

人工神经网络法 LCD 色度特性化研究

张继艳,熊飞兵

(厦门理工学院数理系,福建 厦门 361000)

摘要:目前国内外 LCD 的特性化研究方法已经很多。本文采用人工神经网络法定量描述了液晶显示器的颜色特性。对比 S-shape 模型,在实验测量的基础上,比较了两种方法的优缺点。神经网络主要研究了训练方法、传递函数、隐层数和隐层单元数对结果的影响,最后得到人工神经网络法的颜色校正模型。

关键词:颜色特性化;人工神经网络;S-shape 模型;色差

中图分类号:TP334.1 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2011.10.019

Research on artificial neural network for LCD colorimetric characterization

ZHANG Ji-yan, XIONG Fei-bing

(Xiamen University of Technology Department of Mathematics and Physics, Xiamen 361000, China)

Abstract: Now there are many research methods for LCD Colorimetric Characterization at home and abroad, we use artificial neural networks to describe the color characteristics of LCD monitors quantitatively. Compared to S-shape model, we analyze the advantages and disadvantages of the two methods on the basis of experimental measurements. The neural network training method has been mainly studied to see how the transfer function, hidden layers and the number of the hidden units influence on the results. And finally we get the artificial neural network color calibration model.

Key words: colorimetric characterization; artificial neural networks; S-shape model; color difference

1 引言

LCD 是目前市场上比较流行的一种显示器,随着其成本的逐渐降低,质量的逐渐提高^[1],渐有逐步取代 CRT 之势。如何实现色彩在 LCD 与各种显色设备中传递,已经成为目前色彩研究领域的重要课题。进行 LCD 颜色管理,就是要实现颜色的精确再现。显示设备颜色特性化就是要在设备相关的颜色空间向设备无关的颜色空间转化,即 LCD 数字显示设备的 RGB 色度空间到 Lab 匀色色度空间的转化。

当用彩色 LCD 面板显示彩色图像时^[2],其中的每一个像素都是由三个液晶单元格构成的,在每一个单元格前面都具有红色、绿色和蓝色的过滤器。透过不同单元格的光线在屏幕上将显示出不同的颜色。液晶显示器中的红、绿、蓝滤色器的颜色特性及

照明光源的性能被确定后,彩色 LCD 显示器的颜色特性和色域范围也就基本确定了。

LCD 以 RGB 显示图像的颜色信息,作为电子显示设备和扫描仪,数码相机等电子设备一样,其显色原理是基于加色法基础上的色光显示原理。

RGB 颜色空间的局限性在于它受设备的影响,不同厂家生产的 LCD 具有不同的颜色空间,即使是一个厂家生产的不同的 LCD 也具有不同的颜色空间,为了对设备的颜色进行校准,实现真实的颜色复制,就要将设备特性化。

基金项目:福建省教育厅 A 类科技项目(No. JA10254);厦门市科技计划指导性项目(No. 3502Z20099006)资助。

作者简介:张继艳(1977-),女,讲师,博士研究生,主要从事大屏幕投影显示,颜色光学,光学设计的研究。

收稿日期:2011-03-17; **修订日期:**2011-05-03

目前国内外 LCD 特性化研究较多^[3],有 GOG 模型, S-shape 模型, Masking 模型, DAY-LUT 法, 三维查找表法等。

LCD 显示颜色与其输入的数字值之间的关系比较复杂,用传统的 GOG 模型,颜色转换色差较大, GOG 模型比较适合 CRT 显示器中, GOG 模型采用指数函数形式的有关单枪的亮度与数字量 RGB 之间的关系。LCD 的光电响应特性呈 S 型,通道具有色度非恒常性。所以目前普遍认为 S-shape 模型的结构对 LCD 的颜色特性化显示比较精确^[4-5], S-shape 和 GOG 的不同之处在于,前者输入的数字值和每一个通道的亮度之间是非线性的关系,而且考虑了串扰项。

鉴于 LCD 显示设备输入与输出的非线性,我们拟采用人工神经网络作为颜色转换的工具,实现 LCD 的颜色管理。对比目前 S-shape 模型,选用相同的颜色样本值,比较两种方法的颜色转换的精度,并分析误差所在。

2 人工神经网络

神经网络是采用物理可实现的系统来描述和模拟人脑神经细胞的结构和功能^[6-8],按结构分为前馈型人工神经网络、反馈型人工神经网络、自组织竞争人工神经网络和随机神经网络等。尽管神经网络的种类很多,但关键是网络结构和学习算法的设计,如应用最广的由非线性变换单元组成的 BP 网络,就是把一组样本的输入输出问题变成一个非线性优化问题^[6-9],即如果把经 BP 训练的多层感知器看成是一个从输入空间到输出空间的映射,则这个映射是高度非线性的。由于它是建立在简单非线性函数复合的基础上,因而可以表达客观世界中的复杂现象。在神经网络中,非线性单元平行分层连接,通过这一结构就可以实现颜色空间之间的转换。它的优势在于可以比较准确的实现非线性关系的映射,且不需要储存大量的数据便可以很快速的完成转换。

