

喷墨打印纸印刷适性预测模型

洪亮, 朱明, 张浩, 楚高利

(河南工程学院, 郑州 450007)

摘要: **目的** 研究广义回归神经网络对喷墨打印质量进行预测的可能性。**方法** 测试不同喷墨打印纸的定量、平滑度、白度、光泽度、粗糙度等印刷适性, 在相同条件下打印后测量印刷品色度, 利用广义回归神经网络结合印刷品色度指标与喷墨打印纸印刷适性指标, 并建立预测模型。**结果** 基于广义回归神经网络的预测模型预测得到印刷品最小色差达到 4.7215, 最大色差达到 4.8638。**结论** 该模型可以定量描述喷墨打印纸印刷适性对印刷品色差的影响, 为选纸提供试验及理论依据。

关键词: 喷墨; 色差; 预测; 广义回归神经网络

中图分类号: TS853⁺.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)15-0194-05

Prediction Model of Ink Jet Printing Paper Printability

HONG Liang, ZHU Ming, ZHANG Hao, CHU Gao-li

(Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450007, China)

ABSTRACT: Printing adaptabilities like quantitateness, smoothness, whiteness, gloss and roughness of different inkjet printing paper were tested in order to study the feasibility of predicting ink jet printing quality by generalized regression neural network. Chroma was measured after printed under the same printing conditions. And a prediction model was established by utilizing generalized regression neural network combined with printing chroma and printing printability of ink jet printing paper. As predicted by the prediction model based on generalized regression neural network, the minimum average color difference of the GRNN model was 4.7215, and the average maximum color difference was 4.8638. The results show that the model can quantitatively describe the effect of ink jet printing paper printability on chromatic aberration of printing products and provide experimental and theoretical basis for the selection of paper.

KEY WORDS: ink jet; chromatic aberration; prediction; generalized regression neural network

喷墨打印纸是喷墨打印机喷嘴喷出墨水的接受体, 在其上面记录图像或文字。随着喷墨印刷技术的不断成熟, 喷墨打印纸的需求量也在不断上升。由于喷墨打印纸是由普通印刷用纸表面经过特殊涂布处理的^[1], 所以该纸比普通印刷用纸具有更高的平滑度、白度、光泽度^[2]、吸墨性和保墨性等, 它广泛用于打印高质量、精美的图片等。

喷墨打印纸是一种新型记录纸, 发展快, 目前还没有适合评价打印质量的标准, 科学准确地评价

喷墨打印纸的打印质量成为专业人士非常关注的问题^[3]。纸张的印刷性能是检验印刷品质量的关键所在, 目前国内已采用 SPSS 主成分分析法^[4]、灰评估技术法^[5-6]等方法来研究喷墨打印纸印刷适性评价喷墨纸的打印质量。

这里以实验为基础, 结合测试的喷墨打印纸印刷适性与印品色差数据, 运用广义回归神经网络建立喷墨打印纸印刷适性与喷墨打印色差关联的预测模型, 以得到新的喷墨打印纸打印质量的评价方法。

收稿日期: 2015-11-23

作者简介: 洪亮 (1977—), 男, 湖北阳新人, 硕士, 河南工程学院副教授, 主要研究方向为印刷工程 and 多媒体制作。

1 建立喷墨打印纸印刷适性预测模型

1.1 广义回归神经网络

广义回归神经网络(简称 GRNN)是由 Donald Specht 于 1991 年首先提出的新型神经网络算法,它是一种径向基函数神经网络^[7]。GRNN 的创建需要将所有数据划分为输入向量、输出向量、训练数据和测试数据^[8]。

广义回归神经网络通常被用来做函数逼近^[9]。广义回归神经网络的理论基础是非线性回归分析(即非独立变量 y 相对于独立变量 x 的回归分析),实际上是计算具有最大概率值的 y 。GRNN 由 4 层构成,其结构见图 1,它们分别为输入层、模式层、加和层和输出层^[10]。对应网络输入 $X=[x_1,x_2,\dots,x_m]^T$,其输出为 $Y=[y_1,y_2,\dots,y_k]^T$ 。

