Eye Tracking Method in Human-Computer Interaction: Assessing the Interaction based on the Eye Movement Data

Mahdi Zahedi Nooghabi*
PhD Candidate; Knowledge and Information Science;
Ferdowsi University of Mashhad; Iran;
Email: zahedi.m@stu-mail.um.ac.ir

Rahmatollah Fattahi
Professor; Department of Knowledge and Information Science;
Ferdowsi University of Mashhad; Iran Email: fattahi@um.ac.ir

Javad Salehi Fadardi
Associate professor; Department of Psychology; Ferdowsi University of Mashhad; Iran Email: j.s.fadardi@um.ac.ir

Mohsen Nowkarizi
Associate Professor; Department of Knowledge and Information Science; Ferdowsi University of Mashhad; Iran;
Email: mnowkarizi@um.ac.ir

Iranian Journal of Information Processing and Management

Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IranDoc)
ISSN 2251-8223
eISSN 2251-8231
Indexed by SCOPUS, ISC, & LISTA
Vol. 34 | No. 1 | pp. 349-374
Autumn 2018

Received: 24, Jan. 2017 **Accepted: 22, Feb. 2017**

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'

* Corresponding Author

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

روش ردیابی چشم در تعامل انسان-رایانه؛ بررسی فرایند تعامل بر پایهٔ داده‌های حرکات چشم

مهدی زاهدی نوقابی | دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی؛ دانشگاه فردوسی مشهد؛ پدیدآور رابط zahedi.m@stu-mail.um.ac.ir

رحمت‌الله فتاحی | استاد علم اطلاعات و دانش‌شناسی؛ دانشگاه فردوسی مشهد fattahi@um.ac.ir

جواد صالحی فدردی | استاد روان‌شناسی؛ دانشگاه فردوسی مشهد؛ j.s.fadardi@um.ac.ir

محسن نوکاریزی | دانشیار؛ علم اطلاعات و دانش‌شناسی؛ دانشگاه فردوسی مشهد mnowkarizi@um.ac.ir

پژوهش‌نامهٔ پردازش و مدیریت اطلاعات

دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۰۵ | پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۴ | مقاله برای اصلاح به مدت ۳ روز نزد پدیدآوران بوده است.

فصلنامه | علمی پژوهشی
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)
شاپا (چاپی) ۸۲۲۳-۲۲۵۱
شاپا (الکترونیکی) ۸۲۳۱-۲۲۵۱
نمایه در LISTA، ISC، و SCOPUS
jipm.irandoc.ac.ir
دورهٔ ۳۴ | شمارهٔ ۱ | ص‌ص ۳۴۹-۳۷۴
پاییز ۱۳۹۷

چکیده: امروزه، عمدهٔ خدماتی که برای زندگی روزمره در دسترس انسان قرار می‌گیرد، از طریق نظام‌های رایانه‌ای است. خدماتی مانند جست‌وجوی 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. نظریهٔ پردازش اطلاعات در ذهن انسان تأکید دارد که فرد اطلاعات را از محیط دریافت، پردازش، و تحلیل می‌کند. همچنین، درک محرک‌های پیرامونی، قراردادن موارد درک‌شده در حافظه، و بازیابی موارد یاد گرفته‌شده از حافظه در نظریهٔ پردازش اطلاعات مورد بررسی قرار می‌گیرد. رابط کاربر امکان استفاده از سیستم و رسیدن به هدف کاربر در برقراری ارتباط با سامانه را مهیا می‌کند. اگر رابط کاربر به‌خوبی طراحی شده باشد، مسیری که کاربر در آن برای انجام هدف‌ها و وظایفش به‌طور مؤثر و بهینه انجام می‌دهد، روند منطقی خواهد داشت. در غیر این صورت پراکندگی محیط رابط باعث استفادهٔ نامناسب از آن می‌شود. به‌عبارت دیگر، اگر رابط کاربر بتواند توجه کاربر را جلب کند، تعامل به‌صورتی موفقیت‌آمیز انجام خواهد شد.

برای بررسی نحوهٔ تعامل انسان-رایانه، روش‌ها و فنون بسیاری ابداع شده و

به‌کار رفته است. روش ردیابی چشم، انجام پژوهش‌ها و دریافت داده‌های کیفی و کمی را ممکن می‌سازد. دستگاه بینایی یکی از تخصصی‌ترین عضوها در ادراک بشر و یکی از مهم‌ترین حواس پنج‌گانه است. به همین دلیل، اعتماد بیشتری به داده‌های آن می‌شود. اساس توسعهٔ این روش فرضیهٔ چشم-ذهن است. معنای فرضیهٔ چشم-ذهن این است که ثبت حرکت چشم می‌تواند نشان‌دهندهٔ توجه شخص در ارتباط با تصویر یا محرک مقابل وی باشد. این فکرکردن می‌تواند از علاقه یا مشکل پیش روی کاربر حکایت کند. انواع مختلف حرکات چشمی وجود دارد، ولی اساس جست‌وجوی 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 ضبط‌شده سخت است و استخراج داده‌های آن به کار زیادی احتیاج دارد. افزون بر آن، شرایط محیط اجرا و سلامت آزمودنی باید در نظر گرفته شوند. در نهایت، می‌توان بیان داشت که حرکت‌های 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 به‌عنوان یک فضای تعاملی، روزبه‌روز گسترش می‌یابد. همین امر باعث شده که وب بی‌تردید یکی از ابزارهای زندگی روزمرهٔ افراد 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 بر اساس تفاوت‌های فرهنگی، زبانی، جنسیتی و مسائلی از این دست ارائه می‌شود. از جملهٔ این خدمات، می‌توان به امکانات جست‌وجوی 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 وب‌سایت‌ها از طریق رابط کاربر در اختیار آن‌ها قرار می‌دهند مورد واکاوی قرار داده و در ذهن خود پردازش می‌کنند. به‌عبارت 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 پنج‌گانه[1] دریافت می‌کنند. پس از این مرحله، حافظهٔ کاری[2] وارد عمل می‌شود. این حافظه دو نوع تراکنش انجام می‌دهد: یک نوع آن پاسخ آنی به داده‌های حسی است (مانند ادراک از منظرهٔ پیش روی فرد). نوع دوم، مربوط به درخواست اطلاعات از حافظهٔ بلندمدت است (مانند بازخوانی الگوهای تجربه‌شدهٔ مشابه با منظرهٔ پیش رو). در پایان، بخش مربوط به حافظهٔ بلندمدت، کلیهٔ اطلاعاتی را که در طی زندگی فرد مورد توجه و ادراک وی بوده و کدگذاری (سازماندهی) و ذخیره شده‌اند، دربردارد.

نظریه‌های فراوانی در حوزهٔ علوم شناختی وجود دارند که به عملکردهای ذهنی انسان می‌پردازند. یکی از نظریه‌های مطرح در این رابطه، نظریهٔ پردازش اطلاعات است. به‌طور 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، قراردادن موارد درک‌شده در حافظه و بازیابی موارد یاد گرفته‌شده از حافظه را در نظریهٔ پردازش اطلاعات مورد بحث و بررسی قرار می‌دهند (Ormrod 2011).

