

基于姿态描述的果园靶标害虫自动识别方法*

李文勇^{1,2} 陈梅香² 李明² 孙传恒² 杜尚丰¹

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 针对自动诱捕果园靶标害虫的姿态形体存在不确定性, 增加果园害虫图像自动识别与计数的难度等问题, 提出一种基于姿态描述的算法用于果园靶标害虫姿态表征与识别。首先分析了方法对靶标害虫在 8 个旋转角度、6 种常见姿态形状的描述能力及稳定性, 通过计算靶标害虫不同姿态的平均归一化傅里叶描述子和离散度阈值, 确定了基准姿态特征向量和相似度差异判据值。对 200 幅包含 3 种果园害虫的样本图像进行了测试, 当离散度阈值为 0.021 26 时, 靶标害虫桃蛀螟识别的正确率为 86.7%, 误判率为 2.6%。试验结果表明该方法具有稳定的姿态形状描述能力和良好的识别性能。

关键词: 果园精准管理 害虫识别 图像处理 姿态识别 傅里叶描述子

中图分类号: TP391; S431.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)11-0054-06

引言

虫害是导致水果产量降低的一个重要因素^[1-2]。虫害信息的准确获取是害虫精确防治和果园精准管理得以及时实施的重要基础^[3-4]。目前, 果园虫害信息获取的方法主要有手工计数法和基于机器视觉计数法两大类^[5-6]。基于机器视觉的害虫自动识别与计数方法主要是利用图像处理、模式识别等技术对果树害虫图像进行自动处理, 对害虫的种类和数量进行统计^[7-8]。该方法具有速度快、精度高、客观性强等特点, 克服了人工计数方法劳动量大、效率低和依赖植保专家等缺点, 成为害虫自动识别与计数领域的研究热点^[9-10]。

由文献[11-17]可知, 以往基于机器视觉的研究都局限于害虫样本标准模板或者基于人工使害虫姿态、翅展分散良好等条件, 对害虫进行特征提取和识别, 较少考虑翅展伸缩、反向、姿态各异因素等不同形状造成的影响, 导致实际害虫识别率低下, 距害虫识别、计数的实际应用尚有很大距离。因此本文对害虫的形状姿态描述与识别进行深入研究, 以提高自然场景下诱集果园害虫识别与计数的准确率。

1 材料和方法

1.1 果树害虫图像采集与软硬件环境

用自制的多功能全自动智能型害虫测报系

统^[18]和性信息素诱集果树害虫, 2 d 后将害虫样本取回实验室内, 从中选取梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck)、桃蛀螟 *Dichocrocis punctiferalis* (Guenee) 和果园粘虫 (Orchard armyworm) (图 1) 作为研究试验害虫, 其中桃蛀螟为靶标害虫。在室内均匀光照条件下, 将害虫样本置于白板上, 用 Nikon D90 数码相机进行图像拍摄。本文通过 4 个试验来检验姿态描述方法在靶标害虫识别中的可靠性与稳定性。试验 1: 对同一只桃蛀螟, 每旋转 45° 采集一次图像, 总共采集 8 幅图像; 试验 2: 对处于 6 种不同姿态的桃蛀螟进行垂直拍摄, 以 jpg 格式保存, 共采集 6 幅图片; 试验 3: 对不同姿态梨小食心虫、粘虫和桃蛀螟进行图像采集, 共采集 7 幅图片; 试验 4: 用于检验本文方法的识别率, 采集了各种姿态的害虫图像 200 幅, 其中桃蛀螟、果园粘虫和梨小食心虫图像分别为 128 幅、50 幅和 22 幅进行识别测试。在 DELL 计算机 (Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU, 3.2 GHz 主频) 和 Matlab 2009a 编程环境下, 实现图像预处理、触角剔除、边缘检测和姿态描述与识别等。

