



استاندارد ملی ایران

۵۲۴۱-۳۹۲

چاپ اول

۱۳۹۵



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

INSO

5241-392

1st.Edition

2016

Identical with
ISO 9241-129:2015

ارگونومی تعامل انسان - سیستم
قسمت ۳۹۲: توصیه‌های ارگونومی برای
کاهش خستگی دیداری ناشی از تماشای
تصاویر برجسته‌نما

**Ergonomics of human-system interaction-
Part 392: Ergonomic recommendations for
the reduction of fatigue from stereoscopic
images**

ICS:35.180;13.180

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است. تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط ۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست-محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنچس، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و سایل سنچس، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«ارگونومی تعامل انسان - سیستم - قسمت ۳۹۲: توصیه‌های ارگونومی برای کاهش خستگی دیداری ناشی از تماشای تصاویر برجسته‌نما»

رئیس:

طبباطبایی قمشه، فرهاد

(دکتری مهندسی پزشکی)

دبیر:

توکلی گلپایگانی، علی

(دکتری مهندسی پزشکی)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اباذرپور، سحر

(کارشناس ارشد ارگونومی)

احمدیه، هاجر

(کارشناسی ارشد مهندسی پزشکی)

اسکوئی‌زاده، رضا

(کارشناسی ارشد ارگونومی)

مدرس - دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی و نائب رئیس کمیته فنی

متناظر ISIRI/TC 159

عضو هیأت علمی - دانشگاه علامه طباطبایی

پرنده، فرشته آزادی

(دکتری نرم افزار)

عضو هیأت علمی - دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی و انجمن ارگونومی

ایران

پورصادقیان، محسن
(دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای - گرایش ارگونومی)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

جوادى، ندا

(کارشناسی ارشد ارگونومی)

على رفيعی

(دکتری مهندسی پزشکی)

زينل زاده، مينا

(کارشناسی ارشد ارگونومی)

سيف آقاىی، فريده

(کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای)

صادقى، سعيد

(کارشناسی ارشد مدیریت)

فرجی، رحيم

(کارشناسی ارشد)

مداحی، هادی

(کارشناسی ارشد ارگونومی)

معينيان، سيدشهاب

(کارشناسی ارشد شیمی)

نصرتی، سپيده

(کارشناسی ارشد ارگونومی)

وي راستار:

فرجی، رحيم

(کارشناسی ارشد شیمی)

سمت و/یا نمایندگی

دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

عضو هیأت علمی - دانشگاه آزاد اسلامی

مدیرعامل - شرکت ارتقاء صنعت ایمن

کارشناس مسئول - مرکز سلامت محیط کار- وزارت بهداشت و درمان و آموزش پزشکی

مدیرکل توسعه منابع انسانی و امور پشتیبانی- سازمان ملی استاندارد ایران

کارشناس مسئول - گروه مهندسی پزشکی پژوهشگاه استاندارد

دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

کارشناس مسئول - گروه پژوهشی مهندسی پزشکی - پژوهشگاه استاندارد

دانشگاه علوم بهزیستی و توانبخشی

کارشناس مسئول گروه پژوهشی مهندسی پزشکی - پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
الف	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ب	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ح	پیش‌گفتار
خ	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ تعاریف و اصطلاحات
۶	۴ مفاهیم
۶	۱-۴ چارچوب
۷	۲-۴ مروری بر عوامل
۷	۱-۲-۴ کلیات
۸	۲-۲-۴ تفاوت هندسی بین چشمی
۹	۳-۲-۴ تفاوت فتومتری بین چشمی
۱۰	۴-۲-۴ تعامل فتومتری بین چشمی
۱۱	۵-۲-۴ عدم انطباق "همگرایی-تطابق"
۱۲	۶-۲-۴ سایر عوامل قابل ملاحظه در نمایش تصاویر برجسته‌نما
۱۳	۷-۲-۴ خلاصه
۱۶	۵ توصیه‌های ارگونومی
۱۶	۱-۵ کلیات
۱۶	۲-۵ شرایط دید

صفحه	عنوان
۱۶	کلیات ۱-۲-۵
۱۶	طراحی فاصله دید ۲-۲-۵
۱۶	فاصله بین دو مردمک ۳-۲-۵
۱۷	اختلافات هندسی بین چشمی ۳-۵
۱۷	عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی ۱-۳-۵
۱۷	عدم هم‌ترازی چرخشی بین چشمی ۲-۳-۵
۱۷	اختلاف بزرگنمایی بین چشمی ۳-۳-۵
۱۷	تفاوت فتومتری بین چشمی ۴-۵
۱۷	تفاوت درخشندگی بین چشمی ۱-۴-۵
۱۸	تفاوت تباین بین چشمی ۲-۴-۵
۱۸	تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی ۳-۴-۵
۱۹	تعامل فتومتری بین چشمی ۵-۵
۱۹	تداخل ۱-۵-۵
۱۹	عدم انطباق "همگرایی-تطابق" ۶-۵
۲۰	سایر عوامل قابل ملاحظه در نمایش تصاویر برجسته‌نما ۷-۵
۲۰	استفاده از توصیه‌های ارگونومی ۶
۲۰	کلیات ۱-۶
۲۱	گزارش ۲-۶
۲۲	شرایط دید پیوست الف (الزامی)
۲۴	مقادیر عددی منظور شده برای بررسی ناراحتی و خستگی دیداری پیوست ب (اطلاعاتی)
۳۷	سایر عوامل قابل ملاحظه در نمایش تصاویر برجسته‌نما پیوست پ (اطلاعاتی)
۴۱	روش نمونه‌برداری در ارزیابی عملکرد و انطباق پیوست ت (اطلاعاتی)
۴۳	کتابنامه

استاندارد «ارگونومی تعامل انسان-سیستم- قسمت ۳۹۲: توصیه‌های ارگونومی برای کاهش خستگی دیداری ناشی از تماشای تصاویر برجسته‌نما» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در پانصد و نود و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی پزشکی مورخ ۱۳۹۵/۰۴/۲۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی/منطقه‌ای مزبور است:

ISO 9241-392:2015, Ergonomics of human-system interaction- Part 392: Ergonomic recommendations for the reduction of fatigue from stereoscopic images.

مقدمه

هنگامی که شخصی به یک جسم سه بعدی نگاه می‌کند، فاصله جانبی موجود بین دو چشم، تصویر آن جسم را با اندکی تفاوت در شبکیه هر یک از دو چشم فراهم می‌آورد. تلفیق این دو تصویر ایجاد شده در شبکیه، توسط مغز، مفهوم واحدی را در ارتباط با حس عمق فراهم می‌کند که در اصطلاح عمق نامیده می‌شود. پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی پردازش تصویر، شانس مشاهده تصاویر ساخته‌شده برجسته‌نما را به طور چشمگیری افزایش داده است. در واقع این تکنولوژی دو تصویر متفاوت ایجاد می‌کند که یکی با یک چشم و تصویر دیگر با چشم دیگر رویت می‌شود. تلفیق این دو، منجر به حس نمودن عمق تصویر در بیننده می‌شود.

تصاویر برجسته‌نما در مقایسه با تصاویر دو بعدی قدیمی، به خاطر درک و حس شدن ارتفاع واقعی آنها، از جذابیت بیشتری برخوردار هستند. نمایش تصاویر برجسته‌نما، اطلاعات واضحی از عمق اجسام را فراهم می‌کند و به همین علت، استفاده گسترده از تصاویر برجسته‌نما در زمینه‌های پزشکی و صنعت پیش‌بینی می‌گردد. قابل ذکر است، اطلاعات علمی موجود، نشان می‌دهند نمایش تصاویر برجسته‌نما بدون در نظر گرفتن خصوصیات سیستم بینایی انسان به طور مشخص و دقیق، ممکن است اثرات نامطلوبی را به بار آورند.

این استاندارد، حداقل شرایط پایه مورد نیاز برای مشاهده راحت تصاویر برجسته‌نما را بیان می‌کند. این استاندارد برای ارتقاء محیط بیننده جهت لذت بردن از مزایای مشاهده تصاویر برجسته‌نما بدون عوارض جانبی آن در نظر گرفته شده است. همچنین تکنولوژی جدید تصاویر برجسته‌نما می‌تواند در چنین محیطی به صورت فعال در زمینه‌های متنوعی گسترش و به کار گرفته شوند. هدف این استاندارد محدودیت آزادی بیان تصویر و خلاقیت هنری در فرهنگ تصویرسازی نیست.

این استاندارد براساس یافته‌های علمی در ارتباط با اثرات محتمل نامطلوب از دیدن تصاویر برجسته‌نما پایه‌گذاری شده است، و می‌تواند بر پایه داده‌های علمی جدید در آینده بازبینی شود.

این استاندارد یک قسمت از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۵۲۴۱، می‌باشد.

ارگونومی تعامل انسان - سیستم - قسمت ۳۹۲: توصیه‌های ارگونومی برای کاهش خستگی دیداری ناشی از تماشای تصاویر برجسته‌نما

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه توصیه‌هایی برای کاهش پتانسیل خستگی و ناراحتی دیداری تجربه شده در حین تماشای تصاویر برجسته‌نما تحت شرایط تعریف شده، می باشد. خستگی و ناراحتی دیداری ممکن است بر اثر محرک‌های نوری از تصاویر سه‌بعدی متفاوت که به صورت دو چشمی ارائه می‌گردند، ایجاد شود.

همچنین این استاندارد برای دیدن تولیدات نهایی نمایش‌های تصاویر برجسته‌نما، که بستگی به محتوای تصویر و صفحه نمایشگر تحت یک شرایط مناسب تعریف شده دارند، کاربرد دارد. بنابراین، این توصیه‌ها برای افرادی که مسئول طراحی، تولید و تأمین محتوای این نوع تصاویر بوده، همچنین برای نمایشگرهای تصاویر سه‌بعدی در نظر گرفته شده است.

یادآوری ۱- برای آگاهی از شرایط مناسب تعریف شده برای تماشای تصاویر سه‌بعدی، به پیوست ب مراجعه شود.

توصیه‌های ارائه شده در این استاندارد، برای انواع نمایشگرهای تصاویر برجسته‌نما، مانند عینک‌ها و نمایشگر-های برجسته‌نمای خودکار دو دید، نمایشگرهایی که بر روی سر نصب می‌شوند و پروژکتورها کاربرد دارد. همچنین این توصیه‌ها برای محتوای تصاویری که قرار است توسط نمایشگرهای ذکر شده در بالا نمایش داده شوند و نمایش‌های برجسته‌نمایی که به واسطه ترکیبی از تصاویر و نمایشگرها مورد توجه هستند، کاربرد دارد.

یادآوری ۲- مرجعی از معیارهای عددی در پیوست پ ارائه شده است.

یادآوری ۳- ممکن است الزامات و توصیه‌هایی به صورت خاص برای محتوای تصاویر سه‌بعدی و نمایشگرهای سه‌بعدی لازم شود که نیاز به مقرر نمودن دستورالعمل‌های دیگری با ارجاع به این استاندارد باشد.

یادآوری ۴- ITU به طور کلی استانداردها را برای انتشار تنظیم می‌کند.

یادآوری ۵- پیوست ث از استاندارد ISO 9241-303:2011 درخصوص نمایشگرهای مجازی، که برای آن دسته از نمایشگرهایی که بر روی سر نصب می‌شوند در نظر گرفته شده و یک راهنما ارائه می‌کند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های آن بکار می‌رود.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 9241-303, Ergonomics of human – system interaction- Part 303: Requirments for electronic visual displays.

۳ تعاریف و اصطلاحات

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

عمق

stereopsis

آنچه که از فضای سه‌بعدی به عنوان عمق، توسط دو چشم، به صورت دیداری درک می‌شود.

یادآوری ۱- برای ورود به این بحث، به بند ۳-۳-۴۰ از استاندارد ISO 9241-302:2008 مراجعه شود.

۲-۳

اختلاف دید دو چشم

binocular parallax

به تفاوت ظاهری به وجود آمده از تشخیص موقعیت یک جسم میان هریک از چشم‌ها وقتی به صورت جداگانه آن جسم را مشاهده می‌کنند، در حالی که سر در یک وضعیت ثابت باقی می‌ماند، گفته می‌شود.

یادآوری ۱- برای ورود به این بحث، به بند ۲-۲-۱ از استاندارد ISO/TR 9241-331:2012 مراجعه شود.

یادآوری ۲- میزان اختلاف دید دو چشم در تشخیص موقعیت یک نقطه، معادل است با زاویه نوری بین محورهای بینایی دو چشم وقتی که در یک نقطه تثبیت شده باشند.

۳-۳

اختلاف دید افقی

horizontal disparity

تفاوت در موقعیت نسبی تصویر دیداری ایجاد شده از یک جسم، میان دو شبکیه چشم را گویند.

یادآوری ۱- برای ورود به این بحث، به بند ۳-۵-۲۶ از استاندارد ISO 9241-302:2008 مراجعه شود.

۴-۳

زاویه خط دید

vergence angle

زاویه میان محورهای دیداری چشم‌های راست و چپ را گویند.

یادآوری ۱- برای ورود به این بحث، به بند ۳-۵-۵۵ از استاندارد ISO 9241-302:2008 مراجعه شود.

۵-۳

تطابق

accomodation

تنظیم عدسی چشم به منظور تلاش برای متمرکز نمودن تصویر جسم در شبکیه، با توجه به تغییراتی که در فاصله جسم ایجاد می‌شود.

یادآوری ۱- تطابق همچنین می‌تواند فرآیند تنظیم فاصله کانونی یک عدسی باشد.

یادآوری ۲- تطابق همچنین می‌تواند به افزایش قدرت عدسی چشم اشاره داشته باشد.

یادآوری ۳- برای ورود به این بحث، به بند ۱-۵-۳ از استاندارد ISO 9241-302:2008 مراجعه شود.

۶-۳

حرکت دیداری کروی

visual global motion

بازه فضایی گسترده از حرکات دیداری، متشکل از سرعت‌ها و جهت‌های مختلف که به صورت نظام‌مند در یک جسم متحرک هم تراز شده‌اند.

یادآوری ۱- به طور عمده شش نوع حرکت کروی دیداری وجود دارد که مربوط به انواع مختلفی از حرکات یک دوربین حین عکسبرداری از تصاویری است که در امتداد و حول محورهای عمودی^۱، عرضی^۲ و افقی^۳ حرکات انتقالی^۴ و چرخشی^۵ دارند.

1- Pitch
2- Yaw
3- Roll
4- Tranlation
5- Rotation

۷-۳

نمایشگر برجسته‌نما

stereoscopic display

دستگاه و یا سامانه نمایشگری که به علت ایجاد اختلاف دید دو چشمی، درک عمق را ممکن می‌سازد، (به بند ۳-۲ مراجعه شود).

یادآوری ۱- افراد با توجه به اختلاف تصویر ایجاد شده در شبکیه که بر اثر اختلاف دید دو چشمی تولید می‌شود عمق را درک می‌کنند.

۸-۳

محتوای تصاویر برجسته‌نما

stereoscopic image content

مجموعه‌ای از اطلاعات که هنگام نمایش تصاویر برجسته‌نما (به بند ۳-۹ مراجعه شود) بر روی نمایشگر برجسته‌نما (به بند ۳-۷ مراجعه شود) ارائه می‌شود.

