

اندازه‌گیری و ارزیابی "قرارگیری طرح در جای خود" در چاپ دیجیتالی پارچه

حسین رضانی کبریاⁱ؛ محمدرضا باباییⁱⁱ؛ مسعود لطیفیⁱⁱⁱ

چکیده

چاپ منسوجات با روش جوهرافشان در مقایسه با روش‌های متداول دارای مزایای فراوانی از قبیل بدون تماس بودن، سرعت در طراحی، ویرایش و تعویض طرح، کیفیت قابل رقابت را دارا می‌باشد. در این پژوهش در آغاز امکان استفاده از چاپگر اداری موجود برای چاپ بر روی پارچه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر فرایند اتوکشی بر خصوصیات ترشوندگی پارچه مطالعه شد. سپس با انتخاب نمونه پارچه‌هایی با بافت و تراکم پودی متفاوت، اثر تراکم پودی بر "قرارگیری طرح در جای خود" ارزیابی گردید. بدین منظور چند الگوی چاپ طراحی شد. سپس الگوهای مورد نظر توسط چاپگر جوهرافشان منتخب بر روی کاغذ ساده و نمونه پارچه‌ها چاپ گردید. پس از تهیه تصاویر دیجیتالی، میزان برابری بین اشکال هندسی چاپ شده بر روی پارچه و کاغذ ساده به کمک برنامه رایانه‌ای در محیط نرم‌افزار Matlab و بر اساس الگوریتم همبستگی عرضی نرمال شده، اندازه‌گیری و بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که درصد همبستگی عرضی نرمال شده بین اشکال هندسی چاپ شده بر روی پارچه و کاغذ ساده کمی بیشتر از ۹۰٪ است که برابری خوبی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی

چاپ جوهرافشان منسوجات، کیفیت چاپ، ثبت طرح، تراکم پودی، همبستگی عرضی نرمال شده

Measurement and Evaluation of the Registration in Fabric Digital Printing

H. Ramzani Kebria; M.R. Babaei; M. Latifi

ABSTRACT

In recent years, there has been a rapid increase in research on ink-jet printing of textiles. Ink-Jet Printing technique, comparing the conventional methods, offers many benefits such as having a non-contact printing head, fast design, swift pattern changing, quick edit, unlimited repeat size, competitive quality and so on. In this study, the possibility of using an office paper printer as a fabric printer is investigated. The effect of ironing on the wicking property of fabric is considered. The relation between weft density and the registration of printed pattern is also studied. For this purpose, a series of geometric patterns was designed. The patterns were printed on plain papers and fabric samples by the selected ink-jet printer. The digital images of the printed samples were taken. An appropriate computer program in "MATLAB", based on "Normalized Cross Correlation" (NCC) algorithm, was developed and the level of coincidence of geometric shapes on the printed samples was measured. The acquired results show that the NCC index is more than 90 percent, which demonstrates a good accordance.

KEYWORDS

Ink-Jet Printing of Textiles, Print Quality, Registration, Weft Density, Normalized Cross Correlation

ⁱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی نساجی؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ Email: hrkebria@aut.ac.ir

ⁱⁱ استادیار دانشکده مهندسی نساجی؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ Email: babaei@aut.ac.ir

ⁱⁱⁱ استاد دانشکده مهندسی نساجی؛ دانشگاه صنعتی امیرکبیر؛ Email: latifi@aut.ac.ir

منظور از "ثبت"، قرار گیری هر رنگ بر جای خود مطابق طرح مورد نظر است، که می‌تواند به سه صورت (جدول (۱)) مورد بررسی قرار گیرد. گفتنی است که ثبت صحیح طرح در فرایند چاپ، امری ضروری است [۵].

منشاء ایجاد خطا در هر کدام از انواع سه‌گانه ثبت، نامنظم بودن چاپگر و مناسب نبودن لایه و جوهر (واکنش متقابل جوهر- پارچه) می‌باشد. جدول (۱) نوع خطای ثبت و منشاء آن را نشان می‌دهد.

جدول (۱): نوع خطای ثبت و منشاء آن

منشاء	نوع خطای ثبت
چاپگر: تنظیم نبودن سامانه‌های تغذیه و برداشت پارچه.	خطا در موقعیت چاپ تصویر روی سطح
چاپگر: تنظیم نبودن کلکی‌ها نسبت به همدیگر؛ پارچه: پخش شدگی رنگها به درون همدیگر به خاطر مناسب نبودن خصوصیات تر شوندگی پارچه.	خطا در ثبت رنگ- بر روی- رنگ
چاپگر: مسدود شدن بعضی از نازلها؛ پارچه: مناسب نبودن خصوصیات تر شوندگی پارچه و انتقال جوهر بیش از حد و تولید عیب.	خطا در لبه‌های شکله‌ها مربع نبودن گوشه‌ها

در چاپ رنگی وجود خطای ثبت بواسطه عیب در سامانه‌های مکانیکی اجتناب ناپذیر است. بر خلاف بهبود فناوری‌های چاپ دیجیتال، هنوز اغلب چاپگرها نتوانسته‌اند به ثبت دقیق دست یابند. با این وجود فناوری چاپ جوهرافشان، به خصوص در سرعت‌های پایین، دارای خطای ثبت بسیار کمتری نسبت به دیگر فناوری‌ها است [۶]. از طرفی ویژگی‌ها و مشخصات ثبت رنگ توسط چاپگر بر روی دیگر صفات کیفی چاپ مانند کیفیت حروف، خط و یکنواختی سطوح توپُر مؤثر است [۷].

خریداران چاپگرها، کیفیت چاپ را اولین دلیل انتخاب چاپگر بیان می‌کنند [۸]، کیفیت چاپ در پارچه‌های چاپ شده نیز نقش مهمی در قیمت و جلب نظر مشتری ایفا می‌کند [۹]. همچنین علاوه بر تنظیم نبودن بخش‌های مکانیکی چاپگر، مناسب نبودن پارچه مصرفی (بخصوص خصوصیات ترشوندگی) اهمیت فراوانی دارد.

