

### چکیده

گسترش روش های بهبود ظاهری پارچه همواره مورد توجه محققان صنعت نساجی و صنایع وابسته به آن بوده است که به طور معمول به دو صورت کمی و کیفی انجام می گیرد. روش کیفی شامل ارزیابی های بصری است که این روش به دلیل وابستگی به مشاهده کننده و عدم تکرار پذیری چندان قابل اعتماد نیست. در بررسی های کمی محاسبات دشوارتر است اما به دلیل مزایای آن تحقیقات زیادی در این خصوص انجام شده است از جمله بررسی داده های طیفی، استفاده از دوربین دیجیتال و پردازش تصویری.

یکی از مهمترین خواص ظاهری پارچه ها، یکنواختی رنگی است که در تحقیق حاضر به بررسی روش های کمی ارزیابی یکنواختی و مقایسه آن با روش بصری پرداخته می شود. بدین منظور تعداد ۶۰ نمونه با درجات مختلف نایکنواختی استفاده شد. این نمونه ها در رنگ های مختلف برای پوشش مناسب فضای رنگی توسط خانم دوستکامی تهیه شده بودند. سپس این نمونه ها توسط ۳۰ مشاهده کننده (۱۵ مرد و ۱۵ زن) از نظر یکنواختی ارزیابی و مقادیر به دست آمده از مقیاس لیکرت توسط روش قضاوت دسته ای به داده های مقیاس پذیر تبدیل گردید. همچنین انعکاس نمونه های تهیه شده به وسیله اسپکتروفتومتر به دو حالت دهانه بزرگ و دهانه کوچک اندازه گیری در ۸ مکان تصادفی اندازه گیری شده و پس از تبدیل مقادیر انعکاسی به داده های  $L^*a^*b^*$  تحت منبع نوری D65 و مشاهده کننده ۱۰ درجه، میانگین اختلاف رنگ هر مکان اندازه گیری شده با میانگین رنگ همه مکان های اندازه گیری شده برای هر نمونه با استفاده از دو فرمول DE2000 و CMC(2:1) به دست آمد و با روش های مرسوم در تحقیقات قبلی مقایسه گردید. نهایتاً تصویر نمونه های مورد نظر توسط اسکنر که قبلاً تنظیم و توصیف رنگی شده بود به دست آمد و مقادیر RGB پیکسل ها به  $L^*a^*b^*$  تبدیل و میانگین اختلاف رنگ نمونه ها در ۵۰ مکان هم اندازه از تصویر، با میانگین رنگ آن مکان ها محاسبه شد و به عنوان معیاری برای ارزیابی یکنواختی رنگی به کار رفت و نتایج با روش اسپکتروفتومتریک با دهانه بزرگ و کوچک و روش K/S پیشنهادی توسط یانگ مقایسه گردید.

نتایج آزمایشات نشان داد که جایگزین کردن مقادیر انعکاسی با داده های  $L^*a^*b^*$  تغییر چندانی در نتایج حاصل نمی کند و ارزیابی نایکنواختی به روش کالریتریک بسیار ساده تر و کم هزینه تر از روش K/S است. همچنین مشخص شد که با کوچک تر شدن دهانه اندازه گیری اسپکتروفتومتر، نتایج به دست آمده دقت بیشتری داشته و ضریب همبستگی بالاتری با داده های بصری نسبت به روش اسپکتروفتومتریک با دهانه بزرگ دارد. نهایتاً در روش دیجیتالی و با استفاده از اسکنر نتایج بهبود قابل ملاحظه ای یافته و تعدادی از مشکلات مهم روش اسپکتروفتومتریک مانند محدودیت در تعداد اندازه گیری و محدودیت در اندازه دهانه اسپکتروفتومتر مشاهده نشد. هرچند وجود نمونه های نیمه شفاف زرد رنگ در روش دیجیتالی با استفاده از اسکنر هنوز نیاز به بررسی بیشتری دارد. واژه های کلیدی: ارزیابی بصری، فرمول های اختلاف رنگ، روش اسپکتروفتومتریک، روش دیجیتالی.

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	فهرست مطالب
۴	چکیده

### فصل اول: مقدمه

۵	۱-۱- مقدمه
۶	۲-۱- تعریف یکنواختی رنگی
۶	۳-۱- انواع نایکنواختی رنگی
۷	۱-۳-۱- نایکنواختی فیزیکی
۷	۲-۳-۱- نایکنواختی شیمیایی
۸	۴-۱- سازوکار یکنواختی
۸	۵-۱- روش های بررسی نایکنواختی رنگی
۸	۶-۱- بررسی کیفی نایکنواختی رنگی
۹	۷-۱- بررسی کمی نایکنواختی رنگی
۹	۱-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از داده های انعکاسی
۱۱	۲-۷-۱- پارامتر یکنواختی
۱۳	۳-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از پردازش تصویر
۱۴	۱-۳-۷-۱- شاخص یکنواختی شید
۱۵	۲-۳-۷-۱- شاخص شید واحد
۱۶	۳-۳-۷-۱- باز توضیح اندیس شید واحد
۱۷	۴-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از داده های اسکنر
۱۷	۱-۴-۷-۱- استفاده از انحراف معیار دوبعدی
۱۸	۲-۴-۷-۱- کاربرد تکنیک تجزیه مقادیر منفرد
۱۹	۵-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از دوربین دیجیتالی
۱۹	۱-۵-۷-۱- منحنی های واریانس بین سطحی
۲۳	۶-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از محاسبه رابطه های اختلاف رنگ
۲۴	۱-۶-۷-۱- روش میانگین اختلاف رنگ بر پایه میانگین $\Delta E_{CIE}$
۲۵	۲-۶-۷-۱- روش میانگین اختلاف رنگ بر پایه میانگین $\Delta E_{CMC}$
۲۶	۷-۷-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از بررسی سطح مقطع
۲۸	۸-۱- فضا رنگ ها
۲۸	۹-۱- اسکنرها و دوربین های دیجیتالی و تکنولوژی های موجود در آن ها
۲۸	۱-۹-۱- دستگاه شارژ کوپل و دوربین های دیجیتالی
۳۱	۲-۹-۱- آرایه (ردیف) خطی و اسکنر خطی

۳۴	..... ۱-۹-۳- لوله های فوتومالیتی پلایر و اسکنرهای درامی
۳۵	..... ۱-۹-۴- اسکنر لیزری
۳۶	..... ۱-۱۰-۱- توصیف دستگاه های دیجیتالی اندازه گیری رنگ (اسکنر و دوربین دیجیتالی)
۳۶	..... ۱-۱۰-۱- کالیبراسیون
۳۷	..... ۱-۱۰-۱-۱- خطی سازی مقادیر RGB اسکنر
۳۷	..... ۱-۱۱-۱- توصیف رنگی اسکنر
۳۸	..... ۱-۱۱-۱- مدل طیفی
۳۹	..... ۱-۱۱-۱-۱- توصیف طیفی با استفاده از تحلیل اجزا اصلی
۴۰	..... ۱-۱۱-۲- توصیف طیفی به روش تخمین توافقی
۴۱	..... ۱-۱۱-۲- مدل های ریاضی توصیف رنگی اسکنر
۴۲	..... ۱-۱۱-۲-۱- رگرسیون خطی به فضای CIEXYZ
۴۲	..... ۱-۱۱-۲-۲- رگرسیون چندجمله ای درجه دو به فضای CIEXYZ
۴۳	..... ۱-۱۱-۲-۳- رگرسیون چندجمله ای درجه سه به فضای CIEXYZ
۴۳	..... ۱-۱۱-۲-۴- رگرسیون چندجمله ای به منظور تبدیل به فضای CIELAB
۴۴	..... ۱-۱۱-۲-۵- درون یابی
۴۵	..... ۱-۱۱-۲-۶- شبکه عصبی

