

Modeling of Consumers' Visual Behavior by Using Artificial Intelligence

Davoud Sadeh, Kambiz Heidarzadeh*

Department of Business Administration, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article Info:

Received: 11 May 2024

Revised: 20 July 2024

Accepted: 3 Aug 2024

ABSTRACT

Introduction: The purpose of the research is to model visual behavior through machine learning methods, analyzing visual data to increase recognition and accuracy of decision-making is one of the important aspects of this research. **Materials and Methods:** The research method is an exploratory-laboratory type, which has extracted visual data using the GAZEPOINT eye tracker analyzed and modeled by the multi-layer perceptron neural network algorithm in the Python environment. The statistical population consists of consumers of a bag brand with natural fiber materials, which is shown to 30 women in the form of three images, the tasks are designed for choice/choices and non-choice/non-choices. **Results:** Based on the confusion matrix, Kappa index, and recall metrics, the results indicate that the model provides a robust prediction for general visual behavior across various types of images. Based on the confusion matrix, Kappa index ($K=0.34$), and recall ($R=66$), the results suggest that visual behavior modeling is generally effective across different image categories, with an overall accuracy of 66.8%. The model shows higher accuracy when predicting visual behavior for specific image types, indicating that the performance of the model improves when tailored to individual image categories (Accuracy: 67.8, 76.9, 73, $k=0.35, 0.53, 0.46$, $R=68, 75, 78$). **Conclusion:** Visual behavior modeling provides behavioral science researchers and product design experts a proactive approach by predicting consumer choices and non-choices. This ability enhances the accuracy of studies and allows for more informed decisions.

Keywords:

1. Eye-Tracking Technology
2. Confusion
3. Saccades

*Corresponding Author: Kambiz Heidarzadeh

Email: kambizheidarzadeh@yahoo.com

مدل سازی رفتار بصری مصرف کنندگان با بکارگیری هوش مصنوعی

داود ساده، کامبیز حیدرزاده*

گروه مدیریت بازرگانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله:

پذیرش: ۱۳ مرداد ۱۴۰۳

اصلاحیه: ۳۰ تیر ۱۴۰۳

دریافت: ۲۲ اردیبهشت ۱۴۰۳

چکیده

مقدمه: هدف پژوهش مدل سازی رفتار بصری از طریق روش های یادگیری ماشین می باشد، تجزیه و تحلیل داده های بصری به منظور افزایش تشخیص و دقت تصمیم گیری یکی از جنبه های مهم این تحقیق است. **مواد و روش ها:** روش تحقیق از نوع اکتشافی-آزمایشگاهی می باشد که با بکارگیری ردیاب چشم صحنه GAZEPOINT داده های بصری استخراج شده است و به وسیله الگوریتم شبکه های عصبی پرسپترون چندلایه در نرم افزار پایتون تحلیل و مدل سازی گردیده است. جامعه آماری تشکیل شده است از مصرف کنندگان یک برند کیف با مواد الیاف طبیعی که در قالب سه تصویر به ۳۰ نفر زن نشان داده شده است. تسکها به منظور انتخاب/انتخابها و عدم انتخاب/عدم انتخابها طراحی شده است. **یافته ها:** بر اساس ماتریس درهم ریختگی، شاخص کاپا و معیارهای پوشش، نتایج نشان می دهد که این مدل پیش بینی قوی را برای رفتار بصری کلی در انواع مختلف تصاویر ارائه می دهد. بر مبنای ماتریس درهم ریختگی، شاخص کاپا ($K=0/34$)، و پوشش ($R=66$)، نتایج نشان می دهد که مدل سازی رفتار بصری به طور کلی در دسته های مختلف تصویر مؤثر است، با دقت کلی ۶۶/۸ درصد. این مدل دقت بالاتری را هنگام پیش بینی رفتار بصری برای انواع تصاویر خاص ارائه می دهد، که نشان می دهد عملکرد مدل زمانی که برای دسته های تصویری منفرد تنظیم شود، بهبود می یابد ($Accuracy: 67/8, 76/9, 73, K: 0/35, 0/53, 0/46, R: 68, 75, 78$). **نتیجه گیری:** مدل سازی رفتار بصری با پیش بینی انتخابها و عدم انتخابهای مصرف کننده، رویکردی فعالانه برای محققان علوم رفتاری و کارشناسان طراحی محصول فراهم می کند. این توانایی دقت مطالعات را افزایش می دهد و امکان تصمیم گیری آگاهانه تری را فراهم می کند.