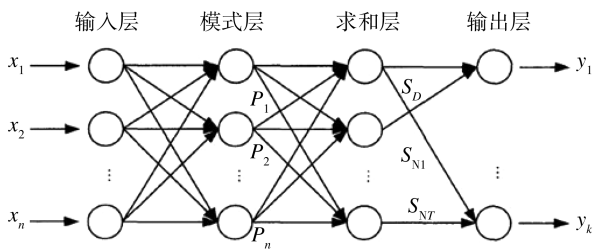


图 1 GRNN 结构
Fig.1 GRNN structure diagram

广义回归神经网络在逼近能力、分类能力和学习速度上有着较强的优势,并且在样本数据缺乏时预测效果也比较好^[11-13]。经过比较和分析,这里决定采用广义回归神经网络模型对喷墨打印质量预测进行研究。

1.2 实验

分析喷墨打印纸纸张性能与其打印质量之间的量化关系。

试验选定 10 种喷墨打印纸,分 2 步进行:分别测试纸的性能;将所测纸张在相同的打印条件下进行喷墨打印,测试纸张上标准测控条效果,通过理论分析找出对打印质量影响最大的一个因素。最后利用数学建模分析研究找出影响这一因素的纸张性能最佳理想参数^[13]。

1.2.1 材料与设备

实验材料主要选择 10 种市面常见的彩色喷墨打印纸(所有纸样均为 A4 幅面)。

仪器设备:电子天平和标准试样取样器(YT-DL100)、平滑度测定仪(YT-BST)、白度测定仪(XT-48B)、光泽度测定仪(YT-GM)、表面粗糙度测试仪(HK-ZB)、Epson Stylus Photo 7800C 彩色喷墨打印机、爱色丽 X-Rite 530 分光光度计。

1.2.2 方法

实验设计思路:选用常见的 10 种喷墨打印纸,采用相同的打印条件进行呈色,从墨水在纸张上不同的呈色效果角度出发,来评价纸张表面性能对喷墨打印色彩再现的影响^[14]。

实验过程分为以下 3 步。

1) 纸张表面性能测试。由于指标较多,不同指标对印品质的影响不一样,加之各指标间有一定的相关性,因此评价纸张印刷特性时,不能以某一性能指标作为标准来衡量纸张的质量评价^[15]。文中实验主要选择定量、平滑度、白度、光泽度、粗糙度等纸张性能参数。将 10 种市售彩色喷墨打印纸作为实验样品承印物,依序标记为 1[#],2[#],3[#],...,10[#]纸张,具体测试的纸张性能参数见表 1,试验中各组数据均为 3 次测量的平均值。

表 1 喷墨打印纸张的性能参数
Tab.1 Performance parameters of ink jet printing paper

纸张类型	定量/(g·m ⁻²)	白度/%	光泽度/%	粗糙度/ μ m	不透明度/%
1 [#]	273.84	90.05	66.05	0.12	98.02
2 [#]	249.20	95.07	75.92	0.02	97.72
3 [#]	163.58	98.15	2.2	1.62	97.48
4 [#]	99.63	94.22	4.21	0.57	97.21
5 [#]	168.57	99.21	56.68	0.36	97.08
6 [#]	137.21	156.41	2.53	3.35	98.97
7 [#]	167.45	118.46	12.8	3.42	97.07
8 [#]	200.05	98.74	22.5	2.6	95.27
9 [#]	200.17	108.49	22.17	1.22	95.04
10 [#]	230.16	96.02	50	0.97	97.55

2) 选择四色标准测控条,对多种纸样进行打印输出,即直接在喷墨打印机上输出测试版到纸张上,样张的输出条件均相同(打印参数条件固定)。

3) 色度测试。根据 CIE 规定的四色测控条上的 L^* , a^* , b^* 值打印出实验所采用的样品,使用 X-Rite 爱色丽分光光度计测量这 10 种喷墨打印纸样品颜色值。四色测控条的颜色样品的标准值、喷墨打印纸上实验样品的实际值见表 2,实验中各组测量数据均为 3 次测量的平均值。