عنصر مطرح در نظریهٔ پردازش اطلاعات، حافظه است. حافظه برای هر سامانهٔ پردازشگر اطلاعات، حیاتی است؛ زیرا اساس توانایی یادگیری انسان، حافظهٔ اوست (Friedenberg and Silverman 2006). پژوهش‌های شناختی اثبات کرده‌اند که تنها یک نوع حافظه وجود ندارد (Friedenberg and Silverman 2006; Eysenck and Keane 2010; Sternberg, Sternberg and Mio 2012). به‌عبارت دیگر، سامانه‌های مجزایی در حافظهٔ انسان نقش دارند. به همین دلیل مدل‌های متنوعی از حافظه و عملکرد پردازشی انسان ارائه شده‌اند.

در دههٔ ۱۹۷۰ میلادی «اتکینسون و شیفرین» الگوی چندانباره‌ای حافظه را طرح کردند.

---

۱. بینایی، شنوایی، بویایی، لامسه، چشایی

2. working memory

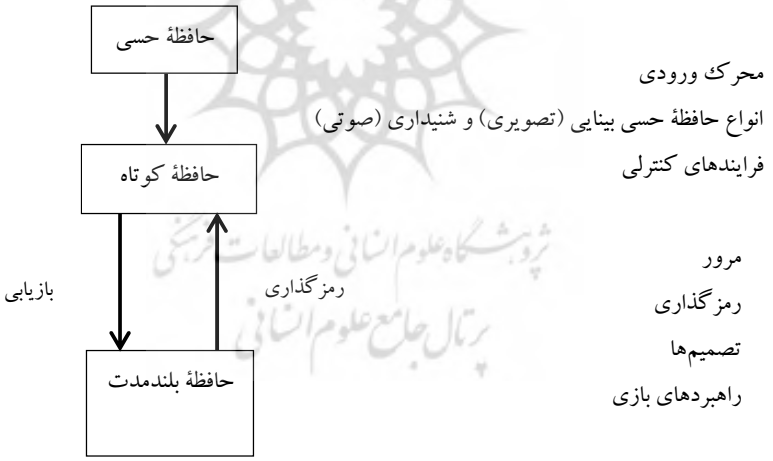
در این الگو عناصر زیر مطرح شدند Atkinson & Shiffrin 1968 نقل در Eysenck and Keane 2010):

حافظهٔ (انباره) حسی[1]: اطلاعات را با توجه به تغییر حسی[2] خاص، به مدتی کوتاه نگهداری می‌کند.

حافظهٔ (انباره) کوتاه‌مدت[3]: دارای ظرفیت بسیار محدودی است.

حافظهٔ (انباره) بلندمدت[4]: دارای ظرفیت تقریباً نامحدودی است که می‌تواند اطلاعات را برای دوره‌های زمانی طولانی نگهداری کند.

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

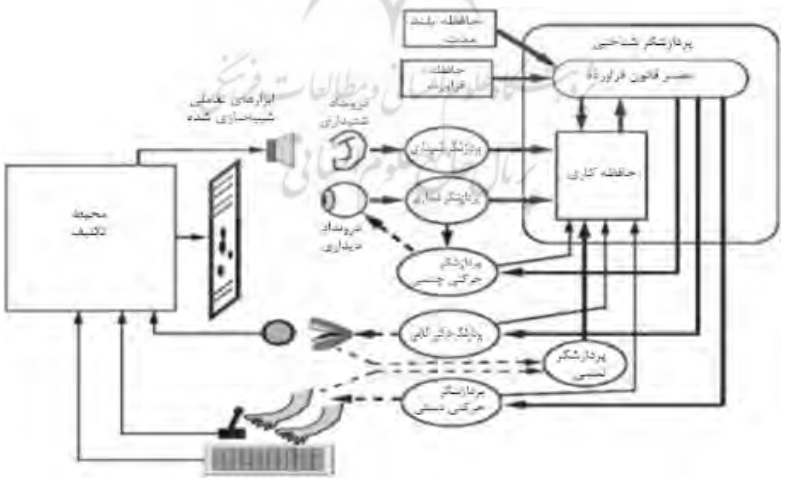


شکل ۱. الگوی ساختار حافظهٔ (Atkinson & Shiffrin 1968 نقل در Friedenberg and Silverman 2006)

1. sensory memory (store)
2. modality
3. short-term memory (store)
4. long-term memory (store)

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 به‌عنوان 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 ارائه‌شده و قابل انجام می‌شوند. رابط کاربر، قسمتی از یک رایانه و نرم‌افزار است که مردم می‌توانند ببینند، بشنوند، لمس کنند، گفت‌وگو کنند یا در غیر این صورت بفهمند یا دستور دهند (شکل ۲). رابط کاربر، عمدتاً دو جزء ضروری دارد: درون‌داد و برون‌داد (Hornof 2004). درون‌داد، چگونگی فهماندن نیازها یا خواسته‌های فرد به رایانه است. اجزاء درون‌داد رایج عبارت‌اند از صفحه کلید، موشواره، 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 دهد. بیشتر سازوکارهای برون‌داد رایانه‌ها، صفحه‌های نمایش هستند که از قابلیت‌های شنوایی افراد همچون صدا و گفتار نیز بهره می‌برند. استفاده از سایر حواس همچون بوییدن و تا اندازه‌ای لمس کردن، هنوز در طراحی رابط کاربر کشف نشده‌اند.



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

کاربـران هنـگام تعامـل بـا فراورده‌هـای دیجیتـال، چهـار نـوع کار[1] انجـام می‌دهنـد (Cooper et al. 2014):

کار شناختی[2]: فراگرفتن[3] رفتارهای فراورده علاوه بر ساختارهای متنی و سازمانی؛

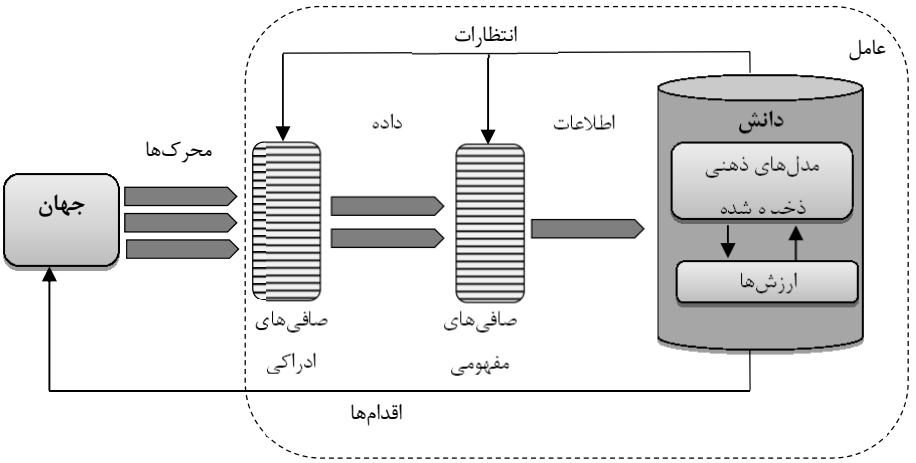
کار حافظـه[4]: فراخوانـی رفتارهـای فـراورده، فرمان‌هـا، رمزهـای عبـور، نام‌هـا و موقعیت‌هـای اشـیاء داده‌ای و کنترل‌هـا و دیگـر روابـط بیـن اشـیاء؛