۹-۳

تصاویر برجسته‌نما

stereoscopic images

مجموعه‌ای از تصاویر که بر روی نمایشگر برجسته‌نما نمایش داده می‌شود.

۱۰-۳

نمایش برجسته‌نما

stereoscopic presentation

نمایش تصاویر برجسته‌نما بر روی نمایشگر برجسته‌نما را گویند.

۱۱-۳

نمای برجسته‌نما

stereoscopic view

نمای واحدی که در نتیجه تلفیق دو نمای چپ و راست ایجاد شده از نمایش برجسته‌نما (به بند ۱۰-۳ مراجعه شود)، منجر به ایجاد عمق (به بند ۱-۳ مراجعه شود) در تصویر می‌شود.

۱۲-۳

عدم‌هم‌ترازی عمودی بین چشمی

interocular vertical misalignment

تفاوت بین موقعیت عمودی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۳-۳

عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی

interocular rotational misalignment

تفاوت بین موقعیت چرخشی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۴-۳

تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی

interocular magnification difference

تفاوت میان ابعاد ظاهری نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۵-۳

تفاوت هندسی بین چشمی

interocular geometrical difference

عدم‌هم‌ترازی هندسی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما که شامل عدم‌هم‌ترازی عمودی بین چشمی (۳-۱۲)، عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی (۳-۱۳)، و تفاوت در بزرگ‌نمایی بین چشمی (۳-۱۴) می‌باشد.

۱۶-۳

تفاوت درخشندگی بین چشمی

interocular luminance difference

تفاوت در میزان درخشندگی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۷-۳

تفاوت تباین بین چشمی

interocular contrast difference

تفاوت در میزان تباین درخشندگی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۸-۳

تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی

interocular chromaticity difference

تفاوت در میزان رنگ‌پذیری نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما را گویند.

۱۹-۳

تفاوت فتومتری بین چشمی

interocular photometric difference

عدم انطباق فتومتری نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما که شامل تفاوت درخشندگی بین چشمی (۳-۱۶)، تفاوت تباین بین چشمی (۳-۱۷)، و تفاوت رنگ‌پذیری^۱ بین چشمی (۳-۱۸) می‌باشد.

۲۰-۳

عدم انطباق "همگرایی- تطابق"

accommodation-convergence mismatch

تفاوت در اطلاعات مربوط به فاصله حاصل از تحریک تطابق (به زیربند ۳-۵ مراجعه شود)، و همگرایی یک جسم را گویند.

یادآوری ۱- عدم انطباق همگرایی-تطابق می‌تواند زمانی که تصویر بر روی یک صفحه مقعر (مانند سطح نمایشگر برجسته‌نما) نمایش داده می‌شود ایجاد شود، که کاملاً نزدیک‌تر و یا دورتر از بیننده نسبت به جایی که تصاویر شبیه‌سازی می‌شوند باشد.

۲۱-۳

طراحی فاصله دید

design viewing distance

فاصله و یا بازه‌ای از فاصله بین چشم‌های بیننده و صفحه نمایشگر برجسته‌نما، که برای نمایش برجسته‌نما، طراحی شده است.

۴ مفاهیم

۴-۱ چارچوب

در این استاندارد، برای کاهش خستگی و ناراحتی دیداری احتمالی که هنگام تماشای تصاویر برجسته‌نما تجربه می‌شود، توصیه‌هایی بر مبنای بازنگری عواملی (به زیربند ۴-۲ مراجعه شود) که با توجه به محرک‌های نوری حاصل از نمایش دوچشمی تصاویر مختلف برجسته‌نما تعریف می‌شوند، ارائه شده است. بنابراین، سایر استانداردهای ویژه برای هر یک از انواع محتوای تصاویر برجسته‌نما و یا نمایشگرهای برجسته‌نما می‌توانند با ارجاع به این استاندارد مدنظر قرار گیرند.

1- Chromatoicity

۴-۲ مروری بر عوامل

۴-۲-۱ کلیات

این استاندارد بر روی عوامل اصلی که پتانسیلی برای تحریک خستگی و ناراحتی دیداری هنگام تماشای تصاویر برجسته‌نما هستند، تمرکز دارد. این عوامل، که در زیر فهرست‌وار آمده است، به طور تجربی و به شکل گسترده‌ای در متون علمی تعیین و شناخته شده‌اند. از آنجا که این عوامل تحت تأثیر شرایط دید تصاویر برجسته نما، مانند فاصله دیداری هستند لذا این شرایط باید مشخص شده باشند.

(۱) تفاوت هندسی بین چشمی: عدم‌هم‌ترازی عمودی داخل چشم، عدم‌هم‌ترازی چرخشی داخل چشم و تفاوت در بزرگ‌نمایی داخل چشم

(۲) تفاوت فتومتری بین چشمی: تفاوت درخشندگی داخل چشم، تفاوت تباین^۱ داخل چشم و تفاوت رنگ-پذیری داخل چشم.

(۳) عدم انطباق «همگرایی-تطابق»

(۴) سایر عوامل قابل‌ملاحظه در نمایش تصاویر برجسته‌نما: غیرهمزمانی موقتی بین چشمی، حرکت دیداری که منجر به بیماری ناشی از حرکت می‌شود و محدودیت‌های خط دید.

در اعمال این دستورالعمل، باید درجه اهمیت عوامل ذکر شده در بالا، بر اساس چهار عنوان فهرست شده در زیر لحاظ شوند:

الف) تأثیرگذاری: مقدار احتمالی که یک عامل ممکن است سبب خستگی و ناراحتی دیداری در بیننده تصاویر برجسته‌نما شود.

ب) اجتناب‌ناپذیر بودن: اثر یک عامل تا چه حد می‌تواند کاهش یابد، به ویژه هنگامی که منشأ عوامل ممکن است به اصول نمایش تصاویر برجسته نما مرتبط باشد.

پ) تجمیع داده‌های علمی: اینکه آیا داده‌های علمی که ارتباط بین عوامل و خستگی و ناراحتی دیداری، همچنین کاربرد عملی آنها را برای یک دستورالعمل ارگونومی تعیین می‌کنند به میزان کافی جمع‌آوری شده است.

ت) در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری و سنجش: اینکه آیا روش‌های اندازه‌گیری و سنجش برای ارزیابی محصولات به آسانی در دسترس هستند.

در زیر بندهایی که در ادامه آمده است، عوامل اصلی عنوان شده در بالا (شماره ۱ تا ۴) بر حسب موارد الف تا ت مرتب شده‌اند.

۴-۲-۲ تفاوت هندسی بین چشمی

۴-۲-۲-۱ کلیات

تفاوت هندسی بین چشمی به عدم هم‌ترازی هندسی نمای چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما مانند هم‌ترازی عمودی داخل چشم، عدم هم‌ترازی چرخشی داخل چشم، و تفاوت در بزرگ‌نمایی داخل چشم اشاره دارد و تفکر عمده بر این است که سبب القاء خستگی و ناراحتی دیداری می‌شود. عدم هم‌ترازی هندسی نمای چپ و راست یک نمایش برجسته‌نما، توسط تعامل میان تفاوت‌های تصاویر و نمایشگرهای برجسته‌نما تعیین می‌شود.

۴-۲-۲-۱ تأثیرگذاری

تفاوت هندسی بین چشمی، حتی تفاوت نسبتاً کوچک هم، به راحتی می‌تواند موجب القاء ناراحتی و بروز مشکل در تلفیق تصویر توسط هر دو چشم شود.

۴-۲-۲-۳ اجتناب‌ناپذیر بودن^۱

اختلاف هندسی بین چشمی می‌تواند به دلیل عدم هم‌ترازی دوربین‌های چپ و راست در تصویربرداری از تصاویر برجسته‌نما و یا به دلیل عدم هم‌ترازی تصاویر نمایش داده شده چپ و راست یک نمایشگر برجسته‌نما که نمی‌تواند این تصاویر را در چارچوب خاص نمایش دهد، باشد. این اختلاف می‌تواند با ایجاد اصلاحات در حین ویرایش تصویر توسط تنظیم دستگاه‌ها و تنظیمات دقیق شرایط دید تا حدی کاهش یابد.

۴-۲-۲-۴ تجمیع داده‌های علمی

اگرچه داده‌های علمی درباره وضعیت ابعاد تصویر برجسته‌نمایی که عموماً در منزل مورد استفاده قرار می‌گیرد، وجود ندارد، اما داده‌های اصلی که رابطه بین هر عامل و ناراحتی را تعیین می‌کنند، جمع‌آوری شده است (به مراجع ۱۳ و ۱۹ از کتاب‌نامه مراجعه شود) و می‌تواند به عنوان یک مرجع کاربردی، مورد استفاده قرار گیرند.

۴-۲-۲-۵ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

بسته به ضرورت و امکانات موجود، اندازه‌گیری بر روی محتوا، نمایشگر، و نمود نهایی حاصل از نمایش تصاویر برجسته‌نما، می‌تواند بصورت جداگانه انجام شود. در مرحله اول، اندازه‌گیری محتوای تصویر برجسته‌نما می‌تواند به وسیله تجزیه و تحلیل هندسی انجام شود که از این طریق، عوامل عدم هم‌ترازی عمودی چشم، عدم هم‌ترازی چرخشی بین چشمی و اختلافات عدم هم‌ترازی بین چشمی می‌توانند جداگانه به عنوان عامل اعوجاج نوری که به دلیل انحراف لنز ایجاد شده است، استخراج شوند. در مرحله دوم، سنجش نمایشگرهای برجسته‌نما می‌تواند با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری نوری انجام شوند. در مرحله سوم، سنجش نمایش برجسته‌نما می‌تواند به شکل ترکیبی از اندازه‌گیری نوری کل تصویر برجسته‌نما، و تجزیه و تحلیل هندسی تصویر انجام شود.

1- Inevitability of factor

۴-۲-۳ اختلاف فتومتری بین چشمی

۴-۲-۳-۱ کلیات

اختلاف فتومتری بین چشمی به عدم تطابق فتومتری بین نمای چپ و راست یک نمایش برجسته‌نما از قبیل تفاوت درخشندگی بین چشمی، تفاوت تباین بین چشمی و تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی که عموماً باعث القای خستگی دیداری و ناراحتی می‌شود، اشاره دارد. عدم تطابق فتومتری بین نماهای چپ و راست یک نمایش برجسته‌نما، توسط تعامل بین اختلاف تصاویر برجسته‌نما و نمایشگر برجسته‌نما تعیین می‌شود.

۴-۲-۳-۲ تأثیرگذاری

هنگامی که اختلاف فتومتری بین چشمی در میزان نسبتاً زیادی وجود داشته باشد، ممکن است موجب ناراحتی شود. (به مراجع ۲ و ۱۱ از کتاب‌نامه مراجعه شود).

۴-۲-۳-۳ اجتناب‌ناپذیر بودن

اختلاف فتومتری بین چشمی می‌تواند به دلیل تفاوت فتومتری بین دوربین‌های چپ و راست در حین تصویربرداری از تصاویر برجسته‌نما و/یا به دلیل تفاوت فتومتری بین تصاویر نمایش داده شده چپ و راست در یک نمایشگر برجسته‌نما باشد. این تفاوت با تغییر و ویرایش تصویر و تغییر ابزار، تا حدی کاهش می‌یابد. از آنجا که درخشندگی، تباین و رنگ‌پذیری در یک نمایشگر برجسته‌نما عموماً به صورت متقابل با هم ارتباط دارند، به صورت مستقل از هم قابل بررسی نمی‌باشند.

۴-۲-۳-۴ تجمیع داده‌های علمی^۱

اطلاعات محدودی درخصوص تعیین رابطه اختلاف فتومتری بین چشمی و ناراحتی وجود دارد (به مراجع ۲ و ۱۱ از کتاب‌نامه مراجعه شود). برخی شرایط مانند ابعاد نمایشگر، شرایط روشنایی محیط اطراف، مدت زمان و فرکانس نمایش می‌توانند به عنوان عوامل کمک‌کننده لحاظ شوند.

۴-۲-۳-۵ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

اندازه‌گیری می‌تواند بسته به ضرورت و امکان، برای محتوای تصویر برجسته‌نما، و نمایشگر برجسته‌نما و یا برای محصولات نهایی نمایش برجسته‌نما جداگانه انجام شود. در مرحله اول، اندازه‌گیری محتوای تصویر برجسته‌نما از مقایسه نتایج فتومتری بدست آمده برای نقاط متناظر در محتوای تصویر چپ و راست انجام می‌شود. در مرحله دوم، سنجش صفحه نمایش برجسته‌نما عموماً با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری نوری در دسترس انجام می‌شود. هرچند که معمولاً اندازه‌گیری‌ها بسته به نوع نمایشگر برجسته‌نما متفاوت است. در مرحله سوم، سنجش نمایش برجسته‌نما توسط ترکیبی از اندازه‌گیری‌های نوری کل تصویر برجسته‌نما و مقایسه نتایج فتومتری به دست آمده برای نقاط متناظر چپ و راست تصویر انجام می‌شود.

1- Accumulation of scientific knowlegde

۴-۲-۴ تعامل فتومتری بین چشمی

۴-۲-۴-۱ کلیات

تعامل فتومتری بین چشمی اشاره دارد به تعامل ناخواسته فتومتری از قبیل سیگنال‌های تداخلی^۱ که بر روی دید چشم بواسطه داده‌های تصویری در چشم دیگر تأثیر می‌گذارد.

۴-۲-۴-۲ تأثیرگذاری

سیگنال‌های تداخلی به عنوان «یک عامل ابتدایی تأثیرگذار بر کیفیت تصویر» از نمایش برجسته‌نما شناخته شده است و ممکن است ناراحتی را القاء کند. (به مراجع ۱۱ و ۲۶ از کتابنامه مراجعه شود)

۴-۲-۴-۳ اجتناب‌ناپذیر بودن

سیگنال‌های تداخلی می‌توانند در حین ضبط کردن، ارسال، ذخیره، ویرایش، نمایشگر و مراحل جداسازی اتفاق بیفتند، اما بسیاری از مطالعات این حوزه بر روی نمایشگر و مراحل جداسازی تمرکز کرده‌اند که می‌توانند عمده‌ترین مراحل وقوع سیگنال‌های تداخلی باشند. سیگنال‌های تداخلی می‌توانند با تنظیم دستگاه‌ها تا حدی کاهش یابند، (به مرجع ۲۴ از کتابنامه مراجعه شود).

