

Investigating Color Consistency in E-Commerce Platforms

Meysam Araghi, Mahdi Safi^{*1}, Alireza Mahmoodi Nahavandi

Department of Color Imaging and Color Image Processing, Institute for Color Science and Technology,
P.O. Box: 16765- 654, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 04-08-2025

Accepted: 13-10-2025

Available online: 09-11-2025

Print ISSN: 1735-8779

Online ISSN: 2383-2169

DOI: 10.30509/jcst.2025.167619.1269

Keywords:

Color consistency

E-commerce

Visual Perception

Color difference

Digital Display

Classic color chart.

ABSTRACT

This study investigates color inconsistency on e-commerce platforms using the ColorChecker SG chart and simulated viewing conditions across two distinct displays. Product images were captured with a smartphone camera under standardized D65 illumination and displayed on a consumer-grade Samsung SyncMaster P20500 monitor and a professional-grade EIZO CG243W monitor. Color differences between the physical reference samples and their on-screen representations were measured using a spectrophotometer and quantified using the CIEDE2000 (ΔE_{2000}) formula. The results showed that the average color difference could reach up to 8 units. This value clearly exceeds the human perceptual threshold and may lead to customer dissatisfaction. Even after accounting for camera-related errors, significant discrepancies persisted, particularly for saturated and dark hues. The EIZO monitor demonstrated superior color reproduction due to its factory calibration, wider color gamut, and higher color fidelity.

*Corresponding author: * mahdisafi@icrc.ac.ir



بررسی میزان تطابق رنگ در بن‌سازه‌های تجارت الکترونیک

میثم عراقی^۱، مهدی صفی^{۲*}، علیرضا محمودی نهاوندی^۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

۲- دانشیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

۳- استادیار، گروه پژوهشی نمایش رنگ و پردازش تصویر، پژوهشگاه رنگ، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

چکیده

این پژوهش عدم تطابق رنگ را در بن‌سازه‌های تجارت الکترونیک با استفاده از کارت رنگ استاندارد و شرایط مشاهده شبیه‌سازی‌شده روی دو نمایشگر مختلف بررسی می‌کند. تصاویر محصولات با یک دوربین گوشی هوشمند تحت نور استاندارد D65 ثبت گردیدند و سپس روی نمایشگرهای Samsung SyncMaster P20500 (نمایشگر مصرفی) و EIZO CG243W (نمایشگر حرفه‌ای) نمایش داده شدند. اختلاف رنگ بین رنگ واقعی نمونه‌ها و رنگ نمایش‌داده‌شده با طیف‌سنج اندازه‌گیری و بر اساس فرمول ΔE_{2000} گزارش شد. نتایج نشان داد که میانگین اختلاف رنگ می‌تواند تا ۸ واحد برسد. این مقدار به‌وضوح از آستانه ادراک انسانی فراتر است و ممکن است منجر به نارضایتی مشتری شود. حتی پس از حذف خطاهای ناشی از عکاسی، اختلاف رنگ در برخی رنگ‌ها به‌ویژه رنگ‌های اشباع و تیره همچنان قابل توجه باقی ماند. نمایشگر EIZO به‌دلیل واسنجی دقیق‌تر و گستره رنگی بیشتر، عملکرد بهتری از خود نشان داد.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۱

در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۴/۰۸/۱۸

شاپا چاپی: ۱۷۳۵-۸۷۷۹

شاپا الکترونیکی: ۲۳۸۳-۲۱۶۹

DOI: 10.30509/jcst.2025.167619.1269

واژه‌های کلیدی:

تطابق رنگ

فروش اینترنتی

ادراک دیداری

اختلاف رنگ

نمایشگر دیجیتال

کارت رنگ کلاسیک

۱- مقدمه

در دنیای تجارت الکترونیک، تصاویر دیجیتال جایگزین تجربه‌ی فیزیکی دیدن و لمس محصول شده‌اند. از این رو، دقت رنگ در نمایش محصولات به یکی از عوامل حیاتی در تعیین رضایت مشتریان و ایجاد تجربه خرید مثبت تبدیل شده است. مطالعات نشان می‌دهند که بیش از ۵۵ درصد مصرف‌کنندگان در صورت دریافت کالایی با رنگ متفاوت از انتظارشان، دیگر خرید نمی‌کنند و این امر می‌تواند منجر به افزایش هزینه‌های خدمات پس از فروش و آسیب به شهرت برند شود (۱، ۲). بنابراین، فروشگاه‌های اینترنتی ناگزیرند تا با به‌کارگیری ابزارها و روش‌های مناسب، دقت رنگ تصاویر محصول را در اولویت قرار دهند تا نرخ بازگشت کالا کاهش یافته و وفاداری مشتری حفظ شود (۳).

تصاویر محصول، تنها منبع اطلاعات دیداری مصرف‌کننده هستند و کیفیت آن‌ها تأثیری مستقیم بر فروش دارد (۴). در یک محیط برخط، مشتریان نمی‌توانند محصولات را لمس کنند یا از نزدیک ببینند. تصاویر با وضوح بالا و رنگ‌های دقیق، توانایی جلب توجه و ترغیب مشتری را افزایش می‌دهند. مصرف‌کنندگان برای ارزیابی اندازه، شکل و رنگ محصول به تصاویر تکیه می‌کنند و در صورت ناهماهنگی رنگ‌ها ممکن است از خرید منصرف شوند (۵، ۶). به همین دلیل، بسیاری از فروشگاه‌ها سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی در عکاسی حرفه‌ای و ویرایش تصویر انجام می‌دهند؛ اما آنچه حائز اهمیت است، حفظ یکپارچگی رنگ اصلی در فرایند پس از تولید تصویر است (۷).

فروشنندگان برخط مسئول ارائه تصاویر دقیق و واقعی از محصولات خود هستند. این موضوع مستلزم استفاده از دوربین‌ها و نمایشگرهای واسنجی‌شده^۱، کنترل شرایط نورپردازی در حین عکاسی و به‌کارگیری تنظیمات فشرده‌سازی مناسب است. عدم افشای دقیق رنگ می‌تواند منجر به ادعای تبلیغات فریبنده و مسائل حقوقی شود (۳). همچنین، فروشنندگان باید به نیازهای افراد دارای اختلالات دید رنگ توجه کنند؛ این افراد ممکن است در تشخیص برخی رنگ‌ها مشکل داشته باشند و نیازمند توضیحات متنی یا ابزارهای بررسی تباین برای دسترسی بهتر به اطلاعات رنگ باشند. بازنمایی صحیح رنگ تحت تأثیر سه گروه عامل قرار دارد:

الف - نورپردازی و شرایط عکس‌برداری: نوع منبع نور (دمای رنگ و طیف آن)، شدت و جهت نورپردازی، می‌توانند مقادیر رنگ ثبت‌شده را تغییر دهد. استفاده نامناسب از فلش یا نورهای ترکیبی با شاخص بازتولید رنگ^۲ (CRI) پایین، تا اختلاف رنگ^۳ (ΔE) بیش از ۵ ایجاد

می‌کند (۸، ۹). ثبت داده‌های خام^۴ و واسنجی با کارت‌های مرجع نظیر Color Checker می‌تواند ΔE را به زیر ۲ کاهش دهد (۱۰، ۱۱).

ب- تنظیمات و پردازش دوربین: تنظیم خودکار تعادل سفید^۵، فشرده‌سازی JPEG و الگوریتم‌های داخلی دوربین می‌توانند باعث تغییر رنگ شوند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تعادل سفید خودکار بدون پروفایل آی‌سی‌سی^۱ (ICC) قادر نیست تمام تغییرات دمای رنگ محیط را اصلاح کند (۱۲-۱۴).

