

بررسی تأثیر روشنایی محیط بر روی ظاهر رنگی منسوجات رنگ شده

مهردی تقی قادیکلائی^{*}، سید حسین امیر شاهی^{۲+}

۱. کارشناس ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. دانشیار، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده:

در سیستم های متداول بیان رنگ، تأثیر روشنایی محیط بر روی مؤلفه های رنگی در نظر گرفته نشده است. لذا در این تحقیق اثر روشنایی محیط در زیر منبع روشنایی D65 بر مؤلفه های رنگ ظاهری چند منسوج رنگی با استفاده از مدل ظاهر رنگی CIECAM97s اصلاح شده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. پس از اعمال شرایط مذکور و استخراج ویژگی های ظاهری هریک از نمونه های مورد استفاده در سطوح روشنایی متفاوت، مشاهده گردید تغییر پارامتر مذکور به شدت بر روی ویژگی های ظاهری روشنایی و درخشندگی نمونه ها تأثیر می گذارد. نتایج حاصله نشان می دهند که تغییرات مذکور بر روی نمونه های تیره تر بیشتر از نمونه های روشن تر می باشد.

واژگان کلیدی: مدل ظاهر رنگی، روشنایی محیط، شرایط مشاهده، منسوجات

۱- مقدمه:

بیان رنگ اجسام و سطوح در خشان توسط مؤلفه های ظاهر رنگی، سومین مرحله از مراحل توسعه رنگ سنجی می باشد که بحث در خصوص آن در سالهای اخیر مطرح شده و بیش از ده سال از مطرح شدن جدی آن در علم رنگ نمی گذرد [۱]. ظاهر رنگی یک جسم یا تصویر با تغییر شرایط مشاهده مانند تغییر محیط، منبع نوری، زمینه و روشنایی محیط تغییر می نماید و این نکته موجب بروز مشکلات جدی در کنترل رنگ می گردد. بطور نمونه یک پوشاسک که هنگام مشاهده زیر یک لامپ فلئورست در قفسه یک فروشگاه انتخاب گردیده است می تواند به هنگام مشاهده در زیر نور روز و یا هر منبع نوری دیگر بغیر از منبع نوری اولیه و اجسام موجود در جنب آن، ظاهر رنگی متفاوت داشته باشد و تغییر رنگ دهد و یا اینکه با کاهش سطح روشنایی وقتی یک محیط روشن بتدربیج تاریک می گردد رنگها کم کم ناپدید می شود در حالیکه اشیاء باقی می ماند [۲ و ۳]. هیچ یک از موارد اشاره شده نمی تواند بوسیله اندازه گیری های ساده فیزیکی رنگ اجسام پیشگیری و یا تشریح گردد و لازم است از روشهای دیگری که شرایط مشاهده و مدل های ادراک بینایی انسان را نیز در نظر گیرند استفاده نمود [۱]. جهت رفع مشکلات موجود تحقیقات گستردایی برای ایجاد و ارائه مدل های ظاهر رنگی انجام گرفت و مدل های گوناگونی عرضه گردید. مدل های ظاهر رنگی به ممنظور توسعه و بهبود روش های رنگ سنجی قدیمی مانند CIELAB و CIEXYZ جهت پیشگویی ظاهر رنگی مشاهده شده تحت شرایط وسیعی از مشاهده مورد استفاده قرار می گیرد [۳ و ۴].

۱-۱- مدل CIECAM97s اصلاح شده:

مدل CIECAM97s اصلاح شده یکی از مدل های ظاهر رنگی است. اطلاعات ورودی مدل شامل روشنایی فضای تطبیق با واحد شمع برمتر مربع L^* یعنی A^۱، مقادیر محرکه های سه گانه نمونه مورد آزمایش در شرایط منبع نوری مورد استفاده یعنی XYZ، مقادیر محرکه های سه گانه منبع سفید در شرایط منبع مورد استفاده یعنی X_w Y_w Z_w و روشنایی نسبی زمینه در شرایط منبع یعنی b^۲ می باشد، علاوه بر موارد مذکور ثابت C بعنوان تأثیر محیط، فاکتور تأثیر زمینه کروماتیک Nc و همچنین F بعنوان فاکتور درجه تطبیق از جدول شماره (۱) استخراج می گردد [۵].