در ادامه روش‌های اندازه‌گیری خطای ثبت و الگوهای چاپ مرتبط با هر یک از آن‌ها، معرفی می‌شود. بطور کلی، دو روش دستگاهی و دیداری برای بررسی خطای ثبت وجود دارد که البته اغلب پژوهش‌ها بر روی کاغذ صورت گرفته‌اند.

در سال‌های اخیر تحقیقات در مورد چاپ جوهرافشان بر روی منسوجات افزایش یافته است. چاپ جوهرافشان یک نوع فناوری چاپ بدون تماس است که در آن جوهر به ریزقطرات تبدیل می‌شود. این ریزقطرات بطور مستقیم و در موقعیت مشخصی بر روی لایه مورد نظر برای تولید تصویر شلیک می‌شود [۱]، [۲].

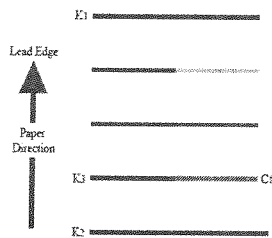
پژوهشگران معتقدند که فناوری‌های چاپ جوهرافشان به دو دسته عمده؛ سامانه پرتاب قطره به صورت مداوم^۱ و سامانه پرتاب قطره در صورت نیاز^۲، تقسیم می‌شوند. امروزه سازوکار مهمترین کلکی‌های چاپ^۱ بر اساس سامانه پرتاب قطره در صورت نیاز می‌باشد و به دو دسته‌ی عمده؛ حرارتی و پیروسرامیک تقسیم می‌شود. اما سامانه پیروسرامیک در صنعت نساجی بیشترین کاربرد را دارد. چراکه دارای مزایایی از قبیل کنترل بیشتر بر روی ریز قطره‌های تولیدی، سرعت تولید بیشتر نسبت به روش حرارتی و محدودیت کمتر در نوع جوهر مصرفی است [۱]، [۲]، [۳].

در حال حاضر مهمترین فناوری چاپ دیجیتال برای منسوجات، روش جوهرافشان است و کاربرد "نمونه‌گیری و تولیدات با حجم کم" آن بسیار قابل توجه می‌باشد. برای گسترش کاربرد چاپ جوهرافشان به تولیدات با حجم زیاد، به بهبود سرعت تولید، تعدیل در هزینه تجهیزات و بالابردن کیفیت چاپ نیاز است [۴].

کیفیت چاپ در چاپ جوهرافشان به واکنش متقابل جوهر و پارچه وابسته است. در همین ارتباط پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه چاپ کاغذ صورت گرفته، اما منسوجات رفتار متفاوتی نسبت به کاغذ دارند [۴].

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که قیمت چاپگرهای جوهرافشان ویژه چاپ پارچه گران است. لذا در این پژوهش، در آغاز امکان استفاده از چاپگرهای اداری موجود مورد بررسی قرار گرفت و سپس نظر به اهمیت ثبت^۵ در چاپ پارچه میزان تطابق اشکال هندسی چاپ شده با اشکال هندسی طراحی شده در چند نمونه با تراکم پودی مختلف توسط الگوریتم همبستگی عرضی نرمال شده (NCC)؛ مطالعه شد. بدین منظور ابتدا خطای ثبت و روش‌های ارزیابی آن در چاپ کاغذ بررسی گردید و با توجه به امکانات موجود، چاپگر جوهرافشان اداری مناسب انتخاب شد. سپس الگوهای چاپ طراحی شده، بر روی کاغذ ساده و نمونه پارچه‌هایی با ویژگی‌های ساختاری متفاوت در شرایط مشابه و توسط چاپگر منتخب چاپ گردید.

۱-۲- روش‌های دیداری



شکل (۲): الگوی چاپ برای بررسی خطای ثبت [۷]

آنچه تا به حال بیان شد، نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در مورد چاپ کاغذ بوده است. اما توانایی و همکاران [۹] روشی برای تشخیص جابه‌جایی رنگ در پارچه‌های چاپ شده توسط شابلون، پیشنهاد کردند. در این روش از الگوریتم همبستگی عرضی نرمال شده سریع که از روش‌های زیر مجموعه ثبت و انطباق تصاویر است، استفاده می‌شود. این پژوهشگران بوسیله پوششگر تخت تصاویر دیجیتالی از پارچه چاپ شده تهیه نمودند و سپس تصاویر دیجیتالی را از حالت رنگی (RGB) به سطوح خاکستری تبدیل کردند. آن‌ها معتقدند اگرچه در حالت مقیاس خاکستری بعضی از اطلاعات رنگ حذف می‌شود اما این روش کاستی‌های معمول در پارچه‌های چاپ شده را بهتر از حالت رنگی تشخیص می‌دهد. و در پایان درصد همبستگی تصاویر دیجیتالی پارچه چاپ شده را با تصویر مرجع به کمک الگوریتم NCC تخمین زدند.

۲-۳- الگوریتم همبستگی عرضی نرمال شده (NCC)

الگوریتم همبستگی عرضی نرمال شده (NCC) بصورت گسترده‌ای در ماشین بینایی استفاده می‌شود و به عنوان شاخصی برای ارزیابی درجه تشابه بین دو تصویر به کار می‌رود. مهم‌ترین برتری این الگوریتم، حساسیت اندک آن به تغییرات روشنایی (بطور مثال تغییر منبع نوری و شدت روشنایی آن) می‌باشد. محدوده‌ی مقدار این همبستگی بین اعداد -۱ و ۱ است [۱۲].