表 2 喷墨打印质量的性能参数
Tab.2 Performance parameters of ink jet printing quality

纸张 类型	青			品红			黄			黑			平均色 差值 ΔE_{Lab}
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*	
标准值	62	-15	-48	50	78	-2	94	-10	91	10	5	4	
1 [#]	61.59	-15.32	-42.59	46.87	76.68	-3.56	90.05	-7.86	90.45	12.50	5.25	4.56	4.07
2 [#]	59.52	-14.25	-47.79	47.76	77.41	-2.85	92.03	-8.74	89.42	11.60	4.66	3.39	2.41
3 [#]	58.59	-13.60	-46.30	46.17	76.01	-3.42	91.97	-7.56	90.46	13.35	3.09	4.40	3.92
4 [#]	61.50	-15.21	-43.26	48.63	75.84	-3.38	90.04	-7.15	86.39	13.44	3.04	3.72	4.59
5 [#]	62.07	-17.01	-49.06	47.25	74.35	-4.51	92.40	-8.98	96.56	12.52	4.56	3.45	3.99
6 [#]	60.51	-14.36	-41.14	47.42	74.85	-3.78	90.47	-6.45	94.15	14.10	6.45	3.74	5.44
7 [#]	59.12	-13.45	-45.45	48.54	78.48	-5.75	92.75	-8.56	85.04	13.1	3.62	4.54	4.47
8 [#]	59.79	-14.87	-47.65	48.15	77.65	-6.04	95.47	-8.54	97.45	16.45	5.49	8.40	5.32
9 [#]	61.4	-14.54	-45.27	47.75	77.44	-7.47	97.74	-7.74	88.84	14.45	7.84	4.72	4.74
10 [#]	64.85	-14.85	-48.84	47.52	77.58	-2.54	95.47	-8.51	97.58	12.84	7.84	4.85	4.14

文中实验由于是检查喷墨打印质量是否满足需求,所以采用 GB/T 7705—1987^[16]中规定的普通印刷品色差 ΔE^*_{Lab} (用数值的方法表示 2 种颜色给人色彩感觉上的差别) 作为衡量指标,即喷墨打印质量衡量指标色差是基于 CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 均匀颜色空间色差计算公式: $\Delta E^*_{\text{Lab}}=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

计算得到四色测控条的四色平均色差值(每种颜色的色差值数据这里就不列出来)如表 2,由此可知,每种实验样品的平均色差值控制在 1~6 之间。全部样品的最大平均色差为 5.44,最小平均色差为 2.41,由此可知实验样品具有一定的复制精度。

1.3 基于 GRNN 建立喷墨打印质量预测模型

1.3.1 确定样本采集

1) 获取训练样本数据。文中将表 1 前 6 种喷墨打印纸张(1[#]—6[#]号纸)的性能参数(定量、平滑度、白度、光泽度、粗糙度)和表 2 前 6 种喷墨打印纸打印质量参数(平均色差)作为训练样本输入和输出值。训练样本的选取需要注意代表性和实际问题自身的特点,以达到合理进行选择。

建模 6 组输入值:

$$P = \begin{bmatrix} 273.84 & 249.20 & 163.58 & 99.63 & 168.57 & 137.21 \\ 90.05 & 95.07 & 98.15 & 94.22 & 99.21 & 156.41 \\ 66.05 & 75.92 & 2.2 & 4.21 & 56.68 & 2.53 \\ 0.12 & 0.02 & 1.62 & 0.57 & 0.36 & 3.35 \\ 98.02 & 97.72 & 97.48 & 97.21 & 97.08 & 98.97 \end{bmatrix}$$

建模 6 组输出值:

$$T = [4.07 \quad 2.41 \quad 3.92 \quad 4.59 \quad 3.99 \quad 5.44]$$

2) 获取测试样本数据。同理将表 1 后 4 种喷墨打印纸张(7[#]~10[#]号纸)的性能参数和表 2 后 4 种喷墨打印纸打印质量参数作为测试样本输入和输出值。

1.3.2 数据归一化处理

数据标准化(归一化)处理是数据挖掘的一项基础工作,不同评价指标往往具有不同的量纲和量纲单位,这会影响到数据分析的结果,为了消除指标之间的量纲影响,需要进行数据标准化处理,以解决数据指标之间的可比性。原始数据经过数据标准化处理后,各指标处于同一数量级,适合进行综合对比评价。

实验中首先采用 premnmx 函数将网络的输入数据和输出数据进行归一化,归一化后的数据将分布在 [-1, 1] 区间内^[17]。仿真实验后还需采用 postmnmx 函数将网络的输入数据和输出数据进行反归一化。

1.3.3 确定评价函数

在 GRNN 训练过程中默认选择 MSE (均方误差,即预测数据和原始数据对应点误差的平方和的均值),评估标准是 MSE 越小越好^[18]。进行喷墨打印纸打印质量预测时,由于预测的影响因素较多,很难比较哪种预测结果更为精确,所以利用相对误差来描述影响因素的预测误差,即相对误差越小说明预测的精度越高。