۴-۲-۴-۴ تجمیع داده‌های علمی

با اینکه سیگنال‌های تداخلی تصاویر برجسته‌نما به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (به مرجع ۲۴ برای بازنگری و مراجع ۱۱، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ از کتابنامه مراجعه شود) اما مطالعات این حوزه لزوماً حاوی گزارش‌هایی درخصوص تأثیرات بر روی خستگی دیداری و ناراحتی نمی‌باشد. علاوه بر این، بازه خصوصیات کمی عددی بیش از ده برابر مطالعات این حوزه متنوع است و گاهاً شرایط تجربی (آزمایشی) مرتبط با تصاویر دیداری، ابزارهای دیداری و غیره واضح نیستند. شرایط اختلاف دید دو چشمی و تباین می‌توانند به عنوان اصلی‌ترین عوامل سهمیم در این خصوص مورد توجه باشند. برای کمی‌سازی سیگنال‌های تداخلی چندین روش مطرح شده است. با این حال لزوماً مرتبط به ادراک نیستند. درنهایت، سیگنال‌های تداخلی با استفاده از معادلات متنوعی، که گاهاً منجر به سوء تفاهم‌هایی هم می‌شوند، کمی‌سازی می‌گردند.

۴-۲-۴-۵ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

برای اندازه‌گیری سیگنال‌های تداخلی می‌توان از ابزارهای اندازه‌گیری نوری استفاده کرد. در حقیقت، در روش‌های اندازه‌گیری گزارش شده، از ابزارهای نوری برای اندازه‌گیری استفاده شده است. در هر حال، روش‌های اندازه‌گیری بسته به نوع نمایشگر برجسته‌نما متفاوت است (به استاندارد ISO / TR 9241-331 مراجعه شود). روش‌های اندازه‌گیری که از مقیاس خاکستری استفاه می‌کنند هنوز برای صفحه نمایش برجسته‌نما تصویب نشده است چرا که در فرایند سیگنال‌های تداخلی بسیار غیرخطی است.

۴-۲-۵ عدم انطباق "همگرایی- تطابق"

۴-۲-۵-۱ کلیات

در نمایش برجسته‌نما، وقتی هدف‌های دیداری در مقابل یا پشت سطوح صفحه نمایش برجسته‌نما شبیه‌سازی می‌شوند، می‌توانند بین فاصله عدم‌تطابق و همگرایی تفاوت داشته باشند. عامل عدم‌انطباق «همگرایی- تطابق» بین محرک‌های عدم‌تطابق و همگرایی اشاره می‌کند و احتمالاً می‌تواند ناراحتی‌های دیداری را القاء کند.

۴-۲-۵-۲ تأثیرگذاری

ناراحتی دیداری مربوط با طیف وسیعی از عمق شبیه‌سازی شده به صورت تجربی تصویب شده است و همچنین به صورت آزمایشی مشاهده گردیده است (به مراجع ۴، ۵، ۱۷، ۲۲ از کتابنامه مراجعه شود). با این حال تفاوت‌های اختصاصی زیادی در تأثیر عدم‌انطباق «همگرایی- تطابق» بر روی ناراحتی وجود دارد. نتایج به دست آمده اساساً به مطالعات این حوزه دلالت می‌کند.

۴-۲-۵-۳ اجتناب‌ناپذیر بودن

نمایشگر برجسته‌نما مشمول در دامنه کاربرد این استاندارد، در اصل شامل این عامل برای نمایش برجسته‌نما می‌باشد. مناطق غیرحساسی از تطابق و همگرایی وجود دارند که به ترتیب به عنوان عمق تمرکز و تثبیت اختلاف به نظر می‌رسند. بنابراین تأثیر این عامل می‌تواند به واسطه کاهش عمق شبیه‌سازی شده اشیاء دیداری از سطح نمایشگر برجسته‌نما، تا حدی کاهش یابد.

۴-۲-۵-۴ تجمیع داده‌های علمی

داده‌های آزمایشگاهی مختلفی برای عدم انطباق همگرایی- تطابق گزارش شده است (به مرجع ۱، ۳، ۱۵، ۲۱ از کتابنامه مراجعه شود). اگرچه شماری از شرایط؛ مثل توزیع فضایی عمق شبیه‌سازی شده (خصوصاً در رابطه با تجاوز لبه‌های صفحه نمایش)، تغییرات زمانی، اندازه و مدت زمان تصاویر نمایش داده شده، باقی می‌مانند که نیاز بیشتری جهت بررسی دارند.

۴-۲-۵-۵ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها، اساساً هم برای نمایشگرهای برجسته‌نما و هم محتوای تصاویر برجسته‌نما انجام شده است. اختلاف دید نسبی در نمایشگرهای برجسته‌نما و محتوای تصویر برجسته‌نما برحسب سطح نمایشگر می‌تواند توسط سنج‌های نوری^۱ و یا تجزیه و تحلیل هندسی محتوای تصویر ارزیابی گردد.

۴-۲-۶ سایر عوامل قابل‌ملاحظه برای نمایش برجسته‌نما

۴-۲-۶-۱ کلیات

عوامل قابل ملاحظه دیگری، نظیر عدم همزمانی موقتی بین چشمی، حرکت دیداری منجر به بیماری ناشی از حرکت و وسعت خط دید وجود دارند. این عوامل به ترتیب به صورت زیر تعریف می شود:

(۱) تفاوت زمانی تصاویر متناظر چپ و راست که به صورت برجسته‌نما نمایش داده می‌شوند،

(۲) حرکات کروی دیداری و دیگر بازه‌های فضایی وسیع حرکتی که می‌توانند منجر به بیماری حرکت شوند،

(۳) وسعت خط دید نقطه‌ای است که در آن محورهای دیداری دو چشم در ماوراء نقطه‌ای که با یکدیگر هم راستا هستند، از هم دور می‌شوند.

۲-۶-۲-۴ عدم همزمانی موقتی بین چشمی

۱-۲-۶-۲-۴ تأثیرگذاری

عدم همزمانی موقتی درون چشمی می‌تواند سایر عوامل نظیر اختلافات هندسی و فتومتری بین چشمی را به طور مضاعف افزایش دهد.

۲-۶-۲-۴ اجتناب‌ناپذیر بودن

عدم همزمانی موقتی بین چشمی می‌تواند هنگامی که تصاویر چپ و راست حاصل از نمایش برجسته‌نما به لحاظ زمانی منطبق نشده‌اند، القاء گردد. این ناهماهنگی در مراحل گرفتن تصویر، ارسال، ذخیره، ویرایش، نمایش و جداسازی ممکن است اتفاق بیفتد. این عامل می‌تواند تا حدی توسط تنظیم دستگاه‌ها کاهش یابد.

۳-۲-۶-۲-۴ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

اندازه‌گیری‌ها، براساس ضرورت و امکان می‌توانند به صورت جداگانه برای محتوای تصویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما، و یا محصولات نهایی نمایش برجسته‌نما انجام گردد. هرچند روش‌های اندازه‌گیری عدم همزمانی موقتی بین چشمی هنوز مقرر نشده است.

۳-۶-۲-۴ حرکات دیداری منجر به بیماری حرکت

۱-۳-۶-۲-۴ تأثیرگذاری

حرکات دیداری منجر به بیماری حرکت که می‌تواند فقط توسط تصاویر دوبعدی قدیمی ایجاد شود گمان می‌رود که توسط تصاویر برجسته‌نما افزایش می‌یابد، گرچه این موضوع هنوز به طور کامل در آزمایش‌های علمی مستند نشده است.

۲-۳-۶-۲-۴ اجتناب‌ناپذیر بودن

حرکات دیداری پویا، که گمان می‌رود موجب بیماری حرکت می‌شود، مستقل از اصول نمایش برجسته‌نما هستند. بنابراین بیماری حرکت به طور اجتناب‌ناپذیری توسط تصاویر برجسته‌نما القاء نمی‌شود.

۴-۲-۶-۳ تجمیع داده‌های علمی

شرایط تأثیرگذار بر بیماری القاء شده از حرکت دیداری توسط تصاویر برجسته نما، به طور کامل گزارش نشده است.

۴-۲-۶-۴ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

حرکات دیداری موجود در تصاویر برجسته‌نما می‌توانند اندازه‌گیری شوند. هرچند، ضروری است که شرایط دیگری علاوه بر حرکات دیداری که منجر به بیماری حرکت می‌شوند، بیشتر شفاف‌سازی شوند.

۴-۲-۶-۴ حدود همگرایی

۴-۲-۶-۱ تأثیرگذاری

گمان می‌رود ناراحتی دیداری، به آسانی توسط تصاویر برجسته‌نما ایجاد می‌شود که سبب می‌شود محورهای دیداری دو چشم در ماوراء نقطه توازی، از یکدیگر دور شوند. در همین زمان، تصور می‌شود تفاوت‌های منحصر به فرد زیادی در درجه این تأثیرات وجود داشته باشد.

۴-۲-۶-۲ اجتناب‌ناپذیر بودن

شرایطی که سبب می‌شود محورهای دیداری چشم در ماوراء نقطه توازی، از هم دور شوند، شامل: (۱) عدم-تطبیق در حین تولید محتوای تصاویر برجسته‌نما یا حین نمایش برجسته‌نما با استفاده از روش نورافکنی (۲) نمایش برجسته‌نما در نمایشگر در ابعادی بزرگ‌تر از آنچه که هنگام تولید محتوای تصویر برجسته‌نما تخمین زده شده است. این عامل می‌تواند با ایجاد تنظیماتی حین ویرایش تصویر، تنظیم دستگاه‌ها و تعدیل در تنظیمات برای یک ابعاد نمایش مناسب، تا حدی کاهش یابد.

۴-۲-۶-۳ تجمیع داده‌های علمی

گزارش‌های اندکی در پیشینه مطالعات علمی وجود دارد که تأثیر اختلاف نسبی را، که سبب می‌شود محورهای دیداری چشم در ماوراء نقطه توازی از هم دیگر دور شوند، پوشش می‌دهد.

۴-۲-۶-۴ در دسترس بودن روش‌های اندازه‌گیری

سنجش‌هایی برای تصاویر برجسته‌نمایی که بر روی نمایشگرهای برجسته‌نما، نمایش داده می‌شوند، انجام شده است. به طور کلی، نسبتاً مشکل است که تأثیر این عامل را برای محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما به طور جدا گانه‌ای مد نظر قرار داد. با این حال، اگر ترکیبی از شرایط، همانند ابعاد نمایش محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما، لحاظ شوند، این عامل می‌تواند توسط اندازه‌گیری نقاط متناظر در محتوای تصویر برجسته‌نما و نمایشگر برجسته‌نما برآورد شود.

۴-۲-۷ خلاصه

بازنگری عوامل اشاره شده در بندهای ۴-۲-۲ و ۴-۲-۶ مشخص می‌کند که تأثیر عوامل فقط در گستره محدودی مورد بررسی قرار گرفته، و بررسی کامل‌تر تأثیر این عوامل قبل از تعیین معیارهای عددی برای

الزامات و توصیه‌ها ضروری بنظر می‌رسد. در این استاندارد، قابلیت‌ها و محدودیت‌های معیارهای عددی در قالب مرجع اطلاعات برای هر عامل در زیر تعریف شده است.

تأثیر اختلافات هندسی بین چشمی نسبتاً بزرگ‌تر از تأثیر سایر عوامل است، به این دلیل که، حتی یک اختلاف هندسی بین چشمی جزئی می‌تواند منجر به ناراحتی دیداری شود. البته، این عامل یک نتیجه اجتناب‌ناپذیر از نمایشگرهای برجسته‌نما نیست، و می‌تواند تا حدی رفع شود. این عامل هم چنین می‌تواند نسبتاً به سادگی اندازه‌گیری شود و تأثیرات آن بر ناراحتی دیداری، در پیشینه‌های علمی این حوزه گزارش شده است. اگرچه شرایط مختلفی نیز وجود دارد تا مورد توجه بیشتری قرار بگیرند، داده‌های پایه در خصوص ناراحتی القاء شده توسط اختلاف هندسی بین چشمی گزارش شده است. از این رو امکان دارد که معیارهای عددی برای اختلاف هندسی بین چشمی به عنوان مرجع اطلاعات تعیین گردند.

اختلاف فوتومتری بین چشمی به آسانی می‌تواند باعث ناراحتی دیداری گردد. این عامل یک نتیجه اجتناب‌ناپذیر از نمایشگرهای برجسته‌نما نیست و می‌تواند تا حدی کاهش یابد. اگرچه شرایط مختلفی وجود دارد تا مورد توجه بیشتری قرار داده شود، داده‌های پایه در خصوص ناراحتی القاء شده توسط اختلاف درخشندگی بین چشمی گزارش شده است. از این رو امکان‌پذیر است که معیارهای عددی برای اختلاف درخشندگی بین چشمی به عنوان مرجع اطلاعات تعیین گردد.

سیگنال تداخلی، به عنوان عامل تعامل فوتومتری بین چشمی، یک عامل اصلی تأثیرگذار بر کیفیت تصویر در نمایش برجسته‌نمای تصویر است و می‌تواند موجب ناراحتی گردد. سیگنال‌های تداخلی اساساً در مرحله نمایشگر رخ می‌دهد و می‌تواند با تنظیم دستگاه‌ها تا حدی کاهش یابد. هر چند، اثرات مشخصه‌های ادراکی گزارش شده از لحاظ کمی به طور گسترده‌ای تغییر می‌کنند، که احتمالاً به دلیل انواع مختلف سنج‌ها (آستانه ادراکی، کیفیت تصویر ذهنی و ناراحتی)، روش‌های متفاوت کمی‌سازی، انواع مختلف نمایشگرهای برجسته‌نما و شرایط متفاوت تصویرهای دیداری (درخشندگی، تباین و اختلاف دید دو چشمی) می‌باشد. با توجه به این تنوع‌ها، شفاف سازی اثرات شرایط متفاوت دیداری و انواع نمایشگرها پیش از تعیین معیارهای عددی بسیار مهم است. داده‌های آزمایشگاهی مختلفی برای عدم‌انطباق "همگرایی- تطابق" گزارش شده است. سنجش این عامل می‌تواند توسط تجزیه و تحلیل اختلاف در محتوای تصاویر انجام گردد. اثرات این عامل می‌تواند توسط کاهش عمق شبیه‌سازی شده جسم دیداری از سطح نمایشگر برجسته‌نما تا حدودی کاهش یابد. اگر چه این عامل تنها در یک حد محدود آزمون شده است، داده‌های علمی مختلفی گزارش شده است که ناراحتی ناشی از این عامل را هنگامی که عدم‌انطباق نسبتاً زیاد است، تایید می‌کند. بنابراین، امکان پذیر است که معیارهای عددی برای عدم‌انطباق "همگرایی- تطابق" به عنوان مرجع اطلاعات تعیین گردد.

عدم‌هم‌زمانی موقتی بین چشمی و حرکات دیداری که بیماری حرکت را موجب می‌شود، می‌توانند اندازه‌گیری شوند و اثرات آنها نیز به واسطه تنظیم تصاویر و دستگاه‌ها تا حدی کاهش یابد. با این حال، این عامل تنها در

یک حد محدودی آزمون شده است. هر چند که تعیین معیار عددی برای این عامل پیش از موعد است، اما رعایت کردن جوانب احتیاط بسیار مهم است. عامل حدود همگرایی تاحدی برای نمایش برجسته‌نما، می‌تواند اندازه‌گیری شود و کاهش یابد. هرچند به نظر می‌رسد تفاوت‌های فردی زیادی در اثراتی که این عامل ایجاد می‌کند وجود دارد و تقریباً هیچ داده تجربی راجع به اثرات آن بر روی ناراحتی گزارش نشده است. از این رو مهم است که بررسی‌های بیشتری بر روی تأثیرات این عامل قبل از تعیین معیارهای عددی انجام گردد.

