



تأثیر مؤلفه‌های CIELCH در انتخاب سیاه ترجیح داده شده

راضیه جعفری

استادیار، گروه پژوهشی فیزیک رنگ، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵.
تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۲۷ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۳/۶/۲۰

چکیده

در این تحقیق تأثیر روشنایی، خلوص و زاویه فام در انتخاب سیاه برتر از میان ۲۱۶ نمونه پارچه‌ای سیاه بررسی شد. ارزیابی نمونه‌ها با استفاده از روش رتبه‌بندی منظم و طی دو مرحله مجزا شامل انتخاب نمونه‌های سیاه و سپس گزینش سیاه برتر از میان نمونه‌هایی که بیش از ۵۰٪ ارزیابان آنها را سیاه تشخیص دادند، انجام شد. نتایج حاصل از انجام ۳۱۳۰ آزمون ارزیابی چشمی بیانگر نقش مؤثر ویژگی فام نمونه‌ها در هر دو آزمون انتخاب نمونه سیاه و تعیین سیاه برتر است چون ارزیابان عمدتاً نمونه‌های سیاه ته‌سبز-ته‌آبی (حتی با مقادیر خلوص بالا) را به عنوان سیاه انتخاب کردند. ضمن آنکه عدم ارجحیت سیاهی برای نمونه‌های سیاه با ته‌رنگ‌های قرمز به دست آمد. همچنین مشخص شد که از بین دو نمونه سیاه با مقادیر خلوص یکسان و با ته‌رنگ‌های مشابه، نمونه تیره‌تر بیشتر ترجیح داده می‌شود. این انتخاب در ارزیابی نمونه‌های سیاه با مقادیر روشنایی و زوایای فام تقریباً مشابه، به نمونه خنثی‌تر تعلق گرفت. در پایان، پیچیدگی تابعیت سیاهی و ارجحیت سیاهی از سه مؤلفه روشنایی، خلوص و زاویه فام به طور هم‌زمان محرز گردید.

واژه‌های کلیدی: سیاه ترجیح داده شده، مؤلفه‌های CIELCH، ارجحیت سیاهی، رتبه‌بندی منظم، ارزیابی چشمی.

Effect of CIELCH Coordinates on Selection of Preferred Black

R. Jafari

Department of Color Physics, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

Received: 18-02-2014

Accepted: 17-06-2014

Available online: 11-09-2014

Abstract

In this research the effect of lightness, chroma and hue angle is investigated to select the preferred black among the 216 black fabrics. The rank ordering method was used to visually assess black samples in two steps, i.e., finding the black samples and selecting the preferred black among samples which most of observers detected them as blacks. Performing of 3130 visual assessment experiments shows the effect of hue attribute in blackness perception and preference. In fact, observers mostly selected and preferred the cyanish-bluish blacks while they did not prefer the reddish blacks. Besides, among two blacks with the same chroma and hue angle, the darker one was preferred. For black samples with the same lightness and hues, the blackness preference was related to the sample which is more neutral. Finally, it was found that lightness, chroma and hue angle influence in blackness perception and preference, simultaneously. *J. Color Sci. Tech.* 8(2014), 167-177©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Preferred black, CIELCH coordinates, Blackness preference, Rank ordering, Visual assessment.

۱- مقدمه

رنگی مانسل بریک نمایشگر کامپیوتر به ارزیابان نشان داد که در هر دسته فام نمونه‌های با کمترین سطوح روشنایی و خلوص به عنوان نزدیک‌ترین نمونه‌ها به سیاه خالص ارزیابی می‌گردند [۱۵]. تحقیق دیگری توسط کلانتس و همکارانش با هدف بررسی تأثیر ویژگی‌های رنگی در درک سیاهی و تلاش برای ارائه مدلی جهت توصیف سیاهی انجام شد. نتایج تحقیقات آنها منجر به ارائه دو رابطه مبتنی بر ویژگی‌های رنگی نمونه‌های مشکلی و نتایج ارزیابی‌های چشمی گردید که فقدان روشنایی در هر دو رابطه را می‌توان از نقاط ضعف مدل‌های ارائه شده محسوب نمود [۱۶-۱۸].

بررسی تحقیقات انجام شده حاکی از ارزیابی تعداد معدودی نمونه مشکلی با اعمال محدودیت‌هایی در محدوده فام، روشنایی و خلوص نمونه‌ها است. به عنوان مثال در برخی تحقیقات، مطالعات تنها به نمونه‌هایی با روشنایی، خلوص و یا فام یکسان محدود شده است [۱۳-۱۸]. برخلاف مطالعات انجام شده در این تحقیق تلاش شده تا اولاً طیف وسیعی از نمونه‌های مشکلی با تنوعی از ویژگی‌های رنگی تهیه شوند (۲۱۶ نمونه پارچه‌ای که به روش چاپ منسوج تهیه می‌شوند). ضمن آنکه به منظور شبیه‌سازی درک چشمی سیاهی با مشاهدات واقعی، نمونه‌ها در کابینت نوری و تحت شرایط استاندارد مشاهده به ارزیابان ارائه شده و از نمایش معادل تقریبی نمونه‌ها بر روی نمایشگر کامپیوتر احتراز شده است. همچنین آزمون‌های ارزیابی چشمی به نحوی طراحی شده که انتخاب نمونه‌های سیاه برتر از میان نمونه‌هایی که پیشاپیش به عنوان سیاه ارزیابی شده‌اند صورت پذیرد. درحالی که در تحقیقات پیشین این دو آزمون کاملاً مجزا از هم انجام شده و انتخاب نمونه‌های سیاه برتر هیچ ارتباطی به گزینش نمونه‌های سیاه نداشته است [۱۳-۱۸].

۲- بخش تجربی

۲-۱- مواد

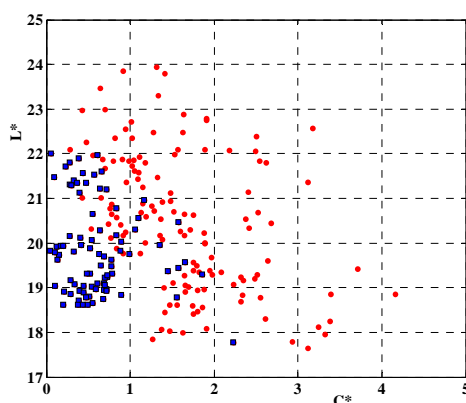
از پاجه پنبه‌ای با بافت تافته به عنوان زمینه برای فرآیند چاپ استفاده شده است. همچنین از چهار رنگدانه رنگی به همراه رنگدانه مشکلی جهت ایجاد فام مشکلی همراه با تهرنگ‌های مختلف بهره گرفته شده است. مشخصات کلی و نام تجاری رنگدانه‌های مورد استفاده در فرآیند چاپ در جدول ۱ نشان داده شده است.

۲-۲- روش کار

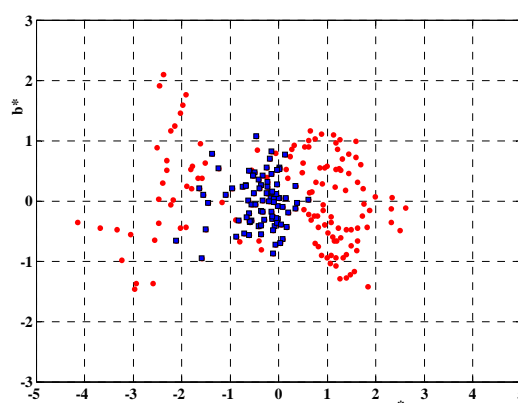
۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

جهت آماده‌سازی نمونه‌های مشکلی از روش چاپ بر روی منسوج، استفاده گردید. چهار رنگدانه رنگی شامل رنگ‌های قرمز، سبز، آبی و زرد در مخلوط‌های مختلف دوتایی، سه تایی و چهارتایی با رنگدانه سیاه ترکیب شده و در فرآیند چاپ معمول منسوج با مواد رنگی رنگدانه استفاده شدند.

