

文章编号: 1000-5692(2003)03-0281-04

基于叶片特征的计算机辅助植物识别模型

祁亨年¹, 寿 韬¹, 金水虎²

(1. 浙江林学院 信息工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院 生命科学学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 植物的数量分类的主要依据是植物的外观特征, 通过提取大量特征数据进行聚类分析获得结果。传统做法都是手工测量采集原始数据, 效率较低。由于外观特征都可以以数字图片方式获得, 通过计算机图像处理分析等技术采集数据并做聚类分析将大大提高效率。关键问题在于特征自动分析和获取, 以植物叶片为例, 阐述了如何提取大小、叶形及叶缘特征的方法, 改进了圆形度参数的定义。提出了计算机辅助植物识别(CAPI)的概念, 并对其前景做了讨论和展望。图3参8

关键词: 植物学; 计算机应用; 计算机辅助植物识别(CAPI); 图像处理; 植物数量分类

中图分类号: Q949; TP391 **文献标识码:** A

植物分类是植物研究开发的基础性工作。植物分类学经过长期的发展形成了很多种分类方法。近年来, 植物数量分类研究广泛开展并取得了大量的成果^[1~5]。数量分类方法一般是选择植物的一些比较稳定的外观性状即外观特征, 通过观察和测量采集关于这些性状的数量描述即原始数据, 再通过对这些性状数据进行聚类分析和主成分分析(PCA), 精确确定植物间的亲缘关系并进行分类, 同时从原性状集合中找出最典型的性状子集作为分类的主要依据, 显然这个子集中的性状也是进行该植物识别的重要依据。

胡仁勇等^[1]对国产菱属 *Trapa* 植物选择 31 个性状进行数量分类研究。这 31 个性状分别为: (1) 茎直径; (2) 叶片长度; (3) 叶片长/叶片宽; (4) 叶缘锯齿数目; (5) 叶背毛被; (6) 叶柄长度; (7) 叶柄直径; (8) 气囊直径; (9) 果梗毛被; (10) 果梗长; (11) 果梗直径; (12) 花萼长度; (13) 花冠长度; (14) 花冠宽度; (15) 花冠颜色; (16) 果体高; (17) 果体宽; (18) 果体厚; (19) 果体宽/果体高; (20) 果体厚/果体宽; (21) 肩角形状; (22) 腰果形状; (23) 肩角位置; (24) 肩角长; (25) 腰角长; (26) 肩角基宽; (27) 腰角基宽; (28) 果颈高; (29) 果冠直径; (30) 瘤突高度; (31) 果皮颜色。可见性状的选择基本基于植物的局部, 是叶、花、果、茎、枝的一些特征, 通过采集标本观察测量获得数据。这些传统的方法决定了工作效率低、工作量大并且数据客观性难以保证的缺点。比如对叶背毛被、果梗毛被的描述是稀、中、密, 由人为主观确定, 不能较好地量化, 同时对于果皮颜色、肩角形状和腰果形状等性状的描述也因为测量困难而不能精确量化。这些缺点都影响了数据分类的客观性和精确性。但这些问题都可能借助于计算机图像处理和图像分析技术得到很好解决, 因为所选择的性状都是可以直接观察或通过扫描电镜图像观察到的特征, 从相应的数字化图片上都可获得, 并且都可能用计算机自动、高效、精确获取。

收稿日期: 2003-03-27; 修回日期: 2003-05-01

基金项目: 浙江省教育厅资助项目(20020980)

作者简介: 祁亨年(1975—), 男, 甘肃镇原人, 讲师, 硕士, 从事神经网络和图像处理研究。E-mail: qihengnian@zju.edu.cn.

1 计算机辅助植物识别

借助于计算机图像处理和图像分析技术获得植物的外观特征,涉及的技术是计算机数字图像处理技术,涵盖了图像预处理、图像变换、图像增强、图像分割、图像分析和图像压缩和通信等方面^[6],已经在各应用领域开展了大量的研究,如人脸识别、文字识别、商标识别和医学图像分析基于内容的图像检索(CBIR)等。一般都是结合应用领域知识,提取识别目标的一些稳定特征,在待识别的目标集合中进行比较,计算相似度等,达到识别和检索的目的。特征提取是其关键的环节。

鉴于研究方法上的相似性,不妨将我们的研究内容称为计算机辅助植物识别(computer-aided plant identification, CAPI)。CAPI的研究内容是提取植物的特征,“认识”植物,进而能在众多的植物中“识别”出已经“认识”的植物,或者找到相似的同类和近亲植物。研究的关键在于提取植物稳定的能区别于其他植物的特征。下面以植物叶片的特征提取为例,阐述基于图像的植物特征的计算机提取方法,并对其研究和应用前景做一些讨论。

