

DOI: 10.12326/j.2096-9694.2020045

木材树种检索方法现状与智能检索初探

林启招, 孙永科, 何鑫, 邱坚

(西南林业大学材料科学与工程学院, 云南昆明 650224)



摘要: 回顾人工对比法、对分检索法和穿孔卡检索法三种传统木材树种检索方法, 总结计算机数据库程序检索法的发展现状。以实现在线智能检索针叶树材为例, 笔者开发了融入计算机视觉技术的木材树种智能检索系统, 介绍该系统的体系结构和程序流程, 并提出今后的研究方向。

关键词: 木材树种; 检索方法; 智能检索

中图分类号: S781.82; TP391; TS67

文献标识码: A

文章编号: 2096-9694 (2021) 02-0037-05

Status Review of Retrieval Methods for Wood Species and Preliminary Result of Developing Intelligent Retrieval Program

LIN Qi-zhao, SUN Yong-ke, HE Xin, QIU Jian

(College of Material Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China)

Abstract: Three traditional methods of wood species retrieval methods including the manual comparison, the bisection search, and the punch-card retrieval system are reviewed. The computer database programs are also described. In order to conduct online intelligent retrieval system for conifer species, the authors developed an intelligent retrieval system for wood species using computer vision technologies. The structure and flow chart of the intelligent retrieval system were presented in this article. Suggestions on future research to conduct intelligent retrievals were proposed and discussed.

Key words: wood species; retrieval methods; current status; intelligent retrieval

木材识别在贸易、司法、考古、古生物学等市场方面具有应用价值^[1]。常见用于木材识别的木材树种检索方法包括人工对比法^[2]、对分检索法^[3]、穿孔卡检索法^[4]等, 以及结合计算机技术的计算机数据库程序检索法^[5-6]。了解木材树种检索方法现状, 是实现木材树种检索新方法的基础。鉴于此, 笔者在总结传统木材树种检索方法、计算机数据库程序检索方法的基础上, 探索开发了结合计算

机视觉技术的针叶树材智能检索系统, 为实现木材智能检索系统提供支持。

1 木材树种传统检索方法

1.1 人工对比法

人工对比法依靠个人经验和知识, 利用木材的宏观特征和微观特征, 通过比较和分析逐步检索达到识别木材树种的目的。在木材来源区域内树种较少的情况下, 人工对比法通常通过将未知木材与已有树种描述和图示^[7]进行比较来确定树种。具有木材显著特征的高质量木材图像, 如涵盖1 800个树种三切面照片的CSIRO阔叶树材图像^[8]被广泛应用。人工对比法的优点在于, 可以充

收稿日期: 2020-03-25; 修改日期: 2021-03-08

基金项目: “十三五”国家重点研发计划课题“木制品节材加工技术与装备研究”(2016YFD0600702)。

作者简介: 林启招 (1982—), 男, 工程师。Email: linqizhao@swfu.edu.cn

通讯作者: 邱坚, 男, 教授。Email: qiujian@swfu.edu.cn

分利用前人的知识积累,但正是由于依赖个人识别经验,易导致不熟悉的树种被误判。

1.2 对分检索法

对分检索法利用对分检索表,检索表的编制遵循木材特征的主次、相互排斥、成对对列规则,应用时要根据木材的特征,选择适合的一组特征,直到识别出树种为止^[3]。对分检索表简单易用,但最大缺点是难以适应树种多的检索,也很难被增加和修改,且必须按照编制检索表特征的主次顺序使用。对分检索法主要适用于已知或已判断树种大致范围的木材识别实验教学等场景中。

1.3 穿孔卡检索法

穿孔卡检索表是多址键检索表的具体表现,多址键使用户能够自由选择特征^[4]。多址键检索表如用于识别阔叶材的第一个木材穿孔卡检索表^[9],克服了传统单访问键需要固定识别步骤的不足。穿孔卡检索表是对分检索表的改进,体现在不需要识别者了解所有特征、添加新树种也很便利、同时也易信息化,突破编制和使用检索表必须按照特定顺序的局限性,适用于手工快速检索、传统木材标本馆。但是,穿孔卡检索表随着树种的增加而加厚,在计算机技术飞速发展的今天,已经不再适合大规模应用。