براساس توضیحاتی که در بالا داده شده، معیار عددی برای موارد اشاره شده در پیوست پ ارائه و در بند ۵ ارجاع داده شده است.

برای مواردی که با "تدابیر احتیاطی" مشخص شده‌اند، جوانب احتیاطی در نظر گرفته شده، در بند ۵ ارائه شده است.

اختلاف هندسی بین چشمی

- عدم‌هم‌ترازی عمودی بین چشمی - معیار عددی
- عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی - معیار عددی
- اختلافات بزرگ‌نمایی بین چشمی - معیار عددی

اختلاف فتومتری بین چشمی

- اختلافات تباین بین چشمی - معیار عددی
- اختلافات رنگ‌پذیری بین چشمی - معیار عددی

تعامل فتومتری بین چشمی

- سیگنال‌های تداخلی (نویز) - تدابیر احتیاط

عدم‌تطابق "همگرایی- انطباق" - معیار عددی

سایر عوامل مورد توجه برای نمایشگر برجسته‌نما

- عدم‌هم‌زمانی موقتی بین چشمی - تدابیر احتیاط
- حرکات دیداری ناشی از بیماری‌های حرکت - تدابیر احتیاط
- حدود واگرایی - تدابیر احتیاط

۵ توصیه‌های ارگونومیکی

۵-۱ کلیات

این استاندارد با هدف کاهش ناراحتی و خستگی دیداری در افرادی که تصاویر برجسته‌نما را در شرایط مناسب دیداری (که در پیوست ب اشاره شده است) تماشا می‌کنند، تدوین شده است. بنابراین مواردی که در آنها تصاویر برجسته‌نما به طور اتفاقی توسط فردی که قصد دیدن آن را ندارد مشاهده می‌شود، خارج از موضوع این استاندارد می‌باشند.

برای کاهش پتانسیل ناراحتی و خستگی دیداری هنگام دیدن تصاویر برجسته‌نما، باید فراهم‌کننده محتوای تصاویر برجسته‌نما، نمایشگرهای برجسته‌نما و محصولات نهایی نمایش برجسته‌نما محتوای توضیح داده شده در زیربندهای ۵-۳، ۵-۴ و ۵-۶ را مورد ارزیابی قرار دهد.

۵-۲ شرایط دید

۵-۲-۱ کلیات

توجه به شرایط دید برای نمایش برجسته‌نما مهم است. در این خصوص، طراحی فاصله دید، ابعاد دید مرتبط با نمایش برجسته‌نما، فاصله مفروض بین مردمک‌ها، نه تنها به لحاظ میزان درک عمق، بلکه از لحاظ خستگی دیداری و ناراحتی دیداری مهم هستند.

۵-۲-۲ طراحی فاصله دید

طراحی فاصله دید یک نمایش برجسته‌نما براساس چگونگی تصویر برجسته‌نمایی که استفاده خواهد شد و هم چنین شرایط نمایش برجسته‌نما مثل سایز و دقت نمایشگر تعیین می‌شود. برای بعضی از انواع نمایشگرهای برجسته‌نما، نظیر نمایشگرهای سربند، فاصله‌ای معادل با طراحی فاصله دید (برای مثال فاصله تا صفحه مجازی) به شکل ۷۴ در استاندارد ISO 9241-305:2008 مراجعه شود) می‌تواند استفاده شود. توصیه می‌شود طراحی فاصله دید (یا طراحی فاصله دید معادل) برای محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما مشخص باشند.

۵-۲-۳ فاصله بین دو مردمک

در نمایش برجسته‌نما، میزان عمق درک شده می‌تواند تحت تأثیر فاصله مفروض بین دو مردمک باشد. اگرچه عموماً این فاصله تقریباً ۶۰ میلی‌متر فرض شده است، باید این نکته مورد توجه قرار گیرد که تفاوت‌های منحصر زیادی در فاصله‌ی بین مردمک‌ها وجود دارد و اینکه فاصله بین مردمک‌ها در کودکان و نوجوانان به طور کلی کوتاه‌تر از بزرگسالان است. برای تنظیم نمایشگرهای برجسته‌نما، مانند نمایشگرهای سربند، بازه فاصله‌ها در پیوست e از استاندارد ISO 9241-303:2011 تعیین شده است.

۵-۳ اختلافات هندسی بین چشمی

۵-۳-۱ عدم‌ترازی عمودی بین چشمی

عدم‌ترازی عمودی بین چشمی توسط اثر متقابل بین عدم‌ترازی عمودی در محتوای تصویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما ایجاد می‌شود. برای محتوای تصویر برجسته‌نما، عدم‌ترازی عمودی بین چشمی تفاوت بین موقعیت عمودی تصاویر چپ و راست هر قاب تصویر است. برای نمایشگر برجسته‌نما، عدم‌ترازی عمودی بین چشمی در قالب تفاوت بین موقعیت‌های عمودی سطوح صفحه نمایشگرهای راست و چپ ظاهر می‌شود. برای معیارها عددی استفاده شده به عنوان مرجع برای عدم‌ترازی عمودی بین چشمی یک نمایشگر برجسته‌نما، به بند پ-۳ پیوست پ باید ارجاع داده شود.

۵-۳-۲ عدم‌ترازی چرخشی بین چشمی

عدم‌ترازی چرخشی بین چشمی به واسطه اثر متقابل بین عدم‌ترازی چرخشی در محتوای تصویر برجسته‌نما و نمایشگر برجسته‌نما ایجاد می‌شود.

درخصوص محتوای تصویر برجسته‌نما، عدم‌ترازی چرخشی برجسته‌نما از تفاوت‌های بین موقعیت چرخشی تصویر چپ و راست هر قاب تصویر رخ می‌دهد. درخصوص نمایشگرهای برجسته‌نما، عدم‌ترازی چرخشی بین چشمی، تفاوت بین موقعیت‌های چرخشی چپ و راست سطوح نمایشگر است. برای معیارهای عددی استفاده شده به عنوان مرجع برای عدم‌ترازی چرخشی بین چشمی یک نمایشگر برجسته‌نما، به بند پ-۴ پیوست پ باید ارجاع داده شود.

۵-۳-۳ تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی

تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی توسط اثر متقابل تفاوت بزرگ‌نمایی بین محتوای تصویر برجسته‌نما و نمایشگر برجسته‌نما ایجاد می‌شود. درخصوص محتوای تصاویر برجسته‌نما، تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی، تفاوت میان اندازه‌های تصویر چپ و راست در هر قاب تصویر است. درخصوص نمایشگر برجسته‌نما، تفاوت بزرگ‌نمایی برجسته‌نما، تفاوت بین اندازه سطوح نمایشگرهای چپ و راست است. برای معیارهای عددی استفاده شده به عنوان مرجع برای تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی نمایشگرهای برجسته‌نما، به بند پ-۵ باید مراجعه شود.

۵-۴ تفاوت‌های فتومتری بین چشمی

۵-۴-۱ تفاوت درخشندگی بین چشمی

تفاوت درخشندگی بین چشمی به واسطه اثر متقابل تفاوت درخشندگی بین محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما ایجاد می‌شود.

درخصوص محتوای تصاویر برجسته‌نما، تفاوت درخشندگی بین چشمی، تفاوت بین میزان درخشندگی تصاویر متناظر چپ و راست در هر قاب تصویر می‌باشد و می‌تواند به عنوان تفاوت بین سطح درخشندگی محتوای تصاویر چپ و راست بیان شود. درخصوص نمایشگرهای برجسته‌نما، تفاوت درخشندگی بین چشمی، تفاوت

ظاهری بین سطح درخشندگی سطوح نمایشگرهای چپ و راست می‌باشد. درخصوص نمایشگرهای برجسته‌نما همراه با عینک، تفاوت درخشندگی بین چشمی، تفاوت در سطح درخشندگی سطوح نمایشگر لحاظ می‌شود که از طریق عینک دیده می‌شود. درخصوص نمایشگرهای برجسته‌نمای خودکار، تفاوت درخشندگی بین چشمی، تحت تأثیر موقعیت قرارگیری چشم‌های چپ و راست نسبت به توزیع اشعه نوری از صفحه نمایشگر بوده، بدین معنی که می‌تواند توسط فاصله بین مرکز مردمک‌های دو چشم و فاصله‌ی دید تحت تأثیر قرار گیرد.

برای معیارهای عددی به کار رفته به عنوان مرجع تفاوت درخشندگی بین چشمی در یک نمایشگر برجسته‌نما، به بند پ-۶ باید ارجاع داده شود.

۵-۴-۲ تفاوت تباین بین چشمی

تفاوت تباین بین چشمی به واسطه اثر متقابل این قبیل تفاوت‌های تباین در محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما ایجاد می‌شود.

برای محتوای تصویر برجسته‌نما، تفاوت تباین بین چشمی، تفاوت بین مقادیر تباین بین چشمی تصاویر چپ و راست متناظر در هر قاب تصویر است. برای نمایشگرهای برجسته‌نما، تفاوت تباین بین چشمی، تفاوت آشکار بین درجه تباین درخشندگی (محدوده دینامیکی درخشندگی) چپ و راست سطوح نمایشگر است.

به علت تفاوت تباین بین چشمی در محتوای تصویر برجسته‌نما به علت تفاوت‌های درخشندگی بین چشمی، کنترل درجه سیاه و سفیدی، و ویژگی‌های گاما تا حدودی دشوار است. با این حال، تنظیمات جهت به حداقل رسانیدن این تفاوت‌ها باید صورت پذیرد.

یادآوری- تباین تک چشمی^۱ نیز عامل مهمی است که می‌تواند بر روی خستگی دیداری تأثیر بگذارد. (برای عامل تباین تک چشمی به زیربندهای مرتبط ۵-۴-۴ و ۵-۴-۵ در استاندارد ISO 9241-303:2011 و پیوست «ت» برای عامل تباین تک چشمی مراجعه شود.)

۵-۴-۳ تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی

تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی، توسط اثر متقابل بین تفاوت‌های رنگ‌پذیری در محتوای تصاویر برجسته‌نما و نمایشگرهای برجسته‌نما ایجاد می‌شود.

درخصوص محتوای تصاویر برجسته‌نما، تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی، تفاوت میان مقادیر رنگ‌پذیری بین چشمی تصاویر چپ و راست متناظر در هر قاب تصویر است. درخصوص نمایشگرهای برجسته‌نما، تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی، تفاوت آشکار بین مقادیر رنگ‌پذیری چپ و راست سطوح نمایشگر است.

1- Monocular

از آنجایی که تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی در محتوای تصویر برجسته‌نما متأثر از تفاوت‌های بین چشمی در درخشندگی، درجه سیاه و سفیدی، و مشخصه‌های گاما می‌باشد، لذا کنترل آن تاحدودی دشوار است. طیف و غلظت رنگ باید طوری تنظیم شوند، که تفاوت رنگ‌پذیری بین چشمی را تا رسیدن به حداقل مقداری که از لحاظ منطقی دست‌یافتنی باشد، کاهش دهند.

۵-۵ تعامل فتومتری بین چشمی

۵-۵-۱ تداخل

تداخل شرایطی است که در آن محرک‌های نوری به نمایش درآمده در یک چشم توسط محرک‌های نوری به نمایش درآمده در چشم دیگر، در یک نمایش برجسته‌نما، درگیر می‌شوند. تداخل نه تنها ممکن است کیفیت نمایش تصویر برجسته‌نما و ادراک عمق را کاهش دهد، بلکه ممکن است موجب ناراحتی دید هم بشود. ضروری است این نکته در نظر گرفته شود که تأثیر تداخل بر روی ناراحتی دیداری می‌تواند توسط اختلاف دید دو چشمی و تباین درخشندگی نیز تحت تأثیر قرار گیرد. لذا تنظیماتی باید صورت بگیرد که تداخل را تا رسیدن به حداقل مقداری که از لحاظ منطقی دست‌یافتنی باشد، کاهش دهد.

۵-۶ عدم انطباق «همگرایی-تطابق»

در یک نمایش برجسته‌نما، اشیاء دیداری در تصاویر برجسته‌نما می‌توانند هم در جلو و یا پشت سطح نمایشگر، بسته به اختلاف دید افقی، که در افکت، یک تغییر نسبی افقی بین اشیاء در تصاویر چپ و راست بر روی نمایشگر است، درک شوند. هنگامی که اختلاف دید افقی برای شیئی، که موقعیت آن در گودی سطح نمایشگر برجسته‌نما شبیه‌سازی شده، صفر تعریف شده است، مقادیر مثبت و منفی اختلاف دید افقی در کل به شرح زیر تعریف می‌شوند:

الف- اختلاف دید افقی در شبیه‌سازی یک شیء جلوی سطح نمایشگر، مقداری منفی تعریف شده است.

ب- اختلاف دید افقی در شبیه‌سازی یک شیء پشت سطح نمایشگر، مقداری مثبت تعریف شده است.

وقتی اشیاء دیداری با درجه‌ای از اختلاف دید افقی، در جلو و یا پشت سطح نمایشگر برجسته‌نما شبیه‌سازی شده‌اند، مفروضات مربوط به فاصله در تطابق و همگرایی می‌توانند متفاوت باشند. وقتی تفاوت این مفروضات فاصله از ناحیه‌ی غیرحساس تجاوز می‌کند (به طور مثال عمق تمرکز و تثبیت اختلاف دید)، این تفاوت می‌تواند به عنوان یک عامل در خستگی دیداری و ناراحتی دید باشد. بنابراین لازم است این عامل با احتیاط مورد توجه قرار گیرد.

تصور می‌شود که خستگی و ناراحتی دید ممکن است تا حد مشخصی توسط عواملی چون طول مدت اختلاف دید افقی، توزیع فضایی و تغییرات زمانی اختلاف دید تحت تأثیر قرار گیرد. توصیه می‌شود اختلاف دید افقی با توجه به این احتمالات، مورد توجه قرار گیرد. اثرات احتمالی اختلاف دید افقی بر روی خستگی دیداری و

ناراحتی دید در بند پ-۷، پیوست پ که معیارهای عددی در آن به عنوان مرجع ارائه شده، تعیین گردیده است.

۵-۷ سایر عوامل قابل ملاحظه در نمایش برجسته‌نما

عوامل دیگری که برای نمایش برجسته‌نما باید در نظر گرفته شوند عدم‌هم‌زمانی بین چشمی، خستگی دیداری ناشی از حرکت دیداری و حدود همگرایی هستند.

عدم‌هم‌زمانی موقت بین چشمی، با توجه به انطباق کاذب تصاویر چپ و راست، ممکن است هندسه بین چشمی و تفاوت‌های فتومتری را تحت تأثیر قرار دهد که این امر موجب القاء خستگی دیداری و ناراحتی دید می‌شود (به بند ت-۱ پیوست ت مراجعه شود). برای کاهش پتانسیل عدم‌هم‌زمانی موقت بین چشمی، حفظ انطباق زمانی دو تصویر متناظر در نمایش برجسته‌نما، باید لحاظ شود.

