



## بررسی معنایی هارمونی رنگی با استفاده از روش‌های روان- فیزیکی

فروغ مهیار<sup>۱\*</sup>، حسین ایزدان<sup>۲</sup>، لوزا السادات تقوی<sup>۲</sup>، سهیلا صادقیان ندوشن<sup>۲</sup>

۱- استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصاویر رنگی، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵

۲- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، صندوق پستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

۳- کارشناس، شیمی نساجی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران، صندوق پستی: ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۸ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۳/۳/۲۰

### چکیده

به نظر می‌رسد تعریفی واحد برای هارمونی رنگی وجود ندارد و افراد مختلف، هارمونی رنگی را مشابه یا نزدیک به مفهوم رفتارهای مختلف رنگی ارزیابی می‌کنند. با هدف بررسی مفهوم هارمونی رنگی و در صورت وجود، یافتن تعریفی واحد برای آن، روابط بین هارمونی رنگی با خوشایندی، زیبایی، آرامش و تباین فام رنگی، با تدوین و ارائه یک آزمایش روان- فیزیکی مورد بررسی قرار گرفت. بر پایه روش‌های آماری نوین در تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج نشان می‌دهد که هیچ یک از رفتارهای احساسی مورد بررسی نمی‌توانند دقیقاً هم معنی با مفهوم هارمونی رنگی باشند. در میان رفتارهای رنگی مورد بررسی، زیبایی و آرامش رنگی ارتباط معنایی بهتری را با هارمونی رنگی دارند. همچنین دو رفتار خوشایندی و زیبایی رنگی ارتباط خوبی را با یکدیگر نشان می‌دهند. بر اساس نتایج تحقیق، مشاهده‌کننده‌های مذکر تمایل کمتری به انتخاب ترکیب‌های رنگ‌های هارمونی مکمل نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: هارمونی رنگی، زیبایی رنگی، خوشایندی رنگی، آرامش رنگی و تباین فام رنگی.

## An Investigation into the Meaning of Colour Harmony Using Psychophysical Techniques

F. Mahyar<sup>1\*</sup>, H. Izadan<sup>2</sup>, L. Taghavi<sup>2</sup>, S. Sadeghian Nodoushan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Color Image & Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology, P.O. Box: 16765-654, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology, P.O. Box: 84156-83111, Isfahan, Iran

Received: 04-11-2013

Accepted: 28-01-2014

Available online: 10-06-2014

### Abstract

Due to the lack of consistency in defining colour harmony by different people, the present research was focused on finding the meaning of colour harmony. The relationships between colour harmony and colour pleasantness, beauty, calmness, and hue contrast were examined in order to fascinate the selections of the most harmonious colour combinations in different applications. A psychophysical experiment carried out for two colour combinations. On the basis of a novel method of data analysis, the results show that the term of colour harmony is not the same as any of the inspected colour terms. However, the meaning of colour harmony is much closer to the meaning of the colour beauty and the colour calmness. The concepts of colour beauty and colour pleasantness are also similar to each other. Furthermore, it seems that the male observers have a less tendency in selecting the complementary colour harmony pairs than the female observers. *J. Color Sci. Tech.* 8(2014), 85-92 © Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Colour harmony, Colour beauty, Colour pleasantness, Colour calmness, Hue contrast.

## ۱- مقدمه

دارد. از نظر مورتی- لیونس<sup>۱۸</sup> و مارسلند<sup>۱۹</sup> [۱۵] هیچ تعریف توافق شده‌ای برای هارمونی رنگی وجود ندارد و هارمونی رنگی یک قضاوت شخصی در مورد این است که یک ترکیب رنگی چقدر می‌تواند به طور کلی خوشایند به نظر برسد. چانگ<sup>۲۰</sup> و اوو<sup>۲۱</sup> [۶ و ۱۶] در یک تحقیق مرتبط، هارمونی رنگی را به عنوان آنچه که موجب خوشایندی بیننده می‌شود؛ معرفی می‌کنند. لو<sup>۲۲</sup> و اوو [۷] عدم توافق در بیان تعاریف هارمونی رنگی در مطالعات پیشین را دلیل توافق ضعیف مابین مدل‌های هارمونی رنگی و داده‌های تجربی می‌دانند. اگر چه آن‌ها هیچ پیوند مستحکمی را بین هارمونی و خوشایندی پیشنهاد نمی‌دهند اما مطالعاتشان در زمینه هارمونی رنگی را بر پایه تعریف جاد انجام دادند. هنرمندان هم در برخی مواقع هارمونی رنگی را با خوشایندی هم مفهوم فرض می‌نمایند. به عنوان مثال ادواردز<sup>۲۳</sup> [۱۷] بیان می‌کند که هارمونی رنگی معمولاً به عنوان توافق خوشایند بین رنگ‌ها تعریف می‌شود. بر اساس کتاب هولتدزچو<sup>۲۴</sup> [۱۸] هارمونی رنگ‌ها زمانی اتفاق می‌افتد که دو یا چند رنگ مختلف با هم به عنوان یک بیان واحد، مشترک و خوشایند حس گردند.

