

融合多源图像信息的果实识别方法^{*}

冯娟^{1,2} 曾立华³ 刘刚² 司永胜¹

(1. 河北农业大学信息科学与技术学院, 保定 071001;
2. 中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083;
3. 河北农业大学机电工程学院, 保定 071001)

摘要: 光线变化与目标重叠是影响自然环境中果实正确识别的重要原因。为了降低两者的影响,研究了融合多源图像信息的果实识别方法。在图像配准的基础上,优选了 H 分量图与幅度图像作为待融合的源图像;由模糊推理系统(隶属度函数和模糊规则)决定权重,采用加权平均策略实现图像的像素级融合;根据融合图像中果实区域的分布规律,设计了一种基于直方图的首阈检测法以获得最佳的果实分割效果;利用深度图像的统计特性,设计了一种逐层分割图像的方法以解决重叠果实的分离问题。实验结果表明:多源融合图像用于果实识别与定位比单一图像具有更好的准确性与鲁棒性,对重叠果实的正确识别率在 83.67% ~ 94.22% 之间。

关键词: 果实识别 多源图像 模糊逻辑 图像融合 图像分割

中图分类号: TP242.6⁺2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)02-0073-08

引言

准确识别果实是采摘机器人成功实施自动化采摘的关键^[1]。在以往研究中,常采用彩色图像本身或衍生信息作为主要的识别依据,但因其表现特征易受变化光线及复杂背景的影响,使识别效果缺乏一定的鲁棒性^[2-4];对于部分遮挡或重叠果实的识别,常借助平面图像中相交区域的轮廓特征加以实现,却忽略了直接利用空间位置不同这一重要线索^[5-7]。

图像融合是将多源成像传感器获取的某一具体场景的图像信息加以综合,生成一个新的有关此场景解释的信息处理过程,而这个解释是从单一传感器获取的信息中无法得到的^[8]。在减少目标的不确定性与提高对其的正确识别率方面,图像融合技术无疑是重要的发展趋势^[9-10]。

目前机器视觉研究中最具潜力是 ToF 摄像机,其采集的图像具备多种不同属性:如光照不变性、空间层次性、红外感知性、辨析数据的可靠性等,从中选择合适的图像与彩色图像进行信息融合,将有助于克服前面提到的不足。

本文在图像配准的基础上,考虑不同图像源中果实呈现的特征,研究多源图像的融合策略、融合多

源图像信息的果实分割方法、基于深度信息的重叠果实分离方法,并进行实验分析。

1 多源图像采集与分析

1.1 采集设备与场景

采用的机器视觉系统如图 1a 所示,包括双摄像机组、可调三角架、数据线与笔记本计算机。选用 Logitech C270 型摄像机捕获彩色图像;PMD[®] Camcube 3.0 型 ToF 摄像机采集深度、强度、幅度图像,同时利用配套的开发工具包 PMDMDK 导出各种图像对应的原始数据、校正数据及图像中各点参考摄像机坐标系的三维信息。双摄像机以上下组合方式固定于三角架,如图 1b 所示,调整镜头使它们指向同一目标。

图像采集于北京市昌平区香堂村苹果采摘机器人实验基地。园内主要种植两类富士苹果树,正值收获期的果实表皮颜色分别为遍体通红与微黄透红;树型结构为低干开心形,冠层内枝叶较稀疏,透光度好,阳光照射角度发生变化时,会影响果实表现的色泽效果。

1.2 果园环境的多源图像分析

果树的彩色图像如图 2a 所示,从中可解译枝干、树叶及果实的光谱特性,选用不同的颜色空间进

收稿日期: 2013-09-18 修回日期: 2013-10-18
^{*} 国家自然科学基金资助项目(31371532、31371532-B)、河北省科技计划自筹经费项目(13237210)和保定市科学技术研究与发展计划资助项目(12ZG011)
作者简介: 冯娟,讲师,中国农业大学博士生,主要从事机器视觉和农业机器人研究,E-mail: yurenmatou1011@163.com
通讯作者: 刘刚,教授,博士生导师,主要从事电子信息技术在农业中的应用研究,E-mail: pac@cau.edu.cn

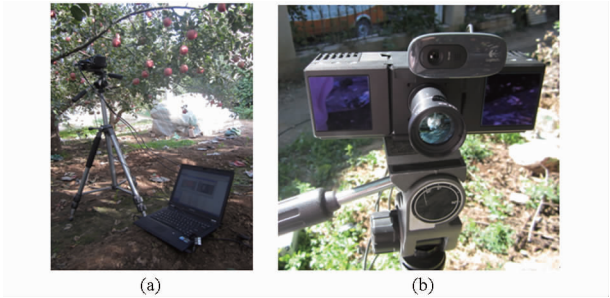


图 1 多源图像采集现场

Fig. 1 Multi-source images acquisition scene

(a) 机器视觉系统 (b) 双摄像机组合图

行对比分析。其中 RGB 模型是最基本的颜色空间,常通过红(R)、绿(G)、蓝(B)分量的线性变换突显目标区域特征,但各个分量均包含亮度信息,无法避免光照造成的颜色缺失,图 2b 为 $2R - G - B$ 的色差图像;HSI 模型更符合人的视觉特性,其中色调(H)分量独立于阴影及亮度等因素,且能描述颜色类别,图 2c 突出的果实区域较完整,仅部分枝干与其呈现粘连。

