

واکاوی علل وجودی و چگونگی استفاده از خطاهای دید استاتیک در معماری

مجید خواس^۱

افسانه زرکش^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۷/۷

چکیده

اهداف: پرداختن به مقوله خطای دید، طراحان را قادر می‌سازد تا کیفیت فضایی را در راستای اهداف طراحی تغییر دهند. هدف از پژوهش حاضر شناخت، بررسی، علت‌یابی و دسته‌بندی خطاهای دید استاتیک به‌صورتی است که مخاطب توانایی استفاده از آن‌ها را در معماری به‌عنوان یک تکنیک طراحی با چیدمان آگاهانه و تحریف عامدانه بدست آورد.

روش: پژوهش حاضر یک پژوهش کیفی است که پژوهش‌گران با استفاده از روش توصیفی-تحلیلی و مطالعات کتابخانه‌ای، در ابتدا به شناخت و کشف علل وجودی و فیزیولوژیکی خطاهای دید استاتیک پرداخته و در گام بعدی، هشت نمونه تاریخی و هشت نمونه معاصر استفاده از خطاهای دید در معماری را جهت یافت علت و کیفیتی که خطای دید در این نمونه‌ها ایجاد کرده است، بررسی کرده‌اند. در انتها با استفاده از یافته‌ها چهار مدل استفاده از خطای دید در معماری توسط پژوهش‌گران پیشنهاد شده است که با استفاده از یک پرسش‌نامه بسته از اساتید و دانشجویان معماری میزان کارایی این نمونه‌ها سنجیده شده است.

یافته‌ها: پژوهش‌گران به این مهم دست یافتند که مغز خود اجازه می‌دهد که دچار فریب شده و توانایی غلبه بر ابهام را دارد. همچنین با استفاده از خطای دید می‌توان کیفیت‌هایی نظیر تغییر ادراک اندازه، تغییر ادراک زاویه خطوط، جذب مخاطب، عمق‌نمایی، سه‌بعدی‌سازی در یک سطح دوبعدی، پویایی و حرکت را سبب شد.

نتیجه‌گیری: در گذر زمان شیوه استفاده از خطای دید توسط معماران تغییر یافته و طراحان در دوران معاصر از خطای دید به منظور جذب مخاطب استفاده می‌کنند. مدل‌های الهام گرفته شده از ابهام اشیاء غیرممکن و خطای باصره حرکتی به ترتیب بیشترین میزان جذب مخاطب را دارند.

واژگان کلیدی: خطای دید، تحریف عامدانه، کیفیت های فضایی، ادراک بصری

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

khavasmajid@gmail.com

۲. : استاد یار معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

zarksh@modares.ac.ir

مقدمه

چشم به‌تنهایی چیزی را نمی‌بیند یا درک نمی‌کند؛ بینایی و درک حاصل یک همکاری پیچیده بین چشم و مغز است. چشم با دریافت بازتاب نور از محیط اطراف و انتقال داده‌های دریافتی توسط یک سیستم پیچیده به مغز، حس بینایی را سبب می‌شود؛ این حس ابزاری برای ادراک بصری و تشخیص پدیده‌های پیرامونی است. مغز اطلاعات دریافتی را بر اساس تجربیات گذشته مورد تفسیر قرار می‌دهد. برخی اوقات وضعیتی می‌تواند احساس بینایی ما را فریب دهد و باعث شود فکر کنیم در حال مشاهده چیزی هستیم که وجود ندارد یا با آنچه در واقعیت هست تفاوت دارد؛ به این پدیده خطای دید گفته می‌شود. خطای دید، تفسیری ادراکی است که به‌نظر ما تعجب‌آور و متفاوت از محیطی است که به آن عادت داشته‌ایم ولی آن را امری واقعی تصور می‌کنیم. در گروهی از پدیده‌های بصری ارتباط میان تصویر ایجادشده روی شبکه با آن چه دیده می‌شود کاهش یافته‌است؛ این گروه دارای زیبایی‌شناسی منحصر به خود می‌باشند. یک پدیده فریفتار^۱، وقتی کارکرد خود را حفظ می‌کند که فقط برای چند هزارم ثانیه (۵۰ تا ۱۵۰ هزارم ثانیه) در معرض دید قرار گیرد. هدف از پژوهش حاضر شناخت، بررسی و معرفی خطاهای دیدی است که در طراحی معماری می‌توانند با چیدمان آگاهانه و تحریف عامدانه به‌عنوان یک تکنیک برای رسیدن به هدف مورد نظر استفاده گردند و ادراک انسان را دستخوش تغییر نمایند.

پیشینه تحقیق

طبق بررسی نگارندگان، تاکنون پژوهشی مشابه و متمرکز بر مسئله پژوهش حاضر یعنی واکاوی علل وجودی و چگونگی استفاده از خطاهای دید استاتیک در معماری، انجام نشده است؛ هرچند پژوهش‌هایی در حوزه‌های دیگر از جمله گرافیک و طراحی شهری صورت گرفته است. پژوهش صورت‌گرفته توسط شکیبامنش و همکاران با عنوان «طراحی شهری نوین: از رویکرد نشانه تا خطاهای کاربردی اپتیکی» در حوزه شهرسازی نگاشته شده و نگارندگان ضمن پرداختن به بحث نشانه‌های شهری، چند خطای اپتیکی محدود را بدون اشاره به علت وجودی این خطاها مورد مطالعه قرار داده و برای سه خطا نیز نمونه طراحی شهری معرفی کرده‌اند.^۲ درویشی و همکاران نیز با نگارش مقاله «بهره‌جویی از خطاهای بینایی در طراحی نشانه نوشتاری» در حوزه گرافیک، چند خطای اپتیکی قابل‌استفاده در این حوزه را بررسی نموده‌اند. در این مقاله علت وجودی برخی خطاها به‌صورت محدود بیان شده است و این خطاها فقط تصویری هستند.^۳ رحمانی و همکاران در مقاله «چگونگی خوانش خطای دید و بهره از ایهام در هنر و معماری» چند نمونه بسیار محدود از خطای دید را بدون ارائه نمونه‌های معماری، بررسی و دسته‌بندی کرده‌اند.^۴ سید محمد فدوی و همکاران به مطالعه تطبیقی پوسترهای شیگتو فوکودا/ و روش‌های ایجاد خطای دید در حوزه ارتباط تصویری پرداخته و چگونگی حضور تعدادی از خطاهای دید هندسی و تصویری در آثار فوکودا/ را مورد توجه قرار داده‌اند.^۵ بنابه پیمایش انجام‌شده در پژوهش‌های در دست، خطاهای دید استاتیک به صورت جامع و مانع حتی در رشته‌های دیگر، دسته‌بندی نشده و علت فیزیولوژیکی و ادراکی آن‌ها بررسی نگردیده است.

روش‌شناسی و مراحل تحقیق

پژوهش حاضر به‌لحاظ محتوایی، پژوهشی میان‌رشته‌ای است. این پژوهش مبتنی بر رهیافت کیفی است و در آن از روش توصیفی-تحلیلی استفاده شده است. از نظر عمق، پهنانگر و از نظر هدف و حیطه کاربرد، پژوهشی نظری-کاربردی است. برای جمع‌آوری اطلاعات از ابزار مطالعات کتابخانه‌ای و رجوع به وبگاه‌های اینترنتی

۱ فریبنده. (فرهنگ فارسی معین)

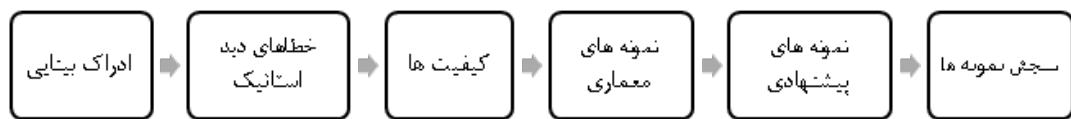
۲ شکیبامنش، علی الحسابی و بهزاد فر، ۱۳۹۴

۳ درویشی، چارثی، ۱۳۹۷

۴ رحمانی، نقشبته، ۱۳۹۴

۵ فدوی و شید مودب، ۱۳۹۲

استفاده شده است. این مقاله در ابتدا، خطاهای دید استاتیک (که نیازمند حرکت و جابجایی برای ایجاد ایهام نیستند) را مورد بررسی قرار داده، دسته‌بندی نموده و علت وجودی آن‌ها و کیفیتی که در ادراک تغییر می‌دهند را مکاشفه می‌نماید. به منظور کشف علت وجودی خطاها، با توجه به اینکه در مصداق‌های معماری به‌طور مستقیم از خطای دید استفاده نشده و به دلیل وجود تفاوت‌هایی در موارد مختلف، بررسی ادراک بینایی برای تحلیل این نمونه‌ها توسط پژوهشگران انجام گرفته است. در مرحله بعد ۱۶ نمونه بصورت تصادفی از سرتاسر دنیا انتخاب شده و این نمونه‌ها به دو گروه ۸ تایی بر اساس سال ساخت تقسیم شده‌اند. از آنجا که به‌طور معمول ۹۰ سال گذشته نسبت به زمان حال را تاریخ معاصر می‌نامند تقسیم‌بندی صورت گرفته نیز با همین روال انجام شده و نمونه‌ها به دو گروه تاریخی و معاصر تقسیم گردیده و بر اساس یافته‌ها، تحلیل شده و علت و کیفیتی که خطاهای دید در آن ساختمان‌ها پدید آورده‌اند، بررسی شده است. هدف از این بررسی کشف اهداف و چگونگی استفاده از خطاهای دید توسط طراحان بوده است. در گام بعدی تعدادی مدل پیشنهادی جهت استفاده از خطاهای دید در طراحی معماری با استفاده از نرم افزار «تری دی مکس»^۱ معرفی گردیده است. جهت بررسی و تعمیم نتایج، پرسش‌نامه‌ای بسته در سامانه فرم‌نگار گوگل تهیه و تنظیم شده است. در این سامانه ارائه آدرس پست الکترونیک افراد جهت شرکت در نظرسنجی الزامی بوده است که باعث اعتبار بیشتر نتایج می‌شود. در این پرسش‌نامه مدل‌های پیشنهادی، خطای دید استفاده شده و علت وجودی آن‌ها ارائه شده است و از شرکت‌کنندگان در دو گزینه پرسیده شده است که آیا استفاده از مدل ارائه شده در بناهایی که به هر دلیلی جذب مخاطب در آن‌ها مهم می‌باشد برای رهگذران عبوری جذابیت ایجاد کرده و باعث مکث و تأمل مخاطب می‌گردد. جامعه آماری شرکت‌کنندگان از بین اساتید و دانشجویان معماری دانشگاه‌های تهران انتخاب گردیده و حداقل تعداد جواب‌ها ۶۰ نفر؛ ۳۰ نفر به ازای هر گزینه به دلیل مشخص نبودن تعداد جامعه آماری تعیین گردید، که در نهایت ۱۰۵ نفر به این پرسشنامه پاسخ داده‌اند.