واژه های کلیدی:

- ۱- فناوری ردیابی چشم
- ۲- درهم ریختگی
- ۳- ساکادها

*نویسنده مسئول: کامبیز حیدرزاده

پست الکترونیک: kambizheidarzadeh@yahoo.com

مقدمه

مصرف کننده را از بعد بصری بررسی کرد (۳۴-۳۰).

رفتار بصری مصرف کننده

وقتی نیاز داریم بدانیم که فرد دیگری چه فکر می کند، به چشم های او نگاه می کنیم. با انجام این کار، ما نه تنها در مورد تمرکز بصری آن ها می آموزیم، بلکه در مورد افکار و مقاصد خصوصی آن ها و در مورد پیام هایی که به صراحت به دیگران منتقل می کنند نیز استنباط می کنیم (۳۵،۳۶).

حرکت چشم انسان که رفتار بصری را شکل می دهد، می تواند ویژگی های مهم شناختی، عاطفی، انگیزشی و اجتماعی افراد را آشکار کند (۳۷،۳۸). رفتار بصری به جمع آوری فعال اطلاعات از طریق حرکات هماهنگ چشم، سر و بدن اشاره دارد، «نگاه کردن به اطراف با هدف». پژوهشگران از اصطلاح «رفتار بصری» برای اشاره به ادراک بصری، پردازش بصری، توجه بصری و انواع دیگر مفاهیم و اصطلاحات استفاده می کنند (۳۹)، اهمیت قوای شنوایی، چشایی و بویایی محرک های حرکتی بر روی رفتار در مقابل محرک های بصری تاثیر کمتری را دارند، زیرا مردم عمدتاً بصری گرا می باشند (۳۳،۴۰).

چشم ها زبان جهانی دارند و انسان ها از اطلاعات، جهت نگاه برای درک تمرکز و وضعیت ذهنی دیگران و برای حفظ روابط اجتماعی با دیگران استفاده می کنند (۴۱-۴۲). مطرح شده است که ساختار چشم انسان تحت فشار نیاز به رفتار هماهنگ با دیگران تکامل یافته است (۴۳). برخلاف چشم های دیگر موجودات، چشم انسان ساختاری متمایز دارد که از صلبیه سفید و عنبیه تیره تشکیل شده است، این اجازه می دهد تا نگاه مستقیم و اجتناب شده را تشخیص دهیم و تمرکز توجه دیگران را به راحتی تشخیص دهیم (۴۴).

عمدتاً برای بررسی رفتار بصری از روش ردیابی چشم استفاده می شود، فناوری ردیابی چشم به عنوان ابزاری قابل اعتماد برای ارزیابی رفتارهای بصری افراد و شناسایی تجربی فرآیندهای شناختی ظاهر شده است، پژوهشگران اقدامات ردیابی چشم را بر اساس زمان (به عنوان مثال مدت زمان فیکسیشن^۱)، مبتنی بر فضا (به عنوان مثال توالی فیکسیشن) و مبتنی بر تکرار (به عنوان مثال تعداد فیکسیشن) طبقه بندی کرده اند (۴۵-۴۷). در بین این سه، مقیاس زمانی بیشترین استفاده را در تحقیقات ردیابی چشم دارد (۴۸).

با توجه به فرضیه «ذهن چشم» مبنی بر اینکه در جایی که چشمان فرد ثابت است، تمرکز پردازش ذهنی است، اقدامات ردیابی چشم به طور فزاینده ای برای بررسی پردازش اطلاعات مانند تصمیم گیری و حل مسئله مورد استفاده قرار گرفته است (۵۲-۴۸). برای درک رفتار بصری نیاز به تحلیل و تفسیر حرکات چشم در فعالیت های شناختی می باشد، اجزاء اساسی حرکات

رفتار مصرف کننده همواره یکی از حوزه های مورد توجه پژوهشگران علوم رفتاری بوده که در ۵۰ سال گذشته شاهد رشد علمی آن بوده ایم، بر این اساس، ادبیات مربوط به این موضوع در تعدادی از مطالعات قبلی در مهم ترین مجلات علمی مرکز توجه بوده است ادبیات در مورد رفتار مصرف کننده متنوع و گسترده است، زیرا تغییرات در جامعه، اقتصاد و فناوری بر نحوه رفتار مصرف کنندگان تأثیر می گذارد (۱۴-۱). ناگزیر، تأثیر این تغییرات را باید در مطالعات رفتار مصرف کننده بررسی کرد. مانند هر رشته دیگری، تجزیه و تحلیل سیستماتیک وضعیت توسعه دانش حوزه رفتار مصرف کننده برای اطمینان از رشد آینده آن حیاتی است (۱۰). لذا باید تاریخ فکری این رشته را واکاوی نمود (۱۲).

