

昆虫图像几何形状特征的提取技术研究

于新文 沈佐锐 高灵旺 李志红

(中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要 为进行昆虫图象的识别和分类,对昆虫图象几何形状特征的提取及测量进行了研究。提取了区域面积、边界周长、孔洞数、偏心率、形状参数、圆形性、似圆度、球状性和叶状性 9 个直观易测的特征。采用判别分析方法对这些特征进行筛选得到 6 个具有判别意义的特征,分别为区域面积、偏心率、形状参数、周长、似圆度、叶状性;剔除了与似圆度具有相关性的圆形性和球状性等特征。利用这 6 个特征对 3 种昆虫进行了识别,准确率均达到 100%,表明本研究所提取的 6 个昆虫图象特征用于昆虫图象识别是有效的。

关键词 昆虫图象; 特征提取; 特征测量; 图象识别

中图分类号 S 126; Q 964

文章编号 1007-4333(2003)03-0047-04

文献标识码 A

Feature measuring and extraction for digital image of insects

Yu Xinwen, Shen Zuorui, Gao Lingwang, Li Zhihong

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract Basic methods of feature measuring and extraction of 9 shape features such as region area, boundary perimeter, hole number, eccentricity, form factor, roundness, circularity, sphericity and lobation were introduced based on insect binary image. These features were measured on 3 insect species, i. e., *Helicoverpa armigera* Hübner with 50 observations, *Ostrinia furnacalis* Guenee with 40 observations, and *Ectomocoris atrox* Stål with 55 observations. 6 determinant features, including area, eccentricity, formfactor, perimeter, roundness and lobation, were extracted using discriminant analysis method to produce discriminant functions. The recognition result using the discriminant functions to the 3 insect species showed that the accuracy is as high as 100%, which indicating that these features are very descriptive to the insect image, and very effective to the insect image recognition.

Key words insect image; feature extraction; feature measuring; image recognition

对植物有害生物的鉴定诊断,正如医学对疾病的诊断一样是对症治疗的前提,历来受植保工作者的高度重视,这也使近年有害生物的鉴定或病虫害诊断专家系统成为植保信息技术领域中的研究热点。不少人为此作过许多努力^[1~3],有不少成果^[4~7]。但这些成果都是基于二叉式检索和多条目检索原理实现的,本质上是根据传统分类鉴定所用的二叉式检索表(dichotomous key)模型设计的。而实现二叉式检索表推理的前提是所要鉴定的对象集(set of objects to identify)必须事先确定,即必须明确要鉴定的目、科、属、种具体是哪些,而且每加入一个新鉴定对象就要重新设计推理,重新开发,其效率和

智能化程度明显较低。基于此,我们开始对昆虫图象自动识别技术进行研究。图象自动识别的基础是特征的提取,本文介绍对昆虫图象特征提取。

目标图象特征提取的目的是为了进一步从图象中获取有用信息,进而用于图象模式识别或图象理解。图象特征提取的关键是选择特征并描述目标和测量特征。特征提取是模式识别中最普遍和最基础的问题,提取充分的特征往往是解决识别问题的关键^[8]。常见的目标特征可分为灰度特征、纹理特征和几何形状特征等^[9]。大多数用于图象识别的特征是基于二维形状边界的,而将边界所包围的区域内的特征忽略^[8]。昆虫图象比较重要的特征是昆虫的

收稿日期: 2002-12-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39840004); 国家高技术研究发展计划课题资助项目(2002AA243031)

作者简介: 于新文,博士研究生; 沈佐锐,教授,博士生导师,主要从事昆虫生态及植保信息技术研究, E-mail: ipmist@cau.edu.cn.

cn, Tel: 010-62893015

体型结构,根据体型大致可以将昆虫类群分辨开来;另一重要特征是鳞翅目昆虫鳞翅上的斑纹特征和翅脉特征等,表现在图象上可以是大小不同的孔洞;在膜翅目昆虫中还可以表现为线特征^[4]。这些特征表现在图象上都属于形状特征。

在昆虫图象的分割研究获得昆虫图象的目标区域^[10]基础上,本研究继续进行昆虫图象几何形状特征的提取,并进行昆虫种类的判别以检验所提取特征的有效性。

1 材料与方法

1.1 目标图象选择



噪声区域剔除前



噪声区域剔除后

图 1 昆虫二值化图象剔除噪声区域前后

Fig.1 The binary image: before (left) and after (right) the deletion of small noise regions

