

仓储害虫局部形态学特征提取方法研究

张红涛^{1,2}, 李 芳¹, 胡玉霞³, 张恒源²

(1. 安阳职业技术学院 机电工程系, 河南 安阳 455008; 2. 华北水利水电大学 电力学院, 河南 郑州 450011;

3. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 为进一步提高对仓储害虫自动识别的准确度及种类数量, 提出一种普适有效的仓储害虫局部特征提取方法, 即首先自动判别出图像中仓储害虫的头部和尾部, 然后采用基于兴趣区间对偶点分析的方法提取特征。提取出仓储害虫的鞘翅等效长、尾部弧度等 7 个局部形态学特征, 构建了优化的形态学特征空间, 采用 SAA-SVM 分类器对 15 类常见仓储害虫分类的正确率达到 94.8%, 解决了仓储害虫分类识别中多种类精确识别的难题。

关键词: 仓储害虫; 形态学特征; 特征提取; 分类识别

中图分类号: S433 TP391.41 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2014)02-0084-04

Extraction of Local Morphological Features of Stored-grain Insects

ZHANG Hong-tao^{1,2}, LI Fang¹, HU Yu-xia³, ZHANG Heng-yuan²

(1. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Anyang Vocational and Technical College,

Anyang 455008, China; 2. Institute of Electric Power, North China University of Water Resources and Electric Power,

Zhengzhou 450011, China; 3. College of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: A universal and effective method for extracting the local features of storage insects was proposed in order to improve the accuracy and the number of species to be recognized further. The method included two steps. Firstly, the head and the tail of the storage insects in the image were determined automatically, and then features were extracted based on the dual point analysis within interesting interval. Seven local morphological features were extracted including coleopteran equivalent length, tail radian of storage insects and so on, and the optimized morphological feature space was constructed. The insects were classified based on simulated annealing algorithm and support vector machine (SAA-SVM). The results showed that the recognition accuracy was 94.8% for the fifteen species of common storage insects. The precise identification problem of more species was solved in classification of stored-grain pests.

Key words: stored-grain pests; morphological features; feature extraction; classification

在仓储害虫的自动鉴别中, 有些仓储害虫之间的整体形态学特征区别不大, 它们的主要区别在于前胸背板的形状、鞘翅的长宽比等有所差异^[1]。对于这些相似度较高的仓储害虫, 仅仅提取其整体形态学特征进行识别分类是不可行的, 还需要从高分

辨率的数字图像中提取其局部形态学特征, 以进行准确地分类。

由于仓储害虫的种类比较多, 同一种仓储害虫的体形大小差别也比较大, 有些类别之间的形态差别比较小, 这就给局部形态特征的准确提取带来了

收稿日期: 2013-07-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31101085); 河南省基础与前沿技术研究计划项目(122300410145); 河南省高等学校青年骨干教师资助计划项目(2011GGJS-094); 华北水利水电大学高层次人才科研启动项目(201118); 安阳职业技术学院工程技术类科研项目(AZKYGC-2013A01)

作者简介: 张红涛(1977-), 男, 河南邓州人, 副教授, 博士, 主要从事农业信息化研究。E-mail: zht1977@ncwu.edu.cn

很大的难度^[2]。另外,仓储害虫图像预处理后还可能剩下足、触角等毛刺,由于仓储害虫体形很小,这些毛刺对局部特征的影响不容忽视^[3]。因此,为进一步提高自动识别仓储害虫的精度及其种类数量,研究一种普适、有效的仓储害虫局部特征提取方法是非常必要的。

1 仓储害虫图像中头部和尾部的自动判别

实际中,在仓储害虫图像局部特征提取之前,首先需要准确判别仓储害虫的头部和尾部。由常见仓储害虫的形态结构可以看出,仓储害虫头部宽度一般要小于尾部宽度,故可从距离仓储害虫两端(头部和尾部)相同的距离处开始,分别向中部取相同的一段体长,然后计算其等效宽度——加权距离的平均值,等效宽度小者即为仓储害虫的头部。这里以米象的边界轮廓为例进行说明,其具体的判别原理如图1所示。

