



## بررسی اثر نرمال بودن توزیع داده‌ها در تعیین ابعاد طیفی نمونه‌های سیاه

راضیه جعفری

استادیار، گروه پژوهشی فیزیک رنگ، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵  
تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۵ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۴/۶/۲۰

### چکیده

در این تحقیق، نرمال بودن فضای انعکاس دو مجموعه داده سیاه حاصل از کاربرد روش چاپ بر روی کاغذ و پارچه مقایسه می‌گردد. در ادامه، فضای انعکاس هر دو پایگاه داده با کاربرد روش تحلیل اجزاء اصلی، فشرده و در ابعاد محدود بازسازی می‌شود. نتایج نشان‌دهنده آن است که توزیع هیچ‌یک از دو پایگاه داده سیاه کاغذی و پارچه‌ای از حالت نرمال پیروی نمی‌کند. همچنین به رغم وجود منحنی‌های انعکاسی هموار در هر دو پایگاه داده، نمونه‌های سیاه کاغذی از رفتار خطی‌تری در مقایسه با نمونه‌های پارچه‌ای برخوردار بوده و در فضاها با ابعاد محدودتری قابل بازسازی هستند.

واژه‌های کلیدی: نرمال بودن، سیاهی، بازسازی طیفی، روش تحلیل اجزاء اصلی.

## Effect of Normal Distribution of Dataset on Spectral Dimensions of Blacks

R. Jafari

Department of Color Physics, Institute for Color Science and Technology, P.O.Box: 16765-654, Tehran, Iran  
Received: 22-07-2014 Accepted: 14-04-2015 Available online: 11-09-2015

### Abstract

*In this research, the normality of reflectance spectra of two different black dataset including of printed papers and fabrics are investigated. Then, by applying of principal component analysis technique (PCA) the reflectance domain of both dataset are compressed and reconstructed in restricted spaces. Results show that none of black papers and fabrics obeys from normal distribution. Besides, while both dataset benefit from smooth reflectance behaviors, the black papers behave more linear than black fabrics and could be described by lower spectral dimensions. J. Color Sci. Tech. 9(2015), 169-175©. Institute for Color Science and Technology.*

**Keywords:** Normality, Blackness, Spectral reconstruction, Principal component analysis technique.

## ۱- مقدمه

می‌گردد [۱۵-۱۸]. در مباحث آماری مبنای ارزشمندی بکارگیری روش تحلیل اجزاء اصلی، نرمال بودن توزیع داده‌ها می‌باشد. به نحوی که بازده فشرده‌سازی داده‌ها توسط روش تحلیل اجزاء اصلی بر روی داده‌هایی با توزیع نرمال بالاتر است [۲۱-۱۹، ۸]. از این ایده در بررسی نرمال بودن توزیع نمونه‌های سیاه در فضای طیفی انعکاس استفاده شده و به منظور مقایسه تأثیر آن در کاربرد روش تحلیل اجزاء اصلی از دو پایگاه داده کاغذ و منسوج که هر دو به روش چاپ آماده‌سازی شده‌اند استفاده می‌شود. علت استفاده از روش چاپ در تهیه نمونه‌های مشکلی نیز به رفتار نسبتاً هموار منحنی‌های انعکاسی حاصل در محدوده طول موج مرئی مرتبط می‌شود.

## ۲- بخش تجربی

## ۲-۱- مواد

از کاغذ سفید فاقد سفیدکننده نوری و نیز پارچه پنبه‌ای با بافت تافته به عنوان زمینه در فرآیند چاپ استفاده شده است. جهت چاپ کاغذ از ۶ رنگدانه قرمز، سبز، آبی، زرد، سفید و مشکلی در رزین اکریلیکی استفاده شد که در واقع همان رنگ‌های پشت‌پوش‌کننده مورد استفاده در پوشش‌های ساختمانی بوده و از یک تولیدکننده داخلی خریداری شدند [۵]. جهت چاپ پارچه نیز از چهار رنگدانه رنگی به همراه رنگدانه مشکلی استفاده شد [۲۲، ۵]. مشخصات کلی و نام تجاری رنگدانه‌های مورد استفاده در فرآیند چاپ پارچه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: نام عمومی و تجاری رنگدانه‌های به کار رفته در فرآیند چاپ پارچه.

