وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۱۰ (۱۳۹۵)، ۱۹۳-۱۸۵

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

تأثیر برخی عوامل جلوه ظاهری خودرو بر درک چشمی سیاهی از دیدگاه مشتری

راضیه جعفری[۱*]، فرهاد عامری[۱]، نجمه خلیلی[۲]

۱ـ استادیار، پژوهشکده فیزیک رنگ، مؤسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵
۲ـ کارشناس پژوهشی، پژوهشکده فیزیک رنگ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵.
تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۱۵ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۵/۹/۲۰

چکیده

در این تحقیق تأثیر صفات جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی در میزان درک سیاهی آنها تحت شرایط نوردهی متفاوت بررسی می‌گردد. به منظور کاهش اثر مشخصه‌های رنگی نظیر روشنایی، فام و خلوص در درک چشمی سیاهی، نمونه‌هایی با ویژگیهای رنگی تقریباً یکسان انتخاب می‌شوند. همچنین با توجه به رویکرد صنعتی- تجاری موضوع، پنل‌های انتخابی جهت آزمون از فاکتورهای هندسی بهینه جلوه ظاهری (میزان وضوح تصویر و براقیت بالا و میزان پوست پرتقالی کم) که اغلب مورد پسند مشتریان خودروهای لوکس است، برخوردار بودند. از آزمون مقایسه جفت‌ها جهت ارزیابی چشمی پنل‌های مشکی متالیک و تعیین ترتیب سیاهی آنها استفاده شد. نتایج نشان داد که تحت شرایط نوردهی متفاوت (کابینت نوری، نور پراکنده و نور تک‌سویه)، هیچ‌یک از صفات هندسی جلوه ظاهری خودرو تأثیر معنی‌داری در درک بصری سیاهی روکش‌های سطح خودرویی ندارند.

واژه‌های کلیدی: جلوه ظاهری مشتری‌پسند، روکش‌های سطح خودرویی، مؤلفه‌های رنگی، درک چشمی سیاهی.

Effect of Some Appearance Factors on Blackness Perception of Automotive Finishes from the Customer Viewpoint

R. Jafari[*], F. Ameri, N. Khalili

Department of Color Physics, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.
Received: 10-10-2015 Accepted: 05-07-2016 Available online: 10-12-2016

Abstract

In this research the effect of appearance factors of automotive finishes on their blackness perception is investigated under various types of illumination. In order to decrease the effect of colorimetric attributes on perceived blackness of panels, samples with nearly identical colorimetric properties, i.e., lightness, chroma and hue, are selected. Regarding the industrial and commercial approach of the subject, the selected panels benefit from the optimum geometric appearance factors (higher values of distinctness of image and gloss as well as lower orange peel values) which are preferred by the majority of luxury vehicles customers. The pair comparison method was used to visually rank the blackness perception of metallic black panels. Results showed that there is not any significant relationship between the geometric appearance factors of automotive finishes and their blackness perception under different types of illumination, i.e., light booth, diffuse illumination and the unidirectional illumination. J. Color Sci. Tech. 10(2016), 185-193©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Customer-friendly appearance, Automotive finishes, Colorimetric coordinates, Visually perceived blackness.