کار دیـداری[5]: سـنجش این‌کـه چشـم از کجـای صفحـه بایـد شـروع کنـد، یـک شـیء را از میـان تعـداد زیـادی بیابـد، رمزگشـایی[6] طرح‌بندی‌هـا[7]، و تمیـز بیـن عناصـر دیـداری کدبندی‌شـدهٔ رابـط[8] (ماننـد آیتم‌هـای سـیاهه بـا رنگ‌هـای مختلـف)؛

کار فیزیکـی[9]: ضربه‌هـای کلیـد[10]، حـرکات موشـواره، اشـاره‌ها (کلیـک، کشـیدن، دوبـار کلیـک)[11]، تغییـر وضعیـت بیـن شـیوه‌های درون‌داد و تعـداد کلیک‌هـای لازم بـرای مسـیریابی.

حافظـهٔ انسـان ظرفیـت محـدودی دارد و مایـل بـه از دسـت دادن محتوایـش اسـت. حیـن اسـتفاده از خدمـات تحـت وب، اغلـب خطاهایـی رخ می‌دهـد کـه منجـر بـه قطـع فراینـد تعامـل و انجـام تکالیـف مربوطـه می‌شـود. هنگامـی کـه ایـن خطاهـا، طـی یـک تکلیـف خـاص به‌طـور مـداوم رخ دهـد، یـادآوری مراحـل پیـش از خطـا و پـس از آن سـخت خواهـد بـود (Watanabe and Nishimura 2013). کاربـران، اطلاعاتـی را کـه پیـش از ایـن بـر روی وب دیده‌انـد بارها بازدید می‌کننـد. اگـر اطلاعـات به‌صـورت مکـرر و به‌تازگـی مشـاهده نشـده باشـند «یافتـن چیزهایـی کـه یافـت شـده‌اند»[12] مشـکل اسـت؛ حتـی اگـر کاربـر بدانـد کـه کـدام وب‌سـایت اطلاعـات را دربـردارد (Do and Ruddle 2012). افـزون بـر ایـن، ۵۰ تـا ۸۰ درصـد صفحاتـی کـه کاربـران نـگاه می‌کننـد، آن چیـزی اسـت کـه پیـش از ایـن دیده‌انـد (Adar, Teevan, and Dumais 2008). در ایـن حالـت اگـر وب‌سـایتی سـاختار و مؤلفه‌هـای منطقـی داشـته باشـد، راحت‌تـر در حافظـهٔ فـرد قـرار می‌گیـرد و درصـد احتمـال بازگشـت کاربـر بـه آن افزایـش می‌یابـد. ایـن عامل‌هـا را در نمـودار دیگـری می‌تـوان به‌صـورت زیـر مشـاهده کـرد:

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 ادراک‌شده 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 به‌خوبی طراحی شده باشد، مسیری که کاربر در آن برای انجام هدف‌ها و وظایفش به‌طور مؤثر و بهینه دنبال می‌کند، روند منطقی خواهد داشت. در غیر این صورت، پراکندگی رابط باعث استفادهٔ نامناسب از آن می‌شود. به‌عبارت دیگر، اگر رابط کاربر بتواند توجه کاربر را جلب کند، تعامل به‌صورتی موفقیت‌آمیز انجام خواهد شد. از همین رو، «فارادی» عناصر مهم دیداری را شش مورد می‌دانند که شامل حرکت[1]، اندازه[2]، رنگ[3]، نوع نوشته[4]، وجود تصاویر[5] و در نهایت، موقعیت اجزاء صفحهٔ وب[6] هستند (Faraday 2000 in Grier, Kortum, and Miller 2007):

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

اندازه: اشیاء بزرگ‌تر توجه بیشتری را جلب می‌کنند.

تصاویر: تصاویر توجه بیشتری را نسبت به متن جلب می‌کنند.

1. motion
2. size
3. color
4. text-style
5. the presence of images
6. position of components on the Web page

رنـگ: عناصـر بـا رنگ‌هـای شـفاف‌تر توجـه بیشـتری را نسـبت بـه مـوارد بـا رنـگ تیره‌تـر جلـب می‌کننـد.

نـوع نوشـته: تغییـرات تایپـی به‌عنـوان نظام‌هـای نشـانه‌گذاری غیرکلامـی مؤثـر بـرای جلـب توجـه عمـل می‌کننـد.

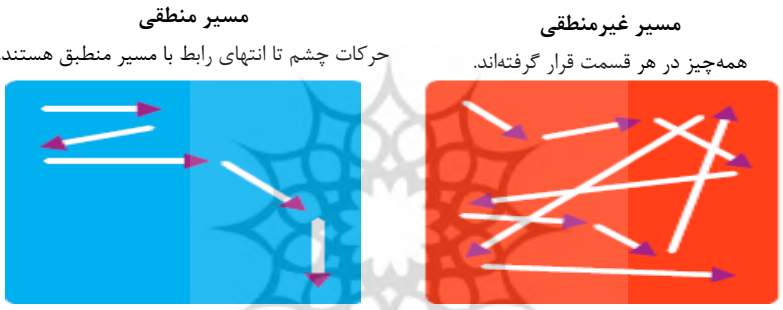
موقعیـت: عناصـر بالاتـر توجـه بیشـتری را نسـبت بـه آن‌هایـی کـه در پاییـن قـرار گرفته‌انـد، جلـب می‌کننـد (Djamasbi, Siegel, and Tullis 2010).

۳. روش‌های پژوهش مورد استفاده در تعامل انسان-رایانه

بـرای بررسـی نحـوهٔ تعامـل انسـان-رایانه، روش‌هـا و فنـون بسـیاری ابـداع و بـه‌کار رفتـه اسـت. به‌طـور کلـی، ایـن روش‌هـا در صـدد کشـف نـوع نگـرش یـا بررسـی شـیوهٔ رفتـار کاربـران هسـتند. از ایـن رو، به‌صـورت کیفـی یـا کمـی قابلیـت اجـرا دارنـد. امـروزه، اسـتفاده از روش‌هـای سـنجش رفتـار انسـان، رویکـرد غالـب در پژوهش‌هـای تعامـل انسـان-رایانه اسـت. از طریـق ایـن روش‌هـا می‌تـوان جنبه‌هـای شـناختی، احساسـی و فیزیولوژیکـی انسـان را مـورد مطالعـه قـرار داد. بـه همیـن دلیـل، ابزارهـای سـنجش زیسـتی روزبـه‌روز در حـال پیشـرفت و گسـترش بـرای ارزیابـی رفتـار انسـان در تعامـلات روزانـهٔ زندگـی هسـتند. در تصویـر زیـر ویژگی‌هـای روش‌هـای گـردآوری داده دربـارهٔ رفتـار کاربـران در تعامـل انسـان-رایانه مشـخص شـده اسـت.