در کاربردهای تشخیص عیب بر پایه همبستگی، تصویر مرجع و تصویر نمونه به صورت نقطه به نقطه با هم مقایسه می‌شوند. به طور مثال تصاویر R و F به ابعاد یکسان $M \times N$ که به ترتیب تصاویر مرجع و نمونه هستند را در نظر بگیرید. در هر دوی آن‌ها پنجره‌ای به ابعاد $m \times n$ و به نام سلول وجود دارد. میزان همبستگی اولین سلول از تصویر مرجع و نمونه با کمک الگوریتم NCC محاسبه می‌شود. سپس همبستگی محاسبه شده به نقطه‌ای از تصویر نمونه در مرکز سلول نسبت داده می‌شود. سلول در کل تصاویر مرجع و نمونه، نقطه به نقطه، حرکت می‌کند تا مقدار همبستگی برای هر نقطه از تصویر نمونه

برنینگهام و همکاران [۱۰] معتقدند که در فرایندهای چاپ رنگی، خطا در جایگیری رنگ‌های اولیه که در اثر ترکیب آن‌ها رنگ کامل و نهایی حاصل می‌شود، اهمیت فراوانی دارد. این نوع خطای ثبت، به ویژه در لبه‌های تیز مثل خطوط، متن یا مرزهای جدا کننده در تصاویر قابل توجه است.

بیش‌ترین حساسیت دیداری به خطای ثبت در متن و حروف مربوط است. ترسیم‌ها نیز حساسیت مشابهی دارند و تصاویر حاوی مناظر دارای حساسیت کمتری هستند. به همین دلیل، آزمایش متن و گراف، آزمایشی سنتی برای بررسی خطای ثبت است [۱۰]. برنینگهام و همکاران سه الگوی چاپ را برای بررسی این نوع خطای ثبت در کاغذ معرفی نمودند:

- متن با قلم Times New Roman و اندازه ۱۰، رنگ سیاه^۱ و ارغوانی^۲،
- متن با قلم Times New Roman و اندازه ۴، رنگ سیاه و ارغوانی،
- نمودار میله‌ای، با رنگ سیاه و فیروزه‌ای^۳.

نتایج آزمایشات وجود ارتباط خطی بین کیفیت و تغییر میزان خطای ثبت را نشان می‌دهد. اما آیا می‌توان این نتایج را به پارچه نیز تعمیم داد؟

چانگ [۱۱]، در گروه چاپ دانشگاه صنعتی روچستر، الگوهایی را برای اندازه‌گیری خطای ثبت در چاپ کاغذ و کارهای گرافیکی به صورت دیداری معرفی نمود. شکل (۱)، نمونه‌ای از این الگوها برای تشخیص دیداری خطای ثبت متقاطع (در تمام جهات) است، بطوری که بودن و نبودن خطای ثبت در رنگ‌های اولیه فیروزه‌ای (C)، ارغوانی (M) و زرد (Y)، نسبت به رنگ سیاه (K) را نشان می‌دهد.



شکل (۱): الگوی اندازه‌گیری خطای ثبت به صورت دیداری [۱۱]

۲-۲- روش‌های دستگاهی

کرس و همکاران [۷] الگویی برای کمی کردن خطای ثبت تصاویر چاپ شده با رنگ‌های C، M و Y در راستای حرکت کاغذ و عمود بر آن نسبت به رنگ K ارایه نمودند. آن‌ها الگویی مشابه شکل (۲) را بر روی کاغذ چاپ و بوسیله سامانه تحلیل تصویر شرکت "ایمیج ایکسپرت" میزان خطای ثبت را اندازه‌گیری کردند.

محاسبه گردد. هر نقطه که مقدار همبستگی آن از مقدار آستانه کمتر باشد، معیوب است. در این روش موقعیت عیب نیز قابل تعیین است [۱۲].

در تصاویر سطوح خاکستری مقدار NCC برای تشخیص عیب بین تصاویر مرجع $r(i,j)$ و نمونه $f(x,y)$ به کمک معادله ی (۱) محاسبه می شود [۱۲]:

$$\delta_g(x,y) = \frac{\sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} f(x+i,y+j)r(x+i,y+j) - mn\mu_f\mu_r}{\left\{ \sum_i \sum_j f^2(x+i,y+j) - mn\mu_f^2 \right\} \left\{ \sum_i \sum_j r^2(x+i,y+j) - mn\mu_r^2 \right\}}^{1/2} \quad (1)$$

بطوری که $m \times n$ ابعاد سلول، μ_f و μ_r میانگین سطوح خاکستری سلول در تصاویر مرجع و نمونه می باشند و هر یک بصورت روابط (۲) و (۳) محاسبه می شوند:

$$\mu_f = \frac{1}{m.n} \sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} f(x+i,y+j) \quad (2)$$

$$\mu_r = \frac{1}{m.n} \sum_{i=-m/2}^{m/2} \sum_{j=-n/2}^{n/2} r(x+i,y+j) \quad (3)$$

$\delta_g(x,y)$ مقدار NCC در نقطه ای به مختصات X و Y از تصویر نمونه را محاسبه می کند.

۳- تجربیات

۳-۱- انتخاب چاپگر

انتخاب چاپگر در چاپ پارچه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این امر به دلیل اثرات سازوکار انجام چاپ بر خصوصیات چاپ است. در حال حاضر از یک سو قیمت چاپگرهای جوهرافشان ویژه چاپ پارچه تا اندازه ای گران است و از سوی دیگر دسترسی به آن ها در مدت زمان مورد نظر آسان نیست. لذا استفاده از چاپگرهای جوهرافشان اداری مخصوص کاغذ برای چاپ پارچه پیشنهاد گردید.

پیش از این برخی پژوهشگران از چاپگرهای اداری برای چاپ پارچه بهره بردند [۴]، [۱۳]، [۱۴]. دست کم دو ویژگی که باید چاپگر اداری مناسب برای چاپ پارچه داشته باشد، عبارتند از:

- فاصله بین لایه مورد نظر و کلگی چاپگر، برای چاپ بر روی پارچه مناسب باشد.
- جوهر موجود در محفظه جوهر قابل تعویض باشد و یا کلگی و نازل از یکدیگر جدا باشند.