***Corresponding author: jafari-ra@icrc.ac.ir**

Archive of SID
www.SID.ir

۱ـ مقدمه

در بررسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی مهم‌ترین ویژگی‌هایی که اندازه‌گیری دقیق آنها به منظور تدوین استانداردهایی مطابق با ارزیابی‌های چشمی از سوی بزرگترین خودروسازان دنیا مورد توجه است عبارتند از ویژگی‌های رنگی و صفات هندسی (نظیر براقیت[1]، وضوح تصویر[2]، پوست پرتقالی[3])[۲-۱]. از دیدگاه فیزیکی ایجاد رنگ تابع سه عامل منبع نوری، جسم و چشم مشاهده‌کننده است به نحوی‌که رنگ در اثر تغییر در خصوصیات طیفی نور انعکاس یافته یا انتقال یافته از شیء توسط چشم انسان دریافت شده و با تعبیری از علائم ارسالی به مغز درک می‌شود. فضا رنگ‌های مختلفی نظیر سیستم رنگ منظم مانسل، سیستم CIE، فضارنگ lab هانتر، سیستم CIELAB و غیره جهت توصیف و بیان رنگ توسعه یافتند. در این سیستم‌ها که با هدف افزایش انطباق اندازه نسبی اختلاف رنگ‌ها با اندازه اختلاف درک شده به صورت چشمی توسعه یافتند عموماً مشخصه‌های رنگی اجسام تحت سه مؤلفه مرتبط با ویژگی‌های فام، روشنایی و خلوص نمونه‌های رنگی اندازه‌گیری، محاسبه و توصیف می‌شوند [۳]. صفات هندسی روکش‌های سطح خودرویی با تمرکز روی نور انعکاس یافته از سطح یا تصویر تشکیل شده از منبع نوری روی سطح مشاهده می‌شوند که در حالت اول خصوصیاتی همچون براقیت و وضوح تصویر و در حالت دوم پوست پرتقالی و هم‌ترازی سطح روکش توسط مشاهده کننده مورد بررسی قرار می‌گیرد. براقیت یکی از مهم‌ترین صفات هندسی سطح می‌باشد که ناشی از انعکاس آیینه‌ای[4] نور از سطح است و زمانی که آشکارساز یا مشاهده‌کننده در زاویه‌ای برابر با زاویه تابش نور قرار گرفته، ظاهر براق سطح قابل مشاهده و اندازه‌گیری است. وضوح تصویر طبق استاندارد ASTM E430 به تغییرات انعکاس در زاویه ۰٫۳ ± درجه حول انعکاس آیینه‌ای در زاویه ۳۰ درجه گفته می‌شود. پوست پرتقالی نوعی بی‌نظمی سطحی است که به صورت یک الگوی موجی از نواحی تیره و روشن روی سطوح براق به نظر می‌آید و به طور نامطلوبی روی جلوه ظاهری به ویژه روی براقیت و وضوح تصویر سطح تاثیرگذار است. این نایکنواختی‌ها در سطح روکش با اندازه و شکل ساختارهای سطح[5] توصیف می‌گردد که وضوح این ساختارهای فیزیکی به فاصله مشاهده بستگی دارد به طوری که ساختارهایی با اندازه ۰٫۱ تا ۱۰ میلی‌متر به موج‌های کوتاه سطح[6] (Sw) معروف است و در فواصل نزدیک قابل مشاهده است و ساختارهایی با اندازه ۱ تا ۳۰ میلی‌متر به موج‌های بلند سطح[7] (Lw) معروف است و در فواصل دورتر قابل مشاهده هستند. دستگاه موج‌سنج[8] ساختارهای سطح را با جزئیات بیشتر در قالب پنج پارامتر Wa، Wb، Wc، We و Wd از صفر تا صد به صورت میانگین دامنه موج‌ها در محدوده طول موجی ۰٫۱ تا ۳۰ میلی‌متر گزارش می‌کند. مشاهده و درک این صفات هندسی همانند ادراک ویژگی‌های رنگی توسط سامانه بینایی انسان پیچیده است و از آنجا که همانند ویژگی‌های رنگی، درک صفات هندسی از یک سو به فاکتورهای فیزیکی سطح (نظیر خواص فیزیکی، ابعاد یا اندازه نمونه، شرایط نوردهی، هندسه مشاهده) و از سوی دیگر به مجموعه‌ای از عوامل فیزیولوژیکی و روانی مرتبط با مشاهده‌کننده (نظیر تیزبینی[9]، ملیت، سن، جنسیت و سطح آموزش) وابسته است [۵-۱]، لذا ارزیابی‌های چشمی به تنهایی برای کنترل و سنجش دقیق ویژگی‌های جلوه ظاهری کافی نیستند. ازطرف دیگر، صاحبان بزرگترین صنایع خودروسازی جهان همواره به دنبال یافتن روش‌ها و ارائه استانداردهایی جهت اندازه‌گیری و کنترل عوامل جلوه ظاهری خودروهای تولیدی هستند که با نتایج ارزیابی‌های چشمی بیشترین تطابق را داشته باشند [۷-۶]. بطور مثال در شرکت BMW، کنترل جلوه ظاهری سطح خودرو توسط یک رابطه ریاضی که ترکیبی از نتایج حاصل از ارزیابی چشمی میزان پوست پرتقالی و مقادیر دستگاهی پارامترهای Wa، Wb، Wc و Wd است انجام می‌شود [۴، ۸، ۹]. با توجه به آن که تاکنون استاندارد یا شاخص ایده‌آلی تعریف نشده که نتایج کنترل و ارزیابی عوامل جلوه ظاهری به کمک آن از مطابقت بالایی با نتایج حاصل از ارزیابی‌های چشمی برخوردار باشد لذا در برخی از شرکت‌های خودروسازی، ارزیابی چشمی ویژگی‌های جلوه ظاهری محصول بر اندازه‌گیری‌های دستگاهی ترجیح داده شده و از دستگاه‌های اندازه‌گیری صفات هندسی در کنار ارزیابی‌های چشمی استفاده می‌شود [۱۲-۱۰].

درکنار همه تحقیقات انجام شده برای یافتن ارتباط میان مقادیر اندازه‌گیری شده صفات هندسی جلوه ظاهری با درک چشمی ویژگی‌های مذکور [۶، ۱۳] و نیز بررسی تأثیر هم‌زمان رنگ و ساختار[10] سطح بر ارزیابی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی [۱۵-۱۴]، مطالعه چندانی در خصوص درک ویژگی رنگ ظاهر خودرو به تنهایی انجام نشده است [۱۶] درحالی که با استناد به گزارش انتشار یافته توسط شرکت PPG (پنسیلوانیا، آمریکا)، رنگ اتومبیل نقش بسزائی در تصمیم‌گیری مشتری برای خرید خودرو ایفا می‌کند [۱۷]. مطابق گزارش شرکت مذکور، در آمریکای شمالی بیشترین انتخاب مشتری در خرید خودرو برحسب رنگ به ترتیب به

1- Gloss
2- Distinctness of image
3- Orange peel
4- Specular Reflection
5- Surface Structure
6- Short Wave
7- Long Wave
8- Wave Scan
9- Visual acuity
10- Texture

Archive of SID
www.SID.ir

سفید (۲۱٪)، مشکی (۱۹٪)، خاکستری (۱۷٪) و نقره‌ای (۱۵٪) اختصاص داشته است. جالب آنکه برای اتومبیل‌های بسیار لوکس، رنگهای مشکی متالیک و سفید صدفی به ترتیب بیشترین انتخاب مشتریان محسوب می‌شوند [۱۷].

در مباحث فیزیک رنگ، سیاه‌ها و سفیدها در دو انتهای سری سطوح غیررنگی فضارنگ‌ها قراردارند و به نمونه‌هایی با مقادیر کروما (خلوص) کم اطلاق می‌گردند [۱۸، ۱۹]. برخلاف سفیدها و برغم اهمیت تجاری بالای نمونه‌های سیاه در صنایع مختلف نظیر خودروسازی، چاپ، نساجی و پلاستیک‌سازی، تحقیقات گسترده‌ای در خصوص ارزیابی ویژگی‌های طیفی نمونه‌های سیاه انجام نشده است[۲۰-۲۲]. در خصوص بررسی رفتار رنگی سیاهی نیز تلاش‌هایی با هدف ارائه اندیسی جهت ارزیابی سیاهی و مبتنی بر ارتباط میان مؤلفه‌های رنگی نمونه‌ها با درک چشمی سیاهی آنها انجام شد [۲۳-۳۱]. اگرچه تاکنون هیچ فرمولی جهت ارزیابی سیاهی مورد پذیرش جوامع علوم رنگ قرار نگرفته، اما نتایج تحقیقات انجام شده بر روی نمونه‌های سیاه کاغذی، پارچه‌ای و نمونه‌های شبیه‌سازی شده بر روی نمایش‌گر، بیانگر تأثیر ویژگی‌های رنگی (روشنایی، خلوص و فام) نمونه‌های سیاه در درک چشمی سیاهی آنها بود [۲۶-۳۱].