1.2 研究方法

1.2.1 姿态描述算法原理

基于信号快速傅里叶变换原理, 进行靶标害虫姿态描述与识别算法研究。Kauppien 等比较了在 2-D 形状分类方面各种典型形状识别方法的能力,

收稿日期: 2013-12-18 修回日期: 2014-02-10

* 国家自然科学基金青年基金资助项目(31301238)、北京市自然科学基金资助项目(4132027)、北京市农林科学院青年科研基金资助项目(QN201102)和北京市农林科学院国际合作基金资助项目(GJHZ2013-4)

作者简介: 李文勇, 博士生, 国家农业信息化工程技术研究中心工程师, 主要从事数字图像处理研究, E-mail: liwy@nrcita.org.cn

通讯作者: 孙传恒, 副研究员, 主要从事农业信息化关键技术研究, E-mail: sunch@nrcita.org.cn

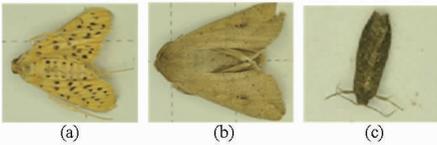


图 1 3 种试验害虫

Fig. 1 Three classifications of research insect pests

(a) 桃蛀螟 (b) 粘虫 (c) 梨小食心虫

试验表明基于物体轮廓坐标序列的傅里叶描述子具有最佳的形状识别性能^[19]。本文利用傅里叶描述子(Fourier descriptors, FD)提取靶标害虫的形状特征,首先将图像空间从空间域变换到频率域,用图像的频谱信息来描述姿态形状,实现一种可以对害虫姿态进行描述与表达的方法。

傅里叶描述子基本原理如图 2 所示。设桃蛀螟靶标害虫形状是一条封闭曲线,沿轮廓边界顺时针方向的动点 (x_k, y_k) 可以组成一个复变量 $s(k) = x_k + jy_k, k = 0, 1, \dots, N-1$,其中 N 为边界采样点数。这个动点是一个以姿态形状边界周长为周期的函数。对这个周期函数一个周期内采样进行快速离散傅里叶变换, $F(u) = \text{FFT}[s(k)] = \sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{-j\frac{2\pi}{N}ku}$ $(u = 0, 1, \dots, N-1)$ 。变换后的结果是桃蛀螟靶标害虫姿态边界变化的直接描述,此处称为害虫姿态形状描述子。

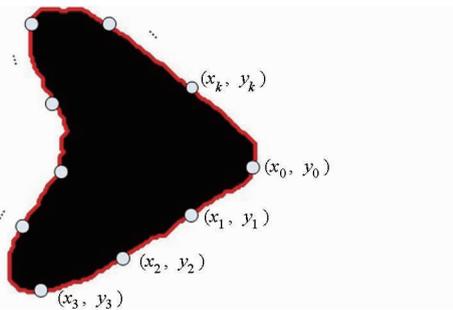


图 2 桃蛀螟图像边界采样曲线

Fig. 2 Sampling curve of targeted pest's posture boundary

1.2.2 归一化傅里叶描述子

傅里叶描述子与形状的尺度、方向和曲线的起点 (x_0, y_0) 位置有关,为了识别具有旋转、平移和尺度不变性的形状,需要对傅里叶描述子进行归一化^[20]。本文主要研究归一化傅里叶描述子的提取以及检验归一化傅里叶描述子对果树靶标害虫形状姿态的描述与表达能力。从图 3 中显示的靶标害虫样本傅里叶描述子大小分布可以看出,除中间少数点外,其他值接近零,最大值出现在 $F\left(\frac{N}{2}\right)$ 处,两边呈递减趋势,取中间的 10 个分量来描述姿态形状即可以达到相当高的精度。以 $F\left(\frac{N}{2}\right)$ 为基准进行归

