

基于多特征综合的昆虫识别研究

齐丽英 (安康学院数学与应用数学研究所, 陕西安康 725000)

摘要 对昆虫的自动识别进行了研究, 利用昆虫的数字图像进行计算机自动识别, 讨论了昆虫图像的特征提取技术, 针对不同昆虫具有不同色彩、形状、纹理的特点, 利用异步组合检索方式, 将色彩、形状、纹理特征综合利用, 弥补了使用单一特征无法对昆虫图像进行充分理解的缺陷, 提高了昆虫自动识别的正确率。

关键词 昆虫; 特征; 综合; 识别

中图分类号 S11+9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)03-01380-02

A Study of Automated Insect Identification Based on Multi-Features Synthesis

Qi Li-ying (Institute of Pure and Application Mathematics, Ankang University, Ankang, Shaanxi 725000)

Abstract This research aimed to study the automatic identification of insects by using computer to automatically recognize insect images and discuss the feature extraction techniques from insect images. According to the fact that different insect has different color, shape and texture features, this study used asynchronous combination retrieval method to comprehensively utilize the feature of color, shape and texture so as to make up for the deficiency of single feature which could not adequately understand the insect image. This method improved the accuracy of insect automatic identification.

Key words Insects; Features; Synthesis; Identification

传统的昆虫分类学研究成果一般表现为特征描述和检索表等, 在缺乏相关的标本和对分类学术语的理解存在偏差时, 使用这些成果对昆虫进行识别并不容易。目前, 利用计算机进行自动识别的技术已应用到了社会生活的各个方面, 如果品的计算机自动分级、卫星航空图片解释、字符识别、语音识别、人脸及指纹识别等。因此, 利用计算机进行昆虫的自动或半自动鉴定已逐渐成为可能, 也初步研制出了针对个别类群的昆虫图像的自动鉴定原型系统^[1]。

不同的昆虫图像往往具有不同的色彩、形状、纹理等特征。目前, 昆虫的自动识别主要根据昆虫的形状等单一底层特征进行^[2-4], 或者仅利用了色彩、形状特征^[5], 缺乏对各种底层特征的综合应用。单一底层特征忽视了不同类别特征间的相互联系, 无法对图像以各种形式提供的信息加以充分利用, 限制了众多特征联合对图像进行诠释理解的可能性^[6]。将底层特征进行融合可以同时互补地表示图像中包含的各类信息, 可以有效地利用特征间的联系, 提高昆虫图像自动识别精度。

1 多特征综合昆虫识别技术框架

采用异步组合检索方式可以有效地在图像识别过程中对图像的各种底层特征加以综合利用, 昆虫图像进行多特征综合识别的模型如图1所示。

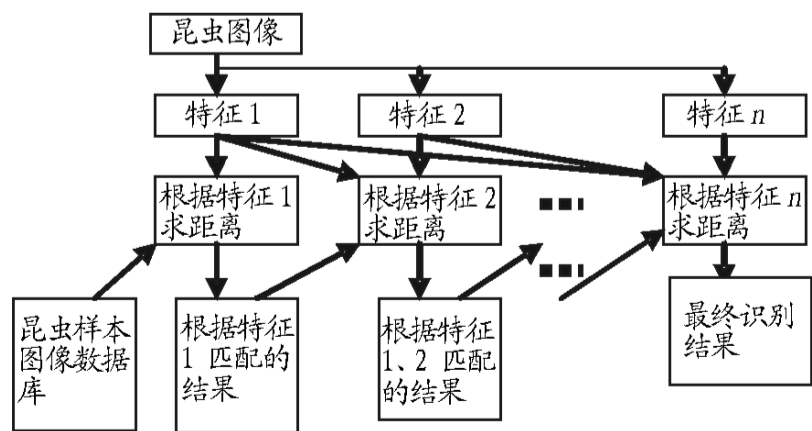


图1 异步组合多特征识别

Fig.1 Multi-feature identification of asynchronous combination

在该方法中, 提取昆虫图像的不同类别特征, 如色彩特征、形状特征、纹理特征等, 以层级方式将各类别特征与昆虫样本图像库的样本进行对照, 上一级经相似性比较后的输出结果集成为下一级特征提取与比较的输入, 逐次进行相似性匹配, 以缩小匹配样本空间, 提高识别精度, 在最后一级的对照比较中得到最终的识别结果。在该方法中, 与样本图像的匹配通过计算距离进行:

$$d_0(x, y) = 0$$

$$d(x, y) = D_{1...n}(x, y) = W_n d_n(x, y) + D_{1...(n-1)}(x, y)$$

2 昆虫特征提取方法

2.1 颜色特征提取 颜色作为物种的固有特征, 是进行物种鉴定的重要依据之一, 在自动昆虫识别系统中, 颜色特征的提取需要解决光照不均、颜色归一化、颜色特征提取等技术问题^[7]。在研究中, 采用了Harris彩色点提取器^[8]提取昆虫图像的彩色特征点作为色彩特征。具体方法为:

(1) 对图像的每一点在R、G、B 3个光谱通道进行高斯平滑实现降噪处理, 去除绝大部分噪声。

(2) 根据下式的局部区域极大值定义彩色点。

$$\text{Det}(M) = K \text{Trace}^2(M), \text{ 其中 } K = 0.04,$$

$$M = \begin{pmatrix} R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 & R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y \\ R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y & R_y^2 + G_y^2 + B_y^2 \end{pmatrix}$$

(3) 利用梯度信息^[9]实现彩色特征点的表示, 构造昆虫图像的色彩特征。特征点x的色彩特征向量为:

$$P = (R, \quad R^2, G, \quad G^2, B, \quad B^2, \quad |R \quad B|, |G \quad B|,) \quad (1)$$

其中, 梯度计算采用5×5模板, 均匀选择0157.5的8个方向, 找到色彩变化最大的方向近似梯度方向, 其中为MAX(R, G, B)。

使用该方法进行昆虫图像的色彩特征描述时, 梯度的幅值会随图像的光照变化而改变, 但梯度方向保持不变, 并且, 梯度的幅值和方向角不会随着对象的平移而变化; 虽然梯度的方向角会随着图像内容的旋转而改变, 但梯度的幅值具有很好的稳定性; 其次, 采用归一化的方法使方向角在图像发

作者简介 齐丽英(1973-), 女, 陕西安康人, 讲师, 从事数学与应用数学研究。

收稿日期 2008-11-17

生缩放变化时保持不变。

2.2 形状特征提取 形状特征是人类视觉系统进行物体识别时所依据的关键信息之一,但由于所采集的图像存在尺寸大小不统一,方向、相对位置不一致等因素,所以,进行形状特征提取时,应尽量避免或少受上述因素的影响。因此,采用形状全局特征描述子表示形状特征,包括狭长度、圆形度、惯性主轴、偏心率、球状性、紧凑度等。

$$\text{狭长度}^{[10]}: L = \frac{M_{\max}}{M_{\min}}, \text{其中}, M = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (j \cos \theta - i \sin \theta)^2 f(i, j)。$$

狭长度参数反映了物体的狭长程度特征,如正方形的狭长度为1。

圆形度: $R = 4 \frac{A}{B \times L}$, 其中A为面积, B为区域周长, L为狭长度。

惯性主轴^[11]方向: $\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2u_{11}}{u_{20} - u_{02}} \pm \frac{\pi}{2}$, 其中 u_{pq} 是 $(p+q)$ 阶中心矩。

偏心率: $E = \frac{(A+B) - \sqrt{(A-B)^2 + 4H^2}}{(A+B) + \sqrt{(A-B)^2 + 4H^2}}$, 其中A、B分别是绕X、Y轴的转动惯量, H为惯性积。该特征不受图像平移、旋转以及尺度变化的影响。

球状性: $S = \frac{r_i}{r_c}$, 其中, r_i 表示区域内切圆半径, r_c 代表区域外接圆半径。

紧凑度: $C = 1 - \frac{4A}{P^2}$, 其中P为边界的周长, A为区域的面积。

2.3 纹理特征提取 纹理特征是图像在视觉上所体现出的像素间亮度或颜色的某种变化规律,是在图像局部区域内亮度、颜色整体变化的一种相关关系。Gabor小波变换是方向和尺度均可变化的边缘和直线检测器,较好地描述了生物视觉神经元的感受问题,可以实现对纹理特征的精细分析和提取。该研究采用基于Gabor小波变换改进后的与方向无关Gabor变换提取昆虫图像纹理。在进行方向-坐标变换后,传统Gabor滤波器定义为:

$$g_{x', y'}(x, y) = \frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x \cos \theta + y \sin \theta}{\sigma_x} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{-x \sin \theta + y \cos \theta}{\sigma_y} \right)^2} e^{2iW(x \cos \theta + y \sin \theta)} \quad (2)$$