2 木材树种计算机数据库程序检索法

国际木材解剖学家协会(International Association of Wood Anatomists, IAWA)发布了适合微机检索阔叶树材特征编码之后,美、日、澳等国相继开展了微机识别木材的工作^[5]。牛津大学木材穿孔卡的GUESS程序^[10]、CSIROID程序^[11]、TISS软件系统^[12]、WAIS木材解剖信息系统^[13]、Pl@nt-Wood亚马逊树种识别工具等程序^[6,14],都需计算机数据库做支撑,是计算机数据库程序检索法的具体体现。

目前,国际上使用范围最广泛的木材检索系统属Elisabeth A. Wheeler及其团队开发并维护的InsideWood(<http://insidewood.lib.ncsu.edu/>)系统^[6]。该系统是网络在线检索系统,适用于IAWA阔叶树材特征码快速检索。其优点在于采用IAWA木材微观解剖特征表单建立阔叶树材解剖特征码支持数

据库,用户广而多、木材解剖信息不断丰富;缺点在于庞大的数据库需要计算机专业人员维护、木材解剖特征码需要大量木材解剖专家审核,否则无法保证正常运行。Elisabeth A. Wheeler^[15]等为帮助更多用户正确和有效使用该系统提出建议,如:理解IAWA阔叶树材特征定义;合理使用“缺如”特征编码;使用部分相对少见且相对容易识别的特征以快速缩小检索结果;如果检索结果数量少,可查看同属其他树种的图像、描述和文献等信息。该系统已于2020年新增加针叶树材检索功能。另外,日本森林综合研究所木材检索系统(<http://db.ffpri.affrc.go.jp/WoodDB/IDBK-E/>),亦是采用IAWA木材微观解剖特征表单解剖特征码支持的数据库,支持快速检索阔叶树材,并提供解剖特征码详情和解剖显微图像。

中国也有不少木材检索系统,如刘鹏^[16]等开发的数据库查询系统可检索东南亚阔叶树材,采用了IAWA木材微观解剖特征表单;徐峰^[17]等开发的木材图像计算机查询系统,可查询1 000种中国和东南亚木材树种,在特征检索的基础上,增加了人工图像核对功能,提高了准确性,以光盘存储加大了存储量;王艳君^[18]等开发的拉丁美洲热带木材树种数据库查询系统,可根据已知树种名称查询木材构造及解剖图像、木材性质、用途及地理分布,亦可根据木材构造、性质、用途及地理分布查询树种名称;孙书冬^[19]等开发的木材识别系统,可检索200种商品材树种,其核心功能包括图像对比、特征对比、参量对比,但仅限于研发单位使用;叶丽^[20]研发的世界主要商用木材信息查询系统,采用了利于共享和使用的计算机网络技术。诸如此类木材树种检索系统,因研发的年代较早,所采用技术已落后于当今云存储、大数据、人工智能广泛运用的计算机技术。

总体而言,计算机数据库程序检索法,是对分检索法和穿孔卡检索法的改进。该方法不仅提高了检索效率,而且克服存储介质物理破损的不足,还具有信息易共享和加工整理的优点。木材标本的数量多少,数据库的大小与完备与否,成为影响计算机数据库程序检索法准确率的主要因素。

3 木材树种智能检索初探

MyWood-ID^[21]探索了木材树种智能检索，利用人工智能技术对100种马来西亚常见商品木材宏观图像进行机器学习之后，实现识别木材具体到树种的智能检索；但如果要正确识别第101种木材树种，就需对101种木材重新进行机器学习。MARTINS J^[22]等开发的树种自动分类数据库是一款树种识别工具，可识别112种树种。此类研究的不足之处在于待识别的木材树种如果超出已学习的树种范围，则会被误判，须再次进行机器学习，以达到扩展可识别树种范围的目的。

笔者借鉴现有木材解剖特征检索系统的优点，充分利用了数字图像处理、模式识别、深度学习等技术，尝试开发了在线针叶树材智能检索系统(<http://woodlab.swfu.edu.cn>)，体系结构如图1所示，包括笔者前期开发的解剖特征检索子系统^[23]，新增开发的智能识别子系统和辅助工具。

