

روش ردیابی چشم در تعامل انسان رایانه،

بررسی فرایند تعامل بر پایه داده‌های حرکات چشم

مهدی زاهدی نوقایی*

دانشجوی دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی

zahedi.m@stu-mail.um.ac.ir; mehdizahedin@gmail.com

رحمت‌الله فتاحی

استاد علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

fattahi@um.ac.ir

جواد صالحی فدردی

دانشیار روانشناسی دانشگاه فردوسی مشهد

j.s.fadardi@um.ac.ir

محسن نوکاریزی

دانشیار علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

mnowkarizi@um.ac.ir

پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۴

دریافت: ۹۵/۱۱/۰۵

فصلنامه علمی پژوهشی
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
شاپا(چاپی) ۸۲۲۳-۲۲۵۱
شاپا(الکترونیکی) ۸۲۳۱-۲۲۵۱
نمایه در SCOPUS، LISTA و ISC
<http://jlist.irandoc.ac.ir>
دوره XX | شماره X | صص XX-XX
۱۳XX X

نوع مقاله: مروری

چکیده: امروزه، عمده خدماتی که برای زندگی روزمره در دسترس انسان قرار می‌گیرد، از طریق نظام‌های رایانه‌ای است. خدماتی همانند جستجوی اطلاعات و خرید تحت وب جزء متداول‌ترین تعاملات کاربران با نظام‌های اطلاعاتی تحت وب هستند. کاربران اطلاعات دریافتی از طریق نظام‌های اطلاعاتی را واکاوی کرده و مورد پردازش قرار می‌دهند. نظریه پردازش اطلاعات در ذهن انسان تأکید دارد که فرد اطلاعات را از محیط دریافت، پردازش و تحلیل می‌کند. همچنین، درک محرک‌های پیرامونی، قرار دادن موارد درک شده در حافظه و بازیابی موارد یاد گرفته شده از حافظه در نظریه پردازش اطلاعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. رابط کاربر امکان استفاده از سیستم و رسیدن به هدف کاربر در برقرار ارتباط با سامانه را مهیا می‌کند. اگر رابط کاربر به خوبی طراحی شده باشد مسیری که کاربر در آن برای انجام هدف‌ها و وظایفش به طور مؤثر و بهینه انجام می‌دهد روند منطقی خواهد داشت؛ در غیر اینصورت پراکندگی محیط رابط باعث استفاده نامناسب از آن می‌شود. به عبارت دیگر، اگر رابط کاربر بتواند توجه کاربر را جلب کند، تعامل به صورتی موفقیت‌آمیز انجام خواهد شد.

به این مقاله به شکل زیر استناد کنید:
درون متن: (زاهدی نوقایی و دیگران، زودآیند)
در فهرست منابع: زاهدی نوقایی، مهدی، رحمت‌الله فتاحی، جواد صالحی فدردی و محسن نوکاریزی. زودآیند. روش ردیابی چشم در تعامل انسان رایانه، بررسی فرایند تعامل بر پایه داده‌های حرکات چشم. پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات.

(دسترسی در <http://Jipm.irandoc.ac.ir>)

برای بررسی نحوه تعامل انسان- رایانه، روش‌ها و فنون بسیاری ابداع شده و به کار رفته است. روش ردیابی چشم، انجام پژوهش‌ها و دریافت داده‌های کیفی و کمی را ممکن

می‌سازد. دستگاه بینایی یکی از تخصصی‌ترین اعضا در ادراک بشر و یکی از مهمترین حواس پنجگانه است. به همین دلیل، اعتماد بیشتری به داده‌های آن می‌شود. اساس توسعه این روش فرضیه چشم-ذهن است. معنی فرضیه چشم ذهن این است که ثبت حرکت چشم می‌تواند نشان دهنده توجه شخص در ارتباط با تصویر یا محرک مقابل وی باشد. این فکر کردن می‌تواند از علاقه یا مشکل پیش روی کاربر حکایت کند. انواع مختلف حرکات چشمی وجود دارند. اساس جستجوی دیداری متشکل از دو جزء است: خیره‌شدن‌ها و حرکات پرشی.

ردیابی چشم، حجم عظیمی از داده‌های عینی در مورد فرایندهای توجه کاربران ارائه می‌کند. این فرایندها اغلب بسیار سریع و ناخودآگاه هستند. تفسیر داده‌های چشمی ثبت و ضبط شده سخت است و استخراج داده‌های آن به کار زیادی احتیاج دارد. افزون بر آن، شرایط محیطی اجرا و سلامت آزمودنی باید در نظر گرفته شوند. در نهایت می‌توان بیان داشت که حرکات‌های چشمی برای آگاهی از ویژگی‌های ادراکی پایین به بالا (عینی به ذهنی) از جهان بیرونی و فرایندهای شناختی بالا به پایین (از ذهن به واقعیت) در ذهن حیاتی هستند.

کلیدواژه‌ها: تعامل انسان رایانه، ردیابی چشم، ردیاب چشمی، حرکات چشم، رابط کاربر، نظام‌های رایانه‌ای، وب

۱. مقدمه

عناوین استفاده از وب به عنوان یک فضای تعاملی روزبروز گسترش می‌یابد. همین امر باعث شده که بی‌تردید یکی از ابزارهای زندگی روزمره افراد، وب باشد (Preece, Rogers, and Sharp 2015; Wodtke and Govella 2009; Russell-Rose and Tate 2013; Gossen 2015; Degler 2014). از طریق این بستر، خدمات متنوعی برای کاربران با سطوح دانشی مختلف براساس تفاوت‌های فرهنگی، زبانی، جنسیتی و مسائلی از این دست ارائه می‌شود. از جمله این خدمات، می‌توان به امکانات جستجوی اطلاعات، خرید تحت وب، شبکه‌های اجتماعی، اطلاع‌رسانی و دیگر موارد متنوع اشاره کرد. به این دلیل، امروزه، افراد ساعت‌های متمادی با وب تعامل دارند و بیشتر اطلاعات دریافتی آن‌ها از طریق وب است.

کاربران اطلاعات مختلفی را که وب سایت‌ها از طریق رابط کاربر در اختیار آن‌ها قرار می‌دهند مورد واکاوی قرار داده و در ذهن خود پردازش می‌کنند. به عبارت دیگر، حد نهایی تعامل بین

محتوای یک وب‌سایت با استفاده‌کنندگان آن، رابط کاربری آن وب‌سایت است. چگونگی طراحی رابط کاربر (عناصر + ساختار صفحه) سهولت و کارایی پردازش اطلاعات را برای استفاده‌کننده تا حد زیادی تعیین می‌کند.

الگوی پردازشی رایج برای اطلاعات در ذهن انسان، مراحل مختلفی دارد (Sternberg, Sternberg, and Mio 2012). در اولین مرحله یا بخش از تعامل، داده‌های حسی جمع‌آوری می‌شود؛ یعنی داده‌هایی که انسان‌ها از طریق هر یک از حواس پنج‌گانه¹ دریافت می‌کنند. پس از این مرحله، حافظه کاری² وارد عمل می‌شود. این حافظه دو نوع تراکنش انجام می‌دهد؛ یک نوع آن پاسخ آنی به داده‌های حسی است (مانند ادراک از منظره پیش روی فرد). نوع دوم مربوط به درخواست اطلاعات از حافظه بلندمدت است (مانند بازخوانی الگوهای تجربه شده مشابه با منظره پیش‌رو). در پایان، بخش مربوط به حافظه بلندمدت، کلیه اطلاعاتی که در طی زندگی فرد مورد توجه و ادراک وی بوده و کدگذاری (سازماندهی) و ذخیره شده‌اند را در بردارد.

نظریه‌های فراوانی در حوزه علوم شناختی وجود دارند که به عملکردهای ذهنی انسان می‌پردازند. یکی از نظریه‌های مطرح در این رابطه، نظریه پردازش اطلاعات است. به طور کلی، در این نظریه به شیوه‌هایی که فرد اطلاعات را از محیط دریافت، تفکر (پردازش) و تمرکز می‌کند پرداخته می‌شود. افزون بر آن، چگونگی درک محرک‌های پیرامونی، قرار دادن موارد درک شده در حافظه و بازیابی موارد یادگرفته شده از حافظه را در نظریه پردازش اطلاعات مورد بحث و بررسی قرار می‌دهند (Ormrod 2011).

عنصر مطرح در نظریه پردازش اطلاعات، حافظه است. حافظه برای هر سامانه پردازشگر اطلاعات، حیاتی است زیرا اساس توانایی یادگیری انسان، حافظه اوست (Friedenberg and Silverman 2006). پژوهش‌های شناختی اثبات کرده‌اند که تنها یک نوع حافظه وجود ندارد (Friedenberg 2012). به عبارت دیگر، سامانه‌های مجزایی در حافظه انسان نقش دارند. به همین دلیل مدل‌های متنوعی از حافظه و عملکرد پردازشی انسان ارائه شده‌اند.

