

DOI:10.11937/bfyy.201708002

套袋苹果影像的分割方法研究

张万红, 朱元骏

(西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为了准确识别并分割套袋苹果,对影像中的套袋苹果及其背景在 RGB 颜色空间模式下,分析各目标物的 R(红)、G(绿)及 B(蓝)值分布特征,根据各目标物所呈现的 R、G 及 B 值差异选取适合于套袋苹果的分割条件,对套袋苹果进行分割,将分割结果与多阈值分割法以及 K 均值聚类法分割结果进行比较。结果表明:分割法优于以上 2 种方法,同时,根据该试验提出的分割方法计算苹果识别率,识别率可达 93.4%,表明该试验算法对套袋苹果的分割准确率高。

关键词:套袋苹果;R、G 和 B 值分布特征;影像分割

中图分类号:S 661.105⁺.9 文献标识码:A 文章编号:1001-0009(2017)08-0006-04

苹果是中国第一大果品产业^[1],其种植区域主要分布在渤海湾区和黄土高原地区^[2],其产量占中国水果总产量的 26.6%^[3]。苹果套袋被作为一种生产无公害水果的栽培措施在生产上被广泛使用^[4-5],能增进苹果着色,使果面光洁,提高品质,并且减少喷施农药,防止污染,保护环境。目前相关的研究主要集中在对果园中裸露的苹果进行识别^[6-11],对于套袋苹果的相关研究尚鲜见相关报道。

近年来为了能准确掌握果实生长状况,以采取相应农艺措施提高苹果产量,科研人员开始采用视觉技术监控和预测果园产量,以降低劳动量和提高结果精度。因此,尽量准确的识别树上果实,对监测精度至关重要^[6],基于以上的考虑该试验拟对套袋苹果的分割方法进行研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2016 年 8 月 20—23 日,在中国科学院院长黄土高原农业生态试验站附近苹果园,使用华为荣耀 7 手机,在太阳光较弱的条件下,采用自然曝光模

式,收集光照较均匀、较少有阴影的套袋(颜色尺寸较一致)苹果影像。在影像进行分割处理前,为方便影像处理,在不影响影像中各目标物形状及颜色的前提下,图像统一变换为 2 816×2 969 像素,以 JPG 格式导入计算机,如图 1 所示。

1.2 试验方法

为了快速及准确识别影像中的套袋苹果,使用由美国 mathworks 公司开发 Matlab 软件并采用以下主要方法对苹果影像进行分析。

使用 Matlab 软件中的“imread”命令读取苹果影像,对读取后的 RGB(红绿蓝)图像使用“rgb2gray”命令进行灰度转化,转化后的灰度图像使用“imhist”命令做直方图,并观察直方图中波峰及波谷的变化,以判断图像是否适宜于单阈值分割法。

提取 RGB 颜色模式下的 R(红)、G(绿)、B(蓝)各颜色分量,并选取“tools”菜单下的“data cursor”命令读取影像中套袋苹果上部、中部、下部、侧位、阳光照射部位以及阴影部位的 R、G、B 数据;读取绿叶中被阳光照射部位、阴影部位、叶背以及叶面部位的 R、G、B 数据;读取光照部位及背光部位树枝的 R、G、B 数据;读取天空及其它背景的 R、G、B 数据。分析图像中各类目标物的 R、G、B 数据特征,根据苹果套袋的 R、G 和 B 数据与其它背景物体的差异,对套袋苹果进行识别并分割。

将 RGB 图像模式转化为 HSV 模式(色调、饱和度以及亮度颜色模型),并提取 H 颜色分量,采用 K 均值聚类的方法^[12]对 H 颜色分量进行聚类分析,将通过聚类分析分割后的图像与该试验算法分割结果

第一作者简介:张万红(1974-),男,陕西扶风人,博士,助理研究员,研究方向为生态模型及影像分割。E-mail:zhwhong1022@163.com.