一化处理,得到归一化后的傅里叶描述子为

$$d(u) = \frac{\|F(u)\|}{\|F(N/2)\|} \quad (u = 0, 1, \dots, N-1) \quad (1)$$

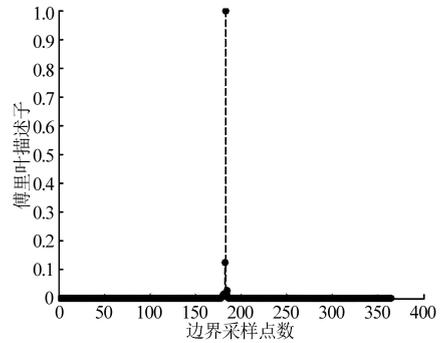


图 3 靶标害虫样本归一化傅里叶描述子分布

Fig. 3 Normalized FD distribution of targeted pest

1.2.3 姿态形状识别判据

归一化后的傅里叶描述子 $d(u)$ 可以计算任意 2 个害虫形状 i 和 j 间的相似程度,识别具有旋转、平移和尺度不变性的害虫形状。根据傅里叶变换的各频率分量互相正交的特性,采用欧氏距离计算归一化傅里叶描述子间的害虫姿态形状差异, $d_e = \sqrt{\sum_{u=1}^M \|d_i(u) - d_j(u)\|^2}$ 。由于害虫形状的能量大多集中在低频部分(图 3 中的中间部分),傅里叶变换的高频分量(图 3 中的两侧部分)一般很小且容易受到高频噪声的干扰,一般只使用归一化傅里叶描述子的低频分量计算害虫形状的相似差异(根据计算结果分布,本文中取 $M = 10$,需要注意的是归一化后 $d_i(M/2 + 1)$ 的值恒为 1,计算 d_e 时, $u \neq M/2 + 1$)。当 $d_e = 0$ 时,表示 2 个害虫姿态形状完全相似; d_e 越大,说明害虫姿态形状的差异越大。

2 姿态形状识别试验与结果

2.1 识别算法流程

基于姿态描述的果树靶标害虫识别流程如图 4 所示。将采集到的 RGB 图像进行裁剪、灰度化,然后根据灰度直方图分布自适应调整阈值进行二值化处理,采用形态学方法去除影响身体姿态描述的触角,提取出害虫身体部分。根据一种新的二值图像目标轮廓跟踪算法^[21]进行害虫边界形状跟踪与提取,然后得到目标害虫与基准特征向量之间的相似