چندین نظر وجود دارد که ترکیب‌های هارمونی رنگی را آن‌هایی در نظر می‌گیرند که زیبا<sup>۲۵</sup> باشند [۱۹]. برخی از هنرمندان معتقدند که هیچ قانونی برای هارمونی رنگی وجود ندارد. به عنوان مثال پاپ<sup>۲۶</sup> [۲۰] بیان می‌کند که در بحث هارمونی رنگی در گذشته تمایلات زیادی برای قانون مند کردن هارمونی وجود داشته است لیکن هیچ قانونی برای آن وجود ندارد و به وجود آوردن هارمونی فقط متکی بر احتمالات است. جاد و ویژگی نیز یک اصل برای هارمونی رنگی بیان می‌کنند بدین صورت که هارمونی آن چیزی است که دوست داریم استفاده کنیم. گرانویل [۱۴] مد و علاقه مردم را به عنوان اصلی ترین جنبه در هارمونی رنگی می‌داند و طرح<sup>۲۷</sup> را یکی از عوامل موثر بر هارمونی عنوان می‌کند [۲۱].

هدف از تحقیق حاضر کشف رابطه احتمالی بین هارمونی رنگی و مفاهیم مرتبط مانند خوشایندی، زیبایی، آرامش<sup>۲۸</sup> و تباین<sup>۲۹</sup> رنگی است.

هارمونی رنگی<sup>۱</sup> چیست؟ آیا یک واژه عمومی و کلی است که می‌تواند هم معنی پاسخ‌های احساسی<sup>۲</sup> مشخصی همچون زیبایی و زشتی، خوشایندی<sup>۳</sup> و ناخوشایندی، رضایت و عدم رضایت، موافقت و مخالفت، مرجح<sup>۴</sup> و متروک بودن یا دوست داشتن<sup>۵</sup> و دوست نداشتن باشد؟ آیا این واژه ترکیبی از همه یا برخی از پاسخ‌های احساسی مذکور است؟ آیا اصطلاح هارمونی رنگی یک لفظ مجزای از پاسخ‌های ذکر شده است؟

یکی از مهم‌ترین مشکلات در مطالعه هارمونی رنگ‌ها عدم وجود معنی و مفهوم مشخص برای این واژه و وجود درک‌های مفهومی گذرا (در صورت وجود) در تشخیص و تمایز آن از مفاهیم، معانی و واژگانی همچون خوشایندی، ترجیح و توافق<sup>۶</sup> رنگی است [۱].

بر پایه تعریف لغت نامه آکسفورد [۲] هارمونی زمانی ایجاد می‌شود که عناصر به طور مطبوع در کنار یکدیگر مرتب شوند به طوری که ایجاد خوشایندی نمایند. مطابق با این تعریف، هارمونی می‌تواند هم مفهوم خوشایندی و ترتیب<sup>۷</sup> قرار گیرد ولی آیا این تعریف می‌تواند مفهوم هارمونی را به درستی نشان دهد؟ بسیاری از محققین مفهوم هارمونی رنگی را با معانی مختلف بیان می‌نمایند [۸-۳]. گوته<sup>۸</sup> [۹]، شورول<sup>۹</sup> [۱۰]، بزولد<sup>۱۰</sup>، مانسل<sup>۱۱</sup> [۱۱] و استوالد<sup>۱۲</sup> هر یک سیستم‌های رنگی ای را معرفی می‌کنند که بتواند روابط هارمونی رنگ‌ها را آشکار نماید. هم چنین برای توصیف هارمونی رنگی از کلماتی که به نوعی تضاد را بیان می‌کنند مانند "نا متوازن"<sup>۱۳</sup> و مخالف<sup>۱۴</sup> استفاده می‌کنند [۱۰ و ۱۲].

بسیاری از محققان هارمونی رنگی را هم معنی با خوشایندی رنگی می‌دانند. به عنوان مثال جاد و ویژگی<sup>۱۵</sup> [۱۳] بیان می‌کنند که ترکیب‌های هارمونی رنگی آنهایی هستند که موجب حس خوشایندی در افراد می‌شوند. گرانویل<sup>۱۶</sup> [۱۴] همچنین معتقد است که روابط هارمونی تحت تاثیر دوره زمانی و اسلوب‌های مد<sup>۱۷</sup> رنگی حاکم قرار

- 1- Colour harmony
- 2- Emotional responses
- 3- Pleasantness
- 4- Preferred
- 5- Like
- 6- Agreeableness
- 7- Arrangement
- 8- Goethe
- 9- Chevreul
- 10- Bezold
- 11- Munsell
- 12- Ostwald
- 13- Unbalanced
- 14- Opposite
- 15- Judd & Wyszecki
- 16- Granville
- 17- Fashion

