فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد 29، شمارهٔ 1، صفحهٔ 22 12، (1393)

انتخاب و تعیین میزان عوامل مؤثر بر کیفیت چاپ کاغذهای بسته‌بندی با استفاده از طراحی آزمایش‌ها

حسین شهبازی

- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشکده صنایع مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین
پست‌الکترونیک: Hosseinshahbazi1391@yahoo.com

تاریخ دریافت: شهریور 1391 تاریخ پذیرش: اسفند 1392

چکیده

امروزه بسته‌بندی‌های نامطلوب و نامناسب نقش زیادی در کاهش فروش محصولات دارد. متأسفانه در صنایع کارتن‌سازی ایران سطح شناخت و تنوع روش‌های چاپی آنقدر پایین است که منجر به بسته‌بندی‌های نامطلوب می‌شود. برخی تولیدکنندگان به همین علت محصولات صادراتی خود را جهت چاپ بسته‌بندی به خارج می‌فرستند. به‌منظور دستیابی به کیفیت مطلوب چاپ کاغذهای بسته‌بندی چهار عامل زبری کاغذ، گرانروی (ویسکوزیته) جوهر، گرایندومتر (قطرات ذرات جوهر حل نشده) جوهر و ضخامت کاغذ بررسی شد. آزمایش برای بررسی عوامل مؤثر در دو سطح اجرا گردید. آزمایش به روش طراحی آزمایش‌ها انجام شده و کفایت مدل رضایت‌بخش تشخیص داده شد. مشخص شد که تأثیر گرانروی، زبری کاغذ، ضخامت کاغذ، عوامل همزمان گرانروی و زبری کاغذ و همچنین تأثیر همزمان گرانروی، زبری کاغذ و ضخامت کاغذ به صورت معنی‌داری مؤثر هستند. همچنین درصد تأثیر هر یک از عوامل با محاسبه مقابله و اثر پارامترها در میزان پوشش جوهر بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: چاپ، کاغذ، بسته‌بندی، طراحی آزمایش‌ها.

مقدمه

بیش از دویست هزار قلم کالا در حال تولید در ایران هستند که بسته‌بندی[1] لازم دارند و بیش از بیست هزار قلم آنها اصلاً خود بسته‌بندی هستند (Norani, 2005). بسته‌بندی‌های نامطلوب نقش زیادی در کاهش فروش محصولات دارد. متأسفانه در صنایع کارتن‌سازی ایران سطح شناخت و تنوع روش‌های چاپی آنقدر پایین است که منجر به بسته‌بندی‌های نامطلوب می‌شود. برخی تولیدکنندگان به همین علت محصولات صادراتی خود را جهت چاپ بسته‌بندی به خارج می‌فرستند. در چاپ بسته‌بندی علاوه بر ویژگی و کیفیت مواد اولیه، فناوری‌های نوین بکار رفته در فرایندهای مختلف چاپ نیز تأثیر زیادی دارند. کیفیت مواد اولیه نامرغوب باعث ارائه بسته‌بندی‌های نامطلوب می‌شود و از طرفی به دلیل همین حساسیت‌ها، به تخصص بالاتری نیاز است. البته بخشی از معادلات بازار به چاپ بسته‌بندی وابسته است. به‌طوری‌که برای دستیابی به کیفیت مطلوب چاپ،

1 Packaging

Archive of SID
www.SID.ir

انتخاب مواد اولیه با ویژگی‌های مناسب یکی از مهمترین مسائل صنعت چاپ است.

برای دستیابی به کیفیت مطلوب چاپ باید تمامی عوامل مؤثر در میزان پوشش جوهر مورد بررسی قرار گیرد. در تحقیق Aspler & Lyne (1985) کاغذی را برای چاپ مناسب دانسته‌اند که تمایل به پذیرش جوهر داشته و دارای منافذی است تا جوهر در آن نفوذ کرده و از گسترش آن تا اندازه مورد لزوم جلوگیری نماید. در بسیاری از تحقیقات تنها یک عامل بررسی شده است. در تحقیق Heard و همکاران (2004) تنها توزیع جوهر در چاپ کاغذهای پوشش‌دار با استفاده از تکنیک متمرکز کردن اشعه‌های یونی بررسی شده است. در تحقیق Bergman و همکاران (2005) نیز تنها تفکیک رنگ جهت ارزیابی کیفیت چاپ بررسی شده است.