در علوم رنگ، سیاه یکی از دو رنگ موجود در دو انتهای سری سطوح غیررنگی تعریف می‌شود که از کمترین میزان روشنایی برخوردار باشد [۲]، درک تجربی سیاهی نیز به نمونه‌هایی با مقادیر کروما (خلوص) و روشنایی کم مربوط می‌گردد. علاوه بر کاربرد بالای سیاهی در صنایع همچون نساجی، پلاستیک‌سازی، رنگ‌های پوشاننده سطوح، صنایع آرایشی و غیره، ارجحیت کاربرد رنگ مشکلی در چاپ متن بر روی کاغذ و دیگر سطوح غیر قابل انکار بوده و بنظر نمی‌رسد که در صنعت چاپ هیچ رنگی بتواند جایگزین سیاه شده و یا با آن رقابت کند [۳-۵]. همچنین فرهنگ‌های قومی مختلف تعابیر متفاوتی از سیاهی داشته [۶] و در برخی کشورها از جمله کشورهای خاورمیانه از آن به عنوان رنگ پوشش رسمی در مراسم مذهبی استفاده می‌شود. به رغم اهمیت تجاری بالا، مطالعات محدودی در خصوص ارزیابی رفتار طیفی و رنگی سیاهی انجام شده است. در بررسی رفتار طیفی سیاهی، جعفری و همکارانش با کاربرد روش تحلیل اجزاء اصلی بر فضاهای انعکاس، جذب و معکوس انعکاس نمونه‌های سیاه کاغذی و پارچه‌ای، به ابعاد محدود نمونه‌های مذکور در فضاهای مورد بحث اشاره داشتند [۷-۹]. تحقیقات یک گروه ژاپنی بر روی البسه مشکلی از اولین تحقیقات صورت گرفته در خصوص بررسی رفتار رنگی سیاهی است که با هدف تعیین سیاه خالص بر مبنای ترکیب دو عامل اساسی حساسیت چشمی مشاهده‌کننده و نتایج حاصل از پردازش تصاویر انجام شد. تحقیقات آنها که مبتنی بر بررسی ارتباط میان درک سیاهی با ویژگی‌های ساختاری ۸ پارچه سیاه مختلف بود نشان داد که بجز میزان ضخامت، سایر عوامل فیزیکی تأثیر چندانی بر درک سیاهی ندارند [۱۰-۱۲]. به منظور ارزیابی سیاهی در صنعت چاپ در تحقیق انجام شده توسط وستلند و همکارانش تلاش شد تا یک روش دستگاهی منطبق بر مشاهدات چشمی برای درک سیاهی ارائه شود. در تحقیق مذکور چهار اندیس متفاوت بصورت ترکیب‌های خطی و غیرخطی از محرکه‌های سه‌گانه رنگی و روشنایی نمونه‌ها در فضا رنگ‌های مختلف ارائه شد که در این بین اندیس پیشنهادی مبتنی بر فضا رنگ یکنواخت CIELAB بهترین تطبیق را با نتایج حاصل از ارزیابی‌های چشمی ۱۰۰ نمونه مشکلی کاغذی نشان داد [۴]. عدم کارایی اندیس‌های پیشنهادی وستلند که برای ارزیابی سیاهی جوهرهای چاپ ارائه شده بود در خصوص ارزیابی ۳۰ پارچه مشکلی با به کارگیری روش مقایسه جفت‌ها نشان داده شد [۱۳]. در تحقیقی که به وسیله لن تاو و همکارانش انجام شد تأثیر فام در درک چشمی سیاهی مورد توجه قرار گرفت. در این تحقیق مقادیر تقریبی محرکه‌های سه‌گانه ۱۳ نمونه مانسل (۱۰ نمونه رنگی با مقادیر روشنایی و خلوص یکسان و ۳ نمونه خنثی) بر یک نمایشگر کامپیوتر با پس زمینه خنثی به مشاهده‌کنندگان ارائه شدند. نتایج نشان داد که اگرچه ارزیابان تیره‌ترین نمونه خنثی را به عنوان نزدیک‌ترین نمونه به سیاه خالص تشخیص دادند اما ارجحیت آنها در انتخاب نمونه‌های سیاه با تهرنگ آبی بود [۱۴]. همچنین ارائه مقادیر تقریبی محرکه‌های سه‌گانه ۲۹ نمونه



ب



الف

شکل ۱: مشخصات رنگی ۲۱۶ پارچه سیاه در (الف): دیاگرام a^*b^* از فضا رنگ CIELAB و (ب): دیاگرام C^*L^* از فضا رنگ CIELCH. ۸۵ نمونه‌ای که با مربع‌های آبی رنگ مشخص شده‌اند توسط بیش از ۵۰٪ از ارزیابان، سیاه تشخیص داده شده‌اند.

است.

در پایان به منظور کنترل دقت مشاهده‌کنندگان، میزان تکرارپذیری و دوباره تولید نتایج ارزیابی‌های چشمی با استفاده از معیار تصمیم‌گیری اشتباه^۱ [۲۷، ۲۶، ۱] بررسی گردید. کسب نتیجه ۸۷،۴۸٪ تکرارپذیری نتایج ارزیابی چشمی و میزان دوباره تولید ۸۷،۱۸٪ در مقایسه با نتایج گزارش شده در سایر تحقیقات [۱۶، ۴] حاکی از دقت بالای مشاهده‌کننده در آزمون‌های تکراری و در توافق با سایر مشاهده‌کنندگان در ارزیابی نمونه‌های مشکلی است.

۳- نتایج و بحث

مطابق شکل ۱، ۲۱۶ نمونه سیاه پارچه‌ای از توزیع نسبتاً یکنواختی در نواحی چهارگانه فام برخوردارند به طوری که به ترتیب ۴۸، ۶۰، ۵۴ و ۵۴ نمونه در نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ فام قرار دارند. به منظور بیان توزیع یکنواخت ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها در نواحی چهارگانه فام، جدول ۲ تغییرات روشنایی و خلوص نمونه‌ها را به صورت مقادیر کمینه و بیشینه نشان می‌دهد. در آزمون چشمی انتخاب نمونه‌های سیاه، ۸۵ نمونه توسط بیش از ۵۰٪ مشاهده‌کنندگان به عنوان نمونه سیاه ارزیابی شدند که به ترتیب ۸، ۳۵، ۳۴ و ۸ نمونه در نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ فام قرار داشتند (جدول ۲). جالب آنکه مشاهده‌کنندگان تعداد بسیار کمی از نمونه‌های سیاه واقع در نواحی ۱ و ۴ فام را به عنوان نمونه سیاه پذیرفته‌اند (انتخاب تنها ۱۶ نمونه از بین ۱۰۲ نمونه سیاه با تهرنگ‌های قرمز-زرد و یا قرمز-آبی). اینکه از بین ۸۵ نمونه پذیرفته شده به عنوان سیاه، ۶۹ نمونه (۸۱،۱۸٪) در نواحی ۳ و ۴ فام واقع شده‌اند به نوعی بیانگر اهمیت تهرنگ سبز-آبی نمونه‌ها در میزان پذیرش سیاهی آنها است.