با توجه به موارد گفته شده و امکانات موجود، چاپگر اداری اپسون ۳۰۰۰ انتخاب گردید و تغییرات بسیار کوچکی در فاصله بین کلگی و لایه ایجاد شد، بطوری که فاصله یادشده

افزایش یابد تا سطح کلگی با پارچه تماس پیدا نکند. گفتنی است، چاپگر به یک دستگاه رایانه متصل گردید.

این چاپگر دارای دو کلگی پیوسرامیک رنگی (CMY) و سیاه (K)، از نوع پرتاب قطره در صورت نیاز است [۱۵]. همچنین حداقل حجم ریز قطرات تولیدی آن ۲۰ پیکولیتراست.

۳-۲- نمونه ها

نمونه پارچه های مصرفی در این پژوهش از جنس پنبه و در دو طرح بافت تافته و پاناما و پنج تراکم پودی متفاوت بافته شد. پنج نمونه از هر تراکم انتخاب گردید. نمره نخ تار و پود نمونه های بافته شده، ۲۰ دولا ی پنبه ای (۳۰/۲ Ne) است. علاوه بر این، نمونه های پنبه ای در تراکم پودی و طرح های مختلف از بازار تهیه شد. برخی ویژگی های نمونه ها در جداول (۲) و (۳) فهرست شده است.

جدول (۲): ویژگی های نمونه های بافته شده

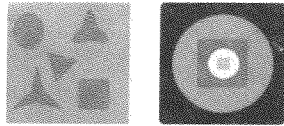
شناسه نمونه	طرح بافت	تراکم تار (cm ^۲)	تراکم پود (cm ^۲)
PN۱۲	پاناما	۲۱	۱۲
PN۱۴	پاناما	۲۱	۱۴
PN۱۶	پاناما	۲۱	۱۶
PN۱۸	پاناما	۲۱	۱۸
PN۲۰	پاناما	۲۱	۲۰
PL۱۲	تافته	۲۱	۱۲
PL۱۴	تافته	۲۱	۱۴
PL۱۶	تافته	۲۱	۱۶
PL۱۸	تافته	۲۱	۱۸
PL۲۰	تافته	۲۱	۲۰

جدول (۳): ویژگی های نمونه های تهیه شده

شناسه نمونه	طرح بافت	تراکم (cm ^۲)		نمره نخ (Ne)
		تار	پود	
H۱	تافته	۲۸	۲۳	۳۰/۱
H۲	سرژه	۲۷	۳۶	۳۰/۱
H۳	سرژه	۲۲	۳۶	۳۰/۱
H۴	سرژه	۲۵	۳۶	۳۰/۱
H۵	سرژه	۲۱	۳۶	۳۰/۱
D۲	تافته	۲۶	۲۲	۳۰/۱
D۷	تافته	۱۷	۱۳	۳۰/۱
D۸	تافته	۲۵	۲۰	۳۰/۱
D۱۰	تافته	۳۴	۲۶	۳۰/۱
D۱۲	تافته	۳۵	۲۳	۳۰/۱
D۲۲	تافته	۲۴	۲۱	۳۰/۱

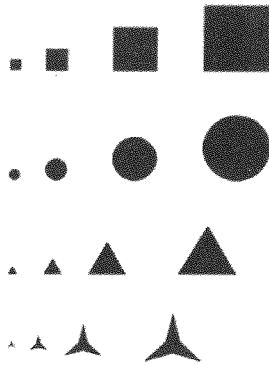
۳-۳- آماده سازی نمونه ها

فرایندهای سفیدگری، شستشو و اتوکشی بر روی نمونه



الگوی الف الگوی ب

شکل (۳): الگوی رنگی برای ارزیابی میزان انطباق اشکال هندسی چاپ شده با الگوی نخستین (مرجع)



شکل (۴): الگوی چاپ برای اندازه‌گیری میزان انطباق اشکال هندسی چاپ شده با الگوی نخستین (مرجع)

۳-۶- پردازش تصویر

بعد از عملیات چاپ، از تمامی نمونه‌های چاپ شده به کمک پویشگر تخت HP G3010 تصاویر دیجیتالی تهیه شد. قدرت وضوح تصاویر پویش شده ۶۰۰ نقطه در اینچ بوده است. همچنین تمام تنظیمات خودکار پویشگر در حالت خاموش قرار گرفت. کیفیت چاپ نمونه‌ها نیز با روش پردازش تصویر بررسی گردید. بر این اساس، برنامه رایانه‌ای بر اساس الگوریتم NCC در محیط نرم افزار Matlab نوشته و میزان تطابق بین الگوهای چاپ شده بر روی کاغذ ساده (بعنوان مرجع) و پارچه محاسبه شد. به این ترتیب، ابتدا تصاویر از حالت RGB به سطوح خاکستری تبدیل و سپس درصد همبستگی توسط معادله (۱) برای تمامی نمونه پارچه‌ها محاسبه گردید.

۳-۷- آزمون‌های آماری

آزمون‌های آماری بر روی نتایج پردازش تصویر بوسیله نرم افزار SPSS۱۲ انجام شد. تمامی نتایج آماری گزارش شده در این مقاله در سطح اطمینان ۹۵٪ می‌باشد. این آزمون‌ها عبارتند از:

- آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای بررسی اثر

پارچه‌های بافته شده و تهیه شده با شرایط مشابه، انجام گرفت. اما برای تغذیه صحیح و بدون لغزش پارچه به یک چاپگر اداری لازم است تا نمونه‌ها به اندازه استاندارد A۴ (ابعاد ۲۹۷×۲۱۰ میلی‌متر) بریده و بر روی کاغذ (توسط لایه خیاطی دورو) چسبانده شود. در پایان به علت وجود پرزهای بلند بر سطح پارچه عملیات پرز سوزی به کمک شعله مسطح، صورت گرفت. شایان گفتن است، وجود پرزهای بلند موجب تماس سطح پارچه با سطح کنگی چاپ می‌گردد که علاوه بر معیوب شدن نازل‌ها، عیب آغشته شدن سطح پارچه به جوهر نیز ایجاد می‌گردد، به همین دلیل انجام پرز سوزی امری پر اهمیت است.

