

基于 v4 插值算法的墨量在线检测研究

杨 华, 刘 真

(南京林业大学 江苏省制浆造纸科学与技术重点实验室, 南京 210037)

摘要: 采用 IGT 模拟平版印刷的实验, 建立了 3 种墨层厚度与光学密度的转换模型, 依据模型的 MAE 和 RMSE 值, 采用 T-E 模型, 获得了多种油墨纸张组合的最佳墨层厚度范围。通过 v4 插值算法建立了 CCD 响应值与墨层厚度范围的三维模型, 以实现墨量在线检测, 并以测试样张的 CCD 响应值是否对应于最佳墨层厚度范围, 验证了模型的准确性。

关键词: 墨量检测; 墨层厚度; v4 插值算法

中图分类号: TS805; TS807 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0102-03

Research on Ink On-line Testing Based on v4 Interpolation Algorithm

YANG Hua, LIU Zhen

(Jiangsu Provincial Key Lab of Pulp and Paper Science and Technology, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: Three kinds of ink film thickness and optical density conversion model were established through simulating offset print with IGT. According to the MAE and RMSE values, by using Tollenar-Erns model, the best range of ink film thickness of different paper and ink's combination were solved. A three dimensional model of CCD signal acquisition values and ink film thickness was set up by using v4 interpolation algorithm to realize ink on-line testing. The model's accuracy was validated by testing sample's CCD signal acquisition values on the correspondence to the best range of ink film thickness.

Key words: ink testing; ink film thickness; v4 interpolation algorithm

在印刷生产中, 对印刷墨量进行检测是控制印刷品质的重要方法。由于检测时需要紧贴印刷品, 使用密度计进行检测的传统方法只能由人工离线完成, 这就使得墨量异常现象的发现严重滞后, 造成大量废品的增加, 因此, 利用 CCD 在线检测墨量已经成为印刷墨量检测的发展方向。

由于印刷品图文面积是固定的, 而且图文是由黄、品、青、黑四原色油墨叠印构成的, 因此, 印刷品墨量的检测就是对四原色墨层厚度的检测。首先分析比较 3 种墨层厚度与光学密度的转换模型, 选定一种转换模型并由此模型得出四原色最佳墨层厚度; 然后利用 v4 算法建立墨层厚度与 CCD 响应值之间的三维关系模型; 最后结合得到的最佳墨层厚度范围对模型进行验证。

1 墨层厚度与光学密度转换模型的分析与比较

常用的转换模型有以下 3 种^[1-2]:

$$D = D_s(1 - e^{-mw}) \quad (1)$$

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{D_s} + \frac{1}{wm} \quad (2)$$

$$R = R_s + \frac{1}{wm} \quad (3)$$

式(1)被称作 Tollenar-Erns 模型, 简称 T-E 模型; 式(2)被称作 Calabro-Mercatucci 模型, 简称 C-M 模型; 式(3)被称作 Blom-Conner 模型, 简称 B-C 模型。 D 和 R 分别为光学密度和反射率; 下标 s 为饱和状态; w 为墨层厚度; m 为常数值。

对于不同的纸张和油墨, D_s 与 m 是不同的, 因

收稿日期: 2011-05-20

作者简介: 杨华(1985—)男, 河南人, 南京林业大学硕士生, 主要从事印刷数字资产库、印刷品质量控制研究。

此,使用 IGT 在长鹤 128 g/m²,神盾 157 g/m²,长鹤 205 g/m² 3 种光面铜版纸带上印制 20 组不同墨层厚度的黄(Y),品(M),青(C),黑(K)色块,从中挑选 10 组印制均匀、形状规则的色块,测量纸带印刷前后的质量 m_1, m_2 以及色块面积 s ,再用分光光度计测量色块的实地密度值。各色油墨的密度 ρ 可由供应商提供,因此由式(4)求得各色块的墨层厚度,即:

$$w=\frac{m_1-m_2}{\rho s}$$

(4)

$$D_s=\lg \frac{1}{R_s}$$

(5)

在 Matlab 软件中,用最小二乘法进行曲线拟合,并使用 FMINBND(FUN, x_1, x_2)函数求得其 D_s 值,再根据光学密度与反射率的对应关系,即式(5),得到 R_s ,结果见表 1。