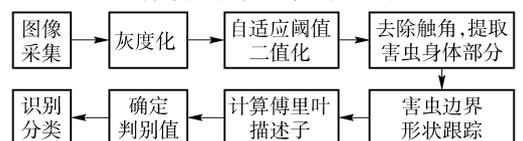


图 4 基于姿态描述的靶标害虫识别流程图

Fig. 4 Flow chart of targeted pest identification based on posture description

度差异,与阈值进行比较,判定是否属于靶标害虫。

2.2 离散度试验结果

本文通过3个试验来检验姿态形状描述方法对靶标害虫姿态形状的表达能力。

试验1:图5为同一只桃蛀螟,0~360°,每次旋转45°的二值化图像,使用归一化傅里叶描述子 $d(u)$ 计算靶标害虫桃蛀螟不同旋转角度间的相似

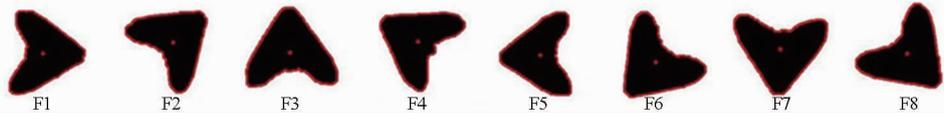


图5 靶标害虫桃蛀螟不同旋转角度二值化图

Fig.5 Binary images with different rotation angle of targeted pest

表1 不同旋转角度同一桃蛀螟的离散度

Tab.1 Discrete degree of the targeted pest with different rotation angles

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
F1	0.000 00	0.007 82	0.003 01	0.006 43	0.001 62	0.011 04	0.004 77	0.010 33
F2	0.007 82	0.000 00	0.008 66	0.004 22	0.007 41	0.003 59	0.009 00	0.003 15
F3	0.003 01	0.008 66	0.000 00	0.008 19	0.004 00	0.011 94	0.007 49	0.011 52
F4	0.006 43	0.004 22	0.008 19	0.000 00	0.005 83	0.006 52	0.006 67	0.005 80
F5	0.001 62	0.007 41	0.004 00	0.005 83	0.000 00	0.010 61	0.004 09	0.009 82
F6	0.011 04	0.003 59	0.011 94	0.006 52	0.010 61	0.000 00	0.011 69	0.001 98
F7	0.004 77	0.009 00	0.007 49	0.006 67	0.004 09	0.011 69	0.000 00	0.010 41
F8	0.010 33	0.003 15	0.011 52	0.005 80	0.009 82	0.001 98	0.010 41	0.000 00
均值	0.006 43	0.006 26	0.007 83	0.006 24	0.006 20	0.008 20	0.007 73	0.007 57

试验2:图6a中选取了野外诱集到的桃蛀螟6种常见的姿态图像(R1~R6),图6b为对应姿态原始图像去除触角后的二值化结果。使用归一化描

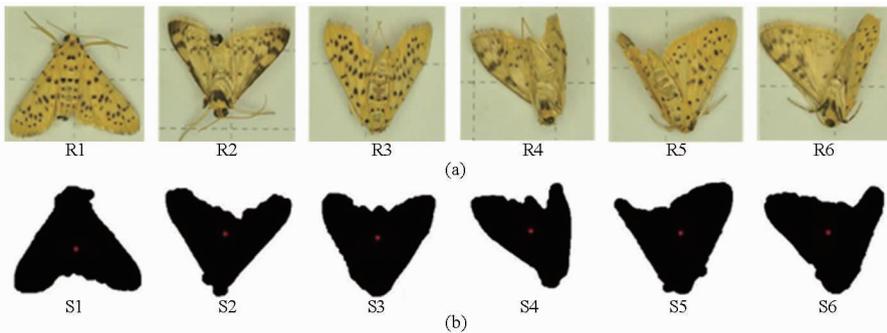


图6 不同姿态形状的桃蛀螟图像

Fig.6 Targeted pest images with different postures

(a) 原图 (b) 二值化图

表2 不同姿态桃蛀螟之间的离散度

Tab.2 Discrete degree among different targeted pests

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	0.000 0	0.017 1	0.014 6	0.017 3	0.012 6	0.030 9
S2	0.017 1	0.000 0	0.026 8	0.014 4	0.023 7	0.030 8
S3	0.014 6	0.026 8	0.000 0	0.018 8	0.011 7	0.032 0
S4	0.017 3	0.014 4	0.018 8	0.000 0	0.018 2	0.023 9
S5	0.012 6	0.023 7	0.011 7	0.018 2	0.000 0	0.026 1
S6	0.030 9	0.030 8	0.032 0	0.023 9	0.026 1	0.000 0
均值	0.018 5	0.022 56	0.020 78	0.018 52	0.018 46	0.028 74

度差异,如表1所示,类内平均离散度为0.007 06, F1与F5、F2与F4、F6与F8之间存在旋转角度镜像对称,它们之间的离散度也相对偏小,与非镜像对称的图像之间离散度相对偏大一些,但是离散度还是非常小。试验结果表明基于归一化傅里叶描述子 $d(u)$ 的姿态描述方法具有很好的旋转角度不变性。

述子 $d(u)$ 计算不同姿态形状的桃蛀螟间的相似度差异,结果如表2所示,不同姿态的桃蛀螟图像之间的相似度差异很稳定,不同姿态形状间的平均离散

度为0.021 26。但是比试验1中的差异要大,从图6中也可以看到,这里的桃蛀螟图像姿态出现了很大变化,与试验1中平铺双翅展开良好的图像具有很大差别。试验表明姿态描述方法可以稳定地表征不同姿态的桃蛀螟形状。