نمودار ۱: محدوده پژوهش. (منبع نگارندگان)

زمینه بحث و تعاریف

نحوه ادراک بینایی توسط مغز و چشم

چشم خود چیزی را نمی‌بیند یا درک نمی‌کند؛ بینایی و درک حاصل یک همکاری پیچیده بین چشم و مغز است. حس بینایی با حواس دیگر متفاوت است. در حس‌های دیگر اعصاب ویژه‌ای برای تشدید و تعریف احساس وجود دارند و احساس را تعریف می‌کنند، اما چشم یک ابزار پیشرفته است که نور را نمی‌بیند و داده‌های دریافتی نوری را به مغز انتقال می‌دهد و ما اشیا را می‌بینیم.^۲

مغز و قواعدش: سیستم عصبی مجموعه‌ای از سلول‌های ویژه عصبی است که «نیورون»^۳ یا یاخته عصبی نیز خوانده می‌شوند. در مغز آدمی بیش از یکصد هزار میلیون سلول عصبی وجود دارد. ساختار نیورون معمولاً سه بخش دارد: بدنه سلول، رشته‌های بلند به نام «آکسون»^۴ که به بدنه سلول چسبیده است و رشته‌های فیبری

1 Autodesk 3ds Max

2 Judin, 2019, P22

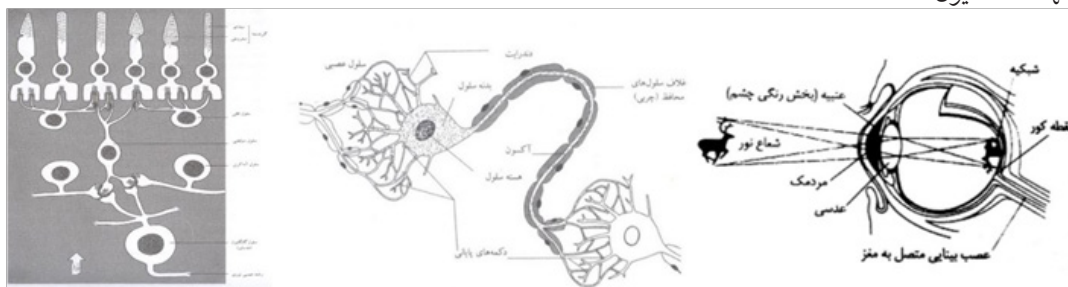
3 Neuron

4 Axon

کوتاهی که «دندرایت»^۱ خوانده می‌شود^۲ (تصویر ۱). اغلب نورون‌ها از طریق دندرایت داده‌ها را دریافت کرده و از راه آکسون داده‌ها را به یاخته یا نورون بعدی انتقال می‌دهند^۳ و به این شکل رابطه بین سلول‌های نیورون برقرار می‌گردد^۴. نورون حسی که بینایی و شنوایی را درک می‌کند دارای آکسون بلند و دندرایت کوتاه است^۵.

ساختار چشم: به زبان ساده، چشم یک ارگان حس بصری به شکل کروی است. قسمت جلویی آن شفاف است، در حالی که تقریباً هشتاد درصد آن مات باقی‌مانده است. در پشت سطح داخلی عصب بینایی گسترش می‌یابد و شبکه را تشکیل می‌دهد، جایی که تصاویر «پیش بینی» می‌شود. عنبیه یک دریچه در جلوی عدسی است که میزان رسیدن نور به شبکه را کنترل می‌کند^۶ (تصویر ۱). نور ابتدا از طریق مردمک وارد چشم گردیده، و با گذشتن از عدسی متمرکز شده و بر روی شبکه می‌تابد^۷.

ساختار شبکه: نخستین سلول‌های حسی زنجیره‌ای گونه شبکه چشم، سلول‌های گیرنده مخروطی و میله‌ای هستند. نوری که وارد چشم می‌شود باید از لایه‌های شفاف سلول‌های عصبی بگذرد و از مویرگ‌های خونی که این سلول‌ها را می‌پوشاند عبور کند و به گیرنده‌های نور برسد و جذب آن گردد. پیام از طریق سلول‌های عصبی به سلول‌های دوقطبی می‌رسد و بعد وارد سلول‌های «گانگلیون»^۸ (غده‌ای) که دارای آکسون است و به سلول‌های بعدی اتصال دارد می‌شود (تصویر ۱). احساس حرکت و میدان‌های نوری و ارسال اطلاعات به مغز بر عهده گانگلیون‌ها است^۹.



تصویر ۱، به ترتیب از راست: ساختمان چشم (روحانی، ۱۳۸۸)، ساختار سلول عصبی، شبکه میمون (گریگوری، گومبریچ، ص ۲۰-۱۹، ۱۳۸۹)

نحوه ادراک رنگ‌های مختلف: رنگ‌ها به‌طور دائم با چهره‌های گوناگونی ظاهر می‌شوند و همواره تحت تأثیر رنگ‌های مجاور خود قرار می‌گیرند^{۱۰}. در گیرنده‌های شبکه حسگرهای مخروطی هستند که رنگ را تشخیص می‌دهند. هر یک از حسگرهای مخروطی سه رنگ‌دانه قرمز، سبز و آبی دارند و هر رنگ‌دانه نیز طول موج خاصی از رنگ را جذب می‌کند. سه نوع حسگر مخروطی وجود دارد که هریک به ترتیب به طول موج کوتاه، متوسط و بلند حساس هستند و اولی نور آبی، دومی نور سبز و سومی نور قرمز را جذب می‌کند. وقتی طول موج رنگی بین طول موج سه رنگ اصلی قرمز، سبز و آبی قرار داشته باشد برای مشاهده آن ترکیبی از سه حسگر

1 dendrite

۲ گریگوری، گومبریچ، ۱۳۸۹، ۱۹

3 URL: 1

۴ گریگوری، گومبریچ، ۱۳۸۹، ۲۰-۲۱

5 URL: 1

6 judin,2019,p22

۷ رحمانی، نقشینه، ۱۳۹۴، ۴

8 ganglion

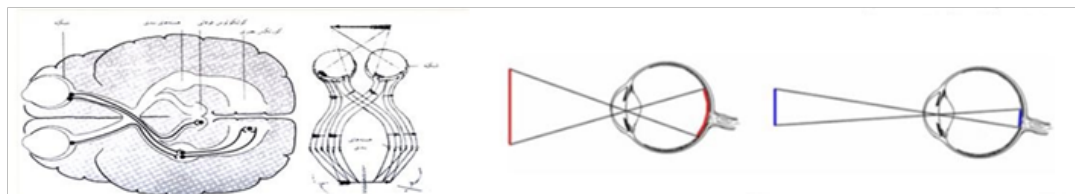
۹ گریگوری، گومبریچ، ۱۳۸۹، ۲۰-۳۲

۱۰ آلبرز، ۱۳۸۸، ۱۷

نحوه ادراک حرکت: سیستم ادراک بینایی ما دربرگیرنده فرآیند پیچیده‌ای جهت کشف حرکت است و به‌منظور یافتن این راه‌ها، دریافت ادراکی او به برخی عوامل طبیعی تکیه می‌کند. یکی از آن‌ها شبکه (سلول‌های گانگلیون) چشم است، یعنی سطح حساسی که که منظره متحرک روی آن به تصویر در می‌آید.^۲ هر نوع تغییر منظمی باعث درک حرکت در این ارگان ادراکی می‌گردد.^۳ دوم احساس حرکت بدن است، احساس جنبشی عضلات چشم و دستگاه بینایی و سر که رابطه مستقیمی با وقایع گرداگرد آدمی دارند. سومی تداعی خاطره تجربه‌های گذشته و شناخت انسان از قوانین طبیعت پیرامون خویش است.^۴

نحوه ادراک جهت: اطلاعات بصری از شبکه به سوی دو مرکز مغزی در حرکت هستند: بعضی یک‌راست به سوی منطقه‌ای به نام «کولیکولوس»^۵ فوقانی (بخش تحتانی مغز) می‌روند و بقیه که اکثر اعصاب بینایی را شامل می‌شوند به «کورتکس»^۶ بینایی اتصال می‌یابند (تصویر ۲). کولیکولوس سیگنال‌های بینایی را به شکل خام و مستقیم از شبکه دریافت می‌نماید.^۸ سلولهای کورتکس را جویندگان جهت‌یاب می‌نامند. نیورون‌های بی‌شماری در کورتکس بصری به طور ویژه برای تشخیص مرز و لبه اشیاء کار می‌کنند که فقط در یک جهت کارساز هستند. سلول‌های مختلف در کورتکس بصری معمولاً جهت‌یابی‌های متفاوتی دارند، بعضی افقی هستند و بعضی دیگر عمودی و بعضی هردو، ولی اجتماع آنها اتفاقی نیست و مانند جهانی بی‌پایان سلول پشت سلول خفته است و همه به کار جهت‌یابی و شناسایی زاویه تابش مشغول هستند.^۹

نحوه درک فاصله: توانایی درک فاصله بر این واقعیت استوار است که نور در خطوط مستقیم حرکت می‌کند. اگر شبکه چشم خود را به عنوان پایه یک مثلث متساوی الساقین (تصویر ۲) و نقطه رأس این مثلث را نقطه برخورد نور با عدسی چشم در نظر بگیریم، هرچه جسم از پایه (با طول ثابت) فاصله بگیرد، زاویه رأس کوچک‌تر خواهد بود. به عبارت دیگر، هرچه فاصله جسم بیشتر باشد، زاویه دید نیز در چشم بسته‌تر است و تصویر کوچک‌تری از آن جسم بر روی شبکه شکل می‌گیرد.^{۱۰} روشی که سیستم بینایی برای تعیین رابطه اندازه و فاصله به کار می‌گیرد نیز بر همین اساس استوار است.