ج - ویژگی‌های نمایشگر و شرایط مشاهده: نمایشگرها در بازتولید رنگ محدودیت دارند. گستره رنگ نمایشگرهای LCD عموماً در محدوده sRGB^۸ است، اما پنل‌هایی با گستره رنگ وسیع^۹ و نمایشگرهای OLED تا ۱۵۰-۱۴۰ درصد محدوده sRGB را پوشش می‌دهند؛ این تفاوت در گستره رنگ می‌تواند رنگ‌های اشباع را بیش از حد اشباع یا کم‌رنگ نمایش دهد. علاوه بر این، نور محیط و زاویه‌ی دید نیز ادراک رنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵-۱۹). برای ارزیابی کمی اختلاف میان رنگ واقعی و رنگ نمایش‌داده‌شده، از فاصله‌ی ΔE در فضای رنگ CIELAB استفاده می‌شود. مدل‌های ΔE_{76} ، ΔE_{94} و ΔE_{2000} متداول‌ترین روش‌ها هستند؛ اما ΔE_{2000} در همبستگی با ادراک انسان به‌ویژه در رنگ‌های اشباع و قسمت‌های تاریک تصویر دقت بیشتری دارد (۲۰). مطالعات پیشنهاد می‌کنند که برای کاربردهای دقیق نظیر عکاسی محصولات، ΔE کمتر از ۲ واحد باید هدف‌گذاری شود تا خطای دیداری از آستانه قابل‌تشخیص چشم انسان فراتر نرود (۲۰، ۲۱).

دقت رنگ یکی از عوامل کلیدی در بازتولید دیداری واقعی تصاویر، به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند تجارت الکترونیک، چاپ و پزشکی دیجیتال است. خطاهای رنگی می‌توانند به کاهش اعتماد کاربران و نارضایتی از محصول منجر شوند. در سال‌های اخیر، روش‌های متعددی برای بهبود دقت رنگ توسعه یافته‌اند که شامل واسنجی دستگاه‌ها، الگوریتم‌های پردازش رنگی تصویر و استفاده از کارت‌های مرجع رنگ است. از جمله موارد اجراء شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف- واسنجی دوربین و نورپردازی: به‌کارگیری کارت‌های مرجع رنگ و واسنجی دوربین با استفاده از داده‌های RAW، می‌تواند خطای رنگ را تا ۱-۲ ΔE کاهش دهد (۲۲، ۲۳، ۱۰).

ب- پروفایل ICC و مدیریت رنگ: ایجاد پروفایل ICC برای هر دوربین و نمایشگر اجازه می‌دهد تا جبران تغییرات طیفی نور و

4. Raw image format (RAW)

5. White balance

6. The International Color Consortium (ICC)

7. Color gamut

8. sRGB (standard Red, Green, Blue)

9. Wide gamut

1. Calibrated

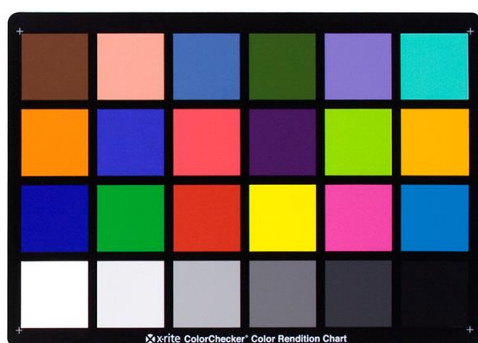
2. Color rendering index (CRI)

3. Color difference

و CIELAB با مولفه‌های L^* , a^* , b^* تحت شرایط استاندارد منبع نوری استاندارد D65 و مشاهده کننده ۱۹۶۴ (۱۰°) محاسبه شدند.

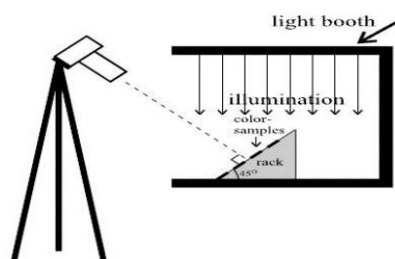
۳-۲- تصویربرداری

برای تهیه تصاویر، نمونه‌ها مطابق چیدمان نشان داده شده در شکل ۲ درون یک کابینت نور قرار گرفتند و با یک منبع نوری استاندارد D65 روشن شدند. عکس‌برداری با استفاده از دوربین یک گوشی هوشمند شیائومی (با مشخصات حسگر ۶۴ مگاپیکسلی، اندازه پیکسل ۰٫۷ میکرومتر) انجام شد. تنظیمات دوربین شامل حالت دستی برای کنترل بهتر تنظیمات بود تا حداقل خودکارسازی پردازش رنگ دوربین اعمال نشود. همچنین دقت گردید که هیچ یک از کانال‌های رنگی (R, G, B) در هیچ ناحیه‌ای از تصویر اشباع نشوند تا در محاسبات ΔE خطایی ایجاد نشود. تصاویر در قالب RAW نیز ذخیره شدند و با نرم‌افزار DCRAW در MATLAB پردازش شدند. مراحل شامل دموزیپیک^۱، عدم اعمال هیچ‌گونه تبدیل رنگی خودکار و استخراج میانگین مقادیر RGB از تعداد مشخصی پیکسل از هر پچ بود. شرایط هندسی عکس‌برداری شامل زاویه دید دوربین، فاصله تا نمونه‌ها و موقعیت منبع نور مطابق با الزامات استاندارد (۲۵) تنظیم شد.



شکل ۱: کارت رنگ Color Checker Classic شامل ۲۴ نمونه رنگی.

Figure 1: ColorChecker Classic 24 Patch.



شکل ۲: چیدمان عکس برداری.

Figure 2: The geometry of image acquisition.

پاسخ‌گویی نمایشگر انجام شود (۲۴، ۲۲).

ج- فناوری‌های نمایش آینده: ساخت نمایشگرهای با فناوری‌های جدید، که گستره رنگی بیش از فضای Adobe RGB ارائه می‌دهند، می‌توانند دقت رنگ را بهبود بخشند (۱۸، ۱۶، ۱۵). با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در فناوری‌های تصویربرداری و نمایشگرها، هنوز شکاف قابل‌توجهی در تضمین تطابق رنگ بین تصویر محصول و نمونه فیزیکی در بن‌سازه‌های تجارت الکترونیک وجود دارد. اغلب مطالعات پیشین بر بهبود کیفیت تصویر یا الگوریتم‌های پردازش رنگ متمرکز بوده‌اند، اما کمتر به ارزیابی جامع خطاهای رنگی در شرایط واقعی فروش برخط - به‌ویژه با استفاده از تجهیزات رایج مصرف‌کننده مانند گوشی‌های هوشمند و نمایشگرهای عمومی - پرداخته‌اند. علاوه بر این، بسیاری از فروشندگان اینترنتی بدون رعایت اصول استاندارد عکاسی رنگی (مانند واسنجی، نور D65 و مدیریت رنگ) اقدام به انتشار تصاویر می‌کنند. این مطالعه با هدف پر کردن این شکاف، به‌صورت تجربی تأثیر ترکیب دوربین موبایل، نور استاندارد و دو نوع نمایشگر (مصرفی و حرفه‌ای) را بر دقت رنگی محصولات بررسی می‌کند و راهکارهای عملی برای کاهش اختلاف رنگ و نرخ بازگشت کالا ارائه می‌دهد. در تحقیق حاضر تلاش شده است میزان اختلاف رنگ موجود بین رنگ واقعی و رنگ حاصل از تصویر که توسط مشاهده‌گر در فضای مجازی دیده می‌شود اندازه‌گیری و تخمین زده شود. برای اینکار میزان خطای بازتولید رنگ نمونه‌های یک دسته ۲۴ تایی در دو نمایشگر مختلف اندازه‌گیری شده است. نتایج بر اساس دو معیار نوع نمایشگر و نوع رنگ تحلیل شده‌اند.

۲- بخش تجربی

۲-۱- نمونه‌ها

در پژوهش حاضر، از کارت رنگ Color Checker Classic محصول شرکت X-rite کشور آمریکا با ۲۴ نمونه رنگی استفاده شد (شکل ۱). این کارت شامل مجموعه‌ای متنوع از رنگ‌ها با گستره وسیعی از روشنایی، فام و خلوص است. کارت رنگ مذکور، استاندارد و قابل مقایسه در میان نمایشگرها و ابزارهای اندازه‌گیری بوده و امکان استفاده از آن در شرایط کنترل‌شده نوری و تصویری فراهم است.