در زمینه درک ویژگی رنگ روکش‌های سطح خودرویی نیز تنها تحقیق انجام شده به تأثیر ویژگی روشنایی نمونه‌های مشکی متالیک بر درک چشمی سیاهی آنها اشاره دارد [۱۶]. تحقیق مذکور که بر روی پنل‌های مشکی با صفات هندسی مشابه و مقادیر کروما و فام تقریباً یکسان انجام شد نشان داد که تحت شرایط نوردهی پراکنده، میزان درک سیاهی نمونه‌ها با کاهش مقدار روشنایی آنها افزایش می‌یابد. علاوه برآن، مشخص شد که ارزیابان همواره تیره‌ترین (تأثیر روشنایی) و خنثی‌ترین (تأثیر خلوص) پنل مشکی متالیک را به عنوان سیاه‌ترین نمونه برمی‌گزینند [۱۶].

با توجه به اهمیت رنگ مشکی در انتخاب مشتریان جهت خرید خودرو، ارزیابی سیاهی پنل‌های مشکی متالیک موضوع پژوهش حاضر قرار گرفت. از آنجاکه مجموع مطالعات انجام شده در خصوص درک چشمی سیاهی به تأثیر ویژگی‌های رنگی نمونه‌ها (روشنایی، فام و خلوص) اشاره داشت، لذا در تحقیق حاضر تلاش می‌شود تا با انتخاب پنل‌های مشکی با ویژگی‌های رنگی تقریباً یکسان، تأثیر مشخصات رنگی در درک چشمی سیاهی تا حدامکان کاهش یافته و تنها تأثیر صفات هندسی جلوه ظاهری خودرو بررسی گردد. همچنین به منظور تأیید نتایج کسب شده، آزمون‌های ارزیابی چشمی سیاهی نمونه‌ها تحت شرایط نوردهی متفاوت شامل نور تک‌سویه، نور پراکنده و کابینت نوری انجام خواهد شد.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ مواد

پنل‌های خودرویی مشکی متالیک مورد استفاده در تحقیق حاضر در شرکت ایران خودرو تهیه شده‌اند. به منظور یکسان‌سازی شرایط تولید از نمونه‌های آماده‌سازی شده در شرایط خط رنگ شماره یک ایران‌خودرو استفاده شده است.

۲ـ۲ـ روش کار

۲ـ۲ـ۱ـ آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌ها از ورقه‌های فولادی مورد مصرف شرکت ایران خودرو و در ابعاد $10\times20\ cm^2$ تهیه شدند و سپس در شرایط خط تولید رنگ طی فرآیندهای شستشو، چربی‌گیری، اعمال لایه فسفاته تری کاتیونی، لایه آستری الکتروپوشانش[1] و لایه آستری همترازکننده[2]، لایه رویه[3] و لایه شفاف[4] توسط پاشش به صورت تر روی تر[5] پوشش داده شدند [۶]. به این ترتیب ۴۰ عدد پنل مشکی متالیک با تنوعی از ویژگی‌های جلوه ظاهری (صفات هندسی و ویژگی‌های رنگی) تهیه شد.

۲ـ۲ـ۲ـ اندازه‌گیری ویژگی‌های رنگی و صفات هندسی

صفات هندسی نمونه‌های تهیه شده شامل براقیت آیینه‌ای و وضوح تصویر با استفاده از دستگاه گونیوفوتومتر مدل Novo-Gloss I.Q. ساخت کمپانی Rhopoint Instruments و تحت هندسه 20° اندازه‌گیری شدند. همچنین به منظور تعیین میزان پوست پرتقالی نمونه‌ها، پارامترهای Lw، Sw و Wd با طول اسکن ۱۰ سانتی‌متر توسط دستگاه موج‌سنج Wave scan DOI ساخت کمپانی BYK Gardner تعیین گردیدند. از دستگاه گونیواسپکتروفوتومتر مدل Color Eye 741 GL ساخت کمپانی Greatag Macbeth جهت اندازه‌گیری مشخصات رنگی پنل‌های مشکی متالیک استفاده شد. به این ترتیب مؤلفه‌های روشنایی، خلوص و زاویه فام نمونه‌ها در فضارنگ CIELCH در ۴ زاویه ۲۰، ۴۵، ۷۵ و ۱۱۰ درجه نسبت به زاویه انعکاس آیینه‌ای[6]، تحت استاندارد روشنایی D65 و مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه به دست آمدند.

1 Electrodeposition primer
2 Primer surfacer
3 Base coat
4 Clear coat
5 Wet on wet
6 Aspecular angle

Archive of SID
www.SID.ir

۲ـ۲ـ۳ـ انتخاب پنل‌های مشکی

به منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی در درک چشمی سیاهی آنها، گام نخست انتخاب نمونه‌های مشکی مناسب بود. با توجه به تعاریف متداول در خصوص کیفیت ظاهری روکشهای سطح خودرویی از دیدگاه غالب مشتریان (بالا بودن مقدار شاخصه‌های وضوح تصویر و براقیت و پایین بودن ویژگی پوست پرتقالی)، ابتدا نمونه‌هایی با کیفیت بالا و ظاهر مشتری‌پسند انتخاب شدند. در نتیجه از بین ۴۰ نمونه تهیه شده، ۲۴ پنل مشکی تنها به دلیل پایین بودن وضوح تصویر یا میزان براقیت کم و یا پوست پرتقالی بالا حذف شدند. گام بعدی، حذف اثر ویژگی‌های ظاهر رنگی نمونه‌ها (روشنایی، فام و خلوص) در درک بصری سیاهی آنها بود. درنتیجه از بین ۱۶ نمونه باقی‌مانده با کیفیت بسیار مطلوب از نظر عوامل جلوه ظاهری، ۶ پنل مشکی با ویژگیهای ظاهر رنگی تقریباً یکسان انتخاب شدند تا تنها تأثیر صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی با کیفیت بالا در درک چشمی سیاهی آنها مورد توجه قرار گیرد. شکل‌های (۱) تا (۳) به ترتیب نحوه انتخاب روکش‌های سطح خودرویی را به لحاظ ویژگی‌های جلوه ظاهری آنها جهت انجام آزمون‌های ارزیابی چشمی نشان می‌دهند.