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: amirtg79@yahoo.com

+ آدرس فعلی: دانشگاه صنعتی امیر کبیر

مدل با بکارگیری اطلاعات ورودی و استفاده از روابط ریاضی مشخص تحت عنوان تبدیل‌های تطبیق رنگی، داده‌های مربوط به شرایط تطبیق یافته را در هر وضعیت از شرایط مشاهده استخراج می‌نماید. در این مدل، ظاهر رنگی توسط شش ویژگی ظاهری فام (Hue) (H)، روشنایی (Lightness) (J)، درخشندگی (B)، اشباع (Saturation) (S)، خلوص (Chroma) (C)، و غنای رنگی (M) (Colourfulness) (M) بیان می‌گردد که از داده‌های مربوط به شرایط تطبیق یافته و یکسری روابط ریاضی بدست می‌آید [۵]. لازم به ذکر می‌باشد برای محاسبه ترکیب فام نیاز به استخراج زاویه فام (h) و فاکتور عدم تقارن (e) از جدول شماره (۲) می‌باشد [۵].

جدول ۲: مقادیر مشخص فامها [۵].

فاکتور عدم تقارن (e)	ترکیب فام (H)	زاویه فام (h)	فام
۰/۸	۴۰۰ یا ۰	۲۰/۱۴	قرمز
۰/۷	۱۰۰	۹۰/۰۰	زرد
۱/۰	۲۰۰	۱۶۴/۲۵	سبز
۱/۲	۳۰۰	۲۳۷/۵۳	آبی

جدول ۱: مقادیر ثابت‌ها بر اساس شرایط مشاهده [۵].

شرایط مشاهده	F	N _c	c
متوسط	۱/۰	۱/۰	۰/۶۹
نیمه تاریک	۰/۹	۰/۹۵	۰/۵۹
تاریک	۰/۹	۰/۸۰	۰/۵۲۵

یکی از مهم ترین ویژگی‌های این مدل قابلیت بکارگیری آن در جهت معکوس است بدین ترتیب که با استفاده از ویژگی‌های ظاهری و اعمال شرایط مشاهده می‌توان محركه‌های سه‌گانه نمونه مورد نظر را استخراج نمود این قابلیت تولید‌کنندگان را قادر می‌سازد با توجه به ویژگی‌های ظاهری مورد نظر مصرف کننده و آگاهی از شرایط مشاهده در زمان مصرف، با توانایی محاسبه مقادیر ارزشهای سه‌گانه XYZ، کالایی با همان ویژگی ظاهری مورد نظر و ظاهر رنگی مطلوب مصرف کننده را تولید نمایند [۵]. در این مقاله تأثیر شرایط روشنایی، محیط برمؤلفه‌های ظاهری یک سری منسوج با رنگها و عمق‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در واقع تلاش گردیده است تا با بکارگیری مدل رنگ ظاهری CIECAM97s اصلاح شده، تأثیر روشنایی محیط مشاهده بر رنگ دریافت شده از یک سری منسوج رنگی توسط مشاهده کننده، مورد توجه و ارزیابی قرار گیرد.

۲- روشهای تجربی:

۲-۱- مشخصات نمونه‌های بکار رفته:

در این پژوهه از پارچه‌های اکریلیک با بافت کرپ استفاده شده است. نمونه‌های رنگی با استفاده از مواد رنگزای قرمز، زرد و آبی کاتیونیک و غلظت یک درصد و نمونه خشی از ترکیب این سه رنگ با نسبت یکسان و غلظت یک درصد فراهم شده‌اند. انکاس نمونه‌های رنگ شده با استفاده از اسپکترو فوتومتر texflash ساخت شرکت دیتاکالر با دیافراگم ۱۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. محركه‌های سه‌گانه کلیه نمونه‌ها تحت منابع نوری D₆₅ و مشاهده کننده استاندارد ۲ درجه اندازه‌گیری شده که مقادیر مربوطه در جدول شماره (۳) آمده است. جهت استفاده از فرمولها و روابط از نرم افزار متلب استفاده گردید.