试验3:如图7a所示,采集了不同姿态、不同旋转角度的3种害虫图像(G1为桃蛀螟,G2、G3为不同姿态的梨小食心虫,G4~G7为不同姿态的果园

粘虫),图 7b 为对应的去除触角后的二值化图像,检验姿态描述方法表征不同种类害虫姿态形状的能力。使用归一化描述子 $d(u)$ 计算不同姿态形状、不同种类害虫间的相似度差异,结果如表 3 所示,不同种类不同姿态形状间的平均离散度为 0.133 7。而且从表 3 中可以看出 F1 与其他形状的离散度都大于试验 1 和 2 中的结果;F2 与 F3 离散度较小;F4、F5、F6 与 F7 之间离散度较小,其中 F4 与 F5 之间的离散度最小,与 F7 之间的离散度最大。这些结果从图 7a 中可以得到

验证,G2 与 G3 是不同姿态的梨小食心虫,而 G4、G5、G6 与 G7 是不同姿态的果园粘虫,其中 G4 与 G5 为同一只粘虫的正反面,而 G7 的姿态与 G4、G5、G6 姿态相差最大。

从 3 个试验的结果可以看出,形状差异性平均离散度分别为:0.007 06、0.021 26、0.133 7,基本上是呈 10 倍的数量级递增趋势,相似距离的大小近似反映了害虫姿态形状差别的变化,由此可见本文的姿态描述方法具备表征害虫姿态形状的能力,为不同姿态的靶标害虫自动识别奠定了基础。

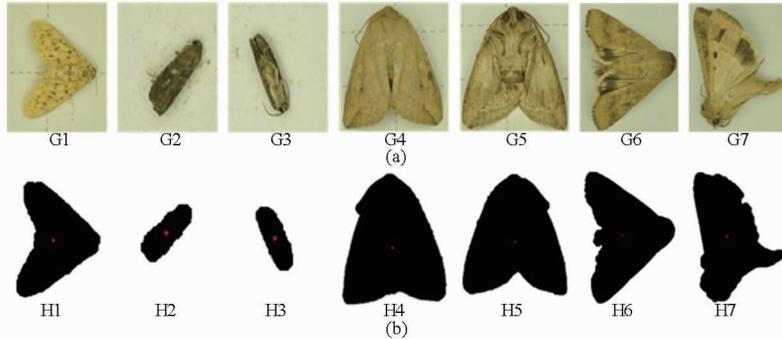


图 7 不同种类、不同姿态害虫图像

Fig. 7 Insect pests with different classification and posture

(a) 原图 (b) 二值化图

表 3 不同种类不同姿态害虫之间的离散度

Tab. 3 Discrete degree among different classifications and posture pests

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
H1	0.000 0	0.083 1	0.085 9	0.157 5	0.151 8	0.157 1	0.107 1
H2	0.083 1	0.000 0	0.004 0	0.236 0	0.231 4	0.237 6	0.185 2
H3	0.085 9	0.004 0	0.000 0	0.239 3	0.234 6	0.240 8	0.188 4
H4	0.157 5	0.236 0	0.239 3	0.000 0	0.017 1	0.043 4	0.053 6
H5	0.151 8	0.231 4	0.234 6	0.017 1	0.000 0	0.038 5	0.051 4
H6	0.157 1	0.237 6	0.240 8	0.043 4	0.038 5	0.000 0	0.063 7
H7	0.107 1	0.185 2	0.188 4	0.053 6	0.051 4	0.063 7	0.000 0
均值	0.123 8	0.162 9	0.165 5	0.124 5	0.120 8	0.130 2	0.108 2