ToF 摄像机采集的图像如图 3 所示。强度图像由摄像机内部的 CMOS 感光元件捕获自身发射的红外光与部分环境光而产生,具备红外图像特征,图 3a 中树干部分清晰可见,果实却与树叶、天空融在一起;深度图像与幅度图像是通过摄像机中的智能像素阵列计算返回光的延迟相位及衰减幅值,导算出距离等信息后间接生成的,反映场景中不同物体的远近关系及红外反射特性,其效果不受光线变化的影响,图 3b 易于解析多目标的层次性,而图 3c 中的果实与大部分枝叶呈现较鲜明的对比。以上 3 幅图像无需额外处理,已实现自动配准。

鉴于以上分析,为了克服单幅图像在解释被感知对象时可能存在的不完整性和多义性,最大限度地利用多种成像机理得到的有效信息,优选出 H 分量图与幅度图像进行融合,以实现目标区域更为可靠的分割;并利用深度图像的统计特性解决重叠果实的分离问题。

2 基于模糊逻辑融合多源图像的果实识别方法

2.1 基于模糊逻辑的图像融合策略

图像融合由低到高划分为 3 个层次:像素级、特征级和决策级。其中,像素级融合能尽可能多地保留场景的原始数据,提供其他融合层次所不能或难于提供的细微信息^[11]。模糊逻辑作为人工智能领域的一种重要工具,为表示和处理自然语言和人类思维的模糊性提供了强有力的手段^[12]。本研究利用 Mamdani 型模糊推理系统决定权重,采用加权平均策略实现多源果树图像的像素级融合。其基本步

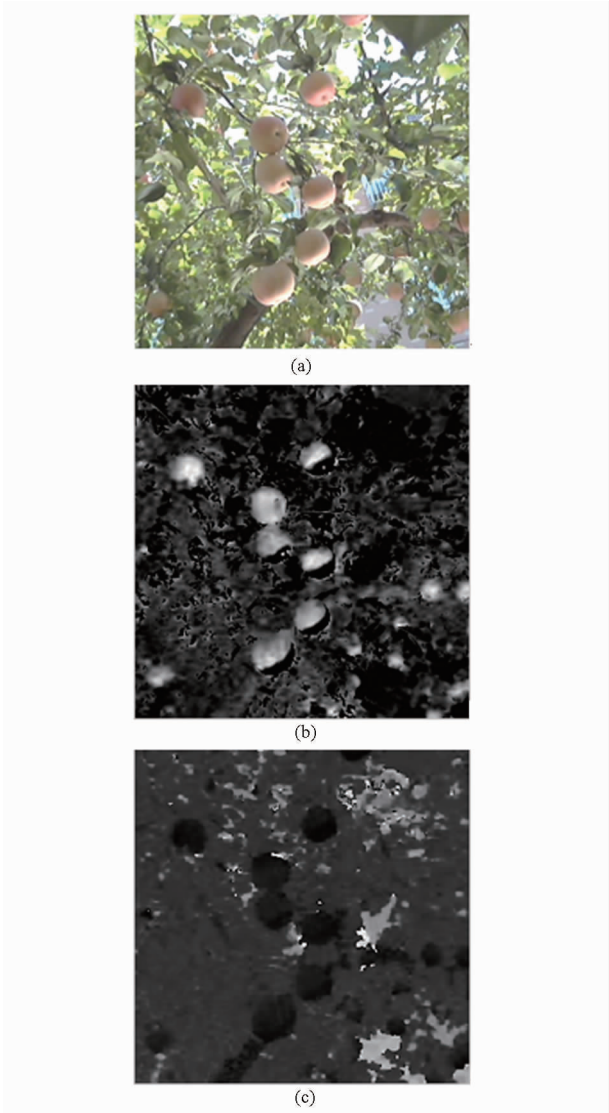


图 2 彩色图像与典型灰度图像

Fig. 2 Color image and typical grayscale images

(a) 彩色图像 (b) $2R - G - B$ 图像 (c) H 分量图像

骤如下:

- (1) 将双摄像机采集的图像参照文献[13]提出的算法进行精确配准,并将转换后的 H 分量图(H)与幅度图像取反的图像(A)作为融合的源图像,其目的是保证两幅图像中果实区域对应灰度范围的一致性。
- (2) 将源图像所有像素转换为行向量形式。
- (3) 制定输入隶属度函数(图 4a、4b)。控制量为 H 的灰度级分为暗、明,控制量为 A 的灰度级分为高、中、低,采用三角表示形式。将源图像模糊化为符合融合规则的信息。
- (4) 制定输出隶属度函数(图 4c)。输出量 F 的灰度级分为果实、非果实,采用三角表示形式。
- (5) 定义融合的模糊规则,例如:
规则 1:若 H 属于暗,则 F 属于果实;
规则 2:若 A 属于低,则 F 属于非果实;