جدول ۳: مقادیر محركه‌های سه‌گانه.

منبع نوری D ₆₅			فام
Z	Y	X	
۱۲/۸۶	۱۶/۲۷	۳۰/۳۷	قرمز
۸/۸۳	۴۳/۱۱	۴۷/۵۹	زرد
۲۸/۶۰	۹/۳۲	۹/۸۰	آبی
۱/۷۶	۱/۵۹	۱/۶۴	خشی

۲-۲- شرایط بکار رفته:

منبع نوری D₆₅، شدت روشنایی میدان تطبیق (L_A) ۳۱۸/۳۱ و درصد روشنایی زمینه (Y_b) ۲۰، پارامترهای محیطی C، N_c و فاکتور درجه تطبیق F بر اساس محیط مورد استفاده از جدول شماره (۱) استخراج گردیدند.

۳-۲- روش کار:

در این قسمت ضمن ثابت نگه داشتن تمام شرایط مشاهده تنها شرایط محیط در سه حالت متوسط، نیمه تاریک و تاریک تعییر یافت و در مدل اعمال شد، سپس با استفاده از داده‌های ورودی، ویژگیهای ظاهری هر نمونه در هر حالت استخراج گردید. نتایج مربوطه در جدول شماره (۴) آمده است.

جدول ۴: ویژگیهای ظاهری برای محیط‌های مختلف مربوط به نمونه‌های بکار گرفته شده.

ویژگیهای ظاهری							محیط	فام
M	C	S	Q	J	H	h		
۱۳۹/۲۳	۱۳۶/۰۴	۳۱۲/۲۱	۳۱/۲۰	۴۰/۴۰	۳۹۱/۸۲	۸/۶۰	Average	قرمز
۱۳۴/۹۵	۱۳۱/۸۵	۲۹۴/۸۴	۳۹/۷۷	۴۵/۹۹	۳۹۱/۶۶	۸/۳۸		
۱۱۶/۰۴	۱۱۳/۳۷	۲۴۸/۲۹	۴۷/۳۴	۵۰/۱۰	۳۹۱/۶۶	۸/۳۸		
۸۱/۷۳	۷۹/۸۵	۱۶۳/۷۹	۴۳/۶۸	۶۶/۷۷	۶۶/۸۰	۶۸/۸۳	Average	زرد
۷۷/۸۲	۷۶/۰۴	۱۵۴/۰۱	۵۳/۰۷	۷۰/۷۴	۶۷/۶۹	۶۹/۴۲		
۶۶/۳۲	۶۴/۷۹	۱۲۹/۷۰	۶۱/۱۹	۷۳/۴۹	۶۷/۶۹	۶۹/۴۱		
۸۱/۸۶	۷۹/۹۸	۱۹۹/۷۲	۲۲/۱۶	۲۴/۲۵	۳۱۰/۳۱	۲۵۸/۵۰	Average	آبی
۸۱/۷۰	۷۹/۸۳	۱۹۱/۵۰	۲۹/۷۴	۲۹/۸۱	۳۱۰/۱۰	۲۵۸/۱۰		
۷۰/۸۹	۶۹/۲۶	۱۶۱/۲۷	۳۶/۵۵	۳۴/۰۶	۳۱۰/۱۰	۲۵۸/۱۰		
۸/۵۱	۸/۳۲	۲۴/۵۰	۱۰/۱۰	۷/۵	۲۲۱/۸۷	۱۷۸/۱۱	Average	خنثی
۸/۰۷	۷/۸۹	۲۱/۵۶	۱۵/۱۸	۱۰/۹۲	۲۱۷/۶۹	۱۷۵/۳۸		
۷/۱۵	۶/۹۹	۱۸/۱۶	۲۰/۰۸	۱۳/۹۴	۲۱۷/۶۹	۱۷۵/۳۸		