责任作者:朱元骏(1978-),男,湖北十堰人,博士,副研究员,研究方向为土壤侵蚀。E-mail:zhuyuanjun@foxmail.com.

基金项目:中国科学院重点部署资助项目(KFZD-SW-306-03)。

收稿日期:2016-12-07

进行比较。

根据套袋苹果的灰度图像直方图,选取合适的阈值范围对图像进行分割,将分割结果与该试验算法分割结果进行比较。

1.3 数据分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 Matlab 软件读取影像并显示灰度图像直方图信息

如图 1 所示,苹果套袋后其颜色与周围背景有明显的差异,为了判断套袋苹果影像是否适合于单阈值分割,首先对影像进行灰度转化,再显示直方图信息,灰度化图像及其直方图如图 2、3 所示。图 2 显示,套袋苹果灰度值接近周围部分苹果叶子及树枝的灰度值,图 3 显示了明显的 2 个波谷和 3 个波峰,但小的波峰和波谷也存在,这些现象表明不能采用单阈值法对套袋的苹果进行分割,但多阈值分割的方法是可行的。



图 1 原图

Fig 1 Original image

2.2 根据影像中各目标物的 R、G 和 B 值差异进行图像分割

对 30 幅 RGB 图像中的套袋苹果、树枝、绿叶、天空等目标物的 R、G、B 颜色分量进行分析。表 1 表明,套袋苹果的 R 值分别大于 G 值和 B 值,G 值大于 B 值,且 R 值与 G 值、R 值与 B 值的比值表明 R 值与 G 值之间差异较小,R 值与 B 值之间差异较大,G 值与 B 值的比值显示 G 值与 B 值之间有较大差异;土壤的 R、G 和 B 取值特点与套袋苹果相似,但三者两两之间的差异均较大;树枝的 R 值分别大于



图 2 灰度图

Fig 2 Gray image

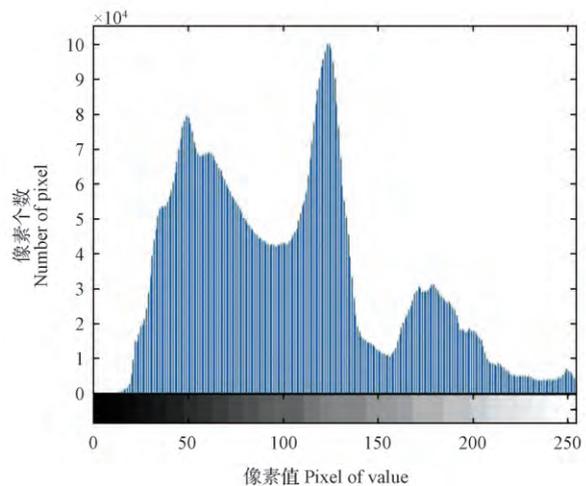


图 3 套袋苹果灰度图像直方图

Fig 3 Histogram for gray image of bagged apple

G 值和 B 值,且 G 值小于 B 值,G 值与 B 值之间接近 1 的比值表明,G 值与 B 值在树枝部分差异小;绿叶的 G 值分别大于 R 值和 B 值,R 值大于 B 值,且 R 值和 B 值、G 值与 B 值以及 R 值和 G 值的比值表明三者两两之间的差异均较大;在影像中的天空部分,R 值小于 G 值和 B 值,G 值小于 B 值,R、G 和 B 每 2 个颜色分量间的差异均较大。综合以上的分析,将“ $R > G > B$ ”作为分割套袋苹果的一个分割条件,同时考虑到树枝和绿叶与套袋苹果在空间位置上紧密相连,并且树枝部分的 G 值与 B 值之间又非常接近,受光照的影响以及树枝在苹果树上着生部位的不同,较少数量的 G 值会大于 B 值,从而树枝的一些部位也满足“ $R > G > B$ ”的分割条件,图像分割的