تصویر ۲: به ترتیب از راست به چپ: زاویه دید زیاد اجسام نزدیک^{۱۱}. مسیر رشته‌های عصبی جدا شده از شبکه^{۱۲}.

۱ عارفی، ۱۳۸۴

۲ کپس، ۱۳۷۵، ۱۵۷

۳ درویشی، چارثی، ۱۳۹۷، ۱۱۳

۴ کپس، ۱۳۷۵، ۱۵۷

5 colliculus

6 Cortex

۷ گریگوری، گومبریچ، ۱۳۸۹، ۲۴

8 URL:2

۹ گریگوری، گومبریچ، ۱۳۸۰، ۳۸-۴۴

10 Judin, 2019, 42

11 Ibid

۱۲ گومبریچ، ۱۳۸۹

کارکرد مغز در برابر ایهام و خطای دید

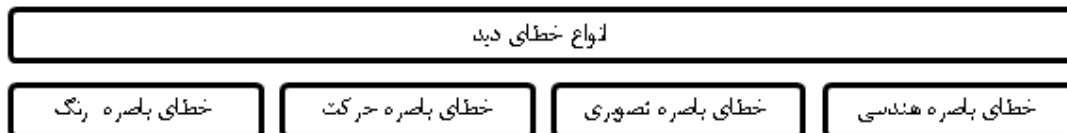
آنچه می‌دانیم این است که مغز برای تشخیص خطای دید دارای عناصر قدرتمندی است و می‌تواند علایم دریافتی مانند جهت‌یابی اشتباه توسط کورتکس بصری را مورد تحلیل مجدد قرار داده و درباره نابسامانی‌های ایهامی تصمیم بگیرد. در واقع ایهام فرصت مغتنمی دارد که خود را در ادراک به نمایش بگذارد^۱. آگاهی از خطامندی دید نمی‌تواند باعث جلوگیری از ایهام در ادراک بصری گردد. حتی خالق این ایهام نیز، پس از مشاهده اثر خود دچار ایهام می‌گردد.



نمودار ۲: نحوه ادراک توسط سیستم ادراک بینایی (منبع: نگارندگان)

دسته بندی خطاهای دید

بر اساس دسته بندی صورت گرفته توسط پژوهشگران خطاهای دید استاتیک را می‌توان به چهار دسته بندی کلی طبقه بندی نمود (نمودار ۳).



نمودار ۳: دسته بندی کلی خطاهای دید (منبع: نگارندگان)

خطای دید هندسی

چشم انسان‌ها در ارتباط با خطا همیشه درست عمل نمی‌کند. در ترکیب خطی یک اثر هنری، نحوه برخورد خطوط با یکدیگر و همچنین نیرویی که از درون و بیرون به خط وارد می‌شود، گاهی نتایجی می‌دهد که با واقعیت مغایر است و باعث ایجاد خطای چشم یا خطای باصره می‌گردد. خطای باصره به فرم و شکلی دلالت دارد که دارای عوامل بصری همراه کننده و غیر واقعی باشد. خصوصیات اشکال در این تصاویر قابل درک نیستند و ساختار آنها در دنیای واقعی امکان پذیر نیست^۲. به عنوان مثال، یک خط واحد در جهت عمودی بلندتر و در جهت افقی کوتاه‌تر به نظر می‌رسد^۳.

ایهام زولنر: ایهام زولنر توسط یوهان فریدریش زولنر، فیزیک‌دان آلمانی سال ۱۸۶۰ میلادی ایجاد شد. زولنر از الگوی پارچه‌ای الهام گرفته بود که در کارخانه پدرش مشاهده کرد^۴. در این ایهام خطوط موازی به صورت

۱ گریگوری، گومبرج، ۱۳۸۹، ۳۸-۴۴

2 Wallschaeger, 1992, 347

۳ آرنه‌ایم، ۱۳۹۸، ۵۲۸

4 URL:4

ناموازی درک شده و جهت‌یابی خطوط به درستی انجام نمی‌گیرد (تصویر ۳). هنگامی که سلول‌های جهت‌یاب کورتکس در برابر انگیزه‌های مداوم و پی‌درپی قرار بگیرند، این سلول‌ها خسته شده و در شناسایی جهت دچار ایهام می‌شوند.^۱

ایهام پوگندورف: این توهم توسط فیزیک‌دان و دانشمندی به همین نام در سال ۱۸۶۰ میلادی مطرح شد. ایهام زولنر منبع ایده‌دهی به او بوده است.^۲ در کل خطوط مورب و منحنی بیشترین تنش را برای سلول‌های کورتکس جهت‌یاب ایجاد میکنند.^۳ در این ایهام نیز خطوط موازی مورب هنگامی که توسط خطوط موازی عمودی قطع می‌گردند، گویی موازی نبوده و در یک راستا ادراک نمی‌شوند^۴ (تصویر ۳)؛ که علت آن خستگی سلول‌های جهت‌یاب کورتکس در تنش زیاد است.

توهم هرینگ: این توهم توسط روانشناس آلمانی به همین نام در سال ۱۸۶۱ کشف شده است.^۵ در این توهم به نظر میرسد خطوط افقی مستقیم خم میشوند^۶ (تصویر ۳). علت این توهم آن است که سیستم‌های ادراکی ما تمایل به «افزایش» زاویه‌های کمتر از ۹۰ درجه دارند، یعنی نشان‌دادن آنها به‌عنوان زاویه‌های بزرگتر از آنچه در واقع هستند. در توهم هرینگ، همان‌گونه که در تصویر ۳ مشاهده می‌گردد، زمانی که خطوط شعاعی خطوط عمودی را قطع می‌کنند، سیستم بینایی زوایای انقطاع را بین خطوط عمودی و افقی افزایش می‌دهد و این امر باعث خمیده دیده شدن خطوط افقی می‌گردد. این‌که چرا سیستم‌های ادراکی ما تمایل به گسترش زاویه‌های حاد دارند، هنوز در حال بررسی است.^۷



تصویر ۳: به ترتیب از سمت راست به چپ: خطای چشمی زولنر (judin, 2019, P79)، ایهام پوگندورف [URL: 3]، توهم هرینگ (judin, 2019, P28)

خطای دید مولر-لایر: این ایهام توسط روان‌پزشک و جامعه‌شناس آلمانی به همین نام در سال ۱۸۸۹ میلادی مطرح شده است.^۸ در این توهم طول دو خط عمودی با یکدیگر برابر می‌باشد در حالی که پیکان‌ها در اطراف یکی زوایای باز و در اطراف دیگری زوایای بسته ایجاد کرده‌اند (تصویر ۴). به دلیل تأثیر پرسپکتیو ایجادشده در دو بعد، خط سمت راست با زاویه کمان‌های بسته، یک لبه دیواره پرسپکتیوی نزدیک، و خط سمت چپ یک گوشه داخلی دور تصور می‌شود. از آنجا که چشم ما با قواعد پرسپکتیو کار می‌کند، آن خطی که در لبه دور می‌باشد بلندتر از خط نزدیک درک می‌شود. این توهم به صورت افقی نیز اتفاق می‌افتد.

خطای ادراکی ابینگهاوس: ایهام ابینگهاوس، توسط روان‌شناس آلمانی به همین نام مطرح شده است و در کتاب روانشناسی تجربی ادوارد تیتچر در سال ۱۹۰۱ میلادی برای اولین بار چاپ شده است.^۹ این ایهام نتیجه نوعی خطای ذهنی در ادراک اندازه است. زمانی که تفاوتی آشکار در اندازه یک عنصر مرکزی و عناصر مجاور یا

۱ گریگوری، گومبرج، ۱۳۸۹، ۳۸-۴۴

2 URL:3

۳ گریگوری، گومبرج، ۱۳۸۹، ۳۸-۴۴

۴ فدوی و شیدمودب، ۱۳۹۲، ۳۸

5 Hering, E, 1861

6 judin, 2019, P28

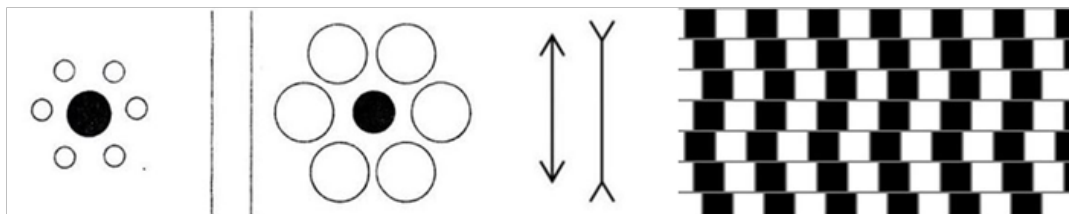
7 Nandy, 2000

8 Müller, L., 1889

9 Robert, B, 2005

اطراف آن برجسته می‌شود. این تأثیرات واهی به سازوکارهای پردازش اطلاعات ذهنی بستگی دارد.^۱ همان‌گونه که در تصویر ۴ مشاهده می‌گردد، با وجود آنکه دایره‌های میانی در این تصویر در هر دو گروه دارای اندازه یکسان هستند؛ ولی دایره میانی سمت چپ به دلیل آن که در میان دایره‌های کوچک‌تر قرار گرفته است، بزرگ‌تر به نظر می‌رسد.

