بسم الله الرحمن الرحیم

۴۸۷۹۸

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بررسی پدیده متامریزم با استفاده از پردازش تصویری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف

شیلا خدادادی

۱۳۸۲ /۷/ ۲۰

واحد اطلاعات و مدارک علمی ایران
مرکز مدارک

استادراهنما:

دکتر سید عبدالکریم حسینی

۱۳۸۲

۴۸۷۹۸

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی نساجی و علوم الیاف

تحت عنوان:

بررسی پدیده متاماریزم با استفاده از پردازش تصویری

در تاریخ ---------- توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

۱-استاد راهنمای پایان نامه	دکترسید عبدالکریم حسینی
۲-استاد مشاور پایان نامه	مهندس هاله خلیلی
۳-استاد داور	دکتر سیامک مرادیان
٤-استاد داور	دکتر محمود فیض
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر علی اکبر قره آغاجی

تشکر و قدردانی

اکنون که به یاری پروردگار و کمک دوستان، اتمام این رساله میسر گردیده است، برخود لازم می‌دانم از کلیه کسانی که در این امر، مرا مساعدت نموده‌اند و موجبات موفقیتم را فراهم کرده‌اند تشکر و قدردانی کنم:

– تشکر وسپاس از استاد محترم پروژه، جناب آقای دکتر حسینی و سرکارخانم مهندس خلیلی، استاد مشاور پروژه که راهنمایی‌های ارزشمندشان مرا در انجام این پژوهش همراهی کردند.

– اساتید بزرگوار جناب آقایان دکتر مرادیان و دکتر نصرتی که داوری و تصحیح پایان‌نامه را پذیرفتند،

– جناب آقایان مهندس طبیبی، مهندس عطاییان و مهندس فرهنگ‌نیا که با کمکها و پیشنهادات ارزشمندشان، مرا یاری رساندند،

– کلیه پرسنل دانشکده نساجی تسهیل امور را فراهم نمودند،

– و قدردانی از تک تک اعضای خانواده‌ام و بخصوص همسر مهربانم، که با دلگرمیهایشان مرا در ادامه راه مصرتر نمودند.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.

به آنانکه زیستنو با رنگی نو در می‌آمیزند.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فهرست مطالب ---------- هشت
چکیده ---------- ۱
فصل اول : مقدمه
۱-۱-مقدمه ---------- ۲
۱-۲-اهداف رساله ---------- ۴
۱-۳-قوانین اختلاط رنگ ---------- ۵
۱-۴-فضا رنگ ---------- ۶
۱-۴-۱-فضارنگ RGB ---------- ۶
۱-۴-۲-فضارنگ(۱۹۷۶ و ۱۹۳۱) CIE ---------- ۷
۱-۵-متامریزم ---------- ۹
۱-۵-۱-اندیس متامریزم ---------- ۱۱
۱-۵-۱-الف-اندیسهای متامریزم خاص ---------- ۱۱
۱-۵-۱-ب-اندیسهای متامریزم عمومی ---------- ۱۴
۱-۵-۲-جفت متامریک ---------- ۱۵
۱-۵-۳-بررسی رفتار جفتهای متامریک ---------- ۱۶
۱-۶-ادوات اندازه گیری رنگ ---------- ۲۱
۱-۶-۱-اسکنر ---------- ۲۱
۱-۶-۲-اسپکتروفتومتر ---------- ۲۳
۱-۷-تصویر دیجیتال ---------- ۲۵
۱-۷-۱-نمایش رنگ ---------- ۲۸
۱-۷-۲-انواع تصاویر ---------- ۳۱
۱-۷-۲-الف-تصاویر اندیس شده ---------- ۳۱
۱-۷-۲-ب-تصاویر RGB ---------- ۳۱
۱-۸-تبدیل محرکه‌های حاصل از اسکنر به محرکه‌های CIE ---------- ۳۲
۱-۸-۱-کالیبراسیون اسکنر به روش کالریمتریک ---------- ۳۳
۱-۸-۲-ایجاد یک جدول مرجع ---------- ۳۴
۱-۸-۳-توصیف کالریمتری اسکنر با استفاده از مدل طیفی ---------- ۳۵
۱-۸-۴-تولید داده‌های کالریمتری اسکنر با استفاده از مدل حلقه تکرار مدل طیفی ---------- ۳۷
۱-۹-تبدیل فوریه گسسته ---------- ۳۸