2 植物叶片的特征提取和识别

对图像的颜色、纹理和形状特征已经提出过许多通用的参数,但这些参数与图像类别无关,如颜色直方图、Tamura纹理特征和形状不变矩等^[7]。它们反映出的图像特征缺乏直观性,在具体应用领域一般都作为参考特征,应针对应用领域提取合适的特征。从构成性状集合的31个性状可见,对叶片来说,我们关心的是叶片的大小、叶片的形状和叶缘等特征。

2.1 叶片的大小

描述叶片的大小,最直接的特征就是叶片的面积,还有叶片的长和宽等。由于面积的精确测定比较困难,很少被选入性状集合。对数字化图像来说,为了避免因拍摄的远近不同对叶子大小的影响,应将标准尺度参照物同时拍摄,从而按比例获得绝对尺寸(以下叙述中均以像素为度量单位,是相对的尺寸)。首先应对图像进行预处理,滤除噪声和背景并二值化,如图1所示。定义面积 A (area)为叶片区域(黑色区域值为1)像素总数,只要求整个图像矩阵元素的和即可。长度为从叶柄和叶面结合点出发与叶缘所有点间距离的最大值,宽度则定义为与长垂直方向上叶缘两点间距离的最大值。可见只要能追踪边缘,求叶长和叶宽的计算是 $n(n-1)/2$ 的复杂度(n 为叶缘的像素数)容易实现。比较适合边缘追踪算法是像素邻域编码的方法^[7]。

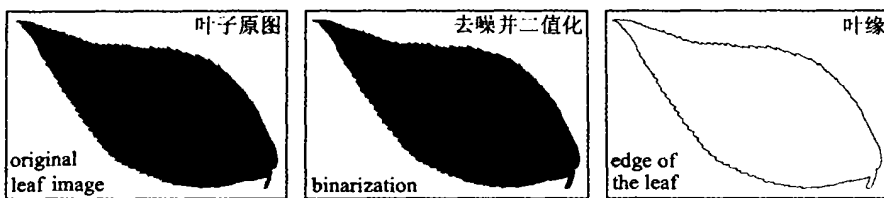


图1 叶片图像预处理和叶缘提取

Figure 1 Leaf image preprocessing and edge extraction

2.2 叶形特征

对叶形的描述一般都采用比值(叶长/叶宽),表明了叶片是扁长的还是接近圆形的。根据前文,比值容易求得,但显然以此比值来描述叶形是远远不够的。评价对象形状接近圆的程度可用圆形度参数。文献[6]对圆形度 R 的定义为:

$$R \triangleq 4\pi A / l^2, \quad 0 < R \leq 1.$$

其中: A 为面积, l 为周长。圆形度为1表明是圆形的;越偏离圆形则其值越小。文献[8]对圆形度的定义为:

$$R \triangleq 4\pi A / (lX).$$

其中: X 是狭长度,这个特征量能反应物体的狭长程度,其值越大表示物体越狭长。

这两个圆形度参数对凸多边形和凸封闭曲线来说,都能有效地描述对象形状接近圆形的程度。但

很明显, 这 2 个圆形度参数对有凹陷边缘的图形如叶缘有锯齿的叶片来说, 都不能客观的衡量叶片的形状。如图 2 所示, 二者都是圆形, 不同在于边缘, 但因为锯齿的存在对形状和面积的影响不大, 而会大大增加周长, 从而使得圆形度大大减小。为此, 将圆形度重新定义为对象区域的最小多边形凸闭包(即包围对象区域的最小多边形)的圆形度。为了与前面的圆形度区别, 称之为凸闭包圆形度, 记为 R_{\square} 。该参数能较好的描述边缘有锯齿的叶片的叶形。对于极少数边缘为长刺的叶片来说, 这样描述是不太准确的, 这种情况可以先通过低通滤波的办法减小尖锐的长刺。

求取对象区域最小凸闭包可以结合基于像素邻域编码的边缘追踪法实现。

2.3 叶缘特征

叶缘特征一般是有无锯齿和锯齿的多少等与锯齿有关的特征。在提取叶形特征时我们注意到对于叶缘有锯齿的叶子来说, 其圆形度和凸闭包圆形度有较大的差别, 而无锯齿的叶子大都为凸封闭曲线, 其凸闭包多边形是趋近于叶缘的, 从而其圆形度和凸闭包圆形度也是趋于一致的。所以可以定义特征参数边缘复杂度 C_e :

$$C_e = R_{\square} / R, C_e \geq 1.$$

显然, 在一般情况下, 复杂度越大, 表明边缘越不光滑, 有锯齿。

2.4 锯齿的自动识别和计数

根据边缘复杂度特征可以初步判断叶缘不光滑, 有锯齿, 而锯齿数是一个比较重要的分类性状。可结合边界追踪法沿边界点滑动小窗口顺序离散采样, 提取以边界点为中心的矩形小邻域, 根据小邻域各像素值 (0 或 1) 生成的向量判断此边界点是否处于一个锯齿上。窗口的大小以不会横跨 2 个以上锯齿为限。锯齿的识别可以用神经网络或支持向量机的方法实现。可以通过对一些样本人工判断是否锯齿形成训练样本集, 用训练样本集来训练神经网络, 达到满意的识别率为止。也可以通过对训练