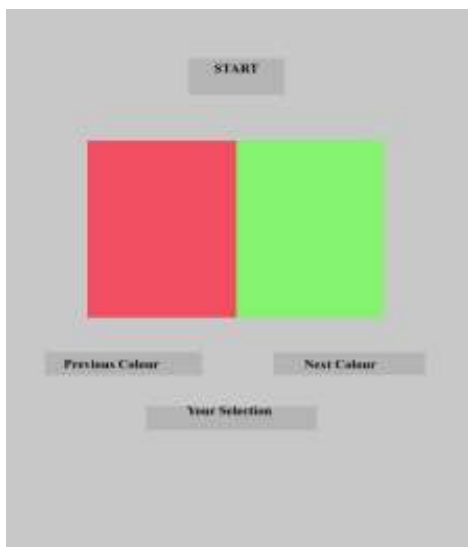
- 18 Moretti & Lyons
- 19 Marsland
- 20 Chaung
- 21 Li-Chen Ou
- 22 Ronnier Luo
- 23 Edwards
- 24 Holtzschue
- 25 Beautiful
- 26 Pope
- 27 Pattern
- 28 Calmness
- 29 Contrast

## ۲- بخش تجربی

### ۱-۱- مواد

### ۲-۲- روش کار

برنامه نشان می‌دهد که در آن رنگ نمونه سمت راست توسط برنامه‌نویس متلب انتخاب شده و غیر قابل تغییر توسط مشاهده‌کننده است در حالی که رنگ نمونه سمت چپ توسط مشاهده‌کننده با کلیک کردن روی دگمه‌های "Next Colour" و "Previous Colour" قابل تغییر است. آزمایش در پنج بخش مجزا برای هر مشاهده‌کننده با هدف پیدا کردن جفت رنگی هارمونی‌ترین، خوشایندترین، زیباترین، آرامش‌بخش‌ترین و متباین‌ترین انجام پذیرفت. تعداد کل رنگ‌های نمایش داده شده در هر بخش هشت رنگ است. برای هر رنگ نشان داده شده روی نمایشگر، مشاهده‌کننده امکان دسترسی به ۳۶ رنگ که با فواصل یکسان روی دایره رنگی قرار دارند را داراست که در این تحقیق به آنها زاویه فام استاندارد گفته می‌شود. از آنجایی که امکان انتخاب رنگ در زوایای مختلف روی دایره رنگی وجود دارد، مشاهده‌کننده مختار است که رنگ‌های مکمل<sup>۱۳</sup> یا رنگ‌های مشابه<sup>۱۴</sup> را در هارمونی انتخاب نماید و بنابراین امکان بررسی انواع هارمونی رنگی بدین طریق قابل حصول است. پس از انجام هر بخش آزمایش، داده‌های مربوطه ثبت و ذخیره و در نهایت تجزیه و تحلیل آماری روی نتایج انجام شد.



شکل ۱: صفحه نمایشگر در حین آزمایش.

یک آزمایش روان-فیزیکی<sup>۱</sup> برای نمونه‌های دو رنگی<sup>۲</sup> در این تحقیق اجرا گردیده است که در آن یک نمایشگر<sup>۳</sup> LCD مدل Lacie 320 به ابعاد صفحه نمایش ۲۵ در ۴۳٫۵ سانتی‌متر برای نشان دادن نمونه‌های رنگی به کار گرفته شد. نمونه‌های نمایش داده شده روی نمایشگر شامل دو مستطیل رنگی با ضلع عمودی مشترک و اندازه کلی ۹٫۵ در ۱۹٫۵ سانتی‌متر هستند. آزمایش‌ها در اتاق تاریک صورت گرفت و از مشاهده‌کننده‌ها درخواست شد که در فاصله ۷۰ سانتی‌متری از صفحه نمایشگر بنشینند. پیش از انجام آزمایش هر مشاهده‌کننده توضیحات راجع به روش آزمایش را مطالعه نمود. همچنین به منظور اطمینان از دید رنگی مشاهده‌کننده‌ها آزمون بینایی‌سنجی ایشی‌هارا<sup>۴</sup> برای هر یک از مشاهده‌کننده‌ها انجام شد. مجموع ۴۰ مشاهده‌کننده شامل ۲۱ نفر خانم و ۱۹ نفر آقا که همگی ملیت ایرانی داشته و در محدوده سنی ۲۰ تا ۲۵ قرار داشتند، در آزمایش شرکت کردند. در این تحقیق به منظور تسهیل بیان روش و نتایج، کلمه رنگ<sup>۵</sup> به فام رنگی<sup>۶</sup> اطلاق می‌شود. توصیف رنگی<sup>۷</sup> نمایشگر با مشخصه ساز<sup>۸</sup> مدل ICC Profile Maker-Lacie blue eye pro انجام گرفت تا رنگ‌هایی که روی نمایشگر دیده می‌شوند با رنگ‌هایی که مشخصات مولفه‌های CIELAB آنها تعیین گردیده بود یکسان باشند. روشنایی<sup>۹</sup> و تباین<sup>۱۰</sup> صفحه نمایشگر به ترتیب روی اعداد ۸۱ و ۸۰ تثبیت گردیده است که بهترین کیفیت تصویر را روی صفحه نمایشگر ایجاد می‌نمایند [۲۲]. در این آزمایش رنگ‌ها در مقادیر ثابت روشنایی و خلوص رنگی به ترتیب ۵۲ و ۳۰ روی نمایشگر به نمایش در آمدند. این رنگ‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که به طور یکنواخت در کل دایره رنگی پخش باشند. این مقادیر از طریق مقایسه فضا رنگ<sup>۱۱</sup> صفحه نمایشگر و فضا رنگ CIELAB انتخاب گردیدند به طوری که دایره رنگی بهینه<sup>۱۲</sup> را ایجاد نمایند [۱].