#### فصل دوم: اساس تجربی

۴۷	..... ۱-۲- مقدمه
۴۷	..... ۱-۲-۲- توضیحاتی راجع به نمونه های مورد استفاده
۴۸	..... ۱-۲-۲-۱- مشخصات پارچه مصرفی
۴۸	..... ۱-۲-۲-۲- آماده سازی نمونه ها
۴۸	..... ۱-۲-۲-۲- تهیه نمونه ها
۴۹	..... ۱-۲-۳- روش های رنگرزی
۵۰	..... ۱-۲-۴- دستگاه های مورد استفاده
۵۰	..... ۱-۲-۴-۱- اسپکتروفتومتر انعکاسی
۵۰	..... ۱-۲-۴-۲- کابینت نوری
۵۰	..... ۱-۲-۴-۳- اسکنر
۵۱	..... ۱-۲-۴-۴- نقشه رنگی SG
۵۱	..... ۱-۲-۵- نرم افزارهای مورد استفاده
۵۱	..... ۱-۲-۵-۱- نرم افزار متلب:
۵۲	..... ۱-۲-۵-۲- نرم افزار داده کاوی وکا:

#### فصل سوم: نتایج و بحث

۵۶	..... ۱-۳- مقدمه
۵۷	..... ۱-۳-۲- نحوه بررسی داده های بصری

- ۳-۳-۳- ارزیابی نایکنواختی به روش های مختلف ..... ۶۰
- ۳-۳-۱- ارزیابی نایکنواختی به روش اسپکتروفتومتریک ..... ۶۰
- ۳-۳-۱-۱- روش اسپکتروفتومتریک با اندازه دهانه بزرگ ..... ۶۰
- ۳-۳-۱-۲- روش اسپکتروفتومتریک با اندازه دهانه کوچک ..... ۷۱
- ۳-۳-۲- ارزیابی نایکنواختی به روش دیجیتالی ..... ۸۳
- ۳-۳-۲-۱- توصیف اسکنر با نقشه رنگی SG ..... ۸۳
- ۳-۳-۲-۲- ارزیابی نایکنواختی با استفاده از محاسبه میانگین اختلاف رنگ داده های اسکنر ..... ۸۴

#### فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۴-۱- مقدمه ..... ۹۰
- ۴-۲- ارزیابی نایکنواختی به روش اسپکتروفتومتریک ..... ۹۰
- ۴-۳- ارزیابی نایکنواختی به روش دیجیتالی ..... ۹۱
- ۴-۴- نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر ..... ۹۱
- ۴-۵- پیشنهادات ..... ۹۲

#### فصل پنجم: پیوست ها

- پیوست یک ..... ۹۵
- ۵-۱- روش قضاوت دسته ای ..... ۹۵
- ۵-۲- مقیاس لیکرت ..... ۹۷
- پیوست دو ..... ۹۹
- مراجع ..... ۱۰۳

## فصل اول

### یکنواختی و توصیف رنگی

#### ۱-۱- مقدمه

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی، استاندارد های زندگی در حال بهبود است و بشر به منظور همگام شدن با این استانداردها، نیازمند تغییر در نوع زندگی از دید زیبایی شناسی در جهت پیشرفت علم است. به عنوان مثال در حوزه صنعت نساجی و صنایع وابسته به آن، ظاهر یک پارچه به عنوان یکی از مهمترین ویژگی های اساسی در تعیین مرغوبیت پارچه و طول عمر آن به شمار می آید و این صنعت درصدد تولید منسوجاتی با کیفیت بالا از طریق بهبود کیفیت نخ و پارچه و روش های رنگرزی بوده است [۱].

یکنواختی رنگی پارچه یکی از مهمترین ویژگی های ظاهری آن است [۲]. رنگ نایکنواخت یک مشکل جدی در فرایندهای نساجی است. نایکنواختی رنگی مربوط به عدم توانایی رنگ به منظور یکنواخت شدن یا مهاجرت در حمام برای ایجاد یک رنگ یکنواخت در داخل یک منسوج رنگ شده است، البته نایکنواختی می تواند در مراحل بعد از رنگرزی نیز ایجاد شود. نایکنواختی رنگی به اندازه ای مهم است که در بسیاری از فرایندهای رنگرزی اضافه کردن یکنواخت کننده در زمان مشخص، تغییرات دما و شرایط pH مختلف به منظور ایجاد نایکنواختی معمول است [۳].

سامانه رنگرزی به عنوان یکی از مؤثرترین مراحل در تعیین کیفیت نهایی منسوج است و متأثر از پارامتر های

زیادی از جمله یکنواخت کننده‌ها<sup>۱</sup>، تاخیردهنده‌ها<sup>۲</sup>، مواد تثبیت کننده<sup>۳</sup> و غیره است که بررسی تمام این عوامل، نیاز به یک روش سریع نظارتی<sup>۴</sup> برای تعیین نقصان‌های شیدی منسوج را الزامی می‌سازد [۴،۵]. گسترش روش‌های بهبود ظاهری پارچه همواره مورد توجه محققان صنعت نساجی و صنایع وابسته به آن بوده است. تعداد زیادی از این روش‌ها به وسیله AATCC<sup>۵</sup> و ASTM<sup>۶</sup> استاندارد سازی شده و به صورت گسترده در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۶،۷]. به طور معمول این استاندارد سازی‌ها بر اساس یک سری از آزمایش‌های تجربی و بصری با تعداد مشخصی از مشاهده کننده انجام گرفته است. اما با وجود تمام این استانداردهای تجربی، لزوم روش‌های کمی تعیین کیفیت ظاهری همواره مدنظر محققان بوده است، زیرا تمام ارزیابی‌های بصری به قضاوت مشاهده کننده بستگی داشته و سبب کاهش تکرارپذیری نتایج می‌گردد و از طرف دیگر این گونه آزمایش‌ها زمان بر بوده و معمولاً هزینه زیادی دارند [۱].

### ۱-۲- تعریف یکنواختی رنگی

یکنواختی رنگی به رنگ یکسان در سطح، عمق و یا در طول نخ‌های به کار رفته در پارچه اطلاق می‌شود [۸]. می‌توان از این تعریف نتیجه گرفت که کلیه عواملی که موجب از بین رفتن یکنواختی رنگی شوند تحت عنوان عوامل ایجاد نایکنواختی رنگی شناخته می‌شوند. در تعریفی کامل تر می‌توان اشاره کرد که نایکنواختی رنگی می‌تواند به شکل‌های گوناگونی مانند نایکنواختی رنگی در دو لبه پارچه، نایکنواختی رنگی در طول پارچه، نایکنواختی رنگی به دلیل حضور لکه‌ها، رگه‌ها و نایکنواختی‌های رنگی در عمق پارچه ناشی از رنگرزی حلقوی<sup>۷</sup> در سطح پارچه ظاهر شود [۹].

### ۱-۳- انواع نایکنواختی رنگی

به طور کلی نایکنواختی‌های رنگی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف) نایکنواختی فیزیکی؛

ب) نایکنواختی شیمیایی.

در ذیل هر کدام از این موارد به تفصیل توضیح داده می‌شوند.

<sup>1</sup> Leveling

<sup>2</sup> Retarder

<sup>3</sup> Fixing Agent

<sup>4</sup> Monitoring

<sup>5</sup> American Association of Textile Chemists and Colourists

<sup>6</sup> American Society for Testing and Materials

<sup>7</sup> Ring Dyeing

### ۱-۳-۱- نایکنواختی فیزیکی

این نوع نایکنواختی عمدتاً تحت تاثیر عوامل فیزیکی از مرحله تولید الیاف تا محصول نهایی است. در نایکنواختی فیزیکی از واژه بره<sup>۱</sup> استفاده می شود که از طرف کمیته ASTM به عنوان یک الگوی بصری تکرار شونده در کل سطح پارچه یا خطوط راه راه گونه در پارچه های رنگی اطلاق می شود. این الگوی راه راه به صورت خطوط موازی در پارچه های تاری و خطوط حلقوی در پارچه های کشباف ظاهر می گردد [۱۰]. عموماً برداشت رنگی الیاف مصنوعی مانند نایلون تحت تاثیر این اثر بوده و هنگامی که الیاف با عوامل به وجود آورنده این اثر تولید شده و سپس رنگرزی شوند، ظاهر نهایی پارچه به صورت الگوی راه راه تیره و روشن ظاهر می شود [۸].

عواملی فیزیکی که منجر به ایجاد این نوع نایکنواختی می شود به چند دسته کلی تقسیم بندی می شوند [۱۰]:  
الف) مواد اولیه خام: به دلیل اینکه عدلهای مختلفی از الیاف با کیفیت های متفاوتی از رنگ، خلوص، قطر، درجه رسیدگی و غیره در انبارها ذخیره می شوند، برای دستیابی به کیفیت مطلوب ناگزیر به ترکیب این الیاف هستیم؛

ب) سامانه تولید نخ: در سامانه تولید نخ عواملی همچون کاردینگ متفاوت، مخلوط الیاف با قطرهای گوناگون و عواملی از این قبیل منجر به تولید یک نخ ناهمگون می شود؛

ج) تولید دوک های نخ: در مرحله عرضه نخ برای استفاده در بافندگی نیز عواملی همچون مخلوط نخ هایی با سامانه های ریسندگی متفاوت و دانسیته های ناهماهنگ، مخلوط نخ هایی با تاب های متفاوت یا تاب در جهات معکوس، مخلوط نخ هایی با میزان پرز متفاوت یا درصد الیاف کوتاه نابرابر باعث ایجاد این نوع نایکنواختی می شود. البته مراحل هم چون کشش ناهمسان در بافندگی و یا حتی مراحل تکمیلی نیز ممکن است باعث ایجاد نایکنواختی فیزیکی شوند [۱۰].

### ۱-۳-۲- نایکنواختی شیمیایی

نایکنواختی های شیمیایی عموماً از سامانه های تر مانند رنگرزی، تکمیل و چاپ نشات می گیرند، هر چند مواردی مانند تولید الیاف نیز در این نوع نایکنواختی تاثیر گذارند. از جمله اجزا اصلی و تاثیر گذار در مراحل تر، مواد خام به کار رفته در این سامانه هاست. مواد خام یک سامانه رنگرزی از لیف، رنگزا، مواد شیمیایی کمکی و آب تشکیل شده و بررسی مجزایی به دلایل زیر انجام نمی گیرد:

الف) برای دستیابی به نتایج دقیق از سرعت جذب مواد رنگزا، احتیاج به آزمایش های مجزایی است؛

ب) بررسی دقیق سرعت رنگزاها زمان بر است.

به دلایل ذکر شده در بالا و ناسازگاری مواد خام با یکدیگر و نا آشنایی از سرعت جذب مواد رنگزا، نایکنواختی هایی در سامانه رنگرزی شکل می گیرد که بر سایر سامانه های تر پس از آن تاثیر گذار است.

<sup>1</sup> Barre

## ۴-۱- سازوکار یکنواختی

بر اساس تعریف اشاره شده در بخش ۱-۲ دو مکانیسم پایه ای برای رنگرزی یکنواخت پیشنهاد می‌گردد [۹]:

الف) جذب اولیه رنگ در طول مراحل نفوذ رنگزا در لایه های مرزی و داخلی؛

ب) مهاجرت رنگزا بعد از جذب اولیه روی لیف.

جذب یکنواخت اولیه منجر به یک رنگرزی یکنواخت می‌شود و یک جذب نایکنواخت گاهی به کمک مهاجرت قابل تصحیح است. به طور کلی مکانیسم رنگرزی تحت تأثیر رنگ و مواد شیمیایی و پارامترهای موثر بر رنگرزی مانند pH، نسبت مایع به کالا، سرعت جذب، دما و غیره است. بعضی از رنگزاها مانند دسته ای از رنگزا های اسیدی یکنواخت شونده به آسانی رنگرزی یکنواخت حاصل می‌کنند. این رنگزاها به دلیل قدرت مهاجرت زیاد، به راحتی از پارچه جدا شده و به محلول رنگ باز می‌گردند. در مورد سایر رنگزاها مانند رنگزا های راکتیو، برای دستیابی به یک رنگرزی یکنواخت دقت بیشتری لازم است. یکنواختی یک رنگرزی با مهاجرت خوب، کنترل افزایش دمای حمام رنگرزی، کنترل pH و افزایش مواد یکنواخت کننده و تأخیر دهنده بهبود می‌یابد. اما باید این نکته را مد نظر داشت که اغلب رنگزاهایی که مهاجرت خوبی دارند، دارای ثبات شست و شویی پایینی نیز هستند [۹].

## ۵-۱- روش های بررسی نایکنواختی رنگی

روش های بررسی یکنواختی رنگی به دو صورت کمی و کیفی امکان پذیر است. روش کیفی شامل ارزیابی های بصری است. اما این روش به دلیل وابستگی نتایج به مشاهده کننده ها و خطای ارزیابی، چندان قابل اعتماد نیست. اگرچه محاسبه کمی نایکنواختی رنگی و عوامل ایجاد آن دشوار تر است اما تاکنون تحقیقاتی در این خصوص انجام شده است که در این بخش مروری بر این تحقیقات انجام می‌گردد.

## ۶-۱- بررسی کیفی نایکنواختی رنگی

یکنواختی رنگی عمدتاً توسط مشاهدات بصری صورت می‌گیرد که این روش، داده های کمی برای اندازه گیری یکنواختی حاصل نمی‌کند. به علاوه، ارزیابی بصری بر پایه فاکتورهای ذهنی<sup>۱</sup> است. این بدین معناست که ارزیابی های بصری یک ماده مشابه توسط مشاهده کنندگان متفاوت نتایج مختلفی دارد. بنابراین یک تعریف کمی قابل اعتماد برای یکنواختی رنگی به منظور کنترل کیفیت و ارتباط بین آزمایشگاه ها بسیار دشوار است [۲]. در تحقیقی که توسط ترنر<sup>۱</sup> انجام شده، عواملی که بر درک رنگی انسان تأثیر می‌گذارد مورد بررسی قرار گرفته و این نتیجه حاصل شده است که درک رنگی مستقیماً تحت تأثیر زمینه، رنگ های مجاور و نور محیط است. عوامل

<sup>1</sup> Subjective



محیطی مرتبط با درک رنگی به شرح زیر است [۱۱]:

الف) پایداری رنگی: رنگ‌هایی دارای پایداری رنگی هستند که تحت منابع نوری مختلف یکسان به نظر برسند.  
ب) انعکاس رنگ: رنگ مشاهده شده توسط مشاهده کننده بخشی از طول موجی است که جذب کالا نشده و انعکاس می‌یابد.

ج) تباین محرکه‌ها: این اثر به معنای تباین فام و روشنایی و خلوص رنگ با رنگ‌های مجاور است و وابسته به نحوه انعکاس رنگ است.

د) نورهای رنگی: با ترکیب کردن اولیه‌های رنگی و افزایش سطح انرژی، رنگ روشن‌تری حاصل می‌شود.  
ه) رنگ‌های کاهشی: در مخلوط رنگ‌ها بر خلاف نورهای رنگی، با عبور نور از سطح انرژی بازتابی کاهش یافته و رنگ تیره‌تری حاصل می‌شود.

و) رنگ زمینه: زمینه‌ای که نمونه‌های مورد نظر روی آن قرار دارند بر احساس رنگی مشاهده کننده و درک رنگی آن تأثیر گذار است. بهترین رنگی که برای مقایسه نمونه‌های رنگی پیشنهاد می‌شود، زمینه خاکستری با درجه روشنایی متوسط ( $L^*=50$ ) است.

علاوه بر موارد ذکر شده، عواملی همچون رطوبت و دما نیز بر ظاهر رنگی کالا و در نتیجه بر درک رنگی آن تأثیر گذار است. متعاقباً عوامل محیطی، خطاهای انسانی ناشی از مشکلات قوای بینایی نیز می‌توانند در درک رنگی موثر باشند. چشم به دلیل ساختار خاص خود تنها قادر به درک سه محرکه رنگی (سبز، قرمز و آبی) است و از آنجائیکه ساختار بیولوژیکی چشم افراد متفاوت است، درک متفاوتی از سه اولیه دریافت شده دارند که موجب خطا در قضاوت رنگ‌های یکسان می‌شود. به دلیل همین تفاوت که متامریزم مشاهده کننده نامیده می‌شود، دو رنگی که از دید یک مشاهده کننده کاملاً همانندند، ممکن است از دید مشاهده کننده دوم کاملاً متفاوت باشند [۱۱].

## ۷-۱- بررسی کمی نایکنواختی رنگی

### ۷-۱-۱- تعیین نایکنواختی با استفاده از داده‌های انعکاسی

در تحقیق چارلز<sup>۱</sup> و همکاران [۱۲] در سال ۱۹۷۲ رابطه‌ای به منظور محاسبه یکنواختی رنگی ارائه کردند که به آن شاخص یکنواختی گفته شده و به صورت رابطه ۱-۱ محاسبه می‌شود.

$$\text{شاخص یکنواختی} = \frac{\frac{K}{S} \text{ کلاف دوم}}{\frac{K}{S} \text{ کلاف اول}} \times 100 \quad (1-1)$$

<sup>1</sup> Charles L. Zimmeman

در این رابطه کلاف اول، کلافی است که به صورت معمول رنگرزی می شود و کلاف دوم، کلافی است که پس از ۵ دقیقه در همان حمام انداخته می شود و به دلیل اینکه در ابتدا مقداری جذب ضربه ای بر روی کلاف اول صورت گرفته، بنابراین یکنواختی کلاف دوم بیشتر می شود. در رابطه ۱-۱ وقتی شاخص یکنواختی ۱۰۰ باشد هر دو کلاف، رنگ یکسانی دارند. نتایج را در جدول ۱-۱ مشاهده می کنید [۱۲].

جدول ۱-۱. مقدار شاخص یکنواختی برای نمونه های حاوی یکنواخت کننده و بدون یکنواخت کننده در مثالی خاص [۱۲]

مواد مصرفی	شاخص یکنواختی
بدون مواد یکنواخت کننده	۶۷
Migrassit AC %۶	۸۴
Retarder 895 %۱/۲۵	۹۵

در تحقیقی که به وسیله چانگ<sup>۱</sup> و همکاران [۱۳] در سال ۱۹۹۲ ارائه شد، در آن از ضریب تغییرات اندازه گیری انعکاس در طول طیف مرئی، با در نظر گرفتن حساسیت بینایی انسان، استفاده شد. در این روش انحراف معیار (S) مقادیر انعکاسی اندازه گیری شده در یک طول موج خاص محاسبه گردید و چون چشم انسان حساسیت یکسانی به نور در تمامی طول موج ها ندارد، تابع حساسیت طیفی چشم<sup>۲</sup> ( $V_\lambda$ ) تعریف شد (که برای حداکثر کارآمدی نورانی به مقدار ۱ تنظیم شد). تا تغییرات حساسیت طیفی نسبی چشم انسان با طول موج را شرح دهد. بنابراین به منظور همپوشانی بهتر بین ارزیابی دستگاهی و بصری، فاکتور بینایی انسان به عنوان یک ضریب به شاخص نایکنواختی نسبی (RUI<sup>۳</sup>) اضافه شد (روابط ۱-۲ و ۱-۳).

$$RUI = \sum_{\lambda=380}^{730} \left( \frac{S_\lambda}{\bar{R}} \right) V_\lambda \quad (2-1)$$

$$S_\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} \quad (3-1)$$

در این رابطه ها :

n: تعداد مکان های اندازه گیری در هر طول موج؛

R<sub>i</sub>: مقدار انعکاس i امین اندازه گیری برای هر طول موج؛

<sup>1</sup> Chong

<sup>2</sup> Spectral Luminous Efficiency Function

<sup>3</sup> Relative Uniformity Index

$\bar{R}$ : میانگین مقادیر انعکاسی از  $n$  اندازه گیری برای هر طول موج و

$V_\lambda$ : تابع حساسیت طیفی چشم است.

در مقاله دیگری که توسط یانگ<sup>۱</sup> [۲] در سال ۱۹۹۳ ارائه شد، از پارامتر قدرت رنگی (K/S) در طول موج های بین ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر استفاده شد و به منظور همپوشانی بیشتر با داده های بصری در اینجا نیز تابع حساسیت طیفی چشم در نظر گرفته شد، که در ذیل به تفصیل به این روش پرداخته می شود.

#### ۱-۷-۲- پارامتر یکنواختی

یکنواختی رنگی در حقیقت توصیفی از یکسانی رنگی در مناطق مختلف پارچه است. برای محاسبه یکنواختی رنگی از مقادیر مختلف K/S در سطح پارچه استفاده می شود. این مقادیر می تواند شامل K/S در کل سطح نمونه در یک طول موج خاص باشد. برآیند K/S های محاسبه شده به شکل رابطه ۴-۱ تعریف می شود [۲]:

$$S(\lambda) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [(\frac{K}{S})_{i,\lambda} - \overline{(\frac{K}{S})}_\lambda]^2} / (n-1) \quad (4-1)$$

که در آن:

$\lambda$ : طول موج اندازه گیری؛

$n$ : تعداد کل اندازه گیری ها؛

$(K/S)_{i,\lambda}$ : مقدار  $i$  امین K/S در طول موج  $\lambda$  و

$\overline{(\frac{K}{S})}_\lambda$ : مقدار متوسط  $(K/S)_\lambda$  است.

بزرگی  $S(\lambda)$  فقط یک تابع از K/S نیست بلکه یک تابع از میانگین K/S های پارچه نیز است. در اینجا یک مقدار نسبی از انحراف معیار نمونه  $S_r(\lambda)$  برای مقایسه یکنواختی دو ناحیه از پارچه با قدرت های رنگی متفاوت ضروری است که به شکل رابطه ۵-۱ در این تحقیق بیان شده است.

$$S_r(\lambda) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [((\frac{K}{S})_{i,\lambda} / \overline{(\frac{K}{S})}_\lambda) - 1]^2} / (n-1) \quad (5-1)$$

از آنجا که حساسیت چشم انسان به طول موج های مختلف متفاوت است، به نظر می رسد به منظور بهبود نتایج باید تابع  $S_r(\lambda)$  همراه با تابع حساسیت طیفی چشم یا همان  $V(\lambda)$  مطابق رابطه ۶-۱ به کار گرفته شود:

<sup>1</sup> Yang

$$U(\lambda) = S_r(\lambda)V(\lambda) \quad (6-1)$$

از این رابطه به عنوان پارامتر نایکنواختی یاد شده و مقدار بزرگ آن متناسب با یکنواختی کم منسوج است. مقدار  $K/S$  تابعی از طول موج است، بنابراین شکل کامل تر تابع یکنواختی رنگی به صورت رابطه ۷-۱ تعریف شده است:

$$U = \sum_{\lambda=400}^{\lambda=700} S(\lambda)V(\lambda) \quad (7-1)$$

اگر چه این تابع برای محاسبه یکنواختی به کار می‌رود اما با ارزیابی بصری رابطه خطی ندارد. این پارامتر برای منسوجاتی با یکنواختی بالا دقیق تر است. برای مثال اگر دو نمونه تقریباً دارای  $U = 0.1$  و اختلاف بین آن‌ها برابر  $\Delta U = 0.5$  باشد تفاوت حقیقی یکنواختی رنگ بین این دو نمونه خیلی کوچک تر از وقتی است که مقدار این تابع با همان میزان اختلاف، در حدود  $U = 2/5$  باشد. برای خطی سازی این رابطه با دید بصری پارامتر یکنواختی  $L$  به صورت رابطه ۸-۱ تعریف می‌شود [۲]:

$$L = 1.2 \times [2.00 - \ln \sum_{\lambda=400}^{700} S_r(\lambda)V(\lambda)] \quad (8-1)$$

در این تحقیق گفته شده است که ثوابت تجربی  $1/2$  و  $2/0.0$  باعث می‌شوند مقدار نهایی بین ۵-۱ بدست آید که بسیار مشابه مقیاس خاکستری<sup>۱</sup> است. پارامتر یکنواختی  $L$  و ارتباط آن با پارامتر نایکنواختی  $U$  نیز از این جهت بررسی شده است تا مشخص گردد کدام یک از این پارامترها برای مشاهده کننده بصری قابل درک تر است. پارامتر  $U$  نیز می‌تواند برای محاسبه یکنواختی استفاده شود اما به دلیل ناهماهنگی که با مشاهدات بصری دارد پذیرش آن کمی مشکل است ولی پارامتر معرفی شده در رابطه ۸-۱ قابل فهم تر است [۲].

در تحقیقی دیگر خلیلی و دوست کامی [۱۴] به منظور ارزیابی یکنواختی از روش تحلیل اجزا اصلی<sup>۲</sup> استفاده کردند. در این روش به کمک مقادیر ویژه و نحوه پراکندگی داده‌ها حول جهات اصلی، درجه یکنواختی رنگی پیش بینی شد. از ارزیابی داده‌های انعکاسی به کمک این روش این نتیجه حاصل می‌شود که در نمونه‌هایی که دارای یکنواختی رنگی مناسبی هستند، پراکندگی داده‌ها تنها حول بعد اول مشاهده می‌شود. اما در نمونه‌های نایکنواخت تر پراکندگی داده‌ها حول چند بعد اول اتفاق می‌افتد. شاخصی که در این روش به عنوان معیار یکنواختی در نظر گرفته شد، درصد واریانس جمعی بود که نسبت مقدار ویژه اول به سایر مقادیر ویژه را نشان داده و در واقع میزان پراکندگی داده‌ها را حول مهمترین جهت در مقایسه با سایر جهات نشان می‌دهد. انتظار می‌رود که برای یک نمونه یکنواخت این مقدار نزدیک ۱۰۰ باشد.

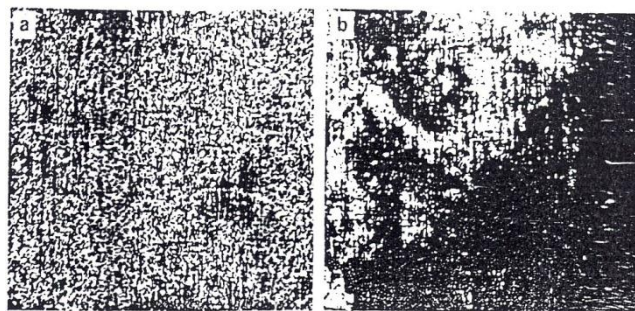
<sup>1</sup> Gray Scale

<sup>2</sup> Principal component analysis (PCA)

### ۱-۷-۳- تعیین نایکنواختی با استفاده از پردازش تصویر

در تحقیقی که توسط کاردامون<sup>۱</sup> و مارمر<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۷ ارائه شد [۴] به منظور بررسی یکنواختی از دو روش آنالیز تصویر سیاه و سفید<sup>۳</sup> و آنالیز هیستوگرام (توزیع پیکسل بر روی یک رنج خاکستری) تصویری که از یک دوربین دیجیتال به دست آمده بود استفاده شد.

کاردامون و مارمر در دو بخش به بررسی یکنواختی پارچه پنبه ای رنگ شده با دو نوع رنگزای مستقیم D۸۰, D۸۱ و پارچه مخلوط پشم/پنبه رنگزای شده با رنگزای راکتیو و مستقیم و عمل شده با رزین پرداخته‌اند. همان طور که در شکل ۱-۱ مشخص است، به دلیل تفاوت در وزن ملکولی دو رنگزای، دو شید کاملاً متفاوت حاصل شده است.



شکل ۱-۱. تصویر دیجیتالی پارچه پنبه ای رنگ شده با رنگ مستقیم. a. پارچه یکنواخت رنگ شده با رنگزای D۸۰, b. پارچه نایکنواخت رنگ شده با رنگزای D۸۱ [۴].

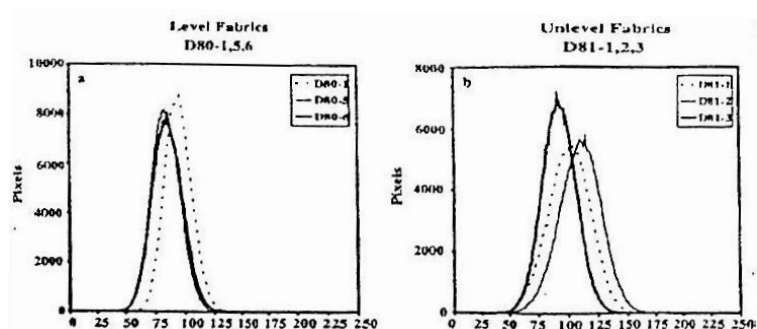
با بررسی تصاویر عکس برداری شده از نمونه با دو روش ذکر شده، دو شاخص برای مقایسه پارچه های رنگی، تحت نام های شاخص یکنواختی شید و شاخص شید واحد ارائه شده است. تصویر سیاه و سفید بخش های مختلف تصویر را در دو سطح سیاه و سفید نشان داده و هیستوگرام مشخصه های روشنایی و تباين را در تصویر شرح می دهد. برای مثال تصویری با تباين پایین توزیع سطح خاکستری کوچکی خواهد داشت. بنابراین هیستوگرام یک پارچه یکنواخت رنگ شده، تیز، بلند و باریک بوده و هیستوگرام یک پارچه نایکنواخت رنگ شده، کوتاه و پهن است که در شکل ۱-۲ قابل مشاهده است.

<sup>1</sup> M.Cardamone

<sup>2</sup> C.Marmer

<sup>3</sup> Binary

<sup>2</sup> Jeanette M.Cardamone, William C.Marmer



شکل ۲-۱. هیستوگرام نمونه پنبه ای a. یکنواخت رنگ شده، b. نایکنواخت رنگ شده [۴].

برای محاسبه یکنواختی رنگی نمونه، پهنا و انحراف معیار تصویر هیستوگرام محاسبه می شود که مقدار کوچک انحراف معیار معرف شید یکنواخت و مقدار بزرگ آن معرف شید نایکنواخت است. برای مقایسه بهتر نمونه های رنگی دو شاخص تحت نام های شاخص شید واحد و شاخص یکنواختی شید معرفی شده است.

#### ۱-۳-۷-۱- شاخص یکنواختی شید

در این تحقیق رابطه ای به نام  $LSI^1$  که معرف یکنواختی شید در پارچه های تک لیفی است، با مقایسه انحراف معیار یک پارچه رنگ شده و یک نمونه استاندارد یکنواخت به صورت رابطه ۹-۱ تعریف می شود [۴]:

$$LSI = (S - S_0) / S_0 \times 100 \quad (9-1)$$

که در آن،

$S$ : انحراف معیار نمونه مجهول و

$S_0$ : انحراف معیار نمونه یکنواخت است.

گفته شده که مقدار ۴۵ برای این شاخص معرف پارچه ای است که دارای انحراف معیاری ۴۵٪ بیشتر از حد مجاز یکنواختی است و عدد صفر معرف پارچه رنگ شده کاملاً یکنواخت است. پارچه های یکنواخت رنگ شده دارای  $LSI$  کم یا منفی هستند و این مقدار برای پارچه های نایکنواخت عدد بزرگ تری است. رابطه دیگر شاخص یکنواختی شید به صورت رابطه ۱۰-۱ تعریف می شود [۴]:

$$LSI = SD_{gray\ card} / SD_{sample} \times 100 \quad (10-1)$$

<sup>1</sup> Level Shade Index

که در آن،

$SD_{gray\ card}$ : انحراف معیار تصویر یک سطح با شید خاکستری یکنواخت و

$SD_{sample}$ : انحراف معیار نمونه است.

گفته شده که مقادیر ۹۰-۱۰۰٪ بیان کننده شید یکنواخت است [۴].

### ۱-۷-۳-۲- شاخص شید واحد

شاخصی که برای تعیین یکنواختی رنگی پارچه های مخلوط پشم پنبه معرفی می شود، شاخص شید واحد است که عموماً به بررسی یکنواختی با تحلیل پیک های گوسی شکل تصاویر هیستوگرام نمونه می پردازد. رابطه های ۱-۱۱ برای توضیح نمودارهای تک پیکی، دو پیکی و سه پیکی معرفی شده است:

$$G^2 = S^2 \quad (1-11)$$

$$G^2 = (A_1/A)S_1^2 + (A_2/A)S_2^2 + (A_1A_2/A^2)(X_1-X_2)^2$$

$$G^2 = (A_1/A)S_1^2 + (A_2/A)S_2^2 + (A_3/A)S_3^2 + (A_1A_2/A^2)(X_1-X_2)^2 + (A_1A_3/A^2)(X_1-X_3)^2 + (A_2A_3/A^2)(X_2-X_3)^2$$

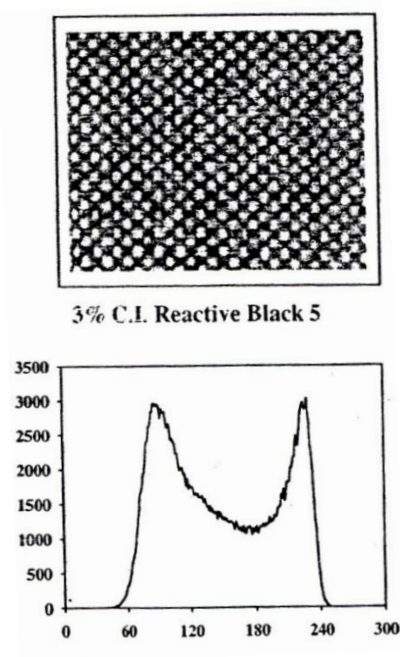
که در این رابطه ها،

S: انحراف معیار هیستوگرام تصاویر؛

$A_1, A_2, A_3$ : مساحت پیک ها

$X_1, X_2, X_3$ : مکان پیک ها در نمودار تصاویر هیستوگرام است [۴].

در بخش دوم این سری مقالات پردازش تصویر [۵]، برای تعریف اندیس جدیدی از شید واحد به نام G ارائه شد که مقدار دقیق تری نسبت به اندیس قبلی عرضه می کند. برای ایجاد این شاخص از یک دوربین دیجیتالی استفاده شد که در زمان تصویر برداری دوربین باید در فاصله ۳/۸ سانتی متری از نمونه پارچه قرار داشته باشد تا تک تک نخ های پارچه را از هم تمیز دهد. تصاویر پارچه های رنگی در فرمت های ۸ بیتی به صورت نمودارهایی که بخش های تصویر را از نظر روشنایی نشان می دهد، عکس برداری می شود. محدوده روشنایی بین ۰ تا ۲۵۶ است که به ترتیب معرف کمترین و بیشترین میزان روشنایی است. نمودارهای بلند و باریک و متقارن دارای انحراف معیار کم و اندیس های شید واحد کوچک هستند (پارچه هایی با شید یکسان) و نمودارهایی که کوتاه و پهن و مایل هستند دارای انحراف معیار زیاد و اندیس شید واحد بزرگ هستند (پارچه هایی فاقد یکنواختی شید). مطابق شکل ۱-۲ وقتی پارچه های تکمیل اولیه نشده پشم / پنبه با یک رنگزای اسیدی در اسیدیته متوسط رنگرزی می شوند، نخ های پشم رنگ شده، نمودارهای دوشاخه ایجاد می کنند که در شکل ۱-۳ مشاهده می شود.



شکل ۱-۳. هیستوگرام دو شاخه پارچه مخلوط پشم-پنبه تکمیل اولیه نشده که تنها نخ پشمی در آن رنگریزی شده است [۵].

#### ۱-۷-۳-۳- باز توضیح اندیس شید واحد

شاخص شید واحد یا همان  $F$  توضیح داده شده در رابطه ۱-۱۲، برای نمودارهایی با دو یا سه پیک گوسی تعریف شده است. رابطه این شاخص برای دو پیک به شکل زیر است:

$$F_{two\ peaks} = (M_{high} - M_{low}) \times [A_{small} / (A_{small} + A_{large})] \quad (12-1)$$

که در آن،

$M$ : میانگین هیستوگرام؛

$M_{high} - M_{low}$ : اختلاف مقادیر روشنایی دو جزء نمونه؛

$A$ : مساحت پیک و

$A_{small} / (A_{small} + A_{large})$ : فاکتور تصحیح برای پیک دوم است.

در صورت وجود سه پیک رابطه ۱-۱۳ استفاده می شود:

$$F_{three\ peaks} = (M_{right} - M_{center}) \times A_{right} / A_{total} + (M_{center} - M_{left}) \times A_{left} / A_{total} \quad (13-1)$$

اگر چه شاخص معرفی شده یک مقدار قابل قبول از شید واحد عرضه می کند، اما بعضی از مقادیر این شاخص همچنان مبهم است زیرا که رابطه در بر گیرنده تمام سطح پیک منحنی نیست. بنابراین مجدداً شاخص  $G$  مطابق رابطه ۱-۱۴ برای اعتبار بخشیدن به محاسبات عرضه شده که معرف انحراف معیار داده‌ها است و شکل منحنی آن یک



منحنی گوسی تک پیک است [۵].

$$G^2 = S^2 \quad (14-1)$$

برای یک نمونه دو پیک رابطه به فرم ۱-۱۵ تصحیح می شود:

$$G^2_{two\ peaks} = (A_1/A)S_1^2 + (A_2/A)S_2^2 + (A_1A_2/A_2)(X_1 - X_2)^2 \quad (15-1)$$

که در آن،

$A_{1,2}$ : مساحت پیک های گوسی شکل؛

$S_{1,2}$ : انحراف معیار و

$X_{1,2}$ : مکان میانگین های دو پیک است.

برای سه پیک هم رابطه ۱-۱۵ بسط پیدا می کند [۵].

#### ۱-۷-۴- تعیین نایکنواختی با استفاده از داده های اسکتر

در مقاله امیرشاهی و همکاران [۱۶] در سال ۲۰۱۲، شاخص یکنواختی توسط داده های حاصله از اسکتر به دست آمد که در آن از دو روش آماری استفاده گردید، مقادیر منفرد استخراج شده از تکنیک تجزیه مقادیر منفرد<sup>۱</sup> و انحراف معیار دوبعدی.

#### ۱-۷-۴-۱- استفاده از انحراف معیار دوبعدی

برای یک تصویر، انحراف معیار با مقادیر کم نشان دهنده نزدیک بودن مقادیر به میانگین است که یک شید یکنواخت را بیان می کند و انحراف معیار با مقدار زیاد حاکی از این امر است که داده ها بازه ای بسیار گسترده دارند و بیان گر نایکنواختی است. این روش ساده به منظور ارزیابی درجه نایکنواختی در داخل منسوج با استفاده از محاسبه انحراف معیار دو بعدی از تصویر تراز خاکستری نمونه با رابطه ۱-۱۶ به دست می آید [۱۶].

$$U_{STD2} = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (F_{ij} - \bar{F})^2} \quad (16-1)$$

که در آن،

$F_{ij}$ : نشان دهنده مقدار روشنایی به عنوان جزء ماتریسی از ردیف  $i$  ام و ستون  $j$  ام از یک ماتریس  $m \times n$

<sup>1</sup> Singular Value Decomposition (SVD)

و  $\bar{F}$  میانگین روشنایی ماتریس  $m \times n$  است.

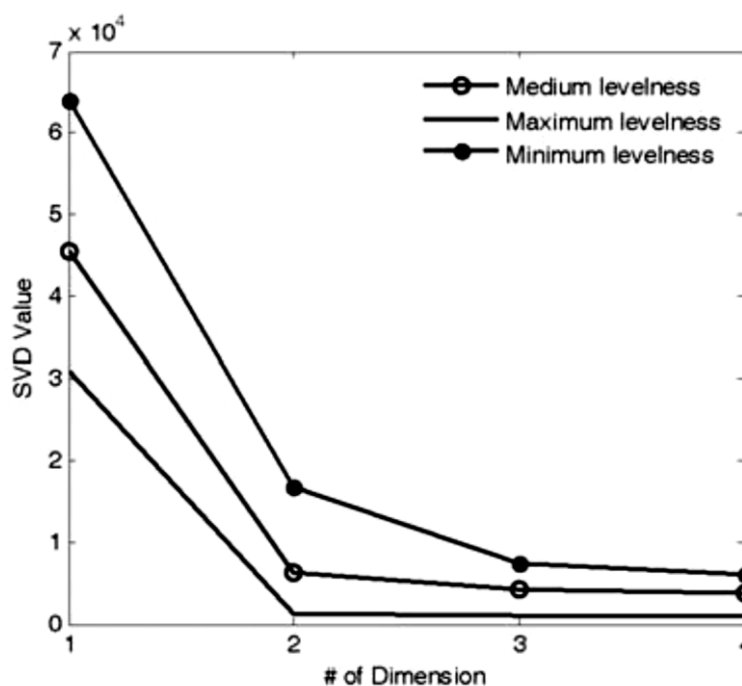
#### ۱-۷-۴-۲- کاربرد تکنیک تجزیه مقادیر منفرد

تجزیه مقادیر منفرد از یک ماتریس  $m \times n$  ( $M$ ) به وسیله رابطه ۱-۱۷ به دست می آید.

$$M = U \cdot \Sigma \cdot V^* \quad (17-1)$$

که در این رابطه،

$U$  و  $V^*$  ماتریس های واحد  $m \times m$  و  $n \times n$  و  $\Sigma$  یک ماتریس قطری  $m \times n$  هستند. ورودی های قطری  $\Sigma$  از  $\sum_{i=1}^n$  به عنوان مقادیر منفرد  $M$  شناخته می شوند و مقادیر منفرد غیر صفر از  $\Sigma$ ، ریشه های دوم مقادیر ویژه ماتریس های  $M \cdot M^*$  یا  $M^* \cdot M$  هستند.  $\Sigma$  اهمیت ستون های مختلف ماتریس های  $u$  و  $v$  را نشان می دهد. اختلاف در  $\Sigma$  جزئیات تصویر را بیان می کند. برای یک تصویر ساده حداقل اختلاف را انتظار داریم در حالی که نرخ کاهش برای تصاویر پیچیده قابل مشاهده تر است. انتظار می رود که تصویر یکنواخت نرخ کاهش کمتری در مقایسه با تصویر نایکنواخت داشته باشد. شکل ۱-۴ مقادیر منفرد اول را برای تصاویر ۳ منسوج با درجه-های مختلف نایکنواختی نشان می دهد [۱۶].



شکل ۱-۴. چهار مقادیر منفرد اول از تصویر به دست آمده از منسوجات با درجه های نایکنواختی مختلف [۱۶].

در ادامه این ارزیابی می توان کاهش شیب مقادیر منفرد یک تصویر را توسط تقسیم مقدار ویژه دوم به مقدار ویژه اول با رابطه ۱-۱۸ محاسبه کرد.

$$S_i = \frac{\sum_{2,i}}{\sum_{1,i}} \quad (18-1)$$

در این رابطه،

$S_i$ : نشان دهنده شیب  $i$  امین تصویر و

$\sum_{1,i}$  و  $\sum_{2,i}$ : بیانگر مقدار منفرد اول و دوم تصویر مورد نظر است.

سپس  $S$  به عنوان برداری که شامل مقدار  $s$  از  $n$  نمونه است با رابطه  $S = [S_i]_{i=1}^n$  به منظور تنظیم شاخص برای مقایسه با دیگر روش ها شکل می گیرد. رابطه ۱-۱۹ به منظور قرار دادن مقادیر بین ۰ (برای یکنواخت ترین نمونه) و ۱ (برای یکنواخت ترین نمونه) استخراج می شود.

$$U_{SVD} = \frac{S - \min(S)}{\max(S) - \min(S)} \quad (19-1)$$

در این رابطه،

$U_{SVD}$  شاخص یکنواختی بدست آمده از SVD است و

$\min(s)$  و  $\max(s)$ : به ترتیب حداقل و حداکثر مقادیر بردار  $S$  را نشان می دهند [۱۶].

#### ۱-۷-۵- تعیین یکنواختی با استفاده از دورین دیجیتالی

در سال ۲۰۰۹ مقاله ای توسط گونی<sup>۱</sup> ارائه شد [۱۷] که در آن یکنواختی رنگی به صورت دستگامی و به وسیله اندازه گیری تابع بی نظمی سطح به دست آمده از آنالیز دیجیتالی تصویر یک منسوج محاسبه شده است. گونی اظهار داشت که نتایج به دست آمده از این روش همپوشانی بیشتری با داده های بصری نسبت به روش  $K/S$  داشته است.

#### ۱-۷-۵-۱- منحنی های واریانس بین سطحی

منحنی های واریانس بین سطحی از محاسبه واریانس مقادیر پیکسل های بین سطحی<sup>۲</sup> مقیاس خاکستری، در حالی که سطوح واحد مثلثی در داخل ماتریس مقیاس خاکستری دوبعدی متغیرند، به دست می آیند. ماتریس مقیاس خاکستری دوبعدی از تصویر منسوج که با یک دورین دیجیتالی گرفته شده است، ساخته می شود. اگرچه راه های مختلفی به منظور انتخاب مثلث با اندازه برابر است، اما برای این تحقیق این سطوح به صورت مربع در نظر گرفته شده- اند [۱۷].

<sup>1</sup> Gunay

<sup>2</sup> Between-Area

	1	2	3		j						$n_i$
1											
2											
3											
4											
5											
6											
i					$A_{ij}$						
$m_i$											

شکل ۱-۵. سطح واحد ماتریس پارچه [۱۷].

اگر  $m$  طول پیکسل و  $n$  عرض پیکسل از ماتریس منسوج باشد، منسوج در ابتدا به سطوح با اندازه  $A_{1,1}$  تقسیم می‌شود (شکل ۱-۵). منحنی واریانس بین سطحی،  $CB(A_k)$ ، طرحی از ضرائب تغییرات بین سطوح واحد متغیر  $A_{k \times k}$  است. به صورت ریاضی این رابطه به شکل رابطه ۱-۲۰ نوشته می‌شود.

$$CB(A_k) = 100/F_k \left( \sqrt{1/m_k n_k \sum_{i=1}^{m_k} \sum_{j=1}^{n_k} [F_{ij} - F_k]^2} \right) \quad (20-1)$$

که در آن،

$CB(A_k)$ : واریانس بین سطحی میان سطوح واحد با اندازه  $A_{k \times k}$ ؛

$m_k$ : تعداد واحدها در جهت  $x$  ( $m_k = m/k$ )؛

$n_k$ : تعداد واحدها در جهت  $y$  ( $n_k = n/k$ )؛

$F_{ij}$ : ارزش خاکستری در سطر  $i$  ام و ستون  $j$  ام؛

$F_k$ : مقدار میانگین ارزش خاکستری برای تمامی سطوح واحد و

$m_k n_k$ : تعداد کل سطوح واحد در داخل ماتریس منسوج طراحی شده است.

وقتی که اندازه هر سطح واحد افزایش پیدا می‌کند، مقدار واریانس آن افزایش پیدا کرده و مقدار  $CB(A_k)$  به نزدیک صفر کاهش می‌یابد. در حالی که مقادیر ابتدایی  $CB(A)$  مقدار بی‌نظمی کلی را نشان می‌دهد، نرخ کاهش آن با توجه به سطوح واحد در همسایگی بررسی می‌شود [۱۷].

روش کار به این صورت است که در مرحله اول RGB تصویر توسط رابطه ۱-۲۱ به مقیاس خاکستری تبدیل می‌شود (رابطه ۱-۲۱  $G_{SV} = 0.3 \times Red + 0.59 \times Green + 0.11 \times Blue$ ). البته لازم به ذکر است که تغییرات آنی در فام ممکن است در طول این تبدیل از دست برود. سپس در مرحله بعد تصویر حاصله درون یک ماتریس