شکل ٤. خصوصیات روش‌های مختلف گردآوری اطلاعات دربارهٔ 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 به‌صورت کیفی استفاده شود، می‌تواند راهنمای خوبی برای ملاحظات مورد توجه در طراحی باشد؛ بدین‌صورت 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 تجربهٔ کاربر و مقایسهٔ طراحی‌هاست. 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 زیر را که نتیجهٔ بررسی حرکات چشم است، مورد تحلیل قرار داد.



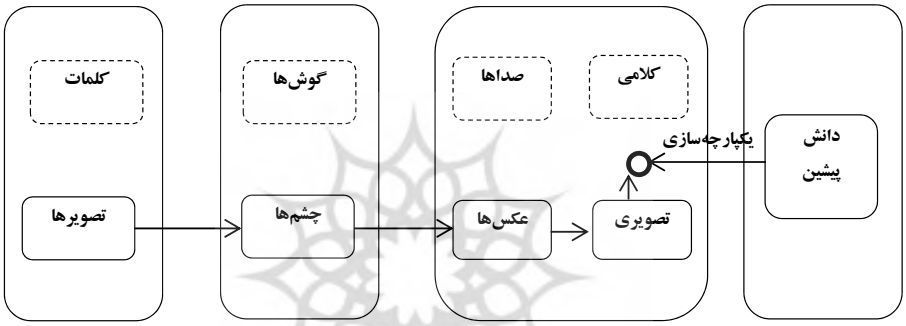
شکل ۵. مسیر منطقی و غیرمنطقی حرکات چشم بر روی رابط کاربر (Cooper et al. 2014)

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.

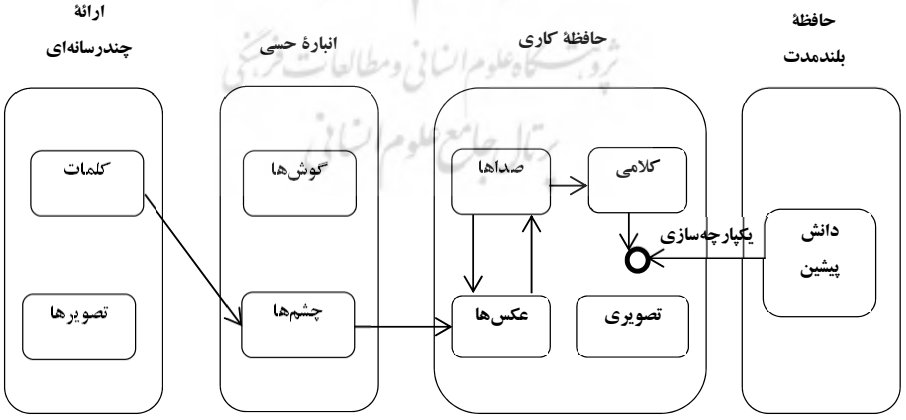
٤. ردیابی چشم

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 این عضو می‌شود. ادراک فرایندی است که در آن، اطلاعات را از محیط و دنیای اطراف به‌واسطهٔ حس‌هایمان جمع‌آوری و آن‌ها را تفسیر می‌کنیم (زاهدی نوقابی ۱۳۹۶). پردازش‌های بینایی سبب توسعهٔ نظریه‌های بسیاری در حوزهٔ روان‌شناسی شده‌اند (Anderson 2015).

انگارهٔ اساسی در پژوهش‌های ردیاب چشمی فرضیهٔ چشم-ذهن[1] (Goldberg and Wichansky 2003; Poole and Ball 2005) است. فرضیهٔ چشم-ذهن به این معناست که در حین انجام یک تکلیف دیداری، موقعیت چشم دوختن فرد مبیّن عملکردهای ذهنی است که وی به آن فکر می‌کند. در این فرضیه مسیر نگاه‌کردن دقیق (خیره‌شدن)[2] بر آنچه که کاربر در حال حاضر در موردش فکر می‌کند، اشاره دارد. این فکرکردن می‌تواند از علاقه یا مشکل پیش روی کاربر حکایت کند. پردازش داده‌ها به‌صورت کلمه یا تصویر از طریق چشم در شکل‌های ۶ و ۷ مشخص شده است. ردیاب چشمی می‌تواند توالی‌های فعالیت‌های کاربران را نشان دهد (Ebert et al. 2014).



شکل ٦. پردازش داده‌های تصویری از طریق چشم (Holzinger 2014)



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

1. eye-mind hypothesis 2. gaze

سنجش یا اندازه‌گیری دیگر جنبه‌های حرکات چشم نظیر خیره‌شدن (لحظاتی که چشم‌ها به‌صورت نسبی ثابت شده‌اند، که دربردارندهٔ این است که در حال دریافت اطلاعات یا رمزنگاری آن‌ها هستند) می‌تواند حجم پردازشی را که برای یک شیء در نقطهٔ دید به‌کار برده می‌شود، آشکار کند. در عمل، فرایند تحلیل داده‌های حرکات چشم شامل تعیین ناحیهٔ مورد علاقه[1] در قسمت‌های خاصی از صفحهٔ نمایش یا رابط کاربر مورد بررسی و ثبت حرکات چشمی رخ‌داده در آن نواحی است. در این وضعیت پدیداری، معناداری و جای‌گیری عناصر رابط خاصی می‌تواند به‌صورت عینی ارزیابی شده و نتایج یافته‌ها می‌تواند برای بهبود طراحی رابط استفاده شود. برای مثال، در یک سناریوی مبتنی بر تکلیف که از شرکت‌کننده درخواست می‌شود به جست‌وجوی یک نشانه[2] بپردازد، 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 معناست و احتمالاً نیاز به بازطراحی دارد. به هر حال، روش ردیابی چشم سودمندی‌های بسیاری در زمینهٔ تعامل انسان رایانه دارد. رهیافت‌های بی‌نظیری مانند طرحوارهٔ F در صفحات وب انگلیسی از طریق این شیوه به دست 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، باقی سرخط‌ها را ملاحظه می‌کنند.