در نهایت با بکار بردن مدل در روش معکوس و با استفاده از ویژگیهای ظاهری بدست آمده در هر حالت XYZ مربوطه مورد محاسبه قرار گرفت. همچنین با اعمال اولیه‌های مکمل بدست آمده از مدل در هر حالت (a) و (b) و ویژگی ظاهری روشنایی (J) در فرمول اختلاف رنگ (فرمول شماره یک) اختلاف حاصله در هر حالت نیز محاسبه و نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بدست آمده در جدول شماره (۵) نشان داده شده اند.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta J^*)^2} \quad (1)$$

۳- بررسی نتایج:

۳-۱- بررسی نتایج مربوط به تغییرات ویژگی‌های ظاهری و ظاهر رنگی:

در این تحقیق تنها تأثیر روشنایی محیط بر روی مؤلفه‌های رنگ ظاهری یک منسوج رنگی مورد بررسی قرار گرفته است. علی‌رغم این که مقالات متعددی در خصوص تغییر مؤلفه‌های مذکور در هنگام مشاهده تصاویر رنگی از صفحات مانیتور، تلویزیون و یا پرده سینما ارائه

گردیده است، تأثیر عوامل مذکور بر رنگ سطوح غیر درخشانی مانند منسوجات که در زیر یک منبع نوری مشخص مشاهده می‌گردد کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

الف - زاویه فام (H) و ترکیب فام (H) : این دو ویژگی برای هر سه فام و رنگ تقریباً خنثی با تغییر محیط تقریباً ثابت مانده است و تفاوت‌های معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

جدول ۵: XYZ نمونه‌ها که از روش معکوس مورد محاسبه قرار گرفته به همراه اولیه‌های مکمل و ویژگی روشنایی در هر حالت و اختلاف رنگ محاسبه شده برای بررسی تغییر محیط از متوسط به نیمه تاریک و از نیمه تاریک به تاریک.

ویژگی‌های ظاهری							محیط	فام
ΔE	J	b	a	Z	Y	X		
----	۴۰/۴۰	۰/۲۸۷۶	۱/۹۰۱۹	۱۲/۸۷	۱۶/۲۷	۳۰/۳۵	Average	قرمز
۵/۵۹	۴۵/۹۹	۰/۲۷۸۹	۱/۸۹۲۵	۱۲/۸۷	۱۶/۲۷	۳۰/۳۵	Dim	
۹/۷۰	۵۰/۱۰	۰/۲۷۸۹	۱/۸۹۲۵	۱۲/۸۷	۱۶/۲۷	۳۰/۳۶	Dark	
----	۶۶/۷۷	۱/۳۸۶۳	۰/۵۳۶۹	۸/۸۶	۴۳/۱۱	۴۷/۵۹	Average	زرد
۳/۹۷	۷۰/۷۴	۱/۳۷۹۱	۰/۵۱۷۸	۸/۸۶	۴۳/۱۱	۴۷/۵۹	Dim	
۶/۷۲	۷۳/۴۹	۱/۳۷۹۱	۰/۵۱۷۸	۸/۸۶	۴۳/۱۱	۴۷/۵۹	Dark	
----	۲۴/۲۵	-۰/۷۷۳۶	-۰/۱۵۷۴	۲۸/۵۶	۹/۳۲	۹/۸۰	Average	آبی
۵/۵۶	۲۹/۸۱	-۰/۷۸۱۰	-۰/۱۶۴۶	۲۸/۵۶	۹/۳۲	۹/۸۰	Dim	
۹/۸۱	۳۴/۰۶	-۰/۷۸۱۰	-۰/۱۶۴۶	۲۸/۵۶	۹/۳۲	۹/۸۰	Dark	
----	۷/۵	-۰/۰۰۱۳	۰/۰۳۸۷	۱/۷۵	۱/۶۴	۱/۴۳	Average	خنثی
۳/۴۲	۱۰/۹۲	-۰/۰۰۲۹	۰/۰۳۶۱	۱/۷۳	۱/۶۴	۱/۴۵	Dim	
۶/۴۴	۱۳/۹۴	-۰/۰۰۲۹	۰/۰۳۶۱	۱/۷۳	۱/۶۴	۱/۴۵	Dark	