حرکت کروی چشمی و دیگر حرکات دیگر چشمی که منطقه وسیعی از نمایشگر برجسته‌نما را پوشش می‌دهد ممکن است بسته به شرایط، بیماری حرکت را تحریک کند. حرکت کروی چشمی وابسته به محتوای تصاویر بوده و به طور کلی ناشی از حرکت دوربین در حین عکس‌برداری از تصاویر است که شامل ترکیبی از حرکات انتقالی و چرخشی، در امتداد و حول سه محور عمودی، افقی و عرضی می‌باشد. انواع حرکت کروی و اثرات نامطلوب آن در پیوست ت-۲ پیوست ت به اختصار آمده است.

زاویه همگرایی، زاویه بین محورهای بینایی چشم‌های چپ و راست می‌باشد (به بند پ-۷-۱ پیوست پ مراجعه شود). مقدار این زاویه هنگام دیدن یک شیء در فاصله نامحدود صفر درجه و مقدار آن هنگامی که شیء در فاصله کوتاه‌تر باشد مثبت می‌باشد. هنگامی که اشیاء قابل دید در نمایش برجسته‌نما به طور مجزا در تصاویر چپ و راست نمایش داده می‌شوند، بینندگان برای رسیدن به درک واحدی از تصویر، هر دو چشم خود را برای تلفیق تصاویر همسو^۱ می‌سازند. همگرایی لازم همان، زاویه همگرایی^۲ مورد نیاز برای تلفیق تصاویر است. زاویه همگرایی با مقدار منفی، نشان می‌دهد دو محور بینایی در ماوراء نقطه توازی آنها از هم دور شده‌اند، که معمولاً تحت شرایط دید طبیعی مورد نیاز نیست. توصیه می‌شود از دیدن تصاویر برجسته‌نمایی که نیاز به واگرایی زیاد دو محور بینایی در ماوراء نقطه توازی دارند، پرهیز شود.

۶ چگونگی استفاده از توصیه‌های ارگونومی

۶-۱ کلیات

در این استاندارد نکاتی برای کاهش خستگی و ناراحتی دیداری که به علت‌های مختلف حین تماشای تصاویر برجسته‌نما تجربه می‌شود، ارائه شده است. این علل مرتبط با محصولات نمایش برجسته‌نما، محتوای تصاویر برجسته‌نما، و نمایشگرهای برجسته‌نما می‌باشند.

1- Fuse the images

2 - vergence angle

هنگام اجرای ارزیابی‌های توصیه شده در بند ۵-۱، روش‌های اجرایی تشریح شده در بند ۶-۲ می‌توانند دنبال شوند.

۶-۲ گزارش

برای تسهیل ارجاع‌دهی، زیربندهای شماره ۵-۳، ۵-۴-۱، و ۵-۶ در پیوست ث-۲ فهرست شده‌اند. کاربران این استاندارد بهتر است قابلیت کاربرد هر یک از این زیربندها را ارزیابی کنند. اگر ادعا شود محصولی همه موارد کاربردی در آن زیربندهای، این استاندارد، را برآورده می‌سازد، روش مورد استفاده در ارزیابی آن محصول توصیه می‌شود مشخص و معین شده باشد.

پیوست ث، مثال‌هایی از نحوه تعیین و ثبت دیگر الگوهای کاربردی کلیه موارد مندرج در بندهای ۵-۳، ۵-۴-۱ و ۵-۶ و نحوه گزارش‌دهی برای ارزیابی آنها را ارائه می‌کند. صورت‌های مشابه دیگری از گزارش‌دهی نیز مورد پذیرش است.

پیوست الف

(الزامی)

شرایط دید

الف-۱ کلیات

برای کاهش پتانسیل ناراحتی دید و خستگی دیداری در هنگام تماشای تصاویر برجسته‌نما، شرایط دید مناسب از اهمیت ویژه برخوردار است. برای فراهم‌کنندگان محتوای تصاویر برجسته‌نما، نمایشگرهای برجسته‌نما و محصولات نهایی نمایش برجسته‌نما مفید است که بینندگان را از اطلاعات زیر که مربوط به شرایط دیدن این تصاویر است آگاه کنند. همچنین اطلاع از این واقعیت که ناهنجاری شکست ممکن است دلیل دیگری برای خستگی دیداری و ناراحتی دید حین تماشای تصاویر برجسته‌نما باشد، ضروری است.

الف-۲ تنظیم حالت و وضعیت دید

به طور کلی فرض می‌شود که تصاویر برجسته‌نما مستقیماً و از مقابل نمایشگر برجسته‌نما دیده می‌شوند. هنگامی که تصاویر برجسته‌نما در حالت زاویه‌دار دیده می‌شوند، ممکن است به دلیل نتیجه افزایش اعوجاج دوزنقه‌ای، دستیابی به درک برجسته‌نما دشوار باشد. همچنین، این تصاویر باید از یک فاصله خاص دیده شوند. اگر فاصله‌ی دید کوتاه‌تر از فاصله مفروض باشد، ناهمگونی افقی افزایش، و اگر بیشتر از فاصله مفروض باشد، ناهمگونی کاهش خواهد یافت. برخی از داده‌های آزمایشگاهی گزارش شده، در شرایط استفاده از تصاویر با کیفیت بالا و در فاصله معادل سه برابر ارتفاع سطح نمایشگر ($3 \times$ ارتفاع، یا $3H$) به دست آمده‌اند. در عین حال، سایر داده‌های آزمایشگاهی گزارش شده، در فواصل دید متفاوت جمع‌آوری شده‌اند، به هر حال، فاصله دید هر چه که باشد، برخورداری از اطلاعات مربوط به آن برای بیننده مفید خواهد بود.

در این استاندارد برای نمایش برجسته‌نما، فرض می‌شود محور بین چشمی چشم‌های بینندگان و محور افقی تصاویر برجسته‌نما در همان سطح مشابه که معمولاً یک سطح افقی است، باقی بمانند. وقتی محور بین چشمی چشم‌های بیننده تا یک حد نسبی به محور افقی تصاویر برجسته‌نما متمایل باشد، ممکن است دستیابی به تلفیق دو چشمی، که موجب ایجاد عمق می‌شود، دشوار باشد.

الف-۳ تثبیت وضوح و ادراک درست عمق برجسته‌نما

اگر بیننده دچار دوبینی می‌شود و یا در حال دیدن تصاویر برجسته‌نما، عمق را احساس نمی‌کند، بهتر است که بیننده دیدن تصاویر را متوقف و تنظیمات محتوای تصویر برجسته‌نما، نمایشگر برجسته‌نما و شرایط دید را بررسی کند. اگر بیننده‌ای در حال دیدن تصاویر برجسته‌نما احساس ناراحتی کند، ممکن است عمق کاذب رخ

داده باشد که در آن تصاویر چپ و راست وارونه^۱ شده‌اند، که بنابراین اختلاف دید دوچشمی معکوس^۲ را نتیجه می‌دهد. اگر بیننده تشخیص دهد که عمق کاذب رخ داده است، مقتضی است که دلایل بروز عمق کاذب مرتفع شود، و یا دیدن تصاویر برجسته‌نما متوقف شود.

تفاوت‌های فردی در مورد اینکه افراد چگونه عمق، خستگی دیداری و ناراحتی دید را هنگام دیدن تصاویر برجسته‌نما تجربه می‌کنند، وجود دارد. اگر بیننده حتی هنگام دیدن نمایشگرها و تصاویر برجسته‌نمایی که به طور مناسب تنظیم شده، احساس ناراحتی می‌کند و یا عمق را درک نمی‌کند، بهتر است که تماشای تصاویر برجسته‌نما متوقف شود.

الف-۴ مدت دید

حتی زمانی که شرایط توضیح داده شده در بندهای ب-۲ و ب-۳ مورد توجه قرار گرفته شوند، مدت زمان زیاد دیدن تصاویر برجسته‌نما ممکن است موجب القای خستگی دیداری و ناراحتی شود. علاوه بر این، وجود ناهنجاری شکست به اندازه کمبودهای دیگر ممکن است خستگی دیداری القاء شده و ناراحتی دیداری را تقویت کند. اگر بیننده خستگی دیداری، ناراحتی یا دوبینی را در حال تماشای تصاویر برجسته‌نما تجربه کند بهتر است که استراحت کوتاهی داشته باشد.

1- Reverse

2- Reversed binocular parallax

پیوست ب

(اطلاعاتی)

مقادیر عددی منظور شده برای بررسی ناراحتی و خستگی دیداری

ب-۱ کلیات

پیوست ب مقادیر حداکثری را برای محدودیت‌های دیدن تصاویر برجسته‌نما، به عنوان مقادیر مرجع (یا مقادیر پیشنهادی) با اندک احتمال بروز ناراحتی و خستگی دیداری، فراهم می‌آورد. آنها قبلاً به عنوان خلاصه‌ای از داده‌های علمی گزارش شده در این حوزه، از جمله اثر عوامل فواصل هندسی بین چشمی (عدم-هم‌ترازی عمودی بین چشمی، عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی و اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی)، اختلاف فتومتری بین چشمی (اختلاف درخشندگی بین چشمی) و عدم‌انطباق "همگرایی-تطابق" اشاره شده‌اند. (به جدول پ-۱ مراجعه شود). این مقادیر برای هر یک از زمینه‌های معمولی کاربرد، بر اساس شرایط تجربی به کار گرفته شده در مطالعاتی که مقادیر مرجع از آن گرفته شده است، نشان داده شده‌اند.

زمینه‌های معمولی کاربرد به شرح زیر می‌باشند:

۱- تماشای یک پرده سینمایی بزرگ در سالنی کوچک

۲- تماشای یک نمایشگر بزرگ در خانه

۳- کار با مانیتور رایانه شخصی رومیزی

۴- استفاده از صفحه نمایشگر تلفن همراه در داخل خانه

کاربر این استاندارد لازم است هنگامی که به مقادیر مرجع نشان داده شده در این پیوست اشاره می‌کند، به شرایط تجربی استفاده شده در به دست آوردن این مقادیر، در فرهنگ این حوزه، مراجعه کند. این شرایط برای هر یک از عوامل تأثیرگذار به اختصار آمده است. مدت زمان نمایش هر یک از عوامل موثر نیز برای شرایط تجربی، مشخص شده است. از آن جا که این مدت زمان‌ها حداقل ۵ ثانیه می‌باشند، پذیرفته شده است که تصاویر برجسته‌نمایی که شامل عوامل موثر هستند، در داخل آن بازه‌ی زمانی نمایش داده می‌شوند.

یادآوری ۱- مقادیر مرجع ارائه شده در این پیوست برای محصولات نهایی کاربرد دارند. هنگامی که بخشی (محتوای تصویر برجسته‌نما، نمایشگر برجسته‌نما و غیره) از محصول نهایی مقداری تقریباً معادل با مقدار مرجع دارد، مقادیر کلی برای محصولات نهایی برجسته‌نما می‌توانند بزرگ‌تر از مقدار مرجع باشند.

یادآوری ۲- آنچه باید به آگاهی رسانده شود، این است که داده‌های علمی که اساس این استاندارد هستند، برپایه امتیازدهی ذهنی به دست آمده‌اند که ممکن است موارد کاربرد واقعی را به طور ناکافی بازتاب دهد، و در واقع موجب القاء علائمی (از بیماری حرکت) شود.

جدول ب-۱- عوامل ارائه شده و مقادیر مرجع مرتبط در این پیوست

صفحه	شرایط استفاده				بخش‌های مرتبط در متن این استاندارد	
	استفاده از صفحه نمایشگر قابل حمل در یک اتاق	کار با مانیتور بر روی میزی	تماشای نمایشگر بزرگ در خانه	تماشای صفحه نمایش بزرگ در یک سالن کوچک		
تفاوت هندسی بین چشمی						
۱۸				X	عدم‌هم‌ترازی عمودی	ب-۳
۱۹				X	عدم هم‌ترازی چرخشی	ب-۴
۱۹				X	فاصله درشت‌نمایی بین چشمی	ب-۵
فاصله فتومتری بین چشمی						
۱۹				X	فاصله درخشندگی بین چشمی	ب-۶
عدم مطابقت تطابق-همگرایی						
۲۲		X	X	X	اختلاف دید افقی نسبت به سطح نمایشگر برجسته‌نما	ب-۷ - ۳

ب-۲ روش آنالیز تصویر برای فاصله هندسی بین چشمی

هنگامی که تصاویر برجسته‌نما شامل اختلافات هندسی بین چشمی باشند، به طور کلی آنها به شکل عدم‌هم‌ترازی عمودی بین چشمی، عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی و اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی وجود دارند. با استفاده از تجزیه و تحلیل هندسی، آنها می‌توانند به طور جداگانه به عنوان یک اعوجاج نوری که ناشی از انحراف عدسی چشم باشد استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرند.

مثالی از این چنین تجزیه و تحلیلی در زیر شرح داده شده است :

همانطور که در شکل پ-۱ نشان داده شده است هنگامی که دو دوربین در حال تصویربرداری از تصاویری در سمت چپ و راست، که در نقاط O و O' واقع هستند، می‌باشند، عدم‌ترازی عمودی بین چشمی، عدم‌هم-ترازی چرخشی بین چشمی و اختلاف بزرگنمایی بین چشمی با استفاده از نقاط دلخواه X و X' بر روی مناطق تصویربرداری دو دوربین، به ترتیب در نقاط O و O' می‌توانند فرمول‌بندی شوند.

عدم‌هم‌ترازی عمودی بین چشمی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$|\theta - \theta'| \quad (ب-۱)$$

با

$$\theta = \arcsin(\mathbf{X} \times \mathbf{n}) \quad (ب-۲)$$

$$\theta' = \arcsin(\mathbf{X}' \times \mathbf{n})$$

$$\mathbf{X}' = R(1,0,0)^T$$

که $\mathbf{n}$ بردار نرمال سطح است که شامل محورهای Y و Y' است.

X و X' به ترتیب بردارهای واحد در طول محورهای X و X' می‌باشند.

عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی به صورت زیر بیان می‌شود.

$$|\Psi - \Psi'| \quad (ب-۳)$$

با

$$\Psi = \arcsin(\mathbf{Y} \times \mathbf{n}) \quad (ب-۴)$$

$$\Psi' = \arcsin(\mathbf{Y}' \times \mathbf{n})$$

$$\mathbf{Y}' = R(0,1,0)^T$$

که

$\mathbf{n}$ بردار نرمال سطح شامل محورهای Y و Y' می‌باشد.

Y و Y' به ترتیب بردارهای واحد در طول محورهای Y و Y' می‌باشند.