۲ـ۲ـ۴ـ آزمون ارزیابی بصری

آزمون ارزیابی چشمی پنل‌های مشکی انتخابی با هدف تعیین ترتیب افزایش میزان سیاهی درک شده نمونه‌ها و به روش مقایسه جفت‌ها [۳۲، ۳۳] انجام شد. در این آزمون، ۱۴ مشاهده‌کننده (۹ خانم و ۵ آقا) مشارکت داشتند. پیش از انجام آزمون، بینایی رنگی نرمال ارزیابان با گذراندن آزمون ایشی‌هارا تایید گردید و مفهوم سیاهی به آنها آموزش داده شد. طبق روش مقایسه جفت‌ها، کلیه پنل‌ها به صورت جفت و تصادفی به ارزیابان ارائه شدند و مشاهده‌کنندگان تحت شرایط مشخص مشاهده، پنل مشکی‌تر را برگزیدند. درپایان، میانگین نتایج ارزیابی نمونه‌ها طبق قانون مقایسه جفت‌ها محاسبه شده و به عنوان رتبه به هر نمونه نسبت داده شد. کلیه ارزیابی‌ها از فاصله ۴۰ سانتی‌متری و تحت هندسه مشاهده ۴۵/۰ درجه انجام شد به نحوی که زاویه تابش ۴۵ درجه و زاویه مشاهده صفر درجه بوده است. همچنین به منظور مقایسه نتایج حاصل از بررسی تأثیر صفات هندسی بر درک چشمی سیاهی پنل‌ها، کلیه ارزیابی‌ها تحت سه حالت نوردهی تک‌سویه[1]، پراکنده[2] و نیز تحت کابینت نوری[3] انجام شد. در شرایط نوردهی تک سویه، نمونه‌ها با پرتو نور موازی و متمرکز یک سامانه نوردهی متشکل از تعدادی لامپ LED که به صورت سری روی یک صفحه نصب شده‌اند روشن می‌شوند. این سامانه در فاصله ۱۲۰ سانتی‌متری از سطح نمونه شاری در حدود ۱۰۰۰۰ لوکس با دمای رنگ همبسته ۵۶۰۰ درجه کلوین را تولید می‌کند [۳۴]. در شرایط نوردهی پراکنده، نمونه‌ها در یک اتاق با دیوارهای سفید و تحت نور پراکنده ساطع شده از یک سامانه نوردهی که از تعدادی لامپ فلورسنت [۳۴] تشکیل شده ارزیابی می‌شوند. به نحوی‌که شار نوری در فاصله ۱۴۰ سانتی‌متری از سطح نمونه‌ها ۲۱۰۰ لوکس و دمای رنگ همبسته ۶۱۵۰ درجه کلوین است. در شرایط کابینت نوری ارزیابی‌ها در کابینت نوری مدل CAC120 ساخت کمپانی VeriVide و تحت منبع نوری شبیه‌ساز استاندارد روشنایی D65 انجام می‌شود.

به منظور بررسی میزان دقت و صحت ارزیابی‌ها، مقادیر خطاهای تکرارپذیری و دوباره تولید نتایج آزمون‌های ارزیابی چشمی با استفاده از معیار تصمیم‌گیری اشتباه[4] بررسی گردید. در این روش تعداد تصمیمات اشتباه مشاهده‌کننده به تعداد کل ارزیابی‌ها تقسیم و جواب به صورت درصد خطا گزارش می‌گردد [۲۵-۲۴]. به منظور تعیین خطای تکرارپذیری، کلیه ارزیابی‌ها تحت شرایط یکسان و توسط ۳۶٪ از مشاهده‌کنندگان مجدداً تکرار شد. طبق معیار تصمیم‌گیری اشتباه، برای هریک از ارزیابان که در آزمون تکراری نتیجه متفاوتی با ارزیابی اولیه ارائه دهند یک خطا یا یک تصمیم اشتباه لحاظ خواهد شد. در آزمون دوباره‌تولید، نتایج ارزیابی هریک از مشاهده‌کنندگان با میانگین نتایج ارزیابی کلیه مشاهده‌کنندگان مقایسه شده و هر تصمیم مغایر به عنوان یک خطا درنظرگرفته می‌شود. بدیهی است درصد تصمیم‌گیری اشتباه کمتر به منزله تکرارپذیری و دوباره تولید بیشتر نتایج آزمون‌های ارزیابی است. ازآنجاکه طبق قانون مقایسه جفت‌ها، به ازاء n نمونه، معادل $n(n-1)/2$ ارزیابی انجام می‌شود، با توجه به تعداد ارزیابان، سه حالت نوردهی متفاوت و انجام آزمون‌های تکراری، تعداد کل ارزیابی‌های انجام شده در پژوهش حاضر معادل ۹۰۰ ارزیابی می‌باشد.

۳ـ نتایج و بحث

شکل ۱ توزیع صفات هندسی روکش‌های سطح خودرویی را نشان می‌دهد. شکل‌های ۲ و ۳ نیز به ترتیب توزیع مشخصه‌های رنگی پنل‌های مشکی را در دو فضارنگ CIELAB و CIELCH نشان می‌دهند. مطابق شکل‌های ۱ و ۳، ۴۰ پنل مشکی تهیه شده که با دایره‌های توخالی نشان داده شده‌اند از تنوع بالای مشخصه‌های هندسی (براقیت، میزان پوست پرتقالی و وضوح تصویر) و ویژگی‌های رنگی (روشنایی، خلوص و فام) برخوردار هستند. دایره‌های توپر نیز ۱۶ روکش سطح خودرویی با کیفیت مطلوب از نظر صفات هندسی

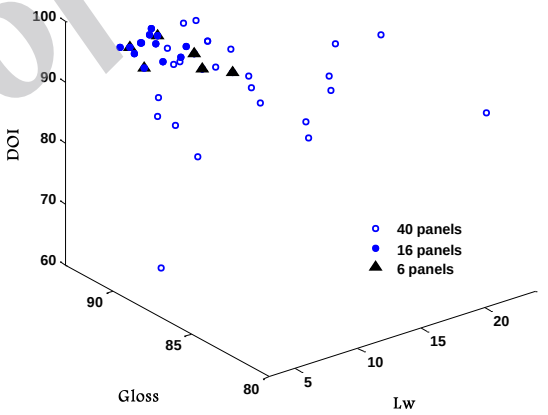
1 Unidirectional illumination
2 Diffuse illumination
3 Light booth