ایهام دیوار کافه: توهم «دیوار کافه»^۲ به‌عنوان الگویی در آجرکاری یک کافه در بریستول در سال ۱۹۷۹ میلادی، توسط روان‌شناس انگلیسی ریچارد گریگوری^۳ مورد توجه قرار گرفت.^۴ علت این توهم تعاملات بین سلول‌های عصبی در قشر بینایی (سلول‌های جهت‌یاب کورتکس) است که جهت‌گیری را رمزگذاری می‌کنند.^۵ این توهم جالب است زیرا حتی زمانی که شخص ناظر از توهم خود آگاه است نیز همچنان دچار این ایهام می‌گردد. مازول‌های تشکیل‌دهنده سیستم بصری از نظر شناختی تا حدی «غیر قابل نفوذ» هستند، یعنی عملکرد و نتایج درونی آنها نمی‌تواند تحت تأثیر آگاهی قرار گیرد^۶ (تصویر ۴).



تصویر ۴: به ترتیب از سمت راست: ایهام دیوار کافه [URL: 5] (judin, 2019, P28)، ایهام مولر-لایر (فدوی و شید مودب، ۱۳۹۲، ص ۳۸)، ایهام ایننگهاوس (چینگ، ۱۳۹۲، ص ۲۹۶)

خطای دید تصویری

هنگامی که یک هنرمند نقشی را به‌عنوان یک واحد بصری بر روی زمینه ایجاد می‌کند؛ زمینه تبدیل به جزء جدایی‌ناپذیری از واحد بصری می‌گردد، بنابراین آن دو را باید به‌صورت یک مجموعه در نظر داشت نه به‌صورت واحدهای مجزا. طراح در طرح خود باید همواره زمینه‌ای که تصویر را بر آن نقش می‌کند در نظر داشته باشد و نیز باید بداند که می‌خواهد تصویری دلخواه و قابل تفکیک از زمینه تصویر کند، بدون آنکه بر مجموعه تصاویر موجود در آن زمینه خدشه‌ای وارد آید.^۷ در ادامه به انواع مختلفی از خطای دید تصویری اشاره می‌گردد.

ادراک تصاویر سه‌بعدی: چشم انسان انتظار دارد تصویر احجام را از روبرو و خطوط لبه این اجسام را به موازات یکدیگر ببیند. استفاده از پرسپکتیو، تمهید اصلی نمایش عمق در سطح تصاویر است. برای انتقال حس عمق باید اندازه‌ها و زاویه‌های فضایی را مورد تحریف و دست‌کاری قرارداد و به ادراک بصری مخاطب تلنگر زد. تصاویری که در آنها نشانه‌های عمق مشهود است، می‌توانند در بیش‌تر از یک موقعیت و جهت درک شوند، روابط عمقی بی‌ثبات و چندوجهی داشته باشند و به این ترتیب باعث متأثر گشتن ادراک بصری گردند^۸ (تصویر ۵). یکی از بهترین نمونه‌ها برای این‌گونه از ایهام «مکعب نکر» است که توسط لوئیس آلبرت نکر در سال ۱۸۳۲ میلادی به چاپ رسیده است و به دلیل نیاز به زمینه برای ایجاد ایهام جزو خطاهای باصره تصویری می‌باشد.^۹

تصاویر دوپهلو: برای ساخت تصاویر دوپهلو باید دو تصویر به‌صورت قرینه و یک تصویر منفرد وجود داشته

1 Coren, 1976, P ???

2 Café Wall

3 Richard Gregory

4 Pierce, 1898

5 Tekeuchi, 2005

6 Macpherson, 2012

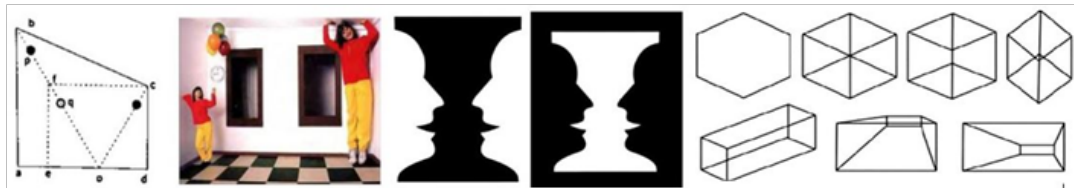
۷ موناوی، ۱۳۷۰، ۲۶

۸ فدوی و شید مودب، ۱۳۹۲، ۴۲

۹ Necker, 1832

باشد. «دو نیم رخ وگلدان» که در سال ۱۹۱۵ میلادی توسط ادگار رابین مطرح شده شده است^۱ (تصویر ۵) بهترین نمونه برای آشنایی با تصاویر دوپهلوی است. در این تصویر، دو نیم رخ وگلدان درنوسان هستند. قسمت‌های مثبت و منفی شکل بایکدیگر تعویض می‌شود و این موضوع بستگی به آن دارد که به گلدان توجه شود و یا به دو نیم رخ که روبروی یکدیگر قرار گرفته‌اند. درک این تصاویر به صورت مستقل رخ می‌دهد و در یک زمان تنها یکی از دو تصویر را می‌توان مشاهده نمود. هنگامی که یکی از تصاویر دیده می‌شود، دیگری تبدیل به زمینه می‌شود^۲. در تصاویر دوپهلوی چندین نکته وجود دارد: تصویر شبکه در هنگام تجربه توهم ثابت است^۳، نمایش تصاویر دوپهلوی به علت جابه‌جایی دو تصویر، بیشتر از یک تصویر معمولی توجه بیننده را به خود جلب می‌کند. این تصاویر دارای خط دور مشترک هستند و بیننده در تشخیص اینکه کدام تصویر بردیگری غالب است دچار سردرگمی می‌شود. چشم و مغز در تشخیص اینکه خط مشترک به کدام یک از دو تصویر تعلق دارد دچار دوگانگی شده، بدین ترتیب خطای باصره ایجاد خواهد شد (تصویر ۵).

تشدید و ایجاد عمق: خطای بینایی عمق‌نمایی یا پرسپکتیوی به این صورت است که دو شیء به لحاظ طبیعی اندازه یکسانی دارند ولی در مواجهه با منظره‌ای پرسپکتیوی، متفاوت از اندازه حقیقی‌شان به نظر می‌رسند^۴. با کوچک‌تر شدن اجسام در یک سطح دوبعدی با تناسبات پرسپکتیو می‌توان باعث ایجاد عمق در یک سطح دوبعدی گردید. همچنین با اغراق در کوچک‌تر شدن عناصر به صورت زنجیره‌ای در یک زاویه پرسپکتیوی نسبت به حالت عادی می‌توان یک حالت پرسپکتیوی را تشدید نمود. برای مثال در ایهام ایمز که در سال ۱۹۳۴ میلادی توسط آلبرت ایمز ساخته شده است (تصویر ۵)، استفاده از شیب و پلان دوزنقه‌شکل باعث تشدید عمق‌نمایی و ایهام در پرسپکتیو شده است^۵.



تصویر ۵: از راست به چپ: خطای دید در نتیجه رابط عمقی چند وجهی در یک سطح دوبعدی؛ دو نیم رخ وگلدان^۶؛ اتاق ایمز^۷

تصاویر غیر ممکن: در این وضعیت شبی به تصویر کشیده می‌شود که در واقعیت وجود ندارد و وجودش غیرممکن است، زیرا برای وجود آن باید قوانین هندسه اقلیدسی نقض شود (تصویر ۶). نمونه آن «مثلث پنروز» است که توسط اسکار روترز برای اولین بار کشیده شده و در سال ۱۹۵۸ میلادی توسط پنروز چاپ می‌شود^۸.

تداخل شکل و زمینه: هنگامی که بخش مثبت یک تصویر داخل زمینه منفی و بخش منفی طرح داخل زمینه مثبت قرار گرفته باشد، تداخل شکل و زمینه اتفاق افتاده است^۹. درک کلی انسان در این تصاویر بدین صورت است که یک تصویر با اشتراک منفی و مثبت در ذهن آدمی فرض گرفته و درک می‌شود. در تصویر ۶ که در کتابی از والشگر در سال ۱۹۹۲ به چاپ رسیده است، یکی از بهترین نمونه‌ها برای فهم این خطا مشاهده می‌گردد.

1 Rubin, 1915

۲ فدوی و شعد مودب، ۱۳۹۲، ۴۰

3 Silins, 2015

۴ درویشی، چارثی، ۱۳۹۷، ۱۱۸

۵ ملکی‌جو، ۱۳۸۷، ۳۰

6 Wallschaeger, 1992, 352

۷ ملکی‌جو، ۱۳۸۷، ۳۰

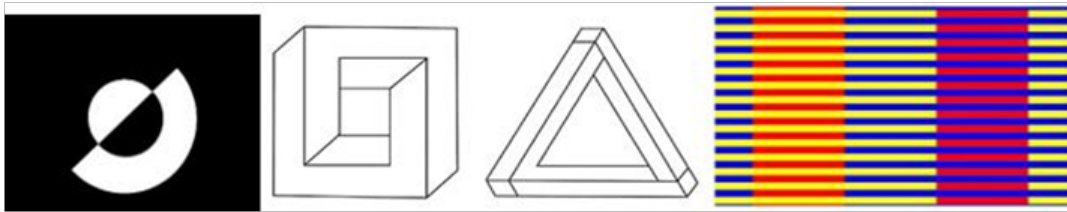
8 Penrose, 1958

۹ فدوی و شید مودب، ۱۳۹۲، ۴۶

خطای دید رنگ

این گونه از خطاها از ترکیب بندی رنگ ها و نحوه همسایگی آن‌ها در کنار یکدیگر پدید می آیند:

خطای مونکر: توهم مونکر که در سال ۱۹۷۰ توسط شخصی به همین نام معرفی شده است^۱ (تصویر ۶)، نشان می‌دهد که درک رنگ تا چه اندازه تحت تأثیر همسایگی آن با سایر رنگ‌ها است. کلمه کلیدی در اینجا «جذب» است. در تصویر ۶ از سه رنگ اصلی استفاده شده است همانگونه که مشاهده می‌کنید رنگ قرمز با همسایه خود در درک ما ترکیب شده و با همسایگی زرد نارنجی و با همسایگی آبی به سمت بنفش میل می‌کند. این توهم صرفاً برای این سه رنگ نیست و با تمامی رنگ‌ها کار می‌کند^۲.