در تحقیق Bulow و همکاران (2002) نیز عمق نفوذ و توزیع رنگ‌دانه با اتوزنی کاغذ بررسی شده است، که اندازه رنگ‌دانه را در عمق نفوذ جوهر مؤثر دانسته‌اند. Dushmantha و همکاران (2006) اثرات متقابل اندازه سطح کاغذ و قطره مایع و همچنین فعل و انفعالات کاغذ و مایع در طی برخورد قطره روی سطوح کاغذ را بررسی کرده و حجم قطرات و زاویه برخورد قطرات را مؤثر دانسته‌اند. در تحقیق Amiri و همکاران (2010) نیز عوامل مؤثر در چاپ کاغذهای بسته‌بندی بررسی شده است و عواملی مثل زبری کاغذ، گرایند و متر و اثر متقابل آنها در بهبود کیفیت چاپ و میزان چگالی را مؤثر دانسته‌اند. در تمامی تحقیقات اشاره شده فوق، ضخامت کاغذ که بسیار تأثیرگذار است، به‌عنوان یک عامل مؤثر در نظر گرفته نشده است.

ضخامت کاغذ دارای ویژگی و خصوصیاتی است که بر عوامل کاغذی مثل زبری کاغذ، براقیت، مقاومت به عبور هوا و دانسیته[1] اثر می‌گذارد. همچنین ضخامت کاغذ بر عوامل جوهری مثل گرانروی و قطر ذرات جوهر حل نشده نیز اثرگذار است. اثرات متقابل ضخامت کاغذ با هر یک از عوامل کاغذی و عوامل جوهری، بر میزان پوشش جوهر و کیفیت چاپ کاغذهای بسته‌بندی اثر می‌گذارد.

برای بررسی کیفیت چاپ از شاخص لوپ[2] و میزان پوشش جوهر استفاده می‌شود. پوشش مناسب جوهر بر روی کاغذهای بسته‌بندی نقش مؤثری در فروش محصولات دارد. ولی میزان پوشش جوهر روی کاغذهای بسته‌بندی را می‌توان با استفاده از روش‌های آماری بهبود داد. روش‌های آماری متعددی برای بهبود فرایندهای تولید وجود دارند. یکی از مهمترین روش‌های آماری، روش طراحی آزمایش‌ها[3] است. طراحی آزمایش‌ها برای تعیین ارتباط بین عوامل مؤثر یک فرایند و خروجی‌های آن فرایند استفاده می‌شود. در تحلیل نتایج حاصل از این آزمایش، عواملی که تأثیر قابل توجهی در نتایج دارند، شناسایی می‌شوند.

با توجه به تحقیقات انجام شده میزان پوشش جوهر بیش از سه عامل با استفاده از طراحی آزمایش‌ها مورد بررسی قرار نگرفته است، در این تحقیق میزان پوشش جوهر با در نظر گرفتن چهار عامل گرانروی، گرایند و متر، ضخامت و زبری کاغذ و همچنین با فرض ثابت بودن بقیه عوامل بررسی می‌شود. در فرایند مورد مطالعه به صورت تجربی این چهار پارامتر به‌عنوان پارامترهای مهم و تأثیرگذار بر فرایند تشخیص داده شده است. این

1 Ðensity
2 -Loop
3 Ðesign Of Experiments

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق با استفاده از طراحی آزمایش‌ها جهت تعیین پارامترهای موثر بر فرایند مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین با استفاده از طراحی آزمایش‌ها مشخص شد که مقادیر بهینه هر کدام از پارامترهای مؤثر بر فرایند چه میزان است.