2.3 靶标害虫识别与结果

姿态形状特征向量是识别桃蛀螟的基准系数,待识别害虫图像的归一化傅里叶描述子与姿态形状特征向量的距离直接决定判别的阈值选择。本文以诱集的桃蛀螟害虫常见的 6 种姿态的平均归一化傅里叶描述子为基准特征向量,6 种姿态的平均离散

度为阈值(根据表 2 可以计算得出为 0.021 26),进行识别。表 4 为桃蛀螟 6 种姿态的归一化傅里叶描述子 C1 ~ C9(其实每种姿态提取了 10 个傅里叶描述子,由于归一化后其中一个参数为 1,对相似距离计算不影响,可以不考虑)。

本试验(试验4)对采集的各种姿态的害虫图像

表 4 桃蛀螟 6 种姿态傅里叶描述子及基准特征向量

Tab. 4 FDs and standard feature vector of targeted pest with six postures

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
姿态 1	0.003 43	0.013 94	0.013 76	0.014 30	0.180 93	0.017 03	0.043 52	0.002 17	0.001 76
姿态 2	0.005 64	0.010 89	0.019 12	0.024 79	0.183 08	0.027 41	0.048 48	0.003 77	0.002 32
姿态 3	0.001 58	0.014 75	0.007 54	0.019 40	0.183 17	0.007 56	0.037 26	0.004 45	0.003 77
姿态 4	0.007 00	0.011 88	0.013 53	0.027 88	0.189 15	0.019 93	0.040 75	0.002 74	0.005 62
姿态 5	0.003 48	0.012 82	0.010 92	0.013 86	0.188 47	0.011 71	0.041 19	0.009 49	0.004 11
姿态 6	0.007 36	0.014 30	0.011 79	0.019 75	0.210 64	0.018 69	0.046 48	0.001 87	0.005 48
基准特征向量	0.004 75	0.013 10	0.01278	0.020 00	0.189 24	0.017 06	0.042 95	0.004 08	0.003 84

200幅(其中桃蛀螟、果园粘虫和梨小食心虫图像分别为128幅、50幅和22幅)进行识别测试,以检验本文方法识别桃蛀螟害虫的能力。衡量识别结果好坏的主要指标有正确率和误判率,把属于桃蛀螟且判别为桃蛀螟的概率定义为正确率 C_t ,把不属于桃蛀螟但是被判别为桃蛀螟的概率称为误判率 E_t ,计算式为

$$C_t = \frac{N_{t|t}}{N_t} \quad (2)$$

$$E_t = \frac{N_{t|\bar{t}}}{N_{\bar{t}}} = \frac{N_{t|\bar{t}}}{N_{\text{total}} - N_t} \quad (3)$$

式中 $N_{t|t}$ ——把属于桃蛀螟害虫的样本判别为桃蛀螟害虫的样本数目

N_t ——桃蛀螟害虫样本的数目

$N_{t|\bar{t}}$ ——把不属于桃蛀螟的样本判别为桃蛀螟的样本数目

$N_{\bar{t}}$ ——非桃蛀螟样本的数目

N_{total} ——采集的样本总数目

试验统计结果表明,当离散度阈值为0.021 26时,桃蛀螟识别正确率为86.7%,误判率为2.6%,而且误判出现在粘虫的判别中,梨小食心虫全部被正确区分。

3 讨论

在果园野外环境下,由于现场自动诱集的害虫存在姿态的不确定性,使得基于机器视觉的识别与计数方法还主要停留在实验室阶段,未能实现对果树靶标害虫的在线识别与计数。因此,如何提高识别与计数算法的鲁棒性和准确性,是果树害虫自动识别与计数的一个重要研究方向。