۳-۴- قابلیت ترشدن

قابلیت ترشدن تمامی نمونه‌های بافته شده و تهیه شده به وسیله دستگاه طراحی شده توسط بابایی [۱۶] اندازه‌گیری شد. در این روش قطره کوچکی با حجم و محلول معین به وسیله یک میکروپیپت تولید می‌شود و بر روی سطح پارچه سقوط می‌کند. زمان پخش شدن سطحی محلول از محل سقوط قطره تا محل مورد نظر، در راستای تار و پود بعنوان زمان ترشوندگی پارچه گزارش می‌شود.

زمان ترشوندگی نمونه‌ها قبل و بعد از مرحله اتوکشی مورد سنجش واقع شدند. حجم قطره‌های تولیدی در این آزمایش، ۲۵ میکرولیتر بوده است و آزمایشات در دمای ۲۰°C و رطوبت نسبی ۴۵٪ انجام گرفت.

۳-۵- الگوی چاپ

قبل از انجام آزمایش، انتخاب طرح آزمایش لازم است. بر این اساس الگوهای چاپ در محیط نرم افزار Photoshop طراحی شد و بصورت قالب PSD ذخیره گردید.

اندازه‌گیری خطای ثبت به دو بخش خطای ثبت رنگ بر روی رنگ و میزان انطباق اشکال هندسی چاپ شده با الگوی نخستین (مرجع) تقسیم می‌گردد. برای بررسی دیداری خطای ثبت رنگ بر روی رنگ از الگوی شکل (۱) استفاده شد. در بررسی میزان انطباق اشکال هندسی، از اشکالی مشابه شکل (۳) و همچنین چند شکل هندسی (شکل (۴))، استفاده شد.

الگوی چاپ یاد شده توسط چاپگر منتخب بر روی کاغذ ساده (بعنوان مرجع) و نمونه پارچه‌های آماده سازی شده با قدرت تفکیک پذیری ۷۲۰ نقطه‌دراینچ در شرایط محیطی یکسان، چاپ گردید. وزن واحد سطح کاغذ ساده ۸۰ گرم در مترمربع و ضخامت آن ۰/۱ میلی متر است.

تراکم پودی در ثبت برای طرح‌های تافته و پانامای تولید شده و اثر تراکم تاری بر ثبت در طرح بافت سرژ و گروه‌بندی آن‌ها.

- آزمون t-جفت بین کاغذ ساده و هر کدام از پارچه‌ها، میانگین پارچه‌های تافته و پانامای تولیدی، میانگین پارچه‌های سرژ و میانگین کل پارچه‌های مورد بررسی و همچنین بین میانگین پارچه‌های تافته، پاناما و سرژ.

کاغذ ساده و پارچه‌ها را نشان می‌دهد. درصد این همبستگی کمی بیشتر از ۹۰٪ است. این مسئله نیز مناسب بودن چاپگر و پارچه‌های مورد استفاده را اثبات می‌کند. اما در مورد الگوهای الف و ب، میزان همبستگی نزدیک به ۷۵٪ است و نشان از برابری کم عمق شدید رنگی است.

۴-۱- تأثیر فرایند اتوکشی بر قابلیت ترشیدن

همان طوری که بیان گردید، واکنش متقابل جوهر- پارچه بر کیفیت چاپ جوهرافشان مؤثر است. جدول (۵) نتایج آزمایش ترشوندگی چند نمونه انتخابی قبل و بعد از اتوکشیدن نمونه پارچه‌ها را نشان می‌دهد. همچنان که انتظار می‌رفت، فرایند اتوکشی موجب افزایش زمان ترشوندگی در اغلب نمونه‌ها می‌گردد. به عبارت دیگر این فرایند قابلیت ترشیدن پارچه را به دلیل تغییر در فضاهای موئین کاهش می‌دهد. زمان ترشوندگی نمونه‌های بافته شده (نمونه‌های جدول (۲)) و کاغذ ساده بیش از ۲۰۰ ثانیه است.

۴- نتایج و بحث

بررسی دیداری الگوی مربوط به خطای ثبت رنگ بر روی رنگ، ثبت دقیق رنگ‌های اولیه (CMYK) را نشان می‌دهد. برای ارزیابی خطا در لبه‌های شکل‌های هندسی و میزان مربع بودن گوشه‌ها، چهار شکل هندسی (مربع، دایره، مثلث و ستاره) بر روی پارچه چاپ گردید و میزان همبستگی آن‌ها با الگوهای چاپ شده بر روی کاغذ ساده بوسیله الگوریتم NCC اندازه-گیری شد که نتایج آن در جدول (۴) ارایه شده است. بررسی میانگین درصد همبستگی اشکال هندسی در تمامی نمونه پارچه‌ها همبستگی رضایت بخش بین اشکال چاپ شده بر روی

جدول (۴): نتایج همبستگی الگوهای چاپ شده، بین کاغذ ساده و تمامی نمونه پارچه‌ها.