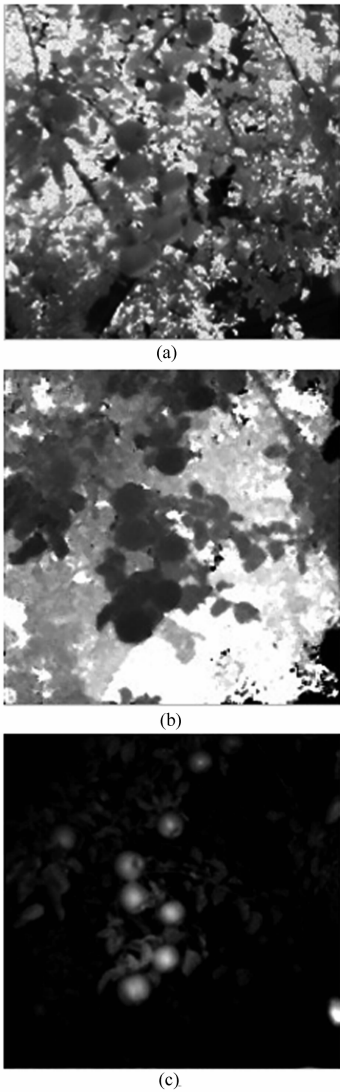


图 3 ToF 摄像机采集的图像

Fig. 3 Images captured by ToF camera

(a) 强度图像 (b) 深度图像 (c) 幅度图像

规则 3:若 H 属于明,则 F 属于非果实;
规则 4:若 A 属于中且 H 属于明,则 F 属于非果实;
规则 5:若 A 属于高,则 F 属于果实。

(6) 通过重力中心法^[14],进行每对融合像素结果的逆模糊化,并将全部结果恢复为矩阵形式,以产生融合图像,即

$$F_d = \frac{\sum_{i=0}^{255} \mu_{\wedge \vee}(i) i}{\sum_{i=0}^{255} \mu_{\wedge \vee}(i)} \quad (1)$$

其中 i 表示行向量像素取值范围, $\mu_{\wedge \vee}(i)$ 表示进行“ $\wedge - \vee$ ”合成运算后像素值 i 对应的隶属度函数, F_d 为逆模糊化结果。

以上步骤借助 Matlab 中的模糊控制工具箱加以实现。图 5 表示各像素点的融合过程,其中每块方形图的横向表示灰度,纵向表示隶属度,前 5 行代

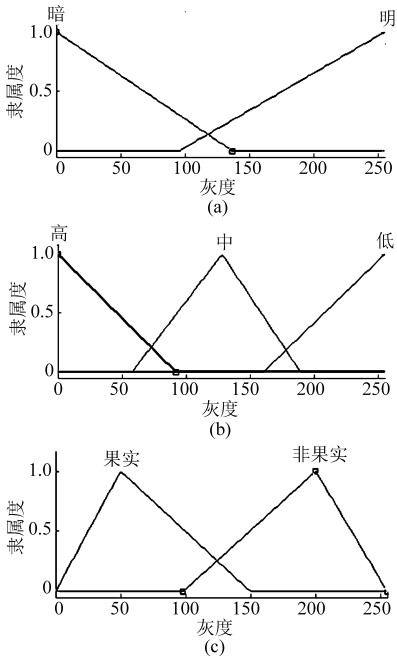


图 4 隶属度函数曲线

Fig. 4 Curves of membership function

(a) 控制量为 H (b) 控制量为 A (c) 输出量为 F

表不同规则下的融合情况,最后 1 行中的粗实线表示逆模糊化的结果。本文中的融合图像如图 6 所示。

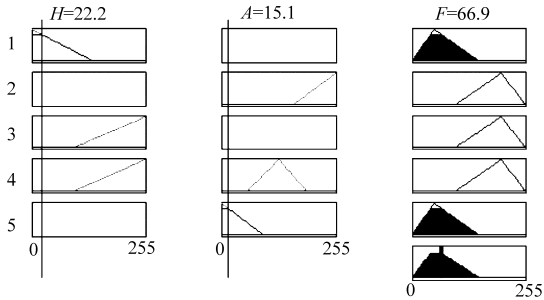


图 5 各像素点的融合过程

Fig. 5 Fusion process of each pixel

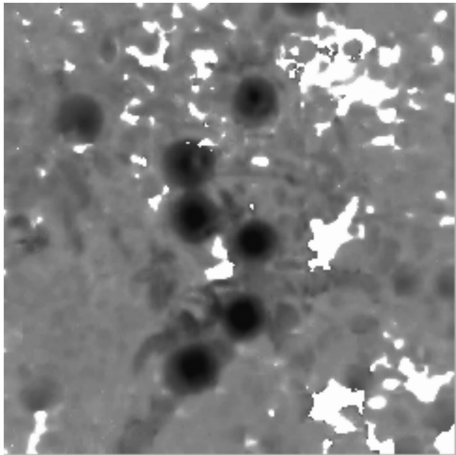


图 6 基于模糊逻辑的融合图像

Fig. 6 Fused image based on fuzzy logic

2.2 基于融合图像的苹果图像分割方法

为了实现融合图像的有效分割,从图像的灰度

分布统计特性入手,以探索属于目标或背景像素的分布规律。绘制图 6 的直方图如图 7 所示,其呈现明显的单峰状态,且代表果实的区域偏向灰度较低的一侧,使用常规方法较难得到合理的图像分割阈值。本文提出一种基于直方图首阈检测的分割方法,可获得理想的分割效果。分割流程如下:

(1) 设融合图像的大小为 $M \times N$, I 为图像上像素点 (i,j) 的灰度。

(2) 分别计算图像的灰度均值 I_{mean} 与标准差 I_{std} 。

(3) 检测图像的分割阈值 $I_T = I_{\text{mean}} - aI_{\text{std}}$, 其中 a 为调整参数。参照文献[15]并结合文中处理图像的分割结果知,该参数取值为 3 时,分割效果最佳。

(4) 为了增强分割的视觉效果,这里将分割图像定义为

$$f(i,j) = \begin{cases} C(i,j,k) & (I \leq I_T) \\ 0 & (I > I_T) \end{cases} \quad (2)$$

式中 $C(i,j,k)$ ——与灰度图像匹配的彩色图像
 k ——颜色分量索引,取 1~3

(5) 结合小面积剔除法^[16]进行分割图像的降噪处理,最终效果如图 8 所示。

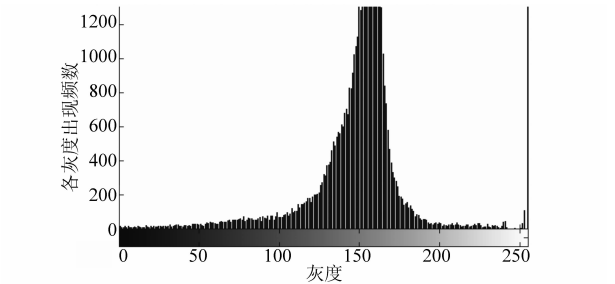


图 7 直方图
Fig. 7 Histogram

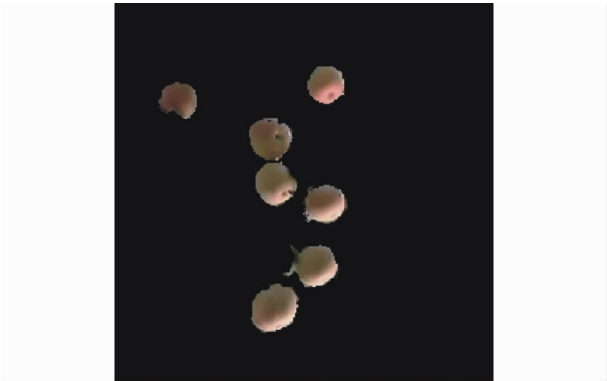


图 8 分割图像
Fig. 8 Segmentation image

综上所述,图像分割流程图如图 9 所示。

2.3 基于深度图像的重叠果实分离方法

自然状态下经常出现多个苹果生长在一起的情况,在图像中表现为果实重叠或邻接;若要将单个果

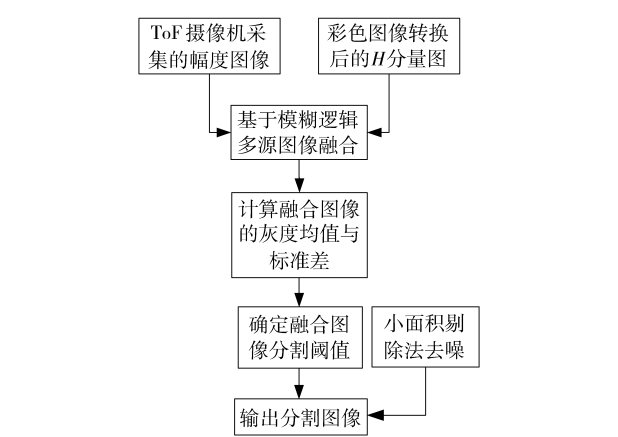


图 9 图像分割的流程图
Fig. 9 Flow chart of image segmentation

实准确地分割出来,还需对上述方法进行补充。由于相互重叠的果实在三维空间上存在位置差异,而处于不同位置的目标表现为深度图像中的灰度不同,当枝叶分布对其影响不大时,利用深度信息进行果实分离具有一定的可行性。

图 10a 为应用 2.2 节介绍的分割方法得到的包含重叠果实的图像。为了将图中的果实分离,采用与原图配准的深度信息协助实现。原始深度图像(图 10b)的统计特性表现为:同一目标上各点与观测点的距离相差较小,不同目标上各点与观测点的距离均值相差较大;这样在统计直方图上就呈多峰状态,每个峰将可能对应一个或多个距离相同的目标^[17],如图 10c 所示。根据直方图的这一特性,设计了一种逐层分割深度图像的方法,在重叠果实分离方面具有独特的效果。其基本方法是:

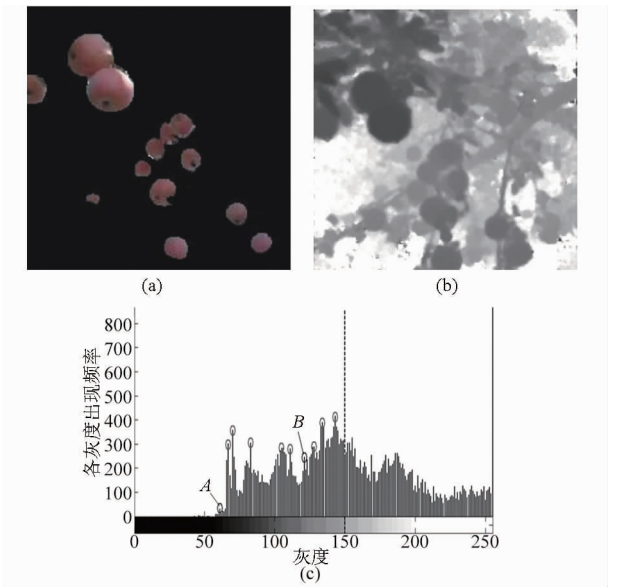


图 10 重叠果实的图像信息
Fig. 10 Image information of overlapping fruits
(a) 分割图像 (b) 深度图像 (c) 深度图像的直方图

(1) 根据深度图像 $G(i,j)$ 的形成规律, 设定一灰度阈值 G_t , 只考虑 $G(i,j) \leq G_t$ 范围内不同灰度的像素数变化(机械臂的抓取范围决定仅识别靠近表层的果实即可), 如图 10c 中虚线左侧的灰度。

(2) 利用评价函数搜索所有满足条件的峰点位置(如图 10c 中圆圈处), 剔除其峰值小于最大值 65% 的峰点(代表非果实相应峰, 如图 10c 中点 A 和 B), 以缩小果实待定区域。评价函数为

$$V(h) = \begin{cases} 1 & (P(h) \geq P_{\max}) \\ 0 & (P(h) < P_{\max}) \end{cases} \quad (3)$$

其中, $P(h)$ 为图中 h 灰度出现的频数, $P_{\max}$ 为 $P(h)$ 邻域 P_s 的最大值, $P_s = \{P(h-1), P(h-2), \dots, P(h-n), P(h+1), P(h+2), \dots, P(h+n)\}$, n 取 2 ~ 10 间的整数。当 $V(h) = 1$ 时, 表示 h 灰度

为峰点位置, 反之亦然。

(3) 考虑果实呈球状, 表面中心到边缘有一定的深度差, 使转换后的灰度存在一定差异, 为了二值化处理时可以保存较完整的果实边缘, 将峰点位置 S_i 加一个偏移量 u 作为分割阈值, 则 $[0, S_i + u]$ 表示第 1 层果实区域, $[S_i + (S_2 - S_1)/2, S_2 + u]$ 表示第 2 层果实区域, 依次类推, 分割区域中的像素赋予逻辑 1, 分割区域外的像素赋予逻辑 0。

本文中 $G_t = 150$ 、 $n = 3$ 、 $u = 2$, 经上述分割后会获得多幅二值图像, 图 11a ~ 11c 表明前 3 层的分割效果。由图可知, 分割后仍存在少量非果实区域, 需采用以下方法进一步剔除。