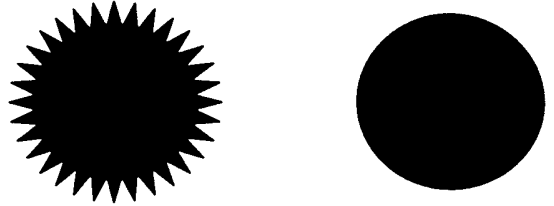
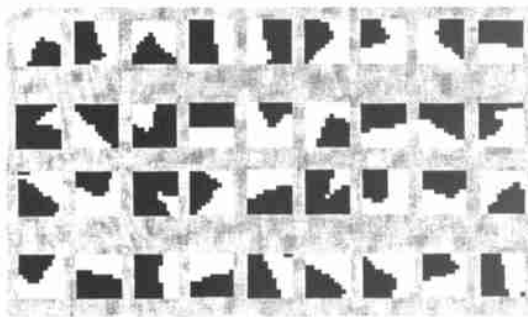


图 2 锯齿边缘和凸边缘的区别
Figure 2 Difference between sawteeth edge and convex edge



沿叶缘滑动矩形窗口采样 sampling with a rectangular window along the edge



用 11×11 矩形窗口采集的 36 个样本 36 samples obtained by a rectangular window of 11×11

图 3 用矩形窗口采样获得样本

Figure 3 Sampling with rectangular window along the edge to obtain the samples

样本集的统计学习, 得到能达到较好识别率的支持向量机。图3是 11×11 像素的窗口获得的一些叶缘样本, 可先进行必要的姿势调整以提高训练和识别效率。

3 结论和展望

以上通过提取叶片的大小、形状和边缘特征方法的探讨, 说明应用图像处理和分析技术自动提取植物特征不仅是可行的, 而且可能提取出传统人工方法难以提取的特征, 比如文中对叶片周长和面积的提取。

通过提取待识别植物叶片的多个特征, 与数据库中的已知植物叶片特征进行相似度匹配, 即可实现植物的识别。

对于叶片而言, 还有一个很重要的外观特征——叶脉。叶脉的形态各式各样, 人工的量化描述非常困难, 通过提取出单纯的叶脉图像进行统计分析, 相信能找出可行的量化描述方法, 进一步体现出CAPI的优越性。

CAPI技术应用于植物的分类中必将极大地促进分类技术的发展, 但CAPI的应用决不仅限于此。CAPI技术很容易推广到植物的鉴别和良种的鉴定等方面, 有很好的应用前景和推广价值。另外, CAPI技术在数字化植物标本博物馆系统中也有很好的应用价值, 可超越基于文本的检索, 实现基于内容的图像检索(CBIR)。

致谢: 本研究得到了浙江林学院生命科学学院李根有副教授的热心指导, 在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 胡仁勇, 丁炳扬, 黄涛, 等. 国产菱属植物数量分类研究[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2001, 27(4): 419-423.
- [2] 张峰, 张金屯. 我国植被数量分类和排序研究进展[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2000, 23(3): 278-282.
- [3] 张元明, 曹同, 潘伯荣. 新疆博格达山地生苔藓植被的数量分类与排序研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(1): 10-16.
- [4] 阎双喜, 赵勇, 赵天榜. 中国黄杨属植物数量分类的研究[J]. 生物数学学报, 2002, 17(3): 380-383.
- [5] 任王君, 陶玲. 中国沙拐枣属植物的数值分类研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(5): 1073-1085.
- [6] 谷口庆治. 数字图像处理[M]. 朱虹, 廖学成, 乐静, 译. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 庄越挺, 潘云鹤, 吴飞. 网上多媒体信息分析与检索[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [8] 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): 434-349.

Leaf characteristics-based computer-aided plant identification model

QI Heng-nian¹, SHOU Tao¹, JIN Shui-hu²

(1. School of Information Engineering, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Life Sciences, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Plant quantitative classification is conducted on the basis of the visible characteristics of plants. The result is usually come from the clustering analysis of many characteristic data. Traditionally, the data are collected manually and inefficiently. Since the characteristics can be obtained in the forms of numerical images, the efficiency of clustering analysis can be improved with computer-aided image analyzing techniques. The key solution is to obtain and analyze the characteristics automatically. The article illustrates the methods of obtaining the size, shape and edge characteristics of leaves and modifies the definition of circular parameter. The concept of computer-aided plant identification is put forward and its prospect is discussed. [Ch, 3 fig. 8 ref.]

Key words: botany; computer applications; computer-aided plant identification; image processing; plant quantitative classification