

基于 IAWA 针叶树材显微特征在线检索系统的开发

林启招, 王云龙, 何鑫, 秦磊, 邱坚

(西南林业大学材料科学与工程学院, 云南昆明 650224)

摘要: 针对目前缺乏通用的针叶树材在线检索系统的现状, 基于国际木材解剖学家协会 (IAWA)《针叶树材显微特征一览表》, 借鉴 InsideWood 阔叶树材在线检索系统, 设计并搭建了国产针叶树材显微特征在线检索系统, 该系统收录 140 余种国产针叶树材的解剖特征及显微构造图像; 试用结果表明, 用户可以使用该系统快速、准确检索针叶树材。

关键词: 针叶树材; 木材识别; 计算机辅助; 显微特征; 检索系统

中图分类号: S781.82; TP391; TS67 文献标识码: B 文章编号: 1001-8654 (2020) 04-0043-05

Development of Online Retrieval System Based on the IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification

LIN Qi-zhao, WANG Yun-long, HE Xin, QIN Lei, QIU Jian

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

Abstract: In order to extend the public use of identifying Chinese softwood species, an online softwood search system was developed based on the IAWA List of Microscopic Features for Softwood Identification (IAWA), imitating the InsideWood Hardwood Database module. The retrieval system is a basis online system for the anatomical identification of more than 140 species of Chinese softwood. The database contains descriptions of anatomical characteristics and microscopic images. The experimental trial showed that the retrieval system can effectively identify softwood species based on microscopic features.

Key words: softwood; wood identification; computer-aided; microscopic features; retrieval system

木材识别传统方法包括人工对比法、对分表检索法、穿孔卡检索表、计算机数据库程序检索法^[1-2]。学者们也尝试使用诸如 DNA 分子标记技术^[3]、近红外光谱技术^[4]、气质联用技术^[5]、计算机视觉技术^[6]等新技术辅助识别木材。

1989 年, 国际木材解剖学家协会 (IAWA) 发布

了阔叶树材显微特征编码^[7], 许多国家在此基础上开发了适合微机检索阔叶树材的计算机程序系统, 具有代表性的有: 基于牛津大学木材穿孔卡的 GUESS 程序^[8]、CSIROID 程序^[9]、WAIS 木材解剖信息系统^[10]、InsideWood 阔叶树材在线检索系统等^[11]。这些程序或软件系统, 极大地提高了阔叶树材的检索效率。目前, 国际上使用最广泛的 InsideWood (<http://insidewood.lib.ncsu.edu/>) 木材检索系统, 由 Elisabeth A 及其团队开发并维护, 根据 IAWA 阔叶树材的显微特征, 通过互联网快速检索阔叶树材, 其数据库现有近 1 万个木材特征描述和近 5 万幅木材构造图像。

收稿日期: 2019-05-27; 修改日期: 2020-05-22

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

责任作者: 邱坚, 男, 教授。Email: qiu Jian@swfu.edu.cn

国内也有不少木材检索系统,如东南亚阔叶木材数据库查询系统^[12]、木材综合信息数据库查询系统的研究^[13]、中国和东南亚1000种木材图像计算机查询系统^[14]、拉丁美洲热带木材树种数据库查询系统^[15]、红木识别鉴定平台的设计与实现^[16]、基于Web的世界主要商用木材信息查询系统^[17]、基于Visual Basic的木材识别系统^[18]等。这些系统在小范围内使用具有高效、实用等优点,但未采用IAWA标准建立木材标本特征码,不利于被广泛使用。

鉴于此,笔者所在单位联合中国林业科学研究院木材工业研究所木材构造与利用研究室以及美国林产品实验室木材解剖研究中心,基于IAWA在2004年发布的针叶树材显微特征^[19-20],自主研发了在线针叶树材检索系统,收录了140余种国产针叶树材的解剖特征及显微构造图像,通过互联网实现针叶树材的快速、准确识别。