۱-۱۰-توابع چگالی ---------- ۳۹
۱-۱۱-روشهای پایه‌ایی تخمین طیفی ---------- ۴۰
فصل دوم : اساس تجربی
۲-۱-وسایل و مواد مورد استفاده ---------- ۴۲
۲-۲-تهیه جفتهای متامار ---------- ۴۴
۲-۲-۱-تهیه نمونه‌های کالیبراسیون ---------- ۴۴
۲-۲-۲-تهیه نمونه‌های استاندارد ---------- ۴۴
۲-۲-۳-تهیه نمونه‌های متامار ---------- ۴۴
۲-۲-۴-انتخاب جفتهای متامریک ---------- ۴۵
۲-۳-اندازه گیری‌های اسپکتروفتومتری ---------- ۴۵
۲-۴-اندازه گیری توسط دستگاه اسکنر ---------- ۴۶
۲-۵-جمع آوری داده‌ها ---------- ۴۹
فصل سوم : نتایج و بحث
۳-۱-بررسی تغییرات منحنی‌های انعکاس طیفی جفتهای متامار در حوزه فرکانس ---------- ۵۴
۳-۲-محاسبه اندیس متامریزم عمومی با استفاده از طیف توان ---------- ۶۲
۳-۳-محاسبه اندیس متامریزم خاص بااستفاده از RGB اسکنر ---------- ۶۸
۳-۳-۱- نتایج حاصل از تبدیل محرکه‌های اسکنر و CIE به یکدیگر در مورد نایلون ---------- ۶۸
۳-۳-۲- نتایج حاصل از تبدیل محرکه‌های اسکنر و CIE به یکدیگر در مورد پشم ---------- ۷۵
فصل چهارم : نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات
۴-۱-نتیجه گیری ---------- ۸۲
۴-۱-۱-نتایج حاصل از بررسی رفتار منحنی‌های انعکاس طیفی جفتهای متامار در حوزه فرکانس ---------- ۸۲
۴-۱-۲- نتایج حاصل از بررسی اندیس متاماریزم عمومی در حوزه فرکانس ---------- ۸۳
۴-۱-۳- نتایج حاصل از بررسی اندیس متاماریزم ویژه با استفاده از اسکنر ---------- ۸۳
۴-۲-پیشنهادات ---------- ۸۳
پیوست ---------- ۸۴
مراجع ---------- ۱۶۳
چکیده به زبان انگلیسی ---------- ۱۶۷

چکیده

متامریزم، پدیده‌ایی قابل تامل در علم فیزیک رنگ می‌باشد. رنگ مشاهده شده از یک شیء، تابعی از توزیع انرژی نسبی منبع، منحنی انعکاسی طیفی جسم و شرایط مشاهده کننده می‌باشد. با تغییر هر یک از فاکتورهای فوق رنگ تغییر می‌یابد و در رنگ‌همانندی پدیده متامریزم رخ می‌دهد و استاندارد ونمونه، تحت شرایط خاصی رنگ‌همانند تشخیص داده‌می‌شوند، ولی با تغییر شرایط، اختلاف رنگ خواهند داشت. این پدیده که بعنوان متامریزم شناخته می‌شود، معضلی در صنعت می‌باشد.

اندیس متامریزم توسط روابط ریاضی قابل محاسبه می‌باشد و به دو گروه، اندیس متامریزم عمومی و اندیس متامریزم ویژه تقسیم بندی می‌شود. اندیس متامریزم عمومی مستقل از منبع نوری می‌باشد و از طریق منحنی انعکاس طیفی جفت متامار بدست می‌آید در حالیکه اندیس متامریزم ویژه وابسته به منبع نوری می‌باشد.

