑点较多,不利于后续处理。二维 OTSU 法处理效果最好,与之前的方法比较,去除了叶面及背景中面积区域较小的杂质部分,有利于后续处理。

3.2 处理时间

不同方法进行分割运算所用的时间见表 1,从表 1 可以看出,运行时间最短的方法是一维 OTSU 法,运行时间最长的

方法是迭代求最佳阈值法;定阈值法和一维 OTSU 法运行时间在 0.5 s 左右,二维 OTSU 法的运行时间在 0.7 s 左右。

表 1 不同方法运行时间比较

灰度化方法	分割方法	运行时间(s)
HSV	定阈值法	0.56
RGB	最优阈值搜寻法	0.44
	迭代求最佳阈值法	1.93
	一维 OTSU 法	0.34
	二维 OTSU 法	0.70

4 结论

通过处理结果和运行时间比较,在图像分割过程中,一维的分割算法仅利用了图像的灰度信息,并没有考虑到图像中

宋庆恒,李政峰,谭 懿. 便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):440-443.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.135

便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现

宋庆恒^{1,2}, 李政峰¹, 谭 懿¹

(1. 怀化学院物理与信息工程系, 湖南怀化 418008; 2. 武陵山片区生态农业智能控制技术湖南省重点实验室, 湖南怀化 418008)

摘要:介绍了一种便携式土壤 pH 值、电导率测试仪的设计与实现,该系统由 CC2530 最小系统、土壤 pH 值传感器、土壤电导率传感器、GPS 定位模块等组成,可完成土壤 pH 值、电导率、温度、测试地点经纬度、海拔等参数的采集和存储,并利用土壤温度对 pH 值、电导率进行校正,用户可通过串口将所存数据转到计算机进行分析和处理。

关键词:CC2530;pH 值;电导率;GPS;测试仪

中图分类号:S625.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0440-04

土壤电导率包含了反映土壤品质与物理特性的丰富信息,土壤电导率由孔隙度、温度、盐分、阳离子交换能力等土壤性质所决定^[1]。土壤 pH 值是土壤酸碱度的强度指标,是土壤的基本性质和影响肥力的重要因素之一^[2]。它直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性,从而影响植物的生长发育。因此,土壤 pH 值、电导率的实时检测对数字农业、温室大棚、花卉蔬菜、草地牧场、土壤速测、植物培养、科学试验等

领域皆具有重要意义。传统的便携式土壤 pH 值、电导率测试仪具有以下缺点,一是常见测试仪只能测量 1 种土壤参数,且测量的大量数据无法存储,不能将数据转存到计算机进行进一步分析和处理;二是进行野外测量时无法利用测试数据绘制时间和空间分布图,并利用分布图进行综合分析^[3-4]。本研究设计了一种便携式土壤 pH 值、电导率测试仪。其工作原理是利用 pH 值传感器采集土壤 pH 值数据;利用电导率传感器采集土壤电导率;利用 GPS 模块采集土壤经纬度、高度数据;利用温度传感器采集土壤温度,并对 pH 值、电导率进行校正,并将测量数据进行存储。

1 系统总体设计

利用 CC2530 搭建土壤 pH 值、电导率测试仪硬件平台,该平台主要由 CC2530 最小系统、土壤 pH 值传感器、电导率传感器、温度传感器、GPS 模块、存储模块、电源模块组成,系

收稿日期:2014-08-26

基金项目:湖南省科技计划(编号:2014NK3072,2013GK3145);怀化学院科技项目(编号:HHUY2013-04);湖南省大学生研究性学习和创新性实验资助项目(编号:2014-454);武陵山片区生态农业智能控制技术湖南省重点实验室资助项目(编号:ZNKZ2014-3)。作者简介:宋庆恒(1980—),男,湖北崇阳人,硕士,讲师,研究方向为多传感器数据融合、农业自动化与信息化。E-mail:66435781@qq.com。

的空间相关信息。本研究利用二维 OTSU 法,通过加入像素点邻域内像素的信息可提高分割效果,背景中杂质部分以及叶片上区域小的杂质部分都被过滤掉,着重的突出绿色植物的轮廓。解决了由于光照、反射等原因引起的失真问题,二维 OTSU 法由于考虑到邻近灰度值的信息,在解决失真问题方面明显优于一维 OTSU,分割结果较好地保留了植物部分的完整性,为后续提高杂草识别率奠定了基础。但性能的提高是靠增加计算时间为代价的。

参考文献:

- [1]郭振升. 农田杂草的危害及防除[J]. 河南农业,2003(9):32.
- [2]徐保华. 农田杂草危害与防除[J]. 现代农业,2007(10):16-17.
- [3]毛文华,曹晶晶,姜红花,等. 基于多特征的田间杂草识别方法[J]. 农业工程学报,2007,23(11):206-209.
- [4]Ji R H, Fu Z T, Qi L J. Real-time plant image segmentation algorithm under natural outdoor light conditions[C]. Proceedings of the First International Conference on Computers and Computing Technologies in Agriculture,2007.
- [5]吴兰兰. 基于数字图像处理的玉米苗期田间杂草的识别研究[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [6]Burgos - Artizzu X P, Ribeiro A, Tellaeche A A, et al. Analysis of

- natural images processing for the extraction of agricultural elements[J]. Image and Vision Computing,2010,28(1):138-149.
- [7]刘广瑞,黄 真,毛树春,等. OTSU 最佳阈值法在棉花幼苗识别中的应用研究[J]. 棉花学报,2013,25(1):86-89.
- [8]胡 波,毛罕平,张艳诚. 基于二维直方图的杂草图像分割算法[J]. 农业机械学报,2007,38(4):199-202.
- [9]李 漪. 浅谈图像处理技术在杂草识别中的应用[J]. 科技创新导报,2009(31):26.
- [10]梅汉文. 基于 DSP 的玉米苗期杂草识别方法的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [11]齐 平. 基于图像处理的杂草识别研究[D]. 成都:西华大学,2010.
- [12]郭英华. 基于 HSV 色彩空间的图像分割[J]. 黑龙江冶金,2011(2):35-37.
- [13]刘广瑞,黄 真,毛树春,等. 基于最小阈值法的棉花幼苗识别研究[J]. 棉花学报,2012,24(6):562-565.
- [14]赵德升,毛罕平,陈树人,等. 杂草识别中背景分割方法的比较研究[J]. 农机化研究,2009(11):76-79.
- [15]刘艳红. 图像分割技术之迭代算法在杂草识别中的应用[J]. 山西农业大学学报:自然科学版,2009,29(1):86-88.
- [16]刘健庄,栗文青. 灰度图象的二维 OTSU 自动阈值分割法[J]. 自动化学报,1993,19(1):101-105.