مواد و روش‌ها

از روش‌های طراحی آزمایش‌ها برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی فرایندها استفاده می‌شود. روش‌های طراحی آزمایش‌ها شامل طرح‌های عاملی کامل، عاملی جزئی و مرکب مرکزی است. طرح‌های عاملی، در مطالعه اثرات دو یا چند متغیر بر پاسخ فرایند مورد استفاده قرار می‌گیرند. در طرح عاملی کامل چنانچه هر متغیر دارای دو سطح باشد، تعداد آزمایش‌ها از رابطه 2^k بدست می‌آید که در آن k تعداد پارامتر است. استفاده از طرح عاملی کامل، رابطه خطی بین پارامترهای مستقل و پاسخ فرایند حاصل می‌شود.

زیاد شدن تعداد پارامترها، تعداد آزمایش‌های مورد نیاز برای طرح‌های عاملی کامل را افزایش می‌دهد. در بعضی مراحل اولیه پروژه‌های تحقیقاتی تعداد زیادی پارامتر بر پاسخ یک فرایند مورد بررسی قرار می‌گیرند. کاربرد طرح عاملی دو سطحی در چنین پروژه‌های تحقیقاتی، مفید است (Mosakhani *et al.*, 2011).

در این تحقیق طرح عاملی دو سطحی با چهار متغیر زبری کاغذ، گرانروی، گرایندومتر و ضخامت جهت بررسی و شناسایی عوامل مؤثر آزمایش شد. این چهار متغیر ازجمله متغیرهایی هستند که بر میزان پوشش جوهر کاغذهای بسته‌بندی تأثیر می‌گذارند.

به‌منظور بررسی تأثیر عوامل مورد مطالعه، آزمایش‌ها به صورت تصادفی اجرا شد. آزمایش با استفاده از طرح عاملی با چهار عامل زبری (A)، گرانروی (B)، گرایندومتر (C) و ضخامت (D) و هر کدام در دو سطح و با دو تکرار اجرا شد. سطح بالا (بیشترین مقداری که برای یک عامل می‌توان در نظر گرفت) و سطح پایین (کمترین مقداری که برای یک عامل می‌توان در نظر گرفت) هر کدام از عوامل در جدول 1 آورده شده است.

بعد از تنظیم هر طرح برای انجام چاپ ابتدا دو قطره جوهر با گرانروی و گرایند و متر منطبق بر طرح مورد آزمایش تهیه و بر کاغذ مربوطه چکانده شد. در ادامه میزان پوشش جوهر با استفاده از شاخص لوپ (امتیاز بین صفر تا بیست) اندازه‌گیری شد. نتایج در جدول 2 آورده شده است.

جدول 1 سطوح عوامل مختلف

سطح	گرانروی(A) (µm)	زبری کاغذ(B) (شاخص دستگاه فورد کاپ)	گرایندومتر(C) (µm)	ضخامت(D) (mm)
پایین (-1)	30 35	6	3	0/4
بالا (+1)	55 60	11	8	0/8

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 2 میزان پوشش جوهر به ازای سطوح مختلف مورد بررسی

ردیف	طرح	اجرا	متغیرهای مستقل				متغیر وابسته	تکرار اول (شاخص لوپ)	تکرار دوم (شاخص لوپ)
			A	*B*	*C*	*D*			
1	(1)	10	-1	-1	-1	-1		18	19
2	*a*	7	+1	-1	-1	-1		13	14
3	*b*	3	-1	+1	-1	-1		19	18
4	*ab*	9	+1	+1	-1	-1		15	15
5	*c*	6	-1	-1	+1	-1		18	19
6	*ac*	2	+1	-1	+1	-1		17	16
7	*bc*	5	-1	+1	+1	-1		19	19
8	*abc*	4	+1	+1	+1	-1		16	15
9	*d*	12	-1	-1	-1	+1		18	19
10	*ad*	16	+1	-1	-1	+1		15	14
11	*bd*	8	-1	+1	-1	+1		17	18
12	*bad*	1	+1	+1	-1	+1		19	17
13	*cd*	14	-1	-1	+1	+1		19	18
14	*acd*	15	+1	-1	+1	+1		14	13
15	*bcd*	11	-1	+1	+1	+1		18	18
16	*abcd*	13	+1	+1	+1	+1		17	18

نتایج

رویکرد کلی تحلیل آماری طرح 2^K به صورت زیر است.