1.2 形状特征提取

在众多的图像特征中只考虑直观且易于测量的形状特征,本研究选择的重要的形状特征有 9 个:区域周长、区域面积、偏心率、孔洞数、形状参数、圆形性、似圆度、球状性、叶状性^[11,12]。

1.2.1 孔洞数 将昆虫图象区域中的小区域定义为孔洞,对小区域进行标记并计数实现孔洞数的计算。

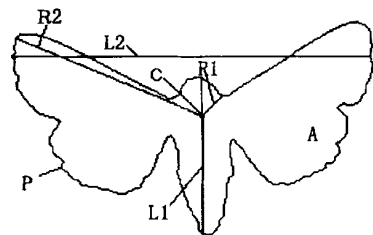
1.2.2 区域面积 是描述区域大小的基本特性^[13]。本试验对目标区域内(即将目标区域内孔洞填充后的二值图象)像素计数^[14]。

1.2.3 区域周长 指所包围区域轮廓的周长^[13,15],边界点采用 8-方向连通定义。本研究直接从孔洞填充后的二值图像中提取边界,如图 2 中 P 所示。对边界的描述采用链码实现(图 3)。

在 8-连通链码中,偶数链码的长度为 1,奇数链码的长度为 $\sqrt{2}$,则边界的周长为^[14,16]: $P = \sum_{i=1}^N n_i$,其中, N 为边界点数, n_i 为第 i 边界点的链码长度, n_i

$$n_i = \begin{cases} 1 & x_i \bmod 2 = 0 \\ \sqrt{2} & x_i \bmod 2 = 1 \end{cases}, x_i \text{ 为第 } i \text{ 个边界点链码方向。}$$

采用模糊集合熵阈值分割算法对棉铃虫 (*Helicoverpa armigera* Hübner)、玉米螟 (*Ostrinia furnacalis* Guenee) 和黑苕猎蝽 (*Ectomocoris atrox* (Stål))³ 种昆虫图象进行分割处理^[10],得到二值图象作为本研究的目标图象。由于二值图象中有时会包含一些离散的小区域,如果与目标区域不连通则属于背景(白色区域),与目标区域连通则属于目标并表现为孔洞特征。属于背景的小区域是噪声区域,会影响后续的特征提取操作,这里表现为散点和离散的小区域,如图 1 左图有一与虫体部分分离的小区域,删除这一区域对目标区域整体没有大的影响,将剔除噪声区域的二值图像作为本文的目标图像(图 1 右。)



A 区域面积;C 区域重心;L1 图象纵轴;L2 图象横轴;P: 图象边界;R1 重心到边界的最短距离;R2 重心到边界的最大距离

图 2 昆虫图象特征值测量的示意图

Fig.2 Diagram of characteristics measuring of insect images

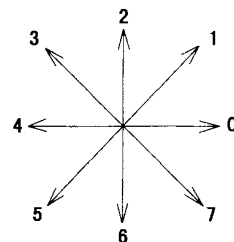


图 3 8 方向链码的方向定义

Fig.3 Definition of chain code with 8 directions

1.2.4 偏心率(eccentricity) 有时也称为伸长度(e-longation),描述了区域的紧凑性。常用的计算偏心率的方法是计算边界长轴与其垂直的短轴长的比

值,其具有平移和旋转不变性。本研究亦采用这一方法,只是分别用昆虫的最大翅展长度(图像横轴,图 2 中 L2)和体长(图像纵轴,图 2 中 L1)表示长轴和短轴,这 2 个特征是常用的昆虫形态学特征。

1.2.5 形状参数(form factor) 是区域面积和周长的计算值,描述了区域的紧凑性(compactness)^[17,18]。

形状参数 $F = \| P \|^3 / (4\pi \times A)$, P 为区域周长, A 为区域面积。

1.2.6 球状性(sphericity) 定义为: $S = r_1 / r_2$, 其中 r_1 为重心到边界的最短距离(图 2 中 R1); r_2 为重心到边界的最大距离(图 2 中 R2)。