ب - Brightness (Q): این کمیت با کاهش سطوح روشنایی برای هر چهار نمونه افزایش یافته است [۶ و ۷] ولی روند این افزایش با توجه به مقادیر جدول شماره (۶) برای چهار نمونه یکسان نیست. بیشترین افزایش مربوط به نمونه سیاه و کمترین آن مربوط به نمونه زرد می‌باشد. بنابراین افزایش Brightness با کاهش روشنایی محیط برای رنگهای تیره از شدت بیشتری برخوردار می‌باشد [۶ و ۷].

ج - Lightness (J): در تعریف Lightness بیان گردیده است که این عامل Brightness نمونه مورد بررسی نسبت به Brightness یک سفید می‌باشد. بنابراین با توجه به اینکه Brightness با کاهش روشنایی محیط افزایش می‌یابد صورت و مخرج کسر هر دو زیاد خواهد شد ولی از آنجا که هرچه رنگ تیره‌تر باشد شدت افزایش بیشتر است، همیشه افزایش Brightness رنگ مورد بررسی که در صورت کسر قرار دارد بیشتر از افزایش Brightness یک سفید می‌گردد. لذا برای هر چهار نمونه با کاهش روشنایی محیط ویژگی ظاهری افزایش Lightness داشته است.

با توجه به تعاریف می‌باشد از شدت افزایش Lightness Brightness کمتر باشد. با توجه به جدول شماره (۶) سیر صعودی این ویژگی از این قاعده پیروی نموده، همچنین از رنگهای روشن به سمت رنگهای تیره شدت می‌یابد. ضمناً با توجه به نتایج مندرج در جدول شماره (۷) برای هر چهار نمونه افزایش Lightness و Brightness برای انتقال از محیط متوسط به نیمه تاریک نسبت به انتقال از محیط نیمه تاریک به تاریک شدت بیشتری داشته است. بدیهی است که با حذف تدریجی نور این دو ویژگی قادر نمی‌باشند همچنان قابلیت افزایشی خود را حفظ نمایند و با همان شدتی که در کاهش سطوح روشنایی از محیط متوسط به نیمه تاریک

افزایش دارند در کاهش سطوح روشنایی از محیط نیمه تاریک به تاریک هم افزایش داشته باشند بنابراین شدت این افزایش کاهش می یابد.

جدول ۶ مقایسه درصد افزایش Lightness و Brightness ازمحیط متوسط تا محیط تاریک.

Lightness	Mیزان افزایش	فام
۲۴/۰۱	۵۱/۷۳	قرمز
۱۰/۰۶	۴۰/۰۹	زرد
۳۸/۸۵	۶۴/۹۴	آبی
۸۵/۸۷	۹۸/۸۱	خنثی

جدول ۷: مقایسه درصد افزایش Lightness و Brightness ازمحیط متوسط به نیمه تاریک و نیمه تاریک به تاریک.

افزایش Lightness		افزایش Brightness		فام
نیمه تاریک به تاریک	متوسط به نیمه تاریک	نیمه تاریک به تاریک	متوسط به نیمه تاریک	
۸/۹۰	۱۳/۸۴	۱۹/۰۳	۲۷/۴۷	قرمز
۳/۸۹	۵/۹۵	۱۵/۳۰	۲۱/۵۰	زرد
۱۴/۲۶	۲۲/۹۳	۲۲/۹۰	۳۴/۲۱	آبی
۲۷/۹۶	۳۶/۰۰	۳۲/۲۸	۵۰/۳۰	خنثی

د - (S): این ویژگی ظاهری در هر چهار نمونه با کاهش سطوح روشنایی کاهش می یابد که در واقع بیانگر آن است که با کاهش سطوح روشنایی، ظاهر جسم که بعنوان یک ظاهر رنگی درک می گردد به سمت یک ظاهر غیر رنگی حرکت می نماید.