¹ بینایی، شنوایی، بویایی، لامسه، چشایی

² Working memory

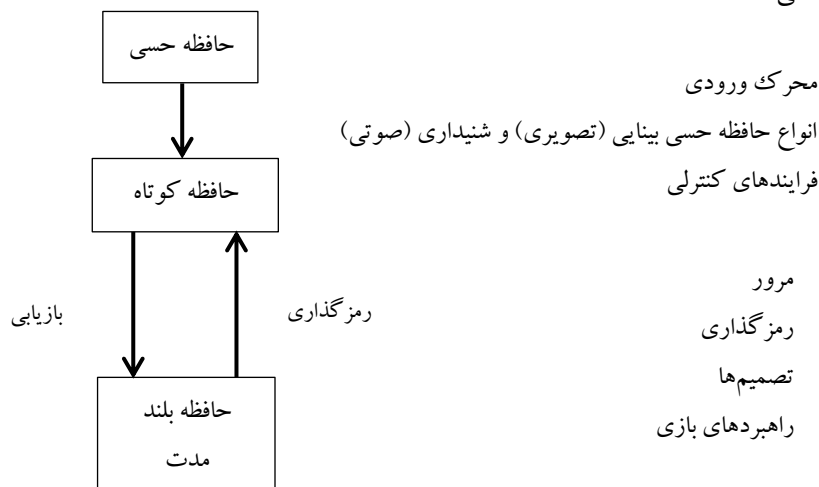
در دهه ۱۹۷۰ میلادی اتکینسون و شیففرین الگوی چند انباره‌ای حافظه را طرح کردند. در این الگو عناصر زیر مطرح شدند (Eysenck and Keane 2010):

حافظه (انباره) حسی^۱: اطلاعات را با توجه به تغییر حسی^۲ خاص، به مدت کوتاهی نگهداری می‌کند.

حافظه (انباره) کوتاه مدت^۳: دارای ظرفیت بسیار محدودی است.

حافظه (انباره) بلند مدت^۴: دارای ظرفیت تقریباً نامحدودی است که می‌تواند اطلاعات را برای دوره‌های زمانی طولانی نگهداری کند.

در این الگو، محرک‌های محیطی ابتدا به وسیله انباره حسی دریافت می‌شوند. اطلاعات به مدت بسیار کوتاهی در این انباره نگه داشته می‌شوند. با این حال، برخی از اطلاعات به دلیل توجه و تمرکز و پردازش بیشتر به انباره کوتاه مدت منتقل می‌شوند. به همین ترتیب، اگر اطلاعات موجود در حافظه کوتاه مدت، بیشتر پردازش شوند به حافظه دراز مدت انتقال می‌یابند. شکل ۱ این الگو را نشان می‌دهد.



شکل ۱. الگوی ساختار حافظه اتکینسون و شیففرین^۵ (۱۹۶۸ در Friedenberg and Silverman 2006)

^۱ Sensory memory (store)

^۲ Modality

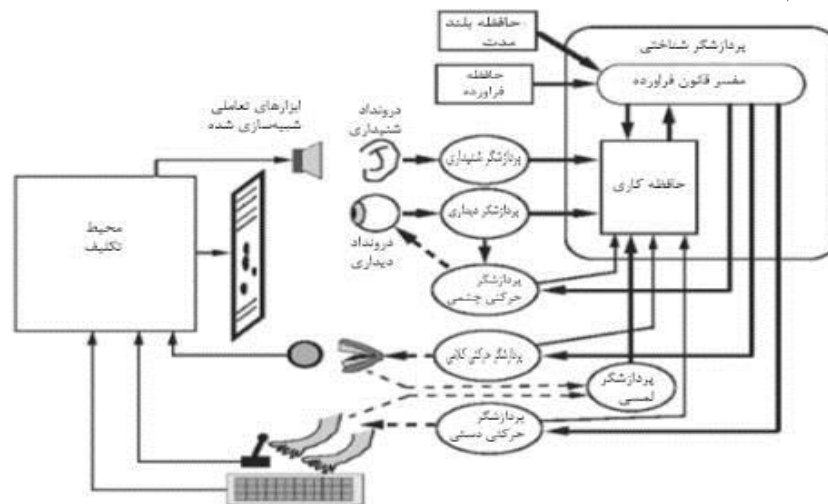
^۳ Short-term memory (store)

^۴ Long-term memory (store)

^۵ Atkinson & Shiffrin

۲. تعامل انسان با رابط کاربر

رابط کاربر، قسمتی از یک نظام رایانه‌ای است که کاربر برای استفاده از سامانه و رسیدن به هدفش با آن تعامل می‌کند (Stone et al. 2005). رابط کاربر، پنجره‌ای از قابلیت‌های سیستم و پلی برای قابلیت‌های نرم‌افزار است. برای بسیاری از کاربران، این قسمت به عنوان سیستم مطرح است چون یکی از اجزاء ناپیدای سیستمی است که طراحان آن را ایجاد کرده‌اند. از طریق این فضا، بسیاری از وظایف اساسی کاربران ارائه و قابل انجام می‌شوند. رابط کاربر، قسمتی از یک رایانه و نرم‌افزار است که مردم می‌توانند ببینند، بشنوند، لمس کنند، گفتگو کنند یا در غیر اینصورت بفهمند یا دستور دهند (شکل ۲). رابط کاربر، عمدتاً دو جزء ضروری دارد یعنی درونداد و برونداد (Hornof 2004). درونداد، چگونگی فهماندن نیازها یا خواسته‌های فرد به رایانه است. اجزاء درونداد رایج عبارتند از صفحه کلید، موسواره، انگشت دست (برای صفحه‌ها و نواحی قابل لمس) و صدای فرد (برای آموزش‌های شفاهی). برونداد به این می‌پردازد که چگونه رایانه، نتایج رایانش و نیازمندی‌هایش را به کاربر انتقال می‌دهد. بیشتر سازوکارهای برونداد رایانه‌ها، صفحه‌های نمایش هستند که از قابلیت‌های شنوایی افراد هم چون صدا و گفتار نیز بهره می‌برند. استفاده از سایر حواس هم چون بوییدن و تا اندازه‌ای لمس کردن، هنوز در طراحی رابط کاربر کشف نشده‌اند.



شکل ۲. مجموعه حواس و بخش‌های درگیر در تعامل انسان رایانه (Hornof 2004)

کاربران هنگام تعامل با فرآورده‌های دیجیتال، چهار نوع کار¹ انجام می‌دهند (Cooper et al. 2014): کار شناختی²؛ فراگرفتن³ رفتارهای فرآورده علاوه بر ساختارهای متنی و سازمانی، کار حافظه⁴؛ فراخوانی رفتارهای فرآورده، فرمان‌ها، رمزهای عبور، نام‌ها و موقعیت‌های اشیاء داده‌ای و کنترل‌ها و دیگر روابط بین اشیاء، کار دیداری⁵؛ سنجش اینکه چشم از کجای صفحه باید شروع کند، یک شیء را از میان تعداد زیادی بیابد، رمزگشایی⁶ طرح‌بندی‌ها⁷، و تمایز قراردادن بین عناصر دیداری کدبندی شده رابط⁸ (مانند آیتم‌های سیاهه با رنگ‌های مختلف)، کار فیزیکی⁹؛ ضربه‌های کلید¹⁰، حرکات موشواره، اشاره‌ها (کلیک، کشیدن، دوبار کلیک)¹¹، تغییر وضعیت بین شیوه‌های درونداد و تعداد کلیک‌های لازم برای مسیریابی. حافظه انسان ظرفیت محدودی دارد و مایل به ازدست دادن محتوایش است. حین استفاده از خدمات تحت وب، اغلب خطاهایی رخ می‌دهد که منجر به قطع فرایند تعامل و انجام تکالیف مربوطه می‌شود. هنگامی که این خطاها، مداوم در طی یک تکلیف خاص رخ دهد یادآوری مراحل پیش از خطا و پس از آن، سخت خواهد بود (Watanabe and Nishimura 2013). کاربران، اطلاعاتی که پیش از این بر روی وب دیده‌اند را بارها بازدید می‌کنند. اگر اطلاعات به صورت مکرر و بتازگی مشاهده نشده باشند «یافتن چیزهایی که یافته شده‌اند»¹² مشکل است؛ حتی اگر کاربر بداند که کدام وب سایت اطلاعات را دربردارد (Do and Ruddle 2012). افزون بر این، ۵۰ تا ۸۰ درصد صفحاتی که کاربران نگاه می‌کنند آن چیزی است که پیش از این دیده‌اند (Adar, Teevan, and Dumais 2008). در این حالت اگر وب‌سایتی ساختار و مؤلفه‌های منطقی داشته باشد، راحت‌تر در حافظه فرد قرار می‌گیرد و درصد احتمال بازگشت کاربر به آن افزایش می‌یابد. این عامل‌ها را در نمودار دیگری می‌توان به صورت زیر مشاهده کرد:

¹ Work

² Cognitive work

³ Comprehending

⁴ Memory work

⁵ Visual work

⁶ Decoding

⁷ Layout

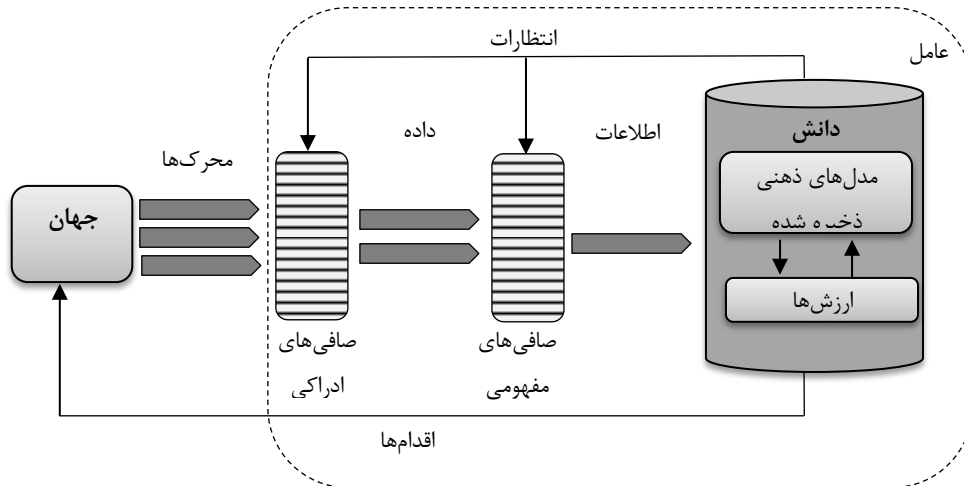
⁸ Visually coded interface elements

⁹ Physical work

¹⁰ Keystrokes

¹¹ Gestures (click, drag, double-click)