本文识别正确率方面还有提升的空间,可能需

要从以下两方面去研究:①在桃蛀螟基准特征向量确定时,需要增加样本的数量,对姿态种类进行进一步细分,增加姿态分布数量。②在去除害虫触角对身体姿态识别影响的过程中发现,由于采取了形态学算法处理,使得害虫边界轮廓也经过了处理,影响了原始姿态的描述与识别,需要采取更好的图像预处理算法。误判率同样很好地验证了姿态描述方法识别害虫姿态形状的能力,由于梨小食心虫的体型、姿态与桃蛀螟相比,具有比较明显的差别,所以没有产生误判;而果园粘虫在体型、姿态方面非常接近桃蛀螟,只是在边界轮廓上具有区别,所以出现了细微误判。试验表明利用本文的姿态描述与表征方法可以很好地将被标害虫桃蛀螟与其他害虫区分。

但是,由于靶标害虫诱集装置会诱集多种果树害虫,而且在害虫预测预报过程中,果树种植者和研究人员可能需要统计特定种类靶标害虫的数量,所以对多种果树害虫进行姿态划分和姿态特征向量、阈值的建立,是后续进一步的工作。

4 结论

(1) 基于害虫姿态描述的果树靶标害虫识别算法,在靶标害虫姿态旋转,翅膀伸缩,正反面视角等方面,均呈现了较低的离散度和良好的描述能力。在相似度差异阈值为0.021 26时,靶标害虫桃蛀螟的识别正确率为86.7%,误判率为2.6%。

(2) 所提方法从害虫姿态轮廓进行表达与描述,算法简单,降低了特征参数的维数和计算量,从而有利于算法实现不同种类的害虫识别与计数,提高了算法的适应性和泛化性。

参 考 文 献

- 张养安. 果园害虫的无公害治理研究进展[J]. 中国农学通报, 2005, 21(2):256-259.
Zhang Yang'an. Recent advance in environment friendly integrated control of orchard pests[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(2):256-259. (in Chinese)
- 王洪平. 果树主要害虫测报方法[J]. 北方果树, 2009, 6:41-43.
- Wen C, Guyer D E, Li W. Local feature-based identification and classification for orchard insects[J]. Biosystems Engineering, 2009, 104(3):299-307.
- Wen C, Guyer D. Image-based orchard insect automated identification and classification method[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2012, 89:110-115.
- 周志艳, 罗锡文, 张扬, 等. 农作物虫害的机器检测与监测技术研究进展[J]. 昆虫学报, 2010, 53(1):98-109.
Zhou Zhiyan, Luo Xiwen, Zhang Yang, et al. Machine-based technologies for detecting and monitoring insect pests of crops[J]. Acta Entomologica Sinica, 2010, 53(1):98-109. (in Chinese)
- Yao Qing, Liu Qingjie, Yang Baojun, et al. An insect imaging system to automate rice light-trap pest identification[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2012, 11(6):978-985.
- 毛罕平, 张红涛. 储粮害虫图像识别的研究进展与展望[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4):176-179.
Mao Hanping, Zhang Hongtao. Reseach progress and prospect for image recognition of stored-grain pests[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4):176-179. (in Chinese)
- 胡玉霞, 张红涛. 基于模拟退火算法-支持向量机的储粮害虫识别分类[J]. 农业机械学报, 2008, 39(9):108-111.
Hu Yuxia, Zhang Hongtao. Recognition of the stored-grain pests based on simulated annealing algorithm and support vector