۲-۲-۲- انتخاب سیاه برتر

از آنجاکه امکان ارزیابی هم‌زمان ۸۵ نمونه وجود نداشت تصمیم بر آن شد تا نمونه‌های سیاه ابتدا بر اساس زاویه فام (یا همان تهرنگ نمونه‌ها) دسته‌بندی شده و سیاه‌های برتر در هر یک از نواحی چهارگانه فام استخراج شوند و سپس سیاه ترجیح داده شده از بین نمونه‌های سیاه برتر استخراج شود. به این ترتیب، در ۴ دسته‌بندی فام انجام شده، ۸، ۳۵، ۳۴ و ۸ نمونه به ترتیب در نواحی اول ($90 < h^{\circ}$)، دوم ($180 < h^{\circ} < 90$)، سوم ($270 < h^{\circ} < 180$) و چهارم ($360 < h^{\circ} < 270$) فام قرار گرفتند. به رغم دقت بالاتر روش مقایسه جفت‌ها [۲۲-۲۰]، به دلیل تعدد نمونه‌ها از روش رتبه‌بندی منظم [۲۵-۲۳] جهت ارزیابی نمونه‌ها استفاده شد. به این منظور، نمونه‌های هردسته بطور کاملاً تصادفی به ارزیابان ارائه و از آنان خواسته می‌شد که نمونه‌ها را صرفاً بر اساس ارجحیت فردی از کمترین تا بیشترین میزان ارجحیت سیاهی درک شده مرتب سازند. به این ترتیب، کلیه نمونه‌های سیاه در هردسته‌بندی فام در آزمون رتبه‌بندی منظم، مورد ارزیابی چشمی قرار گرفت و میانگین رتبه‌های اختصاص داده شده به آنها به عنوان مقیاسی برای ارجحیت سیاهی آنها در نظر گرفته شد به نحوی که رتبه بالاتر به مفهوم ارجحیت بیشتر نمونه سیاه بود. تعداد آزمون‌های ارزیابی چشمی انجام شده در این مرحله ۸۵۰ آزمون بوده است. در ادامه بر اساس رتبه‌های بدست آمده برای نمونه‌ها، ۳ نمونه ترجیح داده شده‌تر از میان نمونه‌های هر یک از نواحی چهارگانه فام انتخاب شده و ۱۲ نمونه منتخب نهایی در یک گروه به ارزیابان ارائه شدند تا طی انجام ۱۲۰ آزمون ارزیابی چشمی، بر اساس ارجحیت افراد مجدداً رتبه‌بندی شوند. مزیت ۱۲ نمونه نهایی علاوه بر تنوع در روشنایی و خلوص، برخورداری از تهرنگ‌های مختلف است. شایان ذکر است که در مجموع ۳۱۳۰ آزمون چشمی مبتنی بر رتبه‌بندی منظم انجام شده

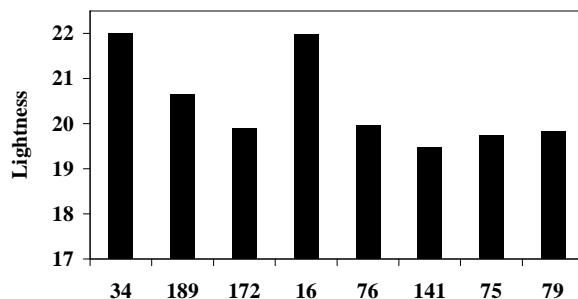
1- Wrong decision

جدول ۲: محدوده تغییرات روشنایی و خلوص ۲۱۶ نمونه تولید شده و ۸۵ نمونه سیاه منتخب ارزیابان در نواحی چهارگانه فام.

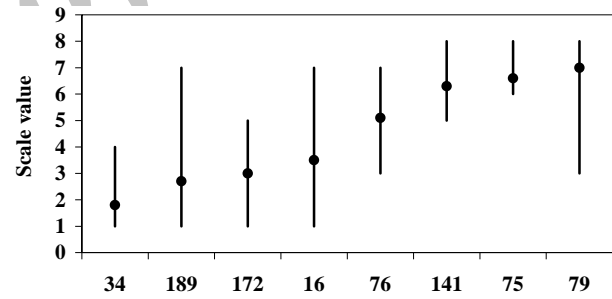
نمونه‌های سیاه در هر ناحیه فام	تعداد کل نمونه: ۸۵					تعداد کل نمونه: ۲۱۶					Hue angle	ناحیه فام
	C*		L*		تعداد نمونه‌ها	C*		L*		تعداد نمونه‌ها		
	Max	Min	Max	Min		Max	Min	Max	Min			
%۱۶,۶۶	۰,۷۷	۰,۰۴	۲۲,۰۰	۱۹,۴۸	۸	۲,۳۴	۰,۰۴	۲۳,۸۱	۱۸,۸۴	۴۸	$0 \leq h < 90$	۱
%۵۸,۳۳	۱,۶۵	۰,۱۰	۲۱,۳۰	۱۸,۶۲	۳۵	۳,۱۸	۰,۱۰	۲۲,۸۸	۱۸,۶۲	۶۰	$90 \leq h < 180$	۲
%۶۲,۹۶	۲,۲۲	۰,۰۹	۲۱,۷۲	۱۷,۷۷	۳۴	۴,۱۶	۰,۰۹	۲۲,۱۰	۱۷,۶۴	۵۴	$180 \leq h < 270$	۳
%۱۴,۸۱	۰,۷۰	۰,۱۳	۲۱,۸۹	۱۹,۰۵	۸	۲,۶۱	۰,۱۳	۲۳,۹۵	۱۷,۸۵	۵۴	$270 \leq h < 360$	۴

نمونه‌های سیاه واقع در نواحی ۱، ۲، ۳ و ۴ فام برحسب ارجحیت فردی ارزیابان نشان می‌دهد به نحوی که محورهای قائم (در بخش الف) مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین رتبه‌های نسبت داده شده به نمونه‌ها و در بخش‌های ب، ج، د ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها را نشان می‌دهند. همچنین محورهای افقی شماره نمونه‌ها را از کمترین تا بیشترین سیاه ترجیح داده شده نشان می‌دهند. شکل ۲ نتایج ارزیابی چشمی ۸ نمونه سیاه واقع در ناحیه ۱ فام را برحسب ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد.

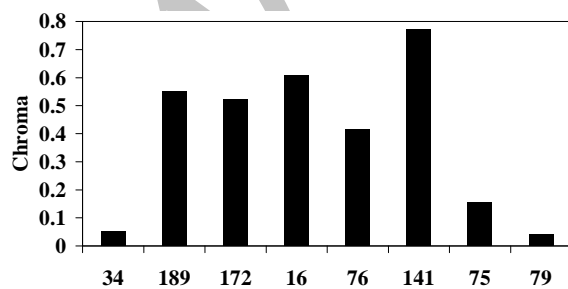
گام بعدی تعیین سیاه ترجیح داده شده از بین ۸۵ نمونه سیاه انتخابی است. به طوری که قبلاً اشاره گردید به دلیل تعدد نمونه‌ها و عدم امکان ارزیابی هم‌زمان ۸۵ نمونه تصمیم بر آن شد که ابتدا نمونه‌ها در هریک از نواحی چهارگانه فام برحسب ارجحیت ارزیابان رتبه‌بندی گردند تا نمونه‌های ترجیح داده شده از بین نمونه‌های سیاه با تهرنگ‌های مشابه مشخص شوند و در گام بعدی ارزیابی در بین نمونه‌های منتخب با تنوع فام صورت پذیرد. شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب نتایج ارزیابی مشاهده‌کنندگان را در رتبه‌بندی منظم



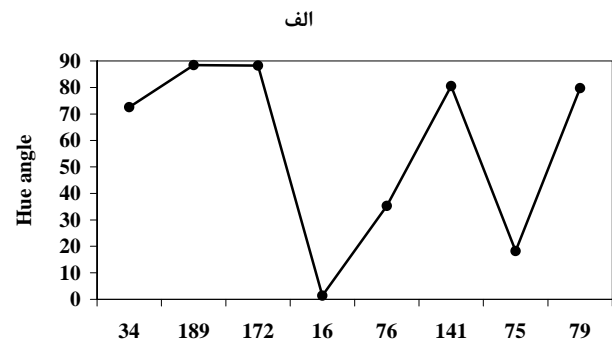
Visual ranking (Rank ordering)



Visual ranking (Rank ordering)



Visual ranking (Rank ordering)



Visual ranking (Rank ordering)

شکل ۲: نتایج ارزیابی ۸ نمونه سیاه پارچه‌ای با تهرنگ‌های قرمز-زرد. محور قائم در شکل (الف): کمترین، بیشترین و میانگین رتبه تخصیص داده شده به نمونه‌های سیاه را مطابق ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد و در شکل‌های (ب)، (ج) و (د) به ترتیب روشنایی، زاویه فام و خلوص نمونه‌ها را بیان می‌کند. محورهای افقی نیز از چپ به راست شماره نمونه‌ها را برحسب کمترین تا بیشترین ارجحیت سیاهی ارزیابی شده نمایش می‌دهند.

بوده در بین ۳۵ نمونه سیاه واقع در ناحیه ۲ فام به عنوان سیاه برتر برگزیده شده است.

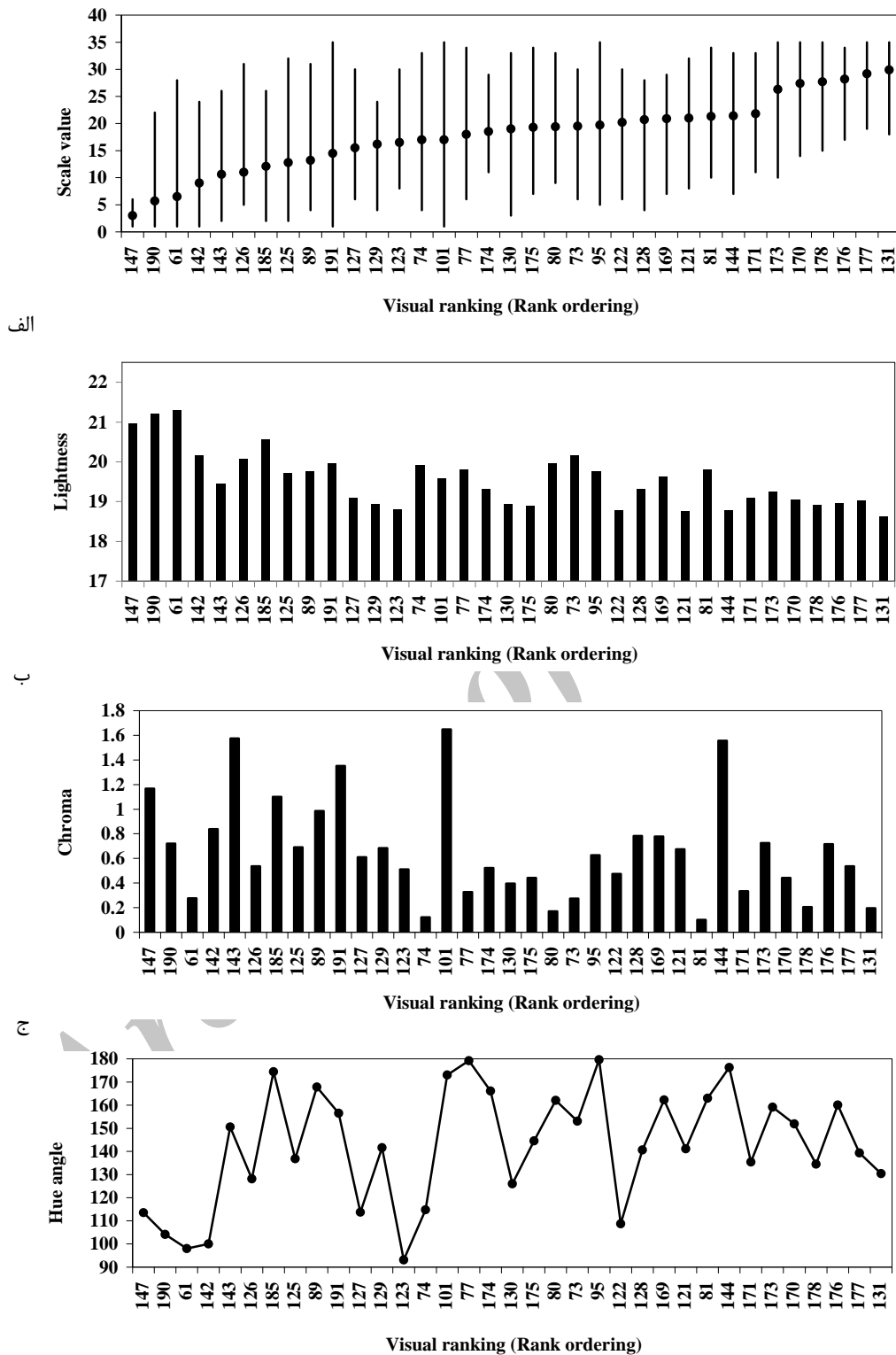
شکل ۴ نتایج ارزیابی چشمی ۳۴ نمونه سیاه واقع در ناحیه ۳ فام را برحسب ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد. مطابق شکل (۴-ب) تیره‌ترین نمونه موجود یعنی نمونه ۷۱ به رغم دارا بودن کمترین مقدار روشنایی (۱۷,۷۷) برخلاف انتظار رتبه بالایی از ارجحیت ارزیابان را کسب نموده است. با توجه به شکل (۴-ج) بنظر می‌رسد بزرگی مقدار کرومای (۲,۲۲) نمونه ۷۱ در بین ۳۴ نمونه موجود علت این گزینش باشد. درحقیقت، یک نمونه سیاه صرفاً به دلیل کمترین مقدار روشنایی از نظر ارزیابان ترجیح داده نمی‌شود. از طرفی، با توجه به شکل ۴-ج مشاهده می‌شود که نمونه‌های ۱۳، ۱۷، ۷۸ و ۱۷۹ به رغم دارا بودن مقادیر خلوص کم در بین ۳۴ نمونه سیاه موجود در ناحیه ۳ فام از نظر ارزیابان چندان ترجیح داده نشده‌اند. مطابق شکل ۴-ب بنظر می‌رسد دلیل این عدم ارجحیت به نوعی به روشنایی بالای نمونه‌ها به ویژه نمونه‌های ۱۳ و ۱۷ مربوط باشد. البته در این میان نمونه ۱۷۹ هم که تقریباً در سطح روشنایی یکسانی با نمونه ترجیح داده شده ۸۴ قرار دارد با وجود خنثی‌تر بودن برتری چندانی نداشته است. به نظر می‌رسد علت این امر تفاوت در زاویه فام دو نمونه ۱۷۹ (۱۹۳,۰۹) و ۸۴ (۲۴۳,۵۷) باشد و یا اینکه در ناحیه ۳ فام نمونه‌های خنثی‌تر از نظر مشاهده‌کنندگان کمتر ترجیح داده می‌شوند. البته عدم انتخاب نمونه ۱۳ با کمترین میزان خلوص (۰,۰۹) در بین نمونه‌ها به میزان روشنایی بالای آن (۲۱,۴۸) مربوط می‌شود. به بیان دیگر، یک نمونه صرفاً به دلیل خنثی‌تر بودن، ترجیح داده نمی‌شود.

نتایج ارزیابی چشمی ۸ نمونه سیاه واقع در ناحیه ۴ فام به صورت رتبه‌بندی نمونه‌ها برحسب ارجحیت مشاهده‌کنندگان در شکل ۵ نشان داده شده است. نکته جالب انتخاب دو نمونه ۸۲ و ۲۳ به عنوان سیاه‌های ترجیح داده شده است که به ترتیب خنثی‌ترین و تیره‌ترین نمونه‌ها در بین ۸ نمونه موجود هستند. ضمن آنکه نمونه ۲۳ به رغم دارا بودن بالاترین میزان خلوص در بین ۸ نمونه موجود به عنوان سیاه برتر انتخاب شده است که بنظر می‌رسد علاوه بر تیرگی، هم‌جواری نمونه مذکور به محور آبی فضا رنگ نیز دلیل این انتخاب باشد.

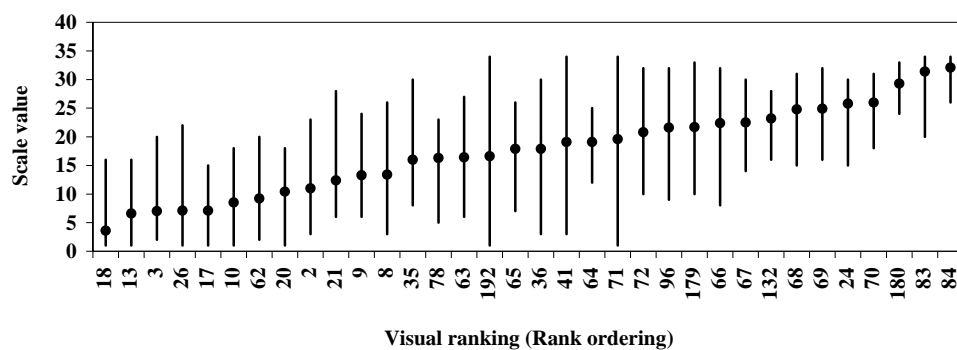
در بررسی بخش‌های الف شکل‌های ۲ تا ۵ مشخص می‌شود که پراکندگی رتبه‌های نسبت داده شده به نمونه‌های سیاه که کمتر و یا بیشتر ترجیح داده شده‌اند (یعنی نمونه‌های واقع در ابتدا و انتهای نمودارها) کمتر از نمونه‌هایی است که با درجات متوسط ارجحیت سیاهی ارزیابی شده‌اند (نمونه‌های واقع در قسمت‌های میانی نمودارها). درحقیقت مشاهده‌کنندگان در ارزیابی و تخصیص رتبه به نمونه‌های سیاهی که آنها را خیلی بیشتر و یا خیلی کمتر ترجیح داده‌اند نسبت به سایر نمونه‌ها توافق نظر بیشتری داشته‌اند.

مطابق شکل (۲-الف) نمونه‌های ۳۴ و ۷۹ با مقادیر مقیاس ۱,۸ و ۷ برترتیب کمترین و بیشترین ارجحیت را در بین نمونه‌های سیاه تهرمز تا تهرزد کسب نمودند درحالی که با توجه به شکل‌های (۲-د) و (۲-ج) مقادیر کرومای تقریباً یکسانی دارند (۰,۰۵ و ۰,۰۴) و با تهرنگ‌های یکسانی ارزیابی می‌شوند. تفاوت بارز دو نمونه مذکور در مقادیر روشنایی آنهاست که با توجه به شکل (۲-ب) و همانگونه که انتظار می‌رود نمونه ۷۹ با مقدار روشنایی کمتر، سیاه ترجیح داده شده‌تری است. از طرفی مشاهده می‌شود که دو نمونه ۱۶ و ۳۴ به رغم دارا بودن مقادیر روشنایی یکسان (۲۱,۹۸ و ۲۲,۰۰) در درجات متفاوتی از ارجحیت سیاهی ارزیابی شده‌اند. نگاهی به شکل ۲-د و توجه به مقدار خلوص بیشتر نمونه ۱۶ (۰,۶۱) نسبت به نمونه ۳۴ (۰,۰۵) این انتظار را که نمونه با خلوص کمتر، بیشتر ترجیح داده شود را برآورده نمی‌سازد. بنظر می‌رسد این بار ارزیابان، تهرنگ قرمز نمونه ۱۶ را به خنثی‌بودن تقریبی نمونه ۳۴ ترجیح داده‌اند. همچنین مشاهده می‌شود که نمونه ۱۴۱ به رغم تیره‌تر بودن با ارجحیت سیاهی کمتری نسبت به نمونه ۷۹ با تهرنگ مشابه ارزیابی می‌شود. دلیل این ارزیابی با توجه به خلوص بیشتر نمونه ۱۴۱ (۰,۷۷) نسبت به نمونه ۷۹ (۰,۰۴) آشکار می‌گردد. لذا بنظر می‌رسد میزان خلوص کمتر در ارزیابی نمونه‌های سیاه با مقادیر روشنایی و زوایای فام تقریباً مشابه، عامل تعیین‌کننده‌ای است.

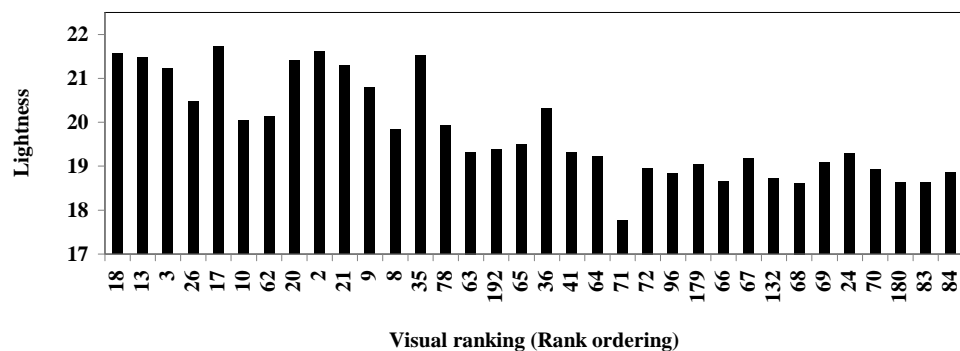
نتایج ارزیابی چشمی ۳۵ نمونه سیاه واقع در ناحیه ۲ فام به صورت رتبه‌بندی نمونه‌ها برحسب ارجحیت مشاهده‌کنندگان در شکل ۳ نشان داده شده است. شکل (۳-ج) نشان می‌دهد که نمونه‌های ۱۰۱ و ۱۴۴ به رغم داشتن مقادیر خلوص تقریباً یکسان (۱,۶۵ و ۱,۵۶) و با وجود برخورداری از تهرنگ‌های مشابه در درجات متفاوت ارجحیت از نظر ارزیابان قضاوت شده‌اند. روشنایی کمتر نمونه ۱۴۴ (۱۸,۷۸) در مقایسه با نمونه ۱۰۱ (۱۹,۵۸) برتری نمونه ۱۴۴ را آشکار می‌سازد. از طرفی مشاهده می‌شود که نمونه ۱۴۳ با مقادیر روشنایی (۱۹,۴۴) و خلوص (۱,۵۷) تقریباً معادل با نمونه ۱۰۱، از نظر ارزیابان جزء نمونه‌هایی با کمترین میزان ارجحیت برگزیده شده است. با توجه به شکل (۳-د) بنظر می‌رسد برتری نمونه ۱۰۱ نسبت به نمونه ۱۴۳ به تهرنگ آن مربوط گردد. همچنین مطابق شکل (۳-ج) مشاهده می‌شود که نمونه‌های ۷۴، ۸۰ و ۸۱ صرفاً به دلیل داشتن مقادیر خلوص پایین با درجات بالایی از ارجحیت انتخاب نشده‌اند و در این میان نمونه ته‌سبزتر ۸۱ با مقادیر روشنایی و خلوص کمتر نسبت به دو نمونه ۷۴ و ۸۰ بیشتر ترجیح داده شده است. به طور معکوس ارجحیت کمتر نمونه ۷۴ نسبت به نمونه ۸۰ به رغم دارا بودن مقدار خلوص کمتر می‌تواند به تهرنگ زردتر نمونه ۷۴ مربوط باشد. البته بررسی ویژگی‌های رنگی نمونه ۱۳۱ بیانگر آن است که نمونه‌ای که کمترین مقدار روشنایی را داشته و از خلوص نسبتاً کمی هم برخوردار



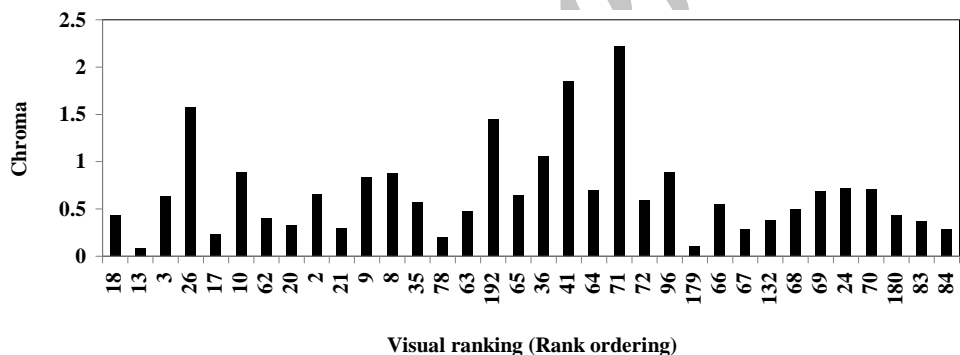
شکل ۳: نتایج ارزیابی ۳۵ نمونه سیاه پارچه‌ای با تهرنگ‌های زرد- سبز. محور قائم در شکل (الف): کمترین، بیشترین و میانگین رتبه تخصیص داده شده به نمونه‌های سیاه را مطابق ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد و در شکل‌های ب، ج و د به ترتیب روشنایی، خلوص و زاویه فام نمونه‌ها را بیان می‌کند. محورهای افقی نیز از چپ به راست شماره نمونه‌ها را برحسب کمترین تا بیشترین ارجحیت سیاهی ارزیابی شده نمایش می‌دهند.



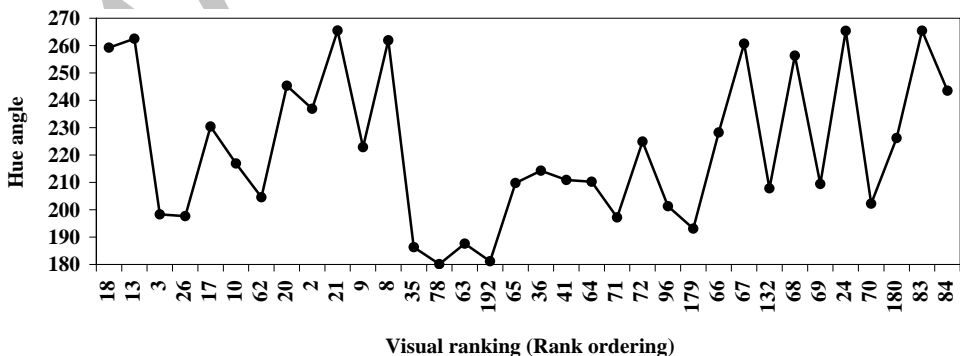
الف



ب

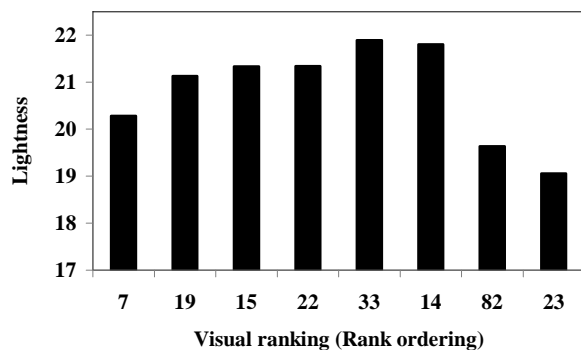


ج

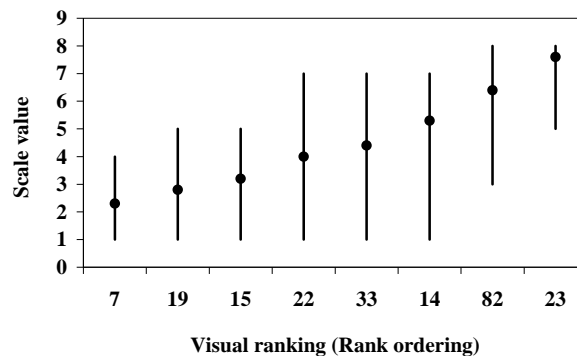


د

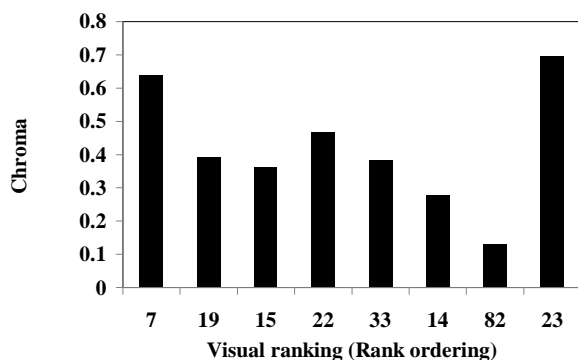
شکل ۴: نتایج ارزیابی ۳۴ نمونه سیاه پارچه‌ای با تهرنگ‌های سبز-آبی. محور قائم در شکل (الف): کمترین، بیشترین و میانگین رتبه تخصیص داده شده به نمونه‌های سیاه را مطابق ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد و در شکل‌های (ب)، (ج) و (د) به ترتیب روشنایی، خلوص و زاویه فام نمونه‌ها را بیان می‌کند. محورهای افقی نیز از چپ به راست شماره نمونه‌ها را برحسب کمترین تا بیشترین ارجحیت سیاهی ارزیابی شده نمایش می‌دهند.



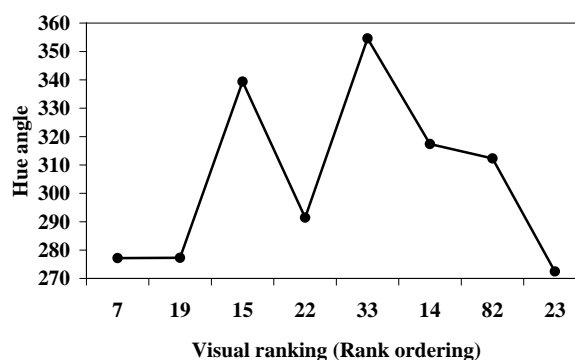
ب



الف



د



ج

شکل ۵: نتایج ارزیابی ۸ نمونه سیاه پارچه‌ای با تهرنگ‌های آبی-قرمز. محور قائم در شکل (الف): کمترین، بیشترین و میانگین رتبه تخصیص داده شده به نمونه‌های سیاه را مطابق ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد و در شکل‌های (ب)، (ج) و (د) به ترتیب روشنایی، زاویه فام و خلوص نمونه‌ها را بیان می‌کند. محورها افقی نیز از چپ به راست شماره نمونه‌ها را برحسب کمترین تا بیشترین ارجحیت سیاهی ارزیابی شده نمایش می‌دهند.

از طرفی، در آزمون انتخاب نمونه سیاه توجه به مقادیر خلوص نشان داده شده در جدول ۲ و نیز مقایسه این مقادیر در شکل‌های ۲-د، ۳-ج، ۴-ج و ۵-د بیانگر آن است که محدوده تغییرات خلوص در پذیرش یک نمونه به عنوان سیاه در نواحی ۲ و ۳ فام بیشتر از نواحی ۱ و ۴ است. شایان ذکر است که نتیجه مذکور با توجه به مقادیر روشنایی تقریباً یکسان گزارش شده است. به بیان دیگر، در یک سطح روشنایی نسبتاً یکسان، ارزیابان نمونه‌های سیاه ته‌سبز تا ته‌آبی با مقادیر خلوص بالا را هنوز به عنوان سیاه ارزیابی می‌کنند (نمونه‌های ۱۰۱ و ۷۱ با مقادیر خلوص بیشینه ۱،۶۵ و ۲،۲۲ به ترتیب در نواحی ۲ و ۳ فام) در حالی که برای نمونه‌های ته‌زرد تا ته‌قرمز مقادیر خلوص حتی به عدد ۱ هم نمی‌رسد (نمونه‌های ۱۴۱ و ۲۳ با مقادیر خلوص بیشینه ۰،۷۰ و ۰،۷۰ به ترتیب در نواحی ۱ و ۴ فام). در واقع نمونه‌های مشکی با تهرنگ‌های سبز تا آبی برخلاف نمونه‌های مشکی ته‌زرد-ته‌قرمز برغم افزایش خلوص هنوز هم از نظر ارزیابان سیاه تلقی می‌شوند. نتیجه مذکور به نوعی مؤید نتیجه کسب شده در تحقیقات انجام شده به وسیله کلانتس و همکارانش است [۱۶-۱۸].