ه - (M): این ویژگی نیز از آنجا که با کیفیت و مقدار محتوای رنگی که از یک نمونه درک می شود ارتباط دارد بتدربیح و با کاهش سطوح روشنایی کاهش می یابد [۸].

- (C): در تعریف کرومای اینطور بیان شده است که این ویژگی مقدار Colourfulness ناحیه مورد بررسی نسبت به Brightness یک سفید می باشد که در همان ناحیه مورد بررسی قرار دارد. با توجه به این تعریف از آنجا که ویژگی ظاهری Colourfulness با کاهش سطوح روشنایی کاهش و Brightness افزایش می یابد با توجه به کاهش صورت کسر و افزایش مخرج کسر انتظار می رود ویژگی ظاهری Chroma نیز با کاهش سطوح روشنایی کاهش یابد که با توجه نتایج بهوضوح این مورد مشاهده می گردد [۸].

سه ویژگی اخیر در انتقال از محیط متوسط به نیمه تاریک کاهش نشان می دهند لیکن در حالت انتقال از محیط نیمه تاریک به تاریک این کاهش چشم گیر است یعنی اینکه یک جسم رنگی بتدربیح با حرکت از محیط متوسط به سمت محیط تاریک، ظاهر رنگی خود را از دست می دهد. مقادیر مقایسه ای در جدول شماره (۸) نشان داده شده اند.

۳-۱-۳ - تأثیر پذیری ویژگیهای رنگی مختلف نسبت به یکدیگر:

با توجه به جدول شماره (۹) مشاهده می گردد که در تمامی نمونه ها بیشترین و کمترین تأثیرپذیری مولفه های ظاهر رنگی بترتیب مربوط به ویژگیهای Saturation (s) و ترکیب فام (H) می باشد. برای فامهای قرمز، آبی و زرد کاهش تقریباً یکسانی داشته و تا حدودی مستقل از فام عمل نموده اگرچه برای نمونه تقریباً خنثی این کاهش بیشتر از بقیه بوده است. این نکته نیز جالب است

که تغییرات Chroma و Colourfulness در هر مرحله و در مجموع کاهش تقریباً یکسان و برابر داشته و تأثیر پذیری آنها از محیط برابر نشان داده است.

۲-۱-۳ - تأثیرپذیری فام‌های مختلف نسبت به یکدیگر:

با توجه به ستون میانگین جدول شماره (۹) مشاهده می‌گردد بیشترین تغییر بترتیب مربوط به فام‌های تقریباً خنثی و زرد می‌باشد. اگر چه بیشترین تغییر مربوط به فام تقریباً خنثی می‌باشد ولی در واقع بجز تغییرات بسیار زیاد در ویژگیهای Brightness و Lightness این فام، تغییرات سایر ویژگیهای دیگر برای این فام قابل توجه نمی‌باشد زیرا با توجه به غیر رنگی بودن نمونه تقریباً خنثی حتی در حالتی که در محیط متوسط قرار دارد این نمونه بطور کلی از ویژگیهای Saturation و Chroma کم و ظاهری غیر رنگی برخوردار می‌باشد.

جدول ۸: درصد کاهش ویژگیهای مختلف با تغییر محیط.

خنثی	آبی	زرد	قرمز	فام	ویژگیها
				محیط	
۱۲/۰۰	۴/۱۶	۵/۹۷	۵/۵۶	متوسط به نیمه تاریک	Saturation
۱۵/۷۷	۱۵/۷۹	۱۵/۷۸	۱۵/۷۹	نیمه تاریک به تاریک	
۵/۱۷	۰/۱۹	۴/۷۷	۳/۰۸	متوسط به نیمه تاریک	Chroma
۱۱/۴۱	۱۳/۲۴	۱۰/۸۵	۱۴/۰۲	نیمه تاریک به تاریک	
۵/۲	۰/۲۰	۴/۷۸	۳/۰۷	متوسط به نیمه تاریک	Colour fullness
۱۱/۴۰	۱۳/۲۳	۱۴/۷۸	۱۴/۰۱	نیمه تاریک به تاریک	

جدول ۹: درصد تغییرات ویژگیهای مختلف با تغییر محیط برای فام‌های به کار گرفته شده و میانگین تغییرات هر فام.