نام عمومی	شرکت سازنده	نام تجاری
Pigment Black 7	Dystar	Imperon Black FBB
Pigment Blue 15	Dystar	Imperon Blue K-RR
Pigment Green 7	Dystar	Imperon Green K-G
Pigment Yellow 14	Dystar	Imperon Yellow K-2G
—	Dystar	Imperon Red K-GC

## ۲-۲- روش کار

جهت تهیه نمونه‌های مشکلی کاغذی از ترکیبات مختلف دوتایی، سه‌تایی و چهارتایی از ۴ رنگدانه قرمز، سبز، آبی و زرد در رزین اکریلیکی در غلظت‌های مختلف و در اختلاط با رنگدانه مشکلی همراه با رنگدانه سفید به منظور تکمیل وزن خمیر چاپ بهره گرفته شد. عملیات چاپ با استفاده از کاربرد یک شابلون استاندارد به ضخامت ۱۰۰ میکرون بر روی کاغذ سفید فاقد سفیدکننده نوری انجام شد. در آماده‌سازی نمونه‌های مشکلی به روش چاپ بر روی منسوج نیز از غلظت‌های مختلف چهار رنگدانه قرمز، سبز، آبی و زرد در مخلوط‌های

در مباحث فیزیک رنگ هر جسمی که نور را به طور کامل جذب کند به نحوی که هیچگونه انعکاسی از سطح جسم اتفاق نیفتد به عنوان یک سیاه ایده‌آل شناخته می‌شود [۱]. گاهی نیز سیاه به جسمی که با مقادیر انتقال و انعکاس صفر درصد تحت هر منبع روشنایی درک شود اطلاق می‌گردد [۲]. اجسام سیاه در فضا رنگ‌های سه‌بعدی با کمترین مقادیر ویژگی‌های رنگی و در نقطه مقابل سفیدها در انتهای محور روشنایی تعریف می‌شوند. به عنوان مثال در فضا رنگ CIELAB مقدار روشنایی از صفر تا صد به ترتیب برای یک جسم سیاه ایده‌آل تا یک سفید ایده‌آل در امتداد محور  $L^*$  متغیر است [۱]. در سیستم مانسل نیز محدوده تغییرات محور روشنایی - که با نام ارزش مانسل شناخته شده و با ضریب روشنایی Y در سیستم CIE یک رابطه غیرخطی دارد - بین صفر تا صد به ترتیب برای یک جسم سیاه تا یک سفید ایده‌آل تعیین می‌شود [۳، ۱]. به طوری که مقدار صفر این محور عمودی در فضای استوانه‌ای مانسل بر انعکاس صفر درصد یک سیاه ایده‌آل دلالت دارد [۱]. شایان ذکر است که کلیه اجسام با مقدار انعکاس ثابت، حتماً خنثی (سفید، سیاه یا خاکستری) هستند اما عکس این قضیه صادق نیست. در واقع اجسام زیادی هستند که در حالی که خنثی دیده و درک می‌شوند تغییرات قابل ملاحظه‌ای از انعکاس را در محدوده طول موج مرئی نشان می‌دهند [۱]. به بیان دیگر یک جسم به صرف آنکه سفید، سیاه و یا خاکستری دیده شود لزوماً دارای منحنی انعکاسی ثابتی نبوده و ممکن است تغییراتی را در طول موج‌های مختلف نشان دهد که حاکی از وجود تهرنگ‌های مختلف است. لذا به رغم آنکه نمونه‌های خنثی عموماً به صورت تک‌بعدی درک می‌شوند اما بررسی رفتار طیفی آنها حاکی از عدم قابلیت توصیف خطی چنین نمونه‌هایی بوده و بسته به زمینه کالا، فضای مورد بررسی و تنوع تهرنگ اقلاد در فضاهای دو تا سه بعدی توصیف می‌شوند [۶-۴]. جهت استخراج ابعاد واقعی نمونه‌ها و توصیف آنها در فضاهایی با ابعاد محدود از روش تحلیل اجزاء اصلی [۹-۷] استفاده می‌شود. کاربرد روش مذکور بر روی داده‌های انعکاسی نمونه‌ها، اطلاعات ارزشمندی را جهت بررسی ویژگی‌های طیفی آنها فراهم می‌سازد [۱۴-۱۰]. یکی از کاربردهای شاخص روش تحلیل اجزاء اصلی، تعیین جهت‌های اصلی و الگوها در یک مجموعه از داده‌ها است. از آنجاکه یافتن چنین الگوهایی در داده‌هایی با ابعاد بالا مشکل بوده و ارائه گرافیکی آنها نیز غیرممکن می‌باشد لذا این روش یک ابزار قدرتمند آماری در تجزیه و تحلیل این قبیل داده‌ها محسوب می‌گردد. اساس این روش، بر کاهش ابعاد مجموعه‌ای بزرگ از داده‌ها با تعداد زیادی متغیرهای وابسته و ایجاد مجموعه جدیدی از متغیرهای غیروابسته، استوار می‌باشد. از آنجاکه وابستگی‌ها در یک مجموعه از داده‌های چند بعدی توسط ماتریس کواریانس توصیف می‌گردد لذا هدف کاهش ابعاد با تعیین بردارهای ویژه ماتریس کواریانس به عنوان بردارهای پایه تأمین