1 برآورد اثرهای عامل، مقابله و ضریب متغیر
2 شکل اولیه مدل
3 انجام تست‌های آماری
4 تصحیح مدل (مدل نهایی)
5 تحلیل مانده‌ها
6 تحلیل نتایج

برآورد اثرهای عامل، مقابله و ضریب متغیر

در جدول 3 نتایج محاسبه مقابله[1]، اثرهای عامل و ضریب متغیر به صورت مختصر آورده شده است. ضریب متغیرهای کد شده برای تخمین ضرایب مدل رگرسیون[2] استفاده می‌شود.

1- Contrast
2- Regression

Archive of SID
www.SID.ir

جدول 3 علامت‌های جبری برای محاسبه اثرهای عاملی در طرح 2^4

طرح	متغیرهای مستقل														
	A	*B*	*AB*	*C*	*AC*	*BC*	*ABC*	*D*	*AD*	*BD*	*ABD*	*CD*	*ACD*	*BCD*	*ABCD*
(1)	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+
a	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-
b	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-
ab	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
c	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-
ac	+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+
bc	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
abc	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
d	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-
ad	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
bd	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+
bad	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
cd	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
acd	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
bcd	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
abcd	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
مقابله	46	14	18	6	2	2	6	21	10	10	18	10	10	6	6
اثر	2/87	0/87	1/12	0/37	0/12	0/12	0/37	1/37	0/62	0/62	1/12	0/62	0/62	0/37	0/37
ضریب متغیر	1/44	0 /44	0/56	0/18	0/06	0/06	0/18	0/65	0/31	0/31	0/56	0/31	0/31	0/18	0/18

Archive of SID

www.SID.ir

شکل اولیه مدل

مدل اولیه به صورت زیر است.

$$\tilde{y} = ۱۶/۹۴ - ۱/۴۴ \times Xa + ۰/۴۴ \times Xb + ۰/۵۶ \times Xa \times Xb + ۰/۱۸ \times Xc + ۰/۰۶ \times Xa \times Xc + ۰/۰۶ \times Xb \times Xc - ۰/۱۸ \times Xa \times Xb \times Xc + ۰/۶۵ \times Xd + ۰/۳۱ \times Xa \times Xd + ۰/۳۱ \times Xb \times Xd + ۰/۵۶ \times Xa \times Xb \times Xd - ۰/۳۱ \times Xc \times Xd - ۰/۳۱ \times Xa \times Xc \times Xd + ۰/۱۸ \times Xb \times Xc \times Xd + ۰/۱۸ \times Xa \times Xb \times Xc \times Xd$$

انجام تست‌های آماری

آنالیز واریانس در جدول 4 به صورت خلاصه شده آورده شده است. خطای نوع اول 1٪ است و می‌بینیم که با توجه به $F_{0,01,1,16} = 4/49$ عامل A، B، D، AB و ABD به صورت معنی‌داری بر کیفیت پوشش جوهر مؤثر هستند. مدل براساس عوامل مؤثر پردازش شده است. مدل نهایی به صورت زیر است.

$$\tilde{y} = 16/94 - 1/44 \times Xa + 0/44 \times Xb + 0/56 \times Xa \times Xb + 0/65 \times Xd + 0/56 \times Xa \times Xb \times Xd$$