4 Wrong decision

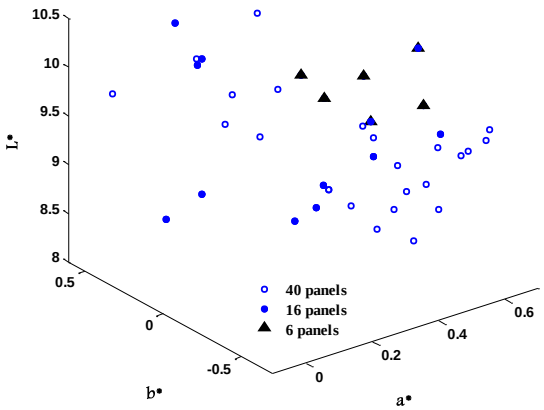
Archive of SID
www.SID.ir

جلوه ظاهری را نشان می‌دهند که از مقادیر بالای وضوح تصویر و براقیت و میزان کم ویژگی پوست پرتقالی برخوردارند (شکل ۱). از بین این ۱۶ پنل با تنوعی از ویژگی‌های رنگی، ۶ پنل مشکی انتخابی جهت آزمون ارزیابی چشمی با مثلث‌های توپر نمایش داده شده‌اند. شکل‌های ۲ و ۳ چگونگی حذف تأثیر ویژگی‌های رنگی (روشنایی، خلوص و فام) را در انتخاب ۶ نمونه از بین ۱۶ روکش سطح خودرویی نشان می‌دهند.

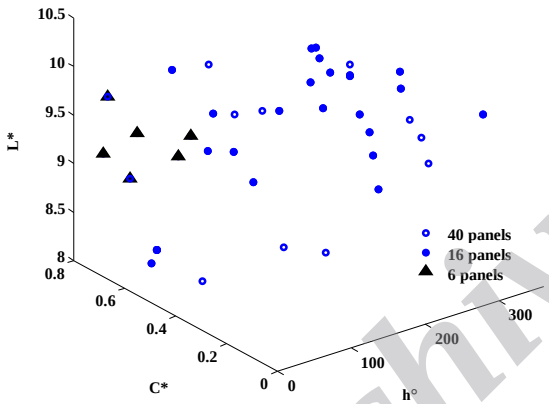
مشخصه‌های مرتبط با ویژگی‌های رنگی و صفات هندسی ۶ پنل مشکی انتخابی جهت آزمون ارزیابی چشمی در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. شایان ذکر است به منظور یکسان‌سازی شرایط هندسه مشاهده و هندسه اندازه‌گیری، مؤلفه‌های رنگی اندازه‌گیری شده تحت زاویه ۴۵ درجه نسبت به انعکاس آیینه‌ای در این جدول ارائه شده‌اند. مطابق جدول ۱، ۶ نمونه انتخابی تقریباً از نظر مشخصه‌های رنگی یکسان بوده و به لحاظ صفات هندسی جلوه ظاهری جزء روکش‌های سطح خودرویی با کیفیت بسیار بالا و مطلوب نظر مشتری محسوب می‌گردند.



شکل ۱: صفات هندسی روکش‌های سطح خودرویی به طوری که محورهای Lw، Gloss و DOI به ترتیب پوست پرتقالی، براقیت و وضوح تصویر را نشان می‌دهند.



شکل ۲: مشخصات رنگی پنل‌های سیاه در دیاگرام L*a*b* از فضارنگ CIELAB.



شکل ۳: مشخصات رنگی روکش‌های سطح خودرویی در فضارنگ CIELCH به طوری که محورهای h°، C* و L* به ترتیب زاویه فام، خلوص و روشنایی را نشان می‌دهند.

جدول ۱: مشخصه‌های جلوه ظاهری (ویژگی‌های رنگی و صفات هندسی) برای شش روکش سطح خودرویی مشکی متالیک.

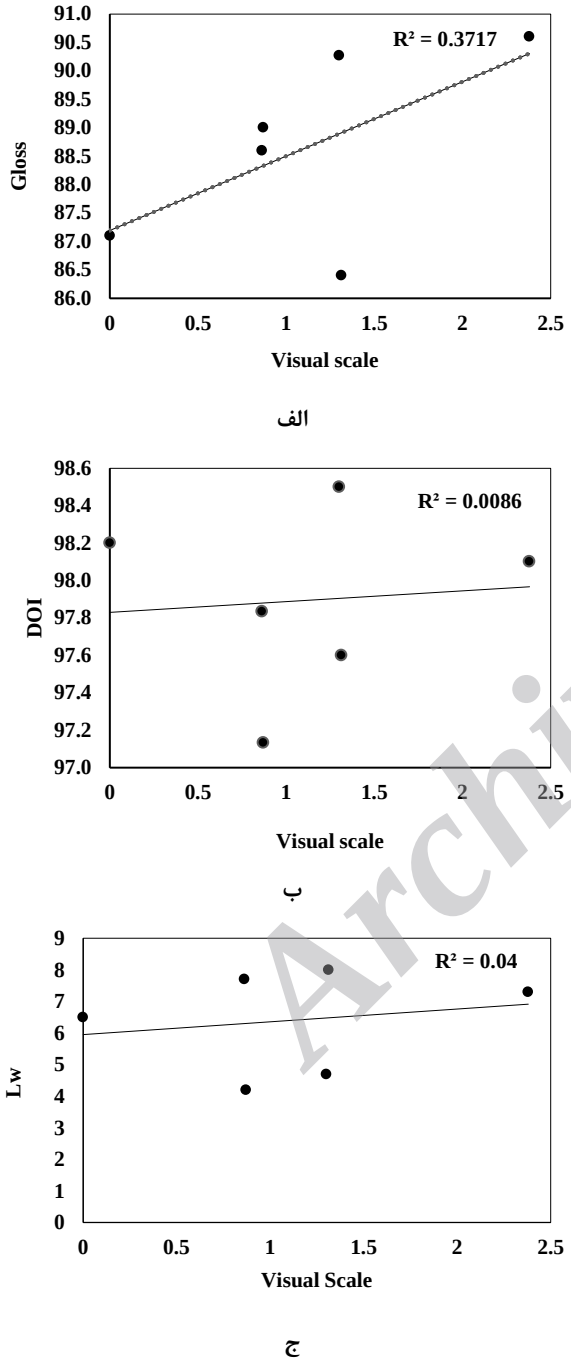
Lw	Gloss	DOI	Hue angle	C*	b*	a*	L*	Name
۶,۵	۸۷,۱۰	۹۸,۲۰	۱۵,۰۴۷	۰,۵۹۷	۰,۱۵۵	۰,۵۷۷	۹,۵۶۴	S1
۷,۷	۸۸,۶۰	۹۷,۸۳	۱۸,۳۸۴	۰,۳۹۴	۰,۱۲۴	۰,۳۷۴	۹,۸۲۲	S2
۸	۸۶,۴۰	۹۷,۶۰	۰,۹۴۴	۰,۶۸۹	۰,۰۱۱	۰,۶۸۹	۹,۲۶	S3
۴,۷	۹۰,۲۷	۹۸,۵۰	۷,۴۰۱	۰,۴۱۴	۰,۰۵۳	۰,۴۱	۹,۶۰۶	S4
۷,۳	۹۰,۶	۹۸,۱	۱۵,۰۸۶	۰,۶۲۴	۰,۱۶۲	۰,۶۰۲	۹,۰۵۹	S5
۴,۲	۸۹,۰۰	۹۷,۱۳	۰	۰,۶۶۹	۰	۰,۶۶۹	۹,۸۸	S6