利用区域标记区别图中不同的连通域, 应用数学形态学的开运算去除图中的毛刺和小桥, 再利用

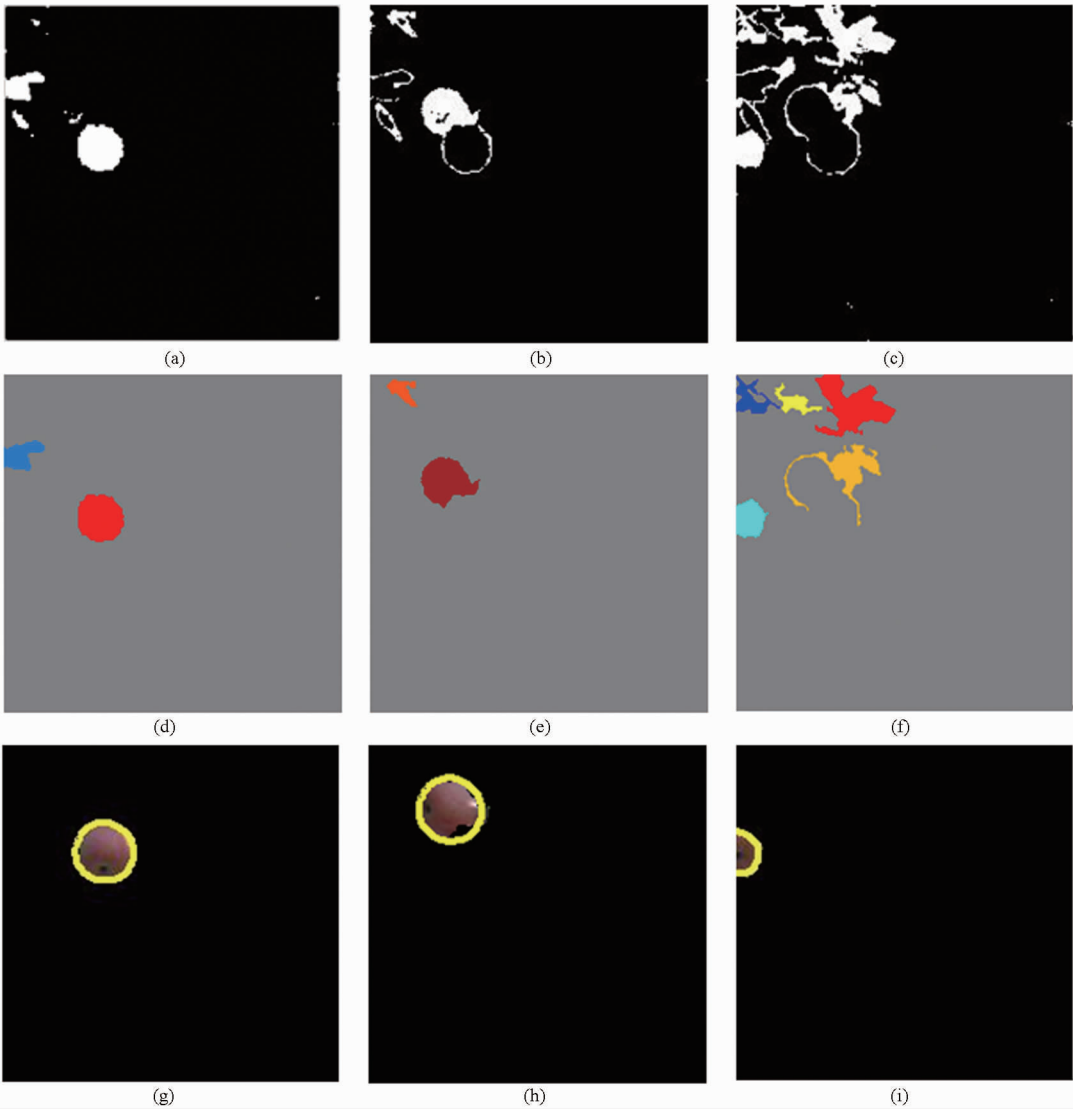


图 11 果实图像的逐层识别过程

Fig. 11 Layer recognition of fruit image

(d) 第 1 层分割图像 (b) 第 2 层分割图像 (c) 第 3 层分割图像

(d) 第 1 层区域标记与消噪效果图 (e) 第 2 层区域标记与消噪效果图 (f) 第 3 层区域标记与消噪效果图

(g) 第 1 层图像的配准与拟合效果图 (h) 第 2 层图像的配准与拟合效果图 (i) 第 3 层图像的配准与拟合效果图

小面积剔除法降噪,效果如图 11d ~ 11f 所示。计算各连通域的面积和圆形成度,通过限定 2 个参数的范围,以实现对果实区域的准确提取。限定条件为:圆形成度 C_d 大于 0.65;根据图中果实区域的面积 A_f 与其形心到观测点的距离 D_x 近似呈反比,并考虑果实个体差异性, $A_f \in [D_{x\max}A_{f\max}/D_x - t, D_{x\max}A_{f\max}/D_x + t]$, 其中 $D_{x\max}$ 表示对应的实测距离, $A_{f\max}$ 表示图中果实区域的最大面积, t 为偏移量 ($t = 1 \sim 4$)。利用配准过程中建立的数学模型实现对原始深度图像的分割结果进行仿射变换,并通过随机圆拟合法获得果实的形心位置与半径描述,如图 11g ~ 11i 所示。

3 实验与结果分析

实验过程中,共采集了 162 幅苹果树多源图像,其中 98 幅图中包括果实重叠生长状态,被遮挡的果实数量为 392 个。基于不同的图像(H 分量图、幅度图像、融合图像)使用各自适宜的阈值检测法进行分割(其中 H 分量图采用 OTSU 法,幅度图像参照文献[15]中的 Histogram Tail 法,融合图像采用本文提出的方法)。图 12 和图 13 分别为逆光与顺光采集图像的分割结果。

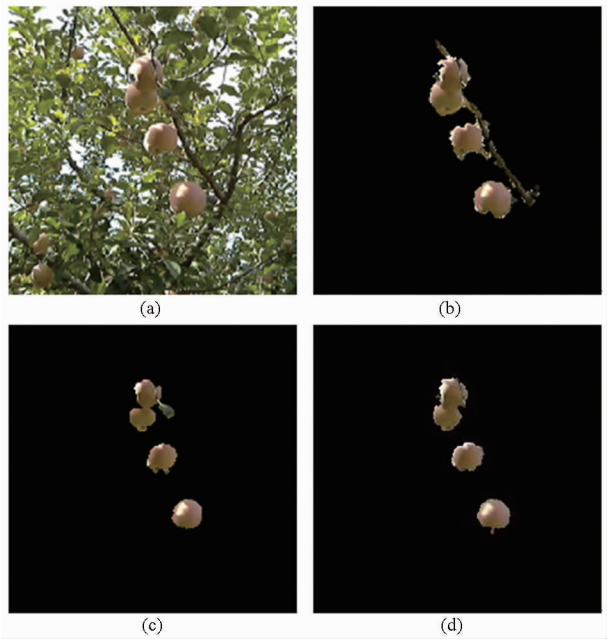


图 12 逆光采集图像的分割结果

Fig. 12 Segmentations based on backlighting images

(a) 果树场景图像 (b) H 分量图的分割结果

(c) 幅度图像的分割结果 (d) 融合图像的分割结果

因为枝干与果实的色调有相似的因素,基于 H 分量图分割后会保留少许枝干,另外当光照较强时,会缺失部分果实内容;幅度图像的灰度与目标远近有关,当枝叶与果实邻接时,它们的灰度相近;而果