1.2.7 圆形性(circularity) 是一个用目标区域中所有边界点定义的特征量:

$$C = \frac{\mu}{\sigma}, \mu = \frac{1}{k} \sum_{k=0}^{k-1} \| (x_k, y_k) - (\bar{x}, \bar{y}) \|, \sigma^2 = \frac{1}{k} \sum_{k=0}^{k-1} [\| (x_k, y_k) - (\bar{x}, \bar{y}) \| - \mu]^2$$

其中, μ 为区域重心到边界点的平均距离, σ^2 为区域重心到边界点距离的标准方差。

1.2.8 似圆度(oundness) R 的定义来自 Kimura & Aikawa^[19]: $R = 4A / \pi L^2$, 式中 R 为似圆度, A 为区域面积, L 为最大长度(这里为图象的横轴长度)。似圆度反映了目标区域的紧凑性^[18]或伸长性^[20]。

1.2.9 叶状性(lobation) 反映了边界的幅度特征^[21], 定义为: $B = R_1 / W$, B 为叶状性参数, R_1 为区域重心到边界的最短距离, W 为最大宽度, 这里采用图像横轴。

1.3 昆虫图象特征的有效性检验

采用逐步判别分析方法对上述特征进行筛选, 并利用选中的特征建立判别函数, 进而对 3 种昆虫进行分类试验, 以检验所提取的特征的有效性和判别效率。

2 结果与分析

2.1 特征测量结果

对上述 9 个特征测量了 50 幅棉铃虫图象、40 幅玉米螟图象和 55 幅黑咬猎蝽图象, 测得 9 个特征数据的均值及其标准差(表 1)。由表 1 可见, 棉铃虫图象面积在 3 种昆虫中最大, 周长也最大, 这也与害虫防治的实践相符合; 而黑咬猎蝽图象偏心率最大, 是黑咬猎蝽体型狭长、细窄的体现; 棉铃虫和玉米螟展翅宽度较大, 反映为偏心率较小。

孔洞反映了昆虫的斑纹特征, 斑纹特征丰富的, 则相应孔洞数较多。棉铃虫翅面及体背部都有比较丰富且色彩鲜明的斑纹, 其孔洞数最大; 玉米螟虽然也有较为丰富的斑纹, 但因体色色差弱, 尤其在本研究图像获取条件下获取的玉米螟图像, 一些斑纹难以在分割图象中反映出来, 测得孔洞数较少; 黑咬猎蝽则因斑纹特征很少, 孔洞数也最小。

叶状性反映了目标边界的曲直变化频率和幅度。在 3 种昆虫中, 黑咬猎蝽图象的叶状性最大, 是由于黑咬猎蝽足向外伸展使得图象边界幅度和方向变化很大, 而棉铃虫的翅和体之间也有比较大的变化, 其叶状性小于黑咬猎蝽而大于玉米螟。

表 1 9 个特征的测量均值及其标准差

Table 1 Characteristics measuring result of insect images with mean values and the standard deviations

特征参数	棉铃虫(50 只)		玉米螟(40 只)		黑咬猎蝽(55 只)	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
面积	1 0393.54	896.30	5196.72	1084.20	2846.29	517.73
周长	768.82	119.79	521.32	65.74	515.64	139.55
偏心率	0.44	0.06	0.31	9.59×10^{-3}	1.64	0.38
形状参数	4.69	1.95	4.35	1.24	7.65	3.23
球状性	0.15	3.39×10^{-3}	0.11	4.86×10^{-3}	0.13	4.55×10^{-3}
圆形性	4.91	1.38	4.07	1.45	2.48	0.60
孔洞数	26.44	6.12	13.08	5.08	2.04	0.91
似圆度	0.37	2.70×10^{-3}	0.35	4.97×10^{-3}	1.04	0.37
叶状性	8.46×10^{-3}	1.80×10^{-3}	6.33×10^{-3}	2.78×10^{-3}	0.146	5.95×10^{-3}

2.2 判别分析结果

应用逐步判别分析方法对上述特征进行筛选, 得到 6 个特征, 为区域面积、偏心率、形状参数、周

长、似圆度、叶状性, 剔除了孔洞数特征以及与似圆度显然具有相关性圆形性和球状性特征。利用所建立的 6 特征判别函数(另文报道)对以上 3 种昆虫进

行了判别分类,结果显示(表 2),识别率均为 100%,说明这 6 个经过筛选的特征具有很强的判别性,是有效的。

表 2 应用判别函数识别昆虫图象的识别率
Table 2 Recognition result by application of indeterninal function method on insect images