تصویر ۶: به ترتیب از سمت راست به چپ: «توهم مونکر» با سه رنگ اصلی، رنگ ستون قرمز است [URL: 3]؛ «تصاویر غیر ممکن» و «تداخل شکل و زمینه» (Wallschaeger, 1992, P 352)

خطای دید حرکت

اگر تصویر شبکه‌یکه یکی از علائم در معرض تغییر منظم، مثل گستردگی یا فشردگی، پیشرفت یا پسرفت قرار گیرد ادراک حرکت صورت می‌گیرد و در کل این خطاها نیاز به تغییر منظم دارند^۳. یک نمونه از این خطای دید، خطای دید مارهای چرخان است.

خطای دید مارهای چرخان: یک تجربه ادراکی، در قالب تصویری ترسیم شده، توهمی از حرکت را برمی‌انگیزد. این مثال خاص توسط روان‌شناس و دانشگاهی ژاپنی آکیوشی کیتاوکا ابداع شده و در سال ۲۰۰۳ میلادی چاپ و معرفی گردیده است^۴ (تصویر ۷). به دلیل تفاوت در تأخیر پردازش سیگنال‌های مربوط به قسمت‌های مختلف شکل، مناطق با کنتراست بالا سریع‌تر از مناطق با کنتراست کم پردازش می‌شوند^۵. برای ایجاد این توهم به روشنایی نا متقارن نیاز است^۶. مراحل درخشندگی نامتقارن ولی منظم باعث ایجاد توهم حرکت می‌شود. تصویر شماره ۷ توالی موجد این توهم را نشان می‌دهد: | نور (زرد) | سفید | تیره (آبی) | سایه |. در این شیوه می‌توان توالی را دستکاری نمود، و با توالی کنتراست به این توهم دست یافت^۷ (تصویر ۷). به‌طور کلی یک توالی چه از نوع رنگی با ۴ رنگ، یا کنتراستی همراه با تغییر منظم مثل گستردگی یا فشردگی، باعث ایجاد خطای دید حرکتی می‌شود.

1 Munker, 1970

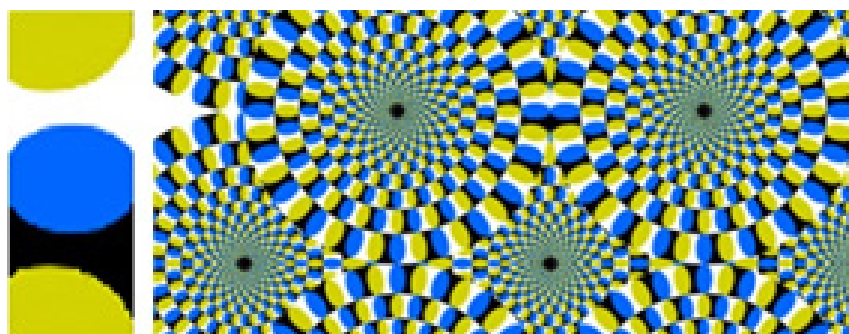
2 URL: 3

4 Akiyoshi Kitaoka, 2003

5 Conway and partners, 2003

6 Kitaoka, ashida, 2003

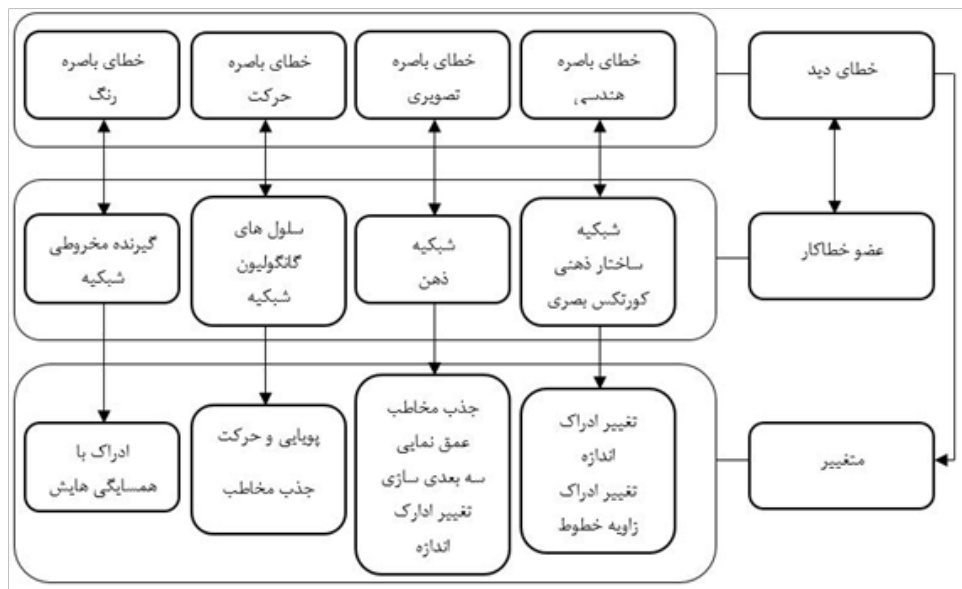
7 Gregory, heard, 1983



تصویر ۷: به ترتیب از راست: خطای دید حرکت مار؛ توالی کنتراستی؛ علت توهم حرکت^۱

جدول ۱: انواع خطای دید، علت و کیفیت ایجادکننده (نگارندگان)

خطای دید	علت	کیفیت ایجاد کننده	خطاکار	دسته
زولتر	۱۸۶۰	خستگی سلول های جهت یاب کورتکس بصری	درک نادرست خطوط موازی	کورتکس بصری
پوگندورف	۱۸۶۰	خستگی سلول های جهت یاب کورتکس بصری	درک نادرست خطوط مورب موازی منقطع	کورتکس بصری
هرینگ	۱۸۶۱	تمایل به افزایش زاویه های زیر ۹۰ درجه توسط سیستم ادراکی	خطوط افقی مستقیم خم می شوند	کورتکس بصری
مولر-لایر	۱۸۷۹	شباهت آن به درک ما نسبت پرسپکتیو (کنج های داخلی و خارجی)	بلند تر یا کوتاه تر نشان دادن ارتفاع	شبکیه و ساختار ذهنی
ایبنگهاوس	۱۹۰۱	همسایگی ها درک ما از اندازه فضای میانی را به نسبت اندازه واقعی آن به دلیل مقایسه کم و یا زیاده تر می کنند	بزرگتر یا کوچکتر به نظر رسیدن یک فضا در همسایگی های مختلف	استراتژی های پردازش اطلاعات
کافه وال	۱۹۸۱	خستگی سلول های جهت یاب کورتکس بصری	درک منحنی خطوط افقی و جذب مخاطب	کورتکس بصری
سه بعدی سازی (مکعب نکر)	۱۸۷۱	عوامل و نشانه های عمق و پرسپکتیو مشهود است و شباهت آن به درک ما از پرسپکتیو بوده	سه بعدی سازی یک سطح دو بعدی، جذب مخاطب	شبکیه و ساختار ذهنی
دو پهلوی (دو نیم رخ و گلدان)	۱۹۱۱	دو برداشت ماهیتی	جذب مخاطب	ذهنی
تشدید عمق (اتاق ایمر)	۱۹۴۱	عمق نمایی با کوچکتر یا بزرگتر شدن عناصر همراه با درک پرسپکتیوی انسان و یا تشدید آن با کوچکتر شدن اجسام بیشتر از حالت عادی	عمق نمایی و یا تشدید یک پرسپکتیو برای بلند تر نشان دادن	شبکیه و ساختار ذهنی
تصاویر غیر ممکن (پنزو)	۱۹۵۱	عوامل و نشانه های عمق و پرسپکتیو برای یک شی در دو بعد که امکان وجود آن در واقعیت ممکن نیست	سه بعدی سازی غیر ممکن در دو بعد و جذب مخاطب	شبکیه و ساختار ذهنی
تداخل شکل و زمینه	۱۹۶۲	یک فرم قرینه مثبت و منفی که قسمتی از نواحی مثبت یک طرح داخل زمینه منفی و نواحی منفی طرح داخل زمینه مثبت قرار گرفته باشد.	درک یک فرم در ذهن مخاطب که نیمی از آن خیالی است	ذهنی
مونکر	۱۹۷۰	جذب رنگ همراه با همسایگی های آن و سلول های مخروطی گیرنده	درک رنگ متاثر از همسایگی ها	گیرنده های مخروطی
خطای حرکت (مارهای چرخان)	۲۰۰۳	شبکیه چشم به علت ترتیب رنگی، ترتیب کنتراستی، فشردگی، ترتیبی و ... دچار این خطا می شود	ایجاد حرکت در یک سطح صلب	سلول های گانگلیون



نمودار ۴: مدل مفهومی پژوهش (منبع: نگارندگان)

بحث

تحلیل نمونه‌ها

در ابتدای این تحلیل، پژوهش‌گران نمونه‌ها را به دو گروه نمونه‌های معاصر و نمونه‌های تاریخی دسته‌بندی نموده، سپس برای تحلیل آن‌ها چهار مورد بررسی شده‌اند:

۱. از کدام یک از خطاهای دسته‌بندی شده توسط پژوهشگران در این نمونه‌ها استفاده شده است؟
۲. طراح این آثار چگونه با تحریف عامدانه بدین خطاهای دید دست یافته است؟
۳. طراح برای چه هدفی از خطاهای دید در معماری این نمونه‌ها استفاده کرده است و به دنبال چه کیفیتی در این نمونه‌ها بوده است؟

جدول ۲: تحلیل نمونه‌های تاریخی

نوع خطا	تحریف عامدانه و علت آن	کیفیت فضایی	تصاویر
معمد پارتئون یونان توهم هرینگ زاویه خطوط	این بنا در سال ۴۳۲ پیش از میلاد ساخته شده است. نورهای ورودی به چشم در توهم هرینگ می‌توانند نقش خطوط منحنی در این توهم را ایفا کنند پس در نتیجه خطوط صاف در افق به صورت منحنی درک شده و در این معبد برای جلوگیری از درک خطوط به صورت منحنی (توهم هرینگ)، خطوط از ابتدا منحنی ساخته شده‌اند.	ادراک کاملاً صاف خطوط در معابد یونان و مقابله با توهم هرینگ و درک پرسپکتیو کامل در این معبد	
کف ساری پمپئی تصاویر سه بعدی سه بعدی سازی	استفاده از سه بعدی سازی توسط برش‌هایی که از درک دو بعدی یک شیء سه بعدی به سنگ و موزاییک کف داده می‌شود.	سه بعدی نمایی در یک سطح دو بعدی و جذب مخاطب.	