شکل ۸. الگوی مطالعهٔ محتوا در وب به شکل F

1. areas/ region of interest
2. icon

۵. حرکات چشم

حرکات چشمی انواع مختلف دارند. اساس جست‌وجوی دیداری[1] متشکل از دو جزء است: خیره‌شدن‌ها[2] و حرکات پرشی[3]. 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 (زاویهٔ دیداری[4])، سرعت پرش به درجه در هر ثانیه و مسیر پرش است. هنگام خواندن، چشم حرکات سریعی به‌اندازهٔ ۴ یا ۵ بار در هر ثانیه با حرکت از یک خیره‌شدن به خیره‌شدن بعدی با تمرکز روی اندکی از کلمات دارد؛ یعنی حرکت از یک خیره‌شدن (Ellis 2009). الگوی مکان‌هایی که پرش‌ها مشاهده می‌شود، مسیر پیمایش[5] و مدت بین آغاز یک محرک و یک پرش، تأخیر پرش[6] 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 به‌کار می‌رود (همان). خیره‌شدن به معنای مدت زمانی است که فرد به‌صورت دیداری هر آنچه از اطلاعاتی را که در دامنهٔ کانونی چشم قابل استفاده است، گردآوری و تفسیر می‌کند. بسته به فاصلهٔ نقطهٔ مورد نظر از چشم، زاویهٔ دیداری به‌طوری معنادار کاهش می‌یابد. ۱/۵ درجهٔ مرکزی از میدان دید، قدرت تفکیک دیداری بسیار بیشتری نسبت به بینایی پیرامونی[7] دارد (Rao et al. 1997 در Ellis 2009). این ناحیهٔ قابل تفکیک، تنها میدانی است که در آن چشم قادر به تفسیر اطلاعات با تفکیک مناسب نظیر یک آیکون در یک وب‌سایت است. اجزای گوناگون خیره‌شدن چشم عبارت‌اند از طول مدت[8]، فراوانی یا تکرار[9] و مکانی[10] که آن‌ها ایجاد می‌شوند (Schotter, Angele, and Rayner 2012). مقدار زمانی را که صرف نگاه به یک مکان خاص می‌شود، طول مدت خیره‌شدگی[11] می‌نامند (Richardson, Dale, and Spivey 2007).

چشم، نشانه‌های[12] دیداری را تا هنگام انجام یک پرش به مغز منتقل نمی‌کند. بنابراین، پرش از هر بار اطلاعاتی که از یک خیره‌شدن به‌دست می‌آید، تشکیل می‌شود و خیره‌شدن بعدی برای مشاهدهٔ بیشتر اطلاعات در جای دیگر ضروری است. به همین

---

1. visual search
2. fixation
3. saccades
4. visual angle
5. scan path
6. saccade latency
7. peripheral
8. duration
9. frequency
10. location
11. fixation duration
12. signal

دلیل، روان‌شناسی تجربی پرش‌ها را هنگام شروع، هنگام فرودآمدن و مدت زمان باقی‌ماندن آن‌ها اندازه می‌گیرد. چرخهٔ ادراک-عمل رفتار پرشی[1]، منحصراً اطلاعاتی برای روان‌شناس تجربی (آزمایشگاهی) ایجاد می‌کند (Schotter, Angele, and Rayner 2012).

٦. سنجه‌های حرکات چشم

با بررسی متون حوزهٔ ردیاب چشمی (Larsson 2010; 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; 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; Thörnell 2010; Was, Sansosti, and Morris 2017; SensoMotoric Instruments 2014)، مجموعهٔ سنجه‌های مورد استفاده در حوزهٔ تعامل انسان-رایانه به شرح زیر هستند:

١. خیره‌شدن‌ها می‌توانند بسته به بافت آزمایش کاملاً متفاوت تفسیر شوند. در یک تکلیف کدگذاری‌شده نظیر مرور یک صفحهٔ وب، فراوانی زیاد خیره‌شدن روی یک ناحیهٔ خاص، مانند یک عکس در یک گزارش خبری می‌تواند نشانگر علاقهٔ بیشتر به آن باشد؛ یا برعکس، می‌تواند علامت این باشد که هدف آن پیچیده و کدگذاری آن سخت است. به هر حال، این تفسیرها می‌تواند در یک تکلیف جست‌وجو برعکس باشد: رقم زیاد یک خیره‌شدن یا مجموعه‌ای از خیره‌شدن‌ها، اغلب حاکی از نبود اطمینان زیاد در شناسایی آیتم مورد نظر است. مدت خیره‌شدن با زمان پردازشی که برای تمرکز بر یک شیء به‌کار می‌رود مرتبط است. سنجه‌های مرتبط با خیره‌شدن در پژوهش‌های تعامل انسان-رایانه به‌شرح زیر هستند:

الف) تعداد کل خیره‌شدن‌ها: خیره‌شدگی کلی بیشتر حاکی از کارایی اندک جست‌وجو است.

ب) خیره‌شدن‌های هر ناحیهٔ مورد علاقه: خیره‌شدن‌های بیشتر روی یک ناحیهٔ خاص حاکی از این است که برای نگاه‌کننده نسبت به سایر نواحی قابل توجه‌تر یا

1. saccadic behaviour

مهم‌تر است.

ج) طول مدت خیره‌شدن: مدت خیره‌شدن طولانی‌تر حاکی از مشکل استخراج اطلاعات است یا این‌که فرد به‌دلیلی علاقهٔ بیشتری به آن قسمت دارد.

د) چشم دوختن[1]: معمولاً به معنای جمع تمام مدت خیره‌شدن در داخل یک ناحیهٔ از پیش تعریف شده است. بهترین استفادهٔ آن در مقایسهٔ توجه توزیع‌شده بین هدف‌هاست.

ه) چگالی فضای خیره‌شدگی[2]: خیره‌شدن‌هایی که بر یک ناحیهٔ کوچک متمرکز می‌شوند، حاکی از تمرکز و جست‌وجوی کاراست. به همین منوال، خیره‌شدن‌های گسترده، جست‌وجوی وسیع‌تر و غیرکاراتری را منعکس می‌کنند.

و) خیره‌شدن‌های تکراری[3] (که «خیره‌شدن پس از هدف» نیز نامیده می‌شود): تعداد زیاد خیره‌شدن‌ها بیرون از هدف پس از تمرکز بر آن، حاکی از این است که هدف، معنادار یا پدیدار نیست.

ز) مدت زمان تا نخستین خیره‌شدن به هدف: زمان سریع‌تر نخستین خیره‌شدن روی یک شیء یا ناحیه بدین معناست که ویژگی‌های جذب توجه بهتری دارد.

ح) درصد خیره‌شدن شرکت‌کنندگان در یک ناحیهٔ مورد علاقه: اگر نسبت اندکی از شرکت‌کنندگان روی ناحیه‌ای که برای تکلیف مهم هستند، متمرکز می‌شوند، ممکن است نیاز به برجسته‌کردن یا حرکت دادن آن باشد.