- machine[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9):108-111. (in Chinese)
- 9 姚青, 吕军, 杨保军, 等. 基于图像的昆虫自动识别与计数研究进展[J]. 中国农业科学, 2011, 44(14):2886-2899.
Yao Qing, Lü Jun, Yang Baojun, et al. Progress in research on digital image processing technology for automatic insect identification and counting[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2011, 44(14):2886-2899. (in Chinese)
- 10 Solis-Sánchez L O, García-Escalante J J, Castañeda-Miranda R, et al. Machine vision algorithm for whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn.) scouting under greenhouse environment[J]. Journal of Applied Entomology, 2009, 133(7):546-552.
- 11 赵汗青, 沈佐锐, 于新文. 数学形态学在昆虫分类学上的应用研究. I. 在目级阶元上的应用研究[J]. 昆虫学报, 2003, 46(1):45-50.
Zhao Hanqing, Shen Zuorui, Yu Xinwen. Use of math-morphological features in insect taxonomy. I. At the order level[J]. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(1):45-50. (in Chinese)
- 12 赵汗青, 沈佐锐, 于新文. 数学形态学在昆虫分类学上的应用研究. II. 在总科阶元上的应用研究[J]. 昆虫学报, 2003, 46(2):201-208.
Zhao Hanqing, Shen Zuorui, Yu Xinwen. Use of math-morphological features in insect taxonomy. II. At the superfamily level[J]. Acta Entomologica Sinica, 2003, 46(2):201-208. (in Chinese)
- 13 Watson A T, O'Neill M A, Kitching I J. Automated identification of live moths (*Macrolepidoptera*) using digital automated identification system (DAISY)[J]. Systematics and Biodiversity, 2004, 1(3):287-300.
- 14 Wang J, Lin C, Ji L, et al. A new automatic identification system of insect images at the order level[J]. Knowledge-Based Systems, 2012, 33:102-110.
- 15 张建伟. 基于计算机视觉技术的蝴蝶自动识别研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- 16 邱道尹, 张红涛, 刘新宇, 等. 基于机器视觉的大田害虫检测系统[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1):120-122.
Qiu Daoyin, Zhang Hongtao, Liu Xinyu, et al. Farmland pests detection system based on machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(1):120-122. (in Chinese)
- 17 杨红珍, 张建伟, 李湘涛, 等. 基于图像的昆虫远程自动识别系统的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1):188-192.
Yang Hongzhen, Zhang Jianwei, Li Xiangtao, et al. Remote automatic identification system based on insect image[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(1):188-192. (in Chinese)
- 18 石宝才, 康总江, 路虹. 多功能全自动智能型害虫测报系统: 中国, 200920176146.6[P]. 2009-02-01.
- 19 Kauppinen H, Seppanen T, Pietikainen M. An experimental comparison of autoregressive and Fourier-based descriptors in 2-D shape classification[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1995, 17(2):201-207.
- 20 王涛, 刘文印, 孙家广, 等. 傅里叶描述子识别物体的形状[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(12):1714-1719.
Wang Tao, Liu Wenyin, Sun Jiaguang, et al. Using fourier descriptors to recognize object's shape[J]. Journal of Computer Research and Development, 2002, 39(12):1714-1719. (in Chinese)
- 21 周丰乐, 徐向民, 肖跃, 等. 一种新的二值图像目标轮廓跟踪算法[J]. 微计算机信息, 2007, 23(3):259-261.
Zhou Fengle, Xu Xiangmin, Xiao Yue, et al. A new algorithm on objects boundary tracking of binary image[J]. Microcomputer Information, 2007, 23(3):259-261. (in Chinese)

Orchard Pest Automated Identification Method Based on Posture Description

Li Wenyong^{1,2} Chen Meixiang² Li Ming² Sun Chuanheng² Du Shangfeng¹

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: Orchard pests monitoring is very important in precise pest management. The pests trapped by high-voltage current in orchard show different postures, which increase the difficulty of image automatic identification. A posture description-based method has been proposed to automatically represent image boundary and identify certain common pests in orchards. The performance of proposed method in posture description with rotation, translation and wing scale of image edge was tested. Posture feature vector and similarity difference threshold were determined by the calculation of average normalized Fourier descriptors(FDs) and discrete degree. Three types of pests with 200 sample images were tested, and it found that correct rate of target pest *Dichocrocis punctiferalis* (Guenee) was 86.7% and error rate was 2.6% when discrete degree threshold was 0.021 26. The experiment results indicate that this approach has a stable description ability for posture-shape and good recognition performance.

Key words: Precise orchard management Pest identification Image processing Posture identification Fourier descriptors