نمونه	الگوی الف	الگوی ب	مربع	دایره	مثلث	ستاره	میانگین درصد همبستگی‌ها	ضریب تغییرات (CV%)
D2	۸۵/۱۹	۸۹/۰۱	۹۶/۸۴	۹۶/۸۴	۹۶/۱۲	۹۴/۶۰	۹۳/۱۰	۵/۲۳
DV	۸۴/۰۸	۸۸/۵۴	۹۶/۳۲	۹۶/۱۹	۹۴/۴۷	۹۲/۳۹	۹۲/۰۰	۵/۲۶
DA	۸۷/۶۰	۸۹/۶۹	۹۶/۹۹	۹۶/۸۰	۹۶/۴۷	۹۵/۰۴	۹۳/۷۷	۴/۳۵
D10	۸۳/۷۶	۸۸/۶۷	۹۶/۱۹	۹۶/۳۱	۹۵/۴۰	۹۳/۵۴	۹۲/۳۱	۵/۴۹
D12	۸۳/۸۷	۸۷/۶۵	۹۶/۹۸	۹۷/۰۱	۹۶/۳۸	۹۴/۹۲	۹۲/۸۰	۶/۰۸
D22	۷۶/۶۹	۸۴/۴۲	۹۵/۶۶	۹۱/۷۹	۹۵/۴۲	۹۴/۰۰	۸۹/۶۶	۸/۴۷
H1	۷۹/۷۱	۸۸/۱۴	۹۶/۸۰	۸۹/۱۸	۹۶/۴۳	۹۴/۸۹	۹۰/۸۶	۷/۲۵
H2	۷۸/۵۲	۸۶/۴۶	۹۶/۷۴	۹۶/۹۹	۹۶/۳۴	۹۵/۵۰	۹۱/۷۶	۸/۳۰
H3	۷۸/۵۹	۸۵/۷۸	۹۶/۹۷	۹۶/۸۷	۹۶/۱۶	۹۴/۷۸	۹۱/۵۲	۸/۳۳
H4	۷۵/۴۲	۸۵/۲۵	۹۶/۹۷	۹۶/۹۷	۹۶/۵۲	۹۵/۳۹	۹۱/۰۹	۹/۷۸
H5	۷۷/۱۵	۸۳/۲۵	۹۶/۷۸	۹۷/۱۲	۹۶/۵۹	۹۵/۵۴	۹۱/۰۷	۹/۵۱
PL12	۷۳/۸۶	۷۹/۹۳	۹۵/۶۱	۹۵/۵۸	۹۴/۶۴	۸۶/۲۱	۸۷/۶۴	۱۰/۵۴
PL14	۷۰/۸۵	۷۷/۳۶	۹۴/۸۸	۹۵/۲۲	۹۴/۱۱	۹۱/۳۷	۸۷/۳۰	۱۲/۰۴
PL16	۷۱/۶۰	۸۲/۰۰	۹۵/۱۳	۹۵/۳۶	۹۴/۳۱	۸۱/۳۶	۸۶/۶۳	۱۱/۳۴
PL18	۷۲/۴۳	۷۶/۴۰	۹۴/۳۳	۹۴/۳۷	۹۴/۲۳	۸۵/۱۷	۸۵/۹۹	۱۱/۲۶
PL20	۶۷/۶۱	۸۲/۲۳	۹۵/۶۲	۹۵/۵۷	۹۴/۵۱	۹۲/۴۸	۸۸/۰۰	۱۲/۷۳
PN12	۷۱/۵۶	۷۷/۳۶	۹۳/۸۰	۹۳/۸۲	۹۲/۰۹	۸۵/۵۴	۸۵/۷۰	۱۰/۹۷
PN14	۷۱/۵۶	۷۷/۶۱	۹۳/۶۶	۹۳/۷۹	۹۱/۴۳	۸۷/۱۳	۸۵/۸۶	۱۰/۷۸
PN16	۷۳/۶۸	۸۱/۰۶	۹۳/۹۹	۹۴/۴۹	۹۳/۶۵	۹۰/۶۰	۸۷/۹۱	۹/۷۸
PN18	۷۱/۰۷	۸۴/۱۱	۹۵/۶۴	۹۶/۲۹	۹۵/۲۴	۹۲/۵۶	۸۹/۱۵	۱۱/۱۵
PN20	۶۸/۵۲	۷۸/۷۹	۹۵/۴۰	۸۹/۹۳	۹۴/۰۹	۹۲/۰۰	۸۶/۴۶	۱۲/۲۶
میانگین	۷۱/۲۵	۷۷/۶۰	۹۵/۸۴	۹۵/۱۵	۹۵/۰۲	۹۱/۳۳	۹۰/۰۵	۳/۱۰

جدول (۵): نتایج آزمایش ترشوندگی قبل از اتوکشی (قبل) و بعد از اتوکشی (بعد) نمونه‌های انتخابی

شناسه نمونه	زمان ترشوندگی (ثانیه)			
	در راستای نخ تار		در راستای نخ پود	
	قبل	بعد	قبل	بعد
H1	۳/۱۶	۵۱/۸۳	۲۳/۷۸	*
D2	۵/۳۶	۸/۱۳	۹/۸۷	*
DV	۳۰/۹۶	۴۰	۵۸/۰۴	۴۲/۷
DA	۱/۱۸	۱/۰۳	۲/۵۲	۷/۴۳
D10	۷/۶۷	۶/۹۷	۱۰/۴	۱۸/۷۸
D13	۹/۸۲	۲۶/۹۴	۱۶/۶۴	*

*: زمان ترشوندگی بیشتر از ۲۰۰ ثانیه بوده است.

۴-۲- تأثیر تراکم بر ثبت

آزمون تحلیل واریانس یک طرفه بر روی نمونه‌های با تراکم پودی مختلف در طرح بافت تافته نشان از معنی دار نبودن اثر تراکم پودی بر ثبت است. زیرا مقدار Sig. (یا همان مقدار p) که سطح معنی دار بودن را نشان می‌دهد، بیشتر از ۰/۰۵ است. آزمون دانکن نیز نشان می‌دهد که اثر تراکم پودی در محدوده‌ی مورد بررسی در نمونه‌های بافته شده با طرح بافت تافته معنی‌دار نیست.

همچنین درصد تطابق اشکال هندسی چاپ شده بر روی پارچه تافته با تراکم پودی ۲۰ خوب است. به عبارتی این درصد، تفاوت معنی داری با کاغذ ساده ندارد. اما آزمون دانکن هیچکدام از تراکم‌های دیگر را در زیر گروه ۲ قرار نداده است ((جدول (۶)).