ی) به سمت هدف[4]: به معنای خیره‌شدن‌های بر روی هدف (ناحیهٔ مورد علاقه) تقسیم بر کل تعداد خیره‌شدن‌هاست. نرخ یا درجهٔ پایین آن حاکی از این است که کارایی جست‌وجو 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 برگشت‌کننده[5] (یعنی حرکت‌های چشمی ردگم‌کن)[6] می‌توانند به‌عنوان

1. gaze, dwell, fixation cluster and fixation cycle
2. fixation spatial density
3. repeat fixations or post target fixations
4. on-target (all target fixations)
5. regressive saccades
6. backtracking eye-movements

سنجه‌ای از مشکل یا سختی پردازش در طی کدگذاری باشد. اگرچه بیشتر پرش‌های برگشتی (بازگشت‌ها) خیلی کوچک هستند، فقط به‌اندازهٔ دو تا سه حرف در یک تکلیف خواندن، اما بازگشت‌های بزرگ‌تر از طول عبارت می‌توانند سردرگمی در پردازش سطح بالای متن را بازنمون کنند. بازگشت‌ها می‌توانند برابر با سنجش مقدار بازشناسایی استفاده شوند، چون باید یک رابطهٔ معکوس بین تعداد بازگشت‌ها و برجستگی عبارت باشد. سنجه‌های مربوط به پرش در زیر بررسی می‌شوند:

۱. تعداد پرش‌ها[1]: پرش‌های بیشتر حاکی از جست‌وجوی بیشتر است.
۲. دامنهٔ پرش[2]: پرش‌های بلندتر هنگامی که توجه از یک فاصله کشیده می‌شود، حاکی از نشانه‌های معنادارتر است.
۳. پرش‌های برگشت‌کننده (بازگشت‌ها)[3]: بازگشت‌ها حاکی از وجود یا ظهور نشانه‌های کم معنادارتر است.
۴. پرش‌های نشان‌دهندهٔ تغییرات جهتی مشخص[4]: هر پرشی که بیشتر از ۹۰ درجه نسبت به پرش پیشینش باشد، بدین‌معناست که تغییر سریع در مسیر صورت گرفته است. این بدان معناست که هدف کاربر تغییر کرده یا این‌که طرح اولیه رابط نمی‌تواند منطبق با انتظارات کاربر باشد.

۳. مسیر پیمایش: به‌معنای توالی کامل پرش-خیره‌شدن-پرش است. در یک تکلیف جست‌وجو، مسیر پیمایش بهینه مسیری است که به‌صورت یک خط مستقیم به هدف مورد نظر (با مدت خیره‌شدن به نسبت کوتاهی به هدف) نگریسته می‌شود. مسیر پیمایش می‌تواند به‌صورت کمی با سنجه‌های زیر به دست آید:

۱. طول مدت مسیر پیمایش: یک مسیر پیمایش طولانی‌مدت حاکی از پیمایش غیرکاراتر است.
۲. درازای مسیر پیمایش: مسیر پیمایش طولانی‌تر حاکی از جست‌وجوی غیرکاراتر است.
۳. چگالی فضایی[5]: چگالی فضایی کمتر، حاکی از جست‌وجوی مستقیم‌تر است.
۴. ترتیب مسیر پیمایش: هنگامی که رفتار پویشی تناوبی[6] تعریف می‌شود، انحراف

1. number of saccades
2. saccade amplitude
3. regressions
4. saccades revealing marked directional shifts
5. spatial density
6. cyclic scanning behaviour

از مسیر پیمایش رسمی می‌تواند حاکی از مشکلات جست‌وجو به‌دلیل فقدان آموزش کاربر یا طرح اولیهٔ بد رابط کاربر باشد.

۵. سمت‌وسوی مسیر پیمایش[1]: از طریق این سنجه می‌توان راهبرد جست‌وجوی شرکت‌کننده 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 به‌معنای مسیر پیمایشی است که در راستای یکسانی پیشرفت می‌کند.

۶. نسبت پرش به خیره‌شدن: این معیار زمان صرف‌شده برای جست‌وجو (پرش‌ها) به زمان پردازش (خیره‌شدن) مصرف‌شده را مقایسه می‌کند. نسبت بالاتر آن حاکی از پردازش بیشتر یا جست‌وجوی کمتر است.

۴. تعداد پلک‌زدن‌ها و اندازهٔ مردمک: این دو مورد می‌توانند معرف حجم بار شناختی باشند. نرخ تعداد پلک‌زدن‌های کمتر حاکی از بارِ کاریِ بالاتر و تعداد پلک‌زدن‌های بالاتر ممکن است حاکی از خستگی باشد. مردمکِ بزرگ‌تر ممکن است همچنین، حاکی از تلاش شناختی بیشتر باشد. در عین حال، اندازهٔ مردمک و تعداد پلک‌زدن‌ها می‌توانند به‌وسیلهٔ عامل‌های دیگری نظیر سطح نور محیط نیز تعیین شود؛ بنابراین، داده‌های مرتبط با آن‌ها می‌تواند نقص‌هایی داشته باشد. به این دلایل، اندازهٔ مردمک و تعداد پلک‌زدن‌ها اغلب کمتر در پژوهش‌های ردیاب چشمی در تعامل انسان-رایانه استفاده می‌شوند.

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

1. scanpath direction

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

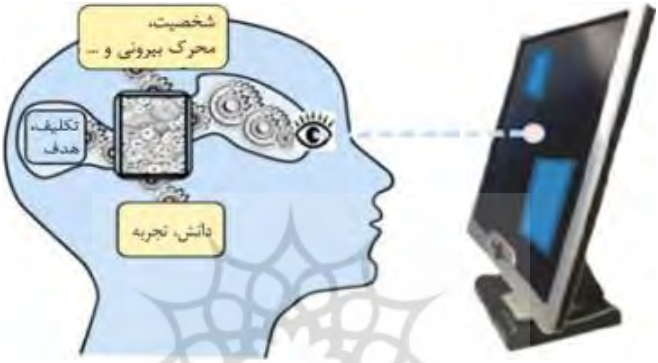
خیره شدن	پرش	آمیخته
زمانی		
مدت کل خیره‌شدن	مدت پرش	زمان خواندن کلی
مدت چشم دوختن		زمان نخستین عبور
میانگین مدت خیره‌شدن		زمان باز خواندن
مدت نخستین خیره‌شدن		
مدت زمان تا شروع نخستین خیره‌شدن		
مدت خیره‌شدن‌های بازبینی‌شده		
تناسب مدت خیره‌شدن		
فضایی		
موقعیت خیره‌شدن	طول پرش	الگوی مسیر پیمایش
توالی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

از میان سنجه‌های بحث‌شده در بالا برای سنجش میزان تعامل کاربر در حین استفاده از رابط کاربر، برخی موارد بیشترین استفاده را دارند. تعداد خیره‌شدن‌ها (کل خیره‌شدن‌ها)، چشم دوختن به هر ناحیهٔ مورد علاقه، مدت خیره‌شدن (میانگین و کل)، تعداد خیره‌شدن‌ها در هر ناحیهٔ مورد علاقه، میانگین مدت چشم‌دوختن به هر ناحیهٔ مورد علاقه، و نرخ کل خیره‌شدن (خیره‌شدن 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 ویدیوئی ثبت‌شده از

چشم برای تعیین مکان یا نقاطی که شخص نگاه می‌کند، استفاده می‌کنند. در این سیستم‌ها، نقطهٔ دید را به‌وسیلهٔ روش انعکاس قرنیه/ مرکز مردمک اندازه می‌گیرند. این نوع ردیاب‌ها معمولاً شامل یک رایانهٔ رومیزی استاندارد همراه با یک دوربین مادون قرمزِ قرارگرفته 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 زیر).