آخرین ارزیابی مربوط به انتخاب سیاه برتر از میان سیاه‌های ترجیح داده شده نواحی مختلف فام است. در این مرحله ۳ نمونه برتر از

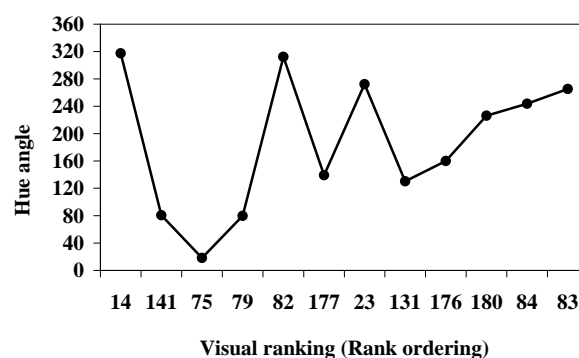
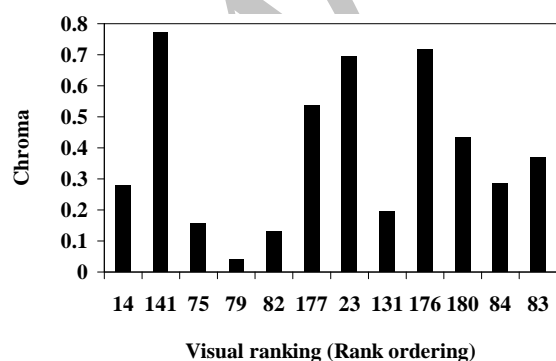
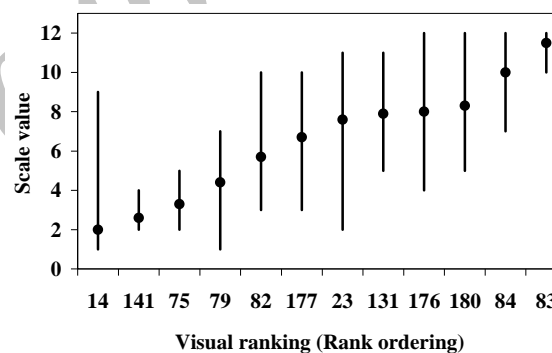
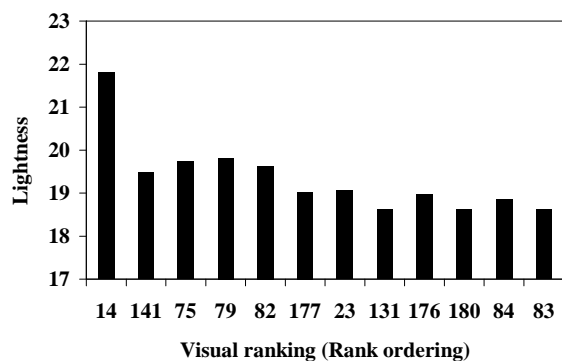
۴ ناحیه فام استخراج شده و در یک گروه قرار گرفتند (نمونه‌های ۱۴۱، ۷۵ و ۷۹ از ناحیه ۱ فام، نمونه‌های ۱۷۶، ۱۷۷ و ۱۳۱ از ناحیه ۲ فام، نمونه‌های ۱۸۰، ۸۳ و ۸۴ از ناحیه ۳ فام و نمونه‌های ۱۴، ۸۲ و ۲۳ از ناحیه ۴ فام). سپس از ارزیابان خواسته شد تا ۱۲ نمونه نهایی برتر را براساس ارجحیت فردی از کم به زیاد مرتب کنند. مقادیر میانگین رتبه‌های نسبت داده شده به نمونه‌های سیاه مجدداً به عنوان مقیاسی برای ارجحیت سیاهی آنها در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که ۱۲ نمونه انتخابی مطابق نظر ارزیابان به نوعی برترین نمونه‌های منتخب از میان ۲۱۶ نمونه سیاه تولید شده و با تنوعی از ویژگی‌های رنگی هستند. شکل ۶ نتایج ارزیابی چشمی ۱۲ نمونه برتر را نشان می‌دهد. همچنین مقادیر مقیاس اختصاص داده شده به نمونه‌ها و مشخصات رنگی آنها در جدول ۳ ارائه شده است. مطابق شکل ۶-ب و جدول ۳ به استثنای نمونه ۱۴، مقادیر روشنایی ۱۱ نمونه انتخابی کمتر از ۲۰ می‌باشد. ضمن آنکه یک روند مشخص کاهش روشنایی برحسب ارجحیت سیاهی در بین ۱۲ نمونه برتر هم دیده نمی‌شود. نکته جالب توجه، گزینش سه نمونه سیاه ته‌سبز-ته‌آبی ۱۸۰، ۸۴ و ۸۳ با بالاترین ارجحیت سیاهی است. به بیان دیگر بنظر می‌رسد ارجحیت فامی ارزیابان در گزینش سیاه برتر به ناحیه سوم فام

است عدم ارجحیت ارزیابان را در انتخاب نمونه‌های سیاه تهرمز تداعی می‌سازد. علاوه بر اثر تهرنگ که به دلیل مقادیر خلوص کم نمونه‌ها شاید چندان مؤثر نباشد مشاهده می‌شود که سه نمونه مذکور پس از نمونه ۱۴ بالاترین مقادیر روشنایی را در بین ۱۲ نمونه منتخب دارا می‌باشند.

($180 < h < 270$) مرتبط گردد. همچنین با توجه به شکل ۶-د ملاحظه می‌شود که ۱۲ نمونه انتخابی برتر همگی مقادیر خلوص پایینی دارند ($C^* < 0.8$). ضمن آنکه نمونه‌های ۷۵، ۷۹ و ۸۲ به رغم دارا بودن مقادیر خلوص کم، در درجات پایینی از ارجحیت‌گزینش شده‌اند. نگاهی به مقادیر زوایای فام این نمونه‌ها که بیانگر اثری از تهرمزی

جدول ۳: نتایج ارزیابی ۱۲ نمونه سیاه برتر برحسب روش رتبه‌بندی منظم جهت انتخاب سیاه ترجیح داده شده.

نمونه	L*	a*	b*	C*	Hue angle	مقدار مقیاس	انحراف استاندارد
۱۴	۲۱،۸۰	۰،۲۰	-۰،۱۹	۰،۲۸	۳۱۷،۳۹	۲	۲،۵۴
۱۴۱	۱۹،۴۸	۰،۱۳	۰،۷۶	۰،۷۷	۸۰،۵۲	۲،۶	۰،۸۴
۷۵	۱۹،۷۳	۰،۱۵	۰،۰۵	۰،۱۵	۱۸،۱۹	۳،۳	۰،۹۵
۷۹	۱۹،۸۲	۰،۰۱	۰،۰۴	۰،۰۴	۷۹،۷۳	۴،۴	۲،۵۰
۸۲	۱۹،۶۳	۰،۰۹	-۰،۱۰	۰،۱۳	۳۱۲،۳۴	۵،۷	۲،۱۱
۱۷۷	۱۹،۰۳	-۰،۴۱	۰،۳۵	۰،۵۴	۱۳۹،۳۵	۶،۷	۲،۴۱
۲۳	۱۹،۰۵	۰،۰۳	-۰،۶۹	۰،۶۹	۲۷۲،۴۵	۷،۶	۲،۹۵
۱۳۱	۱۸،۶۲	-۰،۱۳	۰،۱۵	۰،۲۰	۱۳۰،۴۴	۷،۹	۲،۱۳
۱۷۶	۱۸،۹۶	-۰،۶۷	۰،۲۴	۰،۷۱	۱۶۰،۰۷	۸	۲،۴۵
۱۸۰	۱۸،۶۲	-۰،۳۰	-۰،۳۱	۰،۴۳	۲۲۶،۲۰	۸،۳	۲،۱۱
۸۴	۱۸،۸۶	-۰،۱۳	-۰،۲۶	۰،۲۹	۲۴۳،۵۷	۱۰	۱،۵۶
۸۳	۱۸،۶۲	-۰،۰۳	-۰،۳۷	۰،۳۷	۲۶۵،۴۵	۱۱،۵	۰،۸۵



شکل ۶: نتایج ارزیابی ۱۲ نمونه سیاه برتر با تنوعی از ویژگی‌های رنگی. محور قائم در شکل (الف): کمترین، بیشترین و میانگین (مقدار مقیاس) رتبه تخصیص داده شده به نمونه‌های سیاه را مطابق ارجحیت ارزیابان نشان می‌دهد و در شکل‌های (ب)، (ج) و (د) به ترتیب روشنایی، زاویه فام و خلوص نمونه‌ها را بیان می‌کند. محورهای افقی نیز از چپ به راست شماره نمونه‌ها را برحسب کمترین تا بیشترین ارجحیت سیاهی ارزیابی شده نمایش می‌دهند.