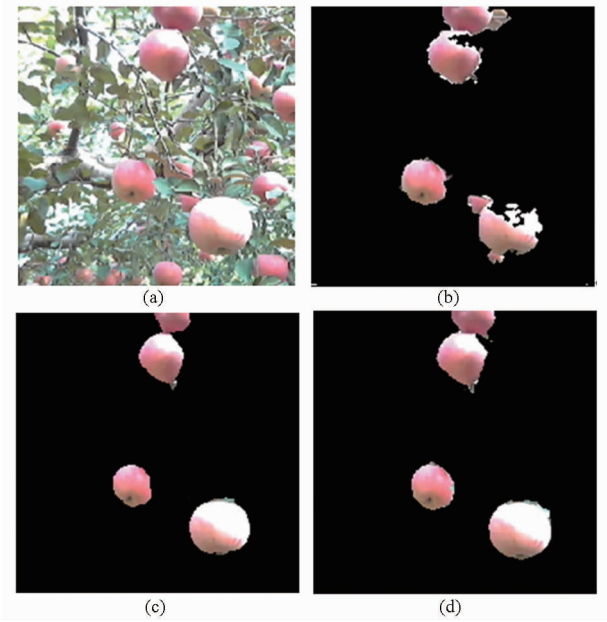


图 13 顺光采集图像的分割结果

Fig. 13 Segmentations based on frontlighting images

(a) 果树场景图像 (b) H 分量图的分割结果

(c) 幅度图像的分割结果 (d) 融合图像的分割结果

实似球状,中心到边缘存在深度差,使果实整体表现有灰度的变化,这些会给基于幅度图像的分割带来误差;融合图像有效抑制了源图像自身的不足,更好地突出了目标的区域特征,由图 12d 和 13d 可看出,其分割效果尤佳。为了客观评判分割效果的好坏,将自动分割的果实区域面积与人工分割的果实区域面积的比值 F_{am} 作为衡量指标, F_{am} 值越接近 1 表明分割越准确,识别效果越好。所有图像的处理情况归纳如表 1 所示。

表 1 果实图像的分割效果对比				
Tab. 1 Comparison of fruit image segmentation				
项目	遍体通红果实		微黄透红果实	
	顺光采集	逆光采集	顺光采集	逆光采集
图像/幅	41	40	34	47
H 分量图的平均 F_{am}	0.714 3	0.923 5	0.832 7	1.265 2
幅度图像的平均 F_{am}	0.894 0	0.917 1	0.872 6	0.861 2
融合图像的平均 F_{am}	0.912 6	0.918 4	0.889 1	0.944 6

为了验证文中算法实现重叠果实分离和定位的准确性,参照文献[18]中的 RRC 指标进行评估,这里将 RRC 大于 90% 作为单个果实准确识别的依据,多个果实的正确识别率计算式为

$$R'_A = \frac{N'_{\text{RRC90}}}{N'_t} \times 100\%$$

(4)

式中 N'_t ——果实总数

N'_{RRC90} ——RRC 大于 90% 的果实个数

综合结果如表 2 所示。

表 2 不同遮挡面积的果实识别结果

Tab.2 Recognition results of different overlapped fruits

参数	遮挡面积	遮挡面积
	小于 40%	大于等于 40%
图像中果实数量/个	294	98
平均半径偏差/%	5.029 7	10.347 6
平均坐标偏差/%	4.764 3	9.387 9
平均 RRC/%	95.103 0	90.132 2
正确识别率/%	94.217 6	83.673 4

4 结论

(1) 为了降低光线变化对目标识别的影响,克服单一图像不能全面、准确地描述果实图像的缺点,分析了彩色摄像机和 ToF 摄像机采集与转换的图像

特点,确定了最佳的待融合图像。

(2) 为了更多地保留场景原始信息、有效地抑制图像边缘的模糊化,将模糊逻辑理论应用于果实图像的像素级融合中,通过对加权系数的调整来实现自适应功能。

(3) 根据融合图像中目标与背景区域的灰度过渡规律,提出了一种基于直方图的首阈检测法;分析多目标的空间分布差异表现在深度图像中的灰度变化特征,提出了一种逐层分割深度图像的方法。

(4) 通过不同场景图像的实验结果表明,本文提出的融合多源图像信息的果实识别方法可提高后期果实识别的准确率,并为全天候的开展采摘实验奠定基础。

参 考 文 献

1 熊俊涛,邹湘军,王红军,等. 基于 Retinex 图像增强的不同光照条件下的成熟荔枝识别[J]. 农业工程学报,2013,29(12): 170-178.

Xiong Juntao,Zou Xiangjun,Wang Hongjun,et al. Recognition of ripe litchi in different illumination conditions based on Retinex image enhancement[J]. Transactions of the CSAE,2013,29(12):170-178. (in Chinese)

2 司永胜,乔军,刘刚,等. 苹果采摘机器人果实识别与定位方法[J]. 农业机械学报,2010,41(9):148-153.

Si Yongsheng,Qiao Jun, Liu Gang, et al. Recognition and location of fruits for apple harvesting robot[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2010,41(9):148-153. (in Chinese)

3 熊俊涛,邹湘军,陈丽娟,等. 基于机器视觉的自然环境中成熟荔枝识别[J]. 农业机械学报,2011,42(9):162-166.