جدول (۶): آزمون دانکن برای گروه‌بندی طرح بافت تافته

Subset for alpha = ۰/۰۵		
۲	۱	شناسه نمونه
	۹۱/۵۴۰۰	PL16
	۹۱/۷۷۵۰	PL18
	۹۳/۰۱۰۰	PL12
	۹۰/۸۹۷۵	PL14
۹۴/۵۴۵۰	۹۴/۵۴۵۰	PL20
۱۰۰/۰۰۰۰		کاغذ ساده
۰/۰۶۴	۰/۳۴۱	Sig.

آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه بر روی نمونه‌های با تراکم پودی مختلف در طرح بافت پاناما نیز، نشان از معنی دار نبودن اثر تراکم پودی بر ثبت است. چون مقدار Sig. بیشتر از ۰/۰۵ است. آزمون دانکن نشان می‌دهد اثر تراکم پودی در محدوده‌ی مورد بررسی در نمونه‌های بافته شده با طرح بافت پاناما معنی-

دار نیست و هیچ کدام از این نمونه‌ها را نمی‌توان مشابه کاغذ ساده دانست (جدول (۷)). همان طوری که دیده می‌شود آزمون دانکن تمام پنج تراکم مورد بررسی را در گروه ۱ قرار داده - است در حالی که کاغذ ساده در گروه ۲ است. این نتایج در مورد اثر تراکم تاری در محدوده‌ی مورد بررسی بر ثبت پارچه‌های چاپ شده با طرح بافت سرژ نیز درست است (جدول (۸)).

جدول (۷): آزمون دانکن برای گروه‌بندی طرح بافت پاناما

Subset for alpha = ۰/۰۵		
۲	۱	شناسه نمونه
	۹۱/۳۱۲۵	PN12
	۹۱/۵۰۲۵	PN14
	۹۲/۸۵۵۰	PN20
	۹۳/۱۸۲۵	PN16
	۹۴/۹۳۲۵	PN18
۱۰۰/۰۰۰۰		کاغذ ساده
۱/۰۰۰	۰/۰۷۷	Sig.

جدول (۸): آزمون دانکن برای گروه‌بندی طرح بافت سرژ

Subset for alpha = ۰/۰۵		
۲	۱	شناسه نمونه
	۹۶/۱۹۵۰	H3
	۹۶/۳۹۲۵	H2
	۹۶/۴۶۲۵	H4
	۹۶/۵۰۷۵	H5
۱۰۰/۰۰۰۰		کاغذ ساده
۱/۰۰۰	۰/۵۷۱	Sig.

آزمون دانکن برای کل نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش نشان از بی‌معنی بودن تفاوت کیفیت ثبت نمونه‌های D2, H3, D13, DA, H2, H4 و H5 با کاغذ ساده دارد.

۴-۳- کیفیت ثبت

در این مقاله کیفیت ثبت الگوهای چاپ شده بر روی نمونه پارچه‌ها توسط شاخص همبستگی عرضی نرمال شده (NCC Index) بررسی گردید. در این قسمت برای مقایسه کیفیت ثبت هر کدام از پارچه‌ها با کاغذ ساده و همچنین مقایسه کیفیت ثبت نمونه پارچه‌ها در طرح‌های متفاوت (تافته، پاناما و سرژ) با یکدیگر، از آزمون t-جفت استفاده شد. به دلیل کمبود فضا، تنها بخشی از این نتایج در جدول (۹) گزارش شد. در این جدول، اگر مقدار Sig. بیشتر از ۰/۰۵ باشد، تفاوت معنی دار بین هر جفت وجود دارد.

جدول (۹): نتایج آزمون‌های t-جفت برای مقایسه کیفیت ثبت

جفت‌ها	اختلاف جفت	مقدار Sig. در جفت	با معنی بودن اختلاف جفت
Paper - Twill	۳/۶۱۰۶	۰/۰۰۲	خیر
Paper - PN	۷/۲۴۳۰	۰/۰۰۷	خیر
Paper - PL	۷/۰۴۶۵	۰/۰۳۴	خیر
PN - PL	-۰/۱۹۶۵	۰/۸۳۰	بله
Twill - PN	۳/۶۳۲۴	۰/۰۱۶	خیر
Twill - PL	۳/۴۳۵۹	۰/۱۰۹	بله
D۲۲ - D۱۳	۲/۱۰۵۰	۰/۱۲۷	بله
D۲۲ - H۱	-۰/۱۰۷۵	۰/۹۱۳	بله

Twill: میانگین شاخص NCC نمونه‌های سرژه در تمامی تراکم‌های تاری.
PN و PL: به ترتیب، میانگین شاخص NCC نمونه‌های پاناما و تافته در تمامی تراکم‌های پودی.

معنی بودن این اثر در پژوهش حاضر، کوچک بودن ریزقطره تولیدی توسط چاپگر و انجام فرایند اتوکشی می‌باشد. کاهش قابلیت ترشدن در اثر فرایند اتوکشی نیز بیانگر درستی آن است.

همچنین نداشتن تفاوت معنی دار بین نمونه‌های H۱ و D۲۲ به ترتیب با نمره نخ ۳۰/۱ و ۲۰/۱ و نمونه‌های D۱۳ و D۲۲ به ترتیب با تراکم ۲۴ و ۳۵ نشان از بی تأثیر بودن نمره نخ و تراکم بر کیفیت ثبت پارچه‌های چاپ شده به روش جوهرافشان است. البته علاوه بر کوچک بودن ریزقطره تولیدی توسط چاپگر و انجام فرایند اتوکشی قبل از چاپ، می‌توان کم بودن تفاوت نمره نخ و تراکم را در این نتایج مؤثر دانست.

از جنبه‌های کاربردی استفاده از نتایج این پژوهش می‌توان به مواردی اشاره کرد که عبارتند از:

- بکارگیری چاپگر جوهرافشان اداری به منظور تهیه سریع نمونه چاپی در رنگ‌بندی‌های مختلف برای رضایت سفارش دهنده.

- استفاده از روش رایج شده برای ارزیابی میزان تناسب پارچه و چاپگر مورد استفاده در چاپ جوهرافشان منسوجات.

- ارزیابی کیفیت ثبت در چاپ جوهرافشان منسوجات توسط شاخص NCC.