## ۳- نتایج و بحث

به منظور تجزیه و تحلیل آماری، کلیه داده‌ها در دو گروه اصلی گروه مشاهده‌کننده‌های مونث و گروه مشاهده‌کننده‌های مذکر به طور مجزا مورد بررسی قرار می‌گیرند. قابل ذکر است تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ابتدا برای کلیه مشاهده‌کننده‌ها بدون توجه به جنسیت آنها

۱۳- رنگ‌های مکمل رنگ‌هایی هستند که در دایره رنگی با اختلاف ۱۸۰ درجه از رنگ مینا قرار دارند و ترکیب یک رنگ با رنگ مکمل حداکثر تباین فام را ایجاد می‌نماید.

۱۴- رنگ‌های مشابه رنگ‌هایی هستند که در دایره رنگی نزدیک به یکدیگر قرار دارند و هارمونی رنگی آنالوگ را ایجاد می‌کنند.

شکل ۱ صفحه نمایشگر را در حین انجام آزمایش بر اساس این

- 1- Psychophysical experiment
- 2- Colour pair stimuli
- 3- Display
- 4- Ishihara test
- 5- Colour
- 6- Hue
- 7- Characterisation
- 8- Icc profile maker
- 9- Brightness
- 10- Contrast
- 11- Colour space
- 12- Optimal colour circle

از آنجایی که هدف اصلی در این تحقیق بررسی روابط بین هارمونی رنگی و دیگر رفتارهای ذکر شده است، ضرایب همبستگی مابین روند رفتار هارمونی رنگی با هر یک از رفتارهای مورد بررسی محاسبه شده و در جدول ۱ ارائه شده است. ضرایب همبستگی برای تمامی رفتارها و همه مشاهده‌کننده‌ها به غیر از روند هارمونی-زیبایی انتخاب شده توسط خانمها پایین است. ضریب همبستگی بین هارمونی رنگی-آرامش رنگی تنها برای آقایان و هارمونی رنگی-زیبایی رنگی هم برای آقایان و هم برای خانمها بالاتر از موارد دیگر است. به بیان دیگر مطابق جدول ۱ به نظر می‌رسد مشاهده‌کننده‌ها ترکیب‌های رنگی زیبا را هارمونی‌ترین ترکیب رنگی در نظر گرفته‌اند و اغلب مشاهده‌کنندگان مذکر آرامش بخش‌ترین ترکیب رنگی را نیز به عنوان هارمونی‌ترین ترکیب رنگی انتخاب کردند. پایین بودن ضرایب همبستگی بین هارمونی و تباین رنگی نیز می‌تواند نشان دهنده تمایل پایین مشاهده‌کنندگان مذکر به انتخاب ترکیب‌های هارمونی رنگی مکمل باشد.

نظر به طبیعت دایره‌ای بودن فام رنگی، تخمین ضریب همبستگی (r) بین زوایا با روش‌های معمول محاسبه ۲ دقیق به نظر نمی‌رسد. محاسبات ۲ با برنامه متلبی که بر اساس تحقیق فیشر-لی و روجاس [۲۵، ۲۶] نوشته شده است برای داده‌ها صورت گرفت. در این روش با در نظر گرفتن وابستگی خطی حلقوی<sup>۱</sup> و درجه پیش‌بینی یک زاویه از زاویه دیگر با توجه به همبستگی مثبت و منفی بین زوایا، مبادرت به محاسبه ضریب همبستگی بین زوایا نموده‌اند. جدول ۲ مقادیر همبستگی را بر اساس برنامه مذکور نشان می‌دهد. براساس جدول ۲ انتخاب همه مشاهده‌کنندگان برای هارمونی رنگی همبستگی مناسبی را با زوایای فام نشان داده شده روی صفحه نمایشگر نشان نمی‌دهند. هم چنین مشاهده‌کننده‌های خانم و آقا به ترتیب در انتخاب متباین ترین و زیباترین جفت رنگی همبستگی نسبتاً بهتری را نسبت به زوایای فام استاندارد نمایش داده شده نشان می‌دهند.

#### 1- T-linear dependence

جدول ۱: مقادیر همبستگی رفتار هارمونی نسبت به رفتارهای دیگر.

خوشایندترین	زیباترین	آرامش بخش ترین	متباین ترین	
۰,۳۶	۰,۵۵	۰,۶۶	۰,۰۴	مذکر
۰,۲۸	۰,۷۴	۰,۲۷	۰,۳۵	مونث

جدول ۲: مقادیر همبستگی رفتارهای مختلف نسبت به زاویه رنگی نمایش داده شده.