得到饱和状态下的密度值和反射率后,再将 10 组光学密度值与墨层厚度值带入,反推出其 m 值,这样 3 种模型中的参数全部得出。

为了比较 3 种模型的准确性和稳定性,使用如下 2 个性能指标^[3]:

$$\text{平均绝对误差: } MAE=\frac{1}{M} \sum_{i=1}^n \left| D_i-\hat{D}_i \right|$$

表 2 不同定量铜版纸各模型的 m 值、MAE 与 RMSE

Tab.2 The m , MAE and RMSE of all models on coated paper of different ration

铜版纸	128 g/m ²			157 g/m ²			205 g/m ²		
	m	MAE	RMSE	m	MAE	RMSE	m	MAE	RMSE
T-E 模型 K 油墨	1.13	0.21	0.273	1.42	0.22	0.338	1.29	0.17	0.248
C-M 模型 K 油墨	3.11	0.21	0.237	3.27	0.30	0.329	3.24	0.37	0.396
B-C 模型 K 油墨	21.51	0.21	0.246	15.61	0.39	0.436	15.09	0.57	0.615
T-E 模型 Y 油墨	1.08	0.034	0.053 2	1.13	0.099	0.134	0.92	0.11	0.159
C-M 模型 Y 油墨	3.21	0.071	0.08	3.13	0.11	0.126	3.08	0.14	0.176
B-C 模型 Y 油墨	7.56	0.15	0.161	7.99	0.19	0.223	7.74	0.16	0.183
T-E 模型 M 油墨	0.87	0.23	0.029 3	0.91	0.24	0.328	0.72	0.18	0.239
C-M 模型 M 油墨	3.19	0.24	0.294	3.04	0.25	0.317	2.93	0.22	0.279
B-C 模型 M 油墨	2.54	0.44	0.502	2.69	0.69	0.758	2.79	0.39	0.455
T-E 模型 C 油墨	0.99	0.15	0.020 3	0.84	0.22	0.267	0.94	0.12	0.169
C-M 模型 C 油墨	2.97	0.17	0.196	3.32	0.25	0.282	3.19	0.15	0.175
B-C 模型 C 油墨	5.09	0.36	0.402	3.84	0.39	0.461	3.69	0.36	0.394

通过表 2 中的 MAE 值和 RMSE 值可以看出,T-E 模型在准确性和稳定性上都优于其他 2 种模型,因此,采用 T-E 模型获得其最佳膜层厚度范围。

2 基于 v4 差值算法的墨量检测模型

2.1 v4 差值算法

v4 差值算法又称为基于双调和格林函数的插值

表 1 不同纸张油墨组合的 D_s 与 R_s

Tab.1 The D_s and R_s of different combination of paper and ink

纸张油墨类型	D_s	R_s
128 g/m ² 铜版纸 K 油墨	1.58	0.026 3
128 g/m ² 铜版纸 Y 油墨	1.17	0.067 6
128 g/m ² 铜版纸 M 油墨	1.49	0.032 4
128 g/m ² 铜版纸 C 油墨	1.59	0.025 7
157 g/m ² 铜版纸 K 油墨	2.01	0.009 8
157 g/m ² 铜版纸 Y 油墨	1.40	0.039 8
157 g/m ² 铜版纸 M 油墨	1.83	0.014 8
157 g/m ² 铜版纸 C 油墨	1.57	0.026 9
205 g/m ² 铜版纸 K 油墨	2.21	0.006 2
205 g/m ² 铜版纸 Y 油墨	1.19	0.064 6
205 g/m ² 铜版纸 M 油墨	1.51	0.030 9
205 g/m ² 铜版纸 C 油墨	1.32	0.047 9

$$\text{均方根误差: } RMSE=\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(D_i-\hat{D}_i \right)^2}$$

式中: D_i 和 $\hat{D}_i$ 分别为实地密度的实际测量值与由最小二乘公式带入得到的期望值,MAE 和 RMSE 的具体数值见表 2。

算法,其差值曲面是以各样点为中心的格林函数的线性组合,通过调节各点的权重来使曲面通过各样点^[4]。

在平面中,对于一个经过 N 个样点的曲线来说,由于各点满足双调和条件,可得到:

$$\frac{d^4 w}{d x^4}=\sum_{j=1}^N \alpha_j \delta\left(x-x_j\right)$$

(6)

对式(4)进行4次积分得到:

$$w(x)=\sum_{j=1}^N\alpha_j\phi_m(x-x_j)$$

(7)