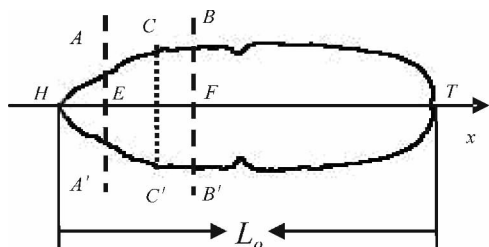


图1 仓储害虫头部和尾部的判别原理

设仓储害虫目标的长轴为 x 轴,过 x 轴上任意两点 E 、 F 作 x 轴的垂线,两垂线与目标的边界分别相交于 A 、 A' 、 B 、 B' ,且 A' 、 B' 分别为 A 、 B 的对偶点, H 、 T 为仓储害虫的头尾两端与 x 轴的交点,且 $|HT|=L_0$ 。

设在目标体长 $|EF|$ 间有 n 对对偶点,这 n 对对偶点的排列规则为:

(1)若 $|EF|<0.5L_0$,第1对对偶点为 (A,A') ,对偶点对的序号 i 沿 x 轴正向依次增加;

(2)若 $|EF|\geq 0.5L_0$,第1对对偶点为 (B,B') ,对偶点对的序号 i 沿 x 轴负向依次增加。

对偶点间距离加权的原理是从仓储害虫的头尾两端开始加权,越靠近两端的对偶点其距离的权重越大。若 C 、 C' 为目标体长 $|EF|$ 间的第 i 对对偶点,令 $|CC'|$ 间欧式距离 d_i 的权重如式(1)所示,则 $|EF|$ 间所有对偶点加权距离的平均值如式(2)所示。

$$w_i = 2 - i/n \quad (1)$$

$$D = [(3n-1)/2] \sum_{i=1}^n d_i w_i \quad (2)$$

仓储害虫头部和尾部判别的具体步骤如下:

(1)求出仓储害虫二值图像中目标的最小外接矩形及目标的所有边界点;

(2)计算目标长轴与 x 轴之间的夹角,以目标的长轴为新坐标系的 x 轴(原点不动),对目标子图像进行旋转;

(3)当 $|EF|=0.05L_0$, $|EF|=0.25L_0$ 时,找出目标体长 $|EF|$ 间的所有对偶点;

(4)当 $|EF|=0.75L_0$, $|EF|=0.95L_0$ 时,找出目标体长 $|EF|$ 间的所有对偶点;

(5)按式(1)和(2)计算步骤(3)和(4)中加权距离的平均值;

(6)依据仓储害虫头部宽度小于尾部宽度的原则,可判别出加权距离的平均值小者即为仓储害虫的头部,大者即为仓储害虫的尾部。

2 仓储害虫局部形态学特征的提取

当仓储害虫的头尾方向确定之后,采用兴趣区间对偶点的处理方法,以提高局部特征提取的精确度。通过深入分析各类仓储害虫的形态结构,确定大部分仓储害虫类别中某个感兴趣点所在的兴趣区间,然后找出兴趣区间内的所有对偶点,最后对对偶点进行分析处理,即可定位该感兴趣点。这里以鞘翅等效长和胸部背板等效宽为例,对仓储害虫局部形态学特征的提取进行说明。

2.1 鞘翅等效长的提取

分析仓储害虫局部形态后发现,谷蠹与锯谷盗的区别在于其鞘翅等效长不同,谷蠹的鞘翅等效长稍大。土耳其扁谷盗、长角扁谷盗、锈赤扁谷盗的主要区别在于它们的鞘翅长宽比不同。可见,提取仓储害虫的鞘翅等效长是非常必要的。鞘翅等效长的定义如式(3)所示,其中 L_v 为仓储害虫的鞘翅等效长, L_0 为最小外接矩形的长, L_c 为仓储害虫的鞘翅长。

$$L_v = L_c / L_0 \quad (3)$$

由大谷盗、谷蠹、锯谷盗、长头谷盗等仓储害虫可以看出,其胸部背板与鞘翅的连接点(兴趣点)通常位于自头部开始的25%~45%体长区间。仓储害虫鞘翅等效长的计算方法如图2所示,首先求出自仓储害虫头部开始的 $[0.25L_0, 0.45L_0]$,即 $|IJ|$ 之间所有仓储害虫边界上对偶点之间的欧式距离,并对上述所有对偶点间的距离由小到大进行排序,最小距离所对应的对偶点之间的连线与 x 轴的交点为 K ,则 $|KT|$ 即为鞘翅的等效长。