Mean	ویژگیهای ظاهری							فام
	M	C	S	Q	J	H	h	
۱۸/۸۸	۱۶/۶۶	۱۶/۶۶	۲۰/۴۷	۵۱/۷۳	۲۴/۰۱	۰/۰۴	۲/۵۶	قرمز
۱۵/۶۷	۱۸/۸۵	۱۸/۸۶	۲۰/۸۱	۴۰/۰۹	۱۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۸۴	زرد
۲۱/۴۴	۱۳/۴۰	۱۳/۴۰	۱۹/۲۵	۶۴/۹۴	۳۸/۸۵	۰/۰۷	۰/۱۵	آبی
۳۴/۶۵	۱۵/۹۸	۱۵/۹۹	۲۵/۸۸	۹۸/۸۱	۸۵/۸۷	۰/۰۱	۰/۰۲	خنثی

۳-۲- بررسی نتایج مربوط به اختلاف رنگ بوجود آمده از تغییرات اعمال شده:

با توجه به جدول شماره(۵) و نتایج بدست آمده در این قسمت مشاهده می‌گردد محركه‌های سه‌گانه که با بکارگیری مدل در روش معکوس و اعمال ویژگیهای ظاهری مربوط به هر حالت بدست آمده برای تمامی نمونه‌ها و هر سه محیط متوسط، نیمه‌تاریک و تاریک یکسان می‌باشد لذا می‌توان عنوان نمود محركه‌های سه‌گانه با تغییر محیط ثابت می‌ماند.

اولیه‌های مکمل a و b نیز تنها در تغییر شرایط از محیط متوسط به محیط نیمه تاریک تغییرات جزئی داشته و در تغییر شرایط از محیط نیمه تاریک به تاریک ثابت مانده و هیچ تغییری نشان نداده‌اند. همانطور که پیش از این عنوان شد در این قسمت اولیه‌های مکمل(a و b) و روشنایی J که در هر حالت توسط مدل بدست آمده در فرمول اختلاف رنگ اعمال و اختلاف هر نمونه در تغییر محیط از متوسط به نیمه‌تاریک و از نیمه‌تاریک به تاریک مورد محاسبه قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌گردد علی‌رغم این که اولیه‌های مکمل تغییرات بسیار جزئی داشته‌اند لیکن بدلیل شدت تغییرات مربوط به ویژگی روشنایی و تاثیر این پارامتر در فرمول اختلاف رنگ، اختلاف های بدست آمده فاحش و قابل توجه می‌باشد.

در تمامی نمونه‌ها اختلاف رنگ بدست آمده برای تغییر شرایط از محیط نیمه تاریک به تاریک بسیار بیشتر از تغییر شرایط از محیط متوسط به محیط نیمه تاریک می‌باشد. این امر بدلیل سیر صعودی افزایش ویژگی روشنایی با کاهش سطح روشنایی می‌باشد. لذا با توجه به افزایش روشنایی با تغییر محیط از نیمه تاریک به تاریک و با توجه به فرمول اختلاف رنگ بدیهی است که هرچه محیط تاریک‌تر گردد اختلاف رنگ افزایش می‌یابد.

مشاهده می‌گردد علی‌رغم اینکه تا کنون تغییرات مربوط به سطح روشنایی و تاریک‌تر و یا روشن تر شدن محیط در فرمولهای اختلاف رنگ تاثیرگذار نبوده است ولی این عامل تاثیرات عمده‌ای به روی رنگ درک شده داشته و منجر به بروز اختلافات جدی می‌گردد.

۱-۲-۳- اثرباری فامهای مختلف نسبت به یکدیگر:

ضمون در نظرگرفتن این مطلب که اختلاف های بدست آمده برای تمامی نمونه ها در هر حالت قابل توجه بوده است لیکن با توجه به نتایج مشاهده می‌گردد بیشترین اختلاف رنگ مربوط به نمونه‌های قرمز و آبی و کمترین اثر به ترتیب مربوط به نمونه های زرد و تقریباً خنثی می‌باشد.