چگونگی رفتار منحنی‌های انعکاس طیفی جفتهای متامار وارائه اندیسی مناسب، همواره مورد توجه بسیاری از محققین بوده است.در این تحقیق، رفتار منحنی‌های انعکاس طیفی جفتهای متامار در حوزه فرکانس مورد بررسی قرار گرفت که این روش می‌تواند جامعیت بیشتری نسبت به روش فعلی داشته باشد.

در این تحقیق، سه موضوع به‌شرح ذیل مورد بررسی قرار گرفت:

۱-جهت بررسی تغییرات اختلافات منحنی‌های انعکاس طیفی جفتهای متامار در حوزه فرکانس، اختلاف مقادیر انعکاس طیفی بدست آمد و سپس مقادیر طیف توان آنها محاسبه شد و نمودار طیف توان آنها رسم و پیک مشخصه استخراج شد.

۲-از مقادیر انعکاسهای طیفی، طیف توان گرفته شد و بر اساس روابط موجود، اندیس متامریزم عمومی محاسبه گردید. سپس همبستگی این نتایج با اندیسهای متامریزم عمومی بدست آمده به روش متداول بررسی شد.

۳- - اندیس متامریزم ویژه با استفاده از تبدیل محرکه‌های اسکنر به محرکه‌های CIE، از طریق رگرسیون، بدست آمد و مقایسه‌ای روی اندیس متامریزم ویژه حاصل از مقادیر انعکاسی بدست آمده از اسپکتروفتومتری و مقادیر اندیس ویژه حاصل از مقادیر RGB اسکنر، انجام شد.

نتایج حاکی از آن است که، روند تغییرات منحنی انعکاس طیفی جفتهای متامار در حوزه فرکانس نیز قابل بررسی وشناسایی می‌باشد. اندیسهای متامریزم عمومی حاصل از طیف توان، همبستگی خطی خوبی را با اندیسهای متامریزم عمومی متداول نشان میدهند. از سوی دیگر، نتیجه مطلوبی از مقایسه مقادیر اندیس متامریزم ویژه حاصل از پردازش تصویری با برخی از مقادیر اندیس متامریزم ویژه حاصل از اسپکتروفتومتری بدست نیامد.

فصل اوّل
مقدمه

۱-۱-مقدمه

معضلی که در رنگ‌همانندی همواره مطرح است، پدیده متامریزم می‌باشد. رنگ مشاهده شده از یک شیء، تابعی از توزیع انرژی نسبی منبع، منحنی انعکاسی طیفی جسم و شرایط مشاهده کننده می‌باشد. با تغییر هر یک از فاکتورهای فوق رنگ مشاهده شده تغییر می‌نماید و در رنگ‌همانندی پدیده متامریزم رخ می‌دهد و معمولا بدلیل آنکه در همانند کردن دو نمونه از همان ماده رنگزایی که جهت رنگرزی استاندارد بکار رفته است-به دلایل اقتصادی، ثبات، نامشخص بودن نوع آن و ...- استفاده نمی‌شود؛ بنابراین این احتمال بوجود می‌آید که استاندارد ونمونه تحت شرایط خاصی رنگ‌همانند تشخیص داده‌شوند، ولی با تغییر شرایط اختلاف رنگ مشهودی داشته باشند؛ به این دو نمونه همانندهای متامریک گفته‌می‌شود.

مطالعات بسیاری در مورد منحنی طیفی انعکاسی جفتهای متامار انجام شده است تا ارتباط آنها با هم و نحوه تغییرات آنها بررسی شود.درجه متامریزم در حقیقت میزان انحراف منحنی انعکاس طیفی نمونه آزمایشی از نمونه استاندارد است بنابراین هرچه میزان انحراف منحنی انعکاسی طیفی نمونه آزمایشی از نمونه استاندارد بیشتر باشد، درجه متامریزم بالاتر خواهد بود.همواره انتخاب مواد رنگزا و غلظت آنها به گونه‌ایی خواهد بود که درجه پایینی از متامریزم را نتیجه دهد[۱].