相对误差率的计算公式为： $K = \frac{A-B}{B}$ 。

式中： K 为相对误差率； A 为预测值； B 为实际值。

1.3.4 确定散步常数

散步常数的大小对网络的精度有较大的影响，因此在网络设计过程中需要不断调整散步常数的变化，直到网络达到比较理想的精度。这里选择基于 GRNN 建立的打印质量预测模型进行仿真实验，以观察均方误差随散步常数变化的情况，见图 2。

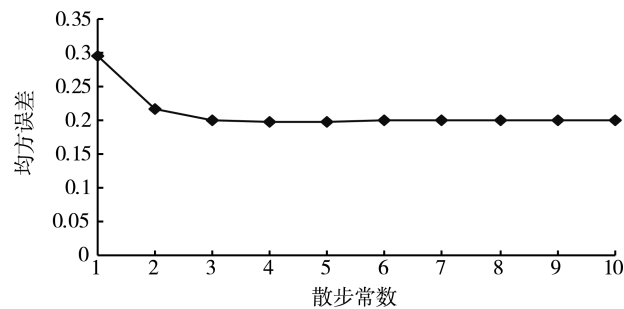


图 2 均方误差随散步常数变化
Fig.2 MSE with spread value changes

由图 2 变化可知，该实验 GRNN 模型选取的散步常数 Spread 最佳值选取为 3~10 均可。

1.3.5 GRNN 仿真颜色空间转换实验

仿真实验主要是基于 Matlab 软件编写程序，以先利用相关数据建立喷墨打印纸张的性能参数预测打印质量参数的 GRNN 模型，然后将仿真喷墨打印纸打印质量参数值与测量喷墨打印纸打印质量参数值进行大小比较，以检查该转换模型精度是否满足需求。

GRNN 模型调用格式为 "net=newgrnn (P,T,Spread)"。net 表示建立的网络模型；P 为 Q 组输入向量组成的 $R \times Q$ 维矩阵；T 为 Q 组输出向量组成的 $S \times Q$ 维矩阵；Spread 表示散步常数，仿真实验将 Spread 选取为 3.7（基于均方误差随散步常数变化的仿真实验，从中选取均方误差极小值所对应的散步常数值）。

2 结果和讨论

在测试 4 种喷墨打印纸性能参数值情况下，仿真实验统计样本对模型精度的影响分析，数据结果见表 3。

从表 3 可以看出，测试色块中建模得到的最小

平均色差值为 4.7215，最大平均色差值为 4.8638，这完全符合国家标准中规定的普通印刷品色差的误差范围是在 6 个标准色差单位以下的要求。同时模型给出的预测值与试验值之间相对误差的绝对值均小于 15%，表明预测值在可接受范围内，该模型可用于对喷墨打印质量的预测。

表 3 GRNN 模型仿真精度数据
Tab.3 GRNN model simulation accuracy data

纸张类型	色差平均值 实测值	色差平均值 预测值	相对误差/%
7 [#]	4.47	4.8638	-8.81
8 [#]	5.32	4.7766	10.21
9 [#]	4.74	4.7700	-0.63
10 [#]	4.14	4.7215	-14.05

3 结语

文中的实验建立了由喷墨打印纸印刷适性预测相应打印质量色差参数模型，从而定量描述纸张表面特性对印刷品质量的影响，为选纸提供试验及理论依据。同时实验中因为测试样本不包含训练样本，所以预测结果具有普遍意义。实验还有一些不足之处，如客观上受到实验条件的限制（除了 Epson 7880C 外，几乎没有其他喷墨打印设备可供选择和比较）导致实验有一定的局限性，打印质量指标也仅选择 1 个使其代表性略有不足，同时也没有使色彩管理的最大功能发挥出来^[19]等。

参考文献：

- [1] 肖根生. 喷墨打印纸的主要性能及工艺优化措施[J]. 印刷质量与标准化, 2013(1): 54—57.
XIAO Gen-sheng. The Main Performance and Process Optimization of Ink Jet Printing Paper[J]. Printing Quality and Standardization, 2013(1):54—57.
- [2] 李洒, 减永华, 许英, 等. 高得率浆含量对有光铜版纸性能的影响分析[J]. 中国印刷与包装研究, 2012, 4(2): 51—56.
LI Sa, JIAN Yong-hua, XU Ying, et al. High Yield Pulp Content on the Properties of Coated Paper from Light Effect Analysis[J]. China Printing and Packaging Research, 2012, 4(2): 51—56.
- [3] 刘世昌. 印品质量检测与控制[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2000.
LIU Shi-chang. Quality Inspection and Control[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2000.
- [4] 陈双莲, 陈广学, 屈贞财, 等. 喷墨打印纸印刷适性

