

木材染色计算机自动配色系统设计

管雪梅, 王铁滨, 郭明辉, 曹 军

东北林业大学机电工程学院, 哈尔滨 150040

摘要 以人工林樟子松和大青杨为研究对象, 提出了一种基于模糊神经网络的计算机配色系统设计方案, 该方案模型为 4 层网络, 具有实现简单的特点; 在此基础上, 用 C 语言编程实现了软件设计。该系统以已知颜色和目标颜色的色差作为输入, 配方浓度作为输出, 建立了木材染色配方预测平台, 并利用试验验证了模型, 证明了模型的可行性。该平台的建立, 对于木材染色的工业普及与应用具有重要作用。

关键词 木材染色; 计算机配色; 模糊神经网络

中图分类号 TP391.4

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.26.005

Design of Computer Automatic Color Matching System for Wood Dyeing

GUAN Xuemei, WANG Tiebin, GUO Minghui, CAO Jun

College of Mechanical and Electrical Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

Abstract The coniferous tree (*Pinus sylvestris*) and broadleaf tree (*Populus ussuriensis*) are taken as the research objects, and a kind of design scheme for Computer Color Matching (CCM) system is put forward based on four layer fuzzy neural network and its software design is implemented by C language programming. The system takes the color differences between known colors and objective colors as its input and formula concentration as its output, and establishes the wood dyeing formula forecast platform. The platform plays an important role in the industrial popularity and applications of wood dyeing.

Keywords wood dyeing; computer color matching; fuzzy neural network

0 引言

目前, 中国天然珍贵树种优质木材资源已经枯竭, 而人工林取得了很大发展, 现有人工林面积达 5300 万 hm^2 , 蓄积 15.05 亿 m^3 , 居世界首位^[1]。但是这些人工林木材(特别是大量培育的杨木和杉木等)与天然林木材相比, 存在密度低、材质松软、材质不均、材色单调、没有清晰的花纹等天然缺陷, 一般难以直接作为结构材和装饰材料使用^[2]。

木材染色是通过物理或化学方法调节材色深浅、改变木材的天然颜色, 使其具有更加丰富的装饰效果。通过染色, 既可使普通木材, 特别是速生人工林木材, 如杨木等, 模拟天然珍贵木材的材色; 还可克服木材材色不均和色差大等自然缺陷, 提高木材的装饰性和产品的附加值^[3-4]。经染色加工的木材和单板可用于建筑室内装修与家具生产, 同时也是人造装饰薄木、工艺品及体育器材的原料。配色是木材染色的关键技术, 染色配方直接关系到木材染色后目标色的再现精度和木材染色的经济性^[5]。

在木材染色配色领域中, 自动配色的理论、方法和应用研究一直是一个非常重要的研究课题^[6]。传统的配色依靠人的经验, 既费时又不够精确; 计算机配色 (Computer Color Matching, CCM) 技术是采用现代色度学理论和计算机技术, 通过光学仪器获取色彩样品的光学信息, 由计算机给出最佳染色配方的一种新技术。基于 K-M 理论^[7]的配色方法, 精度不够高, 结果需要修正。由于影响木材染色配色的种种复杂因素及色彩样品数据的模糊特性, 传统的和当前的计算机配色系统都有其局限性。因此, 本文基于近年发展起来的模糊逻辑和人工神经网络理论, 提出了一种完全利用模糊神经网络(即基于神经网络的模糊推理系统)来实现配色的自动化配色系统设计方案。

1 系统设计原理

木材染色过程包括染料调配、染色及后处理 3 个过程。染料调配, 即配色过程对染色后木材颜色质量至关重要。

收稿日期: 2012-06-29; 修回日期: 2012-08-01

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(C201127); 中央高校基本科研业务费专项(DL11BB24)

作者简介: 管雪梅, 讲师, 研究方向为木材物理与计算机软件设计, 电子信箱: gxm_maomao1980@163.com

计算机配色采用现代色度学理论和计算机技术,通过配色仪器测量出颜色“标样”的反射光谱并将其输入计算机,然后经计算机计算出一个近似色料配比,最后根据近似色料配比获得颜色与实际样品的差别修正配比,使之更接近实际样品^[1]。

计算机测色配色系统由硬件部分和软件部分组成,本课题开发的系统是纯软件系统,也就是计算机测色配色系统的软件部分,所实现的功能就是配色。该系统完全利用模糊神经网络实现配色,它采用已知颜色与目标颜色的色差作为输入,单个成员色素的浓度作为输出,通过模糊神经网络对已知的染色原始数据(训练样本)进行训练,从而达到根据已知的色差预测每个成员颜色的色素浓度的目的。

本设计采用3个减法“原色”作为已知颜色,它们分别是红、绿、蓝的补色,即青、品红和黄色,在预测^[2]过程中考虑到可见的颜色差别也很重要,本设计用一个多层感知器NNlab^[8-9]处理该事项,NNlab作为颜色仿真器预测将产生什么样的颜色,此感知器在设计中起着决定性作用。把每种成员色素成分加入NNlab中,即可到计算目标颜色与单个成员颜色差别的 L^*, a^*, b^* 。这里 L^*, a^*, b^* 为表征颜色空间的3个坐标,可以得出颜色的亮度、色调和色质,如图1所示。

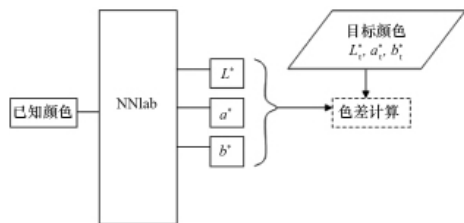


图1 色差计算

Fig. 1 Color difference calculation

色差、色调和色质计算公式如下:

$$\sqrt{(a_i^* - a^*)^2 + (b_i^* - b^*)^2 + (L_i^* - L^*)^2} \quad (1)$$

$$\arctan(b^*/a^*) \quad (2)$$

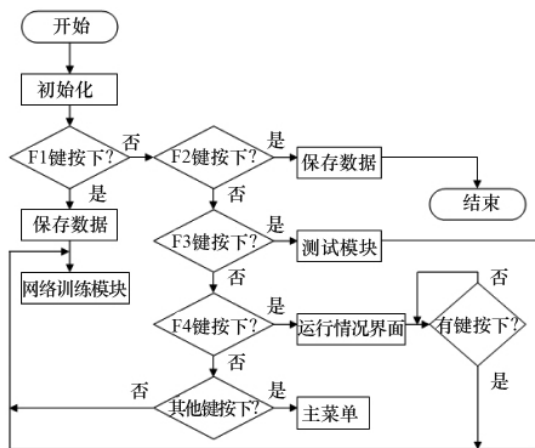


图3 模糊神经网络训练流程

Fig. 3 Flowchart for fuzzy neural network training

$$\sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3)$$

根据表面光谱反射率计算上述 L^*, a^* 和 b^* ,其中 (L_i^*, a_i^*, b_i^*) 为目标颜色的值。需要注意的是,任何颜色的表面光谱反射曲线(即它的物理颜色属性)可唯一地辨识这种颜色。颜色差别表征预测颜色匹配参考颜色的程度,NNlab提供了一条考虑人的视觉敏感性的途径。

2 算法实现

模糊神经网络是本设计的核心。本设计采用的模糊神经网络^[10]为一个4层网络,分别为输入层、推理层、反模糊化层和输出层,如图2所示。

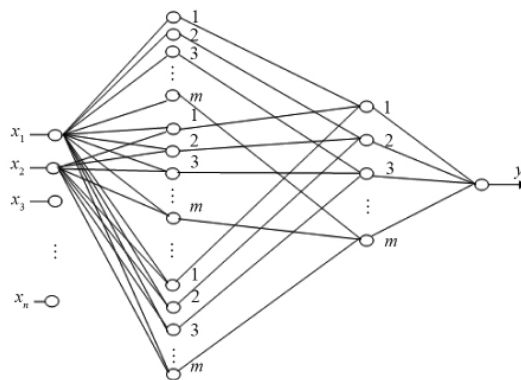


图2 模糊神经网络模型

Fig. 2 Fuzzy neural network model

本设计设定该模糊神经网络为一个三输入单输出的、规则数为5的模糊神经网络,另外根据经验设定学习率为0.03,最终学习误差为0.00028,最大训练次数为5000。有了详细的网络结构后,再结合具体算法即可编程实现本设计的核心部分:模糊神经网络训练过程,其流程如图3所示。

在模糊神经网络的训练过程中,最核心的模块就是网络训练模块,其流程如图4所示。在该模块中,又有一个训练的子模块,在该子模块中,推理层结点数 m_j 及模糊化层节点

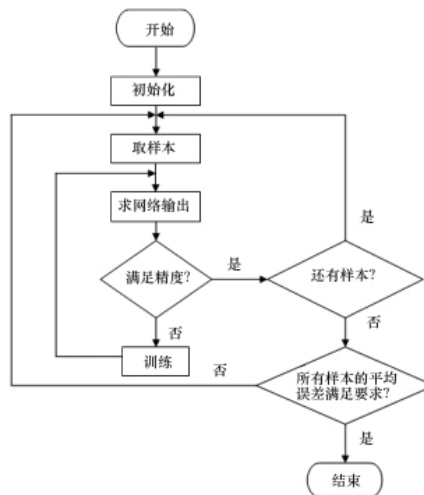


图4 网络训练模块流程

Fig. 4 Flowchart of network training module

数 b_j 和模糊神经网络的权值 ω_i 的值不断得到修正,导致隶属函数值 u_{ij} 也得到不断修正,从而使该模糊神经网络不断逼近理想目标要求。这个训练子模块的流程如图 5 所示。

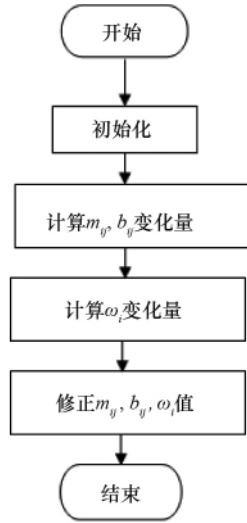


图 5 训练子模块的流程

Fig. 5 Flowchart of training sub-module

3 系统组成与效果评价

3.1 系统组成

为方便操作,本设计在完成核心算法的基础上又自主研发了具体的操作平台。该平台分为 5 个部分,即软件说明

(About)、帮助(Help)、重新开始训练(Run)、装入以前训练结果(Load)和退出(Exit)。其中重新开始训练和装入以前训练结果是本系统的核心组成部分。整个系统的流程如图 6 所示。

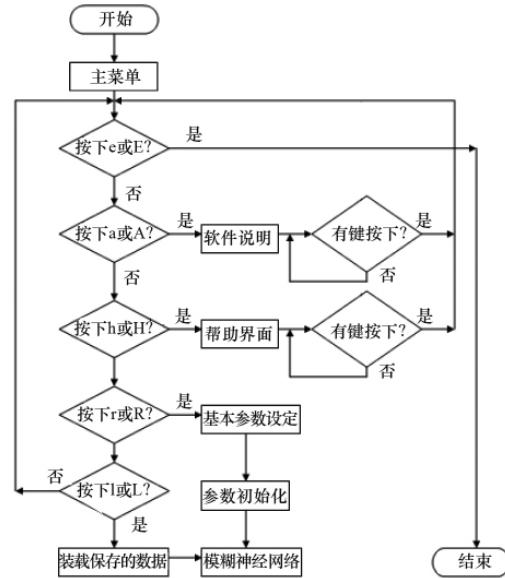


图 6 整个系统的流程

Fig. 6 Flowchart of the entire system

3.2 系统效果评价

本研究以樟子松和大青杨(染色试验用单板:人工林樟子松单板,采自黑龙江省帽儿山实验林场,加工成厚 1mm 的

表 1 樟子松 (L^*, a^*, b^*) 空间仿珍贵材结果

Table 1 (L^*, a^*, b^*) space simulation results of *Pinus sylvestris*

样本序号	期望输出			实际输出			相对误差/%
	活性艳红	活性黄	活性蓝	活性艳红	活性黄	活性蓝	
1	0.0501	0.0500	0.0512	0.0502	0.0503	0.0509	0.46
2	0.0499	0.0499	0.1014	0.0501	0.0512	0.1019	1.17
3	0.0501	0.0495	0.1501	0.0507	0.0503	0.1505	1.03
4	0.0499	0.0506	0.2017	0.0512	0.0502	0.2016	1.15
5	0.0507	0.0500	0.2509	0.0508	0.0503	0.2509	0.27
6	0.1014	0.0508	0.2488	0.1005	0.0511	0.2508	0.76
7	0.1021	0.0513	0.3009	0.1011	0.0512	0.3007	0.41
8	0.1037	0.1018	0.0504	0.1021	0.1004	0.0505	1.04
9	0.1008	0.1001	0.1491	0.1005	0.1007	0.1507	0.66
10	0.1062	0.1008	0.2507	0.1045	0.1006	0.2507	0.60
11	0.2008	0.0522	0.2500	0.2004	0.0512	0.2505	0.77
12	0.1996	0.0523	0.3012	0.2005	0.0511	0.3005	0.99
13	0.2015	0.1008	0.0519	0.2003	0.1006	0.0509	0.91
14	0.1997	0.1016	0.1493	0.2005	0.1005	0.1506	0.78
15	0.1988	0.1011	0.2517	0.2006	0.1006	0.2507	0.60
16	0.3016	0.2520	0.1989	0.3005	0.2506	0.2011	0.68
17	0.3002	0.2506	0.2499	0.3005	0.2503	0.2507	0.18
18	0.3020	0.2502	0.3019	0.3009	0.2507	0.3007	0.32
19	0.3032	0.3019	0.0496	0.3043	0.3007	0.0502	0.66
20	0.3002	0.3014	0.2504	0.3006	0.3009	0.2503	0.11
平均相对误差							0.68

单板,含水率 8%;人工林大青杨单板,采自黑龙江省伊春市林业局,加工成厚 2mm 的单板,含水率 8%)染色前后色差作为输入,以染料浓度作为输出,将选取的样本数据输入到编制的程序,运行结果见表 1。由表 1 可见,本设计的配色算法是

十分有效的。

为检验模型的通用性,本研究又选用阔叶材大青杨的试验数据进行检验,结果见表 2。可以看出,染色效果也较理想,可见此模型具有一定的通用性。

表 2 大青杨(L^*, a^*, b^*)空间仿珍贵材结果

Table 2 (L^*, a^*, b^*) space simulation results of *Populus ussuriensis*

样本序号	期望输出			实际输出			相对误差/%
	活性艳红	活性黄	活性蓝	活性艳红	活性黄	活性蓝	
1	0.0501	0.0500	0.0512	0.0518	0.0514	0.0512	2.06
2	0.0499	0.0499	0.1014	0.0512	0.0534	0.1005	3.50
3	0.0501	0.0495	0.1501	0.0503	0.0516	0.1518	1.92
4	0.0499	0.0506	0.2017	0.0509	0.0514	0.2033	1.46
5	0.0507	0.0500	0.2509	0.0512	0.0512	0.2501	1.24
6	0.1014	0.0508	0.2488	0.1004	0.0489	0.2513	1.91
7	0.1021	0.0513	0.3009	0.1023	0.0419	0.3004	6.23
8	0.1037	0.1018	0.0504	0.1032	0.1011	0.0508	0.65
9	0.1008	0.1001	0.1491	0.1016	0.1021	0.1521	1.60
10	0.1062	0.1008	0.2507	0.1095	0.1021	0.2489	1.71
11	0.2008	0.0522	0.2500	0.2012	0.0504	0.2507	1.31
12	0.1996	0.0523	0.3012	0.2036	0.0512	0.3022	1.48
13	0.2015	0.1008	0.0519	0.2017	0.1016	0.0526	0.75
14	0.1997	0.1016	0.1493	0.2008	0.1005	0.1507	0.86
15	0.1988	0.1011	0.2517	0.2006	0.1023	0.2515	0.72
16	0.3016	0.2520	0.1989	0.3013	0.2503	0.2032	0.98
17	0.3002	0.2506	0.2499	0.3008	0.2513	0.2503	0.21
18	0.3020	0.2502	0.3019	0.3019	0.2504	0.3015	0.08
19	0.3032	0.3019	0.0496	0.3043	0.3005	0.0511	1.28
20	0.3002	0.3014	0.2504	0.3005	0.3016	0.2517	0.23
平均相对误差				1.51			

4 结论

本文提出基于模糊神经网络的计算机配色系统设计方案,并完成了软件的设计。结果证明,该配色方法与以往的方法相比,速度快、精度高,节省了配色的时间,提高了配色效率,取得了预期的效果。

基于模糊神经网络的配色方法为木材染色配色提供了一条新的途径,同时也为其理论在木材染色配色中的应用引进了新思路,具有一定的理论研究价值和实际应用价值。

应该看到,完善木材染色计算机配色系统是一个复杂的系统工程,由于时间和条件所限,本文只属于基础性研究,仅探讨和尝试了其中的几个方面,解决了几个关键问题,要进一步改进和完善木材染色计算机配色系统,必须进行更为广泛深入的研究。

参考文献(References)

- [1] Kang H R. Kubelka-Munk modeling of ink jet ink mixing [J]. *Imaging Technology*, 1991(17): 76-83.
- [2] 武林. 木材染色的计算机配色研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
Wu Lin. Study on computer color matching in wood dyeing [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2007.
- [3] 徐海松, 叶关荣. 颜色配方自动预测及其在纺织工业中的应用 [J]. 照

明工程学报, 1996, 7(1): 17-22.

Xu Haisong, Ye Guanrong. *China Illuminating Engineering Journal*, 1996, 7(1): 17-22.

- [4] 水谷英二. 神经-模糊和软计算 [M]. 张平安, 高春华, 译. 西安: 西安交通大学出版社, 2006: 25-28.

Eiji Mizutani. *Neuro-fuzzy and soft computing* [M]. Zhang Pingan, Gao Chunhua, tran. Xi'an: Xi'an Jiaotong University Press, 2006: 25-28.

- [5] 王士同. 模糊系统、模糊神经网络及应用程序设计[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1998: 72-75.

Wang Shitong. *Fuzzy system, fuzzy neural network and application programming* [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Literature Publishing House, 1998: 72-75.

- [6] Jang S R. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference systems [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics*, 2009, 23(3): 665-685.

- [7] Zhang Y Q, Kandel A. Compensatory neurofuzzy systems with fast learning algorithms [J]. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2010, 9(1): 83-105.

- [8] Lee K M, Kwak D H, Kwang H L. Fuzzy inference neural network for fuzzy model tuning [J]. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 2010, 26(4): 637-645.

- [9] Rumelhart D E, McClelland J L. *Parallel distributed processing* [M]. Cambridge: MIT Press, 2009.

- [10] Kosko B. *Fuzzy associative memories* [M]//Kondel A. *Fuzzy System* Reading. Boston, MA: Addison Wesley, 2011.

(责任编辑 马宇红, 朱宇)