در گذشته رنگرزها با توجه به تجربه کاری خود، نوع و غلظت مواد را به گونه‌ایی انتخاب می کردند که همانندی رخ دهد. اکنون با پیشرفت علم و دستیابی به انواع اسپکتروفتومترهای انعکاسی و کالریمترها رنگ‌همانندی با سهولت بیشتری انجام می‌شود ولی احتمال وقوع متامریزم (بخصوص در رنگ‌همانندی کالریمتری) افزایش یافته‌است[۲]. اسپکتروفتومترهااز جمله دستگاههایی هستند که دقت بالایی دارند، اما باتوجه به قیمت بالای این دستگاهها سعی در جایگزین کردن آنها با دیگر وسایل رنگ‌سنجی شده است که از آن جمله می‌توان به، بکارگیری اسکنر بعنوان کالریمتر اشاره نمود[۳].

چشم انسان نخستین و درعین حال پیچیده‌ترین ابزاری است که به وسیلهٔ آن می‌توان اختلاف رنگ اجسام را تشخیص داد. اختلاف رنگ به‌دست آمده توسط چشم کیفی و نسبی است. هر چند چشم در مقابل اختلافات کیفی بسیار حساس می‌باشد و قادر به فکر کردن می‌باشد. لیکن به سبب وابستگی آن به افراد می‌توان آن را با وسیله‌ای که قادر به اندازه‌گیری رنگ از لحاظ کمی بوده و نتایج حاصله را نیز به خاطر می‌سپارد، تعویض کرد. بنابراین چنانچه هدف، تعیین کمی اختلاف رنگ منسوجات باشد، به دستگاههایی نیاز است که بتوانند رنگ را اندازه‌گیری کنند و سپس با انجام محاسبات ریاضی قادر به تعیین اختلاف رنگ و نهایتا اندیس متامریزم را باشند[۴].

دستگاههای اندازه‌گیری رنگ رابه طور کلی می‌توان به ۳ دستهٔ کالریمتر[۱]، اسپکتروفتومتر[۲] و دانسیتومتر[۳] تقسیم‌بندی نمود.

الف ـ کالریمتر: هر چند واژهٔ کالریمتر به هر تکنیکی که قادر به اندازه‌گیری رنگ باشد اطلاق می‌گردد ولی در مباحث مربوط به تکنولوژی رنگ، کالریمتر معمولاً دستگاهی است که با استفاده از سه یا چهار نور رنگی قادر به اندازه‌گیری رنگ می‌باشد[۵-۴].

ب ـ اسپکتروفتومتر: این دستگاه برخلاف کالریمتر، رنگ را مستقیماً اندازه‌گیری نمی‌کند بلکه با توجه به طبعیت جسم از حیث میزان پشت پوشی، توابع طیفی مربوط به انتقال (T) یا انعکاس(R) رابه دست می‌آورد[۵-۴].

ج ـ دانسیتومتر: این دستگاه رنگ را بدون توجه به استانداردهای موجود اندازه‌گیری می‌کند[۵].

اسکنر[۴]ها نوع خاصی از دانسیتومترها هستند که قادرند اطلاعات تصویر را نقطه به نقطه به‌دست‌آورند. از آنجا که استاندارد معینی در مورد بسیاری از اسکنرها وجود ندارد، لذا اسکنرمعمولی نمی‌تواند به عنوان یک وسیلهٔ استاندارد جهت سنجش رنگ استفاده شود. ولی با توجه به اینکه به کمک تصویر حاصل از اسکنر

---

1 colorimeter
2 spectrophotometer
3 densitometer
4 scanner

می‌توان مقادیر R، G و B را به دست‌آورد، چنانچه بتوان ارتباطی بین‌داده‌های حاصل از اسکنر با داده‌های کالریمتری یا اسپکتروفتومتری برقرار کرد، این وسیله نیز می‌تواند به منظور سنجش رنگ مورد استفاده قرار گیرد.