3 实验方法与结果分析

3.1 训练样本的选择

训练样本的选择,考虑到 LCD 色空间是 $256 \times 256 \times 256$ 的立方体,为了更详尽地描述色域的变化情况,我们均匀地采 9 个值(包含 0, 255),组合为 729 组 RGB 值,代表可显示的包含色域边界色的 729 个颜色。用 CBM-8 彩色亮度计测量其在 LCD

显示器上形成颜色的 CIE XYZ 三刺激值作为实验数据。

实验中,选用方正电脑的 14 in LCD 液晶显示器,测试色样由程序生成,使其充满整个屏幕。实验条件是在暗室中对 LCD 显示色样进行测量,测试角垂直于显示平面,采样时间设为自动,测试数据由随设备提供的软件记录。测试前, LCD 经过半小时预热,测试时,每个色样显示改变后都要稳定数秒,以避免由显示稳定性造成的测试误差。

3.2 训练方法的选择

BP 神经网络有许多训练方法,训练方法的选择直接影响 LCD 色彩空间转换的速度、精度、成本等。本文选取了四种训练方法进行比较,设置三层神经网络,隐层单元数设为 20 层。第一组实验:采用动量法。第二组实验采用动量法和自适应学习法。第三组采用自适应法。第四组采用 trainlm 函数训练网络。

通过对四组数据的实验分析:

(1) trainlm 训练法比其他三种训练时间都短,从平均色差上看,均优于其他三种训练方法。

(2) 对于不同的训练方法,目标误差和平均色差的变化不是同步的,动量法目标误差为 0.024,平均色差为 6.34,动量和自适应法目标误差增大到 0.078 而色差却为 4.39。

3.3 训练函数的选择

用 3-20-3 结构的神经网络来实现 RGB 到 Lab 的转换,分别采用两组训练函数 logsig-purelin 和 tangsig-purelin,采用 516, 225, 120, 50 四组样本数据作训练,所得平均色差如表 1 所示。

表 1 两组训练函数色差分布

组数	516	225	120	50
样本 1 ΔE	3.45	3.23	2.80	2.21
样本 2 ΔE	9.35	10.21	9.24	9.11

从上述数据可知,采用第一组函数组合方式 Logsig-purelin 作为传递函数下降梯度是最快的,而且平均色差是最好的;所以我们在做 LCD 色彩空间转换预测时,均选择第一组组合方式,得到的预测效果比较好。

3.4 隐层单元数的选取

隐层单元数的选取,要想建立一个比较理想的预测模型,隐层单元数目的选择对误差精度同样有很重要的影响。下面采取逐步增加隐层单元数来调

神经网络,分别取6,10,20,40,60个隐层单元数来进行实验,采用trainlm训练法,并采用了及时终止法来提高网络的泛化能力。采用不同的隐层单元数的训练误差数分布如表2所示。

表2 不同层数和隐层单元数的训练结果及总误差

序号	网络结构	参数数目	总误差	最大色差 ΔE_{\max}	最小色差 ΔE_{\min}	平均色差 $\Delta \bar{E}$
1	3-6-3	36	0.05	14.35	1.23	4.21
2	3-10-3	60	0.03	15.67	0.98	3.75
3	3-20-3	120	0.03	16.93	0.78	3.23
4	3-40-3	240	0.02	12.34	0.34	3.04
5	3-60-3	360	0.017	12.11	0.43	2.79
6	3-10-10-3	190	0.01	14.23	0.32	1.89
7	3-20-20-3	520	0.008	13.23	0.12	2.01
8	3-30-30-3	1080	0.006	9.23	0.48	1.95
9	3-10-10-10-3	290	0.009	10.23	0.34	2.05
10	3-6-6-6-3	98	0.012	12.23	0.56	0.87

从表2可以看出随着隐层单元数的增多,色差逐渐减小,但是到20层以后,色差的下降逐渐趋于平稳,从20层增加到60层,20层训练了30次可达到的色差为3.23,而60层训练了100次色差达到2.79,误差只减少了0.44,这在视觉上没有多大的变化,但是训练时间增加了将近10倍多。

3.5 实验结果

为了进一步检验所建立人工神经网络模型的正确性,选取训练样本外的50个样本做检验,检验的色差分布如表3所示。

表3 训练样本外的50个样本做检验的色差分布

序号	网络结构	最大色差 ΔE_{\max}	最小色差 ΔE_{\min}	平均色差 $\Delta \bar{E}$	色差大于10的样本个数
1	3-6-3	15.25	1.36	3.75	5
2	3-10-3	13.37	1.18	3.42	4
3	3-20-3	14.31	0.89	2.96	6
4	3-40-3	13.72	0.38	3.35	4
5	3-60-3	12.34	0.53	3.27	3
6	3-10-10-3	13.23	0.35	2.36	5
7	3-20-20-3	11.23	0.21	2.01	4
8	3-30-30-3	10.21	0.48	2.21	3
9	3-10-10-10-3	9.78	0.34	1.97	3
10	3-6-6-6-3	8.87	0.56	1.02	5