اهمیت رفتار مصرف کننده در رشته های مختلف ادبیات کسب و کار نیز، نیازمند مطالعات و نگاهی به روز به ادبیات این حوزه را نشان می دهد (۱۵). چنین مطالعاتی با روشن کردن مسیر و شناسایی شکاف ها، علاوه بر کمک به پژوهشگران و متخصصان رفتار مصرف کننده، راهنمایی برای آن ها در تعیین موقعیت پژوهش ها و تلاش های آینده شان خواهد بود (۱۶،۱۷). حوزه رفتار مصرف کننده از اوایل دهه شصت به طور فزاینده ای به مهم ترین موضوع تحقیق در میان نظریه پردازان علوم رفتاری تبدیل شده است (۱۸). در طول سال های گذشته، مدل های مختلفی برای توضیح رفتار مصرف کنندگان در موقعیت های کلی تصمیم گیری ارائه شده است (۲۱-۱۹). بسیاری از این مدل ها از نظر وسعت چشمگیر هستند، اما قدرت واقعی آن ها در توضیح رفتار مصرف کنندگان به طور قابل توجهی به دلیل این واقعیت که بیشتر تلاش های تحقیقاتی تاکنون فقط به سمت بخش های خاص و مشهود از مدل ها بوده است نتوانسته ابعاد دیگر و نامشهود را در بر بگیرد (۲۶-۲۲).

در غیاب ارزیابی دقیق مدل ها بر اساس معیارهای مشخص، حتماً روش هایی جاودانه خواهند بود که بخش نامشهود رفتار را بطور کاربردی واکاوی کند (۲۷). مدل های مصرف کننده به صورت جهانشمول از دو بعد داخلی و خارجی تشکیل گردیده است (۲۸،۲۹) که عوامل خارجی شامل جمعیت شناختی، فرهنگ، جغرافیا و جایگاه اجتماعی و همچنین عوامل داخلی شامل شخصیت، نگرش، انگیزش، یادگیری، ادراک، هیجان و حافظه می باشد (۲۹، ۱۰، ۷).

ادراک فیزیکی از طریق گیرنده های حسی انسان با داشتن پایه های شناختی و هیجانی رفتار را تحت الشعاع قرار می دهد، همان بعد نامشهود که بررسی رفتار مصرف کنندگان در بر گرفته است حس بصری در مقایسه با دیگر حواس از درجه بالایی برخوردار است به نحوی که می توان الگوهای مدل رفتار

^۱ Fixation

چشم فیکسیشن، ساکاد^۲ و پلک زدن^۳ هستند (۴۸،۵۳).

ساکادها

چشم در هنگام مشاهده یک صحنه بصری ثابت نمی ماند (۳۳). چشم‌ها باید دائم حرکت کنند و از قسمت‌های جالب صحنه، یک نقشه روانی یا ذهنی بسازند، زیرا فقط یک نقطه مرکزی کوچکی از چشم، فوویا^۴ قادر به درک بیشتر است (۵۴). این جنبش همزمان دو چشم را «ساکاد» می نامند (۵۵). مدت زمان یک ساکاد بستگی به فاصله زاویه‌ای چشم در طول این جنبش دارد که اصطلاحاً به آن دامنه ساکاد می گویند (۵۶). ویژگی‌های معمولی از حرکات ساکاد یک چشم، ۲۰ درجه برای دامنه و ۱۰ تا ۱۰۰ میلی ثانیه برای مدت زمان است (۵۷).

فیکسیشن

فیکسیشن‌ها یا تمرکز، موقعیت‌های ثابت چشم هستند که در طی آن بر یک مکان خاص در صحنه‌های بصری تمرکز می کنند (۵۷). فیکسیشن‌ها معمولاً به عنوان زمان بین دو ساکاد تعریف می شوند (۳۳). متوسط طول فیکسیشن بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی ثانیه است (۵۸).