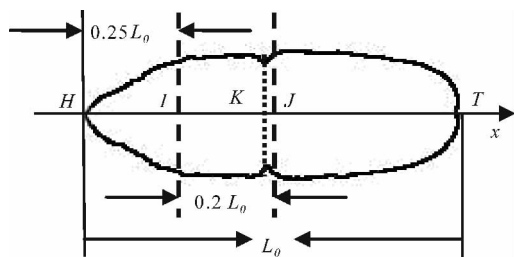


图 2 仓储害虫鞘翅等效长的计算方法

2.2 胸部背板等效宽的提取

胸部背板等效宽的定义如式(4)所示,其中 W_c 为仓储害虫的胸部背板等效宽, W_h 为胸部背板宽, L_0 为最小外接矩形的长。

$$W_c = W_h / L_0 \quad (4)$$

由二带黑菌虫、黑菌虫、小菌虫、花斑皮蠹等仓储害虫可以看出,其胸部背板位于其自头部开始的 15%~45%体长区间。仓储害虫胸部背板等效宽的计算方法如图 3 所示,首先求出自仓储害虫头部开始的 $[0.15L_0, 0.45L_0]$,即 $|MN|$ 之间所有仓储害虫边界对偶点之间的欧式距离,然后对上述所有对偶

点间的距离求平均,则平均值即为仓储害虫胸部背板的等效宽。

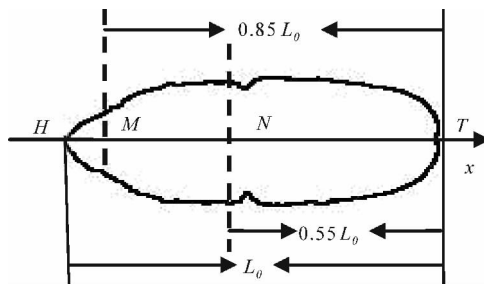


图 3 仓储害虫胸部背板等效宽的计算方法

2.3 7 种仓储害虫的局部形态学特征

通过研究仓储害虫之间的细微形态差异,本研究提取了米象、谷蠹、锯谷盗、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗、土耳其扁谷盗、长角扁谷盗 7 种害虫的局部形态学特征,其中特征 R_b 、 A_r 、 L_v 、 R_w 、 R_v 、 W_c 、 W_r 分别为仓储害虫的精确长宽比、尾部弧度、鞘翅等效长、鞘翅长宽比、胸部背板及头部等效长、胸部背板等效宽、胸部背板宽与鞘翅宽之比。

表 1 仓储害虫的 7 个局部形态学特征

特征	仓储害虫序号						
	1	2	3	4	5	6	7
R_b	2.953 3	3.136 7	3.853 6	3.267 3	3.368 1	3.631 4	2.773 9
A_r	0.840 6	0.923 6	0.817	0.841 6	0.950 4	0.798 3	0.931 2
L_v	0.745	0.693 6	0.597 5	0.725 8	0.725 7	0.646 5	0.602 0
R_w	2.200 3	2.175 6	2.302 5	2.371 2	2.444 1	2.347 7	1.669 9
R_v	3.921 9	3.263 8	2.484 4	3.646 4	3.645 2	2.828 9	2.512 7
W_c	0.225 9	0.270 3	0.145 2	0.202 9	0.276 1	0.227 8	0.291 2
W_r	1.334 4	1.695 8	1.119 2	1.326 0	1.859 6	1.654 3	1.615 7