درصد تغییرات هر نمونه بین دو حالت تغییر روشنایی محیط از متوسط به نیمه‌تاریک و نیمه‌تاریک به تاریک برای فام های زرد 70% ، قرمز $73/5\%$ آبی 76% و خنثی 88% بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده ملاحظه می‌گردد روشن ترین نمونه کمترین تأثیر را از تغییر روشنایی محیط پیدا نموده است در حالی که تبره‌ترین نمونه بیشترین تغییر را در اثر تغییر روشنایی محیط یافته است.

۴ - نتیجه‌گیری:

با کم شدن روشنایی محیط و حرکت از محیط متوسط به سمت محیط تاریک ارزش آن دسته از ویژگیهای ظاهری که کمیت و کیفیت رنگ جسم را مشخص می‌نمایند مانند **Colourfulness**، **Saturation** و **Chroma** کاهش می‌یابد و ظاهر جسم بتدریج از یک ظاهر رنگی به سمت ظاهر غیررنگی تغییر می‌نماید و یک جسم رنگی تنها بصورت اثراتی مانند روشنایی و درخشندگی بنظر می‌رسد، متعاقب آن اثر آندسته از ویژگیهای ظاهری (**Brightness** و **Lightness**) که برای اجسام غیر رنگی از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد افزایش می‌یابد. در واقع با کاهش و یا حذف قابلیت‌های مربوط به رنگی بودن اجسام در محیط‌های نیمه تاریک و تاریک، ویژگیهای ظاهری مربوط به روشنایی و درخشندگی آنها با شدت بیشتری نسبت به قبل قابل درک می‌باشد.

نهایتاً می‌توان مشاهده نمود که با کاهش سطوح روشنایی اثراتی مانند روشنایی و درخشندگی از یک جسم رنگی اهمیت بیشتری می‌یابند و با افزایش سطوح روشنایی، پسونه رنگ و تباين تصویر بیشتر می‌گردد [۶ و ۷]. البته به این نکته باید توجه داشت که با حذف کامل نور از محیط و در یک محیط کاملاً تاریک هیچ یک از ویژگیهای ظاهری مربوط به جسم قابل درک نخواهد بود به طوری که در صورت حذف اثر میله‌ها دیگر نمی‌توان جسم را مشاهده نمود.

در خصوص اختلاف رنگی نیز مشاهده شد علی‌رغم تغییرات ناچیز اولیه‌های مکمل، تنها با تغییرات روشنایی اختلافات فاحشی با تغییر سطح روشنایی محیط بوجود می‌آید که شدت اختلافها برای فامهای تبره‌تر بیشتر از فامهای روشن تر می‌باشد.

به عنوان نتیجه گیری کلی می توان اظهار نمود که تغییر عمق نمونه های رنگی از روشن به تیره موجب تأثیرپذیری بیشتر آنان از تغییر سطح روشنایی محیط می گردد.

۵- مراجع:

1. Fairchild.M.D, "Colour Appearance Models", ADDISON Wesely, Massachusetts ., 1997.
2. Mac Donald.L.W, and Luo.M.R, "Colour Imaging: Vision and Technology", John Wiley & Sons LTD., 1999.
3. <http://www.diffuse.org/oui/en/cis.html>
4. <http://www.colour.org/tc8-01/tc8-01-fa1100.pdf>
5. Fairchild.M.D, "A Revision of CIECAM97s for Practical Application", Color Res Appl, Vol. 26, PP. 418-427, 2001.
6. http://ziggy.derby.ac.uk/colour/info/glossary/c/Colour_Appearance.html
7. <http://www.cis.rit.edu/people/faculty/fairchild/PDFs/CAM1.pdf>
8. Hunt.R.W.G, "An improved Predictor of Colourfulness in a Model of Colour Vision", Color Res Appl, Vol. 19, PP. 23-26, 1994.