پلک زدن‌ها

بخش جلوی قرنیه چشم با یک مایع نازک اشکی پوشش داده شده که اصطلاحاً به آن «لایه اشکی پرکورنیال»^۵ می گویند (۴۰). برای پخش این مایع در سراسر سطح قرنیه، پلک‌ها به طور منظم باید باز و بسته (چشمک زدن) شوند (۵۹). متوسط نرخ پلک زدن ۱۲ تا ۱۹ پلک در دقیقه است (۶۰). البته رطوبت نسبی، درجه حرارت، روشنایی، خستگی و فعالیت‌های بدنی بر آن تاثیر گذارند (۶۱). مدت متوسط پلک زدن ۱۰۰ تا ۴۰۰ میلی ثانیه است (۶۲).

بطور خلاصه، فیکسیشن به حالت نسبتاً پایدار حرکت چشم زمانی که چشم‌ها روی کانون توجه ثابت می شوند اشاره دارد، در حالی که ساکاد به معنای حرکت نسبتاً سریع حرکت چشم است که از یک تثبیت به تثبیت دیگر منتقل می شود (۴۸،۶۳).

رفتار بصری انسان روی یک محصول به طور قابل توجهی بر رفتار خرید تأثیر می گذارد (۶۴)، از آنجایی که رفتار بصری بر روی تصاویر محصول به طور قابل توجهی بر تصمیم‌گیری مصرف کنندگان موثر می باشد، بررسی این عوامل بر بینایی انسان مهم است (۶۵-۶۸). حرکت چشم اولین اطلاعات را در مورد انتخاب‌های احتمالی آینده به ما می دهد (۶۹).

مدل سازی رفتار بصری

تکنیک‌های ردیابی چشم به طور گسترده‌ای برای تجزیه

و تحلیل رفتار بصری استفاده می شوند. در حالی که ردیاب‌های چشم داده‌های کمی ارزشمند را جمع‌آوری می کنند، نتایج اغلب به صورت کیفی توصیف می شوند، زیرا مدلی وجود ندارد که مسیرهای نگاه تولید شده توسط محرک را تفسیر کند. بسیاری از مطالعات رفتار بصری به منظور مدل سازی از طریق هوش مصنوعی مورد تحلیل قرار گرفته اند. از مهم ترین رویکردهای طبقه بندی کننده داده‌های بصری می توان به شبکه عصبی پرسپترون چند لایه^۶، شبکه عصبی بازگشتی حافظه کوتاه مدت^۷ و جنگل تصادفی^۸ اشاره کرد (۷۰).

تکنیک‌های یادگیری ماشین به عنوان راه حل‌های بالقوه برای تجزیه و تحلیل رفتار بصری فوق الذکر که به طور سنتی با بازرسی بصری بررسی می شوند، پدیدار شده اند. شناسایی الگوها در داده‌های رفتار بصری در تشخیص وظایف بر اساس حرکات چشم بسیار محبوب هستند. در ابتدا مطالعات پژوهشگران جهت طبقه بندی داده‌های بصری دارای دقت لازم نبود، در ادامه داده‌های بصری از طریق مدل‌های مخفی مارکوف بهینگی متوسطی را پیدا کرد. پژوهشگران با سه نوع مدل رگرسیون مختلف مدل سازی رفتار بصری را ارزیابی کردند و با یکی از آن‌ها، یعنی طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان، نرخ موفقیت طبقه بندی ۸۸ درصد را به دست آوردند (۷۱)، امروزه داده‌های بصری با تکنیک‌های یادگیری ماشین مخصوصاً شبکه‌های عصبی مصنوعی به مدل‌های با دقت بالا رسیده است (۷۰). لذا ما به دنبال طراحی یک مدل از طریق تکنیک یادگیری ماشین هستیم تا بتوانیم بر مبنای این الگو رفتار مصرف کنندگان را پیش بینی کنیم، شناسایی فیچرهای موثر و محدود کردن جامعه آماری و در نهایت طراحی دقیق شبکه عصبی می تواند تاثیر گذار باشد.