识别结果	昆虫样本数			总识别率
	棉铃虫	玉米螟	黑咬猎蝽	
	50	39	56	
棉铃虫	50	0	0	
玉米螟	0	39	0	
黑咬猎蝽	0	0	56	
正确识别数	50	39	56	
识别率	100%	100%	100%	100%

3 讨 论

特征的提取过程就是降低图象信息熵的过程,即图象特征是对图象的抽象,而如何使用图像特征表示图象是图象识别的基础。本研究初选 9 个特征并筛选出 6 个具有判别意义的特征,这些特征是相互独立的,符合建立分类器要求特征之间具有相互独立性^[14]的原则。

本研究提取 9 种几何形状特征非常直观并易于提取,能够反映昆虫图象形态特点,也能反映出昆虫的体型结构以及形态特征。但如何提取更多能够直接反映昆虫形态特征和鉴别特征的特征,是我们今后努力的方向,也是我们完善昆虫数学形态学理论^[22]的重要步骤之一。

参 考 文 献

[1] Pankhurst R. Biological identificationpm [M]. London: Arnold, 1978

[2] Yu D S, Kokko E G, Barron J R, et al. Identification of ichneumonid wasps using image analysis of wings [J]. Systematic Entomology, 1992, 17: 386~395

[3] Liu J D. The expert system for identification of Tortricinae (Lepidoptera) using image analysis of venation [J]. Entomologia Sinica, 1996, 3: 1~8

[4] Weeks P J D, Gauld I D, Gaston K J, et al. Automating the identification of insects; a new solution to an old problem [J]. Bulletin of Entomological Research, 1997, 87: 203~

211

[5] White I M, Scott P R. Computer information resources for pest identification; A review [A]. In: Hawksworth D L, ed. The Identification and Charaterisation of Pest Organism [C]. Wallingfor: CAB International, 1994

[6] 王之岭. 植检害虫图文信息及鉴定辅导系统 PQ-IN-FORMIS 的研制与应用 [D]. 北京: 中国农业大学, 1996

[7] Li Z H, Shen Z R, Yang M H, et al. Computer-aided technology for regional vegetable pest management towards agricultural sustainability [J]. Ecology Engineering, 1998, 11: 37~43

[8] Cheng Y, Liu K, Yang J. A novel feature extraction method for image recognition based on similar discriminatn function (SDF) [J]. Pattern Recognition, 1993, 26(1): 115~125

[9] 赵荣椿, 赵忠明, 等. 数字图象处理导论 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1996

[10] 于新文, 沈佐锐. 昆虫数字图象的分割技术研究 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 137~141

[11] Ballard D H, Brown C M. Computer Vision [M]. New Jersey: Prentice Hall, 1982

[12] Gorzalez R C, Wints P. Digital image processing [M]. Massachusetts: Addison-Wesley, Reading, 1987

[13] Kulpa Z. Area and perimeter measuments of blobs in discrete binary pictures [J]. Computer Graphics and Image Processing, 1977, 6: 434~451

[14] Castleman K R. Digital Image Processing [M]. 北京: 清华大学出版社(Prentice Hall, Inc 授权影印出版), 1998

[15] Sklansky J, Chazin R L, Hansen B J. Minimum perimeter polygons of digitized silhouettes [J]. IEEE Trans Comput C, 1972, 21(3): 260~268

[16] 崔屹. 数字图象处理技术与应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1997

[17] Rosenfeld R, Kak A C. Digital Picture Processing [M]. New York: Academic Press. 1976

[18] Sch² fer A, Teyssen T. Size, shape and orientation of grains in sands and sandstones; image analysis applied to rock thin sections [J]. Sedimentary Geology, 1987, 52: 251~271

[19] Kimura A, Aikawa K. Automatic visual inspection system with a microscope [J]. Automation, 1986, 31(12): 99~106

[20] Balck K. Partivle shap characterization of sand [J]. Mikroskopie, 1980, 37: 396~399

[21] Yonekawa S, Sakai N, Kitani O. Identification for idealized leaf types using simple dimensionless shape factors by image a nalysis [J]. Trans ASAE 1996, 39(4): 1525~1533

[22] 沈佐锐, 于新文. 昆虫数学形态学研究及其应用展望 [J]. 昆虫学报, 1998, 41(增刊): 140~148