نوع خطا	تحریف عامدانه و علت آن	کیفیت فضایی	تصاویر
کتابخانه سلسوس تزئین	تغییر ادراک اندازه	اندازه و همتراری	این بنا در سال ۱۳۵ میلادی در روم باستان ساخته شده، دارای سه دهانه است که فاصله بین ستونهای هر سه دهانه برابر است. ستونهای ورودی، سرستونها و تیرها و ستونی مرکزی بزرگتر از سایرین است. اندازه درب مرکزی از درب های مجاور بلندتر و عریض تر است که دهانه مرکزی بزرگتر ادراک می شود.
کلیسای سن سیترو میلان	درک تصاویر سه بعدی	عمق نمایی	استفاده از نقاشی با استفاده از پرسپکتیو جهت بزرگنمایی فضای پشت محراب
میدان کامپیدولیو رم	تشدید پرسپکتیو	عمق نمایی	این میدان در سال ۱۵۳۷ توسط میکل آنژ طراحی و ساخته شده است استفاده از پلان دوزنقه، در میدان باعث کاهش عرض و فاصله دیوارهای میدان در حرکت طولی می شود و این امر باعث کشیده تر درک شدن میدان می شود. کف سازی بیضی شکل(دایره ای که به پرسپکتیو رفته) این امر را تشدید بخشیده است.
گالری اسپادا رم	تشدید پرسپکتیو	عمق نمایی	این بنا در سال ۱۵۴۰میلادی توسط بارونینو بارتولومئو طراحی و ساخته شده است. در گالری اسپادا با کاهش ارتفاع سقف، کاهش عرض راهرو و افزایش ارتفاع کف با یک تناسب خاص طراح توانسته است که از ایهام تشدید پرسپکتیو استفاده کرده و در ادراک طول راهرو ایهام بوجود بیاورد.
باغ Shugakuin ژاپن	تداخل شکل و زمینه	تغییر ادراک اندازه	این باغ در سال ۱۶۵۵میلادی ساخته شده است. چشم انداز به عنوان زمینه منفی در ایهام تداخل شکل و زمینه با کاشت درخت و درختچه ها تقویت شده و تعدادی از عناصر زمینه (درخت) در باغ به صورت تعدمی کاشت شده است تا زمینه مثبت و منفی به صورت واحد ادراک گردد.
رم Scala Regia	تشدید پرسپکتیو	عمق نمایی	این پلکان در سال ۱۶۶۶ میلادی توسط لورنزو برنینی به کلیسای سن پیتر اضافه شده است. در این پلکان که به اتاق پاپ ختم می شود با کاهش ارتفاع سقف، کاهش عرض راهرو با یک تناسب خاص، طول پلکان بلندتر درک می شود.

منابع جدول ۲: نگارندگان-منابع تصاویر از بالا به پایین به ترتیب ۱: معبد پارتون (Judin, 2019,p 28) -۲: کف سازی پمپی (Spiliotis, apolo, 2008,p 13) - ۳: کتابخانه سلسوس (Spiliotis, apolo, 2008,p 10) - ۴: کلیسای سن سیترو (Spiliotis, apolo, 2008,p) - ۵: میدان کامپیدولیو (کامل نیا و مهدوی نژاد، ۱۳۹۴، ص ۲۰) - ۶: گالری اسپادا و پلان و برش آن (Spiliotis, apolo, 2008,pp) - ۷: باغ شوگاگین ژاپن (Spiliotis, apolo, 2008,p 12) - ۸: پلکان راهنما مناهی به اتاق پاپ در سنت پیتر (گاردنر، ۱۳۷۰، ص ۵۰۰) (55)

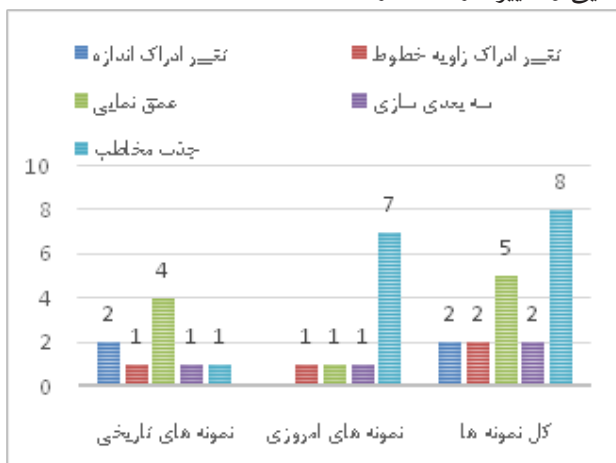
جدول ۳: تحلیل نمونه های معاصر

نوع خطا	تحریف عامدانه و علت آن	کیفیت فضایی	تصاویر
تصاویر دو پهلو کلیسای کنار ساحل فلوریدا	این کلیسا در سال ۱۹۴۷ ساخته شده و هنوز در حال بهره‌برداری است. در این بنا بدون اضافه کردن هیچ عنصر اضافی به نمای آن در یکی از زوایا بلندترین برج آن به شکل یکی از پرندگان ادراک شده و توجه زیادی را به خود جلب می‌نماید. همهٔ عناصر جزئی از خود ساختمان می‌باشد.	توجه بیشتر و مکث در کابر و عابر پیاده با استفاده از درک تصاویر پرنده در نمای کلیسا	

نوع خطا	تحریف عائدانه و علت آن	کیفیت فضایی	تصاویر
آکادمی تیلور هال کالیفرنیا	درک تصاویر سه بعدی	عمق نمایی	این ساختمان در سال ۱۹۸۰ میلادی ساخته شده است نقاشی ای در فضای بیرونی ساختمان توسط جان پانگ بر روی دیوار کشیده شده و در آن از پرسپکتیو برای ایجاد توهم بصری استفاده شده است. هدف آن نشان دادن این است که کانسپت سیستم آموزشی در فرهنگ غربی بر پایه آکادمی های یونان بنا شده است
ساختمان gate way سنگاپور	تشدید پرسپکتیو	جذب مخاطب	این fkh در سال ۱۹۹۰ توسط لئو مین پی طراحی و ساخته شده است. در چندین زاویه دید این دو ساختمان به صورت یک ورق یا یک سطح دو بعدی درک شده و باعث ایهام می گردد. علت آن ایجاد زاویه حاد در لبه دو ضلع این دو ساختمان با پلان لوزی است که این زاویه به قدری کم می باشد که نمای دیگر ساختمان در چندین زاویه دیده نمی شود و تک نمایی که دیده می شود به مانند یک سطح دو بعدی درک می گردد.
ساختمان محله داگلند ملبورن	جذب مخاطب	تشدید زاویه خطوط	این بنا در سال ۲۰۰۷ میلادی توسط گروه معماری ARM طراحی و ساخته شده است. استفاده عینی از ایهام کافه وال در نمای ساختمان که علت فیزیولوژیک یا مغزی چنین خطایی خستگی سلول های جهت یاب کورتکس بصری می باشد.
تاتر Mtc Southbank ملبورن	سه بعدی سازی	سه بعدی سازی - جذب مخاطب	این بنا در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط گروه معماری ARM طراحی و ساخته شده است استفاده از پرسپکتیو، تمهید اصلی نمایش عمق و بعد در سطح تصاویر است که سطوح دو بعدی به صورتی ساخته می شود که سه بعدی درک شوند در این ساختمان نما به نحوی طراحی شده که در جلوی آن گویی چندین مکعب واقع شده اند ولی صرفا یک نمای دو بعدی است .
دانشگاه دیکین - پردیس وارنامبول استرالیا	توهم هرینگ	زاویه خطوط	این ساختمان در سال ۲۰۰۹ میلادی توسط گروه معماری لیونز طراحی و ساخته شده است . نمای زاویه دار طبقات این ساختمان باعث ایجاد توهم هرینگ شده است . زیرا هر زاویه ایجاد شده با خط افقی زاویه حاده می سازد و سیستم ادراکی ما تمایل به افزایش زوایای زیر ۹۰ درجه دارد که باعث می شود این ساختمان در کج و در حال ریختن ادراک گردد.
ساختمان باراک ملبورن	تصاویر دو پهلو	جذب مخاطب	این بنا در سال ۲۰۱۵ میلادی توسط گروه ARM طراحی و ساخته شده است با اختلاف رنگ نمای لبه بالکن ها و شیشه های ساختمان یک تصویر دو پهلو در نما ایجاد شده است به صورتی که در نمای دور دست تصویر یک مرد با ریش در نمای آن این ساختمان درک می شود.
ساختمان بالتیک لهستان	تشدید پرسپکتیو تصاویر غیر ممکن	جذب مخاطب	این بنا در سال ۲۰۱۷ توسط MVRDV طراحی و ساخته شده است . با ایجاد زاویه حاده در یکی از ضلع های ساختمان و خالی کردن طبقات پایینی ضلع مخالف زاویه حاده با تناسبات ، در یکی از نما ها ساختمان به صورت یک فرم غیر ممکن از منظر سازه ای درک می شود.