مواد و روش‌ها

روش از نوع اکتشافی-آزمایشگاهی و همچنین توصیفی-پیمایشی می باشد، در این پژوهش نوع ردیاب چشم بصورت صحنه می باشد (تصویر ۱) به نحوی که حتی از مودنی متوجه کنترل چشم نمی شود و هیچگونه مانعی نیز وجود ندارد. پژوهشگران در انتخاب این نوع از ردیاب چشم به دلیل استاندارد بالا بسیار تاکید نموده اند.



تصویر ۱- ردیاب چشم صحنه، که این ابزار از طریق نور مادون قرمز بر مبنای کنترل بازتاب قرنیه و مردمک، هر دو چشم را ردیابی می کند که در پژوهش حاضر برای بررسی تاثیر محرکها بر روی رفتار بصری استفاده شده است، ردیاب چشم، زیر صفحه نمایش که محرک را پخش می کند قرار گرفته و همزمان چشم‌ها را ردیابی می کند.

دقت و صحت ردیاب چشم صحنه Gazepoint دارای درجه ۰/۵ و دارای رویکرد ۹ نقطه‌ای در کالیبراسیون

^۲ Saccade

^۳ Blink

^۴ Fovea

^۵ Precorneal

^۶ Multilayer perceptron neural network (MLP)

^۷ Long short-term memory recurrent neural network (LSTM)

^۸ Random Forest

تسک قبلی فقط برچسب‌های عدم انتخاب را شامل می‌شود. برای مثال آزمودنی که تصویر دو را انتخاب کرده، برچسب‌های عدم انتخاب می‌شوند، داده‌های بصری مربوط به تصویر اول و سوم و برچسب‌های انتخاب داده‌های بصری تصویر دوم می‌باشد.

برای توضیح بیشتر تسک اول و دوم، آزمودنی‌ها هر سه تصویر را مشاهده کرده‌اند و داده‌های بصری آن‌ها ثبت شده است برچسب‌ها برای هر سه محصول نیز ثبت گردیده است، در این تسک ما به دنبال این هستیم که آیا مجموع انتخاب‌ها بدون توجه به محصول می‌تواند از یک الگو پیروی کند به‌عنوان مثال داده‌های بصری برچسب انتخاب کیف سمت چپ با داده‌های بصری برچسب انتخاب دو کیف دیگر قابل مدل‌سازی هستند؟

تسک شماره سه شامل داده‌های بصری با برچسب انتخاب مربوط به آزمودنی‌هایی است که تصویر اول را انتخاب نموده‌اند، تسک شماره چهار همانند تسک قبلی، فقط برچسب عدم انتخاب را شامل می‌شود.

در تسک‌های سوم و چهارم فقط به داده‌های ثبت شده تصویر اول پرداخته می‌شود برخلاف تسک‌های اول و دوم، برای مثال برچسب انتخاب رفتار بصری ۳۰ آزمودنی برای تصویر اول مدنظر است.

تسک‌های پنجم و ششم برای تصویر دو و تسک‌های هفتم و هشتم برای تصویر سه همانند تسک سوم و چهارم لحاظ گردیده است.

تصویر شماره ۳ نتایج نقشه حرارتی، فیکسیشن و ساکاد هر سه تصویر را نشان می‌دهد. در نقشه دایره‌ها روی محصول نشان دهنده فیکسیشن و رنگ آن بیانگر آزمودنی و اندازه آن میلی ثانیه را نشان می‌دهد، نقشه حرارتی نیز کانون توجه را با رنگ قرمز نمایان می‌کند.