جدول 4 تحلیل واریانس

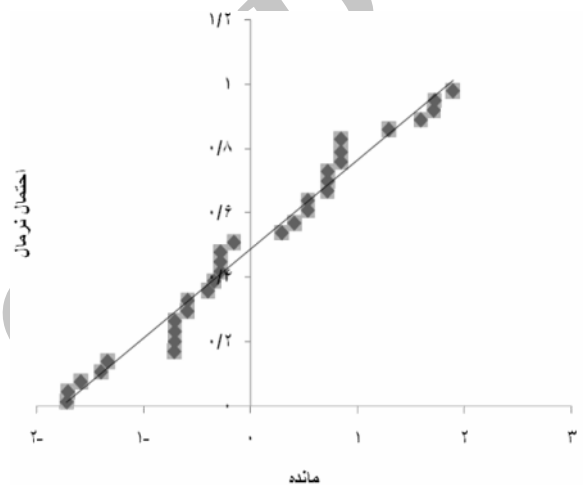
منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	*F*
A	66/12	1	66/12*	**48**/62
B	6/12	1	6/12*	4/51
AB	10/12	1	10/12*	**7**/44
C	1/12	1	1/12	0/**8**3
AC	0/12	1	0/12	0/09
BC	0/12	1	0/12	0/09
ABC	1/12	1	1/12	0/**8**3
D	13/12	1	13/12*	9/65
AD	3/12	1	3/12	2/29
BD	3/12	1	3/12	2/29
ABD	10/12	1	10/12*	**7**/44
CD	3/12	1	3/12	2/29
ACD	3/12	1	3/12	2/29
BCD	1/12	1	1/12	0/**8**3
ABCD	1/12	1	1/12	0/**8**3
خطا	21/**7**6	16	1/36	-
کل	140/32	31	4/53	-

Archive of SID

www.SID.ir

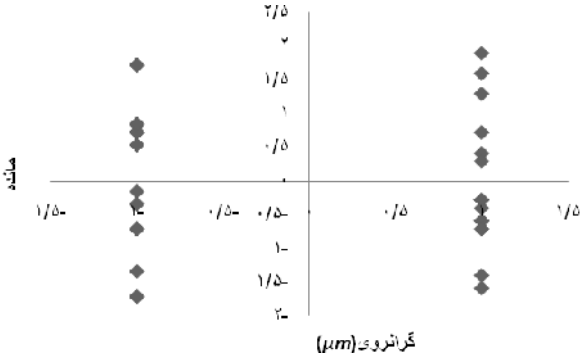
تحلیل مانده‌ها

قبل از پذیرفتن نتایج تحلیل واریانس و پردازش مدل نهایی، مانده‌های این آزمایش از لحاظ نرمال بودن، مستقل بودن، تصادفی بودن و برابر بودن واریانس بررسی شد. البته تمامی نمودارها رضایت‌بخش بود، بنابراین در اعتبار نتایج مشکلی وجود ندارد. نتایج این بررسی به صورت خلاصه شده در شکل‌های 1 تا 3 آورده شده است.



شکل 1 نمودار احتمال نرمال

شکل 2 نمودار مانده‌ها نسبت به نتایج پیش‌بینی شده



شکل 3 نمودار مانده‌ها نسبت به عامل (A)

شکل 1 نمودار احتمال نرمال مانده‌ها را نشان می‌دهد که نقاط حول یک خط هستند، در نتیجه مانده‌ها نرمال می‌باشند.

شکل2 نمودار مانده‌ها را نسبت به نتایج پیش‌بینی شده نشان می‌دهد؛ در این نمودار مانده‌ها مستقل و تصادفی هستند.

شکل 3 نمودار مانده‌ها را نسبت به عامل (A) نشان می‌دهد؛ در این نمودار مانده‌ها واریانس برابری دارند. در نمودار مانده‌ها نیز نسبت به سایر عوامل همین نتیجه حاصل شد.

تصحیح مدل (مدل نهایی)

نتایج بررسی کفایت مدل حکایت از این داشت که تحلیل مانده این مدل رضایت‌بخش است. بنابراین در اعتبار مدل اولیه مشکلی وجود ندارد، پس مدل اولیه همان مدل نهایی است.