其中, θ 决定了滤波器的方向, W是中心频率。传统Gabor滤波器与方向相关,当 θ 发生变化时, $g_{x', y'}(x, y)$ 在 θ 方向上会有一些的波动。对图像进行Gabor变换时,需要对 $[0, 2\pi]$ 内的角度进行划分,划分方式的不同将导致通过卷积计算得到的纹理特征不一致。为此,通过对Gabor函数在 θ 方向上的积分来解决该问题。

$$G_{x', y'}(x, y) = \int_0^{2\pi} g_{x', y'}(x, y) d\theta$$

$$\frac{1}{2} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x \cos \theta + y \sin \theta}{\sigma_x} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{-x \sin \theta + y \cos \theta}{\sigma_y} \right)^2} e^{2iW(x \cos \theta + y \sin \theta)} \quad (3)$$

其中, N是用于离散 $[0, 2\pi]$ 内的角度个数。

昆虫图像的纹理特征定义为:

$$F = (M_{x', y'}, V_{x', y'}) \quad (4)$$

其中, $F_{x', y'}(x, y) = f * G_{x', y'}(x, y)$, f为昆虫图像, *为卷积运算。

在此基础上,计算 $F_{x', y'}(x, y)$ 的均值和方差作为昆虫图像的纹理特征。

$$M_{x', y'} = \int \int F_{x', y'}(x, y) / dx dy \quad (5)$$

$$V_{x', y'} = \int \int (F_{x', y'}(x, y) - M_{x', y'})^2 dx dy \quad (6)$$

3 试验结果

将形态上较为相似的5种昆虫(凤蝶、斑蛾、尺蛾、枯叶蛾、灯蛾),每种昆虫6幅图像,共30幅图像,作为训练集。将5种昆虫,每种5幅图像作为测试集。图像大小为 $128 \text{ pixel} \times 128 \text{ pixel}$,应用前面所述方法分别提取色彩、形状、纹理特征,将测试集中的图像分别采用色彩、形状、纹理3种单一特征与训练集中的昆虫比较。基于色彩的特征,正确识别率为75%;基于形状特征,正确识别率为78.5%;基于纹理特征,正确识别率为82%。采用该研究所提出的异步组合检索方式,综合色彩、形状、纹理特征进行识别,识别正确率为90%。该研究结果说明,将色彩、形状、纹理等底层特征进行综合利用,实现昆虫识别过程中的特征融合,对识别正确率有较大的提高,在后续研究中,探索更有效的底层特征融合方式,是进一步提高昆虫正确识别率的有效途径。

参考文献

- [1] WASON AT, O'NEILL MA, KITCHING J. A qualitative study investigating automated identification of living macrolepidoptera using the Digital Automated Identification System (DAISY) [J]. System Biodiversity, 2004, 1(3): 287-300.
- [2] 潘鹏亮, 沈佐锐, 高灵旺, 等. 昆虫翅脉特征自动获取技术的初步研究 [J]. 昆虫分类学报, 2008, 30(1): 72-80.
- [3] 潘鹏亮, 杨红珍, 沈佐锐, 等. 翅脉的数学形态特征在蝴蝶分类鉴定中的应用研究 [J]. 昆虫分类学报, 2008, 30(2): 151-159.
- [4] 杨宏伟, 张云. 计算机视觉技术在昆虫识别中的应用进展 [J]. 生物信息学, 2005(3): 133-136.
- [5] 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.
- [6] 吴介, 裴正定. 底层内容特征的融合在图像检索中的研究进展 [J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(2): 189-197.
- [7] 刘芳, 沈佐锐, 张建伟, 等. 基于颜色特征的昆虫自动鉴定方法 [J]. 昆虫知识, 2008, 45(1): 150-153.
- [8] GOUET V, BOUEMMA N. Object-based queries using color parts of interest [M]. IEEE Computer Society, 2001.
- [9] MONESINGOS P, GOUET V, DERICHE R, et al. Matching color uncalibrated images using differential invariants [J]. Revue Image and Vision Computing, 2000, 18(9): 659-671.
- [10] 邬浩, 潘云鹤, 庄越挺, 等. 基于对象形状的图象查询技术 [J]. 软件学报, 1998, 9(5): 343-349.
- [11] CHAN YUK MING, CHAN. Shape-based image retrieval in iconic image databases [M]. Hong Kong: The Chinese University of Hong Kong, 1999.