اختلاف بزرگ‌نمایی (بین دیداری یا بین چشمی) به صورت زیر بیان می‌شود:

$$K \left(\frac{f}{z} \right) \div \left(\frac{f'}{z'} \right) \quad (\text{ب-۵})$$

که در آن:

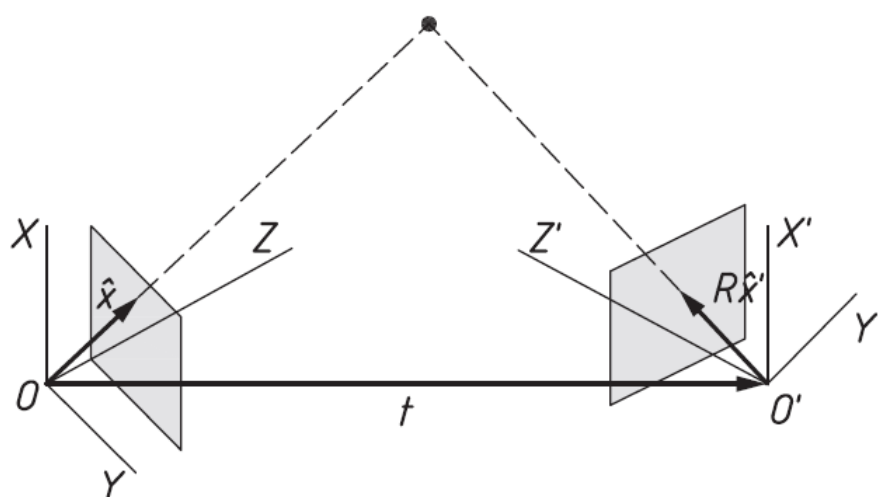
K مقدار ثابت است.

f و f' فواصل کانونی دوربین‌های چپ و راست تا هر نقطه تصویربرداری است.

z و z' عمق‌های دوربین‌های چپ و راست تا نقطه تصویربرداری است.

برای فرمول‌های بالا، فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

- نقطه تطابق محور نوری و صفحه تصویر در وسط قاب تصویر است.
- نسبت ابعاد هر پیکسل مقداری واحد است.
- زاویه بین محورهای طولی و چهارگانه، 90° درجه است.



شکل ب-۱- موقعیت دوربین‌ها و تصاویر برجسته‌نما

ب-۳ عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی

مقدار مرجع (با مقدار پیشنهاد شده) برای عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی به شرح زیر است:

برای نمایش برجسته‌نما بر روی یک پرده سینمایی بزرگ در یک سالن کوچک، ۳۰ قوس دقیقه یا کمتر

شرایط تجربی استفاده شده در مراجع [۱۱] و [۱۹] در زیر نشان داده شده است:

مرجع	نوع نمایشگر	وضوح نمایشگر	اندازه نمایشگر	فاصله دید	اختلاف بین تقارب عدسی و تطابق	شاخص‌ها	طول مدت	محیط آزمایشگاهی	درخشندگی نمایشگر	درخشندگی هدف
[۱۹]	HDTV		۱۶۰ اینچ	۳H (۵۹۷ سانتی متر)	۰٫۳ الی ۰٫۱ D	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۱۰ ثانیه آزمون. ۱۰ ثانیه	-	-	-
[۱۱]	LCD	۱۰۲۴×۷۶۸ پیکسل	۱۲۸ × ۱۷۰ پیکسل	۱۸۵ سانتی متر	۱۴ الی ۳۱ قوس دقیقه	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۳.۵ ثانیه آزمون. ۵ ثانیه	در اتاق تاریک	-	-

در شرایط طراحی فاصله دید محتوای تصاویر برجسته‌نما و اندازه نمایش فرض شده عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی محتوای تصاویر برجسته‌نما در زاویه نمایشی به شکل زیر بیان می‌شود:

$$2 \times \arctan(VMI/(2 \times DVDI)) \quad (\text{ب-۶})$$

که در آن:

VMI عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی برای ابعاد نمایش مفروض محتوای تصویر برجسته‌نما بر حسب متر،

DVDI فاصله طراحی دید برای محتوای تصاویر برجسته‌نما بر حسب متر

تحت شرایط طراحی فاصله دید نمایشگرهای برجسته‌نما، عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی نمایشگرهای برجسته‌نما در زاویه دید به صورت زیر بیان می‌شود:

$$2 \times \arctan(VMD/(2 \times DVDD)) \quad (\text{ب-۷})$$

که در آن:

VMD عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی نمایشگر برجسته‌نما بر حسب متر.

DVDD فاصله طراحی دید برای نمایشگر برجسته‌نما بر حسب متر.

ب-۴ عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین چشمی:

مقدار مرجع (یا مقدار پیشنهادی) برای عدم‌هم‌ترازی چرخشی بین‌چشمی در ادامه ارائه شده است:

برای نمایش‌های برجسته‌نمای برروی پرده سینمایی بزرگ در سالنی کوچک، ۲ درجه یا کمتر شرایط تجربی استفاده شده در مراجع [۱۱] و [۱۹] زیر آمده است

مرجع	نوع نمایشگر	وضوح نمایشگر	اندازه نمایشگر	فاصله دید	اختلاف بین تقارب عدسی و تطابق	شاخص‌ها	طول مدت	محیط آزمایشگاهی	درخشندگی نمایشگر	درخشندگی هدف
[۱۹]	HDTV		۱۶۰ اینچ	۳H (۵۹۷ سانتی متر)	۰٫۳ الی ۰٫۱ D	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۱۰ ثانیه آزمون. ۱۰ ثانیه	-	-	-
[۱۱]	LCD	۱۰۲۴×۷۶۸ پیکسل	۱۲۸ × ۱۷۰ پیکسل	۱۸۵ سانتی متر	۱۴ الی ۳۱ قوس دقیقه	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۳٫۵ ثانیه آزمون. ۵ ثانیه	در اتاق تاریک	-	-

ب-۵ اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی

مقدار مرجع (مقدار پیشنهاد شده) برای اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی در زیر ارائه شده است:

برای نمایش‌های برجسته‌نما برروی پرده سینمایی بزرگ در سالنی کوچک، ۵٪ یا کمتر برای تصاویر ساختگی و ۱۰٪ یا کمتر برای تصاویر طبیعی یادآوری- نسبت اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی به عنوان درصدی از اختلاف ابعاد بین تصویر چپ و راست نسبت به ابعاد تصاویر راست یا چپ، هرکدام که بزرگ‌تر است.

شرایط آزمایشگاهی به کار برده شده در جدول زیر آمده است:

مرجع	نوع نمایشگر	وضوح نمایشگر	اندازه نمایشگر	فاصله دید	اختلاف بین تقارب عدسی و تطابق	شاخص‌ها	طول مدت	محیط آزمایشگاهی	درخشندگی نمایشگر	درخشندگی هدف
[۱۹]	HDTV		۱۶۰ اینچ	۳H (۵۹۷ سانتی متر)	۰٫۳ الی ۰٫۱ D	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۱۰ ثانیه آزمون. ۱۰ ثانیه	-	-	-
[۱۱]	LCD	۱۰۲۴×۷۶۸ پیکسل	۱۲۸ × ۱۷۰ پیکسل	۱۸۵ سانتی متر	۱۴ الی ۳۱ قوس دقیقه	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۳٫۵ ثانیه آزمون. ۵ ثانیه	در اتاق تاریک	-	-

ب-۶ اختلاف درخشندگی بین چشمی

مقدار مرجع برای نسبت اختلاف درخشندگی بین چشمی در زیر ارائه شده است:

برای نمایش‌های برجسته‌نما بر روی پرده سینمایی بزرگ در سالنی کوچک ۵۰٪ یا کمتر

یادآوری ۱- نسبت اختلاف درخشندگی بین چشمی بعنوان درصدی از اختلاف درخشندگی بین تصاویر چپ و راست نسبت

به درخشندگی تصویر راست یا چپ، هر کدام که بیشتر است، بیان می‌شود.

اختلاف درخشندگی بین چشمی یک نمایش برجسته‌نما می‌تواند از فرمول زیر بدست آید:

$$100 \times (\prod (ILD_i)^{(1/N)} - 1) \quad (\text{ب-۸})$$

با

$$ILD_i = 1 + |LCR_i - LCL_i| / LCLR_i \quad (\text{ب-۹})$$

که در آن:

$\prod$ عملگر ضرب است که توالی ضرب اعداد را نشان می‌دهد

i - i امین نقطه متناظر جفت تصاویر چپ و راست

N تعداد کلی جفت نقاط متناظر بدست آمده برای تصاویر چپ و راست

LCR_i درخشندگی تصویر راست جفت نقاط مطابق هم و نقاط مجاور آنها (به شکل پ-۲ مراجعه شود)

LCL_i درخشندگی تصویر چپ جفت نقاط مطابق هم و نقاط مجاور آنها (به شکل پ-۲ مراجعه شود)

$LCLR_i$ هم LCR_i یا LCL_i است، اگر درخشندگی متوسط تصویر راست بیشتر از تصویر چپ باشد

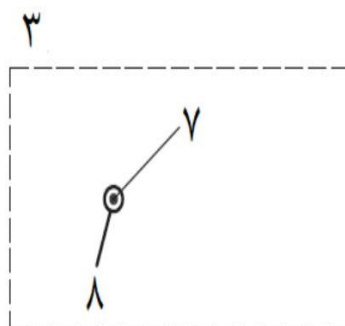
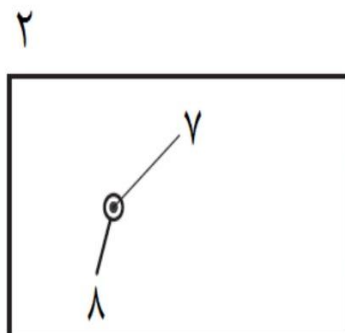
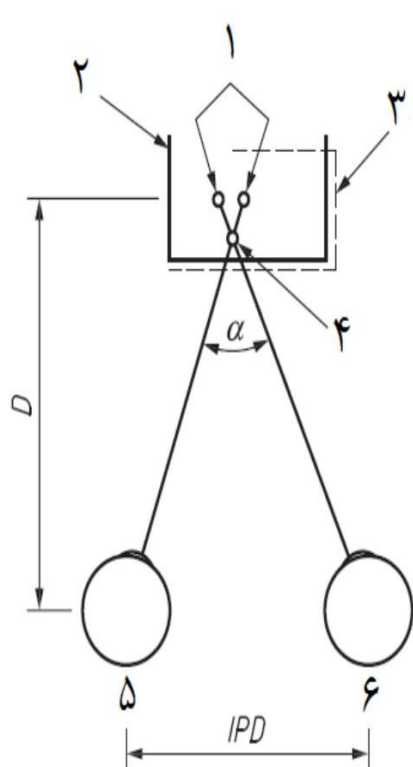
پس LCR_i انتخاب می‌شود و بالعکس.

یادآوری ۲- درخشندگی موضعی ایجاد شده ناشی از تفاوت در سایه ظاهری بین نمای چپ و راست، ممکن است به

صورت درخشش درک شود و برحسب آنچه در بند ۲-۳ مرجع [۱۱] بحث شده است، موجب ناراحتی دیداری نخواهد شد.

شرایط آزمایشگاهی استفاده شده مراجع در زیر آمده است:

مرجع	نوع نمایشگر	وضوح نمایشگر	اندازه نمایشگر	فاصله دید	اختلاف بین تقارب عدسی و تطابق	شاخص‌ها	طول مدت	محیط آزمایشگاهی	درخشندگی نمایشگر	درخشندگی هدف
[۱۱]	LCD	۱۰۲۴×۷۶۸ پیکسل	۱۲۸ × ۱۷۰ سانتی‌متر	۱۸۵ سانتی‌متر	۱۴ الی ۳۱ قوس دقیقه	امتیازدهی ذهنی	مرجع. ۱۰ ثانیه آزمون. ۱۰ ثانیه	در اتاق تاریک	-	-
[۲]	پروژکتور		۱۱۲ × ۱۵۰ سانتی‌متر	۴٫۲ متر		امتیازدهی ذهنی	۱۲ ثانیه	-	-	-



راهنما:

۱. نقطه متناظر برای چشم راست و چشم چپ

۲. تصویر برای چشم راست

۳. تصویر برای چشم چپ

۴. نقطه شبیه‌سازی شده مجازی

۵. چشم چپ

۶. چشم راست

۷. نقطه متناظر

۸. نقطه متناظر و هم‌جوار آن

شکل ب-۲- جفت نقاط متناظر و هم‌جواری

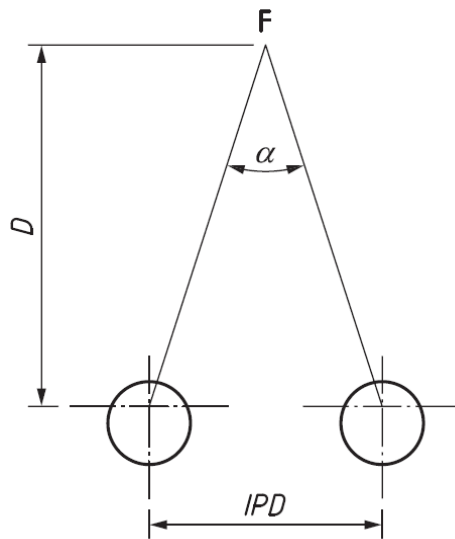
ب-۷ عدم انطباق «همگرایی-تطابق»

ب-۷-۱ زاویه همگرایی

زاویه همگرایی، زاویه بین محورهای بینایی چپ و راست است که به صورت زیر بیان میشود:

$$\alpha = 2 \arctan(IPD/2D) \quad (\text{پ-۱۰})$$

که در آن D فاصله نقطه گره چشم‌ها در امتداد صفحه میانی ساجیتال^۱ به نقطه ثابت F در فضا است (به شکل ب-۳ مراجعه شود)



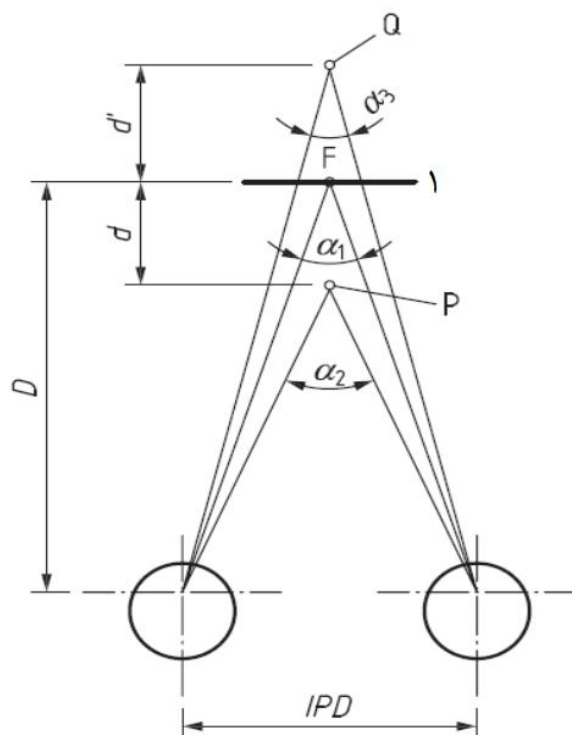
IPD فاصله بین مردمک‌های دو چشم (به شکل ب-۳ مراجعه شود)

شکل ب-۳ - زاویه همگرایی

ب-۷-۲ هندسه عدم انطباق "همگرایی-تطابق"

نقطه متناظر در تصویر دیداری که اختلاف افقی معینی نسبت به سطح نمایشگر برجسته‌نمایی دارد که نقطه-ای در جلو یا پشت سطح نمایشگر شبیه‌سازی می‌کند. برای مثال در شکل ب-۴، نقطه P که اختلاف افقی $(\alpha_2 - \alpha_1)$ دارد، عمق d را در مقابل نمایشگر شبیه‌سازی می‌کند. درحالی‌که نقطه Q که اختلاف افقی $(\alpha_1 - \alpha_3)$ دارد عمق d' را پشت سطح نمایشگر شبیه‌سازی می‌کند.