1 系统设计

经过需求分析,在线针叶树材检索系统要在互联网上运行,其结构体系图,如图1所示。

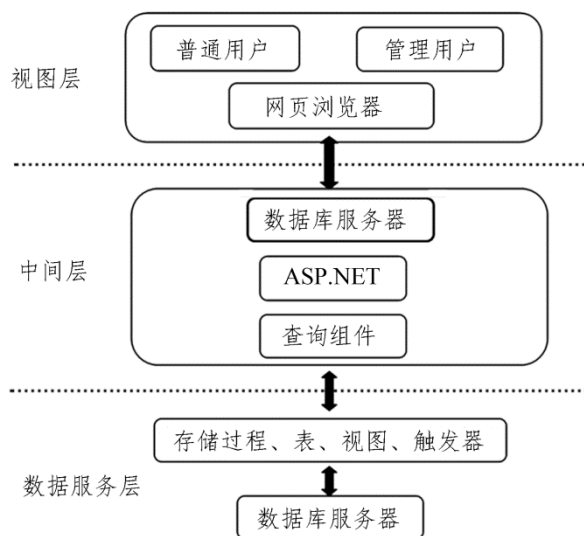


图1 在线检索系统B/S模式结构体系图

Fig.1 Structure diagram of online search system based on B/S mode

在线检索系统基于B/S(浏览器/服务器)模式,以Microsoft Visual Studio 2010为开发工具,C#为开发语言,运用ASP.NET技术,并以SQL Server 2017为支撑数据库。

1.1 系统功能设计

在线针叶树材检索系统主要包括6个功能模块。

1) 用户权限管理:实现用户添加、删除、修改及角色权限的管理。

2) 树种信息管理:实现树种添加、删除、修改。

3) 图像类型维护:实现图像类型的添加、删除、修改。

4) 树种标本维护:实现标本信息、图像的添加、删除、修改。其中,标本信息包括:针叶树材显微特征码、宏观图像、微观图像、其他描述信息等。标本图像包括三切面微观图像等。添加一个树种标本记录的具体过程是:先查询树种、再新增标本记录、然后添加该标本记录的特征信息和标本图像信息。为了提高检索结果的有效性和可靠性,系统对所添加的特征码信息进行逻辑判断,排除同时添加逻辑上相互矛盾的两个特征码。如分别表示早材管胞径壁上的纹孔主为单列、主为两列或多列的44、45特征码,不能同时出现在一个树种标本记录的特征信息中。

5) 树种标本检索:是系统的核心功能模块,实现根据针叶树材显微特征进行检索的功能。树种标本的检索流程,如图2所示;检索模块给定特征码界面,如图3所示。

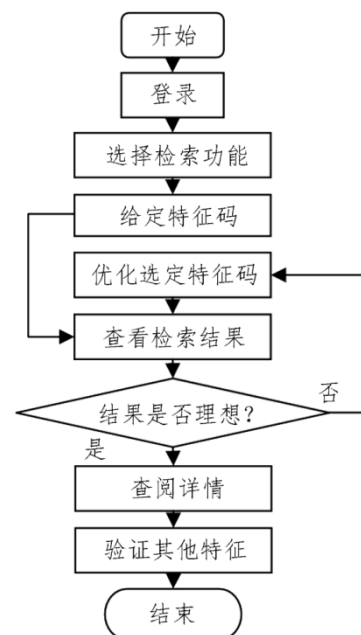


图2 树种标本检索流程图

Fig.2 Flow chart of softwood retrieval system

67-68:Helical thickenings (in longitudinal tracheids- spicing,earlywood tracheids only)

69-70:Helical thickenings in ray tracheids

69 Commonly present

70 (present but) Rare

---Logout--- Show Features Clear selections Search Criteria :

61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p

图 3 给定特征码示例

Fig.3 An example of input feature view

图 3 显示,用户可以通过下拉菜单选择检索特征,也可以在文本框中输入检索特征码,特征码后的字母 p(present)表示该特征存在,字母 a(absent)表示该特征缺失。标本记录检索结果,如图 4 所示。相比 InsideWood 阔叶树材系统,系统特征选择少了“present required”和“absent required”,只保留“present”和“absent”,因为系统不提供容错检索,并且默认用户所给特征码可通过显微构造图像读出。

61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p

1-122

ID	Species	FeatureCode	RecordDate	Person	Country	Organization	Memo	Function
75	7654_Picea purpurea Mast_ 鳞皮云杉	4 32 35 37 40 43 44 51 61 62 65 67 79 82 86 88 89 92 98 103 107 109 110 112 116 118 119	2018-02-14	LinQichao	China	SWFU		
71	7650_Picea likiangensis var. linshensis Cheng et L.K.Fu_ 鳞皮云杉	4 32 35 37 40 43 44 51 61 62 65 67 79 82 86 88 89 92 98 103 107 109 110 112 116 118 119	2018-02-14	LinQichao	China	SWFU		
69	7646_Picea likiangensis (Franch.) Pritz_ 丽江云杉	4 32 35 37 40 43 44 51 61 62 65 67 79 82 86 88 89 92 98 103 107 109 110 112 116 118 119 122	2018-02-14	LinQichao	China	SWFU		

Totals 3 Page 1/1 [1]

图 4 标本记录检索结果示例

Fig.4 An example of search results

图 4 展示了检索结果的概要信息。包括标本树种的名称、特征码、添加时间、添加者,同时还显示了树种的 ID、拉丁名、英文名、中文名等信息。在检索结果界面的上部,还列出了检索结果标本记录共用特征码及其共用次数,供用户做检索特征码优化依据,利用共用次数越接近检索结果记录数二分之一的特征码进一步检索,越能把检索结果范围缩小到原检索结果的 50%左右。

标本记录详情如图 5 所示,包括加防伪水印的图像和特征码及释义等信息,用户还可以双击显微图片放大查看。

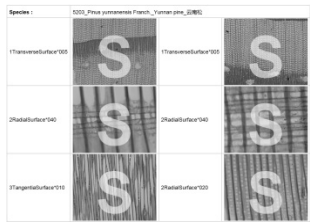


图 5 标本图像详情示例

Fig.5 An example of search result details

6) 树种标本评价:该模块实现用户对树种标本的评价。仅管理用户(专家管理用户和数据管理用户)可使用该功能模块。

专家管理用户对添加到系统的标本记录进行分级评价,包括准确、准确但不全、未被评价、可能有误、明显有误 5 个等级,提供给用户做参考。数据管理用户组织专家对“有误”评价进行核实修正,并将标本记录置为“未被评价”。系统在搭建时所收录的标本记录,须经专家审核认可,分级评价准确。该模块进一步提高了检索结果的有效性和可靠性。

1.2 数据库设计

系统以关系数据库为基础,与系统功能实现紧密相关的核心表,如表 1 所示。ID 字段为整数型,Date 字段为 datetime 型,其他字段为 nvarchar 型,所有主键和外键字段不可为空,树种表、特征表、图像类型名称字段不可为空,其余字段可为空。

表 1 数据库核心表

Tab.1 Key features of the database

表名	说明	外键表
admin_index	用户表	/
SW_Species	树种表	/
SW_Features	特征表	/
SW_PhotoType	图像类型	/
SW_AssessType	评价类型	/
SW_SpecimenRecord	标本记录	SW_Species
SW_SpecimenRecord	标本特征	SW_SpecimenRecord, SW_Features
SW_SpecimenRecord	标本图像	SW_SpecimenRecord, SW_PhotoType
SW_SpecimenAssess	标本评价	SW_SpecimenRecord, SW_AssessType, admin_index

2 系统测试

笔者组织 5 组用户对 5 种针叶树材进行测试,首先测试系统核心模块运行是否正常,然后再进一步测试系统的检索功能,检索结果见表 2。

表 2 中的 1 号至 5 号样品分别为丽江云杉(*Picea likiangensis*)、鱼鳞云杉(*Picea jezoensis* var. *microsperma*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、百日青(*Podocarpus neriifolius*)、云南红豆杉(*Taxus yunnanensis*)。通过测试结果可知,系统核心模块“树种标本检索”的功能运行正常。

表2 系统测试结果

Tab.2 Testing results

样品号	唯一组数	误识组数	模块功能	分析结果
1	4	1	运行正常	4个组结果为丽江云杉。1个组用户对轴向管胞中螺旋加厚分布情况特征码 62、63、64 做错误选择。
2	0	0	运行正常	5个组结果到云杉属的3个树种,有3个标本记录的特征码完全相同。
3	0	0	运行正常	5个组结果到松属的2个树种,有2个标本记录的特征码完全相同。
4	4	2	运行正常	4个组结果为百日青。1个组用户对生长轮界明显情况特征码 40、41 做错误选择;1个组用户对射线平均高度特征码 102 至 105 做错误选择。
5	0	2	运行正常	3个组结果到红豆杉科下的白豆杉属白豆杉和红豆杉属云南红豆杉。1个组用户在螺旋加厚单列特征码 65、多列特征码 66 中做错误选择;1组用户对射线平均高度特征码 102 至 105 做错误选择。