در فصل اول این رساله مفاهیم اولیهٔ سنجش رنگ، فضارنگها ،متامریزم و اندیسهای متامریزم و ماهیت دستگاههای سنجش رنگ مورد استفاده در این تحقیق شرح داده شده‌است. هم چنین دراین فصل روشهای مختلف تبدیل داده‌های رنگی به یکدیگر که تاکنون انجام گرفته است مورد بحث قرار گرفته‌اند. مباحث مربوط به روش تبدیل فوریه و رگرسیون نیز مطالب پایانی فصل اول خواهند بود.

در فصل دوم علاوه بر معرفی دستگاههای مورد استفاده در انجام تحقیق، روشهای به کارگرفته شده شرح داده‌شده‌اند.

در فصل سوم نتایج مختلف به دست آمده از این تحقیق مورد بحث و تجزیه و تحلیل قرارگرفته‌اند.

در فصل چهارم پس از جمع‌بندی کلی نتایج، پیشنهاداتی که به نظر می‌رسد در بهبود روشهای مطرح شده مؤثر باشند ارائه گردیده‌اند.

۱-۲- اهداف رساله

همانطور که ذکر شد، درجه متامریزم به میزان انحراف منحنی انعکاسی طیفی نمونه آزمایشی از نمونه استاندارد بستگی دارد. در بسیاری از مطالعات، تناوبات(نقاط تلاقی) منحنی‌های انعکاسی طیفی جفت‌های متامریک مورد بررسی قرارگرفته‌است. در این پروژه سعی شده است این تناوبات در حوزه فرکانس بررسی شود و عوامل موثر بر آن مطالعه شوند. جهت رسیدن به این هدف، جفتهای متامریک تهیه شد و سپس با بکارگیری تابع فوریه ، طیف توان اختلاف دو منحنی طیفی جفت متامار مورد بررسی قرار گرفت.

بطوریکه اشاره شد، اسپکتروفتومتر یکی از دقیق‌ترین ابزار جهت سنجش رنگ می‌باشد. این دستگاه علیرغم داشتن توانائیهای بسیار بالا و دقت زیاد در تکرار نتایج صرفاً میانگین رنگهای ایجاد شده در سطح معرفی شده به دستگاه را اندازه‌گیری و حاصل را به صورت توابع طیفی انتقالی یا انعکاسی اعلام می‌نماید.

هزینهٔ بالای تهیه یک اسپکتروفتومتر، احتیاج داشتن به کالیبراسیون پس از هر بار روشن کردن دستگاه و عدم امکان جابه‌جایی اغلب دستگاهها به منظور استفادهٔ بهینه در محل مناسب از جمله محدودیتهای‌استفاده از اسپکتروفتومتر می‌باشد. اسکنرها از جمله وسایلی هستند که هر چند دقت اسپکتروفتومتر را در رنگ سنجی ندارند ولی به دلیل داشتن ویژگیهای خاص خود، محدودیتهای استفاده از اسپکتروفتومتر را ندارند. واقعیت آن است که استفادهٔ روز افزون از کامپیوترهای شخصی و توسعه و ارزانی ملحقات آن موجب گردیده است که این قبیل وسایل بیشتر مورد استفادهٔ عموم قرار گیرند.

هدف از این رساله، سعی در بکارگیری اسکنر و استفاده از روشهای پردازش تصویری بعنوان ابزاری جهت تعیین RGB ، اندازه‌گیری محرکه‌های سه‌گانه رنگ همانندی، محاسبه محرکه‌های سه‌گانه CIELAB، محاسبه اختلاف رنگ و اندیس متامریزم می‌باشد. میزان تطابق اندیس متامریزم حاصل از اسکنر با اندیس متامریزم حاصل از اسپکتروفتومتر مقایسه شده و کارایی این روش بررسی می‌شود.

۱-۳-قوانین اختلاط رنگ

قوانین متفاوتی برای اختلاط رنگها مورد استفاده قرار می‌گیرد که عبارتند از:

الف ـ اختلاط افزایشی[1]

ساده‌ترین نحوهٔ اختلاط رنگها، مربوط به اختلاط نورهای رنگی است. اگر نورهای رنگی از چند منبع نوری مختلف به طور همزمان به یک پردهٔ سفید بتابد چشم قادر به تفکیک تک‌تک رنگها نبوده لذا رنگی که مشاهده می‌شود رنگ مخلوطی است که از اختلاط افزایشی نورها حاصل شده است. اختلاط افزایشی سه اولیهٔ سبز، قرمز و آبی باعث بوجود آمدن نور سفید می‌شود[۵-۴].

ب ـ اختلاط کاهشی[2]

در اختلاط کاهشی اثراتی که یک جسم رنگی بر نور تابیده شده می‌گذارد مطرح می‌باشد. در این نوع اختلاط، جسم رنگی بخشی از نور تابیده شده را جذب و فقط نور مکمل جذبی خود را منتقل یا منتشر می‌کند. اختلاط کاهشی سه اولیهٔ زرد، فیروزه‌ای و ارغوانی، رنگ سیاه را به وجود می‌آورد.

اختلاط کاهشی در اکثر مواد طبیعی رخ می‌دهد و این نوع اختلاط را به دو گروه اختلاط کاهشی ساده و پیچیده تقسیم می‌کنند. در اجسام شفاف[3] اختلاط کاهشی ساده و در اجسام نیمه شفاف[4] و پشت پوش[5] اختلاط کاهشی پیچیده رخ میدهد[۵-۴].

ج ـ اختلاط بخشی[6]

ترکیب بخشی رنگها را این‌گونه می‌توان بیان کرد که بخشی از نور متناسب با نوع فام توسط سطوح جذب شده و آنگاه رنگهای بازتاب شده توسط هرسطح (بخش‌جذب نشده) پس از ترک جسم و قبل از دریافت توسط مشاهده کننده با یکدیگر مخلوط شده و به بیننده می‌رسند. لذا هر دو قانون اختلاط کاهشی و افزایشی در این نوع اختلاط به کار گرفته شده‌اند. مثالهای کاربردی از این نوع اختلاط، اختلاط در الیاف رنگی و نقاشی‌های نقطه‌ای[7] می باشند[۵].

---

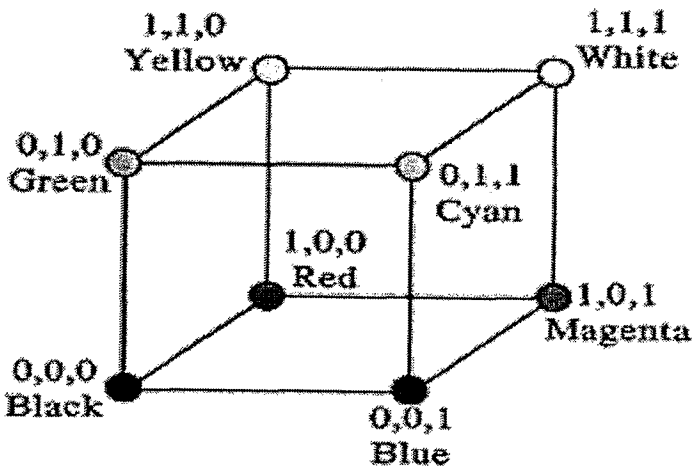
[1] addition mixing
[2] subtractive mixing
[3] transparent
[4] translucent
[5] opaque
[6] Partitive mixing
[7] pointillistic

۱-٤- فضارنگ[1]

مدلهای گوناگونی که برای نشان دادن و بیان رنگ بصورت عدد به کار می‌رود را فضا رنگ می‌نامند[۱]. فضا رنگهای متفاوتی تاکنون تعریف شده‌اند که با توجه به کاربرد آنان در بیان اجسام رنگی و تصاویر، به اختصار در مورد تعدادی از آنها توضیحاتی ارائه می گردد.

۱-٤-۱- فضا رنگ RGB

همانطور که اشاره شد نور های قرمز، سبزو آبی سه اولیهٔ افزایشی هستند که در فضای سه بعدی به صورت شکل (۱-۱) قابل نمایش می‌باشند. فضا رنگ RGB غالباً در دنیای دیجیتال صفحهٔ نمایش[2] کامپیوترها مورد استفاده قرار می گیرد. از این رو این فضا رنگ بیشترین کاربرد را در بین کلیه فضا رنگها داراست. جدول (۱-۱) مقادیر RGB رنگهای اصلی موجود در فضا رنگ را نشان می‌دهد[۶].



شکل (۱-۱) - فضا رنگ RGB [۶].

با وجود اینکه فضا رنگ RGB به دلیل ایجاد انواع رنگها در کامپیوتر و امکان تبدیل سایر فضا رنگها به آن بسیار مناسب است ولی در دنیای واقعی تصاویر، فضا رنگ مناسبی محسوب نمی‌شود[۷-۶].

---

[1] color space
[2] monitor

جدول (۱-۱) – مقادیر اولیه های افزایشی و کاهشی در فضا رنگ RGB[۶].

	محدودهٔ عددی	سفید	زرد	فیروزه ای	سبز	ارغوانی	قرمز	آبی	سیاه
R	۰-۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	۰	۰	۲۵۵	۲۵۵	۰	۰
G	۰-۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	۲۵۵	۰	۰	۰	۰
B	۰-۲۵۵	۲۵۵	۰	۲۵۵	۰	۲۵۵	۰	۲۵۵	۰

۱-٤-۲- فضا رنگ CIE (1976,1931)

در سال ۱۹۳۱ برای نخستین بار CIE [۱] استانداردی را برای اندازه‌گیری توزیع فضایی رنگ تدوین کرد و آن را در یک فضای سه بعدی تحت عنوان نمودار رنگ[۲] نشان داد [۷]. سیستم CIE علاوه بر فضا رنگ مزبور، یک سری منابع نوری استاندارد[۳] و مشاهده کنندهٔ استاندارد[٤] را نیز معرفی کرد. منابع نوری استاندارد شامل A (شبیه ساز منابع التهابی)[۵]، B (نور خورشید در ظهر)[٦] و C (نورروز موقعی که آسمان گرفته است)[۷] و مشاهده کنندهٔ استانداردشامل CIE 1931و CIE 1964 می‌باشد.

مشاهده کنندهٔ استاندارد CIE 1931 یک مشاهده کنندهٔ عادی انسانی است که دید رنگی آن معادل متوسط دید جمعیت بسیار زیادی از انسانهایی است که دید عادی رنگی دارند. این مشاهده کننده در میدان دید ۲ درجه تعریف شده است. مشاهده کنندهٔ استاندارد CIE 1964 برای میادین دید وسیع ۱۰ درجه تهیه شده است. به کمک این دو مشاهده کننده توابع رنگ همانندی[۸] جداگانه‌ای نیز به دست آمد. بدین ترتیب از آنجا که رنگ نیاز به سه عامل منبع نوری، شیء[۹] و مشاهده کننده دارد، سیستم CIE رنگ اشیایی که توسط منبع خاصی روشن شده و توسط مشاهده کنندهٔ خاصی دیده شده است را به صورت شکل (۱-۲) تعریف می کند [۴].

---

[1] Commission Internationale del' Eclairge
[2] chromaticity diagram
[3] CIE standard source
[4] CIE standard observer
[5] simulating incandescent light
[6] noon- light
[7] overest - sky
[8] colormatching functions
[9] object