همچنین، طراحی الگوی چاپ مناسب برای بررسی کیفیت چاپ و بررسی امکان استفاده از استانداردهای موجود در زمینه اندازه‌گیری کیفیت چاپ کاغذ و یا اصلاح این استانداردها در بررسی کیفیت چاپ منسوجات برای کارهای آینده پیشنهاد می‌گردد.

۶- تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله، وظیفه خود می‌دانند که از جناب آقای مهندس عباس سرشارزاده، عضو محترم هیأت علمی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، به خاطر همکاری صمیمانه ایشان در انجام این پژوهش قدردانی نمایند.

نتایج این آزمون‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌دار بین نمونه پارچه‌های مورد بررسی در این پژوهش و کاغذ ساده وجود ندارد.

از نتایج قابل توجه در این آزمون آن است که تفاوت میانگین شاخص همبستگی عرضی نرمال شده نمونه‌های تافته و پاناما در تمامی تراکم‌های پودی معنی‌دار نیست. همچنین نبودن تفاوت معنی دار بین نمونه‌های H۱ و D۲۲ به ترتیب با نمره نخ ۳۰/۱ و ۲۰/۱ و نمونه‌های D۱۳ و D۲۲ به ترتیب با تراکم ۲۴ و ۳۵، نشان از بی تأثیر بودن نمره نخ و تراکم بر کیفیت ثبت پارچه‌های چاپ شده به روش جوهرافشان (در این پژوهش) است.

۵- نتیجه‌گیری

آزمون‌های آماری نشان می‌دهد که تراکم تار و پود در نمونه‌های بررسی شده در این پژوهش تأثیر معنی داری بر کیفیت ثبت اشکال چاپ شده به روش جوهرافشان ندارد و همچنین کیفیت ثبت پارچه تافته با تراکم پودی ۲۰ مشابه کاغذ است. این نتیجه نشان می‌دهد که تراکم پود ممکن است بر کیفیت ثبت چاپ جوهرافشان منسوجات مؤثر باشد و دلیل بی

۷- مراجع

- [۴] Tse, M.K.; Briggs, J.C.; Kim, Y.K.; Lewis, A.F.; "Measuring Print Quality of Digitally Printed Textiles", IS&T's NIP14 (October 18-23, 1998), p. 250, IS&T, Toronto, Ontario, Canada.
<http://www.clemson.edu/printcon/Downloads/series.pdf> (accessed October 2006)
- [۵] Oztan, B.; Sharma, G.; Loce, R.P.; "Quantitative Evaluation of Misregistration Induced Color Shifts in Color Halftones", Color Imaging X: Processing, Hardcopy, and Applications, Presented at the Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 5667, 2005.
- [۱] Le, H.P.; "Progress and Trends in Ink-Jet Printing Technology", Journal of Imaging Science and Technology, Vol. 42, No.1, pp. 49-62, 1998.
- [۲] Babaei, M.R.; "A Review on Textile Printing by Droplets", 4th Iranian Conference on Textile Engineering, Yazd, Iran, 2002.
- [۳] Choi, P.S.; Yuen, C.W.M.; Ku, S.K.A.; Kwan, C.W.; "Ink-Jet Printing for Textiles", Textile Asia, Vol. 34, No. 10, pp. 21-24, 2003.

- Tsai, D.M.; Lin, C.T.; "Fast Normalized Cross Correlation for Defect Detection", Pattern Recognition Letters, Vol. 24, No. 15, pp. 2625-2631, 2003. [۷۲]
- Bidoki, S.M.; McGorman, D.; Lewis, D. M.; Clark, M.; Horler, G.; Miles, R.E.; "Inkjet Printing of Conductive Patterns on Textile Fabrics", AATCC Review, Vol. 5, No. 6, pp. 11-14, 2005. [۷۳]
- Dawson, T.L.; "Spots Before the Eyes: Can Inkjet Printers Match Experiments?", Coloration Technology, Vol. 117, No. 4, pp. 185-192, 2001. [۷۴]
- Color Ink-Jet Printer – Epson Stylus Color 3000. Service Manual, Seiko Epson Corporation, 1998. [۷۵]
- Babaei, M.R., "A Comparison of Manual and Automated Test Methods for Wettability", The Textile Institute 80th World Conference, UK, 2000. [۷۶]
- Kress, W.; Johnson, K.; Mehta, P.; "Measurement and Analysis of Color Registration Errors of Print Engines", Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference, Society for Imaging Science and Technology, 2002. [۷]
- Dalal, E.N.; Rasmussen, R.N.; Nakaya, F.; Crean, P.A.; Sato, M.; "Evaluating the Overall Image Quality of Hardcopy Output", Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference, Society for Imaging Science and Technology, 1998. [۸]
- Tavanai, H.; Palhang, M.; Hosseini, S.A.; Mollahosseini, H.; "Detection of Color Displacement in Fabric Printing Through Image Analysis", Journal of the Textile Institute, Vol. 97, No. 4, pp. 333-339, 2006. [۹]
- Burningham, N.; Pizlo, Z.; Allebach, J.P.; "Image Quality Metrics", Available at: http://cobweb.ecn.purdue.edu/~allebach/ece638/references/burningham_image_quality.pdf (accessed October 2006). [۱۰]
- Chung, R.; Sigg, F.; (and others); "Test Targets 2.0; Test Targets for Graphic Arts Imaging", RIT School of Print Media, 2002, Available at: <http://www.rit.edu/~gravure/tt/pdf/full/TT20.pdf> (accessed October 2007). [۱۱]

۸- زیر نویس ها

- ¹ Droplets
- ² Continuous Ink-Jet
- ³ Drop-on-Demand
- ⁴ Print-Heads
- ⁵ Registration
- ⁶ Normalized Cross Correlation (NCC)
- ⁷ Black (K)
- ⁸ Magenta (M)
- ⁹ Cyan (C)
- ¹⁰ Epson Stylus Color 3000