۴- نتیجه گیری

پذیرش یک نمونه به عنوان سیاه است. در آزمون تعیین سیاه ترجیح داده شده مشخص شد که از بین دو نمونه با مقادیر کرومای یکسان و با تهرنگ‌های مشابه، نمونه تیره‌تر بیشتر ترجیح داده می‌شود. همچنین در ارزیابی نمونه‌های سیاه با مقادیر روشنایی و زوایای فام تقریباً مشابه، نمونه خنثی‌تر از ارجحیت بالاتری برخوردار است. بنظر می‌رسد در ارزیابی نمونه‌های با فام مشابه نمونه‌هایی که بطور متوسط روشنایی و خلوص کمتری دارند بیشتر ترجیح داده می‌شوند. در پایان ضمن کسب این نتیجه که ارجحیت فامی سیاهی به طور کلی به نمونه‌هایی با تهرنگ‌های سبز-آبی مربوط می‌شود، پیچیدگی تابعیت سیاهی و ارجحیت سیاهی از سه ویژگی روشنایی، خلوص و زاویه فام بطور هم‌زمان محرز می‌گردد. اهمیت نتیجه فوق در تلاش برای ارزیابی دستگاهی سیاهی و ارائه اندیسی که با نتایج ارزیابی‌های چشمی منطبق گردد آشکار می‌شود.

در تحقیق حاضر، اثر مؤلفه‌های CIELCH در انتخاب سیاه ترجیح داده شده بررسی گردید. ۲۱۶ نمونه پارچه‌ای سیاه به روش چاپ منسوج تهیه و توسط ۱۰ مشاهده‌کننده مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون‌های ارزیابی چشمی در دو مرحله مجزا و با هدف انتخاب سیاه برتر از بین نمونه‌هایی که بیش از ۵۰٪ مشاهده‌کنندگان در مورد سیاه بودن آنها توافق نظر داشتند، انجام شد. در آزمون انتخاب نمونه سیاه، نتایج نشان داد که ارزیابان عمدتاً نمونه‌های واقع در نواحی ۲ و ۳ فام را به عنوان سیاه ارزیابی نمودند و تنها تعداد بسیار کمی از نمونه‌های سیاه با تهرنگ‌های قرمز-زرد و یا قرمز-آبی را به عنوان سیاه گزینش نمودند. ضمناً ارزیابان نمونه‌های سیاه ته‌سبز تا ته‌آبی با مقادیر خلوص بالا را هنوز به عنوان سیاه ارزیابی می‌کنند در حالی که برای نمونه‌های ته‌زرد تا ته‌قرمز افزایش خلوص مانع

۵- مراجع

1. R. McDonald, Color physics for industry, 2th Ed, Dyers company publication trust, Bradford, 1997.
2. 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.
3. S. K. Shevell, The Science of color, 2th Ed, Optical Society of America, 2003.
4. S. Westland, T. L. V. Cheung, O. R. Lozman, A metric for predicting perceptual blackness, in Proceeding of 14th Color Imaging Conference, Arizona, U.S.A., (2006), 14-17.
5. R. Jafari, Spectral and colorimetric analysis of blacks, PhD thesis, Isfahan University of Technology, Iran, 2013.
6. L. Tao, S. Westland, V. Cheung, Black, in Proceeding of the CREATE: Colour in Art, Science, Design, Conservation, Research, Printmaking, Digital Technologies, Textiles Conference, Gjøvik, Norway, (2010), 272-275.
7. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Spectral analysis of blacks. *J. Color Res. Appl.* 37(2012), 176-185.
8. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, A comparison on spectral dimensionality of blacks and whites, in Proceeding of the 5th International Color and Coatings Congress, ICCO 2013, Isfahan, Iran, (2013).
9. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Actual dimensions of black samples using principal component analysis technique, in Proceeding of the 1st International and the 7th National Conference on Textile Engineering. Rasht. Iran, (2009).
10. M. Kihara, C. M. Asano, M. Murakami, I. Yoshizawa, A. Asano, T. Fujimoto, The determination of pure blackness of the fabric in women's formal dresses", in Proceeding of the 6th Asian Textile Conference, Hong Cong, (2001), 265-270.
11. C. M. Asano, A. Asano, M. Murakami, M. Mori, T. Fujimoto, A novel evaluation method of visual impression of black fabrics, in Proceeding of the Asian Design International Conference, The 3rd Annual Conference, China, 1(2003) G-47.
12. C. M. Asano, S. Hirakawa, A. Asano, Exploration of image features for describing visual impressions of black fabrics, in Proceeding of KES 2004, (2004), 756-763.
13. S. Aghayan, Evaluation of black samples to determine the preferred black, M.S. thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2007.
14. L. Tao, S. Westland, V. Cheung, Blackness: Preference and Perception (Hue), in Proceeding of the 19th IS&T/SID Color and Imaging Conference, San Jose, U.S.A., (2011), 270-275.
15. L. Tao, S. Westland, V. Cheung, Blackness: Preference and Perception (Value and Chroma), in Proceeding of the 6th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision, Amsterdam, Netherlands, (2012), 253-258.
16. J. R. Clonts Haslup, R. Shamey, D. Hinks, The effect of hue on the perception of blackness using Munsell samples. *Color Res Appl.* 38(2013), 423-428.
17. J. R. Clonts, R. Shamey, D. Hinks, Effect of colorimetric attributes on perceived blackness of materials, in Proceeding of the 4th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision, Finland, (2010), 83-87.
18. R. Clonts, R. Shamey, Perceptual assessment of blackness, in Proceeding of the ISCC Special Topics Meeting Black and White, U. S. A. (2008), 20-22.
19. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Blacks colorimetric boundaries based on the perceived blackness, in Proceeding of the 12th Congress of the International Color Association, AIC Color 2013, Newcastle, United Kingdom, (2013), 503-506.
20. W. S. Torgerson, Theory and methods of scaling. Wiley, New York. 1958.
21. L. L. Thurstone, A law of comparative judgment. *Psychol. Rev.* 34(1927), 273-286.
22. R. Jafari, S. H. Amirshahi, A comparison of the CIE and Uchida whiteness formulae as predictor of average visual whiteness evaluation of textiles. *Text. Res. J.* 77(2007), 756-763.
23. J. P. Guilford, Psychometric methods. McGraw-Hill, New York. 1954.
24. R. Jafari, S. H. Amirshahi, Variation in the decisions of observers regarding the ordering of white samples. *Color Technol.* 124(2008), 1-5.
25. R. Jafari, S. H. Amirshahi, Using the rank ordering method in visual evaluation of whiteness formulae, in Proceeding of the 6th National Conference on Textile Engineering, Isfahan, Iran, (2007).
26. V. K. McLaren, The colour science of dyes and pigments, Adam Hilger Ltd., Bristol, 1983.
27. K. McLaren, Colour passing – visual or instrumental?. *J Soc Dyers Colour.* 86(1970), 389-392.