1- Midsagittal plane



راهنما:

۱ صفحه نمایش

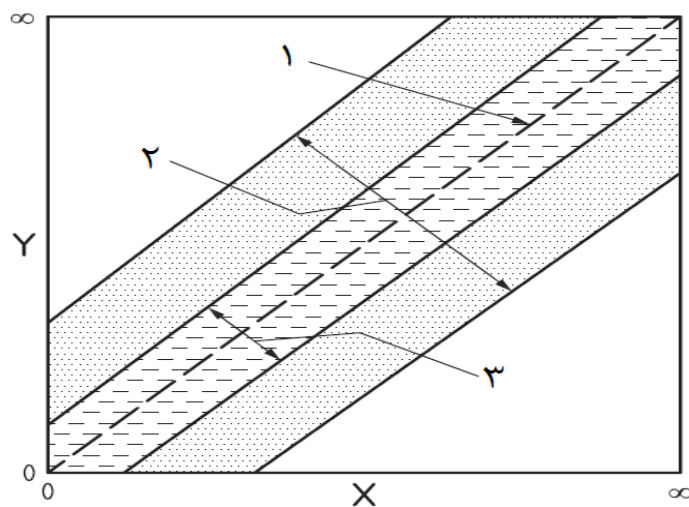
شکل ب-۴- اختلاف دید دوجشمی و عدم انطباق همگرایی-تطابق

برای یک شیء دیداری در تصویر برجسته‌نما که اختلاف افقی معینی دارد، موقعیت شبیه‌سازی شده آن هم در مقابل و هم در پشت سطح نمایشگر برجسته‌نما است. در این مورد، مفروضات فاصله برای تطابق و همگرایی ثابت نیست. برای مثال، برای نقطه P، مفروضات فاصله برای همگرایی D-d است. درحالی که مفروضات فاصله برای تطابق، عموماً فاصله از چشم تا سطح نمایشگر، یعنی D است. مناطق حساسی از تطابق و همگرایی وجود دارد که به ترتیب به عنوان عمق کانون و عمق اختلاف تثبیت عموماً ظاهر می‌شوند و تقریباً هیچ پتانسیلی برای خستگی چشمی یا ناراحتی دیداری در این نواحی وجود ندارد. با این حال، هنگامی که تفاوت مفروضات فاصله از نواحی حساس تجاوز می‌کند، آن تفاوت می‌تواند عاملی باشد که سبب ایجاد خستگی دیداری یا ناراحتی در دید شود. خستگی دیداری یا ناراحتی در دید احتمال دارد وابسته به اجزاء فضائی-زمانی مفروضات برجسته‌نما و حساسیت فردی بینندگان باشد.

ب-۷-۳ شرایط نامطلوب عدم انطباق «تطابق-همگرایی»

در برخی گزارشات، انجام ارزشیابی ذهنی از خستگی دیداری و ناراحتی دید، هنگامی که تفاوت فاصله برای انطباق و همگرایی تا حدی بزرگ می‌شود، پیشنهاد شده است. در این رابطه، محققان مقدار اختلاف در فاصله برای تطابق و همگرایی را، از طریق تغییر در ناهمگونی افقی یا به وسیله تغییر در محرک همگرایی نسبت به سطوح نمایشگر برجسته‌نما، تغییر دادند. در تمامی این شرایط، فاصله برای تطابق و همگرایی ثابت بوده است.

هنگامی که مفروضات فاصله تطابق نسبت به مفروضات فاصله همگرایی رسم شده‌اند، خط داندرا^۱ خطی است که در آن مفروضات فاصله که برای تطابق و همگرایی ثابت است، شیب ۴۵ درجه دارد. در آن طرح ترسیم شده، ناحیه راحتی پرسوال^۲، سومین ناحیه میانی است که در آن مفروضات فاصله برای تطابق و همگرایی، یک دید واضح منفرد دو چشمی را ایجاد می‌کند. اگرچه گزارش‌هایی در خصوص اثرات بر روی ناراحتی فاصله دید و مدت زمان دیدن وجود داشته است، اثرات تغییرات موقتی عدم تطابق "همگرایی-تطابق" که از منطقه راحتی تجاوز می‌کند، نامعلوم باقی می‌ماند. با توجه به این اطلاعات، پیشنهاد می‌شود که برای نمایش برجسته‌نما بر روی یک مانیتور رومیزی، بر روی یک نمایشگر بزرگ در خانه و بر روی یک پرده سینمایی بزرگ در یک سالن کوچک، اختلاف افقی باید بین ± 1 درجه باشد.



راهنما:

- ۱ خط داندرا
- ۲ ناحیه دید شفاف منفرد دو چشمی
- ۳ ناحیه راحتی پرسوال
- ۴ محرک همگرایی
- ۵ محرک تطابق

شکل ب-۵- خط داندرا و ناحیه راحتی پرسوال

1- The Donders' line
2- Percival's comfort zone

شرایط تجربی مورد استفاده در منابع [۳]، [۵]، [۱۰]، [۱۲]، [۱۷]، [۱۸] و [۲۲] در زیر نشان داده شده است:

شماره مرجع	نوع صفحه نمایش	وضوح صفحه نمایش	ابعاد صفحه نمایش	فاصله دید	تفاوت بین همگرایی و تطابق	شاخص	مدت زمان نمایش	محیط آزمایشگاهی	نور صفحه نمایش	نور هدف
[۳]	تلویزیون HD مانیتورهای دارای لامپ اشعه (پرتو) کاتدی	تلویزیون HD	۳۲ اینچ	۱٫۲ متر (۳ برابر ارتفاع)	۸ شرایط آماده شد براساس نسبت توانایی فردی برای برخورد (محدوده نسبی برخورد)	محدوده نسبی برخورد	-	-	-	-
[۱۰]		۹۲۱۶۰۰ پیکسل	۱۰٫۴ اینچ	۰٫۵ متر	± 0.5	محل استقرار (راحتی)	هر جلسه ۸۰ ثانیه $5 \times$ جلسه	-	-	$4,40.8 \text{ cd/m}^2$
[۵]	صفحه نمایش حجمی (TFT)	۱۹۲۰ $\times$ ۱۲۰۰ پیکسل	۲۲٫۲ اینچ	۳۱٫۱؛ ۳۹٫۴؛ ۵۳٫۶ سانتی متر (۳٫۲۱)؛ ۲٫۵۴؛ ۱٫۸۷ (درجه)	۰٫۳۳؛ ± 0.67 ؛ ± 1.33 درجه	عملکرد دیداری	متغیر (حداقل تقریباً ۶ دقیقه $0.634 \times$ ثانیه $293 \times$ آزمایش $2 \times$ جلسه)	-	-	-
[۵]	صفحه نمایش حجمی (TFT)	۳۸۰۰ $\times$ ۲۴۰۰ پیکسل	۲۲٫۲ اینچ	۳۱٫۱؛ ۳۹٫۴؛ ۵۳٫۶ سانتی متر (۳٫۲۱)؛ ۲٫۵۴؛ ۱٫۸۷ (درجه)	۰٫۳۳؛ ± 0.67 ؛ ± 1.33 درجه	عملکرد دیداری	متغیر (حداقل تقریباً ۱۰ دقیقه $293 \times$ ثانیه $2 \times$ آزمایش $2 \times$ جلسه)	-	-	-
[۵]	صفحه نمایش حجمی و لامپ پرتو کاتدی (CRT) معمولی	۱۶۰۰ $\times$ ۱۰۲۴ پیکسل (CRT)	۲۲٫۲ اینچ	۳۱٫۱؛ ۳۹٫۴؛ ۵۳٫۶ سانتی متر (۳٫۲۱)؛ ۲٫۵۴؛ ۱٫۸۷ (درجه)	۰٫۳۳؛ ± 0.67 ؛ ± 1.33 درجه	عملکرد روانی	متغیر (حداقل تقریباً ۱۵ دقیقه $3 \times$ ثانیه $1100 \times$ آزمای ش $3 \times$ محرک)	اتاق کم نور بود	-	-

ادامه جدول

شماره مرجع	نوع صفحه نمایش	وضوح صفحه نمایش	ابعاد صفحه نمایش	فاصله دید	تفاوت بین و همگرایی و تطابق	شاخص	مدت زمان نمایش	محیط آزمایشگاهی	نور صفحه نمایش	نور هدف
[۵]	صفحه نمایش حجمی (TFT)	۱۹۲۰ × ۱۲۰۰ پیکسل	۲۲/۲ اینچ	۳۱/۱؛ ۳۹/۴؛ ۵۳/۶ سانتی متر (۳/۲۱)؛ ۲/۵۴؛ ۱/۸۷ (درجه)	±۰/۳۳؛ ±۰/۳۳؛ ±۰/۶۷؛ ۱/۳۳ درجه	امتیاز ذهنی	۵،۶ ثانیه هر آزمایش (در مجموع نزدیک به ۹۰ دقیقه؛ ۴۵ دقیقه × ۲ روز)	-	-	-
[۱۷]	لامپ پرتو کاتدی (CRT)	۱۶۰۰ × ۱۲۰۰ پیکسل	۲۲/۲ اینچ (برای هر چشم)	-	ترکیبی از (۰/۲۵)؛ ۰/۷۷؛ ۰/۴ (۱۰ متر) برای برخورد و کانونی	امتیاز ذهنی	۳ روز × ۳۰ دقیقه (۲۰ دقیقه آزمایش + ۱۰ دقیقه رقابت پرسشنامه ای) به ازای هر روز	-	-	میانگین درخشندگی فضا: ۰/۱۳ cd/m ²
[۱۷]	لامپ پرتو کاتدی (CRT)	۱۶۰۰ × ۱۲۰۰ پیکسل	۲۲/۲ اینچ (برای هر چشم)	-	ترکیبی از (۰/۳)؛ ۰/۷۷؛ ۱/۱۱؛ ۲/۰؛ ۱۰ (inf m) برای برخورد و (۰/۴)؛ ۰/۷۷؛ ۱۰ (کانونی)	امتیاز ذهنی	۲ دقیقه × ۱۰ مرتبه (برای دوره‌ای از زمان خستگی دیداری)	-	-	میانگین درخشندگی فضا: ۰/۱۳ cd/m ²
[۲۲]	تلویزیون HD	۱۹۲۰ × ۱۰۸۰ پیکسل	۲۸ اینچ	۱۰۸ سانتی متر (۳ برابر ارتفاع)	±۰/۸۲؛ ±۱/۳۶؛ ±۱/۹۰ درجه	امتیاز ذهنی	بعد از ۱ ساعت مشاهده	-	-	-
[۱۲]	عینک سه بعدی	-	-	۲ متر؛ ۳۳/۷۵ درجه	-	امتیاز ذهنی	۲۰ دقیقه × ۳ مرتبه	-	-	-
[۱۲]	تلویزیون	-	۱۴ اینچ	۶۰ سانتی متر	-	امتیاز ذهنی	۲۰ دقیقه × ۳ مرتبه	-	-	-
[۱۲]	عینک سه بعدی	-	-	۲ متر؛ ۳۳/۷۵ درجه	-	امتیاز ذهنی	۲۰ دقیقه × ۳ مرتبه	-	-	-
[۱۲]	تلویزیون	-	۲۰ اینچ	۶۰ سانتی متر	-	امتیاز ذهنی	۲۰ دقیقه × ۳ مرتبه	-	-	-
[۱۲]	صفحه با نمایش با ویدیویی لرزان	-	۹۰ اینچ	۲/۳ متر	-	امتیاز (نمره) ذهنی	بعد از نزدیک به ۲۰ دقیقه مشاهده	-	-	-

شماره مرجع	نوع صفحه نمایش	وضوح صفحه نمایش	ابعاد صفحه نمایش	فاصله دید	تفاوت بین همگرایی و تطابق	شاخص	مدت زمان نمایش	محیط آزمایشگاهی	نور صفحه نمایش	نور هدف
[۱۲]	صفحه با پروتکل برچسب توزیع (پروژه مستند سازی لینوکس)	-	۹۰ اینچ	۲٫۰ متر	-	امتیاز ذهنی	بعد از ۱۴۰ دقیقه مشاهده	-	بر روی یک ناحیه سفید، درخشندگی ۱۰۰ ی cd/m^2 (DLP) و ۱۰۳ cd/m^2 (LCD) بود و بر روی ناحیه سیاه ۴ cd/m^2 (DLP) و ۷ cd/m^2 (LCD)	-
[۱۲]	صفحه با (صفحه نمایش کریستال مایع)	-	۹۰ اینچ	۲٫۰ متر	-	امتیاز ذهنی	بعد از ۱۴۰ دقیقه مشاهده	-	-	-

پ-۷-۴ سایر عوامل مرتبط

طیف وسیعی از اختلافات دید نسبت به شبکه چشم چپ و راست، که در آن دو تصویر تلفیق شده و به صورت تصویر واحدی درک می‌شوند، وجود دارد. این محدوده، منطقه تلفیق پانوم^۱ نامگذاری شده است. خارج از این ناحیه، تصاویر به صورت دوتایی به نظر می‌رسند و این امر نیز ممکن است به عنوان یک علت خستگی دیداری و ناراحتی دید در نظر گرفته شود، خصوصاً هنگامی که تصویرهای دوتایی در حین دیدن تصاویر برجسته‌نما، اغلب تجربه می‌شوند. دامنه بیان شده برای قطاع زاویه‌ای^۲، بستگی به عوامل مختلف، نظیر مشخصه‌های تصویر (اجزای فضائی-زمانی، درخشندگی و غیره) و ویژگی‌های محیط اطراف دارد.

1- Panum's fusional area
2- Angular subtense

پیوست پ

(اطلاعاتی)

سایر عوامل قابل ملاحظه در نمایش برجسته‌نما

پ-۱ غیرهم‌زمانی موقت بین چشمی

هنگامی که تقارن زمانی دو تصویر برجسته‌نما مختل شده است، بینندگان تصاویر به دلیل مشروحتی که در زیر اشاره شده، ممکن است از ناراحتی رنج ببرند.

هنگامی که محتوای قاب‌های تصویر چپ و راست، که در نظر گرفته شده‌اند تا به طور هم‌زمان نمایش داده شوند، بر روی یک نمایشگر زمانی مشبک برجسته‌نما ارائه می‌شوند، ممکن است غیرهم‌زمانی موقتی برای تصاویر چپ و راست تولید شود. در این مورد، اشیاء دیداری در این تصاویر که به صورت عرضی حرکت می‌کنند، با توجه به اختلاف دید کاذب، ممکن است متفاوت از اینکه چگونه آنها در اصل شبیه‌سازی شدند، درک شوند. یک درجه بزرگ‌تر از اختلاف دید کاذب، ممکن است از حد همگرایی تجاوز کند (به بند ۵-۶ مراجعه شود). حرکت دیداری غیر از حرکت عرضی، ممکن است یک تفاوت هندسی بین چشمی، مثل عدم انطباق عمودی (به بند پ-۳ مراجعه شود)، عدم انطباق چرخشی (به بند پ-۴ مراجعه شود)، یا تفاوت بزرگ‌نمایی بین چشمی (به بند پ-۵ مراجعه شود) را ایجاد کند. تغییرات زمانی بیشتر در تصاویر برجسته‌نما، اثرات غیرهم‌زمانی موقتی را تقویت می‌کند.