Xiong Juntao,Zou Xiangjun,Chen Lijuan,et al. Recognition of mature litchi in natural environment based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(9):162-166. (in Chinese)

4 Patel H N,Jain R K, Joshi M V. Fruit detection using improved multiple features based algorithm [J]. International Journal of Computer Applications,2011,13(2):1-5.

5 张亚静,李民赞,刘刚,等. 基于机器视觉和信息融合的邻接苹果分割算法[J]. 农业机械学报,2009,40(11):180-183.

Zhang Yajing, Li Minzan, Liu Gang, et al. Separating adjoined apples based on machine vision and information fusion [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(11):180-183. (in Chinese)

6 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,2009,40(8):161-165,73.

Si Yongsheng,Qiao Jun, Liu Gang, et al. Recognition and shape features extraction of apples based on machine vision [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(8):161-165,73. (in Chinese)

7 谢忠红,姬长英,郭小清,等. 基于凹点搜索的重叠果实定位检测算法研究[J]. 农业机械学报,2011,42(12):191-196.

Xie Zhonghong,Ji Changying, Guo Xiaoqing, et al. Detection and location algorithm for overlapped fruits based on concave spots searching[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2011,42(12):191-196. (in Chinese)

8 Farina A,Morabito F C,Serpico S,et al. Fusion of radar images:state of art and perspective[C]//CIE International Conference on Radar Proceedings,2001:9-15.

9 Vera-Rodriguez R, Mason J S D, Fierrez J, et al. Comparative analysis and fusion of spatiotemporal information for footstep recognition[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2012,35(4):823-834.

10 Alsharif S,El-Saba A,Stripathi R. Improving the recognition of fingerprint biometric system using enhanced image fusion[C]// Proceedings of SPIE 7708, 2010.

11 胡钢,刘哲,徐小平,等. 像素级图像融合技术的研究与进展[J]. 计算机应用研究,2008,25(3):650-655.

Hu Gang,Liu Zhe,Xu Xiaoping,et al. Research and recent development of image fusion at pixel level[J]. Application Research of Computers,2008,25(3):650-655. (in Chinese)

12 周春光,梁艳春. 计算智能 人工神经网络 模糊系统 进化计算[M]. 长春:吉林大学出版社,2009.

13 冯娟,刘刚,王圣伟,等. 采摘机器人果实识别的多源图像配准[J]. 农业机械学报,2013,44(3):244-251.

Feng Juan,Liu Gang,Wang Shengwei,et al. Study on registration among the multi-source images for harvesting robot to recognize fruits[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(3):244-251. (in Chinese)

14 张国良,曾静,柯熙政,等. 模糊控制及其 MATLAB 应用[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002.

15 Bulanon D M,Burks T F,Alchanatis V. Study on temporal variation in citrus canopy using thermal imaging for citrus fruit detection [J]. Biosystem Engineering,2008,101(2):161-171.

16 冯娟,刘刚,司永胜,等. 果园视觉导航基准线生成算法[J]. 农业机械学报,2012,43(7):185-189,184.

Feng Juan,Liu Gang,Si Yongsheng,et al. Algorithm based on image processing technology to generate navigation directrix in orchard[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2012,43(7):185-189,184. (in Chinese)

17 黄涛,胡以华,赵钢,等. 基于激光成像雷达距离图像的目标提取与分类技术[J]. 红外与毫米波学报,2011,30(2):179-183.

Huang Tao,Hu Yihua,Zhao Gang,et al. Target extraction and classification based on imaging ladar range image[J]. Journal of Infrared and MillimWaves,2011,30(2):179-183. (in Chinese)

18 冯娟,刘刚,司永胜,等. 基于激光扫描三维图像的树上苹果识别算法[J]. 农业机械学报,2013,44(4):217-222.

Feng Juan,Liu Gang,Si Yongsheng,et al. Apple fruit recognition algorithm based on laser scanning 3-D image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(4):217-222. (in Chinese)

Fruit Recognition Algorithm Based on Multi-source Images Fusion

Feng Juan^{1,2} Zeng Lihua³ Liu Gang² Si Yongsheng¹

(1. College of Information Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China

2. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China

3. College of Mechanical and Electrical Engineering, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract: Light changing and targets overlapped each other were main reasons of affecting fruit recognition accuracy under natural condition. In order to reduce both effects, a kind of fruit recognition algorithm based on multi-source images fusion was studied. On the basis of image registration, *H* component image and amplitude image were selected as source images for fusion. The use of fuzzy logic in pixel level fusion was related to the weighted averaging approach where the weights were determined by using the fuzzy inference system (membership function and fuzzy rules). According to the law of fruit area distribution in the fused image, an head threshold detection algorithm based on histogram was presented,so as to get the best fruit segmentation results. According to statisitcal properties of range image, a solution for overlapped fruits recognition using layer segmentation algorithm was designed. The experimental results showed that information on multi-source image fusion was used for fruit recognition and location more accurately and robustly than single image, overlapped fruit recognition rate was from 83.67% to 94.22%.

Key words: Fruit recognition Multi-source images Fuzzy logic Image fusion Image segmentation