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی نتایج تکرارپذیری مشاهده‌کنندگان نشان می‌دهد که در شرایط نوردهی پراکنده، کابینت نوری و تک‌سویه میانگین خطای تکرارپذیری به ترتیب ۲۴,۴۵٪، ۳۳,۳۲٪ و ۳۴,۴۵٪ بوده است به طوری که مقدار کمینه و بیشینه خطای تکرار در هر دو شرایط نوردهی پراکنده و کابینت نوری به ترتیب ۶,۷٪ و ۵۳,۳٪ و در شرایط نوردهی تک سویه به ترتیب ۱۳,۳٪ و ۴۶,۷٪ می‌باشد. مقادیر میانگین خطای دوباره تولید آزمون‌های ارزیابی چشمی نیز تحت کابینت نوری، نور پراکنده و نور تک‌سویه بترتیب برابر با ۲۲,۸۶٪، ۲۵,۷۱٪ و ۳۴,۷۶٪ بوده است. مقایسه نتایج با مقادیر خطاهای تکرارپذیری و دوباره تولید گزارش شده در سایر تحقیقات انجام شده در خصوص درک چشمی سیاهی [۲۴، ۲۵، ۲۸] بیانگر قابل قبول بودن درصد تصمیمات اشتباه اخذ شده توسط ارزیابان در آزمون‌های تکراری و در قضاوت میزان سیاهی پنل‌ها نسبت به سایر ارزیابان است.

ارتباط میان صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی با میزان سیاهی درک شده آنها تحت سه حالت نوردهی مختلف (کابینت نوری، شرایط نوردهی پراکنده و نور تک‌سویه) به ترتیب در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. محورهای قائم شکل‌های الف، ب، ج به ترتیب میزان براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی روکش‌های سطح خودرویی را نشان می‌دهند. محورهای افقی نیز رتبه به دست آمده از ارزیابی سیاهی نمونه‌ها را که از روش مقایسه جفت‌ها به دست آمده‌اند بنحوی بیان می‌کنند که رتبه بالاتر به مفهوم میزان سیاهی درک شده بیشتر می‌باشد. همچنین ضرایب همبستگی[1] (R) میان صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی و درک چشمی سیاهی آنها در هر شکل مشخص شده است.

شکل ۴ نشان می‌دهد که از بین صفات هندسی براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی، پارامتر براقیت بیشترین همبستگی را با میزان سیاهی درک شده پنل‌های مشکی تحت کابینت نوری نشان می‌دهد. از طرف دیگر، مطابق شکل ۵، ویژگی پوست پرتقالی روکش‌های سطح خودرویی نسبت به دو ویژگی براقیت و وضوح تصویر همبستگی بالاتری را با درک بصری سیاهی پنل‌های مشکی تحت شرایط نوردهی پراکنده نشان می‌دهد. نتیجه مذکور در بررسی شکل ۶ نیز تکرار می‌شود. به بیان دیگر، تحت شرایط نور تک‌سویه، بیشترین همبستگی میان صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی و میزان سیاهی درک شده آنها به پارامتر پوست پرتقالی پنل‌های مشکی اختصاص دارد. برغم نتایج به دست آمده، مقایسه شکل‌های ۴ تا ۶ و بررسی بزرگی مقدار ضرایب تعیین به دست آمده میان ویژگی‌های هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی و درک چشمی سیاهی آنها نشان‌دهنده آن است که تقریباً هیچ همبستگی معنی‌داری بین سه مشخصه براقیت، وضوح تصویر و پوست پرتقالی با میزان سیاهی درک شده پنل‌های مشکی وجود ندارد. کسب این نتیجه می‌تواند معلول تعداد اندک نمونه‌ها و یا کیفیت بسیار بالای آنها باشد. درخصوص تعداد اندک نمونه‌ها امکان فراهم نمودن نمونه‌های بیشتر با ویژگی‌هایی متناسب با هدف این تحقیق وجود نداشت. درحالی که همان‌گونه که اشاره شد تعداد اولیه روکش‌های سطح خودرویی آماده‌سازی شده مساوی ۴۰ نمونه بود.