محتوای تصاویر برجسته‌نمایی که در نظر گرفته شدند تا هم گام باقی بمانند، باید به طور هم‌زمان در نمایشگرهای برجسته‌نما، نمایش داده شوند، یا حداقل توصیه می‌شود که نمایش غیرهم‌زمانی موقت تا آنجا که ممکن است کاهش داده شود. این رویکرد، هر چند هنگامی که هم‌زمانی موقت به واسطه در نظر گرفتن مشخصه‌های عملکردی نمایشگرهای برجسته‌نما هم تنظیم شده باشد، کاربردی نیست.

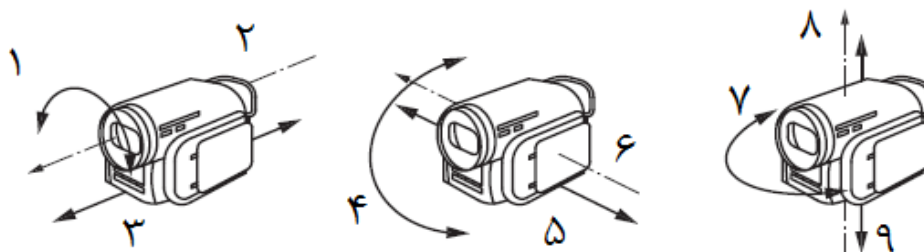
هنگامی که دو نمایشگر برای تصاویر برجسته‌نمای چپ و راست به طور مستقل به کار گرفته می‌شوند، مانند موردی که نورافکنی تصویر برجسته‌نما، از دو پروژکتور استفاده می‌کند، برای مثال، تفاوت‌های انفرادی در مشخصه‌های عملکردی دو دستگاه نمایشگر ممکن است در نمایش دادن تصاویر چپ و راست غیرهم‌زمانی موقت ایجاد کند. در این مورد، غیرهم‌زمانی ممکن است انواع مختلفی از تفاوت‌های بین‌چشمی تعیین شده در بندهای ۲-۵ و ۳-۵ را تولید کند. غیرهم‌زمانی موقتی در نمایش برجسته‌نما، تا آنجا که ممکن است باید توسط انتخاب دو نمایشگر که اغلب مشخصه‌های زمانی یکسانی دارند و/یا توسط هماهنگ‌سازی الکترونیکی دو نمایشگر هنگامی که این روش امکان‌پذیر است، حفظ شود.

پ-۲ بیماری حرکتی دیداری (ناشی از حرکت) ۱

بیماری حرکت ناشی از حس دیداری زمانی اتفاق می‌افتد که وسعت تصاویر برجسته‌نما مربوطه، به اندازه حجم حرکت کروی چشم و /یا دیگر حرکات دیداری که منطقه وسیعی را در نمایشگر برجسته‌نما پوشش می‌دهند، باشد. این بیماری همچنین زمانی رخ می‌دهد که سیگنال‌های حسی، مانند سیگنال‌های بینایی، شنوایی، حواس عمقی و غیره با الگوهای سیگنال‌های ذخیره شده در سیستم اعصاب مرکزی، هماهنگی نداشته باشند.

بیماری حرکت ناشی از حس دیداری، تحت تأثیر عوامل مختلف در ارتباط با حساسیت فردی است که همانند عوامل روانی و شرایط دید، ممکن است با سن، جنس، شرایط عادات و خستگی ارتباط داشته باشد. اگرچه بیماری ناشی از حرکت، در ارتباط با تصاویر مرسوم دو بعدی (2D) به رسمیت شناخته شده است، داده‌های علمی در زمینه این تصاویر محدود است. از این رو بررسی‌های بیشتری، بطور ویژه، عطف به تصاویر برجسته‌نمای سه بعدی (3D) از مراکز تحقیقاتی و علمی فراخوان شده است.

انواع حرکت کروی دیداری، می‌تواند بر حسب حرکت بدن دسته‌بندی شود که متشکل از چرخش به اطراف و انتقال در امتداد سه محور عمودی، افقی و عرضی هستند. در مواردی که تصویر حرکت می‌کند، آنها برحسب حرکات دوربین توصیف می‌شوند (به شکل ت-۱ مراجعه شود). مانند گردشی و قرقره‌ای (چرخش در اطراف و انتقال در امتداد محور عرضی)، کجی و شیاری (چرخش به اطراف و انتقال در امتداد محور عمودی)، کفه‌ای و پایه‌ای (چرخش در اطراف و انتقال در امتداد محور افقی).



راهنما:

Axis	۶ محور	Roll	۱ گردشی
Pan	۷ کفه‌ای	Axis	۲ محور
Axis	۸ محور	Dolly	۳ قرقره‌ای
Pedestal	۹ پایه‌ای	Tilt	۴ کجی
		Track	۵ شیاری

شکل پ-۱- انواع حرکت دوربین‌ها که حرکت دیداری کروی را تولید می‌کنند

اثرات چرخش دیداری حول محورهای عمودی، افقی و عرضی برروی بیماری ناشی از حرکت دیداری، توسط روش‌هایی همچون سنجش امتیاز ذهنی، ثبت سیگنال مغزی^۱، و دیگر شاخص‌های فیزیولوژی بر پایه استفاده از یک استوانه دوار و تصاویر متحرک برروی یک صفحه نمایش بزرگ، بررسی شده‌اند. با این حال، یافته‌های محدودی درخصوص این که چگونه این شرایط متفاوت بر بیماری ناشی از حرکت تاثیر می‌گذارند، وجود داشته است.

پیوست ت

(اطلاعاتی)

روش نمونه برداری برای ارزیابی عملکرد و انطباق

ت-۱ کلیات

این پیوست، ارائه دهنده نمونه‌ای از یک چک‌لیست (به جدول ت-۱ مراجعه شود) برای تعیین موارد قابل اجرا در این استاندارد و موارد ارزیابی شده می‌باشد. این چک‌لیست می‌تواند هم در حین ایجاد محصول و یا در ارزیابی محصول تولید شده مورد استفاده قرار گیرد. این چک‌لیست همه موارد مرتبط به بندهای ۳-۵، ۴-۵ و ۶-۵ از این استاندارد را شامل می‌شود. شایان ذکر است این فرآیند تعیین شده مفهومی از هدایت را ایجاد می‌کند، نه اینکه به عنوان یک فرایند جامع که می‌تواند جایگزینی برای خود استاندارد باشد، بکار گرفته شود. این چک‌لیست^۱ پایه و اساسی را برای ارزیابی موارد کاربردی و تعیین اینکه کدام موارد کاربردی هستند، و فراهم کردن لیستی که نشان می‌دهد چگونه موارد کاربردی می‌توانند ارزیابی شوند، فراهم می‌کند. چک لیست فضایی را ارائه می‌دهد که شرح روش(های) به کار گرفته شده می‌توانند در قسمت ستون نظرات، ارائه شوند.

ت-۲ فهرست مواردی که ارزیابی می‌شوند:

- عدم تراز عمودی بین چشمی (۱-۳-۵)
- عدم تراز چرخشی بین چشمی (۲-۳-۵)
- اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی (۳-۳-۵)
- اختلاف درخشندگی بین چشمی (۱-۴-۵)
- عدم انطباق "همگرایی - تطابق" (۵-۶)

ت-۳ چگونه از چک‌لیست‌ها استفاده کنیم

تعداد بندها، عنوان و/یا توصیف کلی از مواردی که مورد ارزیابی قرار می‌گیرند ابتدا در دو ستون از جدول ت-۱ ارائه می‌شوند. ستون سوم برای مشخص کردن این که آیا موردی در هر بند یا زیربند، کاربردی هست یا خیر استفاده می‌شود.

هرجا که یک مورد کاربردی نیست، یک یادداشت مختصر از ارائه دلایل آن در ستون چهارم درج می‌شود. هنگامی که موردی کاربردی است، لذا آن مورد قرار است ارزیابی شود که در ستون پنجم چگونگی ارزیابی آن ارائه می‌شود.

جدول ت-۱- مثالی از یک چک لیست نمونه

بند / زیر بند این استاندارد		کاربرد	ارزیابی
		بله / خیر	توضیحات
۳-۵	تفاوت‌های هندسی بین چشمی		
۱-۳-۵	عدم هم‌ترازی عمودی بین چشمی		
		برای مقادیری که به عنوان مرجع، برای عدم هم‌ترازی عمودی در نمایش برجسته‌نما استفاده می‌شود، به پیوست پ-۳ مراجعه شود.	
۲-۳-۵	عدم هم‌ترازی چرخشی بین چشمی		
		برای معیارهای عددی استفاده شده به عنوان مرجعی برای اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی در نمایش برجسته‌نما، به بند پ-۵ مراجعه شود.	
۳-۳-۵	اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی		
		برای معیارهای عددی استفاده شده به عنوان مرجعی برای اختلاف بزرگ‌نمایی بین چشمی در نمایش برجسته‌نما، به پیوست پ-۵ مراجعه شود.	
۴-۵	اختلاف فتومتری بین چشمی		
۱-۴-۵	اختلاف در خشنده‌گی بین چشمی		
		برای معیارهای عددی استفاده شده به عنوان مرجع در نمایش برجسته-نما، به پیوست پ-۶ مراجعه شود.	
۶-۵	عدم انطباق "همگرایی-تطابق"		
		اثرات احتمالی اختلاف دید در ناراحتی و خستگی دیداری دید که در پیوست پ-۷ توضیح داده شده‌اند، که در آن مراجع عددی ارائه شده است.	

- [1] Bando T., Iijima A., Yano S. Visual fatigue caused by stereoscopic images and the search for therequirement to prevent them: A Review. *Displays*. 2012, **33** (2) pp. 76–83
- [2] Beldie I.P., & Kost B. 1991). Luminance asymmetry in stereo TV images. *Proc. SPIE Stereoscopic, Displays and Applications II*, 1457, 242-247.
- [3] Emoto M., Niida T., Okano F. Repeated Vergence Adaptation Causes the Decline of Visual Functions in Watching Stereoscopic Television. *Journal of Display Technology*. 2005, **1** (2) pp. 328–340
- [4] Emoto M., Nojiri Y., Okano F. Changes in fusional vergence limit and its hysteresis after viewingstereoscopic TV. *Displays*. 2004, **25** (3-4) pp. 67–76
- [5] Hoffman D . M ., G irshick A. R., Akeley K., Banks M. S. (2008). Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. *Journal of Vision*, 8(3), 33. 130.
- [6] ISO/TR 9241-331:2012, *Ergonomics of human-system interaction — Part 331: Optical characteristics of autostereoscopic displays*
- [7] ISO 9241-305:2008, *Ergonomics of human-system interaction — Part 305: Optical laboratory test methods for electronic visual displays*
- [8] ITU-R. (2000). Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures.ITU-R BT.500-10.
- [9] ITU-R. (2009). Features of three-dimensional television video systems for broadcasting. ITU-R Report BT. 2160.
- [10] Iwasaki T., Tawara A., Miyake N. Reduction of asthenopia related to accommodative relaxationby means of far point stimuli. *Acta Ophthalmol. Scand*. 2005, **83** (1) pp. 81–88
- [11] Kooi F.L., & Toet A . V isual c omfort of binocular a nd 3D d isplays. *D isplays*. 2004, **25** (3-4) pp. 99–108
- [12] Kuze J., & Ukai K. Subjective evaluation of visual fatigue caused by motion images. *Displays*. 2008, **29** (2) pp. 159–166
- [13] Lambooi M ., F ortuin M ., I Jsselsteijn W.A., Heyndrickx I . M easuring v isual d iscomfortassociated with 3D displays. *Proc. SPIE*. 2009, **7237**72370K-1–12
- [14] MacLachlan C., & Howland H.C. Normal values and standard deviations for pupil diameterand interpupillary distance in subjects aged 1 month to 19 years. *Ophthalmic Physiol. Opt*. 2002,**22** (3) pp. 175–182
- [15] Patterson R., & Silzars A. Immersive stereo displays, intuitive reasoning, and cognitiveengineering. *J. Soc. Inf. Disp*. 2009, **17** (5) pp. 443–448
- [16] Pölönen M ., H akala J., Bilcu R., Järvenpää T., Häkkinen J. Salmimaa, M. (2012). Colorasymmetry in 3D imaging: Influence on the viewing experience.*3D Research*, 3, 5
- [17] Shibata T., Kim J., Hoffman D. M., Banks M. S. (2011). The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays. *Journal of Vision*, 11(8), 11. 1-29

- [18] Speranza F., Tam W.J., Renaud R. Effect of disparity and motion on visual comfort of stereoscopic images. *Proc. SPIE*. 2006, **6055**60550B-1–10
- [19] Yamanoue H., Nagayama M., Bitou M., Tanada J., Motoki T., Mituhashi T. Tolerance for geometrical distortions between L/R images in 3D-HDTV. *Syst. Comput. Jpn.* 1998, **29** (5) pp. 37–48
- [20] Tam W.J., Speranza F., Yano S., Shimono K., Ono H. Stereoscopic 3D-TV: visual comfort. *IEEE Trans. Broadcast*. 2011, **57** (2) pp. 335–346
- [21] Ukai K., & Howarth P.A. Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations. *Displays*. 2008, **29** (2) pp. 106–116
- [22] Yano S., Emoto M., Mitsuhashi T. Two factors in visual fatigue caused by stereoscopic HDTV images. *Displays*. 2004, **25** (4) pp. 141–150
- [23] Dodgson N.A. Variation and extrema of human interpupillary distance. *Proc. SPIE*. 2004, **5291** pp. 36–46
- [24] Woods A. Crosstalk in stereoscopic displays: a review. *J. Electron. Imaging*. 2012, **21** (4) p. 040902
- [25] Tsirlin I., Wilcox L.M., Alison R.S. The effect of crosstalk on the perceived depth from disparity and monocular occlusions. *IEEE Trans. Broadcast*. 2011, **57** (2) pp. 445–453
- [26] Yuuki A., Uehara S., Taira K., Hamagishi G., Izumi K., Nomura T. Influence of 3-D cross-talk on qualified viewing spaces in two- and multi-view autostereoscopic displays. *Journal of SID*. 2010, **18** (7) pp. 483–493
- [27] Chen L. Investigation of crosstalk in a 2-view 3D display. *SID Symposium Digest of Technical Papers*. 2008, 39(1), 1138–1141
- [28] Pastoor S. Human factors of 3D imaging: Results of recent research at Heinrich-Hertz-Institut Berlin. *Proc.* 1995, IDW'95, 69-72
- [29] ISO 9241-302, Ergonomics of human-system interaction — Part 302: Terminology for electronic visual displays
- [30] Hartley R., & Zisserman A. Multiple view geometry in computer vision. 2004