می‌باشد، نرم‌افزار ثبت داده‌ها با Gazepoint Analysis Professional v6.11.0 انجام شده است. جامعه آماری را ۳۰ نفر زن تشکیل داده‌اند. تسک آزمایش، انتخاب و یا عدم انتخاب سه تصویر با طرح‌های مختلف از یک برند کیف با مواد الیاف طبیعی بوده (تصویر ۲)، که آزمودنی پس از دیدن تصاویر مجاز به انتخاب/انتخاب‌ها و یا عدم انتخاب/عدم انتخاب‌ها می‌باشد. آزمایش به این ترتیب می‌باشد که آزمودنی روی صندلی رو به صفحه نمایش نشسته و پس از تنظیمات زاویه دید و شناسایی مردمک چشم توسط ردیاب، عملیات کالیراسیون صورت می‌گیرد و آزمودنی بدون حرکت سر می‌بایست به نقطه‌ای که به شکل سیل نمایش داده می‌شود توجه کند، بعد از عملیات کالیراسیون دقت آن کنترل می‌شود صورتی که مسئول آزمایشگاه هر نقطه‌ای در مختصات صفحه نمایش را نشان داد آزمودنی باید با چشم خود به آن نقطه که یک سیل است تمرکز کند در صورتی که توجه اعمالی داخل سیل بود کالیراسیون تایید است، پس از این مرحله آزمایش شروع می‌شود و هر تصویر جداگانه برای ۷ ثانیه نمایش داده می‌شود و در طول این زمان داده‌های چشم ثبت می‌گردد و در پایان برای برچسب گذاری از آزمودنی پرسیده می‌شود که کدام طرح‌ها را برای خرید انتخاب کرده است. تعیین ۷ ثانیه بر اساس آزمایش پوشش عناصر تصویر صورت گرفته است به نحوی که آزمودنی چقدر زمان نیاز دارد تا کلیه عناصر محرک را تماشا کند که البته وجود بازدید مجدد^۹ برای کلیه آزمودنی‌ها این زمان را تایید می‌کند.

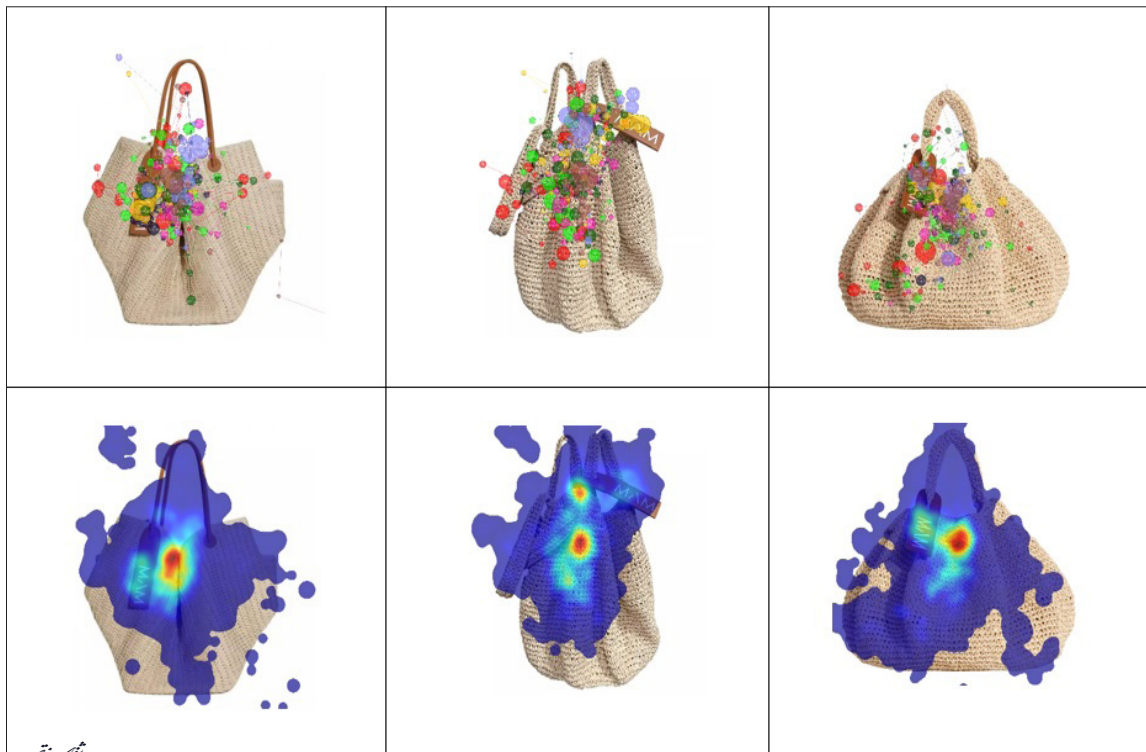
تسک‌ها

تسک شماره یک مربوط می‌شود به برچسب انتخاب از هر سه تصویر، داده‌های آزمودنی‌هایی که بدون توجه به تصویر فقط انتخاب کرده‌اند، تسک شماره دو همانند



تصویر ۲- تصاویر طرح‌های برند کیف (طرح‌های مربوطه جهت کارکرد محرک بکار گرفته شده است که هر سه طرح برای یک برند بوده و همسانی کامل را برای آزمایش دارد، به واسطه این طرح‌ها ما رفتار بصری را از ردیاب چشم استخراج می‌کنیم).