从表3可以看出几种网络结构的平均色差均小于4个色差单位,其中3,6,7,8,9,10小于3个色差单位,由6号和9号相比,参数多了100个,训练时间多了将近2倍,平均色差改善0.39,虽然平均色差有所改善,但是训练时间很长。所以在寻找合适的神经预测模型时应兼顾误差精度、训练时间、消耗内存大小等因素来进行综合考虑。

4 S-shape 模型

(1) S-shape 模型(简称S模型)被提出来用于描述LCD的三原色标量与数字输入激励值间的S形函数关系^[9]。模型的具体形式如式(1)所示, R 表示红原色标量, a, b, c, k 为模型参数, d 为红通道数字输入激励值,绿、蓝通道可以作类似定义。分别用S-shape模型和上述介绍的人工神经网络模型拟合LCD测试数据。

$$R = \begin{cases} \frac{a}{\left(1 + \exp\left(-k\left(\frac{d_R}{255} - b\right)\right)\right)} - c, & \frac{a}{\left(1 + \exp\left(-k\left(\frac{d_R}{255} - b\right)\right)\right)} - c > 0 \\ 0, & \frac{a}{\left(1 + \exp\left(-k\left(\frac{d_R}{255} - b\right)\right)\right)} - c \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

综合上述分析,两种方法比较预测数据与实测数据的色差分布如表4所示。

表4 预测数据和测试数据的色差表

色差单位	S模型			人工神经网络		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
CIELAB	3.57	15.48	2.39	3.34	14.39	1.26

从表4数据可见,用人工神经网络模型预测数

据的误差比较S-shape模型上有略微改善,预测误差的平均值仅相差0.23个色差。通过对50个训练样本对特征化模型进行检验的实验数据表明,人工神经网络模型的精度有赖于传递函数的选择,网络训练的优劣还取决于隐层数和隐层单元数的影响,我们通过对不同的传递函数,隐层数和隐层单元数的选择,综合考虑网络的复杂性和训练的时间,最后

选定 3-20-20-3 的神经网络结构,最后得到的平均色差最小。S-shape 模型是目前公认在复杂性和精确性上都较好的 LCD 颜色特性化模型,通过比较得知,S-shape 模型的 LCD 颜色特征化平均误差/最大误差达到 3.57/15.48 个 CIELAB 色差单位,而人工神经网络模型减小了 0.23/1.09 个 CIELAB 个色差单位,所以用人工神经网络模型可以达到精确预测 LCD 颜色的目的。

5 结论

本文在对 LCD 液晶显示器的呈色机理进行分析的基础上,提出了一种新的特性化方法人工神经网络法,并在实验的基础上确定了 LCD 人工神经网络的颜色特性模型,比较了目前研究较普遍的 S-shape 模型法,分析了两种模型在预测色差中存在的问题,相信随着神经网络技术的进一步发展,其网络模型预测的精度会进一步提高。

参考文献:

- [1] Ellen A Day, Lawrence Taplin, Roy S Berns. Colorimetric characterization of a computer-controlled liquid crystal display [J]. *Colorres. & APPI*,2004,29(5):365-373.
- [2] Kwak Y, Mac Donald L. Characterisation of a desktop LCD projector[J]. *Displays*,2000,21(2):179-194.
- [3] 黄庆梅,赵达尊,等. LCD 液晶显示器的颜色特性研究[J]. *光学技术*,2005,31(2):243-245.
- [4] Behnam Bastani, Bill Cressman, Brian Funt. Calibrated color mapping between LCD and CRT displays: A case study COLOR [J]. *Research and Application*,2005,30(6):438-447.
- [5] Mei Chun Lo, Ruey Kuen Perng, Yu Su. An investigation of color models performance between monitor and reflection images [J]. *TAGA 2000*, Rochester, USA, 2000: 160-176.
- [6] Guo Maozu, Wang Yadong, Su Xiaogong, et al. The research of the color matching method based on BP neural network[J]. *Chinese Journal of Computers*,2000,23(8):819-823.
郭茂祖,王亚东,苏晓红,等. 基于 BP 网络的色彩匹配方法研究[J]. *计算机学报*,2000,23(8):819-823.
- [7] Zhao Zhongxu, Shen Lansun, Wei Baoguo, et al. The research on the color correction method based on the the artificial neural network[J]. *Chinese Journal of Image and Graphics*,2000,5(9):785-789.
赵忠旭,沈兰荪,卫保国,等. 基于人工神经网络的彩色校正方法研究[J]. *中国图象图形学报*,2000,5(9):785-789.
- [8] Zheng Fengxun, Ji Shupeng. An improved nonuniformity correction algorithm for IRFPA based on neural network [J]. *Laser & Infrared*,2008,38(9):937-938.
郑逢勋,吉书鹏. 一种改进的神经网络非均匀性校正算法[J]. *激光与红外*,2008,38(9):937-938.
- [9] Wang Yong, Xu Haisong. The S-shape model for LCD colorimetric characterization [J]. *Chinese Journal of Image and Graphics*,2007,12(3):491-494.
王勇,徐海松. 液晶显示器颜色特征化的 S 模型算法[J]. *中国图象图形学报*,2007,12(3):491-494.