نتایج بازسازی براساس میزان اختلاف طیفی و رنگی میان انعکاس واقعی و انعکاس بازسازی شده نمونه‌های مشکی در فضاهای با ابعاد محدود تحلیل گردید.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- مشخصات طیفی و رنگی پایگاه داده‌های مشکی

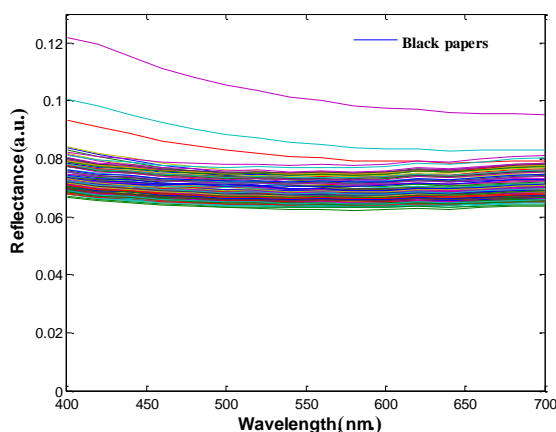
شکل ۱ در دو بخش (الف) و (ب) به ترتیب طیف انعکاسی دو مجموعه سیاه پارچه‌ای و کاغذی را نشان می‌دهد. همچنین توزیع دو مجموعه مشکی کاغذی و پارچه‌ای چاپ شده در مختصات  $a^*b^*$  و  $C^*L^*$  از فضا رنگ‌های CIELAB و CIELCH به ترتیب در دو بخش (الف) و (ب) شکل ۲ نشان داده شده‌اند. شکل ۱ بیانگر آن است که نمونه‌های مشکی کاغذی ضمن ارائه منحنی‌های انعکاسی هموارتر از مقادیر انعکاس بالاتری نسبت به نمونه‌های پارچه‌ای برخوردار هستند. به این ترتیب، نمونه‌های مشکی پارچه‌ای ضمن تنوع تیره‌تر باید از مقادیر روشنایی کمتری برخوردار بوده و تیره‌تر بنظر برسند. مقایسه مشخصه‌های رنگی نمونه‌ها که در شکل ۲ نشان داده شده است شاهدهی است بر این مدعی. مطابق شکل ۲ نمونه‌های مشکی پارچه‌ای در مقایسه با کاغذها ضمن دارا بودن مقادیر روشنایی کمتر از تنوع فام و خلوص بیشتری برخوردارند. در حالی که نمونه‌های سیاه کاغذی با مقادیر روشنایی بالاتر ( $L^*=30,10-38,08$ ) خنثی‌تر بوده و مقادیر خلوص کمتری را نشان می‌دهند.

مختلف دوتایی، سه تایی و چهار تایی در ترکیب با رنگدانه سیاه بهره گرفته شد. درصدهای متفاوت از این مخلوط‌های آماده‌سازی شده در خمیر چاپ حاوی امولسیون آب/نفت، سولفات آمونیم و رزین اکریلیک به کار برده شد و به کمک شابلون بر روی پارچه پنبه‌ای چاپ زده شد. در نهایت ۱۶۷ نمونه مشکی کاغذی و ۳۶۳ نمونه مشکی پارچه‌ای با عمق و شیدهای مختلف از طریق فرآیند چاپ تهیه شد [۵].

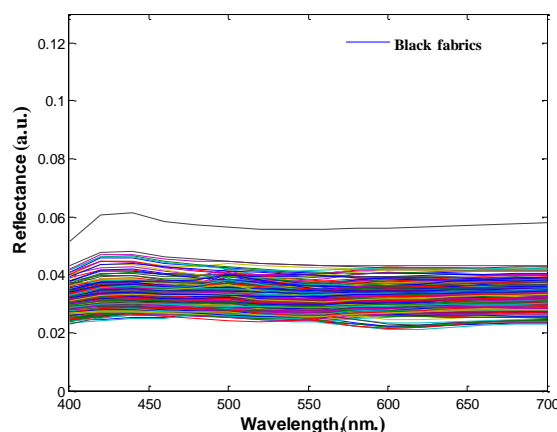
#### ۳-۲- محاسبات

اطلاعات طیفی دو پایگاه داده سیاه کاغذی و پارچه‌ای از طریق اندازه‌گیری مقادیر انعکاس نمونه‌ها به کمک دستگاه طیف‌سنج Texflash محصول شرکت Datacolor به دست آمد. اندازه‌گیری‌ها با گام‌های ۲۰ نانومتری در محدوده طیف مرئی از ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام شد به نحوی که هندسه کاربردی دستگاه 0/d بوده و انعکاس آینه‌ای و تأثیر نور غیرمرئی نیز حذف گردیده بود. در ادامه مقادیر محرکه‌های سه‌گانه نمونه‌ها با استفاده از طیف انعکاس اندازه‌گیری شده آنها و تحت استاندارد روشنایی D65 و مشاهده‌کننده استاندارد CIE1964 محاسبه گردید.