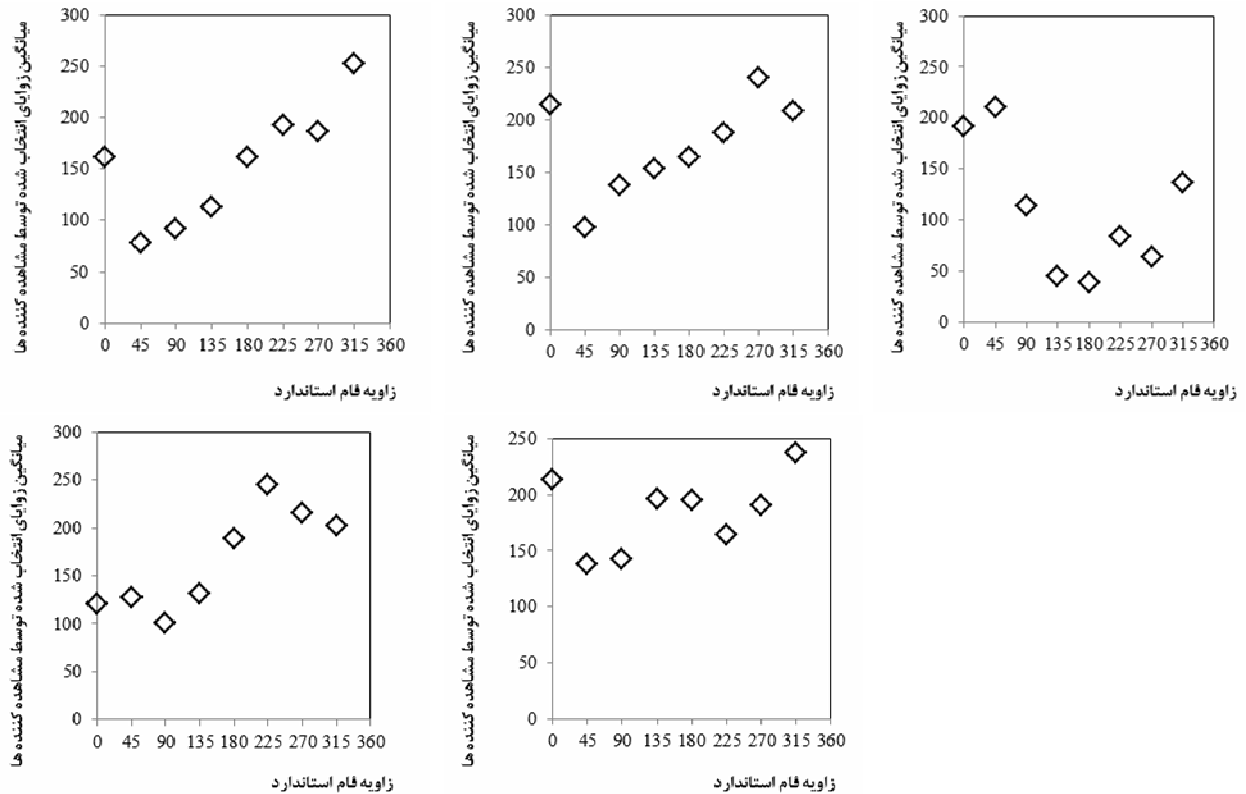
هارمونی ترین	خوشایندترین	زیباترین	آرامش بخش ترین	متباین ترین	
۰,۴۸	۰,۲۳	۰,۴۹	۰,۳۸	۰,۳۷	مذکر
۰,۴۷	۰,۱۵	۰,۲۷	۰,۴۱	۰,۴۵	مونث

صورت پذیرفت لیکن روند مناسبی حاصل نشد. دو مرحله تجزیه و تحلیل آماری به منظور یافتن روابط مابین هارمونی رنگی با خوشایندی، زیبایی، آرامش و تباین رنگی تدوین شده است.