- 预测模型的研究[J]. 中国造纸学报, 2011, 26(4): 9—12.
- CHEN Shuang-lian, CHEN Guang-xue, QU Zhen-cai, et al. Research on the Predictive Model of the Predictive Model of the Printing Paper for Inkjet Printing[J]. Chinese Journal of Paper, 2011, 26(4): 9—12.
- [5] 李雪, 陈蕴智. 基于灰技术的高光彩喷纸打印质量综合评价[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 30—33.
- LI Xue, CHEN Yun-zhi. Comprehensive Evaluation of High Gloss Spray Printing Quality Based on Grey Technology[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(12): 30—33.
- [6] 陈蕴智, 徐婧. 基于灰评估技术评价喷墨打印纸质量[J]. 中国造纸学报, 2012, 27(1): 31—35.
- CHEN Yun-zhi, XU Jing. Evaluation of Quality of Ink Jet Printing Paper Based on Grey Evaluation Technique[J]. Chinese Journal of Paper Making, 2012, 27(1): 31—35.
- [7] SPECHT D F. A General Regression Neural Network[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 1991, 2(6): 568—576.
- [8] 飞思科技产品研发中心. 神经网络理论与 Matlab7 实现[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- Technology Product Research and Development Center. Neural Network Theory and Matlab7[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2005.
- [9] ABIRAMI S, RAMALINGAM V, PALANIVEL S. Species Classification of Aquatic Plants Using GRNN and BPNN[J]. AI & Society, 2014, 29(1): 45—50.
- [10] 孙静. 基于数码打样的 CMYK 与 L_a_b_颜色空间转换方法的研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
- SUN Jing. Research on the Color Space Conversion Method of CMYK and L_a_b_ Based on Digital Proofing[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008.
- [11] SU I J, TSAI C C, SUNG W T. Comparison of BP and GRNN Algorithm for Factory Monitoring[J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 52(4): 2105—2110.
- [12] ZHANG Bai-hua. Prediction of Freight Ability in Country Base on GRNN[J]. AI & Society, 2011(6): 525—531.
- [13] 朱慧. 纸张性能与印刷适性关系的建模研究[J]. 包装工程, 2012, 33(19): 117—121.
- ZHU Hui. Modeling Research on the Relationship between Paper Properties and Printing Suitability[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(19): 117—121.
- [14] 黄学林, 蒋文燕. 纸张表面特性对数字印刷色彩再现的影响[J]. 中国造纸, 2014, 33(12): 29—32.
- HUANG Xue-lin, JIANG Wen-yan. Effect of Surface Characteristics of Paper on Color Reproduction of Digital Printing[J]. Chinese Paper, 2014, 33(12): 29—32.
- [15] 屈贞财, 陈广学. 喷墨纸印刷适性评价体系的研究[J]. 中华纸业, 2012, 33(2): 47—50.
- QU Zhen-cai, CHEN Guang-xue. Inkjet Paper Printability Evaluation System Research[J]. The Chinese Paper Industry, 2012, 33(2): 47—50.
- [16] 全国印刷标准化技术委员会. 常用印刷标准解读[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2005.
- The National Standardization Technical Committee Printing. Common Printing Standard Interpretation[M]. Beijing: Printing Industry Publishing House, 2005.
- [17] 洪亮, 李瑞娟. 基于粒子群算法优化 BP 神经网络的色彩空间转换[J]. 包装工程, 2014, 35(9): 105—109.
- HONG Liang, LI Rui-juan. Based on Particle Swarm Optimization Algorithm for Optimization of BP Neural Network in the Color Space Conversion[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(9): 105—109.
- [18] 洪亮, 楚高利, 邓倩, 等. 广义回归神经网络在显示器颜色空间转换中的应用[J]. 包装工程, 2015, 36(15): 145—148.
- HONG Liang, CHU Gao-li, DENG Qian, et al. Generalized Regression Neural Network in the CRT Monitor Color Space Conversion Application[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(15): 145—148.
- [19] 朱志伟, 陈广学, 陈奇峰, 等. 喷墨打印纸表面特性对色彩复制的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 109—112.
- ZHU Zhi-wei, CHEN Guang-xue, CHEN Qi-feng, et al. Effect of Surface Characteristics of Ink Jet Printing Paper on Color Reproduction[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 109—112.