جهت بررسی نحوه توزیع اطلاعات انعکاسی دو پایگاه داده کاغذی و پارچه‌ای مشکی از هر دو روش تحلیل کیفی و کمی در قالب رسم شکل‌های احتمال توزیع نرمال و نیز ارزیابی کمی توزیع نرمال بهره گرفته شد. همچنین از روش تحلیل اجزاء اصلی جهت بررسی رفتار طیفی نمونه‌های مشکی در فضاهایی با ابعاد محدود استفاده شد و

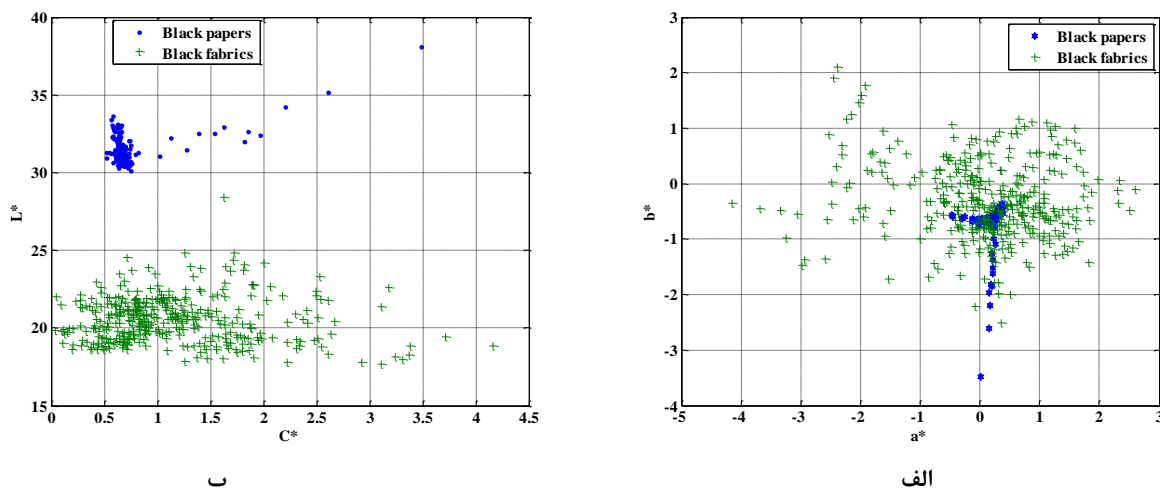


ب



الف

شکل ۱: منحنی‌های انعکاسی پایگاه داده‌های مشکی (الف): ۳۶۳ نمونه سیاه پارچه‌ای و (ب): ۱۶۷ نمونه سیاه کاغذی.

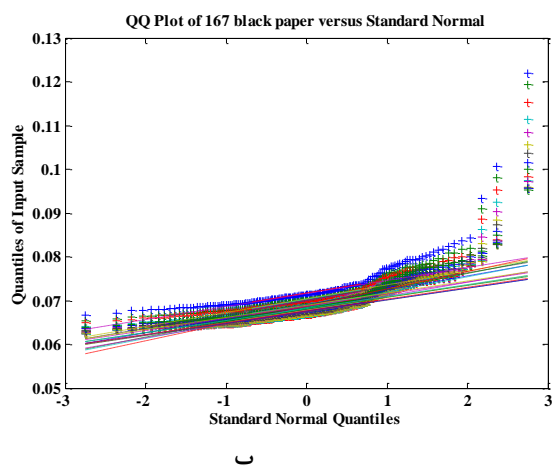


شکل ۲: توزیع پایگاه داده‌های مشکی در (الف): مختصات  $a^*b^*$  از فضا رنگ CIELAB و (ب): مختصات  $C^*L^*$  از فضا رنگ CIELCH. نمونه‌های سیاه پارچه‌ای با علامت (+) نشان داده شده‌اند.

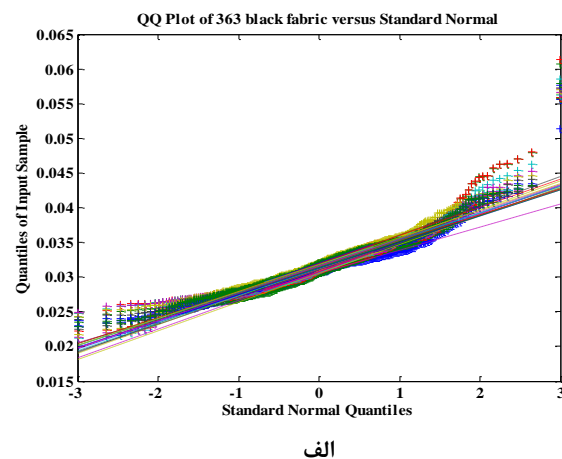
پارچه‌ای و کاغذی و در فضای انعکاس نشان می‌دهند. شکل ۳ بیانگر آن است که هیچ‌یک از دو فضای طیفی پایگاه داده‌های مشکی کاغذی و پارچه‌ای دارای توزیع نرمال نبوده و هر یک به نوعی از حالت نرمال انحراف دارند.