منبع جدول ۳: نگارندگان- منابع تصاویر از بالا به پایین به ترتیب، ۱: کلیسای ساحل سنت پیته [URL: 3] - ۲: آکادمی تیلور هال (Spiliotis, apolo, 2008, p60) - ۳: ساختمان gateway سنگاپور [URL: 9] - ۴: ساختمان محله داگلند ملبورن [URL: 7] - ۵: تاتر Mtc southbank ملبورن استرالیا [URL: 8] - ۶: پردیس وارنامبول [URL: 10] - ۷: ساختمان باراک در ملبورن [URL: 7] - ۸: ساختمان بالتیک لهستان [URL: 10]

در تمامی نمونه‌های بررسی شده، از خطای دید بیشتر به منظور عمق‌نمایی و جذب مخاطب استفاده شده است. در نمونه‌های تاریخی از خطاهای دید بیشتر به منظور عمق‌نمایی و تغییر ادراک اندازه استفاده شده است. در نمونه‌های معاصر، بیش‌تر نمونه‌های تحلیل شده از خطای دید به منظور جذب مخاطب استفاده نموده‌اند. در گذر زمان شیوه استفاده از خطای دید توسط معماران تغییر یافته و طراحان از خطای دید به منظور جذب مخاطب در طرح استفاده می‌کنند تا عمق‌نمایی و تغییر ادراک اندازه.



نمودار ۵: بررسی کیفیت‌های استفاده‌شده از خطاهای دید در نمونه‌های تحلیل شده (منبع: نگارندگان)

جدول ۴: دسته‌بندی و بررسی اجمالی تمامی نمونه‌های تحلیل شده

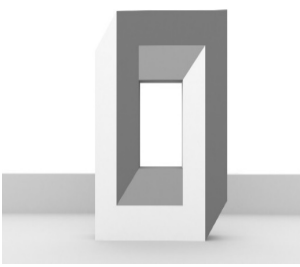
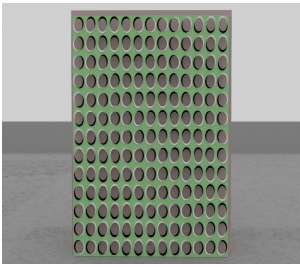
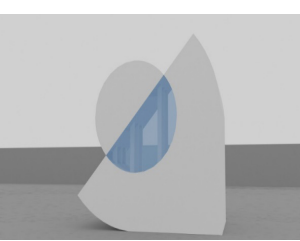
دسته بندی	خطا کار	کیفیت ایجاد شده	خطای دید	نمونه تحلیل شده	دسته بندی
هندسی	استراتژی های پردازش اطلاعات	بزرگتر درک شدن دهنه مرکزی	اندازه و همترازی	کتابخانه سلسوس	تاریخی
	کورتکس بصری	درک پرسپکتیو کامل و خطوط صاف	مقابله با توهم هرینگ	معبد پارتنون	
تصویری	ذهنی	بزرگتر به نظر رسیدن باغ	تداخل شکل و زمینه	باغ Shugakuin	
	شبکیه و ساختار ذهنی	بزرگتر به نظر رسیدن محراب	درک تصاویر سه بعدی	کلیسای سن سیترو	
	شبکیه و ساختار ذهنی	جذب مخاطب	درک تصاویر سه بعدی	کف سازی پمپنی	
	شبکیه و ساختار ذهنی	افزایش طول راهرو	تشدید پرسپکتیو	گالری اسپادا	
	شبکیه و ساختار ذهنی	افزایش طول پلکان	تشدید پرسپکتیو	Scala Regia	
	شبکیه و ساختار ذهنی	افزایش طول میدان	تشدید پرسپکتیو	میدان کامپیدولپو	
هندسی	کورتکس بصری	جذب مخاطب	کافه وال	ساختمان محله داکلند ملبورن	معاصر
	کورتکس بصری	جذب مخاطب	توهم هرینگ	پردیس وارنابول	
تصویری	دو برداشت ذهنی	جذب مخاطب	تصاویر دو پهلو	کلیسای ساحل سنت پیتته	
	شبکیه و ساختار ذهنی	جذب مخاطب	درک تصاویر سه بعدی	Mtc southbank	
	شبکیه و ساختار ذهنی	جذب مخاطب	تشدید پرسپکتیو	ساختمان Gateway	
	شبکیه و ساختار ذهنی	جذب و نشان دادن ایده به مخاطب	درک تصاویر سه بعدی	آکادمی تیلور هال	
	دو برداشت ذهنی	جذب مخاطب	تصاویر دو پهلو	ساختمان باراک	
	شبکیه و ساختار ذهنی	جذب مخاطب	تصاویر غیر ممکن	ساختمان بالتیک	

منبع جدول شماره ۴: نگارندگان

مدل‌های پیشنهادی

در این بخش چهار مدل استفاده از خطاهای دید در معماری، کیفیاتی که ایجاد می‌کنند و علت فیزیولوژیک آن‌ها، توسط پژوهش‌گران ارائه شده است. لازم به ذکر است که هر کدام از این مدل‌ها، یک مثال استفاده از این خطاها می‌باشد و هر کدام می‌توانند به شکل‌های دیگری نیز در طراحی معماری استفاده گردند. بدین دلیل که در ۷۵ درصد نمونه‌ها از خطاهای دید تصویری استفاده شده و در نمونه‌های بررسی شده معاصر، تمامی خطاها جهت جذب مخاطب استفاده شده‌اند. سعی شده است که مدل‌های پیشنهادی نیز هم‌راستا با این هدف و از خطاهای دید تصویری باشند. مدل‌های پیشنهادی در نرم افزار «تری دی مکس» ساخته شده‌اند و برای بررسی تطابق نمونه‌ها با هدف مذکور، یک پرسش‌نامه بسته در سامانه فرم‌نگار گوگل تهیه و تنظیم شده است و از شرکت‌کنندگان در دو گزینه پرسیده شده است که آیا استفاده از این مدل ارائه‌شده در بناهایی که به هر دلیلی جذب مخاطب در آن‌ها مهم می‌باشد برای رهگذران عبوری جذابیت ایجاد کرده و باعث مکث و تأمل مخاطب می‌گردد؟ جامعه آماری شرکت‌کنندگان اساتید و دانشجویان معماری دانشگاه‌های تهران بوده است. جزئیات هر مدل پیشنهادی و نتایج ۱۰۵ پاسخ شرکت‌کنندگان پرسشنامه، در جدول ۵ ذکر شده است.

جدول ۵: مدل‌های پیشنهادی و نتایج نظرسنجی بسته

تصاویر	توضیحات	مخالف	موافق	اشیاء غیر ممکن
	این مدل با استفاده از قرارگیری دو فرم U شکل با مصالح (رنگ یا نوع) متفاوت و جهات مختلف کنار یکدیگر با لبه‌های ۴۵ درجه شکل گرفته است، به صورتی که این دو فرم به نحوی کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که زاویه ۴۵ درجه لبه‌های هر فرم به نوعی پرسپکتیو را برای فرم دیگر عمق نمایی کند. دو دوزنقه قائم الزاویه که زاویه حاده آن ۴۵ درجه می‌باشد لبه‌های کوتاه‌تر فرم‌های U شکل را به یکدیگر با مصالحی به رنگ خاکستری یا بین دو اتصال داده به نحوی که باعث عمق نمایی گردد. در نهایت یک مربع تو حالی در نما بدست می‌آید که با عمق نمایی که شی غیر ممکن را در ذهن مخاطب تداعی می‌کند.	۱۳ نفر ۱۲,۴٪	۹۲ نفر ۸۷,۶٪	
	این مدل با استفاده از یک ۴ عنصر با رنگ‌های مختلف به نحوی ساخته شده است که یک سطح با خالی شدگی‌هایی دایره‌گونه و هلال‌هایی با دو رنگ مخالف و آینه‌گونه درون هر دایره خالی شده بر روی سطح دیگری قرار بگیرد (به صورت پوسته با فاصله و یا یک سطح با رنگ‌ها مختلف تفاوتی ایجاد نمی‌کند). هلال‌های آینه‌گونه به صورت شعاعی در فرم کلی تفاوت زاویه دارند به صورتی که هر کدام نسبت به شعاع قبلی خود به ترتیب ۲۰ درجه از مرکز دایره خالی شده چرخیده است. که باعث ایجاد نمایی متحرک در یک سطح صلب شده است.	۱۴ نفر ۱۳,۳٪	۹۱ نفر ۸۶,۷٪	خطای باصره تصویری
	در این مدل، از خطای دید تشدید عمق استفاده شده است که با استفاده از کوچک شدن تناسبی و منظم در پوسته و یا تفاوت رنگ مصالح در یک سطح صاف عمق نمایی ایجاد شده است و دو فرم منحنی و دایره‌گونه که به پرسپکتیو رفته‌اند درک می‌شود.	۳۳ نفر ۳۱,۴٪	۷۲ نفر ۶۸,۶٪	تشدید عمق
	در این مدل، یک فرم چشم‌گونه و یک دایره در میان آن به صورت شکل و زمینه با یکدیگر تداخل یافته‌اند به نحوی که نیمی از فرم چشم‌گونه و نیمی از فرم دایره‌ای شکل به نسبت یک خط متقارن از سمت‌های مختلف به زمینه تبدیل شده‌اند (زمینه آسمان در نظر گرفته شده است). اگر حتی از شیشه و ستون در نیم دایره‌ای که زمینه (به رنگ آسمان) فرض شده است استفاده شود خللی در ایجاد ایهام ایجاد نمی‌شود و شکل و زمینه با یکدیگر ترکیب شده و یک فرم در ذهن مخاطب درک می‌گردد که نیمی از آن خیالی است.	۳۹ نفر ۳۷,۱٪	۶۶ نفر ۶۲,۹٪	تداخل شکل و زمینه