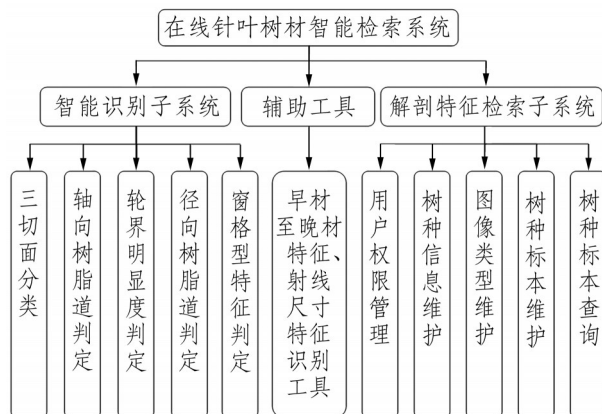


图1 在线针叶树材智能检索系统体系结构

Fig.1 Diagram of intelligent retrieval system for conifer species

解剖特征检索子系统，以IAWA针叶树材显微特征表单构建解剖特征码数据库，是中国林科院木材工业研究所木材构造利用研究室和西南林业大学木材科学研究所双方紧密合作的成果^[23]；在此基础上，通过新增开发智能识别子系统和辅助工具，提高在线针叶树材检索系统的智能程度和检索效率。

智能识别子系统实现用解剖图智能识别解剖特征，其显微特征智能识别流程如图2所示。系统判断图像若是截图，则通过计算两幅图像的相似度判定交叉场纹孔窗格型纹孔特征；否则基于深

度神经网络实现三切面分类，进行横向和径向树脂道判定；再基于数据图像处理和数理统计判定生长轮界是否明显。

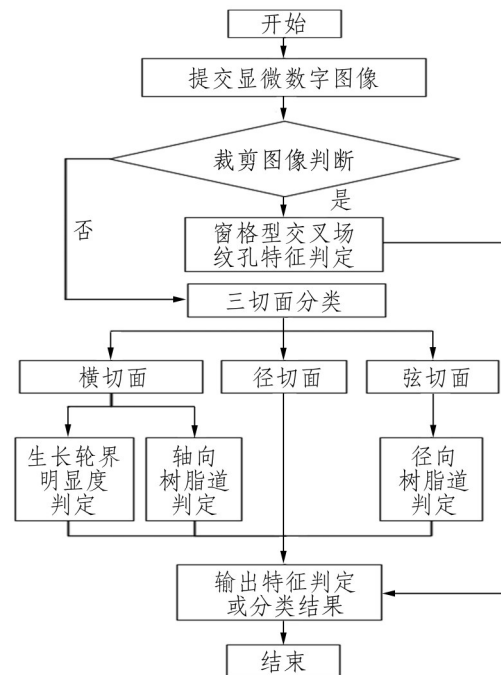


图2 显微特征智能识别流程图

Fig.2 Flow chart of intelligent identification of microscopic features

辅助工具实现早材至晚材特征、射线尺寸特征识别，是单机版软件，交互界面分别如图3、4所示。

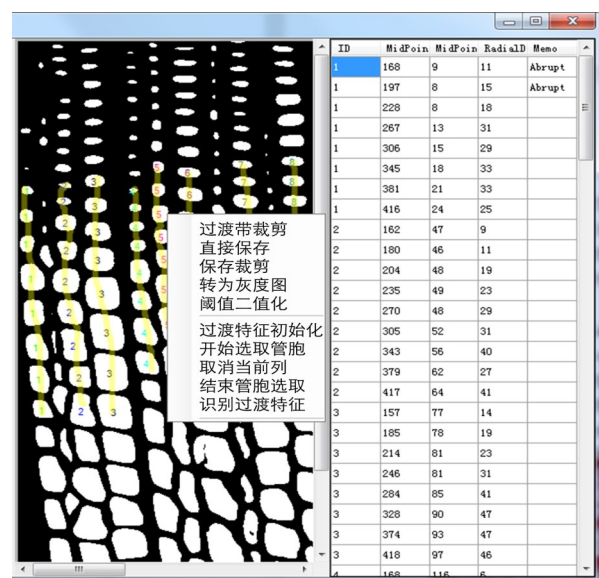


图3 针叶树材早材至晚材过渡特征量化软件界面

Fig.3 Software interface for quantitative characteristic of earlywood to latewood transition