难度将被增加。为了将套袋苹果与树枝区分开来,将 R 值的取值范围作为另一个分割条件,在该试验中,以大于套袋苹果的最小 R 值(100)作为另外的分割条件。尽管土壤部分也符合以上条件,但土壤与套袋苹果之间在空间分布上,较绿叶与树枝而言,相距较远,在二值化图像后很容易进行剔除,因此不再设定其它分割条件。

表 1 苹果影像中不同目标物的 R、G 和 B 值分布特征

Table 1 Characteristics of R,G and B values of different objects for apple image

目标物 Object	R 值 R value	G 值 G value	B 值 B value	R/G	R/B	G/B
套袋苹果 Bagged apple	137.56	125.63	98.66	1.10	1.49	1.33
树枝 Branch	63.66	57.50	60.40	1.15	1.15	0.98
绿叶 Leaf	75.36	90.80	52.10	0.80	1.55	1.85
天空 Sky	176.06	224.26	248.96	0.77	0.70	0.89
土壤 Soil	175.53	157.83	134.86	1.13	1.35	1.19

注:表中数据均为平均值。

Note: The data in the table are the average.

由图 4 分割结果可以看出,分割后套袋苹果的边缘部分有小的刺突,这些刺突一部分来自于被待分割目标遮挡的其它苹果套袋,一部分来自于较深阴影下的绿叶以及太阳光照射下叶背部的主叶脉,另有一部分来自于强光照射下的树枝两侧部位。此外,在深阴影下的套袋皱褶以及套袋的较深皱褶部位,其 R、G 以及 B 值分布特征与其它部位的 R、G 及 B 值有一些差异,这些差异导致图像分割后,苹果套袋的一些皱褶部分不能被准确分割。但总体而言,



图 4 该试验算法分割结果

Fig 4 Image segmentation by the method presented by this paper

影像中背景(树枝、绿叶、土壤以及天空)与前景(套袋苹果)分割准确,分割后的前景目标物外形无明显变形现象,套袋苹果的主要形态特征能被准确显现。

为了验证该试验分割算法的合理性,分别将基于 K 均值的聚类算法以及多阈值分割法与该试验分割算法分割结果进行比较,图 5 为基于 K 均值的聚类算法分割结果,其中部分树枝、绿叶与套袋苹果交织在一起,甚至在图像的一些部位树枝、绿叶与套袋苹果的影像产生融合。图 6 为多阈值分割结果,可以看出,套袋苹果基本与其它背景产生了分离,但仍有少量的绿叶以及树枝与套袋苹果紧密相连,而且被分割后的套袋苹果中有较多黑斑,待分割目标被过分割。



图 5 K 均值聚类算法分割图像

Fig 5 Image segmentation by K-means clustering analysis

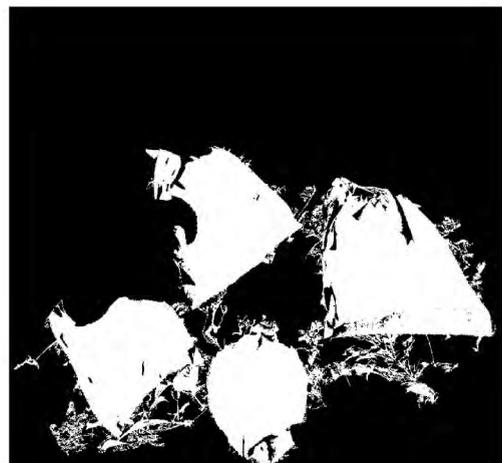


图 6 多阈值算法分割图像

Fig 6 Image segmentation by multiple threshold values

2.3 试验结果分析

为了进一步验证该试验算法,对影像分割后的套袋苹果进行计数,并与实际苹果数目进行比较,计算识别率。如表 2 所示,与实际苹果个数相比,根据影像分割结果计算的苹果识别率可达到 93.4%,识别率较高,从而也表明,影像中套袋苹果能被准确分割。

表 2 用识别率测试图像分割结果

Table 2 Testing the results of image segmentation by computing the identification rate