⁹ Revisit



تصویر ۳- نقشه حرارتی و فیکسیشن و ساکاد، داده‌های پردازش شده تصویر برای محرک‌هایی که ردیابی چشم بر روی آنها صورت گرفته و شاخص‌های فضایی را نمایان کرده است را نشان می‌دهد، نقاط توجه، مسیرهای بصری، بزرگی توجه و همچنین کانون توجه در نقشه حرارتی از شاخص‌های فضایی مطرح در تصویر می‌باشد.

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه

شبکه عصبی پرسپترون چندلایه MLP یکی از ساده‌ترین شبکه‌های عصبی است، زیرا از لایه‌های کاملاً متصل نورون‌ها و توابع غیرخطی مربوطه آنها ساخته شده است. MLP دنباله‌ای را به عنوان ورودی می‌گیرد و برای یادگیری احتمال تعلق آن به یک کلاس آموزش داده صورت می‌دهد. در پژوهش حاضر ما بر اساس قابلیت ردیاب چشم و مطالعات گذشته شاخص‌های نقاط جذاب و رابط برنامه نویسی کاربردی (مطابق جدول ۱)، در مجموع ۸ ورودی را داریم.

دو مرحله لایه‌های پنهان شامل ۱۶ و ۳۲ و در نهایت دو لایه خروجی شامل انتخاب و عدم انتخاب می‌باشد که در تصویر ۴ نشان داده شده است. تمام اسکریپت‌ها

پیش پردازش داده‌ها

در این پژوهش با توجه به نرخ نمونه برداری ۱۲۰ هرتز برای ۳۰ نفر و ۳ تصویر و هر تصویر ۷ ثانیه داده‌های بزرگی ایجاد شده است که به همین منظور ماهیت داده‌ها و الگوهای گذشته، بررسی یکپارچگی داده‌ها^{۱۰} و طبیعی‌سازی داده‌ها به روش طبیعی‌سازی مینیمم ماکزیمم^{۱۱} انجام گردیده است. یکپارچگی داده‌ها با توجه به کلیه فیچرها برای هر آزمودنی کنترل شد و داده‌های بیشتر و نامتعارف در نقاط توجه خارج از محرک حذف گردید، کلیه داده‌های هر فیچر برای تسهیل در یادگیری ماشین از طریق فرمول ذیل طبیعی‌سازی شد:

$$Z = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

که در فرمول، x داده‌ای است که طبیعی می‌شود.

جدول ۱- فیچرهای مربوط به ردیابی چشم

ردیف	نقاط جذاب (AOI)	ردیف	رابط برنامه نویسی کاربردی (API)
۱	زمان اولین نگاه	۷	بهترین نقطه زل زدن در جهت عمودی
۲	زمان مشاهده شده	۸	بهترین نقطه زل زدن در جهت افقی
۳	تعداد فیکسیشن		
۴	بازدید مجدد		
۵	متوسط اندازه مردمک چشم چپ		
۶	متوسط اندازه مردمک چشم راست		

¹⁰ Data Integrity

¹¹ Min Max Normalization

۷۶/۹ و شاخص کاپا ۰/۵۳ را نشان می‌دهد، و در نهایت برای تسک‌های شماره هفتم و هشتم دقت ۷۳ درصد و شاخص کاپا ۰/۴۶ است. با توجه به جدول تفسیر کاپا برای تسک اول و دوم که در طیف $0/21 \leq K \leq 0/40$ قرار دارد نتیجه متوسط رو به پایین را نشان می‌دهد و برای بقیه تسک‌ها با توجه به طیف $0/41 \leq K \leq 0/60$ نتیجه متوسط رو به بالا حاصل شده است، البته معیار کاپا برای ارزیابی طبقه‌بندی‌های چندکلاسه، کاربرد دارد ولی با توجه به دو کلاسه بودن پژوهش حاضر که به‌عنوان خروجی الگوریتم، انتخاب و عدم انتخاب را شامل می‌شود، به همین منظور از معیار پوشش^{۱۴} نیز استفاده می‌کنیم:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

TP= True Positive

FN= False Negative

شاخص پوشش برای تسک اول و دوم ۶۶ درصد، تسک سوم و چهارم ۶۸ درصد، تسک پنجم و ششم ۷۵ درصد و در نهایت تسک هفتم و هشتم ۷۸ درصد بدست آمده است، که در سطح خوبی می‌باشد ($0/60 \leq R \leq 0/80$).