جهت ارزیابی کمی میزان نرمال بودن داده‌ها، ضرایب همبستگی میان نقاط موجود در نمودارهای چندک-چندک برای تک تک ابعاد داده‌ها در فضای انعکاس محاسبه می‌گردد. بدیهی است هرچه مقدار ضریب همبستگی به عدد یک نزدیک‌تر باشد میزان خطی بودن نقاط در بعد مذکور بیشتر است. لذا در مقایسه دو پایگاه داده، تعداد بیشتر ضرایب همبستگی بالا به معنی نزدیک‌تر بودن توزیع داده‌های متناظر به توزیع نرمال است.

#### 1- Quantile-Quantile



ب



الف

شکل ۳: نمودار چندک-چندک (الف): نمونه‌های سیاه پارچه‌ای و (ب): نمونه‌های سیاه کاغذی.

#### ۲-۳- آزمون نرمال بودن

یکی از روش‌های تشخیص نرمال بودن توزیع داده‌ها رسم شکلی است که احتمال نرمال بودن داده‌ها را به صورت شمایی نشان می‌دهد [۲۳، ۲۱]. در واقع تحلیل توزیع‌های نرمال، ترکیبی از رسم "شکل‌های احتمال نرمال" و ارزیابی کمی توزیع نرمال است. در این میان می‌توان در نخستین گام با رسم شکل به فرضیه نرمال بودن توزیع قوت بخشید و یا عدم نرمال بودن یک توزیع را به صورت شمایی به تصویر کشید. در تحقیق حاضر به منظور بررسی کیفی نرمال بودن داده‌ها از نمودار چندک-چندک (Q-Q) استفاده می‌شود. در این نمودار، چندک نمونه‌ها در مقابل چندکی که اگر نمونه‌ها دارای توزیع نرمال بودند انتظار آن می‌رفت رسم می‌شوند. بدیهی است در صورتیکه نقاط در امتداد خط راست و نزدیک به هم قرار گیرند آنگاه توزیع نمونه به توزیع نرمال نزدیک خواهد بود [۲۴، ۲۱، ۸]. بخش‌های (الف) و (ب) شکل ۳ نمودارهای چندک-چندک را برای ۲ پایگاه داده مشکی

همواری برخوردار بوده و به خوبی رفتار طیفی یک نمونه آکروماتیک را در محدوده طول موج مرئی به تصویر می‌کشند.

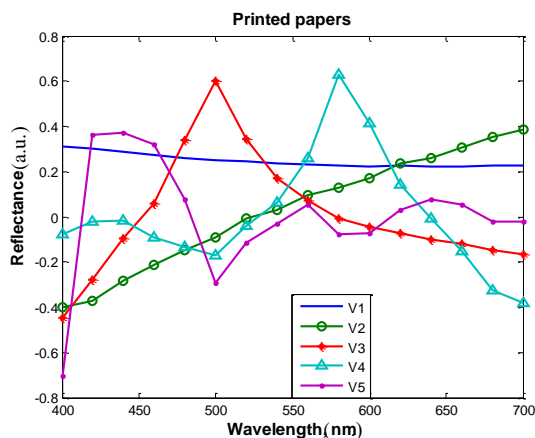
**جدول ۱:** ضرایب همبستگی نمودارهای چندک-چندک دو فضای انعکاس نمونه‌های سیاه پارچه‌ای و کاغذی.

طول موج (nm)	ضرایب همبستگی میان نقاط موجود در نمودارهای چندک-چندک	
	۱۶۷ کاغذ مشکی	۳۶۳ پارچه مشکی
۴۰۰	۰٫۸۰	۰٫۹۷
۴۲۰	۰٫۸۰	۰٫۹۵
۴۴۰	۰٫۸۱	۰٫۹۵
۴۶۰	۰٫۸۲	۰٫۹۵
۴۸۰	۰٫۸۴	۰٫۹۶
۵۰۰	۰٫۸۶	۰٫۹۷
۵۲۰	۰٫۸۶	۰٫۹۷
۵۴۰	۰٫۸۷	۰٫۹۷
۵۶۰	۰٫۸۸	۰٫۹۷
۵۸۰	۰٫۸۸	۰٫۹۷
۶۰۰	۰٫۸۹	۰٫۹۸
۶۲۰	۰٫۸۹	۰٫۹۸
۶۴۰	۰٫۸۹	۰٫۹۸
۶۶۰	۰٫۹۰	۰٫۹۷
۶۸۰	۰٫۹۰	۰٫۹۷
۷۰۰	۰٫۹۱	۰٫۹۷
میانگین ضرایب همبستگی	۰٫۸۶	۰٫۹۷
تعداد ابعاد با ضرایب همبستگی بالاتر	۰	۱۶