识别结果 Results	苹果 Apple
苹果实际个数 Actual apple number	500
图像分割后计数 The apple number counted based on image segmentation	467
识别率 Identification rate/%	93.4

3 结论与讨论

通过对苹果树影像中 RGB 颜色空间模式下各种目标物的 R、G 和 B 值的分布特征进行分析,根据各目标物间 R、G 及 B 值分布的差异,对影像中的待分割目标物(套袋苹果)进行分割,分割结果与基于 H 颜色分量的 K 均值聚类分析以及多阈值分割方法分割结果进行比较,结果表明,该试验算法优于以上 2 种方法。此外,通过影像分割后对苹果计数,识别率可达 93.4%,较高的识别率也表明该试验算法分割套袋苹果结果合理可靠。

尽管该试验分割方法可以对套袋苹果进行较好的分割,但其对叶背部的主叶脉,强光下树枝的两侧部位,较深阴影处的皱褶、绿叶会产生误判,因此,为

了进一步提高分割准确率,后续的研究工作将主要集中在对叶背主叶脉、皱褶以及强光下的树枝进行准确识别。

参考文献

- [1] 王海波,李林光,陈学森,等.中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J].中国农业科学,2010(11):2300-2306.
- [2] 刘天军,蔡起华,朱玉春.气候变化对苹果主产区产量的影响:来自陕西省 6 个苹果生产基地县 210 户果农的数据[J].中国农村经济,2012(5):32-40.
- [3] 聂继云,吕德国,李静,等.苹果果实中类黄酮化合物的研究进展[J].园艺学报,2009(9):1390-1397.
- [4] 唐周怀,陈川,惠伟,等.套袋苹果黑点病的发生规律[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003(2):59-61.
- [5] 吕德国,陈军,高文胜,等.套袋苹果不同纸袋内不同时期真菌种群结构研究[J].沈阳农业大学学报,2009(1):80-83.
- [6] 张春龙,张楫,张俊雄,等.近色背景中树上绿色苹果识别方法[J].农业机械学报,2014(10):277-281.
- [7] 牛希泉,梁艳梅.自然场景下成熟苹果彩色图像分割方法的研究[J].光电子激光,2007(12):1453-1456.
- [8] 胡婵莉,赵德安,赵宇艳,等.基于极值的重叠苹果识别方法研究[J].农机化研究,2016(3):42-46.
- [9] HEINEMANN P H, VARGHESE Z A, MORROW C T, et al. Machine vision inspection of 'Golden Delicious' apples[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1995, 11(6):901-906.
- [10] 司永胜,乔军,刘刚,等.基于机器视觉的苹果识别和形状特征提取[J].农业机械学报,2009(8):161-165,73.
- [11] 李宏利,何东健.图像中被遮挡苹果的还原及定位技术研究[J].农机化研究,2013(9):20-23.
- [12] SELIM S Z, ISMAIL M A. K-means type algorithms: a generalized convergence theorem and characterization of local optimality[J]. IEEE Trans Pattern Analysis Machine Intelligence, 1984, PAMI-6(1):81-87.

Study on Image Segmentation for Bagged Apple

ZHANG Wanhong, ZHU Yuanjun

(Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to accurately segment of bagged apple, the feature of R, G and B values of RGB mode for bagged apple and other targets image was analyzed, and then the bagged apples were segmented based on the difference of R, G and B values of each target. Compared the results of image segmentation obtained by R, G and B distribution with the results obtained by the multiple threshold and K-means clustering analysis. The results indicated that the image segmentation method based on the R, G and B distribution was better than multiple threshold and K-means clustering analysis. Meanwhile, computing the identification rate of apple on the basis of image segmentation using the method of R, G and B distribution, the results showed that the identification rate was 93.4%. Consequently, it could be concluded that the image segmentation with the help of R, G and B distribution was reliable.

Keywords: bagged apple; R, G and B values distribution characteristics; image segmentation