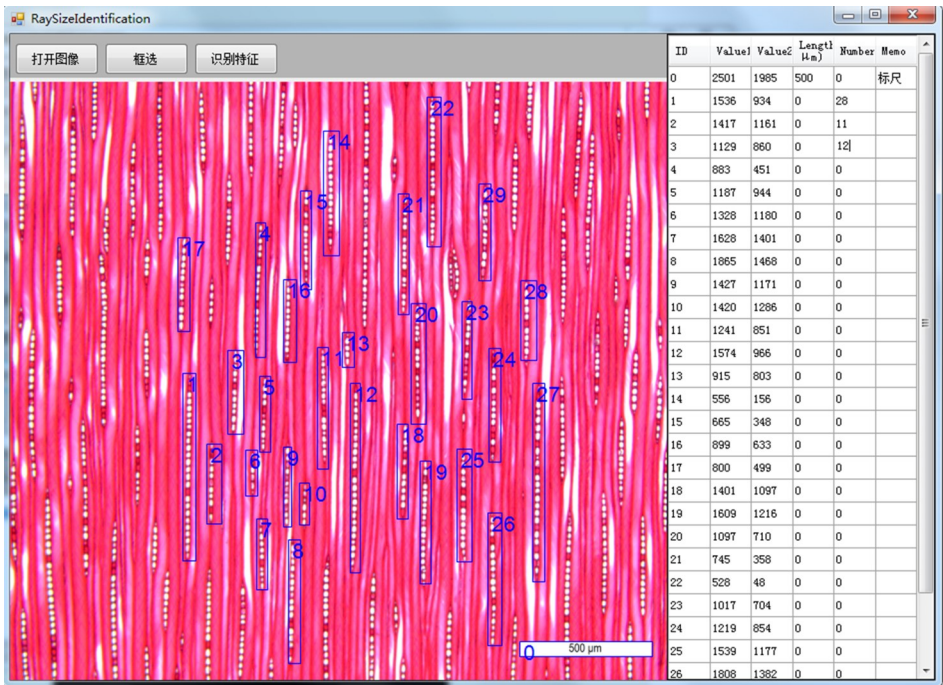


图4 人机交互式射线高度测算软件主界面
Fig.4 Main interface of ray-height measurements

通过人机交互模式识别早材至晚材急变、渐变，射线平均高度，射线平均高度（细胞数）很低、中等、高、很高，纺锤形射线平均高度等8个特征。

在线针叶树材智能检索子系统集成了智能识别子系统和解剖特征检索子系统，探索用解剖图智能识别解剖特征，如图5所示为智能识别结果示例，再据此特征检索针叶树材标本。

解剖特征检索子系统可快速检索针叶树材树种；智能识别子系统可智能判定生长轮界是否明显^[24]、窗格型交叉场纹孔、树脂道等相关的5个主要解剖特征；计算机辅助工具可通过人机交互模式判定早晚材、射线等8个特征。系统提高了针叶树材检索的智能化程度和效率，亦为更多针叶树材解剖特征的智能识别提供理论依据和研究基础。

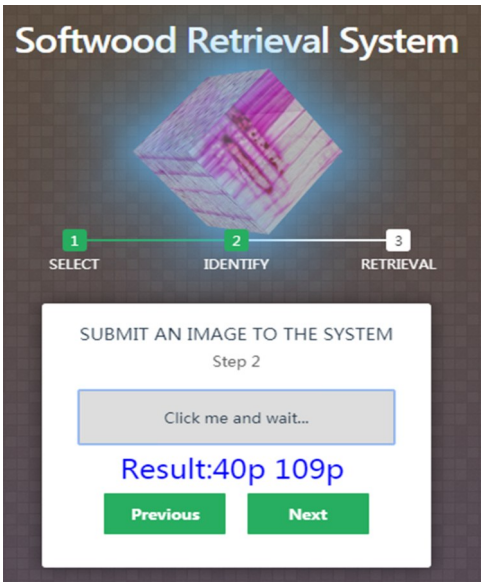


图5 智能识别子系统交互界面
Fig.5 Interface of intelligent identification subsystem

4 总结与展望

传统的人工对比法、对分检索法虽然低效，但是经典并仍然实用的方法；穿孔卡检索法借鉴了传统图书馆管理图书的方法，适用于手工时代。得益于IAWA制定了木材微观解剖特征表单，基于计算机检索技术的计算机数据库程序检索法正被不断运用和改进。笔者以实现针叶树材在线智能检索为目标，探索融入计算机视觉技术的针叶树材树种智能检索，可以提高检索效率和智能化程度，但目前只探索8个针叶树材解剖特征的智能识别与树种检索，暂未实现对所有针叶树材解剖特征的智能识别和树种智能检索。

木材解剖特征的智能识别是实现木材树种智能检索识别的基础，建议今后开展以下研究：

- 1) 研究解剖特征智能识别方法。探索利用计

算机技术智能识别所有针叶树材和阔叶树材解剖特征; 研究通过丰富训练集或迁移学习等手段, 提高木材解剖特征智能识别准确率。

2) 开发在线木材智能检索系统。除了完善在线针叶树材智能检索系统, 亦应研究开发阔叶树材智能检索系统。

参考文献:

- [1] Elisabeth A, Wheeler, BaasPieter. Wood identification - a review[J]. IAWA Journal, 1998, 19(3): 241-264.
- [2] Pankhurst R J. Biological identification: The principles and practice of identification methods in biology[M]. Baltimore: University Park Press, 1978.
- [3] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985.
- [4] Winston J. Describing Species[M]. Columbia University Press, 1999.
- [5] 柯病凡, 江泽慧, 张述银, 等. 中国主要商品木材微机识别的研究[J]. 安徽农业大学学报, 1990(2): 79-91.
- [6] Wheeler E A. InsideWood - A web resource for hardwood anatomy[J]. IAWA Journal, 2011, 32(2): 199-211.
- [7] Schweingruber F H. Anatomy of European woods: structural variability of stems and twigs in recent and subfossil woods from central Europe[M]. Birmensdorf: Eidgen ssische Forschungsanstalt WSL, 1990.
- [8] Ilie J. CSIRO Atlas of hardwood identification[M]. Australia: Crawford House Press, 1991.
- [9] Clarke S H. Clarke S H. A multiple-entry perforated-card key with special reference to the identification of hardwoods[J]. New Phytologist, 2010, 37(4): 369-374.
- [10] LaPasha, Wheeler C A & E A. A microcomputer based system for computer-aided wood identification[J]. IAWA Bull n.s., 1987(8): 347-354.
- [11] Ilie J. Computer aided wood identification using csiroid[J]. IAWA Journal, 1993, 14(4): 333-340.
- [12] Chun S K, Kim M J, Lee W C, et al. The TISS system: a computer search routine for wood identification or physical and mechanical property information[M], 1996.
- [13] Gupta S, Kulshreshta S P, Chauhan L. Wood Anatomy Information System (WAIS) - A computer-assisted wood identification package from India[J]. IAWA Journal, 2001, 22(4): 430-431.
- [14] Sarmiento C, Détienne P, Heinz C, et al. Pl@ntWood: a computer-assisted identification tool for 110 species of amazon trees based on wood anatomical features[J]. IAWA Journal, 2011, 32(2): 221-232.
- [15] Wheeler E A, Gasson P E, Baas P. Using the InsideWood web site: Potentials and pitfalls [J]. IAWA Journal, 2020: 1-51.
- [16] 刘鹏, 程放, 杨家驹. 东南亚阔叶树材数据库查询系统[J]. 林业科学, 1992, 28(5): 480-484.
- [17] 徐峰. 中国和东南亚 1000 种木材图象计算机查询系统[J]. 四川农业大学学报, 1998, 16(1): 181-183.
- XU F. The computer compact disk consulting system of 1000 species commercial timber structure pictures in China and South-Asia[J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 1998, 16(1): 181-183.
- [18] 王艳君, 程放. 拉丁美洲热带木材树种数据库查询系统[J]. 木材工业, 2000, 14(2): 31-32.
- WANG Y J, CHENG F. Studies on Latin America tropical wood database system[J]. China Wood Industry, 2000, 14(2): 31-32.
- [19] 孙书冬, 甘雪菲, 霍丽平, 等. 基于 Visual Basic 的木材识别系统[J]. 木材工业, 2013, 27(5): 21-25.
- SUN S D, GAN X F, HUO L P, et al. Development of wood identification system based on visual basic program[J]. China Wood Industry, 2013, 27(5): 21-25.
- [20] 叶丽. 基于 Web 的世界主要商用木材信息查询系统的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
- [21] TANG X J, TAY Y H, SIAM N A, et al. MyWood-ID: Automated macroscopic wood identification system using smartphone and macro-lens[C/OL]//ACM International Conference Proceeding Series. Association for Computing Machinery, 2018: 37-43.
- [22] Martins J, Oliveira L S, Nisgoski S, et al. A database for automatic classification of forest species[J]. Machine Vision and Applications, 2013, 24(3): 567-578.
- [23] 林启招, 王云龙, 何鑫, 等. 基于 IAWA 针叶树材显微特征在线检索系统的开发[J]. 木材工业, 2020, 34(4): 43-47.
- LIN Q Z, WANG Y L, HE X, et al. Development of online retrieval system based on the IAWA list of microscopic features for softwood identification[J]. China Wood Industry, 2020, 34(4): 43-47.
- [24] LIN Q Z, HE T, SUN Y K, et al. A computer-aided method for identifying the presence of softwood growth ring boundaries[J]. PLoS One, 2020, 15(9): e0235727.

(本文编校 向 琴)