注:害虫序号 1—7 分别代表米象、谷蠹、锯谷盗、赤拟谷盗、锈赤扁谷盗、土耳其扁谷盗、长角扁谷盗;7 个局部形态学特征均无量纲。下同。

3 仓储害虫的特征优化及自动识别

除上述 7 个局部形态特征外,本研究还提取了仓储害虫二值化图像的面积、周长、复杂度、占空比等 21 个整体形态学特征^[4]。为了提高仓储害虫分类器的识别精度和效率,需对提取的 28 个形态学特征(即 21 个整体形态学特征和 7 个局部形态学特征)进行优化处理。这里运用基于二进制编码的人工鱼群算法对仓储害虫特征进行选择^[5]。经 20 次迭代运算后,最优人工鱼的食物密度稳定在 93.121,此时 28 个形态学特征中鞘翅等效长、偏心率等 19 个特征被选中。为进一步降低特征空间的维数,需要通过映射的方法把高维的特征向量变换为低维的特征向量^[6]。这里将选中的 19 维特征运

用核 Fisher 判别分析法进行压缩,选取压缩后的前 7 个特征作为分类特征,送入后续仓储害虫分类器,表 1 中 7 种仓储害虫的分类特征如表 2 所示。

针对米象、谷蠹等 15 类常见的仓储害虫,随机选择 2 250 个害虫子图像提取特征,其中用 1 500 个仓储害虫子图像(每类 100 个)对 SAA-SVM 分类器进行训练,用 750 个待识别仓储害虫子图像(每类 50 个)进行检验。结果表明,750 个仓储害虫中正确识别的有 711 个,即识别率为 94.8%。而仅利用 21 个整体形态学特征,采用同样的特征优化及分类方法,识别率仅为 75.3%。这主要是由于 3 类扁谷盗的识别率非常低,几乎不可区分,另外其他相似度比较高的害虫识别率也不程度地有所降低。可见,在仓储害虫的自动分类中,局部形态学特征的提取是非常必要的。

表 2 送入仓储害虫分类器的 7 个特征

特征序号	仓储害虫序号						
	1	2	3	4	5	6	7
1	−0.105 2	−0.136 7	−0.191 3	−0.083 5	−0.202 3	0.877 9	0.720 8
2	0.428 7	0.508 8	0.498 4	0.542 8	0.520 2	0.110 7	0.100 9
3	0.042 5	0.040 1	0.056 0	0.047 7	0.029 4	0.137 0	0.097 4
4	0.165 0	0.184 4	0.128 5	0.175 3	0.224 9	0.099 4	0.120 3
5	−0.152 8	−0.159 8	−0.198 3	−0.157 2	−0.175 8	0.623 2	0.603 7
6	−0.412 6	−0.514 3	−0.491 4	−0.488 2	−0.512 7	0.708 6	0.397 7
7	0.035 2	0.039 6	0.038 5	0.045 9	0.009 6	0.138 2	0.099 3

4 结论

1) 提出仓储害虫局部形态特征的两步提取方法,即首先自动判别出图像中仓储害虫的头部和尾部,然后采用基于兴趣区间对偶点分析的方法提取特征。

2) 针对细小形态差异的仓储害虫分类,提取出仓储害虫的鞘翅等效长、尾部弧度等 7 个局部形态学特征,构建了优化的形态学特征空间,对 15 类常见仓储害虫分类的正确率达到 94.8%,解决了计算机视觉法不能识别多个仓储害虫种类的难题。

参考文献:

[1] 白旭光. 储藏物害虫与防治[M]. 2 版. 北京:科学出版

社,2008.

[2] 王殿轩,白旭光,周玉香,等. 中国储粮昆虫图鉴[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008.

[3] 胡玉霞,张红涛,毛罕平,等. 基于多分辨率分析的储粮害虫图像预处理研究[J]. 农机化研究,2012,34(8): 160-163.

[4] 张红涛. 基于可见光近红外双目计算机视觉的鞘翅目储粮害虫检测研究[D]. 镇江:江苏大学,2010.

[5] 张红涛,毛罕平,张晓东. 基于人工鱼群算法的储粮害虫特征选择[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2010,31(5):502-505.

[6] 张红涛,楚清河,胡玉霞,等. 核函数主成分分析在粮虫特征提取中的应用[J]. 河南农业科学,2011,40(9): 90-93.