由检索系统使用流程可知,用户只需给定部分特征,通过检索结果的其他特征做进一步验证。在检索过程中,对无法确保准确的显微特征,暂时不要在特征给定时进行选择或输入,可在特征优化时做选择或输入。在给定检索条件时,不给定容易误读的特征码,如早至晚材过渡、螺旋加厚在早晚材可见等特征码,应根据最明显的特征选择特征码;给定特征码应从少到多,从而逐步缩小检索结果范围,初次给定特征码时,可分别给定横切面、径切面、弦切面各1个特征码;在结束检索前,应验证给定特征码以外的其他特征码,尤其是结果中的树种不同属时;尽量选择可以把筛选结果对分的特征码做为优化特征码,慎用特征缺失(a)。

表3为1号样品检索功能测试示例,该样品的横切面、径切面、弦切面显微图,见图6。

表3 检索功能测试示例

Tab.3 A testing example of the retrieval system function

检索顺序	给定特征码	检索结果统计	
		标本数	其他特征出现次数:特征码
1	61p 107p 109p 110p	14	5: 118 119
			4: 38
			3: 70 122
			2: 42 50 56 58 63
			1: 45 46 33 27 81 94 121 99
2	61p 107p 109p 110p 118p 119p	5	2: 38 63 70
			1: 121
3	61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p	3	1: 122
4	61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p 122p	1	/



a 横切面 b 径切面 c 弦切面

图6 1号样品丽江云杉三切面显微图

Fig.6 A sample No.1 of *Picea likiangensis* in three section micrographs

通过该示例可知,用户只需给定部分特征码,系统除了给出所检索到的标本记录,还给出了其他特征码出现的次数,在此基础上用户优化给定特征码再次检索。1号样品检索所用 IAWA 针叶材显微特征码存在及缺情况依次是:

① 61p 107p 109p 110p; ② 61p 107p 109p 110p 118p 119p; ③ 61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p; ④ 61p 70a 107p 109p 110p 118p 119p 122p。最后得到唯一树种“丽江云杉”。

3 结语

基于 IAWA 针叶树材显微特征的在线检索系统试用结果表明,该系统可以帮助木材识别者根据显微特征快速检索针叶树材。在后续的工作中,将进一步扩充标准的树种标本记录;另外,将尝试与计算机视觉技术结合,替换人工给定特征码,自动提取显微特征,从而更加方便快捷地识别针叶树材。

参考文献:

- [1] Elisabeth A. Wheeler, Pieter Baas. Wood identification - a review[J]. IAWA Journal, 1998, 19(3):241-264.
- [2] 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]. 安徽农学院学报,1990(2): 79-91.

- KE B F, JIANG Z H, ZHANG S Y, et al. A study on the computerized identification of important commercial timbers for china[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 1990(2): 79-91.
- [3] YU M, JIAO L, GUO J, et al. DNA barcoding of vouchered xylarium wood specimens of nine endangered *Dalbergia* species[J]. Planta, 2017, 246(6): 1165-1176.
- [4] Snel F A, Braga J W B, Diego D S, et al. Potential field-deployable NIRS identification of seven *Dalbergia* species listed by CITES[J]. Wood Science and Technology, 2018, 52(5):1411-1427.
- [5] Wang F, Huang A, Yin X, et al. Multilevel profiling and identification of *Dalbergia odorifera* and *Dalbergia stevensonii* by FTIR, NMR and GC/MS[J]. Chinese Chemical Letters, 2018, 29(9):85-88.
- [6] Hwang S W, Kobayashi K, Zhai S, et al. Automated identification of Lauraceae by scale-invariant feature transform[J]. Journal of Wood Science, 2018, 64(2):69-77.
- [7] IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification[EB]. Bulletin N S, 1989, 10(3): 219-332.
- [8] LaPasha, C A & E A Wheeler. A microcomputer based system for computer-aided wood identification[EB]. IAWA Bulletin N S, 1987, 8(4): 347-354.
- [9] Ilie J. Computer aided wood identification using csiroid[J]. IAWA Journal, 1993, 14(4): 333-340.
- [10] 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.
- [11] Wheeler E A. InsideWood - A web resource for hardwood anatomy[J]. IAWA Journal, 2011, 32(2):199-211.
- [12] 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.
- LIU P, CHENG F, YANG J J. A computerized database inquiry system of hardwood from southeast Asia[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1992, 28(5): 480-484.
- [13] 程放, 王艳君. 木材综合信息数据库查询系统的研究[J]. 木材工业, 1995, 9(4): 16-19.
- CHENG F, WSNG Y J. Studies on the integrated database of wood information system[J]. China Wood Industry, 1995, 9(4): 16-19.
- [14] 徐峰. 中国和东南亚 1000 种木材图像计算机查询系统[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.
- [15] 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, CHWNG F. Studies on Latin America tropical wood database system[J]. China Wood Industry, 2000, 14(2): 31-32.
- [16] 陈勇平, 周玉成, 姜笑梅. 红木识别鉴定平台的设计与实现[J]. 中国人造板, 2004, 11(10): 12-15.
- CHEN Y P, ZHOU Y C, JIANG X M. Design and realization of accreditation platform for tree species of Hongmu[J]. Wood-Based Panels, 2004, 11(10): 12-15.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for softwood identification[J]. IAWA Journal, 2004, 25(1): 1-70.
- [20] 姜笑梅, 殷亚方, 刘晓丽, 等. IAWA 针叶树材显微特征一览表[J]. 木材工业, 2004, 18(4): 37-38.