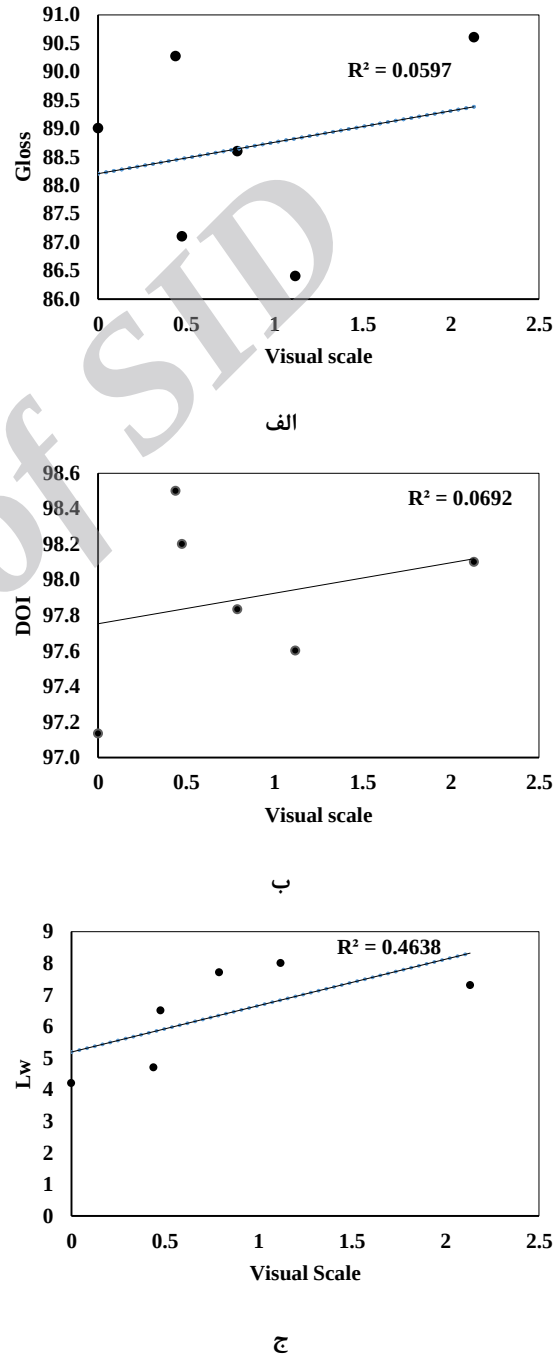


شکل ۴: ارتباط عوامل (الف): براقیت، (ب): وضوح تصویر و (ج): پوست پرتقالی با درک چشمی سیاهی. محور افقی از چپ به راست افزایش میزان سیاهی درک شده پنل‌های مشکی را تحت کابینت نوری نشان می‌دهد.

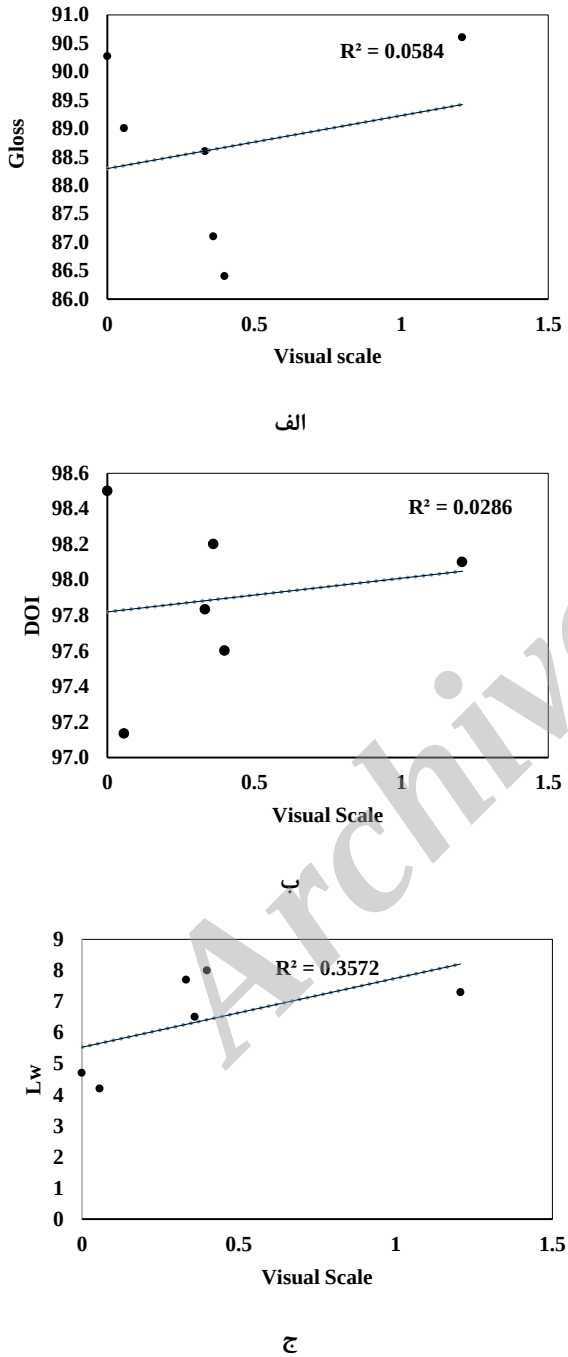
1- Correlation coefficient, R

Archive of SID
www.SID.ir

همچنین در خصوص کیفیت مطلوب نمونه‌ها، باید اشاره نمود که هدف تحقیق حاضر نیز بررسی تأثیر صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی بر درک چشمی سیاهی آنها در شرایط واقعی مشتری‌پسند می‌باشد. بنابراین، نمونه‌هایی با ویژگی‌های کیفی بسیار مطلوب با حدود رواداری مختص خودروهای لوکس (میزان پوست پرتقالی کم و مقادیر براقیت و وضوح تصویر بالا) انتخاب شدند تا بررسی گردد که آیا در شرایط بهینه کیفی، صفات هندسی جلوه ظاهری بر درک بصری سیاهی (مشخصه رنگی) روکش‌های سطح خودرویی اثرگذار است یا خیر؟ درنتیجه بیان این نکته ضروری است که نتیجه تحقیق حاضر را شاید تنها بتوان به روکش‌های سطح خودرویی لوکس با فام مشکی نسبت داد.



شکل ۵: ارتباط (الف): براقیت، (ب): وضوح تصویر و (ج): پوست پرتقالی با درک چشمی سیاهی. محور افقی از چپ به راست افزایش میزان سیاهی درک شده پنل‌های مشکی را تحت شرایط نوردهی پراکنده نشان می‌دهد.