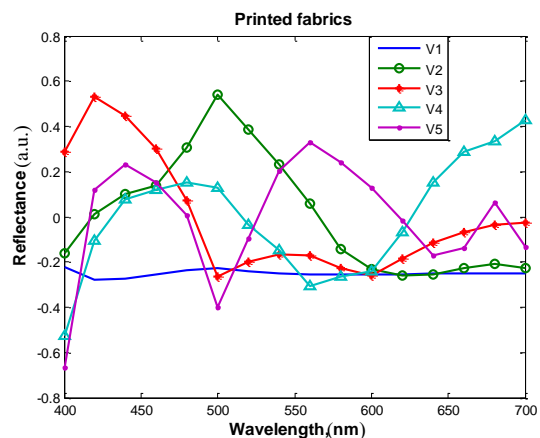
جدول ۱ ضرایب همبستگی نمودارهای چندک-چندک را به همراه مقادیر میانگین ضرایب مذکور برای ۲ پایگاه داده مشکی کاغذی و پارچه‌ای در ۱۶ بعد از فضای انعکاس نشان می‌دهد. مطابق جدول ۱ در همه ۱۶ طول موج اندازه‌گیری شده، ضرایب همبستگی به دست آمده برای نمونه‌های سیاه پارچه‌ای بیشتر از نمونه‌های کاغذی بوده و مقدارشان به عدد یک نزدیک‌تر است. هرچند که مطابق محاسبات انجام شده هیچیک از مقادیر ضرایب همبستگی به دست آمده برابر با ۱ نگردید اما تعداد بیشتر ضرایب نزدیک به یک برای پایگاه داده‌های مشکی پارچه‌ای علاوه بر مقدار بالاتر میانگین ضرایب همبستگی مجموعه داده مذکور نسبت به داده‌های مشکی کاغذی، بیانگر انحراف کمتر توزیع پایگاه داده پارچه‌ای از حالت نرمال است.

### ۳-۳- فشرده‌سازی و بازسازی پایگاه داده‌های مشکی

به منظور تحلیل رفتار طیفی پایگاه داده‌ها از روش تحلیل اجزاء اصلی جهت فشرده‌سازی و بازسازی طیفی نمونه‌های مشکی در فضاهایی با ابعاد محدود استفاده شد. در این راستا ابتدا ۲ فضای تعریف شده انعکاس متعلق به ۲ مجموعه نمونه‌های مشکی کاغذی (۱۶۷ نمونه) و نمونه‌های مشکی پارچه‌ای (۳۶۳ نمونه) در نظر گرفته شد. سپس با کاربرد روش تحلیل اجزاء اصلی بر ماتریس‌های متناظر با فضاهای انعکاس، بردارهای ویژه و مقادیر ویژه متناظرشان برای هر مجموعه داده استخراج گردید و درصد واریانس تجمعی متناظر با ۵ بردار ویژه اول محاسبه شد. در پایان طیف انعکاسی ۲ مجموعه داده مذکور با استفاده از ترکیب خطی ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ بردار ویژه نخست بازسازی شد. شکل ۴ پنج بردار پایه مستخرج از فضای انعکاس متعلق به نمونه‌های مشکی پارچه‌ای و کاغذی را به ترتیب در دو بخش (الف) و (ب) نشان می‌دهد. مطابق شکل ۴ هر دو بردار ویژه نخست مستخرج از دو پایگاه داده مشکی کاغذی و پارچه‌ای از روند انعکاسی نسبتاً



ب



الف

شکل ۴: پنج بردار ویژه نخست مستخرج از فضای انعکاس (الف): نمونه‌های سیاه پارچه‌ای و (ب): نمونه‌های سیاه کاغذی.

جدول ۲: نتایج بازسازی داده‌های انعکاسی حاصل از دو مجموعه پارچه و کاغذ مشکی.

نمونه مشکی	تعداد نمونه	تعداد بردار ویژه	% واریانس تجمعی	RMS%			$\Delta E_{94}^*$		
				Sd	Max	Mean	Sd	Max	Mean
پارچه	۳۶۳	۱	۹۳,۰۲	۰,۰۵	۰,۳۰	۰,۰۹	۰,۶۶	۳,۴۰	۱,۰۳
				۰,۰۳	۰,۲۱	۰,۰۵	۰,۴۵	۲,۶۹	۰,۵۹
				۰,۰۱	۰,۰۸	۰,۰۳	۰,۰۹	۰,۴۸	۰,۱۵
				۰,۰۱	۰,۰۶	۰,۰۲	۰,۰۸	۰,۴۸	۰,۱۱
				۰,۰۱	۰,۰۵	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۴۲	۰,۱۰
کاغذ	۱۶۷	۱	۹۷,۵۴	۰,۰۵	۰,۳۶	۰,۰۵	۰,۲۲	۱,۰۸	۰,۲۵
				۰,۰۱	۰,۱۱	۰,۰۱	۰,۱۲	۰,۷۳	۰,۱۱
				۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۰	۰,۰۳	۰,۱۷	۰,۰۳
				۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۱	۰,۰۷	۰,۰۱
				۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۲	۰,۰۱