Archive of SID

www.SID.ir

مدل پیش‌بینی به صورت زیر است.

$$\tilde{y} = 16/94 \;\; 1/44\times Xa+0/44\times Xb+0/56\times Xa\times Xb+0/65\times Xd+./56\times Xa\times Xb\times Xd$$

تمامی عوامل بین دو سطح بالا و پایین قرار دارند، پس محدودیت‌های مدل بشرح زیر است.

$$1\le Xa\le 1$$
$$1\le Xb\le 1$$
$$1\le Xc\le 1$$
$$1\le Xd\le 1$$

تحلیل نتایج

مدل پیش‌بینی میزان پوشش جوهر با توجه به محدودیت‌ها توسط نرم‌افزار لینگو[1] حل شد. خروجی نرم‌افزار لینگو در ضمیمه 1 آورده شده است. جواب بهینه این مدل در جدول5 آورده شده است.

جدول 5 جواب بهینه مدل

$\tilde{y}$	Xd	Xb	Xa
19/71	+1	1	1

متغیرهای کد شده در انتها به متغیرهای کد نشده تبدیل شد. در جدول 6 مقادیر بهینه متغیرهای اصلی (کد نشده) آورده شده است.

جدول 6 مقادیر بهینه متغیرهای کد نشده

$\tilde{y}$	Xd	Xb	Xa
/71 19	0/8	6	30 35

به‌منظور بدست آوردن بهترین نتایج باید عامل گرانروی جوهر در سطح پایین، عامل زبری کاغذ نیز در سطح پایین و عامل ضخامت کاغذ در سطح بالا تنظیم شود.

بحث

چهار عامل زبری کاغذ، گرانروی (ویسکوزیته)، گرایندومتر (قطرات ذرات جوهر حل نشده) و ضخامت جهت تعیین عوامل مؤثر با استفاده از روش‌های طراحی آزمایش‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. مشخص شد عامل گرانروی، زبری کاغذ، ضخامت، عوامل همزمان گرانروی و زبری کاغذ و همچنین عوامل همزمان گرانروی، زبری کاغذ و ضخامت مؤثر هستند. همچنین علاوه بر مشخص شدن عوامل مؤثر، میزان درصد تأثیر هر یک از عوامل نیز با محاسبه اثر پارامترها بدست آمد، و مشخص شد که عامل گرانروی جوهر بیشترین تأثیر را در بین عوامل مؤثر دارد.

در این تحقیق مشخص شد عامل زبری کاغذ بر میزان پوشش جوهر اثر می‌گذارد. در تحقیق Talaeipour و همکاران (2011) زبری کاغذ و ویژگی‌های مرکب بر خواص نوری کاغذهای بسته‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد زبری کاغذ به صورت معنی‌داری اثر نمی‌گذارد. در تحقیق Chegini و همکاران (2012) نیز ویژگی‌های کاغذ و مرکب براساس شاخص دانسیته چاپ بررسی شده است. در این تحقیق مشخص شد که زبری کاغذ بر شاخص دانسیته چاپ اثر نمی‌گذارد.

1 Łingo

Archive of SID

www.SID.ir

در تحقیقات ذکر شده عوامل کمی بررسی شده است. البته زیاد شدن تعداد عوامل، تعداد آزمایش‌های مورد نیاز برای طرح‌های عاملی کامل را افزایش می‌دهد. بیشتر شدن تعداد آزمایش‌ها دقت آزمایش را افزایش می‌دهد، همچنین مدل رگرسیون بدست آمده از آزمایش‌ها تا حدودی به واقعیت نزدیکتر است. در بعضی مراحل اولیه پروژه‌های تحقیقاتی تعداد زیادی پارامتر بر پاسخ یک فرایند مورد بررسی قرار می‌گیرند. کاربرد طرح عاملی دو سطحی در چنین پروژه‌های تحقیقاتی، مفید است (Mosakhani *et al.*, 2010). در این تحقیق عوامل زیادی مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج بدست آمده تا حدودی به واقعیت نزدیکتر است. پاسخ بدست آمده نیاز مدیران صنایع را در رابطه با بسته‌بندی مطلوب برآورده می‌سازد. پیاده سازی نتایج و پاسخ این آزمایش در صنعت باعث افزایش کیفیت چاپ کاغذهای بسته‌بندی و کاهش هزینه‌ها و به دنبال آن افزایش فروش را در پی خواهد داشت.