شکل ۶: ارتباط (الف): براقیت، (ب): وضوح تصویر و (ج): پوست پرتقالی با درک چشمی سیاهی. محور افقی از چپ به راست افزایش میزان سیاهی درک شده پنل‌های مشکی را تحت نور تک‌سویه نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

۴ـ نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، اثر صفات هندسی روکش‌های سطح خودرویی بر درک چشمی سیاهی آنها تحت سه حالت نوردهی متفاوت بررسی شد. به دلیل توجه به رویکرد صنعتی موضوع، تلاش گردید تا این بررسی برای نمونه‌هایی با کیفیت بسیار مطلوب مورد پسند مشتری انجام شود. لذا پنل‌های مشکی با صفات هندسی مطلوب نظر مشتری (میزان پوست پرتقالی کم و میزان براقیت و وضوح تصویر بالا) انتخاب شدند. در گام بعدی جهت حذف تأثیر ویژگی‌های رنگی (روشنایی، خلوص و فام) بر درک چشمی سیاهی، نمونه‌هایی با ویژگی‌های رنگی تقریباً یکسان از بین نمونه‌های مطلوب کیفی انتخاب شدند. میزان سیاهی نمونه‌ها تحت سه حالت نوردهی متفاوت (کابینت نوری، نور پراکنده و نور تک‌سویه) و با استفاده از روش مقایسه جفت‌ها مورد ارزیابی چشمی قرار گرفت. بررسی میزان همبستگی صفات هندسی جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی با نتایج آزمون ارزیابی بصری نشان داد که هیچ‌یک از مشخصه‌های وضوح تصویر، براقیت و پوست پرتقالی تأثیر معنی‌داری بر درک چشمی سیاهی ندارند. کسب نتیجه تحقیق حاضر می‌تواند تنها برای روکش‌های سطح خودرویی با ویژگی‌های کیفی بسیار مطلوب و با حدود رواداری مختص خودروهای لوکس صادق باشد.

۵ـ مراجع

1. R. S. Hunter, R. W. Harold, The measurement of appearance, Second edition, Wiley Inter science, New York, 1987.
2. H. J. Streitberger, K. F. Dossel, Automotive paints and coatings, Second edition, Willy-VCH., Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008.
3. S. H. Amirshahi, F. Agahian, Computational colour physics. Arkan Danesh, Isfahan. 2007.

۴. ف. میرجلیلی، س. مرادیان، ف. عامری، جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی. بخش اول: مروری بر مهم‌ترین ویژگی‌های ظاهری، *نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ*، ۲(۱۳۹۱)، ۴۰-۲۹.

۵. ف.میرجلیلی، س. مرادیان، ف. عامری، جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی. بخش دوم: مروری بر مهم‌ترین روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری، *نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ*، ۱(۱۳۹۲)، ۱۱-۳.

6. F. Ameri, N. Khalili, S. Moradian, D. Zaarei, F. Mirjalili, Correlation between the BYK's balance index and the appearance of visually assessed achromatic automotive finishes. *Prog. Org. Coat.* 77(2014), 425-430.
7. G. K. Boeckler, Measuring gloss and reflection properties of surfaces. *Metal finishing*. 93(1995), 28-31.

۸. ن. خلیلی، ف. عامری، مروری بر روش‌های کنترل جلوه ظاهری روکش‌های سطح خودرویی، *نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ*، ۳(۱۳۹۲)،۱۲-۳.

9. BMW Group, Appearance of painted Surfaces - N1/N3 Method – Development, Use and Outlook, Wave Scan User Meeting, March, 2007.
10. Hemashankar, Correlation between visual perception and waviness measurement for coated surface, M.S. thesis, University of Windsor, Canada, 2008.
11. G. K. Bockler, Surface quality control on high and medium gloss surfaces: wave-scan dual, 7th BYK-Gardner wave-scan User Meeting, 2006.
12. P. J. Schubel, Characterization of 'class A' polymer composites for the automotive industry, Ph.D. thesis, University of Nottingham, United Kingdom, 2004.
13. F. Mirjalili, S. Moradian, F. Ameri, A new approach to investigate relationships between certain instrumentally measured appearance parameters and their visually perceived equivalents in the automotive industry. *J. Coat. Technol. Res.* 11(2014), 341-350.
14. J. Hutchings, The continuity of colour, design, art and science. II. Application of the total appearance concept to image creation. *J. Color Res. Appl.* 20(1995), 307-312.
15. E. Kirchner, G. J. van den Kieboom, R. Supe`r, R. Gottenbos, Observation of visual texture of metallic and pearlescent materials. *J. Color Res. Appl.* 32(2007), 256-266.
16. R. Jafari , F. Ameri, N. Khalili, Effect of the type of Illumination on Perceived Blackness of Automotive Finishes. *J. Coat. Technol. Res.* 13(2016),133-141.
17. http://www.ppg.com/en/newsroom/news/Pages/20131024A.aspx, 2015.
18. R. McDonald, Color physics for industry, 2th Ed, Dyers company publication trust, Bradford, 1997.
19. 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.
20. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Spectral analysis of blacks. *J. Color Res. Appl.* 37(2012), 176-185.
21. 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, ICCC 2013, Isfahan, Iran, (2013).
22. 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).
23. S. K. Shevell, The Science of color, 2th Ed, Optical Society of America, 2003.
24. 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.

Archive of SID
www.SID.ir

25. R. Jafari, Spectral and colorimetrical analysis of blacks, PhD thesis, Isfahan University of Technology, Iran, 2013.
26. S. Aghayan, Evaluation of black samples to determine the preferred black, M.S. thesis, Amirkabir University of Technology, Iran, 2007.
27. L. Tao, Impact of Blackness Preference and Perception on Product Design, PhD thesis, University of Leeds, United Kingdom, 2013.
28. 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.
29. 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.
30. 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.
31. R. Jafari, S. H. Amirshahi, S. A. Hosseini Ravandi, Effect of lightness on blackness preference of black fabrics. *Prog. Color Colorants Coat.* 8 (2015), 11-24.
32. W. S. Torgerson, Theory and methods of scaling, Wiley, New York, 1958.
33. L. L. Thurstone, A law of comparative judgment. *Psychol. Rev*. 34(1927), 273-286.
۳۴. ن. خلیلی، ف. عامری، تأثیر شرایط نوردهی در ارزیابی چشمی برخی از ویژگی‌های هندسی پوشرنگ‌های خودرویی، *نشریه علوم و فناوری رنگ*، ۴ (۱۳۹۲)، ۳۳۰-۳۲۳.

Archive of SID

www.SID.ir