می‌شود درحالی که فضای انعکاس نمونه‌های مشکی پارچه‌ای نسبت به کاغذها از توزیع نرمال تری برخوردار است اما درصد واریانس تجمعی پایگاه داده‌های سیاه پارچه‌ای در کاربرد تعداد بردارهای پایه یکسان، کمتر است. به بیان دیگر نمونه‌های مشکی کاغذی به رغم انحراف بیشتر از حالت نرمال در ابعاد محدودتری قابل توصیف بوده و امکان بازسازی آنها در فضاهایی با ابعاد کوچک‌تر امکان‌پذیر است. کسب چنین نتیجه‌ای که در تضاد با نکته مورد ادعای مراجع آماری در خصوص ارزشمندی نرمال بودن توزیع داده‌ها در بکارگیری روش تحلیل اجزاء اصلی و بالاتر بودن بازده فشرده‌سازی داده‌هایی با توزیع نرمال است [۸، ۱۹، ۲۰] بسیار جالب و حائز اهمیت می‌باشد. پرسشی که به ذهن می‌رسد احتمال وابستگی ارتباط مذکور به ابعاد ذاتی نمونه‌ها و میزان اختلاف در همواری طیف انعکاسی آنها است. درواقع این فرضیه برای مؤلفین مطرح است که چنانچه دو پایگاه داده مورد مقایسه رفتار انعکاسی مشابهی را در محدوده طول موج مرئی نشان ندهند آیا ارتباط مستقیمی میان بازده فشرده‌سازی داده‌ها با نرمال بودن توزیع آنها - مطابق ادعای مراجع آماری- برقرار است؟ یا اینکه برای پایگاه داده‌های طیفی-رنگی اصولاً بحث ارزشمندی نرمال بودن توزیع داده‌ها در به کارگیری روش تحلیل اجزاء اصلی منتفی است؟ این مسأله موضوع تحقیق بعدی مؤلف است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

به منظور بررسی اثر نرمال بودن توزیع داده‌ها در تعیین ابعاد طیفی نمونه‌های سیاه از دو پایگاه داده سیاه کاغذی و پارچه‌ای که به روش چاپ آماده‌سازی شده بودند استفاده شد. بررسی نرمال بودن توزیع

به منظور بررسی میزان تأثیر فشرده‌سازی داده‌ها در از دست رفتن اطلاعات طیفی و رنگی نمونه‌ها، درصد مجموع مربعات خطای میانگین (RMS%) میان طیف‌های اصلی و بازسازی شده و همچنین اختلاف رنگ (CIE94) میان آنان تحت استاندارد روش‌سنایی D65 و مشاهده‌کننده استاندارد CIE1964 محاسبه گردید. جدول ۲ مقادیر درصد واریانس تجمعی متناظر با پنج بردار ویژه نخست را برای دو پایگاه داده کاغذی و پارچه‌ای و در فضای انعکاس نشان می‌دهد. همچنین نتایج بازسازی بر حسب درصد مجموع مربعات خطای میانگین و اختلاف رنگ میان انعکاس اندازه‌گیری شده و انعکاس بازسازی شده نمونه‌های مشکی در فضاهای با ابعاد محدود در جدول ۲ ارائه شده است. مطابق جدول ۲، ۹۷,۵٪ داده‌های سیاه کاغذی با مقادیر خطاهای طیفی و رنگی قابل قبول تنها در یک بعد قابل توصیف‌اند حال آنکه حصول تقریبی چنین نتیجه‌ای در نمونه‌های سیاه پارچه‌ای اقلان نیاز به کاربرد دو بردار ویژه دارد چراکه به رغم استفاده از دو بردار پایه، میانگین خطای رنگی بازسازی طیفی نمونه‌های پارچه‌ای بیشتر از نمونه‌های کاغذی است که تنها در یک بعد توصیف شده‌اند. ضمن آنکه یک فضای دو بعدی جهت توصیف ۹۹,۷٪ از پایگاه داده-های مشکی کاغذی کافی است درحالی که تعداد ابعاد این فضا جهت توصیف همان حجم از داده‌های سیاه پارچه‌ای به ۴ بعد می‌رسد. به نظر می‌رسد کسب چنین نتیجه‌ای ناشی از تنوع تهرنگ‌های موجود در نمونه‌های مشکی پارچه‌ای نسبت به نمونه‌های کاغذی باشد که به نوعی به رفتار منحنی انعکاسی نمونه‌ها در محدوده طول موج مرئی مربوط می‌گردد. درپایان با توجه به نتایج ارائه شده در جدول‌های ۱ و ۲ مشخص