با بررسی ساختار ادراک بصری پژوهشگران به این مهم دست یافتند که برای تشخیص خطای دید مغز دارای عناصر قدرتمندی است که می‌تواند علائم دریافتی مانند جهت‌یابی اشتباه توسط کورتکس بصری را مورد تحلیل مجدد قرار داده و درباره نابسامانی‌های ایهامی تصمیم بگیرد. در واقع ایهام فرصت مغتنمی دارد که خود را در ادراک به نمایش بگذارد، همچنین آگاهی قبلی از نوع و علت این خطاها نیز در درک ایهام‌گونه خللی ایجاد نمی‌کند. با استفاده از خطاهای دید می‌توان کیفیت‌هایی نظیر تغییر ادراک اندازه، تغییر ادراک زاویه خطوط، جذب مخاطب، عمق‌نمایی، سه‌بعدی‌سازی در یک سطح دوبعدی، پویایی و حرکت و تغییر ادراک رنگ‌ها به سبب همسایگی را سبب شد. با بررسی نمونه‌های معماری روشن گردید که طراحان در طول تاریخ از خطای دید بیشتر به‌منظور عمق‌نمایی و جذب مخاطب استفاده کرده‌اند. در نمونه‌های تاریخی از خطاهای دید بیشتر به‌منظور عمق‌نمایی و تغییر ادراک اندازه استفاده شده است. در نمونه‌های معاصر در بیش‌تر نمونه‌های تحلیل‌شده از خطای دید به‌منظور جذب مخاطب استفاده شده است. نتیجه آن‌که در گذر زمان شیوه استفاده از خطای دید توسط معماران تغییر یافته و طراحان از خطای دید به‌منظور جذب مخاطب در طرح استفاده می‌کنند تا عمق‌نمایی و تغییر ادراک اندازه. بر اساس نظرسنجی صورت گرفته و نظر شرکت‌کنندگان، نمونه‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگران، توانایی جذب مخاطب را دارند و باعث مکث و تأمل در کاربران می‌گردند. در نمونه‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگران، نمونه‌های الهام گرفته شده از خطای دید اشیاء غیرممکن و خطای باصره حرکتی به ترتیب با ۸۷/۶ و ۸۶/۷ درصد، بالاترین میزان جذب مخاطب را از نظر شرکت‌کنندگان دارند.

فهرست منابع

- آرناسون، ه.ه. (۱۳۸۳) تاریخ هنر مدرن، ترجمه مصطفی اسلامی، چاپ دوم، نشر: آگه
- آرنه‌ایم، رودلف (۱۳۹۸) هنر و ادراک بصری، ترجمه: مجید اخگر، چاپ ۹ تهران: سمت
- آلبرز، جوزف (۱۳۸۸) تاثیر متقابل رنگ‌ها، ترجمه عربعلی شروه، تهران، نشر: نی
- پور صفر سادات محله، مرضیه (۱۳۹۶) تحلیل شیوه‌های خطای دید در گرافیک معاصر ایران در مقایسه با مکتب اپ آرت، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد وزارت علوم تحقیقات و فناوری، موسسه غیر انتفاعی آموزش عالی کمال الملک
- پورزرین، رضا (۱۳۹۲) مطالعه تطبیقی نشانه‌های بصری در آینه کاری ایرانی با نقاشی اپ آرت، فصلنامه نگاره، شماره ۷۵-۲۷، ۸۷
- پورزرین، رضا (۱۳۹۲) مطالعه تطبیقی نشانه‌های بصری در آینه کاری ایرانی با نقاشی اپ آرت، فصلنامه نگاره، شماره ۷۵-۲۷، ۸۷
- چینگ، ک.، فرانسیس (۱۳۹۲)، معماری: فرم، فضا و نظم، ترجمه: محمد احمدی نژاد، چاپ پنجم، نشر: خاک، تهران
- درویشی، مهدی و چارثی، علیرضا (۱۳۹۷) بهره جویی از خطاهای بینایی در طراحی نشانه نوشتاری، مبانی نظری هنرهای تجسمی، شماره ۱۰۹، ۶-۱۲۲
- رحمانی، پگاه، نقشینه، روزبه (۱۳۹۴)، چگونگی خوانش خطای دید و بهره از ایهام در هنر و معماری، مجموعه مقالات دومین کنگره بین المللی افقهای جدید در معماری و شهرسازی، بهمن ماه، تهران
- روحانی، رضا (۱۳۸۸) خطای بینایی: آیا همه چیز را آنگونه که واقعاً هستند میبینیم؟ تهران: نشر دیبایه
- شکیبا منش، امیر، علی الحسابی، مهران و بهزاد فر، مصطفی (۱۳۹۴)، طراحی شهری نوین از رویکرد نشانه تا خطاهای کاربردی/پتیک، فصلنامه نقش جهان، شماره ۳-۵، ۶۸-۷۹
- عارفی، اشکان (۱۳۸۴) نحوه دیدن رنگ‌های مختلف بوسیله چشم، مجله علمی ایلید، فروردین ۸۴، تهران: ایلید بین الملل
- فدوی، سید محمد و شید مودب، عاطفه (۱۳۹۲) مطالعه تطبیقی پوسته‌های شیگئو فوکودا و روش‌های ایجاد خطای دید

- نشریه هنرهای زیبا- هنرهای تجسمی، دوره ۱۹، شماره ۱، ۴۸-۳۷
- کامل نیا، حامد و مهدوی نژاد، محمد جواد (۱۳۹۴) *آشنایی با معماری معاصر از شرق تا غرب*، چاپ چهارم، موسسه علم معمار: تهران
- کپس، جنوری (۱۳۸۲) *زبان تصویر، ترجمه فیروزه مهاجر*، چاپ چهارم، تهران: سروش
- گاردنر، هلن (۱۳۷۰) *هنر در گذر زمان*، ترجمه محمد تقی فرامرزی، چاپ دوم، نشر: آگاه
- گریگوری، ر.ل، گومبرج، ا.ه (۱۳۸۹)، *ایهام در طبیعت و هنر*، ترجمه پرتو اشراق، ناهید: تهران
- موناری، برونو (۱۳۷۵) *طراحی و ارتباطات بصری*، مترجم پاینده شاینده، انتشارات سروش، تهران
- Conway, B. R., Kitaoka, A., Yazdanbakhsh, A., Pack C. C. and Livingstone, M. S., 2003. 'Neural Basis for a Powerful Static Motion Illusion', J. Neurosci 25, 5651-5656
- Coren S, Girgus JS, Ehrlichman H, Hakstian AR (1976). An empirical taxonomy of visual illusions. Perception and Psychophysics, 20, 129-137
- Roberts B, Harris MG, Yates TA (2005). "The roles of inducer size and distance in the Ebbinghaus illusion (Titchener circles)". Perception. 34 (7): 847-56
- Gregory RL, Heard PF (1983) Visual dissociations of movement, position, and stereo depth: Some phenomenal phenomena. Quarterly Journal of Experimental Psychology 35A:217-237
- Gregory, R.L., 1997. Eye and brain: The psychology of seeing, 5th edition. Princeton University Press
- Judin, henry.2019, Applicationsof Optical Illusionsin Furniture Design, Master's ThesisProduct and Spatial Design, Aalto UniversitySchool of Arts, Design and Architecture
- Kitaoka, A. and Ashida, H., 2003. 'Phenomenal Characteristics of the Peripheral Drift Illusion', Vision (Vision Society Japan) 15, pp. 261-262
- Munker H (1970) Farbige Gitter, Abbildung auf der Netzhaut und übertragungstheoretische Beschreibung der Farbwahrnehmung [Chromatic grids, projection to the retina, and translation theory-based description of the color perception]. München: Habilitationsschrift
- Necker, L.A., 1832. Observations on some remarkable optical phaenomena seen in Switzerland; and on an optical phaenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid. London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science, third series, Vol. 1, No. 5, pp. 329-337.
- Müller-Lyer, F.C., 1889. Optische urteilstäuschungen. Archiv für Anatomie und Physiologie, Physiologische Abteilung, 2(Supplement), pp.263-270.
- Macpherson, F., 2012. Cognitive penetration of colour experience: Rethinking the issue in light of an indirect mechanism. Philosophy and Phenomenological Research, 84(1), pp.24-62
- Nundy, S., Lotto, B., Coppola, D., Shimpi, A. and Purves, D., 2000. Why are angles misperceived? Proceedings of the National Academy of Sciences, 97(10), pp.5592-5597.
- Pierce, A. H., 1898. 'The illusions of the kindergarten patters', Psychological Review Vol 5 (3) pp.233-253.
- Silins, N., 2015. Perceptual Experience and Perceptual Justification. In: Zalta, E. N., ed. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Metaphysics Research Lab, CSLI, Stanford University.
- Hering, E. (1861). Beiträge zur Physiologie. I. Zur Lehre vom Ortssinne der Netzhaut. Leipzig: Engelman
- Rubin, E., 1915. Synsoplevede figurer. Studier i psykologisk Analyse. Første Del. Copenhagen and Christiania: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag.Spiliotis, Apollo. (2008) Illusionim in

architecture, Manchester Metroplian University, Manchester school of architecture

Takeuchi, T., 2005. 'The effect of eccentricity and the adapting level on the café wall illusion', Perception and Psychophysics Vol 67 (7) pp. 1113-1137

Penrose, L. S. and Penrose, R., 1958. Impossible objects: A special type of illusion. British Journal of Psychology, 49, pp.31-33.

Wallschaeger, Charles (1992), Basic Visual Concepts and Principles for Artists, Architects and Designers, New York: McGraw

[URL: 1]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Neuron>

[URL: 2]: <https://www.binaii.com/ArticleDetail/> - مسیر - انتقال - سیگنال - های - حس - بینایی - به - قشر - بینایی - مغز

[URL: 3]: <https://michaelbach.de/ot/>

[URL: 4]: <https://www.illusionsindex.org/ir/zoellner-illusion>

[URL: 5]: Thomson, G. (July 2017), "The cafe wall illusion" in F. Macpherson (ed.), The Illusions Index. <https://www.illusionsindex.org/i/cafe-wall-illusion>.

[URL: 6]: Morand, Vincent, 2006, <https://www.trekearth.com>

[URL: 7]: <https://horizonofreason.com/science/optical-illusion-architecture/>

[URL: 8]: https://en.wikipedia.org/wiki/Southbank_Theatre

[URL: 9]: [https://en.wikipedia.org/wiki/The_Gateway_\(Singapore\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Gateway_(Singapore))

[URL: 10]: <https://weburbanist.com/2017/06/07/optical-illusion-architecture-these-11-buildings-are-not-what-they-seem/2/>

[URL: 11]: <https://forms.gle/qkfftsF1GRfhvwSx9>