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

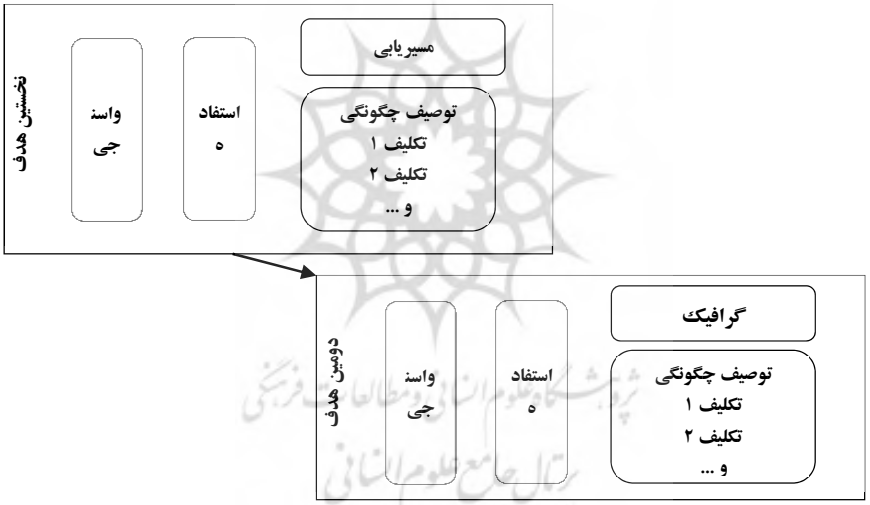
در حین انجام عملیات و در وهلهٔ اول، نور مادون قرمز از یک ال‌ای‌دی داخل دوربین مادون قرمز کار گذاشته‌شده به‌صورت مستقیم به چشم تابیده می‌شود تا بازتاب قوی ایجاد کند که خصوصیات چشم هدف برای ردیابی به‌صورت آسان‌تری قابل استفاده باشد (نور مادون قرمز برای جلوگیری از اذیت‌شدن کاربر همراه با نورهای مرئی استفاده می‌شود). نور به شبکیهٔ چشم وارد می‌شود و نسبت زیادی از آن بازتابیده یا برگشت داده می‌شود که این امر باعث می‌شود که مردمک چشم به‌صورت براق و کاملاً گرد و قرص دربیاید که به این امر اثر مردمک درخشان[1] گفته می‌شود. بازتاب قرنیه (نخستین تصویر پرکنژ[2]) به‌وسیلهٔ نور مادون قرمز ایجاد می‌شود، که این وضعیت به‌صورت یک تلألوء یا تابش کوچک اما تند ظاهر می‌شود. هنگامی که نرم‌افزار پردازش، تصویر مرکز مردمک و موقعیت بازتاب قرنیه را شناسایی کرد، برداری بین آن‌ها سنحیده می‌شود و به‌وسیلهٔ محاسبات مثلثاتی بیشتر، نقطهٔ توجه یا دید می‌تواند پیدا شود. اگرچه ممکن

1. bright pupil
2. Purkinje image

است که نقطهٔ دید تقریبی به‌وسیلهٔ بازتاب قرنیه به‌تنهایی 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 کاربران 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 مد نظر در آزمایش در اندازهٔ کوچک و به‌خوبی تعریف شده باشند تا نتایج قابل مقایسه را فراهم کنند.

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



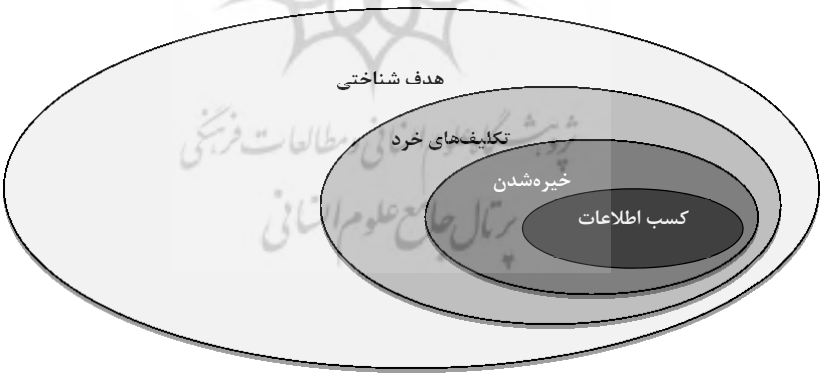
شکل ۱۰. انجام یک تکلیف برای یک آزمودنی در آزمایش ردیاب چشمی
(Penkar, Lutteroth, and Weber 2013)

ردیاب‌های چشمی مبتنی بر ویدئو نیازمند این هستند که کاملاً به‌صورت انحصاری در مورد حرکات چشم هر فرد به‌وسیلهٔ فرایند کالیبراسیون[1](واسنجی) تنظیم بشوند. کالیبراسیون با نمایش یک نقطه روی صفحه کار می‌کند و اگر چشم برای مدت‌زمان

1. calibration

طولانی‌تر از یک آستانهٔ مشخص و در داخل یک ناحیهٔ خاص ثابت بماند، سیستم رابطهٔ انعکاس- قرنیه/ مرکز- مردمک را به‌صورت نظیربه‌نظیر به‌وسیلهٔ مختصات X و Y روی صفحه نمایش ثبت می‌کند. این کالیبراسیون به‌صورت ۹ تا ۱۳ نقطه‌ای در یک الگوی شبکه‌ای برای کسب دقیق‌ترین کالیبراسیون در کل صفحهٔ 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 به‌صورت شکل ۱۱، به‌دست می‌آید. در سطح عام، هدف شناختی بزرگی وجود دارد که برای تکمیل این هدف، مشاهده‌گر باید سلسله‌ای از تکلیف‌های خُرد[1] را انجام دهد. برای انجام یک تکلیف خُرد، به تمرکز بر اشیاء پیش رو احتیاج 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)[2] است که به‌طور خودکار به‌وسیلهٔ سیستم دیداری انجام نمی‌شود. با این حال، برخی از این اطلاعات دیداری هنگام انجام برخی فعالیت‌ها لازم نیستند. البته، این اطلاعات ممکن است در حافظهٔ کاری یا این‌که در برخی بازنمون‌های حافظهٔ بلندمدت از صحنه ذخیره شوند.



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

اطلاعات خاص-تکلیف[3] از خیره‌شدن‌های مختلف استخراج می‌شوند. خیره‌شدن باعث می‌شود که فرد اطلاعات خیلی خاصی را به‌دست آورد.