۲-۲- رنگ‌سنجی

داده‌های انعکاسی نمونه‌های رنگی این کارت توسط اسپکتروفتومتر پرتابل i1 (Eye-One) Pro 1 محصول شرکت X-rite از کشور آمریکا با هندسه اندازه‌گیری ۴۵°/۰° در محدوده ۳۸۰-۷۳۰ نانومتر با گام‌های ۱۰ نانومتری از طیف امواج الکترومغناطیس اندازه‌گیری شدند. داده‌های رنگ نیز در دو فضا رنگ CIEXYZ با مولفه‌های X, Y, Z

اختلاف بین روشنایی، محتوی قرمزی - سبزی و محتوی زردی - آبی را نشان می‌دهند. حداقل مقدار عددی اختلاف رنگ برابر صفر بوده که نشان‌دهنده هیچ مقدار اختلاف بین یک جفت نمونه است. با افزایش مقدار عددی اختلاف رنگ بین دو نمونه، همواره اختلاف رنگ افزایش یافته و قابل درک خواهد بود. در چنین مواردی یک حد و آستانه‌ای قابل قبول برای پذیرش یا رد نتایج مورد قضاوت و ارزیابی تعریف شده است که حسب کاربرد و ماهیت نمونه‌ها و نوع فرمول اختلاف رنگ مصرفی تغییر می‌کند (۲۹-۳۲). برای مثال در صنایع نساجی و حین استفاده از فرمول اختلاف رنگ ΔE_{2000} ، حد قابل قبول برای قضاوت قبول برای نمونه‌های رنگی مقدار $0.7-0.8$ و برای نمونه‌های خنثی مثل سیاه $0.4-0.5$ قرار داد شده است. علت انتخاب این معادلات اختلاف رنگ به دلایل زیر بوده است:

الف: معادله اختلاف رنگ ΔE_{ab}^* یک معادله عمومی و پر کاربرد در همه زمینه‌های کنترل رنگ می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که نتایج این معادله اختلاف رنگ در مقادیر بزرگ‌تر از ۵ واحد (>5) ΔE_{ab}^* با نتایج ارزیابی‌های دیداری انطباق بالایی دارد.

ب: معادله اختلاف رنگ ΔE_{2000} یک معادله عمومی و پر کاربرد در همه زمینه‌ها سفارش شده و برای ارزیابی اختلاف رنگ‌های کوچک (<5) ΔE_{ab}^* توصیه شده است.

۳- نتایج و بحث

در شکل ۳ منحنی‌های انعکاسی و در جدول ۲ داده‌های رنگ نمونه‌ها که توسط اسپکتروفوتومتر انعکاسی تعیین شده‌اند نمایش داده شده است. همچنین در جدول ۲ داده‌های رنگ به دست آمده از رنگ‌سنجی تصاویر به دست آمده از نمونه‌ها در هر دو نمایشگر گزارش شده است.

برای بازنمایش تصاویر گرفته شده از دو نمایشگر سامسونگ مدل SyncMaster P20500 به عنوان یک نمایشگر رایج مصرفی و EIZO مدل CG243W به عنوان نمایشگر حرفه‌ای واسنج‌پذیر با دقت رنگ بالا، استفاده شد. تفاوت این دو نمایشگر در گستره پوشش فضای رنگ، دقت بازتولید رنگ و توانایی واسنجی سخت‌افزاری است. نمایشگر EIZO برای کاربردهای حساس به رنگ مانند گرافیک و چاپ طراحی شده، در حالی که Samsung بیشتر کاربرد عمومی دارد. این انتخاب امکان بررسی تأثیر نوع نمایشگر بر ادراک رنگ و تصمیم خرید را فراهم می‌سازد. ابزارهای مورد استفاده در جدول ۱ خلاصه شده است. میانگین دو بار اندازه‌گیری داده‌های رنگ تصاویر تهیه شده توسط اسپکتروفوتومتر پرتابل i1 (Eye-One) Pro از روی نمایشگر در شرایط اتاق تاریک (به دور از نورهای مزاحم) محاسبه و ذخیره شدند. به عبارتی هر رنگ از کارت کلاسیک با هر دو نمایشگر مقایسه شد. کلیه محاسبات در محیط نرم‌افزار متلب (MATLAB R2015a) انجام شد.

۴-۲- تحلیل نتایج

مقدار اختلاف رنگ بین نمونه‌ها با کمک دو معادله اختلاف رنگ ΔE_{ab}^* (رابطه ۱) و ΔE_{2000} محاسبه شد (۲۶، ۲۷). معادله اختلاف رنگ ΔE_{2000} به خاطر پیچیده بودن در اینجا گزارش نشده است. اما به راحتی در خیلی از متون و مراجع علمی گزارش شده قابل دسترسی است (۲۸).

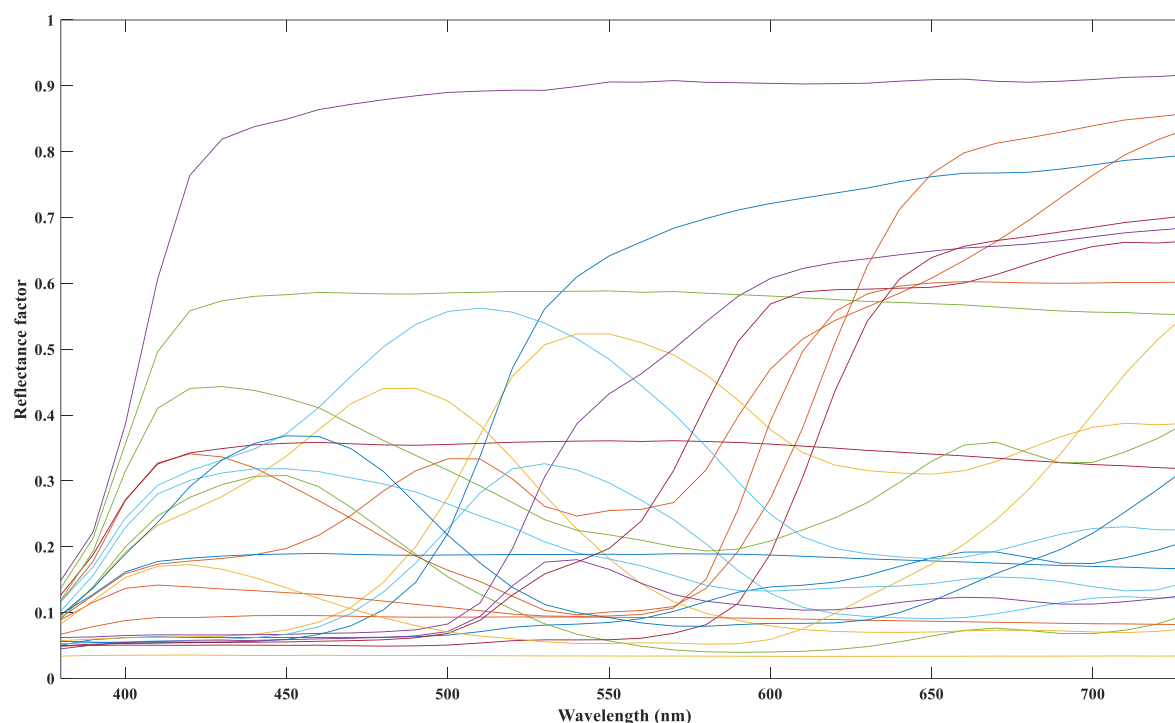
$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2] \quad (1)$$

در رابطه ۱، ΔE_{ab}^* مقدار اختلاف رنگ بین دو نمونه در فضا رنگ CIELAB می‌باشد. مقادیر دیگر یعنی ΔL^* ، Δa^* و Δb^* نیز به ترتیب

جدول ۱: ابزارهای مورد استفاده در این تحقیق.

Table 1: Tools used in this research.

Instrument	Specifications	Data	Comparison Objective
spectrophotometer i1 (Eye-One) Pro	Measurement geometry: 45°/0°	L*a*b* values as the ground-truth reference	Accurate physical reference for comparison
EIZO CG243W monitor	- Panel: H-IPS - Resolution: 1920×1200 pixels - Brightness: 300 cd/m², constant contrast 850:1 - Color coverage: 97 % Adobe RGB and 100% sRGB - Screen size: 24.1 inches - Viewing angle: 178° horizontal / 178° vertical	L*a*b* values extracted from the image	Accurate color display simulation
Samsung SyncMaster P20500 monitor	- Panel: TN+film - Resolution: 1600×900 pixels - Brightness: 300 cd/m², constant contrast 1000:1 - Color space: sRGB - Screen size: 20 inches - Viewing angle: 160° horizontal / 140° vertical	L*a*b* values from the second display	Evaluation of common consumer-grade color display



شکل ۳: منحنی‌های انعکاس طیفی نمونه‌های کارت رنگ ۲۴ تایی کلاسیک.

Figure 3: The reflectance spectrum of ColorChecker Classic 24 Patch.

جدول ۲: داده‌های رنگ نمونه‌های کارت رنگ ۲۴ تایی کلاسیک و مقادیر به دست آمده از نمایش این مقادیر در صفحه‌های نمایش.

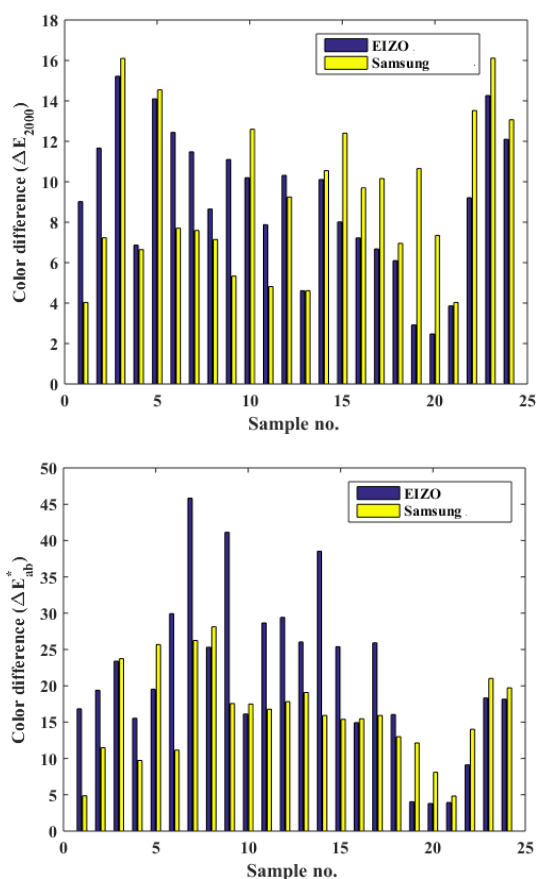
Table 2: Color data for the 24-patch Classic color chart samples and the values obtained from displaying these samples on the monitors.

	Reference data			EIZO monitor			Samsung monitor		
Reading	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	40.68	13.66	14.82	41.87	29.87	19.23	38.28	17.80	13.91
2	68.25	20.50	18.37	82.65	29.92	27.29	76.73	24.68	24.88
3	52.29	-5.40	-22.46	66.47	-13.74	-39.10	69.04	-8.74	-38.96
4	45.29	-12.60	23.16	41.97	-21.98	35.09	38.98	-13.77	30.47
5	58.98	8.13	-24.41	73.53	7.69	-37.46	69.29	9.33	-47.90
6	74.12	-34.24	0.15	87.28	-61.12	0.34	85.11	-35.62	1.45
7	65.51	37.10	59.12	67.68	74.67	85.30	60.75	56.62	76.01
8	42.45	9.49	-43.99	47.64	14.32	-68.29	46.50	18.83	-70.20
9	54.43	49.44	16.93	60.54	86.68	33.30	53.18	63.42	27.50
10	33.29	21.73	-19.72	22.17	24.78	-30.99	19.33	18.89	-29.86
11	75.55	-22.56	58.04	82.32	-32.91	83.89	75.56	-22.26	74.81
12	75.06	20.26	69.35	75.30	44.07	86.63	67.26	34.73	76.24
13	34.19	9.18	-48.47	31.69	23.52	-70.07	30.36	20.78	-63.14
14	58.01	-38.45	32.29	54.22	-71.80	51.18	48.52	-37.97	45.05

جدول ۲: ادامه.

Table 2: Continue.

Reading	Reference data			EIZO monitor			Samsung monitor		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
15	45.22	52.14	29.02	40.04	69.87	46.43	31.75	48.65	35.60
16	86.14	4.09	83.06	83.46	17.02	90.03	75.71	15.11	80.11
17	54.50	52.19	-13.26	53.65	75.48	-24.60	46.20	52.83	-26.83
18	53.57	-29.59	-28.10	56.63	-44.31	-33.69	51.56	-17.61	-32.73
19	100.96	-0.69	4.08	97.46	0.33	2.35	94.76	2.06	-5.96
20	85.15	-0.96	0.60	88.94	-1.18	0.39	82.75	1.34	-6.77
21	69.93	-0.98	0.48	73.08	-3.26	1.07	65.54	-0.46	-1.44
22	53.17	-0.634	0.09	44.26302	-2.36	1.03	39.16	-0.83	-0.36
23	38.72	-0.70	-0.63	20.81	-0.33	-4.55	18.12	0.12	-4.77
24	22.98	-0.01	-0.50	5.26	-0.35	-4.48	3.61	1.60	-3.81



شکل ۴: مقادیر اختلاف رنگ به دست آمده بین داده‌های رنگ به دست آمده از تصاویر در نمایشگرهای EIZO و نمایشگر سامسونگ با داده‌های اندازه‌گیری شده توسط اسپکتروفوتومتر.

Figure 4: The color difference values obtained between the color data extracted from images on EIZO and Samsung displays and the data measured by the spectrophotometer.

مقادیر اختلاف رنگ به دست آمده با کمک رابطه اختلاف رنگ ΔE_{2000} و ΔE_{ab}^* بین داده‌های رنگ حاصل از دو نمایشگر با مقادیر مرجع اندازه‌گیری شده توسط اسپکتروفوتومتر، در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که اختلاف رنگ میان نمونه‌های مرجع و نمونه‌های بازتولید شده در نمایشگرها قابل توجه و در بسیاری موارد محسوس است. این موضوع بیانگر آن است که در صورت عدم پیاده‌سازی صحیح مدیریت رنگ، عدم انطباق رنگی در نمایش محصولات رنگی به صورت برخط می‌تواند به تجربه دیداری نادرست مشتریان منجر شود. این امر در فروش‌های اینترنتی، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند پوشاک، لوازم زینتی (تزیینی) و محصولات وابسته به رنگ، می‌تواند به کاهش رضایت مشتری و بازگشت کالا بینجامد. نتایج فوق را می‌توان بر اساس نوع عملکرد نمایشگر و نوع رنگ مورد آزمون به شرح زیر تحلیل کرد.

۳-۱- بر اساس عملکرد کلی نمایشگرها

جدول ۳ نتایج تحلیل آماری داده‌های شکل ۴ را نشان می‌دهد. در به دست آوردن نتایج فوق، برای هیچ یک از نمایشگرهای انتخاب شده، عملیات واسنجی و توصیف انجام نشده است.

جدول ۴ گزارش شده‌اند.

بزرگ‌ترین حجم گستره رنگ متعلق به نمایشگر EIZO است که حدود ۲,۸۸ برابر بزرگ‌تر از گستره نمونه مرجع (نمودار کلاسیک) است. نمایشگر سامسونگ نیز گستره بزرگ‌تری نسبت به نمونه مرجع دارد (حدود ۱,۷۲ برابر)، اما نسبت به EIZO گستره کوچک‌تری دارد. نمونه مرجع دارای کوچک‌ترین حجم گستره است، که کاملاً طبیعی است زیرا داده‌های مرجع عموماً در فضای رنگی محدود و دقیق‌تر اندازه‌گیری می‌شوند (مثلاً CIELAB یا sRGB)، در حالی که نمایشگرها ممکن است رنگ‌ها را اشباع‌تر یا گسترده‌تر نمایش دهند. در نهایت هر دو نمایشگر حجم گستره بزرگ‌تری نسبت به نمونه مرجع نشان می‌دهند، که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش اشباع رنگی در نمایشگرها باشد.

در نمایشگر EIZO، تنها نمونه شماره ۱۹ و در نمایشگر سامسونگ نمونه‌های شماره ۱۸ و ۱۹ خارج از دامنه رنگی قابل نمایش هستند، در حالی که دیگر نمونه‌ها در محدوده گستره هر دو نمایشگر قرار می‌گیرند. نمایشگر EIZO نسبت به سامسونگ گستره رنگی وسیع‌تری دارد، که از لحاظ نظری به معنای توانایی بیشتر در نمایش دامنه وسیع‌تری از رنگ‌ها است. در بسیاری از موارد، بزرگ‌تر بودن گستره رنگی یک نمایشگر به‌تنهایی به معنای بازتولید دقیق‌تر

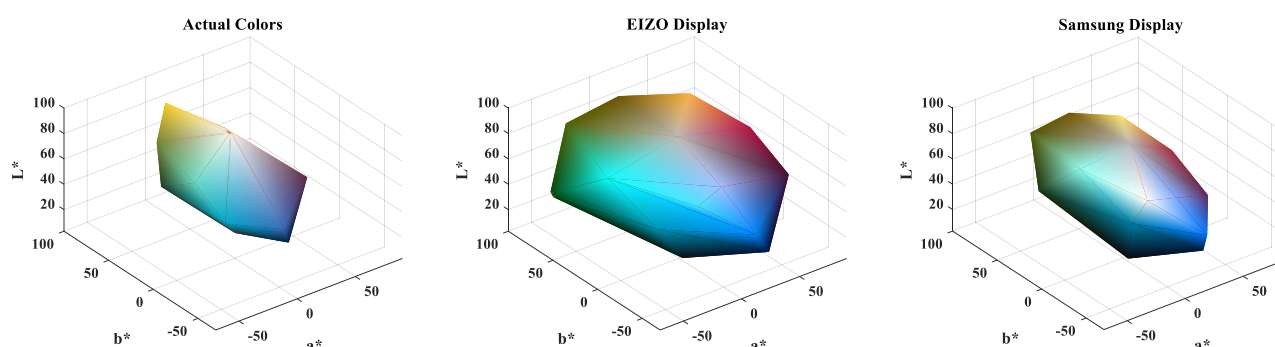
جدول ۴: حجم گستره رنگ محاسبه شده برای نمونه‌های مرجع و از

تصاویر در نمایشگرهای EIZO و Samsung.

Table 4: Calculated color gamut volume for the reference samples and the images displayed on EIZO and Samsung monitors.

Sample	Color gamut volume ($\times 10^5$)
Chart Classic	2.355
monitor EIZO	6.792
monitor Samsung	4.041

1. The convex hull volume



شکل ۵: گستره رنگ به دست آمده برای نمونه‌های مرجع و از تصاویر در نمایشگرهای EIZO و سامسونگ.

Figure 5: Color gamuts obtained for the reference samples and the images displayed on EIZO and Samsung monitors.

جدول ۳: تحلیل آماری اختلاف رنگ بین داده‌های استخراج شده از تصاویر در نمایشگرهای EIZO و سامسونگ همچنین داده‌های اندازه‌گیری شده توسط اسپکتروفتومتر.

Table 3: Statistical analysis of color differences between the data extracted from images displayed on EIZO and Samsung monitors, as well as the data measured by the spectrophotometer.

Statistical Index	ΔE_{2000} (Samsung)	ΔE_{2000} (EIZO)	ΔE^*_{ab} (Samsung)	ΔE^*_{ab} (EIZO)
Mean	9.25	9.02	16.05	21.47
Standard Deviation	3.65	3.44	6.07	10.78
Maximum	16.11	15.21	28.12	45.83
Minimum	4.03	2.47	4.82	3.80

میانگین خطای ادراک رنگ در هر دو نمایشگر نسبتاً بالا و نزدیک به هم است. این نشان‌دهنده وجود اختلاف محسوس در بازتولید رنگ نسبت به داده مرجع (اسپکتروفتومتر) است. هر دو نمایشگر عملکرد نسبتاً مشابهی دارند، اما EIZO در کمترین میزان خطا و پایداری بهتر (انحراف معیار کمتر)، عملکرد بهتری با توجه به داده‌های اختلاف رنگ ΔE_{2000} از خود نشان داده است. می‌تواند به این خاطر باشد که این نمایشگر از واسنجی دقیق، عمق رنگ بالاتر و طیف رنگ وسیع‌تر پشتیبانی می‌کند. در مقابل، نمایشگر سامسونگ به‌عنوان نمایشگر عمومی خانگی، احتمال بیشتری برای ایجاد خطای رنگی و به روز مقدار اختلاف رنگ بزرگ‌تر به‌ویژه در رنگ‌های اشباع یا تیره دارد. رنگ‌های خاصی (مثلاً آبی‌های تیره، قرمزهای اشباع، یا خاکستری‌ها) ممکن است تفاوت بیشتری در ΔE نشان دهند، که بیانگر حساسیت بالای این رنگ‌ها به تنظیمات و کیفیت نمایشگر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که نوع نمایشگر در شرایط برابر (شرایط عکاسی) نقش مهمی در انطباق رنگی در فروش اینترنتی دارد. برای بررسی بیشتر گستره و حجم گستره رنگ از داده‌های رنگ در سامانه CIELAB به صورت یک مقدار عددی در متلب با استفاده از روش حجم پوسته محدب^۱ محاسبه شد [۳۳]. نتایج در شکل ۵ و

لوتر^۶ را برآورده کنند؛ به این معنی که توابع حساسیت طیفی سنسور دوربین باید یک تبدیل خطی از توابع تطبیق رنگ CIE-1931 با زاویه دید ۲ درجه باشند. در غیر این صورت، باعث ذخیره مقادیر اشتباه در بعضی از رنگ‌ها خواهد شد. علاوه بر این، تنظیمات نادرست دوربین از جمله تعادل سفیدی اشتباه، نورسنجی ناکافی یا بیش از حد، و عدم واسنجی دقیق می‌تواند به اشباع یا افزایش نویز در کانال‌های RGB منجر شود. هنگامی که یک کانال به محدوده اشباع برسد، اطلاعات طیفی در نقاط روشن از دست رفته و

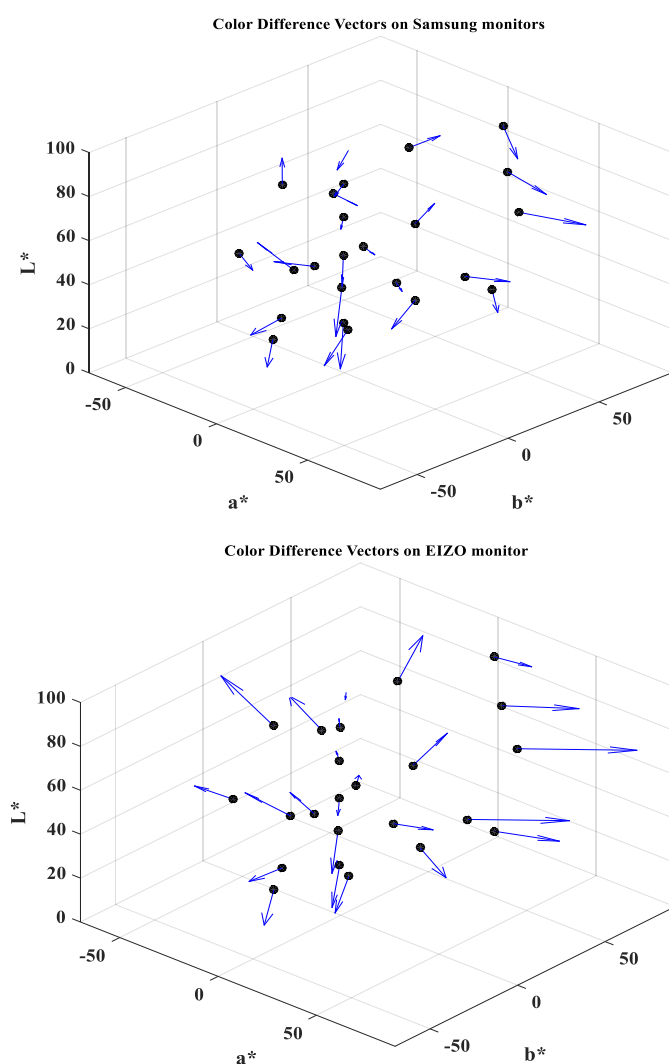
یا کیفیت بالاتر تصویر نیست. اگر نمایشگر پروفایل رنگی مناسب نداشته باشد یا داده‌های ورودی متناسب با گستره واقعی آن نباشد، علامت‌های رنگی sRGB که برای یک محدوده کوچک‌تر تعریف شده‌اند، روی یک گستره گسترده‌تر به‌درستی بازتولید نمی‌شوند. در این شرایط، برخی از رنگ‌های میانی و سایه‌ها ممکن است دچار اشباع یا تباین نامتناسب شوند و اختلاف چشم‌گیری با آنچه نویسنده یا طراح مدنظر داشته است ایجاد کنند. بنابراین، تطابق دقیق پروفایل ICC نمایشگر با فضای رنگی ورودی و مدیریت رنگ در زنجیره پردازش (از محتوای دیجیتال تا پنل فیزیکی) اهمیت بسیار بیشتری از صرفاً وسعت گستره دارد؛ در غیر این صورت، حتی گستره وسیع‌تر نیز می‌تواند منجر به دقت رنگی ضعیف‌تر و تجربه دیداری نارضایت‌بخش شود.

۳-۲- تحلیل براساس نوع رنگ

برای رنگ‌های روشن با مقدار روشنایی بالا ($L^* > 70$) مانند نمونه‌های شماره ۶، ۱۲، ۱۶، ۱۹ و ۲۰، نمایشگر EIZO عملکرد بهتری در بازتولید رنگ‌های روشن نسبت به نمایشگر سامسونگ نشان داد. مقدار L^* در EIZO معمولاً نزدیک‌تر به مقدار مرجع بود و کمتر دچار افت یا افزایش بیش از حد روشنایی شد. این ویژگی باعث می‌شود که نمایش رنگ‌های روشن در EIZO طبیعی‌تر و دقیق‌تر به نظر برسد. در مقابل، برای رنگ‌های تیره ($L^* < 50$) مانند نمونه‌های ۳، ۴، ۸، ۱۰، ۱۳، ۲۳ و ۲۴، هر دو نمایشگر خطاهای رنگی قابل توجهی داشتند. با این حال، در بیشتر موارد نمایشگر EIZO همچنان برتری نسبی خود را حفظ کرده است و نتایج آن به مرجع نزدیک‌تر بوده است. این تفاوت در نمونه‌های با روشنایی بسیار پایین (مانند نمونه‌های ۲۳ و ۲۴) بیشتر به چشم می‌خورد.

بیشترین اختلاف رنگ در رنگ‌های اشباع و با خلوص بالا به‌ویژه در نمونه‌های شماره ۷، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۷ مشاهده شد. در این موارد، هر دو نمایشگر تمایل به افزایش اشباع داشتند، ولی نمایشگر سامسونگ اغلب رنگ‌ها را به صورت اشباع‌تر و غیرواقعی‌تر بازتولید کرد. در مقابل، نمایشگر EIZO اگرچه در برخی موارد نیز دچار اشباع بیش از حد بود، اما دقت رنگی بهتری نسبت به مرجع حفظ کرده است. در شکل ۶، میزان تغییرات ظاهری رنگ نمونه‌ها در دو نمایشگر EIZO و سامسونگ نسبت به مقادیر مرجع نشان داده شده است. این نمودارها به خوبی نشان می‌دهند که اختلاف‌های رنگی به‌ویژه در رنگ‌های تیره و اشباع بسیار قابل توجه هستند.

در بسیاری از سیستم‌های تصویربرداری و نمایش، بخش قابل توجهی از خطای نهایی نمایش رنگ‌ها در نمایشگرها ریشه در فرایند عکس‌برداری و ویژگی‌های سخت‌افزاری دوربین دارد. برای ثبت دقیق رنگ‌های یک صحنه، در تئوری دوربین‌ها باید «شرط



شکل ۶: مقدار و جهت تغییرات به دست آمده از اختلاف رنگ بین تصاویر در نمایشگرهای EIZO و سامسونگ نسبت به نمونه واقعی.

Figure 6: Magnitude and direction of color differences between images displayed on EIZO and Samsung monitors and the corresponding real samples.

1. Color profile
2. Luther condition

همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، بخش عمده‌ای از خطا به مقادیر RGB ورودی ثبت‌شده توسط دوربین نسبت داده می‌شود. امکان دارد که شرکت‌های فروش اینترنتی با واسنجی و توصیف دوربین‌های خود و کنترل شرایط نوری عکس‌برداری از محصول خود باعث کاهش این خطا گردند. برای ارزیابی وضعیت ایده‌آل (که در آن دوربین کاملاً واسنجی‌شده و مقادیر خروجی آن دقیقاً با مقادیر مرجع رنگی نمایشگرها هم‌خوانی دارد) تمامی نمونه رنگ‌ها مجدداً بررسی شدند. در این تحلیل جدید فرض شد که مطابق با پیشنهاد سازنده، فضای رنگ نمایشگر سامسونگ برابر sRGB و فضای رنگ نمایشگر EIZO برابر Adobe RGB است و هیچ‌یک از نمایشگرها واسنجی نشده و از پروفایل پیش‌فرض کارخانه استفاده کردند. هدف از این کار، جداسازی تنها تأثیر عدم واسنجی نمایشگر بر نتایج بود. نتایج به‌دست‌آمده برای هر دو نمایشگر در جدول ۶ ارائه شده است.

آن نواحی در نمایشگر به‌صورت تخت یا با جابجایی رنگی قابل‌توجه دیده می‌شوند. بنابراین حتی با استفاده از نمایشگر کاملاً واسنجی شده و منطبق بر پروفایل sRGB یا Adobe RGB، خطاهایی که از مرحله عکس‌برداری وارد شده‌اند به شکل تغییر رنگ، جزئیات در سایه‌ها یا روشنایی‌ها صحیح نمایش داده نمی‌شود و دقت بازتولید رنگ را تا حد زیادی کاهش می‌دهند.

۳-۳- بررسی نتایج بدون توجه به خطای دوربین

مقادیر بالای خطا در مرحله پیشین عمدتاً ناشی از ویژگی‌های دوربین و مقادیر RGB بازگشتی از آن است. از آنجا که دوربین واسنجی نشده و شرط لوئر به‌طور کامل برقرار نیست، داده‌های ثبت‌شده با مقادیر مرجع فضای رنگی sRGB یا Adobe RGB که فضای رنگ صفحه‌های نمایش می‌باشد اختلاف معناداری نشان می‌دهد. مقادیر مرجع و مقادیر ثبت‌شده توسط دوربین در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: مقادیر مورد انتظار در فضای رنگی Adobe RGB و sRGB برای دسته و مقادیر به دست آمده توسط دوربین.

Table 5: Expected Adobe RGB and sRGB color values for the chart and the corresponding values captured by the camera.

Reading	Expected values in sRGB color space			Expected values in Adobe RGB color space			Values obtained from the camera		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	168	145	133	114	88	74	130	82	70
2	253	211	186	194	151	134	248	185	154
3	157	200	242	106	128	160	116	166	228
4	135	158	76	101	112	71	86	105	41
5	196	200	251	138	137	182	166	175	247
6	167	246	225	137	198	180	133	243	213
7	254	150	15	211	129	58	255	107	10
8	119	164	255	83	97	170	74	107	226
9	255	112	145	184	90	103	240	71	95
10	115	86	165	92	68	108	63	44	98
11	218	235	9	176	195	81	187	216	6
12	255	184	8	223	168	60	249	155	6
13	73	117	236	57	80	155	38	67	184
14	113	213	55	106	155	85	61	149	29
15	228	70	71	163	62	65	162	33	32
16	255	220	9	241	209	56	247	195	7
17	242	119	223	179	89	152	193	70	169
18	69	211	235	67	142	173	30	150	189
19	251	248	241	255	255	250	249	247	242
20	233	232	230	211	212	210	220	222	220

جدول ۵: ادامه.

Table 5: Continue.

Reading	Expected values in sRGB color space			Expected values in Adobe RGB color space			Values obtained from the camera		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
21	214	212	209	168	170	169	174	178	174
22	166	164	161	125	126	126	101	104	101
23	98	98	100	91	92	92	50	52	57
24	49	50	52	57	58	58	19	21	25

جدول ۶: داده‌های رنگ نمونه‌های کارت رنگ ۲۴ تایی Classic و مقادیر به دست آمده از نمایش این مقادیر در صفحه نمایش با حذف اثر دوربین.

Table 6: Color data of the 24-patch Classic color chart samples and the corresponding values obtained when displaying these samples on the screen, excluding the camera effect.

Reading	Reference data			monitor EIZO				monitor Samsung			
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE_{2000}	L*	a*	b*	ΔE_{2000}
1	40.68	13.66	14.82	41.19	15.42	15.14	1.38	41.8	12.09	12.57	1.87
2	68.25	20.50	18.37	68.33	22.96	18.24	1.57	67.05	20.98	14.26	3.06
3	52.29	-5.40	-22.46	53.42	-7.37	-20.77	2.17	52.78	-4.24	-23.95	1.21
4	45.29	-12.60	23.16	46.2	-13.52	23.22	1.07	46.02	-11.81	20.69	1.43
5	58.98	8.13	-24.41	59.58	8.07	-23.73	0.67	58.67	8.35	-27.85	2.04
6	74.12	-34.24	0.15	75.24	-36.83	0.72	1.34	72.84	-29.46	-4.69	4.09
7	65.51	37.10	59.12	65.12	42.68	59.49	2.78	64.52	35.9	58.23	0.95
8	42.45	9.49	-43.99	43.13	8.08	-43.07	0.9	43.81	8.25	-44.04	1.54
9	54.43	49.44	16.93	53.6	55.65	16.43	2.25	54.24	46.41	13.86	1.65
10	33.29	21.73	-19.72	33.72	22.55	-19.18	0.75	34.56	20.93	-21.41	1.66
11	75.55	-22.56	58.04	76.24	-23.07	56.66	0.79	73.68	-19.77	54.05	1.99
12	75.06	20.26	69.35	75	23.51	68.59	2.04	73.51	21.72	68.85	1.49
13	34.19	9.18	-48.47	35.23	6.38	-47.01	1.66	35.53	6.52	-48.56	2.16
14	58.01	-38.45	32.29	59.46	-41.17	31.95	1.71	56.83	-34.43	26.95	2.49
15	45.22	52.14	29.02	44.31	59.74	28.24	2.99	44.68	50.14	27.27	0.94
16	86.14	4.09	83.06	86.22	6.17	81.29	1.3	83.89	7.06	84.17	2.23
17	54.50	52.19	-13.26	53.75	57.85	-14.28	1.78	54.44	48.66	-14.29	1.3
18	53.57	-29.59	-28.10	55.11	-34.17	-26.31	2.84	53.7	-21.61	-30.51	4.24
19	100.96	-0.69	4.08	99.89	-0.59	2.2	1.77	99.71	0.58	-1.26	5.42
20	85.15	-0.96	0.60	85.68	-0.54	1.01	0.8	83.09	1.46	-5.01	6.21
21	69.93	-0.98	0.48	70.56	-1.29	0.61	0.66	68.42	0.34	-3.52	4.36
22	53.17	-0.63	0.09	53.82	-0.86	0.22	0.72	52.91	0.16	-2.92	3.07
23	38.72	-0.70	-0.63	39.69	-0.93	0.21	1.22	39.7	-0.72	-2.98	2.32
24	22.98	-0.01	-0.50	24.28	-1.25	-0.07	2.05	23.22	-0.43	-2.9	2.3

نمایشگرهای معمول می‌تواند به تجربه دیداری نادرست مشتریان منجر شود. این امر در فروش‌های اینترنتی، به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند پوشاک، لوازم تزئینی و محصولات وابسته به رنگ، می‌تواند به کاهش رضایت مشتری و بازگشت کالا بینجامد.

در این پژوهش تنها ۲۴ نمونه رنگی چارت مورد استفاده قرار گرفت؛ لازم به یادآوری است که با افزایش تعداد نمونه‌های رنگی مورد بررسی، احتمالاً بیشینه و میانگین اختلاف رنگ به‌طور قابل توجهی از مقادیر فعلی فراتر خواهد رفت.

۴-۳- راهکارهایی برای بهبود نمایش رنگ

در شرایط فعلی، تطابق رنگ در نمایشگرهای مورد بررسی با رنگ مرجع به‌ویژه در کاربردهای حساس به رنگ (مانند خرید برخط پوشاک یا لوازم آرایشی) دچار چالش جدی است. هرچند نمایشگر EIZO عملکرد بهتری نسبت به سامسونگ دارد، اما بدون واسنجی و پروفایل‌سازی هم دوربین و هم نمایشگر هیچ‌یک تطابق کامل رنگ را تضمین نمی‌کنند. در نهایت مطابق جدول ۸ راهکارهایی برای بهبود تطابق رنگ در بن‌سازهای تجارت الکترونیک ارائه شده است.

همان‌طور که در نتایج جدول ۶ مشاهده می‌شود، با فرض کالیبره بودن دوربین و استفاده از تنظیمات پیش‌فرض کارخانه‌ای برای هر دو نمایشگر، دقت رنگ به‌طور چشم‌گیری بهبود یافته است. مقادیر ΔE_{2000} برای نمایشگر EIZO به‌طور میانگین برابر ۱,۵۵ و بیشینه برابر ۲,۹۹ گزارش شده است. این مقادیر برای نمایشگر سامسونگ به ترتیب ۲,۵ (میانگین) و ۶,۲۱ (بیشینه) هستند (جدول ۷). این ارقام نشان می‌دهند که با برقراری واسنجی ایده‌آل در دوربین و حفظ پروفایل پیش‌فرض کارخانه‌ای نمایشگرها، دقت بازتولید رنگ تا حد قابل توجهی بهبود یافته و خطاهای کاهش یافته‌اند ولی بازهم مخصوصاً در صفحه نمایش سامسونگ برای نمونه‌های شماره ۶ و ۲۲-۲۴ با رنگ واقعی فاصله معناداری وجود دارد. همان‌طور که انتظار می‌رود خطای رنگ نمایشگر EIZO بسیار پایین‌تر از نمایشگر سامسونگ می‌باشد که به علت کیفیت بالاتر و واسنجی اولیه دقیق‌تر در کارخانه و همچنین قابلیت نمایش فضا رنگ بزرگ‌تر از نمایشگر سامسونگ است. گرچه با واسنجی و پروفایل‌سازی برای هر دو صفحه نمایش هر دو قابلیت نمایش رنگ‌ها خطای کمتر را دارند ولی کاربر بدون دانش فنی نمی‌تواند این کار را به درستی انجام داده و از تنظیمات کارخانه و پروفایل عمومی موجود برای نمایشگر استفاده خواهد نمود که در

جدول ۷: تحلیل آماری اختلاف رنگ بین داده‌های استخراج‌شده از تصاویر در نمایشگرهای EIZO و سامسونگ و داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط اسپکتروفتومتر با حذف اثر دوربین

Table 7: Statistical analysis of color differences between display-extracted image data (EIZO & Samsung) and spectrophotometer measurements . excluding the camera effect

Statistical Index	ΔE_{2000} (Samsung)	ΔE_{2000} (EIZO)	ΔE^*_{ab} (Samsung)	ΔE^*_{ab} (EIZO)
Mean	2.5	1.55	3.88	2.8
Standard Deviation	1.40	0.71	1.82	1.95
Maximum	6.21	2.99	8.34	7.69
Minimum	0.94	0.72	1.81	0.7

جدول ۸: راهکارهای بهبود دقت و تطبیق رنگ در تجارت الکترونیک.

Table 8: Strategies for improving color accuracy and consistency in E-commerce.

No.	Practice	Main benefit	Recommended reference	Implementation
1	Use professional displays with color-calibration tools such as X-Rite	Increased accuracy in color reproduction during visual content production	ISO 12646; ISO 14861	Calibrate and profile the display
2	Use a standard light source (D65), neutral background, and fixed camera angle/distance	Reduce lighting error and improve color reproduction accuracy	ISO 3664:2009	Standardize lighting and shooting conditions
3	Use ICC color profiles in camera, software, and display	Maintain color consistency from capture to display	ICC Profile Specifications (International Color Consortium)	Implement a color management system (CMS)
4	Use machine-learning algorithms to reconstruct the real-world appearance of skin or fabric	More accurate and realistic color prediction for products	—	Color modeling using AI

جدول ۸: ادامه.

Table 8: Continue.

No.	Practice	Main benefit	Recommended reference	Implementation
5	Provide explicit notes about possible color differences between the image and real life	Increase customer trust and reduce returns	ISO/TR 16066:2003; ISO 21041	Transparent customer notifications
6	Place a standard color chart (e.g., ColorChecker) next to the product during photography	Enable more accurate color comparison by the user or the algorithm	ISO 17321-1:2012	Include a color chart in product images
7	Provide images of the product under different lighting (daylight, tungsten, LED)	Help customers better understand the product's real appearance	CIE 15:2018 (Colorimetry)	Show product under multiple light sources
8	Offer virtual try-on so users can view the product on their body or in their space	Realistic simulation and increased engagement	Kim et al., 2021, Computers in Industry	Augmented reality (AR)
9	Embed color-profile (ICC) information in image files or use RAW images	More accurate, faithful color transfer	ISO 22028-1:2004	Use image formats that preserve color data
10	Provide hands-on training about lighting, white balance, calibration, and color management	Reduce human error in image-content production	X-Rite and Adobe training resources	Train content creators

استاندارد استفاده کرد و تأثیر نور محیط، زاویه دید و تنوع دستگاه‌های کاربر نهایی (تلفن همراه) بررسی نشد. تحقیقات آتی می‌تواند شامل ارزیابی تطبیق رنگ روی نمایشگرهای تلفن همراه و توسعه الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای جبران خطاهای رنگ باشد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت‌های مادی و معنوی پژوهشگاه رنگ تشکر و قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

۴- نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر نشان داد که ناهماهنگی و عدم تطابق رنگ میان تصاویر دیجیتال با رنگ واقعی نمونه می‌تواند به نارضایتی مشتریان و افزایش نرخ بازگشت کالا منجر شود. از این رو ضروری است تا از تجهیزات سخت‌افزاری با دقت و کیفیت بالا در زیر روشنایی مطابق استاندارد استفاده شده و فرایند پروفایل‌سازی رنگی نمایشگرها با دقت بالا انجام پذیرد. بدون رعایت اصول دقیق عکس‌برداری و فرایند استاندارد نمایش تصاویر، حتی بهترین نمایشگرها نیز قادر به بازتولید صحیح رنگ‌ها نخواهند بود. همچنین ارائه توضیحات دقیق و شفاف پیرامون رنگ واقعی محصولات به مصرف‌کنندگان کمک می‌کند انتظار آن‌ها با واقعیت تطابق یابد. این مطالعه تنها از ۲۴ رنگ

۵- مراجع

- Parker KR, Nitse PS, Tay SMA. The impact of inaccurate color on customer retention and CRM. *Informing Sci.* 2009;12:105–122. <https://doi.org/10.28945/3333>.
- Gao Q, Hu H, Liu W. E-commerce image enhancement method based on instance segmentation and background replacement. *IEEE Access.* 2024. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.1234567>.
- Nitse PS, Parker KR, Krumwiede D, Ottaway T. The impact of color in the e-commerce marketing of fashions: an exploratory study. *Eur J Mark.* 2004;38(7):898-915. <https://doi.org/10.1108/03090560410539311>.
- Park J, Lennon SJ, Stoel L. Online product presentation: Effects on mood, perceived risk, and purchase intention. *Psychol Mark.* 2005;22(9):695–719. <https://doi.org/10.1002/mar.20080>.
- Kim J, Forsythe S. Adoption of virtual try-on technology for online apparel shopping. *J Interact Mark.* 2008;22(2):45–59. <https://doi.org/10.1002/dir.20113>.
- Harsojo J, Lazaria E, Chesio A, Incra T. The aspects of online clothing store photo product which affect consumer decision making. *Indones Bus Rev.* 2022;5(1):1-22. <https://doi.org/10.21632/ibr.5.1.1>.
- Kim M, Lennon SJ. The effects of visual and verbal information on attitudes and purchase intentions in internet shopping. *Psychol Mark.* 2008;25(2):146–178. <https://doi.org/10.1002/mar.20204>.
- Ebner F, Fairchild MD. Development and testing of a color space (IPT) with improved hue uniformity. In: *Color and Imaging Conference.* 1998. Soc Imaging Sci Technol.
- Schanda J, Csuti P, Szabó F. Colour fidelity for picture gallery illumination, Part 1: Determining the optimum light-emitting diode spectrum. *Light Res Technol.* 2015;47(5):513–521. <https://doi.org/10.1177/1477153514526792>.
- Jiang J, Liu D, Gu J, Süssstrunk S. What is the space of spectral sensitivity functions for digital color cameras? In: *2013 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV).* 2013. IEEE. <https://doi.org/10.1109/WACV.2013.6475053>.

11. Burggraaff O, Schmidt N, Zamorano J, Pauly K, Pascual S, Tapia C, et al. Standardized spectral and radiometric calibration of consumer cameras. *Opt Express*. 2019;27(14):19075-19101. <https://doi.org/10.1364/OE.27.019075>.
12. Afifi M, Brubaker MA, Brown MS. Auto white-balance correction for mixed-illuminant scenes. In: *IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*. 2022. <https://doi.org/10.1109/WACV51468.2022.00123>.
13. Li J, Wang XX, Liu H. Auto white balance algorithm in digital camera. *Appl Mech Mater*. 2012;182:2080-2084. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.182.2080>.
14. Buzzelli M, Zini S, Bianco S, Ciocca G, Schettini R, Tchobanou MK. Analysis of biases in automatic white balance datasets and methods. *Color Res Appl*. 2023;48(1):40-62. <https://doi.org/10.1002/col.22893>.
15. Semenza P. Can MicroLEDs and quantum dots revitalize inorganic displays? *Inf Disp*. 2018;34(6):23-31. <https://doi.org/10.1002/id.21834>.
16. Abu Haila T, Kunst K, Khanh TQ, Wallis TS. Recent consumer OLED monitors can be suitable for vision science. *arXiv e-prints*. 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.17019>.
17. Boher P, Leroux T, Bignon T, Blanc P. Color display evaluation vs. viewing angle using L* a* b* color space and Fourier-optics measurements. *J Inf Disp*. 2011;12(4):179-190.
18. Zhao B, Xu Q, Luo MR. Color difference evaluation for wide-color-gamut displays. *J Opt Soc Am A*. 2020;37(8):1257-1265. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.37.001257>.
19. Rasouli A, Tsotsos JK. The effect of color space selection on detectability and discriminability of colored objects. *arXiv preprint*. 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.05421>.
20. Perez MM, Ghinea R, Herrera LJ, Carrillo F, Ionescu AM, Paravina RD. Color difference thresholds for computer-simulated human gingiva. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(2): E24-E30. <https://doi.org/10.1111/jerd.12373>.
21. Xu H, Yaguchi H. Visual evaluation at scale of threshold to suprathreshold color difference. *Color Res Appl*. 2005; 30(3):198-208. <https://doi.org/10.1002/col.20091>.
22. Kirchner E, van Wijk C, van Beek H, Koster T. Exploring the limits of color accuracy in technical photography. *Herit Sci*. 2021;9(1):57. <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00616-6>.
23. Varghese D, Wanat R, Mantiuk R. Colorimetric calibration of high dynamic range images with a ColorChecker chart. In: *Int Conf and SME Workshop on HDR Imaging 2014*. 2014.
24. Ahtik J. Comparison of ICC and DNG colour profile workflows based on colorimetric accuracy. *J Print Media Technol Res*. 2017;6(3):115-121.
25. Safi M, Soleymanian T, Ansari K, Benezeth Y. Measuring CMCCON02 color inconstancy index: Using digital camera as a substitute for spectrophotometer. In: *8th Int Conf on Signal, Image Processing and Pattern Recognition (SPPR 2019)*. 2019;175-181.
26. Sato T, Takada N, Ueda M, Nakamura T, Luo MR. Comparison of instrumental methods for assessing colour fastness. Part 1: Change in colour. *J Soc Dyers Colour*. 1997;113(1):17-24. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.1997.tb01841.x>.
27. ISO 105-A05:1996/Cor 2:2005. Textiles-Tests for colour fastness-Part A05: Instrumental assessment of change in colour for determination of grey scale rating.
28. Luo MR, Cui G, Rigg B. The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl*. 2001;26(5):340-350. <https://doi.org/10.1002/col.1049>.
29. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent*. 2014;42(6):637-644. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.017>.
30. Kim AR, Kim HS, Park SO. Measuring of the perceptibility and acceptability in various color quality measures. *J Opt Soc Korea*. 2011;15:310-317. <https://doi.org/10.3807/JOSK.2011.15.3.310>.
31. Jafari R, Safi M. Determining tolerance values of instrumentally measured color differences to evaluate black filament yarns. *Prog Color Colorants Coatings*. 2020;13(3):187-197. <https://doi.org/10.30509/pccc.2020.81628>.
32. Berns RS. Deriving instrumental tolerances from pass-fail and colorimetric data. *Color Res Appl*. 1996;21:459-472. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199612\)21:6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199612)21:6).
33. Shiri AH, Jafari R, Hosseinzadeh M. Review on color gamut and methods for describing its boundaries. *Stud Color World*. 2022;12(1):21-35.

How to cite this article:

Araghi M, Safi M, Mahmoodi Nahavandi AR. Investigating Color Consistency in E-Commerce Platforms. *J Color Sci Tech*. 2025;19(2):179-192. <https://doi.org/10.30509/jcst.2025.167619.1269> [In Persian].