平面空间的格林函数见表3,将 N 个点的 x 值和

表3 各维条件下的格林函数

Tab.3 The Biharmonic Green Function in different dimension

维数 m	格林函数 $\phi_m(x)$
1	$ x ^3$
2	$2 x (\ln x -1)$
3	$ x $

$w(x)$ 带入得到权重值 α_j ,再将权重值带入式(7),就得到了这平面上的差值曲线。将此方法推广到三维空间里,就是求多个切面的差值曲线,然后多条曲线组成的网格集合就是所求曲面,其曲线在墨量检测模型中代表相应的RGB值所对应的一个截面上的密度曲线,即 $w(x)$ 值就代表了密度值。

2.2 应用v4差值算法建立墨量检测模型

在The Judge II标准光源下,固定拍摄高度,用Nikon D100数码相机拍摄挑选出的10组色块,得到数码相机的RGB值,最后用色品公式将RGB转换为 $rgb^{[5-6]}$,这样CMY的墨层厚度只对应了除其补色的2个值, K 的墨层厚度可以对应其任意2个值。

调用Matlab工具中的griddata(...,'v4')与mesh(x,y,z)函数,生成经过v4插值运算的三维曲面^[7],得到三维图像见图1。

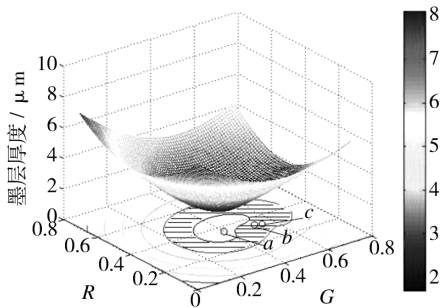


图1 128 g/m²铜版纸黄油墨层厚度和RGB值的三维关系
Fig.1 Three-dimensional diagram of ink film thickness and the RGB values of yellow ink printed on 128 g/m² coated paper

2.3 墨量检测模型的验证

图1中阴影部分是由T-E模型得到的最佳墨层厚度范围映射到底面的区域。选用3条已知墨层厚度的样条: $a(156,145,24)$, $b(160,145,14)$, $c(158,142,14)$,其中 a 的墨层厚度处于最佳墨层厚度之外,

b 与 c 处于其中。由图1可以看出,将3点的RGB值经过色品公式转换,标出其在底面的位置,3点均处于其理论位置,同理,在其他纸张油墨模型中,测试点也均处于正确位置,证明模型准确^[8]。

3 结语

分析比较了3种墨层厚度与光学密度转换模型,并选定了准确性和稳定性都较高的T-E模型,求得各油墨纸张组合的最佳墨层厚度范围,并以此为基础通过v4插值算法,建立了墨层厚度与CCD响应值之间的三维转换模型,最后经过验证证明此转换模型具有较高的准确性。在实际生产中,由于油墨纸张的种类繁多,不同型号甚至不同批次的CCD对同样颜色都会有不同的响应值,因此,构建的模型只对文中特定的实验条件成立,但是其构建方法是可行的,可以为CCD在线检测墨量产品的设计提供理论依据。

参考文献:

[1] 李茂斌,张海燕. 墨层厚度与实地比重关系数学建模[J]. 包装工程,2007,28(10):121-123.

[2] 郑允,吕新广,宋兵. 包装印刷墨层厚度与密度的关系[J]. 包装工程,2004,25(3):161-163.

[3] STREEFLAND Wilbert. Measuring and Evaluating Ink Film Thickness Data[J]. International Paper Board Industry,2005,48(12):26-29.

[4] SANDWELL D. Biharmonic Spline Interpolation of GEOS-3 and Seasat Altimeter Data[J]. Geophysical Research Letters,1987,14(2):139-142.

[5] 王学美,唐万有,陈婧. 墨层厚度与实地密度关系的研究[J]. 包装工程,2009,30(3):93-95.

[6] 赵美京,吕新广,孙艳. 固定墨层厚度色样的精确印制方法[J]. 包装工程,2008,29(10):126-127.

[7] 刘宏友. MATLAB6. X符号运算及其应用[M]. 北京:北京机械工业出版社,2003.

[8] 刘真,杨华. 基于Calabro-Mercatucci模型的CCD在线检测印刷墨量的研究[J]. 中国印刷与包装研究,2010,2(11):193-195.