1. micro task 2. visual routines 3. task-specific

۸. نتیجه‌گیری

ردیاب چشمی تکنیکی است که به‌وسیلهٔ آن حرکات چشم فرد هنگام تعامل با یک نظام مورد ارزیابی قرار می‌گیرد؛ به‌نحوی که پژوهشگر، هم از این‌که فرد در یک زمان مشخص به کجا نگاه می‌کند و هم از توالی تغییر حرکات چشمان فرد از یک مکان به مکان دیگر آگاهی می‌یابد. ردیابی حرکات چشم فرد می‌تواند به پژوهشگران تعامل انسان-رایانه کمک کند تا از پردازش اطلاعات بصری و مبتنی بر نمایش و فاکتورهایی که ممکن است بر استفاده‌پذیری رابط‌های سیستمی اثرگذار باشند، آگاهی یابند. در این وضعیت، ثبت حرکت چشم می‌تواند منبع عینی داده ارزیابی رابط را فراهم کند؛ به‌نحوی که برای طراحی رابط‌های بهبودیافتهٔ اطلاعات ارائه کند.

حرکات چشم می‌تواند همچنین، به‌عنوان علائم کنترل، ثبت و استفاده شود تا افراد را قادر به تعامل با رابط‌هایی کند که به‌صورت مستقیم -بدون نیاز به ورود از طریق ماوس و صفحه‌کلید- هستند. این شیوه می‌تواند مزیت اصلی برای جماعتی از کاربران خاص مانند افراد معلول باشد.

چون حرکات چشمی پنجره‌ای به سمت بسیاری از جنبه‌های شناختی باز می‌کند، فرصت‌های خوبی برای کاربرد تحلیل‌های ردیاب چشمی به‌عنوان یک ابزار پژوهش استفاده‌پذیری در حوزهٔ تعامل انسان-رایانه و رشته‌های مرتبط وجود دارد. موضوعاتی که به‌طور فزاینده در این حوزه مورد مطالعه قرار می‌گیرند، شامل کارایی راهبردهای جست‌وجوی اطلاعات در رابط‌های مبتنی بر منو یا فهرست، بررسی استفاده‌پذیری خصوصیات وب‌سایت‌ها، چگونگی توجه در رابط‌های کاربر با طراحی واکنش‌گرا[1] و بار شناختی تعامل کاربر است. در بخش تجاری و بازاریابی دیداری علاقهٔ زیادی به استفاده از فناوری ردیاب چشمی وجود دارد. در این حوزه‌های پژوهشی برای تعیین نوع طراحی تبلیغی (مانند تبلیغات بنر روی وب‌سایت ها) که بیشترین توجه را جلب می‌کند، کندوکاو می‌شود. ردیاب چشمی، به‌خصوص برای بررسی تعامل با ابزارهای دیداری‌سازی اطلاعات مناسب است؛ زیرا توجه به محرک دیداری را منعکس می‌کند و اطلاعات جزئی در مورد راهبردهای پیمایشی کاربران را فراهم می‌آورد.

استفاده از ردیاب چشمی نیازمند رعایت برخی ملاحظات است. در صورت رعایت

1. responsive design

نکردن آن‌ها، فرایند کار با خطا و ایراد همراه می‌شود و در عمل، نتیجهٔ پژوهش بی‌اعتبار خواهد بود. انتخاب آزمودنی سالم و بدون بیماری، محیط انجام آزمایش بدون مداخله و نوع ابزار به‌کاررفته بسته به نوع آزمایش، مهم‌ترین چالش‌ها در اجرای ردیاب چشمی هستند.

بر پایهٔ مطالب پیشین، حرکات چشم به‌صورتی بی‌نظیر بین ادراک و شناخت قرار می‌گیرد (Richardson, Dale, and Spivey 2007). چنین حرکاتی برای عملکرد پویشی[1]، نمی‌تواند تنها به‌صورت تصادفی رخ دهد. بنابراین، برای سودمندی ادراک باید مجموعه‌ای از عناصر مرتبط با حرکات چشم یعنی حافظه، انتظارات و اهداف موجود زنده[2] در نظر گرفته شوند. به همین دلیل، حرکت‌های چشمی بین ویژگی‌های ادراکی پایین به بالای[3] جهان و فرایندهای شناختی بالا به پایین[4] (Ellis 2009; Richardson, Dale, and Spivey 2007) به‌طور مساوی رانده[5] می‌شود. این‌که فرد چه زمانی و کجا تصمیم به توجه داشته باشد، نکتهٔ کلیدی کنترل حرکات چشم است (زاهدی نوقابی ۱۳۹۶). از این رو، رابطه بین این دو عامل[6]، فهم کامل فرایندهای شناختی مبتنی بر حرکات چشم را امکان‌پذیر می‌سازد.

فهرست منابع

زاهدی نوقابی، مهدی. ۱۳۹۶. «ردیابی حرکات چشمی، رویکردی برای سنجش خواندن بر پایهٔ تعامل دیداری.» *پژوهشنامه کتابداری و اطلاع‌رسانی* ۷ (۱): ۳۷۵-۳۵۲.

References

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.

---

1. scan
2. organism's memories, expectations and goals
3. bottom-up
4. top-down
5. driven

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

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*. Indianapolis, IN: 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. Berlin Heidelberg: Springer. 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*. Berlin: 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/B978080044980750032X.

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 Ronan 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, Hirotaka Aoki, Mick Donegan, Dan Witzner Hansen, John Paulin Hansen, Aulikki Hyrskykari, and Kari-Jouko Räihä. 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. (accessed April 4, 2015).

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. Hershey PA: 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. (accessed April 7, 2015).

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. Berlin Heidelberg: Springer. 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.

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 هم‌اکنون استاد بازنشسته گروه کتابداری و اطلاع‌رسانی دانشگاه فردوسی مشهد است.

سازماندهی اطلاعات و دانش، تعامل انسان-رایانه و ذخیره و بازیابی اطلاعات از جمله علایق پژوهشی وی است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جواد صالحی فدردی

متولـد سـال ۱۳۴۷، دارای مـدرک دکتـری در رشـتهٔ روان‌شناسـی از دانشـگاه ویلـز بنگـور انگلسـتان هسـتند. ایشـان هم‌اکنـون دانشـیار گـروه روان‌شناسـی دانشـگاه فردوسـی مشـهد است.

فرایندهـای شـناختی، عملکردهـای اجرایـی، تـورش توجـه، انگیـزش و اعتیـاد از جملـه علایـق پژوهشـی وی است.

محسن نوکاریزی

متولد سال ۱۳۴۵، دارای مدرک تحصـیلی دکتـری در رشـتهٔ علـم اطلاعـات و دانش‌شناسـی از دانشـگاه فردوسـی مشـهد اسـت. ایشان هـم‌اکنـون دانشـیار گـروه علـم اطلاعـات و دانش‌شناسـی دانشـگاه فردوسـی مشـهد اسـت.

حوزهٔ تعامل انسان-رایانه، وب‌سنجی و علم‌سنجی مورد علاقهٔ وی اسـت.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی