



## برآورد مقایسه‌ای پارامترهای $L^*a^*b^*$ از داده‌های RGB عکس دیجیتالی با استفاده از دستگاه سنجش رنگ IMG-Pardazesh

سید علی جعفرپور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۱۳

### چکیده

رنگ و ویژگی‌های ظاهری سطح یک ماده غذایی به‌عنوان اولین پارامترهایی هستند که توسط مصرف‌کننده مورد قضاوت قرار گرفته و مبنای رد یا قبول آن ماده می‌باشد. در این پژوهش کارایی دستگاه IMG-Pardazesh در خصوص اندازه‌گیری رنگ در مقایسه با سیستم  $L^*a^*b^*$  CIE، سیستم Hunter lab و سیستم استاندارد Patch Tool مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این مبنا میزان عددی همبستگی ( $R^2$ ) موجود بین سه پارامتر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh در مقایسه با سیستم  $L^*a^*b^*$  CIE به ترتیب معادل ۰/۹۹۸، ۰/۹۹۶، ۰/۹۸۰ و ۰/۹۸۰ و در مقایسه با داده‌های Hunter lab معادل ۰/۹۸۳، ۰/۹۸۱ و ۰/۸۷۱ و با داده‌های نرم افزار Patch-color دارای میزان همبستگی ( $R^2$ ) معادل ۰/۹۳۵، ۰/۸۸۱ و ۰/۹۵۳ بود. در خصوص دستگاه اندازه‌گیری رنگ IMG-Pardazesh از بین ارزش عددی پارامترهای رنگ  $L^*a^*b^*$ ، مقایسه آن با داده‌های سیستم CIE  $L^*a^*b^*$  کاملا مشهود است که شاخص خطای جذر میانگین مربعات RMSD در تمامی پارامترها با اختلاف جزئی کمتر بوده و در مقایسه با سیستم Hunter lab به جز پارامتر  $a$  در سایر پارامترها دارای ارزش عددی بسیار پایین‌تری بود. به‌علاوه محاسبه خطای نرمال شده میانگین‌ها نشان‌دهنده وجود خطای به مراتب بالاتر در تمامی پارامترها در سیستم  $L^*a^*b^*$  CIE و خطای بسیار بالاتر در دو پارامتر  $L^*$  و  $b^*$  در سیستم Hunter lab می‌باشد. نتیجه اینکه بر مبنای این شاخص نیز می‌توان پی برد که دستگاه IMG-Pardazesh از میزان خطای کمتری در برآورد پارامترهای رنگ در مقایسه با سایر سیستم‌ها برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تصویر دیجیتالی، سنجش رنگ، RGB،  $L^*a^*b^*$

### مقدمه

رنگ و جلوه ظاهری مواد غذایی از مهمترین پارامترهایی مد نظر مشتریان بمنظور برآورد کیفیت ماده غذایی حتی قبل از قرار دادن آن ماده در دهان می‌باشند و لذا به‌عنوان فاکتورهای حساس در خصوص رد یا قبول آن شناخته می‌شوند. اگرچه که سیستم‌های مختلفی مبتنی بر فضاهای رنگی برای برآورد رنگ وجود دارد اما یکی از متداولترین این سیستم‌ها برای برآورد رنگ مواد غذایی استفاده از فضای سه بعدی رنگ در قالب پارامترهایی  $L^*a^*b^*$  می‌باشد که دلیل این امر توصیف یکنواخت رنگ و همخوانی بسیار بالای این سیستم با سیستم درک رنگ توسط انسان می‌باشد. به منظور آنالیز دیجیتالی تصویر یک

ماده غذایی، لازم است که از سیستم اندازه‌گیری رنگ هر پیکسل در سطح یک ماده آگاهی داشته باشیم. با این وجود در حال حاضر هیچ سیستم تجاری اندازه‌گیری رنگ پارامترهای  $L^*a^*b^*$  در قالب پیکسل وجود ندارد زیرا دستگاه‌های تجاری اندازه‌گیری رنگ موجود عموماً یک سطح کوچک چند سانتی‌متر مربعی را پوشش می‌دهند که غیر قابل تعمیم به کل سطح نمونه می‌باشد (Nobbs and Connelly, 2000).

برآورد رنگ می‌تواند از طریق بازرسی بصری (توسط انسان) یا با استفاده از دستگاه‌های رنگ‌سنجی صورت گیرد. حال اگرچه که بررسی رنگ توسط انسان یک روش کاملاً منطقی حتی در مقادیر متفاوت روشنایی می‌باشد، با این وجود این برآورد بصورت ذهنی بوده و مقادیر آن می‌تواند از یک مشاهده‌کننده تا مشاهده‌کننده دیگری بطور گسترده‌ای متغیر باشد. برای تبدیل مقادیر رنگ از حالت ذهنی به عینی از استانداردهای رنگی به‌عنوان رفرنس استفاده می‌گردد.

استادیار، گروه شیلات - فراوری محصولات شیلاتی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری.

(\* - نویسنده مسئول: Email: a.jafarpour@sanru.ac.ir)

### فضای رنگ بر مبنای پارامترهای $L^*, a^*, b^*$

موقعی که از فضای رنگ  $Yxy$  استفاده می‌شود یک مشکل هنوز باقی می‌ماند، بدین معنی که فواصل یکسان روی نمودار رنگ پذیری  $xy$  معادل اختلاف رنگ مشاهده شده نمی‌باشد. در سال ۱۹۷۶، CIE یک فضای رنگ متفاوتی را بر مبنای تبدیل غیرخطی مقادیر  $XYZ$  معرفی کرد تا همبستگی خیلی بیشتری بین اختلاف رنگ ثبت شده و رنگ مشاهده شده بوجود آید. این مقیاس، به نام فضای رنگ  $L^*a^*b^*$  نامیده شد. در این فضا  $L^*$  بیانگر روشنایی بوده و  $a^*, b^*$  مختصات رنگ می‌باشند؛  $a^*$  محور قرمز/سبز ("+" به سمت قرمز و "-" به سمت سبز)، و  $b^*$  محور زرد/آبی ("+" به سمت زرد و "-" به سمت آبی) می‌باشد و در این رابطه عمده‌ترین دستگاه‌های اندازه‌گیری رنگ عبارت‌اند از:

Minolta Chroma Meter  
HunterLab Colorimeter  
Dr. Lange Colorimeters  
Lovinbond cam systems

در سال‌های اخیر از تصاویر کامپیوتری بمنظور اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی مختلف استفاده گردیده است و دلیل این امر دستاوردهای مشهود این روش از قبیل آنالیز تمامی سطح ماده غذایی و کمی نمودن ویژگی‌های سطحی و نقص‌های آن در مقایسه با دستگاه‌های رنگ‌سنج متداول می‌باشد. روش محاسباتی به‌همراه ترکیبی از دوربین دیجیتالی، کامپیوتر و برنامه‌های گرافیکی به‌عنوان یک تکنیک نسبتاً ارزان‌تر و تطبیق‌پذیرتر برای اندازه‌گیری رنگ بسیاری از مواد غذایی در مقایسه با دستگاه‌های متداول اندازه‌گیری رنگ می‌باشد. در این رابطه استفاده از دوربین دیجیتالی به‌عنوان یک ابزار مفید در برآورد رنگ یک ماده می‌باشد که از این طریق می‌توان رنگ یکایک پیکسل‌های تصویر یک جسم را ثبت نمود (Leóna, Meryb, Pedreschic, & León, 2006). در این دوربین‌ها، نور منعکس شده از یک جسم از طریق سه سنسور به‌ازای هر پیکسل نمایه می‌گردد. در این حالت متداول‌ترین مدل رنگ مد  $RGB$  می‌باشد که بر مبنای آن هر سنسور میزان تراکم طیف نور قرمز ( $R$ )، سبز ( $G$ ) و آبی ( $B$ ) را دریافت می‌نماید. امروزه گرایش به سمت آنالیز دیجیتالی تصاویر مواد غذایی می‌باشد که دلیل این امر در درجه اول آنالیز نقطه‌ای، محاط نمودن گروه کوچکی از پیکسل‌ها به‌منظور برآورد ویژگی‌های جزئی یک ماده و در درجه دوم آنالیز سراسری یک ماده از طریق هیستوگرام رنگ به‌منظور آنالیز یکنواختی آن ماده می‌باشد (Jackman & Sun, 2013). در مطالعه‌ای که Mendoza و همکاران (۲۰۰۶) در خصوص اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی با استفاده از تصاویر دیجیتالی انجام دادند عنوان نمودند که عواملی همچون زوم دوربین، فاصله دوربین از نمونه و میزان وضوح دوربین می‌بایست ثابت بوده و عواملی مانند رنگ پس زمینه و شکل نمونه (انحنای موجود در شکل نمونه) به‌طرز معنی‌داری بر رنگ محاسبه شده تاثیر گذار

متاسفانه در این روش‌ها پروسه برآورد رنگ نیاز به بررسی و زمان بیشتری داشته و مهم‌تر اینکه فرد مشاهده‌کننده نیز می‌بایست از مهارت و ویژگی‌های لازم برخوردار باشد. بدین سبب توصیه می‌شود برای برآورد رنگ مواد از ابزار و ادوات اندازه‌گیری رنگ استفاده گردد (Francis & Clydesdale, 1975; Tanska et al., 2005).

### مقادیر سه گانه رنگ<sup>۱</sup>

در سال ۱۹۳۱، کمیسیون بین‌المللی Eclairage (معروف به CIE)، که یک مجمع عملی با حضور نمایندگان بسیاری از کشورها می‌باشد، تشکیل جلسه داد تا برای تست نمودن و بیان رنگ بصورت ریاضی، یکسری ثابت‌هایی را تعریف و پیشنهاد نماید. بر مبنای گزارش این کمیسیون، یکسری از "منحنی‌های واکنش طیفی"<sup>۲</sup> منطبق با قابلیت چشم انسان در مشاهده نورهای رنگی ارائه گردیده و در ادامه توابع انطباق نوری "ناظر استاندارد"<sup>۳</sup> پایه‌گذاری شدند. توابع واکنش طیفی مذکور، از سه تابع واکنش نوری استفاده نمودند:  $x(\lambda)$  که به‌عنوان پاسخ عمومی چشم مردم به نور قرمز بوده،  $y(\lambda)$  که به‌عنوان پاسخ عمومی چشم مردم به نور سبز بوده و  $z(\lambda)$  که به‌عنوان پاسخ عمومی چشم مردم به نور آبی می‌باشد (جعفرپور، ۱۳۹۱).

رنگ یک شیء نتیجه نسبت‌های مختلفی از نورهای سبز، آبی و قرمز است که به چشم انعکاس یافته یا انتقال داده می‌شود. زمانیکه عواملی همچون توزیع توان طیف منبع نور (منحنی طیف منبع نور)، منحنی انعکاس شیء، و توابع انطباق نوری ناظر استاندارد با یکدیگر درآمیخته شوند، می‌توان روابط ریاضی بین اندازه‌گیری رنگ و مشاهده بصری رنگ را بنیان نهاد. یک چنین اجماع ریاضی منجر به ایجاد مقادیر  $XYZ$  یا مقیاس سه‌گانه رنگ می‌شود.

از مقیاس  $XYZ$  می‌توان به‌عنوان ابزاری استفاده نمود تا میزان نور قرمز، سبز و آبی بطور استاندارد تخمین زده شده و میزان آنها را با یک نمونه مقایسه نموده تا اختلاف رنگ را مشخص کند. چالش در اینجا بود که بدلیل محاسبات ریاضی هر تابع، تجسم اختلاف رنگ بصورت بصری در قالب محاسبات ریاضی مشکل بود. سپس مقادیر  $XYZ$  به فرم خطی معادله سه‌گانه تبدیل شده و برای تجسم بر روی یک نمودار دوبعدی ترسیم شدند. این دومین اشتقاق به نام مقیاس رنگ‌پذیری<sup>۴</sup> یا فضای رنگ  $Yxy$  نامیده شد. در این مقیاس، مقدار  $Y$  به درجه روشنایی اشاره دارد و  $xy$  برآوردی از میزان رنگ یعنی طیف رنگ و اشباعیت آن، مستقل از پارامتر روشنایی می‌باشد (جعفرپور، ۱۳۹۱).

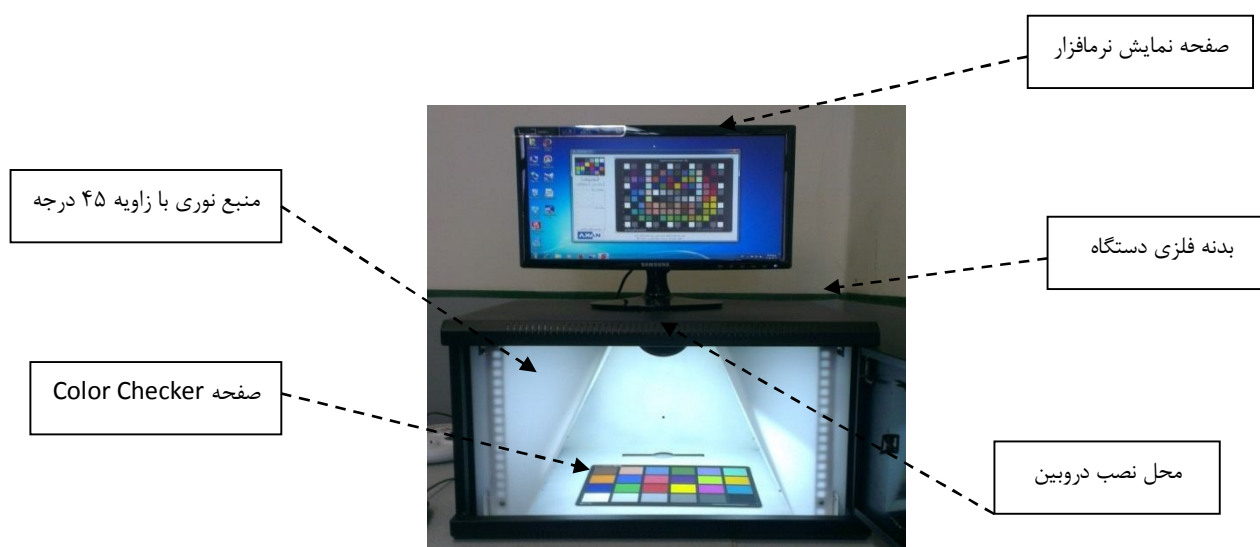
- 1 Tristimulus colors
- 2 Spectra response curves
- 3 Standard observer
- 4 Chromaticity scale

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش سعی بر این بود تا با الگوبرداری از دستگاه اندازه‌گیری رنگ Lovibond-Cam system، یک دستگاه تقریباً مشابه با قابلیت کارایی یکسان در تهیه یک تصویر دیجیتالی و برآورد پارامترهای رنگ از روی آن با کمک برنامه اختصاصی رنگ سنجی طراحی شود و بر این مبنای دستگاه IMG-Pardazesh Cam-System XI به شماره ثبت اختراع ۷۸۲۱۹ (شرکت ابزارکاران فن پویای شمال - هسته فن‌آور مستقر در مرکز رشد واحدهای فن‌آوری طبرستان - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری) طراحی و ساخته شد (شکل ۱).

می‌باشد (Mendozaa, Dejmekb, & Aguileraa, 2006).

با فرض اینکه دوربین‌های دیجیتالی اطلاعات RGB را بر مبنای پیکسل دریافت می‌دارند هدف از این پژوهش ارائه راهکاری در خصوص طراحی و ساخت یک دستگاه تصویربرداری با کمک دوربین بر مبنای استانداردهای CIE در تهیه یک تصویر دیجیتال دقیق و اندازه‌گیری پارامترهای رنگ  $L^*a^*b$  از تصاویر دیجیتالی RGB با کمک نرم‌افزار تخصصی که به این منظور طراحی شده بود می‌باشد.



شکل ۱- نمایی از دستگاه سنجش رنگ IMG-Pardazesh Cam-System XI

شرایط تهیه تصویر دیجیتالی با دستگاه IMG-Pardazesh در شرایط ذیل صورت پذیرفت:

میزان روشنایی = ۲۲۰۰ لوکس

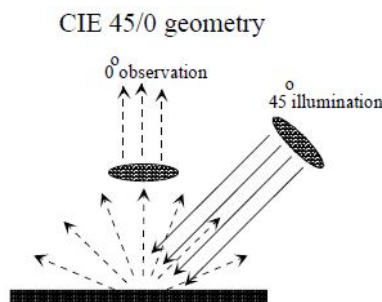
ISO = اتوماتیک

تعداد تصویر در ثانیه = ۳۰ fps

همچنین رنگ پس‌زمینه طوری انتخاب شود با ثبت پارامتر  $a_L$  و  $b$  به ترتیب به میزان ۱، ۱ و ۵۰، ۱ و ۱ کمترین تاثیر بر رنگ ثبت شده و محاسبه شده را داشته باشد.

از طریق عکس تهیه شده از صفحه رنگی بنام Color Checker، (شکل ۳) قابلیت دستگاه ساخته شده در برآورد پارامترهای رنگ  $(L^*a^*b^*)$  از روی پارامترهای RGB با کمک نرم‌افزار Babel Color Company، Tool (نرم‌افزار اختصاصی سنجش رنگ، Babel Color Company، Canada) و مقایسه‌ی کارایی آن با سیستم استاندارد CIE  $L^*a^*b$  در

بدین منظور مبنای کار استفاده از سیستم استاندارد عکس‌برداری مطابق دستورالعمل CIE بود که در این راستا ژئومتری CIE 45/0 انتخاب گردید (شکل ۲).



شکل ۲- ژئومتری CIE 45/0 در تهیه‌ی عکس دیجیتالی

داده‌های حاصل از برنامه نرم‌افزاری Patch Tool با مختصات D65 و زاویه دید ۲ درجه به‌عنوان داده‌های استاندارد برآورد گردید.

دستگاه Lovibond Cam-system و همچنین استانداردهای رنگ در سیستم Hunter lab مورد ارزیابی قرار گرفت. در ضمن میزان کارایی هر دو سیستم از طریق مقایسه داده‌های بدست آمده با



شکل ۳- تصویری از صفحه رنگی یا Color-checker مورد استفاده در مقایسه بین سیستم‌های اندازه‌گیری پارامترهای Lab

سایر سیستم‌های اندازه‌گیری رنگ م باشند.

و به‌منظور برآورد میانگین عملکرد این سیستم‌ها از فرمول ذیل استفاده شد:

$$\bar{e} = \frac{e_L + e_a + e_b}{3} \quad (7)$$

### نتایج و بحث

همانطور که قبلاً ذکر گردید در این مطالعه یکی از اهداف بررسی کارایی دستگاه ساخته شده‌ی سنچس رنگ در برابر سیستم های CIE  $L^*a^*b^*$  و Hunterlab بود اما برای دستیابی به این هدف یک استاندارد نیز لازم می‌باشد که در این راستا از داده‌های استاندارد پارامترهای رنگ  $L^*a^*b^*$  با کمک نرم‌افزار Patch-Tool استفاده گردید و بر مبنای نتایج بدست آمده همبستگی بسیار مناسبی بین داده‌های پارامترهای رنگ مشاهده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، میزان عددی همبستگی ( $R^2$ ) موجود بین سه پارامتر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بدست آمده از CIE  $L^*a^*b^*$  با داده‌های سیستم Hunterlab معادل ۰/۹۸۹، ۰/۹۸۱ و ۰/۹۱۷ و با داده‌های نرم‌افزار Patch-Tool به ترتیب معادل ۰/۹۲۸، ۰/۸۷۵ و ۰/۸۷۰ بوده (جدول ۱) و این در حالی بود که داده‌های بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh در مقایسه با سیستم CIE  $L^*a^*b^*$  به ترتیب معادل ۰/۹۹۸، ۰/۹۹۸ و ۰/۹۸۰ و در مقایسه با داده‌های Hunterlab معادل ۰/۹۸۳، ۰/۹۸۱ و ۰/۸۷۱ و با داده‌های نرم‌افزار Patch-color دارای میزان همبستگی ( $R^2$ ) معادل ۰/۹۳۵، ۰/۸۸۱ و ۰/۹۵۳ به‌ترتیب برای سه پارامتر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  بود (جدول ۲، نمودارهای ۱-۳). این داده‌ها بیانگر این است که دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم CIE  $L^*a^*b^*$  از قابلیت اطمینان و استناد بالایی در تهیه یک تصویر دیجیتالی مناسب از یک ماده به‌منظور استخراج و ارزیابی داده‌های رنگ برخوردار می‌باشد (جدول ۲،

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در نهایت مقادیر عددی بدست آمده به نرم‌افزار Excel منتقل شده و تجزیه و تحلیل داده‌ها در خصوص برآورد میزان همبستگی بین داده‌های حاصل از سیستم‌های مختلف صورت گرفت. در ادامه برآورد ارزش عددی داده‌های بدست آمده با کمک پارامتر خطای جذر میانگین مربعات<sup>۱</sup> (RMSD) مطابق فرمول‌های ذیل صورت گرفت:

$$RMSD_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i^* - L_p^*)^2}{n}} \quad (1)$$

$$RMSD_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i^* - a_p^*)^2}{n}} \quad (2)$$

$$RMSD_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (b_i^* - b_p^*)^2}{n}} \quad (3)$$

که  $L_i^*$ ،  $a_i^*$ ،  $b_i^*$  پارامترهای رنگ بدست آمده از سیستم استاندارد Patch-Tool بوده و  $L_p^*$ ،  $a_p^*$ ،  $b_p^*$  پارامترهای رنگ بدست آمده سایر سیستم‌های اندازه‌گیری رنگ می‌باشند.

در نهایت خطای نرمال شده میانگین داده‌ها<sup>۲</sup> ( $e$ ) مورد ارزیابی قرار گرفت که به‌ترتیب برای پارامترهای رنگ بصورت ذیل محاسبه می‌گردد:

$$e_L = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|L_i^* - L_p^*|}{\Delta L} \quad (4)$$

$$e_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|a_i^* - a_p^*|}{\Delta a} \quad (5)$$

$$e_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|b_i^* - b_p^*|}{\Delta b} \quad (6)$$

که  $L_i^*$ ،  $a_i^*$ ،  $b_i^*$  پارامترهای رنگ بدست آمده از سیستم استاندارد Patch-color بوده و  $L_p^*$ ،  $a_p^*$ ،  $b_p^*$  پارامترهای رنگ بدست آمده

1Root Mean Square Deviation  
2Mean Normalized Error

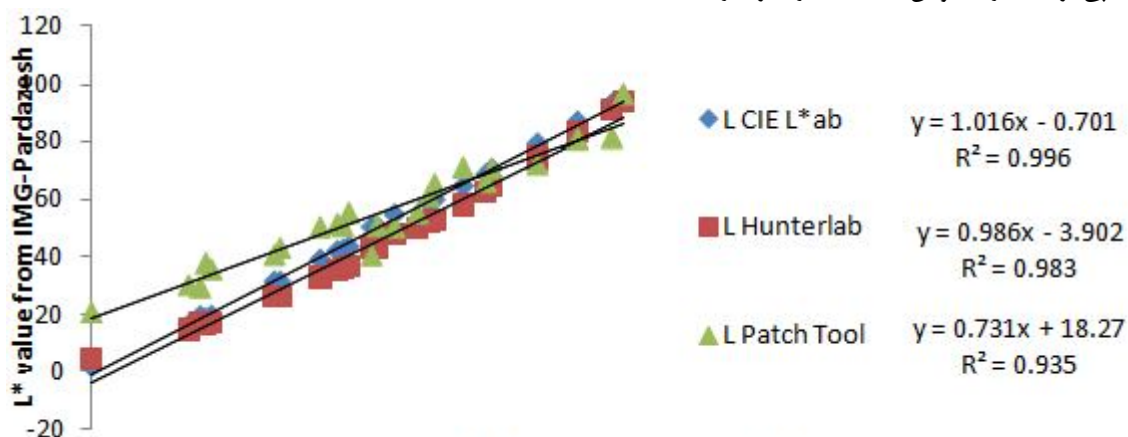
نمودارهای ۱-۳).

Pardazesh از بین ارزش عددی پارامترهای رنگ  $L^*a^*b^*$  و مقایسه آن با داده‌های سیستم  $L^*ab$  CIE کاملاً مشهود است که شاخص RMSD در تمامی پارامترها با اختلاف جزئی کمتر بوده و در مقایسه با سیستم Hunterlab به جز پارامتر  $a$  در سایر پارامترها دارای ارزش عددی بسیار پایین‌تری بود. عبارت دیگر مراجعه به پارامتر RMSD نیز مهر تایید دیگری بود بر قابل استناد بودن داده‌های بدست آمده از تصویر دیجیتالی حاصل از دستگاه سنجش رنگ IMG-Pardazesh می‌باشد.

در پژوهشی که توسط افشاری و فرحناکی (۱۳۸۸) بمنظور کاربرد نرم‌افزار فتوشاپ در برآورد پارامترهای رنگ مواد صورت گرفت اعلام گردید که با وجود میزان همبستگی بالای ۰/۹۹ بین داده‌های حاصل از فتوشاپ و دستگاه اندازه‌گیری رنگ Hunterlab، اما در خصوص ارزش عددی این مقادیر در صورت محاسبه پارامتر اصلاح نشده RMSD، به‌عنوان مثال این مقدار برای پارامتر  $L^*$  معادل ۱۶/۶۷۳ خواهد بود که بیانگر تفاوت آشکاری بین این دو نوع سیستم در برآورد مقادیر واقعی رنگ بوده و لذا با استفاده از فرمول‌های مربوطه مقدار اصلاح شده RMSD مجدداً حساب شده و مقدار آن برای پارامتر  $L^*$  معادل ۲/۵۶۵ بیان گردیده و همین روند برای سایر پارامترها یعنی  $a^*$  و  $b^*$  نیز صورت گرفت (جویباری و فرحناکی، ۱۳۸۸).

جدول ۳- شاخص RMSD پارامترهای  $L^*a^*b^*$  بدست آمده از برنامه Patch-Tool با سیستم  $L^*ab$  CIE، دستگاه IMG- Pardazesh و سیستم Hunterlab

Hunterlab و سیستم Pardazesh			
پارامتر	$L^*$	$a^*$	$b^*$
CIE $L^*ab$	۹/۷۵	۱۵/۸۷	۱۶/۴۲
IMG-Pardazesh	۹/۳۳	۱۵/۰۰	۱۳/۱۳
Hunterlab	۱۲/۴۳	۱۲/۱۳	۲۱/۲۸



Color Checker spectrum (24 colors, measuring from White square)

نمودار ۱- ضریب همبستگی پارامتر  $L^*$  بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم  $L^*ab$  CIE، Hunter lab و Patch Tool

جدول ۱- ضریب همبستگی پارامترهای  $L^*a^*b^*$  بدست آمده از سیستم  $L^*ab$  CIE با سیستم Hunterlab و داده‌های Patch Tool

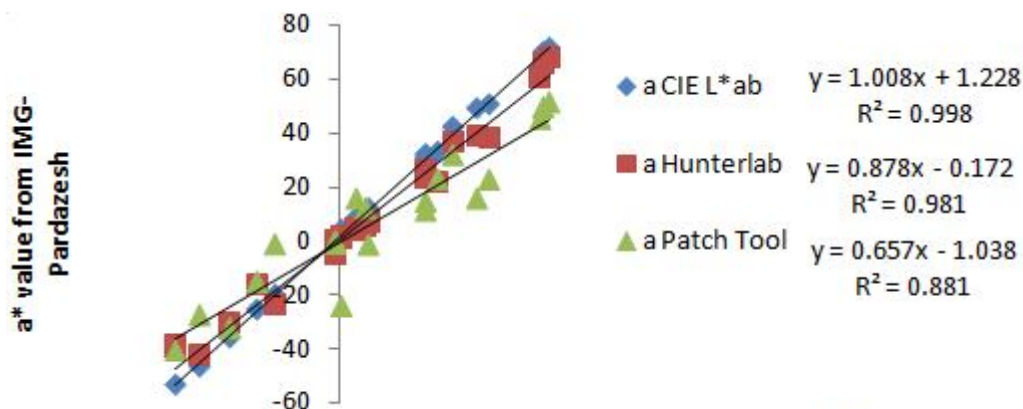
پارامتر	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Hunterlab	۰/۹۸۹	۰/۹۸۱	۰/۹۱۷
Patch Tool	۰/۹۲۸	۰/۸۷۵	۰/۸۷۰

جدول ۲- ضریب همبستگی پارامترهای  $L^*a^*b^*$  بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم  $L^*ab$  CIE، سیستم Hunterlab و داده‌های Patch Tool

پارامتر	$L^*$	$a^*$	$b^*$
CIE $L^*ab$	۰/۹۹۶	۰/۹۹۸	۰/۹۸۰
Hunterlab	۰/۹۸۳	۰/۹۸۱	۰/۸۷۱
Patch Tool	۰/۹۳۵	۰/۸۸۱	۰/۹۵۳

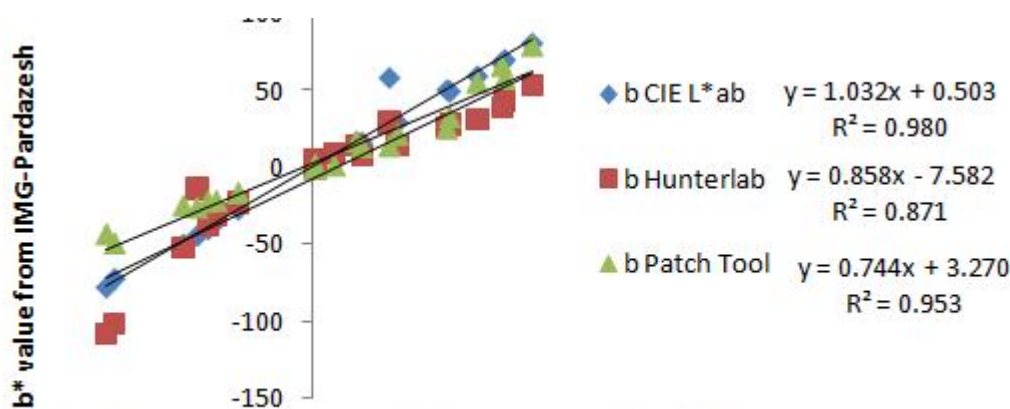
نکته قابل تامل در خصوص داده‌های مربوط به پارامترهای رنگ بدست آمده از عکس‌های دیجیتالی در مقایسه با دستگاه‌های تجاری اندازه‌گیری رنگ از قبیل Hunter color meter و Lovibond cam-system در این است که تنها معیار انتخاب، تشابه روند تغییرات در خصوص پارامترهای رنگ نمی‌باشد بلکه می‌بایست ارزش عددی داده‌های بدست آمده نیز مورد ارزیابی قرار گیرند که این کار با مراجعه به پارامتری به نام خطای جذر میانگین مربعات (RMSD) صورت می‌گیرد.

به‌عبارتی هرچه داده‌های مربوط به پارامتر RMSD کوچکتر باشند نشان‌دهنده معتبر بودن سیستم مورد آزمایش در برآورد پارامترهای رنگ در مقایسه با سیستم استاندارد می‌باشد. با توجه به داده‌های حاصل از این معادلات که در جداول ۳ ارائه شده‌اند، می‌توان به این نکته پی برد که در خصوص دستگاه اندازه‌گیری رنگ IMG-



Color Checker spectrum (24 colors, measuring from White square)

شکل ۲- ضریب همبستگی پارامتر  $a^*$  بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم  $L^*a^*b^*$ ، Hunterlab و Patch Tool



Color Checker spectrum (24 colors, measuring from White square)

شکل ۳- ضریب همبستگی پارامتر  $b^*$  بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم  $L^*a^*b^*$ ، Hunterlab و Patch Tool

$\Delta b$  به ترتیب برای پارامتر  $a^*$  و  $b^*$  که بین  $+120$  الی  $-120$  می‌باشد عدد  $240$  انتخاب گردید.

با نگاهی به داده‌های حاصل از شاخص  $e$  (فرمول ۷) در خصوص پارامترهای رنگ، روندی تقریباً مشابه با شاخص RMSD مشاهده می‌گردد بطوریکه مقدار عددی این شاخص برای  $e_a$ ،  $e_L$  و  $e_b$  دستگاه IMG-Pardazesh به ترتیب معادل  $0.776$ ،  $1/184$  و  $0.968$  برآورد گردید و این در حالی بود که همین اعداد برای سیستم  $L^*a^*b^*$  به ترتیب معادل  $0.822$ ،  $1/243$  و  $1/124$  و برای سیستم Hunterlab معادل  $1/085$ ،  $0.933$  و  $1/423$  محاسبه شد (جدول ۴) که نشان‌دهنده وجود خطای به مراتب بالاتر در تمامی پارامترها در سیستم  $L^*a^*b^*$  و خطای بسیار بالاتر در دو پارامتر  $L^*$  و  $b^*$  در سیستم Hunterlab می‌باشد. نتیجه اینکه بر مبنای این شاخص نیز می‌توان پی برد که دستگاه IMG-Pardazesh از میزان خطای کمتری در برآورد پارامترهای رنگ در مقایسه با سایر سیستم‌های بررسی شده برخوردار می‌باشد. در کل میانگین کلی مقدار خطای موجود در مورد سیستم  $L^*a^*b^*$  و

از سویی دیگر در مطالعه حاضر با توجه به دامنه‌ی عددی قابل اندازه‌گیری رنگ و یا به عبارتی مقدار کمینه و بیشینه پارامترهای قابل اندازه‌گیری در هر سه سیستم  $L^*a^*b^*$ ، Patch-color و Hunterlab که بصورت ذیل می‌باشند:

$$0 \leq L^* \leq 100$$

$$-120 \leq a^* \leq 120$$

$$-120 \leq b^* \leq 120$$

لذا دیگر نیازی به محاسبه مقدار تعدیل شده پارامتر RMSD نمی‌باشد.

شاخص مهم دیگری که می‌تواند در ارزیابی اندازه‌گیری‌های پارامترهای رنگ ( $L^*a^*b^*$ ) بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh،  $L^*a^*b^*$  و Hunterlab و مقایسه آن با سیستم استاندارد Patch Tool مورد بررسی و استفاده قرار بگیرد محاسبه خطای نرمال شده میانگین‌ها (فرمول‌های ۷-۴) می‌باشد. با توجه به دامنه‌ی عددی ذکر شده برای پارامترهای  $L^*a^*b^*$  در بالا، میزان  $\Delta L$  برای پارامتر  $L^*$  که بین  $-100$  الی  $100$  می‌باشد عدد  $100$  و  $\Delta a$  و

سیستم Hunterlab نسبت به سیستم Patch Tool در مقایسه با دستگاه IMG-Pardazesh به ترتیب حدود ۲ و ۳ برابر می‌باشد جدول ۴- مقادیر مربوط به خطای نرمال شده و میانگین خطای داده‌های بدست آمده از دستگاه IMG-Pardazesh و CIE L\*a\*b و Hunter lab در

مقایسه با سیستم استاندارد Patch-Tool				
نوع سیستم	میزان خطای نرمال شده میانگین داده‌ها			میانگین کلی خطا ( $\bar{e}$ )
	$e_b$	$e_a$	$e_L$	
دستگاه IMG-Pardazesh	۰/۹۶۸	۱/۱۸۴	۰/۷۷۶	۰/۹۷۶
CIE L*a*b	۱/۱۲۴	۱/۲۴۳	۰/۸۲۲	۱/۶۰۳
Hunterlab	۱/۴۲۳	۰/۹۳۳	۱/۰۸۵	۲/۴۹۳

CIE ( $L^*a^*b^*$ ) حاصل دستگاه IMG-Pardazesh با سیستم CIE  $L^*a^*b^*$  و سیستم Patch-Tool به ترتیب حدود ۰/۹۸ و بیشتر و ۰/۸۷ و بیشتر برآورد گردید. لذا عمده‌ترین فاکتور در داشتن اطمینان خاطر بمنظور بدست آوردن داده‌های قابل قبول در خصوص پارامترهای سه گانه رنگ استفاده از یک سیستم مناسب تهیه تصاویر دیجیتالی می‌باشد که از کیفیت مناسب بمنظور تبدیل پارامترهای RGB به  $L^*a^*b^*$  برخوردار باشد که دستگاه IMG-Pardazesh طراحی شده از این مطالعه با توجه به داده‌های بدست آمده، از این ویژگی کاملاً مطلوب برخوردار بوده و می‌تواند با اطمینان خاطر در برآورد پارامترهای رنگ مواد از آن استفاده قرار گیرد.

### قدردانی

به این وسیله از مدیریت مرکز رشد واحدهای فن‌آوری طبرستان وابسته به دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به دلیل حمایت مالی از ایده ساخت دستگاه سنجش رنگ IMG-Pardazesh Cam-System XI سپاسگزاری می‌گردد.

Leon و همکاران (۲۰۰۶) دستگاهی را بمنظور تهیه عکس دیجیتالی طراحی و ساخته تا بر مبنای سه پارامتر RGB پارامترهای سه‌گانه رنگ یعنی  $L^*a^*b^*$  را محاسبه نمایند. این پژوهشگران در ابتدا با کمک داده‌های  $L^*a^*b^*$  و XYZ بدست آمده از دستگاه مینولتا کروماتر CR200b و Hunter lab، داده‌های برآورد شده از روی پارامترهای RGB را در قالب مدل خاصی تعریف نمودند. در این پژوهش، از پنج مدل به منظور تبدیل داده‌ها به یکدیگر استفاده گردید که عبارت بودند از: مدل خطی، ربعی، گاما، مستقیم و شبکه عصبی. علاوه بر این، در تحقیق مذکور پیشنهاد گردید برآورد پارامترهای هر مدل بر مبنای به حداقل رساندن میانگین خطای مطلق محاسبه شده در مقایسه با دستگاه تجاری موجود در اندازه‌گیری رنگ صورت گیرد. بر اساس نتایج بدست آمده، مدل خطی دارای بیشترین درصد خطا (۴/۹۴٪) و مدل شبکه عصبی دارای کمترین درصد خطا (۰/۹۳٪) بود.

### نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر میزان همبستگی بین داده‌های رنگ

### منابع

- Francis, F. J., & Clydesdale, F. M. (1975). Food Colorimetry Theory and Applications. Westport.
- Jackman, P., & Sun, D.-W. (2013). Recent advances in image processing using image texture features for food quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 35-43.
- Leóna, K., Meryb, D., Pedreschic, F., & Leónc, J. (2006). Color measurement in  $L^*a^*b^*$  units from RGB digital images. *Food Research International*, 39(10), 1084-1091.
- Mendozaa, F., Dejmekb, P., & Aguileraa, J. M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 285-29
- Nobbs, J.H. & C. Connolly (2000). Camera-based colour inspection Sensor Review. MCB University Press, 20.14-19.
- Tanska, M., D. Rotkiewicz, W. Kozirok, & I. Konopka (2005). Measurement of the geometrical features and surface color of rapeseeds using digital image analysis. *Food Research International*, 38, 741-750.





## Determination of L\*a\*b\* Parameters from RGB of Digital Image by Application of IMG-Pardazesh Color Measurement Instrument

A.Jafarpour

Received: 2015.01.18

Accepted: 2015.05.03

**Introduction:** The use of computer vision technology has been highly successful in food classification in the past and it has continued this success in recent times. However, a number of opportunities to progress computer vision technology exist which are critically examined based on cost and feasibility. A range of hardware options are considered along with a range of software options. The economic cost of implementing new hardware continues to prove a major impediment. Thus future efforts need to be focused on maximizing the potential benefits of the existing hardware framework and instead concentrate on developing improved software. Of the improved software available the aspect that offers the greatest promise is more efficient analysis of food surface texture attributes which will lead to more powerful understanding of the relationships between quality factors and experimentally measured food quality.

**Materials and Methods:** In this study, the efficiency of IMG-Pardazesh instrument in color measurement in comparison with CIE L\*ab, Hunterlab and Patch Tool color systems was evaluated. The IMG-Pardazesh instrument was designed and manufactured based on CIE 45/0 standard and all measurements were performed based on the ColorChecker® 24 Patch Classic target which is an array of 24 scientifically prepared natural, chromatic, primary and gray scale colored squares in a wide range of colors. Many of the squares represent natural objects, such as human skin, foliage and blue sky. Since they exemplify the color of their counterparts and reflect light the same way in all parts of the visible spectrum, the squares will match the colors of representative sample natural objects under any illumination, and with any color reproduction process.

**Results and Discussion:** According to the results, the regression value ( $R^2$ ) of L\*a\*b\* resulted from IMG-Pardazesh compared to CIE L\*ab recorded at 0.996, 0.998 and 0.980, respectively. In comparison with Hunterlab, the values were equal to 0.983, 0.981, 0.871, and compared to Patch Tool system were 0.935, 0.881 and 0.953, respectively. However, to base an unbiased conclusion it is necessary to consider the numeric value of data that can be calculated in form of Root Mean Square Deviation (RMSD) rather than the similarity of color changes pattern. Therefore, as much as the RMSD value becomes smaller, the validity of color measuring instrument become greater compared to the standard system. RMSD was calculated following below formula:

$$RMSD_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i^* - L_p^*)^2}{n}}$$

$$RMSD_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i^* - a_p^*)^2}{n}}$$

$$RMSD_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (b_i^* - b_p^*)^2}{n}}$$

Which  $L_i^*, a_i^*, b_i^*$  are color parameter from Patch Tool system and  $L_p^*, a_p^*, b_p^*$  are color parameters from other color systems.

By calculating the RMSD index, it was revealed that numeric value of L\*a\*b\* from IMG-Pardazesh was slightly lower than that of CIE L\*ab. Compared to Hunterlab system, apart from  $a^*$  value, the RMSD was remarkably lower in  $L^*$  and  $b^*$  values. By calculating the normalized error of means ( $e$ ), the values of  $e_L, e_a$  and  $e_b$  from IMG-Pardazesh were equal to 0.776, 1.184 and 0.968, respectively, whereas, the same parameters for CIE L\*ab were recorded as 0.882, 1.243 and 1.124, respectively, and for Hunterlab system were found to be 1.085, 0.933 and 1.423. Furthermore, computing the average normalized error of means ( $\bar{e}$ ) in CIE L\*ab compared to L\*a\*b\* from IMG-Pardazesh indicated that all color parameters had higher total average error and it terms of Hunterlab again  $L^*$  and  $b^*$  showed higher error. In a study conducted by Mendoza et al. (2006) on application of



image analyzing for evaluation of food items color, the authors stated that that sRGB standard (linear signals) was efficient to define the mapping between R'G'B' (no-linear signals) from the CCD camera and a device-independent system such as CIE XYZ. The CVS showed to be robust to changes in sample orientation, resolution, and zoom. However, the measured average color was shown to be significantly affected by the properties of the background and by the surface curvature and gloss. Thus all average color results should be interpreted with caution. L\*a\*b\* system is suggested as the best color space for quantification in foods with curved surfaces. In another study on evaluation of L\*a\*b\* units from RGB parameters, Leon et al. (2006) presented five conversion models as: linear, quadratic, gamma, direct, and neural network. Additionally, a method was suggested for estimating the parameters of the models based on a minimization of the mean absolute error between the color measurements obtained by the models and/or using a commercial colorimeter for uniform and homogenous surfaces. In the evaluation of the performance of the models, the neural network model stands out with an error of only 0.93%. the same authors also stated that on the basis of the construction of these models, it is possible to find a L\*a\*b\* color measuring system that is appropriate for an accurate, exacting and detailed characterization of a food item, thus improving quality control and providing a highly useful tool for the food industry based on a color digital camera. In conclusion, the IMG-Pardazesh instrument have lower error in determination of L\*a\*b\* parameter from RGB of digital image compared to the other tested systems.

**Keywords:** Digital Image, Color Measurement, RGB, L\*a\*b\*