¹² Keeping found things found



شکل ۳. روابط بین داده، اطلاعات و دانش در مدل پردازش اطلاعات انسان (Holzinger 2014)

ابتدا محرک بیرونی از جهان خارج ادراک می‌شود؛ پس از آن، داده‌های ادراک شده اگر مورد فهم قرار گیرند به اطلاعات تبدیل می‌شوند. در نهایت، اطلاعات اگر با ارزش‌ها و مدل‌های ذهنی ترکیب شوند، دانش فرد را شکل می‌دهند. بنابراین، اگر رابط کاربر به خوبی طراحی شده باشد مسیری که کاربر در آن برای انجام هدف‌ها و وظایفش به طور مؤثر و بهینه دنبال می‌کند روند منطقی خواهد داشت؛ در غیر اینصورت، پراکنندگی رابط باعث استفاده نامناسب از آن می‌شود. به عبارت دیگر، اگر رابط کاربر بتواند توجه کاربر را جلب کند، تعامل به صورت موفقیت‌آمیزی انجام خواهد شد. از همین رو، فارادی و همکارانش (Faraday, 2000 in Grier, Kortum, and Miller 2007) عناصر مهم دیداری را شش مورد می‌داند که شامل حرکت^۱، اندازه^۲، رنگ^۳، نوع نوشته^۴، وجود تصاویر^۵ و در نهایت موقعیت اجزاء صفحه وب^۶ هستند:

حرکت: عناصر متحرک توجه کاربر را قبل از هر عنصر دیگری به سوی خود می‌کشد.

اندازه: اشیاء بزرگتر توجه بیشتری را جلب می‌کنند.

¹ Motion

² Size

³ Color

⁴ Text-style

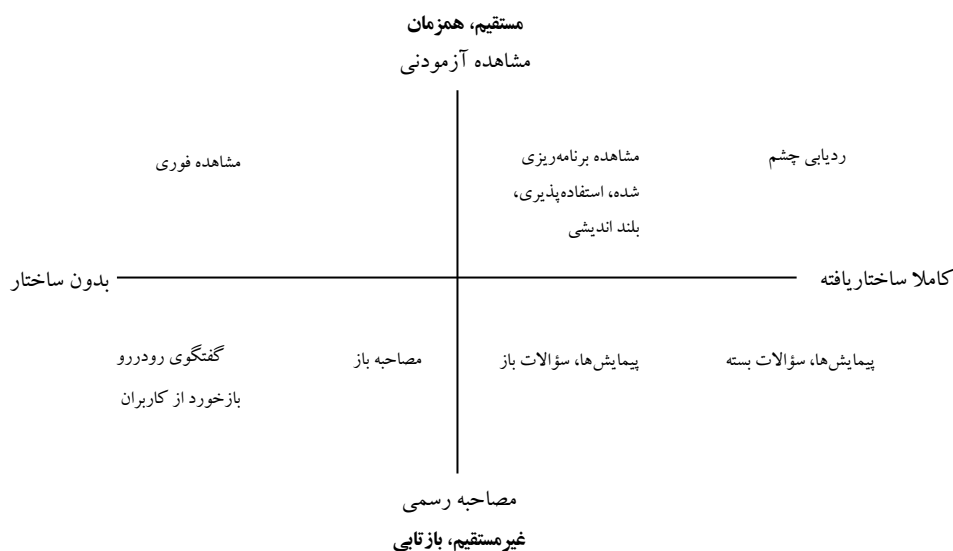
⁵ The presence of images

⁶ Position of components on the Web page

تصاویر: تصاویر توجه بیشتری را نسبت به متن جذب می‌کنند.
رنگ: عناصر با رنگ‌های شفافتر توجه بیشتری را نسبت به موارد با رنگ تیره تر جلب می‌کند.
نوع نوشته: تغییرات تایپی به عنوان نظام‌های نشانه‌گذاری غیرکلامی مؤثر برای جلب توجه عمل می‌کند.
موقعیت: عناصر بالاتر توجه بیشتری را نسبت به آن‌هایی که در پایین قرار گرفته‌اند جلب می‌کند
(Djamasbi, Siegel, and Tullis 2010).

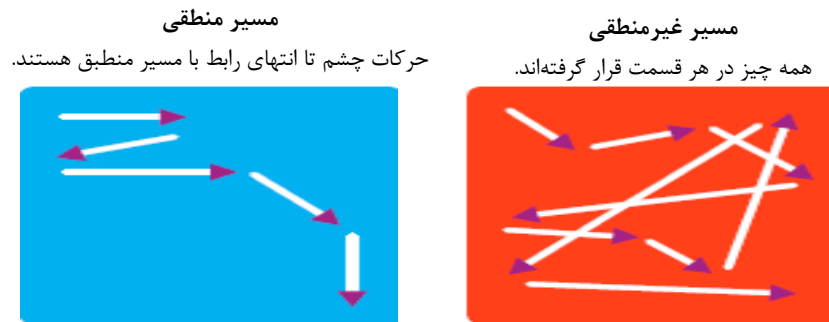
۳. روش‌های پژوهش مورد استفاده در تعامل انسان رایانه

برای بررسی نحوه تعامل انسان-رایانه، روش‌ها و فنون بسیاری ابداع و به کار رفته است. به طور کلی این روش‌ها درصدد کشف نوع نگرش یا بررسی شیوه رفتار کاربران هستند؛ از اینرو، به صورت کیفی یا کمی قابلیت اجرا دارند. امروزه استفاده از روش‌های سنجش رفتار انسان، رویکرد غالب در پژوهش‌های تعامل انسان رایانه است. از طریق این روش‌ها می‌توان جنبه‌های شناختی، احساسی و فیزیولوژیکی انسان را مورد مطالعه قرار داد. به همین دلیل، ابزارهای سنجش زیستی روزبروز در حال پیشرفت و گسترش برای ارزیابی رفتار انسان در تعاملات روزانه زندگی هستند. در تصویر ذیل ویژگی‌های روش‌های گردآوری داده درباره رفتار کاربران در تعامل انسان رایانه مشخص شده است.



شکل ۴. خصوصیات روش‌های مختلف گردآوری اطلاعات درباره رفتار کاربران (Wulff 2007)

روش ردیابی چشم، امکان انجام پژوهش‌ها و دریافت داده‌های کیفی و کمی را مهیا می‌سازد (Bojko 2013). هنگامی که از این روش به صورت کیفی استفاده می‌شود می‌تواند راهنمای خوبی برای ملاحظات مورد توجه در طراحی باشد. بدین صورت که مشکلات کاربران در استفاده از رابط کاربر را شناسایی و برای آن‌ها می‌توان توضیحات منطقی ارائه کرد. استفاده از این روش در طرح‌های کمی، برای سنجش تجربه کاربر و مقایسه طراحی‌ها است. در این شیوه می‌توان میزان توجه کاربران را اندازه‌گیری کرد. همچنین سنجش کارایی عملکرد کاربران در انجام تکلیف‌های تعاملی با رابط کاربر امکان‌پذیر است. برای مثال، می‌توان شکل ذیل را که نتیجه بررسی حرکات چشم است مورد تحلیل قرار داد.



شکل ۵. مسیر منطقی و غیرمنطقی حرکات چشم بر روی رابط کاربر (Cooper et al. 2014)

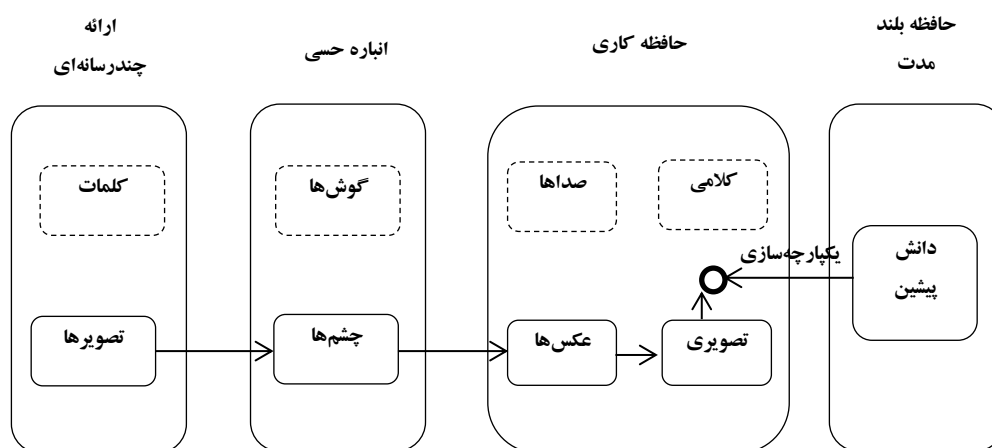
در تصویر فوق داده‌های کیفی ردیابی چشم، قابل دریافت هستند. رابط کاربری که ساختاریافته و بر مبنای اصول معماری اطلاعات طراحی شده باشد، کاربران را در تعامل با مشکل کمتری مواجه می‌کند. اما رابط کاربری که نامنظم و بدون ساختار طراحی شده، باعث سردرگمی کاربر شده و در عمل مانع تعامل مفید کاربر می‌شود.

۴. ردیابی چشم

دستگاه بینایی یکی از تخصصی‌ترین عضوها در ادراک بشر و یکی از مهمترین حواس پنجگانه است. به همین دلیل اعتماد بیشتری به داده‌های دریافتی توسط آن می‌شود. ادراک فرایندی است که در آن، اطلاعات را از محیط و دنیای اطراف به واسطه‌ی حس‌هایمان جمع و آن‌ها را تفسیر

می‌کنیم (زاهدی نوقایی ۱۳۹۶). پردازش‌های بینایی سبب توسعه نظریه‌های بسیاری در حوزه روانشناسی شده‌اند (Anderson 2015).

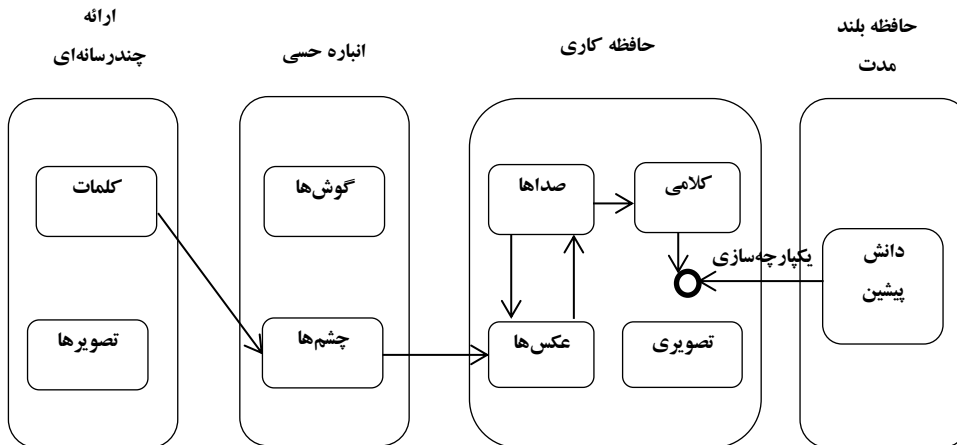
انگاره اساسی در پژوهش‌های ردیاب چشمی فرضیه چشم-ذهن^۱ ((Goldberg and Wichansky 2005; Poole and Ball 2003)) است. فرضیه چشم ذهن به این معنی است که در حین انجام یک تکلیف دیداری، موقعیت چشم دوختن فرد مبین عملکردهای ذهنی است که وی به آن فکر می‌کند. در این فرضیه مسیر نگاه کردن دقیق (خیره شدن)^۲ بر آنچه که کاربر در حال حاضر در موردش فکر می‌کند اشاره دارد. این فکر کردن می‌تواند از علاقه یا مشکل پیش روی کاربر حکایت کند. پردازش داده‌ها به صورت کلمه یا تصویر از طریق چشم در شکل‌های ذیل (شکل ۶ و ۷) مشخص شده است. ردیاب چشمی می‌تواند توالی‌های فعالیت‌های کاربران را نشان دهد (Ebert et al. 2014).



شکل ۶. پردازش داده‌های تصویری از طریق چشم (Holzinger 2014)

¹ eye-mind hypothesis

² Gaze



شکل ۷. پردازش داده‌های کلامی از طریق چشم (Holzinger 2014)

سنجش یا اندازه‌گیری دیگر جنبه‌های حرکات چشم نظیر خیره‌شدن (لحظاتی که چشم‌ها به صورت نسبی ثابت شده‌اند، که دربردارنده این است که در حال دریافت اطلاعات یا رمزنگاری آن‌ها هستند) می‌تواند حجم پردازشی که برای یک شیء در نقطه دید به کار برده می‌شود را آشکار کند. در عمل فرایند تحلیل داده‌های حرکات چشم شامل تعیین ناحیه مورد علاقه^۱ در قسمت‌های خاصی از صفحه نمایش یا رابط کاربر مورد بررسی و ثبت حرکات چشمی رخ داده در آن نواحی است. در این وضعیت پدیداری، معنی‌داری و جایگیری عناصر رابط خاصی می‌تواند به صورت عینی ارزیابی بشود و نتایج یافته‌ها می‌تواند برای بهبود طراحی رابط استفاده بشود. برای مثال، در یک سناریوی مبتنی بر تکلیف که از شرکت‌کننده درخواست می‌شود به جستجوی یک نشانه^۲ پردازد؛ زل زدن یا نگاه خیره بیش از حد انتظار روی یک نشانه قبل از انتخاب احتمالی یا اتفاقی آن، حاکی از این است که آن نشانه فاقد معنی است و احتمالاً نیاز به بازطراحی دارد. به هر حال روش ردیابی چشم، سودمندی‌های بسیاری در زمینه تعامل انسان رایانه دارد. رهیافت‌های بی‌نظیری مانند طرح‌واره F در صفحات وب انگلیسی از طریق این شیوه بدست آمده است (شکل ۸). طبق این طرح، کاربران در نخستین نگاه به یک رابط کاربر، ابتدا یک سوم بالای صفحه پس از آن ابتدای هر خط، سپس یک سوم میانی و در نهایت باقی‌سرخ‌ها را ملاحظه می‌کنند.

¹ Areas/region of interest

² Icon



شکل ۸. الگوی مطالعه محتوا در وب به شکل F

۵. حرکات چشم

انواع مختلف حرکات چشمی وجود دارند. اساس جستجوی دیداری^۱ متشکل از دو جزء است: خیره شدن‌ها^۲ و حرکات پرشی^۳. پرش‌ها یعنی حرکات سریع و پرتابی که چشم را تقریباً ۳-۴ بار در ثانیه به اطراف میدان دیداری حرکت می‌دهند (Pollatsek, Reichle, and Rayner 2006). پرش شامل مدت پرش (زاویه دیداری^۴)، سرعت پرش به درجه در هر ثانیه و مسیر پرش است. هنگام خواندن، چشم حرکات سریعی به اندازه ۴ یا ۵ بار در هر ثانیه دارد یعنی حرکت از یک خیره شدن به بعدی با تمرکز هر باره روی کلمات اندکی (Ellis 2009). الگوی مکان‌هایی که پرش‌ها مشاهده می‌شود مسیر پیمایش^۵ نامیده می‌شود، مدت بین آغاز یک محرک و یک پرش، تأخیر پرش^۶ نامیده می‌شود (Reichle, Rayner, and Pollatsek 2003).

دیگر حرکات چشمی، برای حفظ خیره‌شدگی با وجود حرکت سر، بدن یا شیء و تصحیح انحراف و بی‌دقتی ماهیچه به کار می‌رود (Pollatsek, Reichle, and Rayner 2006). خیره شدن به معنی مدت زمانی است که فرد به صورت دیداری هر آنچه از اطلاعاتی که در دامنه کانونی چشم قابل استفاده است را گردآوری و تفسیر می‌کند. بسته به فاصله نقطه مورد نظر از چشم، زاویه دیداری به طور معنی داری کاهش می‌یابد. ۱/۵ درجه مرکزی از میدان دید، قدرت تفکیک

¹ Visual search

² Fixation

³ Saccades

⁴ visual angle

⁵ Scan path

⁶ Saccade Latency

دیداری بسیار بیشتری نسبت به بینایی پیرامونی^۱ دارد (Rao, Zelinsky, Hayhoe, and Ballard 1997). در (Ellis 2009). این ناحیه قابل تفکیک، تنها میدانی است که در آن چشم قادر به تفسیر اطلاعات با تفکیک مناسب نظیر یک آیکن در یک وبسایت است. اجزای گوناگون خیره‌شدن چشم عبارتند از طول مدت^۲، فراوانی یا تکرار^۳ و مکانی^۴ که آن‌ها ایجاد می‌شوند (Schotter, Angele, and Rayner 2012). مقدار زمانی که صرف نگاه به یک مکان خاص می‌شود را طول مدت خیره‌شدگی^۵ می‌نامند (Richardson, Dale, and Spivey 2007).

چشم، نشانه‌های دیداری را تا هنگام انجام یک پرش به مغز منتقل نمی‌کند. بنابراین یک پرش از هر بار اطلاعاتی که از یک خیره‌شدن بدست می‌آید، تشکیل می‌شود و خیره‌شدن بعدی برای مشاهده بیشتر اطلاعات در جای دیگر ضروری هستند. به همین دلیل، روانشناسی تجربی پرش‌ها را هنگام شروع، هنگام فرود آمدن و مدت زمان باقی ماندن آن‌ها اندازه می‌گیرد؛ چرخه ادراک-عمل رفتار پرشی^۶، منحصراً اطلاعاتی برای روانشناس تجربی (آزمایشگاهی) ایجاد می‌کند (Schotter, Angele, and Rayner 2012).

۶. سنجه‌های حرکات چشم

با بررسی متون حوزه ردیاب چشمی (Larsson 2010; Ralph Radach and Kennedy 2004; Ellis 2009; Poole and Ball 2005; Jacob and Karn 2003; Lalmas, O'Brien, and Yom-Tov 2014; Majaranta et al. 2012; Horsley et al. 2014; R Radach, Kennedy, and Rayner 2004; Van Gompel 2007; Bojko 2013; Bergstrom and Schall 2014; Duchowski 2007; Pernice and Nielsen 2009; Albert and Tullis 2013; Liversedge, Gilchrist, and Everling 2011; Olson and Kellogg 2014; Hyönä, Radach, and Deubel 2003; Thörmell 2010; Was, Sansosti, and Morris 2014; SensoMotoric Instruments 2014)، مجموعه سنجه‌های مورد استفاده در حوزه تعامل انسان

رایانه به شرح ذیل هستند:

۱. خیره شدن‌ها می‌توانند بسته به بافت آزمایش کاملاً متفاوت تفسیر شوند. در یک تکلیف کدگذاری شده نظیر مرور یک صفحه وب، فراوانی زیاد خیره شدن روی یک ناحیه خاص مانند یک عکس در یک گزارش خبری می‌تواند نشانگر علاقه بیشتری به آن باشد؛ یا برعکس، همچنین

¹ Peripheral

² Duration

³ Frequency

⁴ Location

⁵ Fixation duration

⁶ Signal

⁷ Saccadic behaviour

می‌تواند علامت این باشد که هدف، پیچیده و کدگذاری آن سخت‌تر است. به هر حال این تفسیرها می‌تواند در یک تکلیف جستجو برعکس باشد: رقم زیاد یک خیره شدن یا مجموعه‌ای از خیره شدن‌ها، اغلب حاکی از نبود اطمینان زیاد در شناسایی آیتم مدنظر است. مدت خیره شدن با زمان پردازشی که برای تمرکز بر یک شیء به کار می‌رود مرتبط است. سنجه‌های مرتبط با خیره شدن در پژوهش‌های تعامل انسان-رایانه به شرح ذیل هستند:

۱. تعداد کل خیره شدن‌ها: خیره شدگی کلی بیشتر حاکی از کارایی اندک جستجو است.
۲. خیره شدن‌های هر ناحیه مورد علاقه: خیره شدن‌های بیشتر روی یک ناحیه خاص حاکی از این است که برای نگاه کننده نسبت به سایر نواحی قابل توجه‌تر یا مهم‌تر است.
۳. طول مدت خیره شدن: مدت خیره شدن طولانی‌تر حاکی از مشکل استخراج اطلاعات است یا اینکه فرد علاقه بیشتری به آن قسمت به دللی دارد.
۴. چشم دوختن^۱: معمولاً به معنی جمع تمام مدت خیره شدن در داخل یک ناحیه از پیش تعریف شده است. بهترین استفاده آن در مقایسه توجه توزیع شده بین هدف‌ها است.
۵. چگالی فضای خیره شدگی^۲: خیره شدن‌هایی که بر یک ناحیه کوچک متمرکز می‌شوند حاکی از تمرکز و جستجوی کاراست. به همین منوال، خیره شدن‌های گسترده، جستجوی وسیع‌تر و غیرکارتری را منعکس می‌کنند.
۶. خیره شدن‌های تکراری^۳ (که "خیره شدن پس از هدف" نیز نامیده می‌شود): تعداد زیاد خیره شدن‌ها بیرون از هدف پس از تمرکز بر آن حاکی از این است که هدف، معنی‌دار یا پدیدار نیست.
۷. مدت زمان تا نخستین خیره شدن به هدف: زمان سریع‌تر نخستین خیره شدن روی یک شیء یا ناحیه بدین معنی است که آن ویژگی‌های جذب توجه بهتری دارد.
۸. درصد خیره شدن شرکت کنندگان در یک ناحیه مورد علاقه: اگر نسبت اندکی از شرکت کنندگان روی یک ناحیه‌ای که برای تکلیف مهم هستند متمرکز می‌شوند ممکن است نیاز به برجسته کردن یا حرکت دادن آن باشد.

¹ Gaze, dwell, fixation cluster and fixation cycle

² Fixation spatial density

³ Repeat fixations or post target fixations

۹. به سمت هدف^۱: به معنی خیره شدن‌های بر روی هدف (ناحیه مورد علاقه) تقسیم بر کل تعداد خیره شدن‌ها است. نرخ یا درجه پایین آن حاکی از این است که کارایی جستجو پایین است.

۲. پرش‌ها: هیچ کدگذاری در طی پرش اتفاق نمی‌افتد. بنابراین آن‌ها نمی‌توانند چیزی در مورد پیچیدگی یا برجستگی یک شیء در رابط کاربر به ما بگویند. به هر حال پرش‌های برگشت کننده^۲ (یعنی حرکت‌های چشمی رد گم کن^۳) می‌تواند به عنوان سنجه‌ای از مشکل یا سختی پردازش در طی کدگذاری باشد. اگرچه بیشتر پرش‌های برگشتی (بازگشت‌ها) خیلی کوچک هستند، فقط به اندازه دو تا سه حرف در یک تکلیف خواندن، اما بازگشت‌های بزرگتر از طول عبارت می‌تواند سردرگمی در پردازش سطح بالای متن را بازنمون کند. بازگشت‌ها می‌توانند برابر با سنجش مقدار بازشناسایی استفاده شوند، چون باید یک رابطه معکوس بین تعداد بازگشت‌ها و برجستگی عبارت باشد. سنجه‌های مربوط به پرش در ذیل بررسی می‌شوند:

۱. تعداد پرش‌ها^۴: پرش‌های بیشتر حاکی از جستجوی بیشتر است.
۲. دامنه پرش^۵: پرش‌های بلندتر هنگامی که توجه از یک فاصله کشیده می‌شود حاکی از نشانه‌های معنی دارتر است
۳. پرش‌های برگشت کننده (بازگشت‌ها)^۶: بازگشت‌ها حاکی از وجود یا ظهور نشانه‌های کم معنی دارتر است.
۴. پرش‌های نشان دهنده تغییرات جهتی مشخص^۷: هر پرشی که بیشتر از ۹۰ درجه نسبت به پرش پیشینش باشد بدین معنی است که تغییر سریع در مسیر صورت گرفته است. این بدین معنی است که هدف کاربر تغییر کرده یا اینکه طرح اولیه رابط نمی‌تواند منطبق با انتظارات کاربر باشد.

۳. مسیر پیمایش: به معنی توالی کامل پرش-خیره شدن-پرش است. در یک تکلیف جستجو، مسیر پیمایش بهینه مسیری است که به صورت یک خط مستقیم به هدف مورد نظر (با مدت خیره شدن

¹ On-target (all target fixations)

² Regressive saccades

³ backtracking eye-movements

⁴ Number of saccades

⁵ Saccade amplitude

⁶ regressions

⁷ Saccades revealing marked directional shifts

به نسبت کوتاهی به هدف) نگریده می‌شود. مسیر پیمایش می‌تواند به صورت کمی با سنج‌های ذیل بدست آید:

۱. طول مدت مسیر پیمایش: یک مسیر پیمایش طولانی مدت حاکی از پیمایش غیر کارا تر است.
 ۲. درازای مسیر پیمایش: مسیر پیمایش طولانی تر حاکی از جستجوی غیر کارا تر است.
 ۳. چگالی فضایی^۱: چگالی فضایی کمتر، حاکی از جستجوی مستقیم تر است.
 ۴. ترتیب مسیر پیمایش: هنگامی که رفتار پوشی تناوبی^۲ تعریف می‌شود، انحراف از مسیر پیمایش رسمی می‌تواند حاکی از مشکلات جستجو به دلیل فقدان آموزش کاربر یا طرح اولیه بد رابط کاربر باشد.
 ۵. سمت و سوی مسیر پیمایش^۳: از طریق این سنج می‌توان راهبرد جستجوی شرکت کننده را با منوها، لیست‌ها و دیگر عناصر رابط (برای مثال، مسیرهای پیمایش بالا به پایین در مقابل پایین به بالا) تعیین کرد. از این سو به آن سو رفتن به معنی مسیر پیمایشی است که در راستای یکسانی پیشرفت می‌کند.
 ۶. نسبت پرش به خیره شدن: این معیار زمان صرف شده برای جستجو (پرش‌ها) به زمان پردازش (خیره شدن) مصرف شده را مقایسه می‌کند. نسبت بالاتر آن حاکی از پردازش بیشتر یا جستجوی کمتر است.
۴. تعداد پلک زدن‌ها و اندازه مردمک: این دو مورد می‌توانند معرف حجم بار شناختی باشند. نرخ تعداد پلک زدن‌های کمتر حاکی از بار کاری بالاتر و تعداد پلک زدن‌های بالاتر ممکن است حاکی از خستگی باشد. مردمک بزرگتر ممکن است همچنین حاکی از تلاش شناختی بیشتر باشد. به هر حال، اندازه مردمک و تعداد پلک زدن‌ها می‌توانند به وسیله عامل‌های فراوان دیگری نظیر سطح نور محیط نیز تعیین شوند؛ بنابراین آن‌ها برای ناخالصی باز هستند. به این دلایل اندازه مردمک و تعداد پلک زدن‌ها اغلب کمتر در پژوهش‌های ردیاب چشمی در تعامل انسان رایانه استفاده می‌شوند.

¹ Spatial density

² Cyclic scanning behaviour

³ Scanpath direction

خلاصه‌ای از سنجه‌های مهم برای تحلیل تعامل کاربران با رابط کاربر را در جدول ذیل می‌توان ملاحظه کرد.

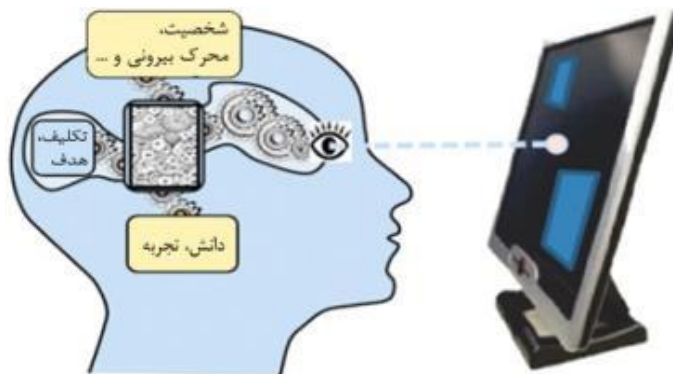
جدول ۱. استفاده از ردیاب چشمی در یک چارچوب دو بعدی (Was, Sansosti, and Morris 2017)

خیره شدن	پرش	آمیخته
زمانی		
مدت کل خیره شدن	مدت پرش	زمان خواندن کلی
مدت چشم دوختن		زمان نخستین عبور
میانگین مدت خیره شدن		زمان باز خواندن
مدت نخستین خیره شدن		
مدت زمان تا شروع نخستین خیره شدن		
مدت خیره شدن های بازبینی شده		
تناسب مدت خیره شدن		
فضایی		
موقعیت خیره شدن	طول پرش	الگوی مسیر پیمایش
توالی خیره شدن		
شمارشی		
تعداد خیره شدن	تعداد پرش	
میانگین تعداد خیره شدن	تعداد بین پویش	
تعداد خیره شدن بازبینی شده		
احتمال تعداد خیره شدن		

از میان سنجه‌های بحث شده در بالا برای سنجش میزان تعامل کاربر در حین استفاده از رابط کاربر، برخی موارد بیشترین استفاده را دارند. تعداد خیره شدن‌ها (کل خیره شدن‌ها)، چشم دوختن به هر ناحیه مورد علاقه، مدت خیره شدن (میانگین و کل)، تعداد خیره شدن‌ها در هر ناحیه مورد علاقه، میانگین مدت چشم دوختن به هر ناحیه مورد علاقه، و نرخ کل خیره شدن (خیره شدن به ثانیه) بیشترین سنجه‌های ردیاب چشمی مورد استفاده برای ارزیابی تعامل انسان رایانه است (Jacob and Karn 2003).

۷. چگونگی اجرای آزمون ردیاب چشمی

در حال حاضر اکثر سیستم‌های ردیاب چشمی، از تصاویر ویدئویی ثبت شده از چشم برای تعیین مکان یا نقاطی که شخص نگاه می‌کند استفاده می‌کنند. در این سیستم‌ها، نقطه دید را به وسیله روش انعکاس قرنیه/ مرکز مردمک اندازه می‌گیرند. این نوع از ردیاب‌ها معمولاً شامل یک رایانه رومیزی استاندارد همراه با یک دوربین مادون قرمز قرار گرفته همراه با مانیتور (در زیر یا در کنار) است؛ یک نرم‌افزار پردازش تصویر برای یافتن و شناسایی خصوصیات چشمی که برای ردیابی استفاده شده‌اند در سیستم نصب شده است (شکل ذیل).



شکل ۹. تبعیت رفتار طبیعی خیره شدن از چندین عامل (Bader and Beyerer 2013)

در حین انجام عملیات، نور مادون قرمز از یک ال ای دی داخل دوربین مادون قرمز کار گذاشته شده در وهله اول به صورت مستقیم به چشم تابیده می‌شود تا بازتاب قوی ایجاد کند که خصوصیات چشم هدف برای ردیابی به صورت آسان‌تری قابل استفاده باشد (نور مادون قرمز برای جلوگیری از اذیت شدن کاربر به وسیله نورهای مرئی استفاده می‌شود). نور به شبکه چشم وارد می‌شود و نسبت زیادی از آن بازتابیده یا برگشت داده می‌شود که این امر باعث می‌شود که مردمک چشم به صورت براق و کاملاً گرد و قرص در بیاید که به این امر اثر مردمک درخشان^۱ گفته می‌شود. بازتاب قرنیه (نخستین تصویر پرکنز^۲) به وسیله نور مادون قرمز همچنین ایجاد می‌شود، که این وضعیت به صورت یک تالوئ یا تابش کوچک اما تند ظاهر می‌شود. هنگامی که

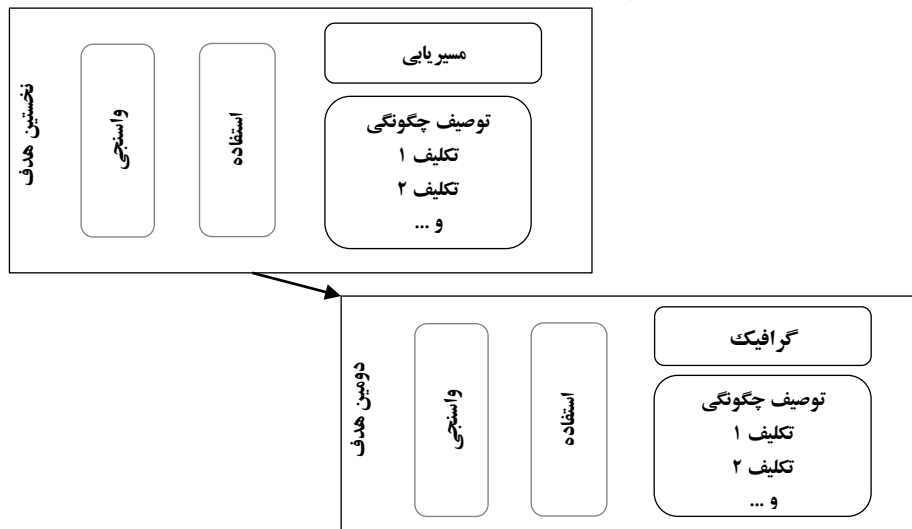
¹ Bright pupil

² Purkinje image

نرم‌افزار پردازش تصویر مرکز مردمک و موقعیت بازتاب قرینه را شناسایی کرد برداری بین آن‌ها سنحیده می‌شود و به وسیله محاسبات مثلثاتی بیشتر، نقطه توجه یا دید می‌تواند پیدا شود. اگرچه ممکن است که نقطه دید تقریبی به وسیله بازتاب قرینه به تنهایی تعیین شود اما با ردیابی هر دو خصوصیت حرکات چشم، می‌توان حرکات سر را از آن‌ها مجزا کرد.

ردیاب چشمی، حجم عظیمی از داده‌های عینی در مورد فرایندهای توجه کاربر را ارائه می‌کند. این فرایندها اغلب بسیار سریع و ناخودآگاه هستند، پس بررسی آن‌ها مشکل است. تفسیر داده‌های چشمی سخت است و استخراج داده‌های آن به کار زیادی احتیاج دارد. بنابراین در ابتدا باید طرح‌ریزی مناسبی برای اجرای یک آزمایش ردیاب چشمی داشت. در همین راستا، باید تکلیف‌های مدنظر در آزمایش در اندازه کوچک و به خوبی تعریف شده باشند تا نتایج قابل مقایسه را فراهم کند.

در تصویر زیر یک نمونه از انجام آزمایش ردیاب چشمی با چند تکلیف نشان داده می‌شود.



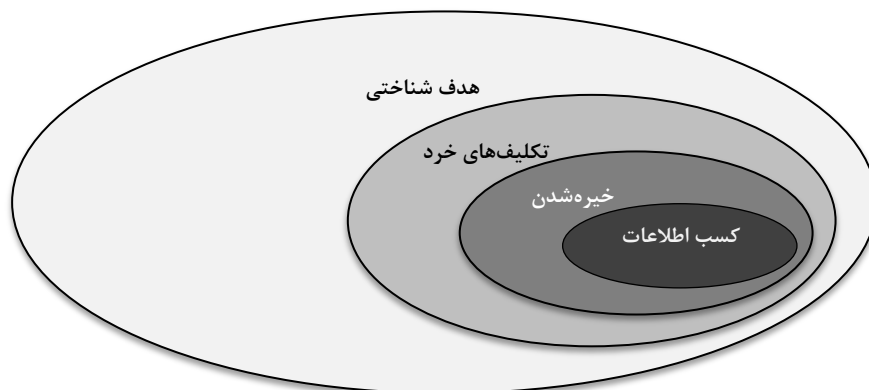
شکل ۱۰. انجام یک تکلیف برای یک آزمودنی در آزمایش ردیاب چشمی (Penkar, Lutteroth, and Weber) (2013)

ردیاب‌های چشمی مبتنی بر ویدئو نیازمند این هستند که کاملاً به صورت انحصاری در مورد حرکات چشم هر فرد به وسیله فرایند کالیبراسیون^۱ (واسنجی) تنظیم بشوند. کالیبراسیون با نمایش

¹ Calibration

یک نقطه روی صفحه کار می‌کند و اگر چشم برای مدت زمان طولانی‌تر از یک آستانه مشخص و در داخل یک ناحیه خاص ثابت بماند سیستم رابطه انعکاس-قرنیه/مرکز-مردمک را به صورت نظیر به نظیر به وسیله مختصات X و Y روی صفحه نمایش ثبت می‌کند. این کالیبراسیون به صورت ۹ تا ۱۳ نقطه‌ای در یک الگوی شبکه‌ای برای کسب دقیق‌ترین کالیبراسیون در کل صفحه نمایش تکرار می‌شود.

پس از انجام کالیبراسیون، مجموعه‌ای از تکلیف‌ها به کاربر عرضه می‌شود. حرکات چشم به تکلیف وابسته هستند و بنابراین باید در مورد انتخاب تکلیف نهایت دقت را داشت (Duchowski 2007). در یک تکلیف، اطلاعات به صورت ذیل (شکل ۱۱) به دست می‌آید. در سطح عام، هدف شناختی بزرگی وجود دارد که برای تکمیل این هدف، مشاهده‌گر باید سلسله‌ای از تکلیف‌های خرد^۱ را انجام دهد. برای انجام یک تکلیف خرد، احتیاج به تمرکز بر اشیاء پیش رو است. در این حالت، اطلاعات دیداری (فضایی، زمانی و ...) کسب می‌شود. حتی اطلاعات دیداری کاملاً سطح پایین مانند رنگ نیز نیازمند رایانش تخصصی دیداری (روال‌های دیداری^۲) است که به طور خودکار به وسیله سیستم دیداری انجام نمی‌شود. با این حال، برخی از این اطلاعات دیداری هنگام انجام برخی فعالیت‌ها لازم نیستند. البته این اطلاعات ممکن است در حافظه کاری یا اینکه در برخی بازنمون‌های حافظه بلند مدت از صحنه ذخیره شوند.



شکل ۱۱. سلسله عملیات موجود در یک تکلیف (Hayhoe, Droll, and Mennie 2007)

^۱ Micro task

^۲ Visual routines

اطلاعات خاص - تکلیف¹ از خیره شدنهای مختلف استخراج می شوند. خیره شدن باعث می شود که فرد اطلاعات خیلی خاصی را بدست آورد.

۸. نتیجه گیری

ردیاب چشمی، تکنیکی است که به وسیله آن حرکات چشم فرد هنگام تعامل با یک نظام مورد ارزیابی قرار می گیرد؛ به نحوی که پژوهشگر هم از اینکه فرد در یک زمان مشخص به کجا نگاه می کند و هم از توالی تغییر حرکات چشمان فرد از یک مکان به مکان دیگر آگاهی می یابد. ردیابی حرکات چشم فرد می تواند به پژوهشگران تعامل انسان-رایانه کمک کند تا از پردازش اطلاعات بصری و مبتنی بر نمایش و فاکتورهایی که ممکن است بر استفاده پذیری رابطهای سیستمی اثرگذار باشند آگاهی یابند. در این وضعیت، ثبت حرکت چشم می تواند منبع عینی داده ارزیابی رابط را فراهم کند به نحوی که برای طراحی رابطهای بهبود یافته اطلاعات ارائه کند.

حرکات چشم می تواند همچنین به عنوان علائم کنترل، ثبت و استفاده شود تا افراد را قادر به تعامل با رابطهایی کند که به صورت مستقیم بدون نیاز به ورود از طریق ماوس و صفحه کلید هستند؛ این شیوه می تواند مزیت اصلی برای جماعتی از کاربران خاص مانند افراد معلول باشد.

چون حرکات چشمی پنجره‌ای به سمت بسیاری از جنبه‌های شناختی باز می کند فرصت‌های خوبی برای کاربرد تحلیل‌های ردیاب چشمی به عنوان یک ابزار پژوهش استفاده پذیری در حوزه تعامل انسان-رایانه و رشته‌های مرتبط وجود دارد. موضوعاتی که به طور فزاینده در این حوزه مورد مطالعه قرار می گیرند شامل کارایی راهبردهای جستجوی اطلاعات در رابطهای مبتنی بر منو یا فهرست، بررسی استفاده پذیری خصوصیات وب سایت‌ها، چگونگی توجه در رابطهای کاربر با طراحی واکنش‌گرا^۲ و بار شناختی تعامل کاربر است. در بخش تجاری و بازاریابی دیداری علاقه زیادی به استفاده از فناوری ردیاب چشمی وجود دارد. در این حوزه‌های پژوهشی برای تعیین نوع طراحی تبلیغی (مانند تبلیغات بنر روی وب سایت‌ها) که بیشترین توجه را جلب می کند کندوکاو می شود. ردیاب چشمی به خصوص برای بررسی تعامل با ابزارهای دیداری سازی اطلاعات مناسب است زیرا توجه به محرک دیداری را منعکس می کند و اطلاعات جزئی در مورد راهبردهای پیمایشی کاربران را فراهم می کند.

¹ Task-specific

² Responsive design

استفاده از ردیاب چشمی نیازمند رعایت برخی ملاحظات است. در صورت رعایت نکردن آن‌ها، فرایند کار با خطا و ایراد همراه می‌شود و در عمل نتیجه پژوهش بی‌اعتبار خواهد بود. انتخاب آزمودنی سالم و بدون بیماری، محیط انجام آزمایش بدون مداخله و نوع ابزار به کاررفته بسته به نوع آزمایش، مهم‌ترین چالش‌ها در اجرای ردیاب چشمی هستند.

برپایه مطالب پیشین، حرکات چشم به صورت بینظیری بین ادراک و شناخت قرار می‌گیرد (Richardson, Dale, and Spivey 2007). چنین حرکاتی برای عملکرد پویشی^۱، نمی‌تواند تنها به صورت تصادفی رخ دهد. بنابراین برای سودمندی ادراک باید مجموعه‌ای از عناصر مرتبط با حرکات چشم یعنی حافظه، انتظارات و اهداف موجود زنده^۲ در نظر گرفته شوند. به همین دلیل حرکت‌های چشمی بین ویژگی‌های ادراکی پایین به بالای^۳ جهان و فرایندهای شناختی بالا به پایین^۴ (Ellis 2009; Richardson, Dale, and Spivey 2007) به طور مساوی رانده^۵ می‌شود. اینکه فرد چه زمانی و کجا تصمیم به توجه داشته باشد نکته کلیدی کنترل حرکات چشم است (زاهدی نوقابی ۱۳۹۶). از اینرو رابطه بین این دو عامل^۶، فهم کامل فرایندهای شناختی مبتنی بر حرکات چشم را امکان‌پذیر می‌سازد.

¹ Scan

² Organism's memories, expectations and goals

³ Bottom-up

⁴ Top-down

⁵ Driven

⁶ «محل» و «زمان» حرکت چشم از نظر روانشناسی و فیزیکی از هم مجزا هستند.

فهرست منابع

- زاهدی نوقابی، مهدی. ۱۳۹۶. ردیابی حرکات چشمی، رویکردی برای سنجش خواندن برپایه تعامل دیداری. پژوهش‌نامه کتابداری و اطلاع‌رسانی.
- Adar, Eytan, Jaime Teevan, and Susan T. Dumais. 2008. "Large Scale Analysis of Web Revisitation Patterns." In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1197–1206. CHI '08. New York, NY, USA: ACM. doi:10.1145/1357054.1357241.
- Albert, William, and Thomas Tullis. 2013. *Measuring the User Experience, Second Edition: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*. 2 edition. Amsterdam; Boston: Morgan Kaufmann.
- Anderson, John R. 2015. *Cognitive Psychology and Its Implications*. Eighth edition. New York: Worth Publishers.
- Bader, Thomas, and Jürgen Beyerer. 2013. "Natural Gaze Behavior as Input Modality for Human-Computer Interaction." In *Eye Gaze in Intelligent User Interfaces*, edited by Yukiko I. Nakano, Cristina Conati, and Thomas Bader, 161–83. London: Springer London. http://link.springer.com/10.1007/978-1-4471-4784-8_9.
- Bergstrom, Jennifer Romano, and Andrew Jonathan Schall, eds. 2014. *Eye Tracking in User Experience Design*. Amsterdam; Boston: Elsevier.
- Bojko, Aga. 2013. *Eye Tracking the User Experience: A Practical Guide to Research*. 1st edition. Brooklyn, New York: Rosenfeld Media.
- Cooper, Alan, Robert Reimann, David Cronin, and Christopher Noessel. 2014. *About Face: The Essentials of Interaction Design*. Wiley.
- Degler, Duane. 2014. "Dynamic Information Architecture—External and Internal Contexts for Reframing." In *Reframing Information Architecture*, edited by Andrea Resmini, 31–46. Cham: Springer International Publishing. http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-06492-5_3.
- Djamasbi, Soussan, Marisa Siegel, and Tom Tullis. 2010. "Generation Y, Web Design, and Eye Tracking." *International Journal of Human-Computer Studies* 68 (5): 307–23. doi:10.1016/j.ijhcs.2009.12.006.
- Do, Trien V., and Roy A. Ruddle. 2012. "The Design of a Visual History Tool to Help Users Refind Information within a Website." In *Advances in Information Retrieval*, edited by Ricardo Baeza-Yates, Arjen P. de Vries, Hugo Zaragoza, B. Barla Cambazoglu, Vanessa Murdock, Ronny Lempel, and Fabrizio Silvestri, 459–62. Lecture Notes in Computer Science 7224. Springer Berlin Heidelberg. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-28997-2_41.
- Duchowski, Andrew T. 2007. *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*. 2nd ed. London: Springer.
- Ebert, Achim, Gerrit C. van der Veer, Gitta Domik, Nahum D. Gershon, and Inga Scheler. 2014. *Building Bridges: HCI, Visualization, and Non-Formal Modeling*. Springer. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-54894-9.pdf>.
- Ellis, Kyle. 2009. "Eye Tracking Metrics for Workload Estimation in Flight Deck Operations." Master of Science, University of Iowa. <http://ir.uiowa.edu/etd/288>.
- Eysenck, Michael W., and Mark T. Keane. 2010. *Cognitive Psychology: A Student's Handbook*. 6th ed. Hove, Eng.; New York: Psychology Press.
- Friedenberg, Jay, and Gordon Silverman. 2006. *Cognitive Science: An Introduction to the Study of Mind*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.
- Goldberg, Joseph H., and Wichansky. 2003. "Eye Tracking in Usability Evaluation a Practitioner's Guide." In *The Mind's Eye Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, edited by J Hyönä, R Radach, and Heiner Deubel. Amsterdam; Boston: North-Holland. <http://site.ebrary.com/id/10185814>.
- Gossen, Tatiana. 2015. *Search Engines for Children: Search User Interfaces and Information-Seeking Behaviour*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-658-12069-6>.
- Grier, Rebecca A., Philip Kortum, and James T. Miller. 2007. "How Users View Web Pages: An Exploration of Cognitive and Perceptual Mechanisms." In *Human Computer Interaction Research in Web Design and Evaluation*, edited by Panayiotis Zaphiris and Sri Kurniawan. Hershey, PA: Idea Group Pub.

- Hayhoe, Mary M., Jason Droll, and Neil Mennie. 2007. "Learning Where to Look." In *Eye Movements: A Window on Mind and Brain*, edited by Roger P. G. Van Gompel, Martin H. Fischer, Wayne S. Murray, and Robin L. Hill, 641–59. Oxford: Elsevier. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008044980750032X>.
- Holzinger, Andreas. 2014. *Biomedical Informatics: Discovering Knowledge in Big Data*. Cham: Springer International Publishing. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-04528-3>.
- Hornof, Anthony. 2004. "Cognitive Strategies for the Visual Search of Hierarchical Computer Displays." *Human-Computer Interaction* 19 (3): 183–223. doi:10.1207/s15327051hci1903_1.
- Horsley, Mike, Matt Eliot, Bruce Allen Knight, and Roman Reilly, eds. 2014. *Current Trends in Eye Tracking Research*. New York: Springer. <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-02868-2.pdf>.
- Hyönä, J, R Radach, and Heiner Deubel. 2003. *The Mind's Eye Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*. Amsterdam; Boston: North-Holland. <http://site.ebrary.com/id/10185814>.
- Jacob, Robert J. K., and Keith S. Karn. 2003. "Commentary on Section 4 - Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Ready to Deliver the Promises." In *The Mind's Eye*, edited by J. Hyönär. RadachH. Deubel, 573–605. Amsterdam: North-Holland. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444510204500311>.
- Lalmas, Mounia, Heather O'Brien, and Elad Yom-Tov. 2014. "Measuring User Engagement." *Synthesis Lectures on Information Concepts, Retrieval, and Services* 6 (4): 1–132. doi:10.2200/S00605ED1V01Y201410ICR038.
- Larsson, Gustav. 2010. "Evaluation Methodology of Eye Movement Classification Algorithms." Master of Science, Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology School of Computer Science and Communication.
- Liversedge, Simon P., Iain D. Gilchrist, and Stefan Everling, eds. 2011. *The Oxford Handbook of Eye Movements*. Oxford Library of Psychology. Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Majaranta, Päivi, Hirota Aoki, Mick Donegan, Dan Witzner Hansen, John Paulin Hansen, Aulikki Hyrskykari, and Kari-Jouko Rähä. 2012. *Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies*. IGI Global. <http://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/978-1-61350-098-9>.
- Olson, Judith S., and Wendy Kellogg, eds. 2014. *Ways of Knowing in HCI*. New York: Springer.
- Ormrod, Jeanne Ellis. 2011. *Human Learning*. 6 edition. Boston: Pearson.
- Penkar, Abdul Moiz, Christof Lutteroth, and Gerald Weber. 2013. "Eyes Only: Navigating Hypertext with Gaze." In *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, edited by Paula Kotzé, Gary Marsden, Gitte Lindgaard, Janet Wesson, and Marco Winckler, 8118:153–69. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-40480-1_10.
- Pernice, Kara, and Jakob Nielsen. 2009. *How to Conduct Eyetracking Studies*. <http://www.uselab.tu-berlin.de/wiki/images/temp/c/cb/20140304194649:phpx1S5Qn.pdf>.
- Pollatsek, Alexander, Erik D. Reichle, and Keith Rayner. 2006. "Tests of the E-Z Reader Model: Exploring the Interface between Cognition and Eye-Movement Control." *Cognitive Psychology* 52 (1): 1–56. doi:10.1016/j.cogpsych.2005.06.001.
- Poole, Alex, and Linden Ball. 2005. "Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects." In *Encyclopedia of Human Computer Interaction*, edited by Claude Ghaoui. IGI Global.
- Preece, Jenny, Yvonne Rogers, and Helen Sharp. 2015. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. Fourth edition. Chichester: Wiley.
- Radach, R, Alan Kennedy, and Keith Rayner. 2004. *Eye Movements and Information Processing during Reading*. Hove; New York: Psychology Press.
- Radach, Ralph, and Alan Kennedy. 2004. "Theoretical Perspectives on Eye Movements in Reading: Past Controversies, Current Issues, and an Agenda for Future Research." *European Journal of Cognitive Psychology* 16 (1–2): 3–26. doi:10.1080/09541440340000295.
- Reichle, Erik D., Keith Rayner, and Alexander Pollatsek. 2003. "The EZ Reader Model of Eye-Movement Control in Reading: Comparisons to Other Models." *Behavioral and Brain Sciences* 26 (04): 445–526.
- Richardson, Daniel C., Rick Dale, and Michael J. Spivey. 2007. "Eye Movements in Language and Cognition." In *Methods in Cognitive Linguistics*, edited by Monica Gonzalez-Marquez, 323–344. Amsterdam ; Philadelphia: John Benjamins Pub.

- Russell-Rose, Tony, and Tyler Tate, eds. 2013. *Designing the Search Experience: The Information Architecture of Discovery*. Amsterdam: Elsevier, Morgan Kaufmann.
- Schotter, Elizabeth R., Bernhard Angele, and Keith Rayner. 2012. "Parafoveal Processing in Reading." *Attention, Perception, & Psychophysics* 74 (1): 5–35. doi:10.3758/s13414-011-0219-2.
- SensoMotoric Instruments. 2014. "iView X™ System Manual: Version 2.8." SMI.
- Sternberg, Robert J., Karin Sternberg, and Jeff Mio. 2012. *Cognitive Psychology*. 6. ed. Belmont, Calif: Wadsworth.
- Stone, Debbie, Caroline Jarrett, Mark Woodroffe, and Shailey Minocha. 2005. *User Interface Design and Evaluation*. Amsterdam ; Boston, Mass: Morgan Kaufmann.
- Thörnell, Emelie Eriksson. 2010. *Relation between Hazard Perception and Visual Behaviour*. Report UPTec STS10. http://www.utn.uu.se/sts/cms/filarea/1002_Th%C3%B6rnell.pdf.
- Van Gompel, Roger P. G., ed. 2007. *Eye Movements: A Window on Mind and Brain*. 1st ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier.
- Was, Christopher, Frank J. Sansosti, and Bradley Morris, eds. 2017. *Eye-Tracking Technology Applications in Educational Research*. Advances in Business Information Systems and Analytics. Hershey PA: Information Science Reference.
- Watanabe, Kentaro, and Takuichi Nishimura. 2013. "Interpersonal Service Support Based on Employee's Activity Model." In *Human Interface and the Management of Information. Information and Interaction for Learning, Culture, Collaboration and Business*, edited by Sakae Yamamoto, 401–9. Lecture Notes in Computer Science 8018. Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-39226-9_44.
- Wodtke, Christina, and Austin Govella. 2009. *Information Architecture: Blueprints for the Web*. 2 edition. Berkeley, CA: New Riders.
- Wulff, Annegrete. 2007. "Experiences Using the Eye-Tracking Method to Test Website Usability." In *Proceedings of the UNECE/Eurostat/OECD Meeting on the Management of Statistical Information Systems (MSIS)*. Geneva.

Eye tracking method in human-computer interaction: assessing the interaction based on the eye movement data

Mahdi Zahedi Nooghabi

Department of Knowledge and Information Science, Ferdowsi University of Mashhad, zahedi.m@stu-mail.um.ac.ir; mehdizahedin@gmail.com

Rahmatollah Fattahi

Professor, Department of Knowledge and Information Science, Ferdowsi University of Mashhad, fattahi@um.ac.ir

Javad Salehi Fadardi

Associate professor, Department of Psychology, Ferdowsi University of Mashhad, j.s.fadardi@um.ac.ir

Mohsen Nowkarizi

Associate professor, Department of Knowledge and Information Science, Ferdowsi University of Mashhad, mnowkarizi@um.ac.ir

Abstract: Nowadays most of the day today services we receive are based upon computer systems. Services such as information searching or online shopping are considered among the most frequent online information systems' services.

Users assess and process the information they receive from information systems. The theory of mind information processing asserts that humans process and analyze the information they receive from their environment. This theory also deals with the perception and recognition.

User-interface paves the way regarding using and reaching the goal for the ultimate users. If user-interface is designed properly, the way through which the user reaches his/her goal would be a logical one; otherwise the lack of solidarity would result in system misuse. In other words if the user-interface grabs the user's attention, the interaction with the user would be successful.

For studying the human-computer interaction a lot of methods have been proposed. Eye-tracking method is one of them. This method makes it possible to gather qualitative and quantitative data in this regard. Eyesight is very important regarding human perception, thus its data could be invaluable. The basis of this method is mind-eye theory which says eyes' movements could show the attention of a person regarding a picture or stimuli. This attention could report passion or problem. There are different types of eye movement, such as a fixation and saccade.

Eye tracking delivers a voluminous data regarding users' attention in the form of quick and unconscious processes. Analyzing the eye-movement data is hard and its data extraction is tedious. Moreover the test environment and users' health are also of great importance in this regard. At last one must mention that eye movement data is invaluable for assessing the bottom-up cognition of the world and the top-down perception of mind.

Keywords: Human-computer interaction; eye tracking; eye tracker; eye movements; user-interface; computer systems; web



مهدی زاهدی نوقابی

متولد سال ۱۳۶۴، سیستم‌های اطلاعاتی، ردیابی چشم، تعامل انسان رایانه، سیستم‌های بازیابی دانش، کتابخانه‌های دیجیتال و مخازن سازمانی، مدیریت اطلاعات و سواد اطلاعاتی از جمله علایق پژوهشی وی است.



رحمت‌الله فتاحی

متولد سال ۱۳۳۰، دارای مدرک دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی است. وی هم اکنون استاد بازنشسته گروه کتابداری و اطلاع رسانی دانشگاه فردوسی مشهد است. سازماندهی اطلاعات و دانش، تعامل انسان رایانه و ذخیره و بازیابی اطلاعات از جمله علایق پژوهشی وی است.



جواد صالحی فدردی

متولد سال ۱۳۴۷، دارای مدرک دکتری در رشته روانشناسی از دانشگاه ویلز بنگور انگلستان هستند. ایشان هم اکنون دانشیار گروه روانشناسی دانشگاه فردوسی مشهد است. فرایندهای شناختی، عملکردهای اجرایی، تورش توجه، انگیزش و اعتیاد از جمله علایق پژوهشی وی است.



محسن نوکاریزی

متولد سال ۱۳۴۵، دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علم اطلاعات و دانش‌شناسی از دانشگاه فردوسی مشهد است. ایشان هم‌اکنون دانشیار گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد است. حوزه تعامل انسان رایانه، وب‌سنجی و علم‌سنجی مورد علاقه وی است.