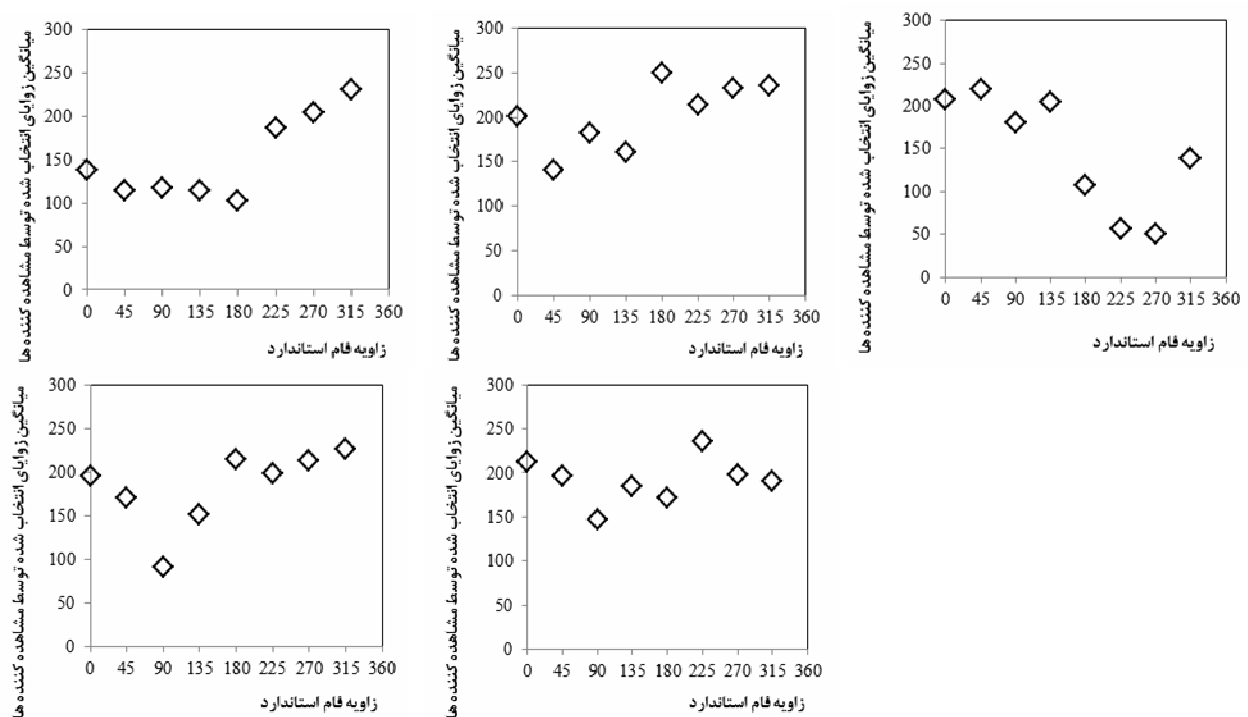
#### مرحله اول تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای هر رنگ نمایش داده شده روی نمایشگر، میانگین زوایای انتخاب شده توسط مشاهده‌کننده‌ها به عنوان رنگی که بیشترین هارمونی را با رنگ نمایش داده شده ایجاد می‌کند محاسبه شد. این روند برای دیگر مفاهیم نیز انجام گردید. روند تغییرات میانگین زوایای انتخابی برای مفاهیم مختلف بر اساس زوایای رنگ‌های نمایش داده شده در شکل‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب برای آقایان و خانمها نشان داده شده است. به نظر می‌رسد از آنجایی که برای رفتار هارمونی رنگی امکان انتخاب انواع هارمونی رنگی به صورت ترکیبی از رنگ‌های مکمل یا مشابه است؛ رابطه بین هارمونی بودن ترکیب رنگی نسبت به زاویه فام استاندارد خطی بودن بهتری را نشان می‌دهد [۲۴، ۲۳]. البته رفتار زیبایی رنگی نیز نسبت به زاویه فام برای آقایان ضریب همبستگی حدود ۰,۷ را داراست. در بررسی رفتارها نسبت به زوایای فام استاندارد به نظر می‌رسد که در مواردی روند تغییرات برای زوایای فام کوچکتر و بزرگتر از ۱۸۰ درجه متفاوت است. به عنوان مثال در نمودار بررسی رفتار هارمونی مشاهده‌کننده‌های مونث دو روند نسبتاً مناسب کاهشی و افزایشی به ترتیب قبل و بعد از زاویه فام استاندارد ۱۸۰ درجه به طور مجزا در جریان است.

به نظر می‌رسد که در تمامی رفتارها برای زاویه فام استاندارد صفر درجه هر دو گروه آقایان و خانمها حدود رنگ مکمل زاویه فام استاندارد را انتخاب کرده‌اند. از آنجایی که زاویه فام استاندارد صفر درجه در این تحقیق بیانگر رنگ قرمز است؛ مشاهده‌کننده‌ها ترکیب‌های قرمز-سبز را برای همه رفتارها برگزیده‌اند. هرچند این روند برای زوایای استاندارد ۹۰ درجه (زرد) و مکمل آن ۲۷۰ درجه (آبی) دیده نمی‌شود. شاید دلیل این امر وجود پیش زمینه ذهنی در افراد برای انتخاب رنگ‌های هارمونی سبز-قرمز است.



شکل ۲: روند تغییرات میانگین زوایای رنگی انتخاب شده توسط مشاهده‌کننده‌های مذکور به عنوان هارمونی‌ترین (بالا چپ)، آرامش‌بخش‌ترین (بالا وسط)، متباین‌ترین (بالا راست)، زیباترین (پایین چپ) و خوشایندترین (پایین وسط) جفت رنگی.



شکل ۳: روند تغییرات میانگین زوایای رنگی انتخاب شده توسط مشاهده‌کننده‌های مونث به عنوان هارمونی‌ترین (بالا چپ)، آرامش‌بخش‌ترین (بالا وسط)، متباین‌ترین (بالا راست)، زیباترین (پایین چپ) و خوشایندترین (پایین وسط) جفت رنگی.

جدول ۳: مقادیر همبستگی رفتار هارمونی نسبت به رفتارهای دیگر.

متباین ترین	آرامش بخش ترین	زیباترین	خوشایندترین
مذکر	۰,۳۱	۰,۶۶	۰,۴۵
مونث	۰,۴۲	۰,۶۴	۰,۳۶

داشت. مقدار AP<sup>۳</sup> که بیانگر درصد توافق هر دو رفتار خواهد بود مطابق رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

$$(1) \quad (\text{تعداد کل مشاهده‌کننده‌ها}) / (\text{تعداد اختصاص کد "یک"}) = 100 \times \text{میزان توافق دو رفتار (AP)}$$

جدول ۴: دسته‌بندی دایره رنگی به فواصل منظم.

شماره قطاع	بیش از (درجه)	مساوی یا کمتر از (درجه)
۱	۳۵۰	۱۰
۲	۱۰	۳۰
۳	۳۰	۵۰
۴	۵۰	۷۰
۵	۷۰	۹۰
۶	۹۰	۱۱۰
۷	۱۱۰	۱۳۰
۸	۱۳۰	۱۵۰
۹	۱۵۰	۱۷۰
۱۰	۱۷۰	۱۹۰
۱۱	۱۹۰	۲۱۰
۱۲	۲۱۰	۲۳۰
۱۳	۲۳۰	۲۵۰
۱۴	۲۵۰	۲۷۰
۱۵	۲۷۰	۲۹۰
۱۶	۲۹۰	۳۱۰
۱۷	۳۱۰	۳۳۰
۱۸	۳۳۰	۳۵۰

ضرایب همبستگی بین هارمونی رنگی و دیگر رفتارهای مورد بررسی که مطابق تحقیق فیشر-لی و روجاس محاسبه شده‌اند در جدول ۳ آورده شده است.

براساس جدول ۳ ضریب همبستگی محاسبه شده به روش فیشر-لی و روجاس بین هارمونی و زیبایی رنگی بالاتر از بقیه موارد است. بنابراین هارمونی رابطه بهتری را با زیبایی نشان می‌دهد. هم چنین ضریب همبستگی بین هارمونی و آرامش رنگی نیز نسبتاً خوب است. پایین بودن مقدار ضریب همبستگی بین هارمونی و تباین رنگی (۰,۳۱) برای آقایان می‌تواند نشان‌دهنده تمایل کم آن‌ها برای انتخاب ترکیب‌های رنگی مکمل باشد.

#### مرحله دوم تجزیه و تحلیل داده‌ها

نظر به طبیعت دایره‌ای فام رنگی، میانگین زوایای انتخابی مشاهده‌کننده‌ها که در مرحله اول تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت؛ برای نتیجه‌گیری کافی نیست و نیاز به تجزیه و تحلیل آماری بیشتری است. به عنوان مثال اگر دو مشاهده‌کننده زوایای ۰ و ۳۵۰ درجه را برای یک رنگ و رفتار خاص انتخاب کرده باشند؛ انتخاب هر دوی آن‌ها رنگی با پایه تقریباً قرمز است در حالی که میانگین دو زاویه ۱۷۰ درجه خواهد بود که یک رنگ سبز است و بیانگر هیچ یک از انتخاب‌ها نخواهد بود. بنابراین به منظور آنالیز داده بهتر، کل دایره رنگی به ۱۸ قطاع<sup>۱</sup> یکسان با فواصل زوایای ۲۰ درجه تقسیم‌بندی گردید. این تقسیم‌بندی دایره رنگی با الگوهای هارمونی کوهن اور<sup>۲</sup> [۲۷] نیز همخوانی دارد. جدول شماره ۴ جزئیات این تقسیم‌بندی را نشان می‌دهد. با این کار امکان قرار گرفتن رنگ‌ها با فام مشابه در هر قطاع افزایش می‌یابد. همانگونه که از جدول شماره ۴ بر می‌آید دو رنگ با زاویه‌های فام ۳۵۵ و ۵ درجه که اختلاف زاویه فام بالایی دارند (۳۰۰ درجه)، از آنجایی که هر دو رنگ بیانگر نوعی رنگ قرمز هستند، در یک قطاع قرار می‌گیرند. این تقسیم‌بندی بر پایه انتخاب اولیه زوایای فام‌های نمایش داده شده بر روی نمایشگر است. برای مقایسه دو رفتار رنگی اگر انتخاب‌ها از یک قطاع باشد کد "یک" به آن داده می‌شود و اگر از دو قطاع مختلف باشد کد "صفر" خواهد

3- Agreeable Percentage value

1- PIE

2- Cohen-Or

#### ۴- نتیجه‌گیری

در بررسی رابطه بین مفهوم هارمونی رنگی و مفاهیم مرتبط مورد بررسی در این تحقیق که شامل خوشایندی، زیبایی، آرامش و تباین رنگی است هیچ کدام از مفاهیم مورد بررسی نمی‌تواند مفهوم هارمونی را به طور کامل هم‌پوشانی نماید. به نظر می‌رسد در میان مفاهیم مورد بررسی در این تحقیق، مفهوم زیبایی و خوشایندی رنگی به مفهوم هارمونی رنگی نزدیک تر است. هم چنین دو مفهوم خوشایندی رنگی و زیبایی رنگی وابستگی مفهومی نسبتاً خوبی با یکدیگر برقرار می‌کنند. از آنجایی که در محاسبه مقادیر AP اثر بزرگی اختلاف زوایای فام‌های یکسان کاهش یافته است بنابر این نتایج بر پایه مقادیر AP معتبر تر از محاسبه ضرایب همبستگی است. نتایج حاصل از این تحقیق هم چنین نشان می‌دهد که احتمالاً مشاهده‌کنندگان مذکور تمایل کمتری برای انتخاب جفت رنگ‌های مکمل به منظور ایجاد هارمونی‌ترین ترکیب رنگی را دارند.