فضای انعکاس نمونه‌های سیاه پارچه‌ای به رغم انحراف کمتر از حالت نرمال با بازده کمتری نسبت به نمونه‌های سیاه کاغذی فشرده و بازسازی می‌شوند. کسب چنین نتیجه‌ای می‌تواند متأثر از شباهت رفتار انعکاسی پایگاه داده‌های مورد بررسی باشد.

داده‌ها بیانگر انحراف از حالت نرمال هر دو پایگاه داده مذکور در فضای انعکاس بود. همچنین فشرده‌سازی و بازسازی طیف انعکاس نمونه‌ها با استفاده از روش تحلیل اجزاء اصلی نشان داد که نمونه‌های سیاه کاغذی در مقایسه با نمونه‌های پارچه‌ای در فضاها با ابعاد کمتری (یک تا نهایتاً دو بعد) قابل توصیف هستند. در پایان مشخص شد که

## ۵- مراجع

1. R. McDonald, Color physics for industry, 2th Ed, Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1997.
2. K. Nassau, Color for science, art and technology, Elsevier Science B.V, Amsterdam, 1998.
3. M. D. Fairchild, Color appearance models, 2th Ed, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2005.
4. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Determination of spectral dimensions of Munsell neutral samples, in Proceeding of AIC 2011 midterm meeting, Zurich, Switzerland, (2011), 447-450.
5. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Spectral analysis of blacks. *J. Color Res. Appl.* 37(2012), 176-185.
6. S. H. Amirshahi, F. Agahian, Basis functions of the total radiance factor of fluorescent whitening agents. *Text. Res. J.*, 76(2006), 197-207.
7. I. T. Jolliffe, Principal component analysis, 2th Ed, Springer Series in Statistics, New York, 2002.
8. R. A. Johnson, D. W. Wichern, Applied multivariate statistical analysis, 6th Ed, Pearson Education, Inc. New Jersey, 2007.
9. D.Y. Tzeng, R. S. Berns, A review of principal component analysis and its applications to color technology. *J. Color Res. Appl.* 30(2005), 84-98.
10. H. S. Fairman, M. H. Brill, The principal components of reflectances. *J. Color Res. Appl.* 29(2004), 104-110.
11. A. K. Romney, T. Indow, Munsell reflectance spectra represented in three dimensional Euclidean space. *J. Color Res. Appl.* 28(2003), 182-196.
12. L. T. Maloney, Evaluation of linear models of surface spectral reflectance with small numbers of parameters. *J. Opt Soc Am A.* 3(1986), 1673-1683.
13. R. Ramanath, R. G. Kuehni, W. E. Snyder, D. Hinks, Spectral spaces and color spaces. *J. Color Res. Appl.* 29(2004), 29-37.
14. F. Agahian, S. A. Amirshahi, S. H. Amirshahi, Reconstruction of reflectance spectra using weighted principal component analysis. *J. Color Res. Appl.* 33(2008), 360-371.
15. N. Ohta, Estimating absorption bands of component dyes by means of principal component analysis. *Anal Chem.* 45(1973), 553-557.
16. K. Sasaki, S. Kawata, S. Minami, Constrained nonlinear method for estimating component spectra from multicomponent mixtures. *Appl. Optics.* 22(1983), 3599-3603.
17. K. Sasaki, S. Kawata, S. Minami, Estimation of component spectral curves from unknown mixture spectra. *Appl. Optics.* 23(1984), 1955-1959.
18. F. Agahian, Matching the color appearance of fabric on grays with different lightness by using the color appearance models, MS thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2004.
19. V. Babaei, S. H. Amirshahi, F. Agahian, Using weighted pseudo-inverse method for reconstruction of reflectance spectra and analyzing the dataset in terms of normality. *Color Res. Appl.* 36(2011), 295-305.
20. A. Rayat, S. H. Amirshahi, F. Agahian, Compression of spectral data using Box-Cox transformation. *Color Res. Appl.* 39(2014), 136-142.
21. R. Jafari, Spectral and colorimetric analysis of blacks, PhD thesis, Isfahan University of Technology, Iran, 2013.
22. R. Jafari, Effect of CIELCH coordinates on selection of preferred black. *J. Color. Sci. Tech.* 8(2014), 167-177.
23. V. Babaei, Colorimetric reconstruction of surfaces by correction of the pseudo-inverse and R matrix methods, MS thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2009.
24. A. Rayat, Determination of total radiance factor of fabrics dyed with fluorescent dyestuff, MS thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2010.