(本文编校 孟凡丹、向 琴)

(上接第 42 页)

- [5] 王天龙. 兴安落叶松真空干燥脱脂过程中松节油迁移特性及机理的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [6] 彭万喜. 人工速生林木材增值利用人工林松木脱脂新技术研究[D]. 株洲: 中南林学院, 2003.
- [7] 王喜明. 木材干燥学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [8] 程曦依, 李芸, 全鹏, 等. 马尾松锯材常压过热蒸汽干燥脱脂特性研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(6): 108-113.
- CHENG X Y, LI Y, QUAN P, et al. Study on drying and degreasing characteristics with atmospheric pressure steam for Masson pine wood[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2017, 37(6): 108-113.
- [9] 张志文, 陈广元. 高温高湿处理对落叶松锯材树脂脱除及分布影响分析[J]. 森林工程, 2011, 27(3): 61-63.
- ZHANG Z W, CHENG G Y. Effect of high temperature and humidity treatment on the moving and distribution of pine resin[J]. Forest Engineering, 2011, 27(3): 61-63.
- [10] 冯竞楠, 许佳琪, 薛静, 等. 高温/蒸汽法脱脂处理对石蜡乳液在松木中渗透效果的影响[J]. 木材加工机械, 2016, 27(2): 47-50.
- FENG J N, XU J Q, XUE J, et al. High temperature/steaming method degreasing treatment on paraffin emulsion in pine penetration effect[J]. China Wood Industry, 2016, 27(2): 47-50.
- [11] 杨霞, 刘元, 李贤军. 马尾松木材微波脱脂工艺研究[J]. 木材工业, 2018, 32(1): 40-43.
- YANG X, LIU Y, LI X J. Resin Removal from *Pinus massoniana* lumber by microwave technology[J]. China Wood Industry, 2018, 32(1): 40-43.
- [12] 齐华春, 孙玮鸿, 吴俊华, 等. 高温高压处理对落叶松脱脂率及超微结构的影响[J]. 北华大学学报, 2017, 18(4): 450-43.
- QI H CH, SUN W H, WU J H, et al. Influence of degrease rate and ultrastructure of *larix gmelini* by high temperature and pressure[J]. Journal of Beihua University (Natural Science), 2017, 18(4): 450-43.
- [13] HE S, LIN L Y, FU F, et al. Microwave treatment for enhancing the liquid permeability of Chinese fir[J]. Bioresources, 2014, 9(2): 1924-1938.
- [14] 何盛, 徐军, 吴再兴, 等. 毛竹与樟子松木材孔隙结构的比较[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2017, 41(2): 157-162.
- HE S, XU J, WU Z X, et al. Compare of porous structure of *Moso bamboo* and *Pinus sylvestris* L. lumber[J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition), 2017, 41(2): 157-162.
- [15] Lehringer C H, Hillebrand K, Schwarze F W, et al. A review on promising approaches for liquid permeability improvement in softwood [J]. Wood Fiber Sci, 2009, 41(4): 373-385.

(本文编校 张 鹏、姜 征)