جدول ۵ مقادیر AP محاسبه شده را برای رفتارهای مختلف نشان می‌دهد. مطابق جدول ۵ توافق بین دو رفتار هارمونی و زیبایی رنگی بیشتر است. البته قابل ذکر است که هارمونی- خوشایندی و هارمونی- زیبایی مقادیر نزدیک را برای هر دو گروه خانم‌ها و آقایان نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً رابطه محکمی بین خوشایندی و زیبایی وجود دارد. در بررسی رابطه بین خوشایندی و زیبایی مقدار AP محاسبه شده برای آقایان و خانم‌ها به ترتیب ۸۷,۸ و ۸۷,۹ است. این مقادیر نشان می‌دهند که حتی بیش از وابستگی مفهوم هارمونی به دو مقوله مورد بررسی، مفهوم خوشایندی و زیبایی رنگی از نظر مشاهده‌کننده‌ها به یکدیگر نزدیک است و احتمالاً به همین دلیل است که هر دو روابط هارمونی-خوشایندی و هارمونی- زیبایی مقادیر AP نزدیک به هم را نشان می‌دهند.

جدول ۵: مقادیر AP محاسبه شده برای مفاهیم مختلف.

مقایسه مفاهیم	مذکر	مونث
هارمونی و خوشایندی	۸۲,۰۶	۸۱,۵۰
هارمونی و زیبایی	۸۴,۰۶	۸۲,۴۶
هارمونی و آرامش	۷۸,۸۷	۷۹,۲۱
هارمونی و تباین	۷۰,۰۹	۷۲,۱۰

#### ۵- مراجع

1. F. Mahyar, S. Westland, V. Cheung, Colour harmony in the context of design, PhD thesis, University of Leeds, UK, 2010.
2. T. W. A. Whitfield, P. E. Slatter, Colour harmony: An evaluation. *Br. J. Aesthetics*. 18(1987), 199-208.
3. L. Sivik, A. Hard, Color forum: Some reflections on studying colour combinations. *Color Res. Appl.* 19(1994), 286-295.
4. K. E. Burchett, Color harmony. *Color Res. Appl.* 27(2002), 28-31.
5. K. E. Burchett, Color harmony attributes. *Color Res. Appl.* 16(1991), 275-278.
6. M. C. Chuang, L.C. Ou, Influence of a holistic color interval on color harmony. *Color Res. Appl.* 26 (2001), 29-39.
7. L. C. Ou, MR. Luo, A colour harmony model for two-colour combinations. *Color Res. Appl.* 31(2006), 191-204.
8. Z. O'Connor, Color harmony revisited. *Color Res. Appl.* 35(2010), 267-273.
9. R. Matthei (Ed.), 1971, Goethe's color theory. American edition translated and edited by H. Aach, New York: Van Nostrand Reinhold
10. M. E. Chevreul, The laws of contrast of colour and their applications to the arts and manufactures, London, Routledge (1883).
11. F. Birren, T. M. Cleland, A grammar of color: a basic treatise on the color system of Albert H. Munsell, New York, Van Nostrand Reinhold Co., (1969).
12. F. Mahyar, V. Cheung, S. Westland, Investigation of Complementary Colour Harmony in CIELAB Colour Space, Proc. AIC midterm meeting, China, (2007).
13. D. B. Judd, G. Wyszecki, Color in Business, Science and Industry, New York, Wiley (1975).
14. W. C. Granville, Color harmony: What is it?. *Color Res. Appl.* 12(1987), 196-201.
15. G. Moretti, P. Lyons, S. Marsland, Computational production of colour harmony, Part 1: A prototype colour harmonization tool. *Color Res. Appl.* 38(2013), 203-217.
16. L. C. Ou, Qualification of colour emotion and colour harmony, PhD thesis, University of Derby, UK, (2004).
17. B. Edwards, Colour-A course in mastering the art of mixing colours, Jeremy P Tarcher (2004).
18. L. Holtzschue, Understanding color: An introduction for designers, New York, Wiley, (2006).
19. F. A. Taylor, Colour technology for artists, craftsmen and industrial designers, London, Oxford University Press, (1962).
20. A. Pope, Notes on the problem of colour harmony and the geometry of color space. *J. Optical Soc. Am.* 34(1944), 759-765.
21. S. Westland, K. Laycock, V. Cheung, P. Henry, F. Mahyar,

- Colour harmony; Colour: design & creativity 1(2007), 1-15.
22. S. Westland, C. Ripamonti, Computational colour science using MATLAB. Chichester, J. Wiley, (2004).
23. F. Mahyar, S. Westland, V. Cheung, Complementary colour harmony in different colour spaces, Proc. AIC midterm meeting, UK, (2013).
24. F. Mahyar, S. Westland, V. Cheung, Complementarity in Different Colour Spaces, the 4<sup>th</sup> International Color and Coating Congress (2011).
25. E. Rojas-Mayoral, Circular correlation coefficient, MATLAB Central File Exchange, (2012), <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/23817>[last accessed 23rd May 2012].
26. N. I. Fisher, A.J. Lee, A correlation coefficient for circular data. *Biometrika*. 70(1983), 327-332.
27. D. Cohen-Or, O. Sorkine, and et al, Color harmonization, 25(3), ACM Transactions on Graphics (TOG), (2006).