در تحقیقات آینده می‌توان چهار عامل گرانروی جوهر، گرایندومتر جوهر، ضخامت و زبری کاغذ را همزمان به صورت چند هدف، علاوه بر میزان پوشش جوهر، بر میزان چگالی آن نیز بررسی کرد. همچنین می‌توان این چهار عامل را بر روی خواص نوری کاغذهای بسته‌بندی بررسی کرد. البته این عوامل را می‌توان به صورت چند هدف، بر روی میزان پوشش جوهر و خواص نوری و دانسیته نیز بررسی کرد.

منابع مورد استفاده

-Amiri, M., Adibi, M. and Pourmousa, SH., 2010. Determination and optimization of the factors affecting print quality wrapping paper pack. Journal of Forest and Wood Products, 62(1): 11-21

-Bergman, L., Verikas, A., Bacauskiene, M., 2005. Unsupervised colure image Segmentation applied to printing quality assessment. Image and Vision Computing, 23(4): 417-425.

-Bulow, K., Kristiansson, B., Schuler, E., 2002. The penetration depth and lateral distribution of pigment related to the pigment grain size and the calendaring of paper. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 189(4): 308-314.

-Dushmantha, K., Zhang, H., Shen, W., 2006. Liquid-paper interaction during liquid drop impact and recoil on paper surfaces. Colloids surfaces A: Physicochemical and Engineering aspects, 280(3): 203-215.

-Heard, P., Prestons, D., Parsons, G., Cox, G. and Allen, H., 2004. Visualization of the distribution of ink components in printed coated paper using focused ion beam techniques. Colloids and Surfaces A: hysicochemical and Engineering Aspects, 244(1): 67-71.

-Lyne, B. and Aspler, G., 1985. Get Ink on paper. Tappi Printing, 86(5): 601-611.

-Malmirchegini, KH., Talaeipoor, M. and Pourmousa, SH., 2012, Effect of ink and paper characteristics on print quality in board-packaging industries on basis of measuring of print density index. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(1): 39-57

-Moses Khani, M., Amiri, M., Alaghehbandha, M. and Saeidi, D., 2010. Analysis and Design of Experiments by using response surface methodology approach. Scholars of Islamic Azad University of Qazvin, 422 pages.

-Norani, R., 2005. Opportunity and necessity package printing packaging printing and industrial development in the country. Monthly package printing industry classification, 2 (139): 51-39.

-Talaeipoor. M. and Malmirchegini, KH., 2010. Effect of ink and paper characteristics on optical properties of packaging papers. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(2): 325-334

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه: خروجی نرم افزار لینگو

Local optimal solution found at iteration: 33
Objective value: 19.71000

Variable	Value	Reduced Cost
Z	19.71000	0.000000
XA	-1.000000	0.000000
XB	-1.000000	0.000000
XD	1.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	19.71000	1.000000
2	0.000000	1.000000
3	0.000000	2.560000
4	2.000000	0.000000
5	0.000000	0.6800000
6	2.000000	0.000000
7	2.000000	0.000000
8	0.000000	1.210000

Archive of SID

www.SID.ir

Selection and determination of the effective factors on packaging paper print quality using design of experiments

Shahbazi, H.

-Master of Industrial Engineering, School of Mechanical Industry, Islamic Azad University, Qazvin, Iran
Email: hosseinshahbazi1391@yahoo.com

Received: Aug., 2012 Accepted: Feb., 2014

Abstract

In present competitive world, packaging has a significant effect on the rate of sale. Unfortunately, in Iran's packaging industry, the variation of printing methods is too low which leads to reduction in quality of packing and the amount of sale. Therefore, some manufactures prefer to send out their products to be packed. In this paper, to achieve an acceptable quality in printing the paper packaging, four factors of paper roughness, ink viscosity, grindometer (unresolved droplets of ink particles) ink and paper thickness were studied. Fractional factorial designs are used to evaluate the factors. Each factor is investigated in two levels. Based on obtained results, all the factors have a significant impact on response.

Key words: printing, packaging, design of experiment, roughness, ink viscosity, grindometer.

Archive of SID

www.SID.ir