و توابع مورد استفاده برای پردازش داده‌ها در پایتون نسخه ۳،۷،۵، با استفاده از Scikit-learn، Pandas v0.25.3 و SciPy نسخه ۱،۳،۱ پیاده‌سازی شده‌اند.

یافته‌ها

نتایج صحت و دقت از طریق ماتریس درهم ریختگی^{۱۲} و شاخص کاپا^{۱۳} به شرح فرمول ذیل محاسبه گردیده:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}$$

N = Total number of samples

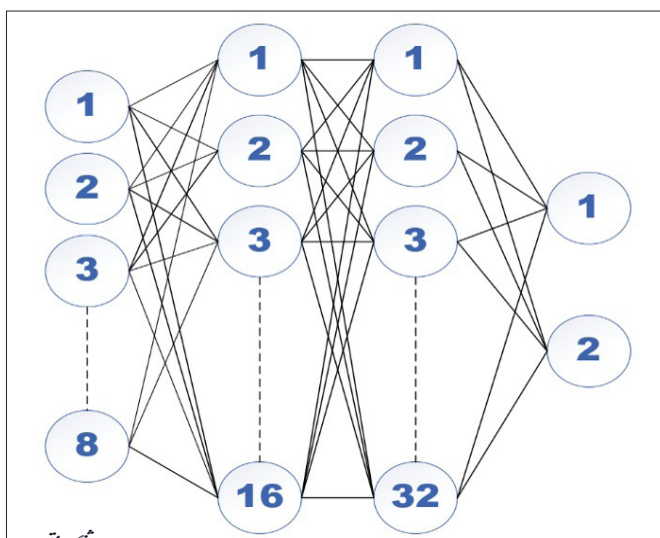
r = Number of classes

x_{ii} = Diagonal values in the matrix

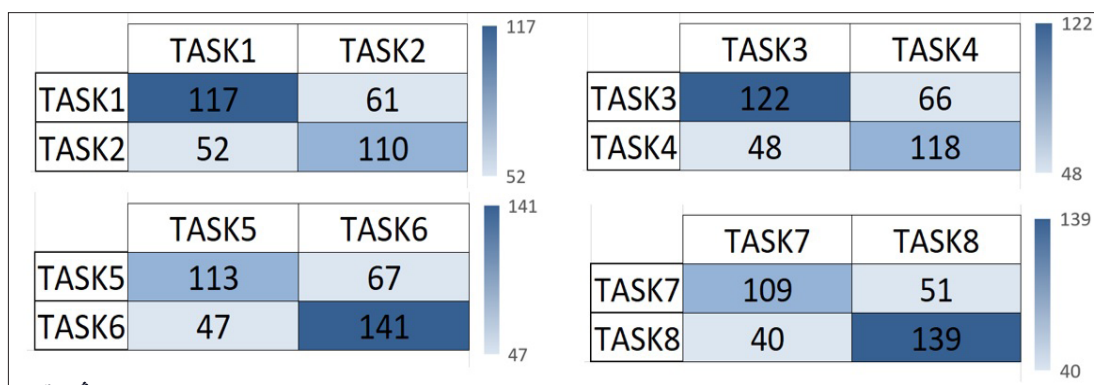
x_{i+} = Total samples in Row i

x_{+i} = Total samples Column i

برای تسک اول و دوم مطابق تصویر ۵، دقت ۶۶/۸ درصد حاصل شده است و شاخص کاپا ۰/۳۴ می‌باشد برای تسک شماره سوم و چهارم شاخص کاپا ۰/۳۵ و دقت ۶۷/۸ را نشان داده است، برای تسک‌های شماره پنجم و ششم وضعیت دقت بالاتر رفته است، بطوری که دقت



تصویر ۴- شبکه عصبی پرسپترون چندلایه که با ۸ لایه ورودی نقاط جذاب و رابط برنامه نویسی کاربردی شروع شده است و در دو لایه پنهان ۱۶ و ۳۲ وزن دهی انجام شده و در نهایت با دو لایه خروجی انتخاب و عدم انتخاب پایان یافته است.



تصویر ۵- ماتریس درهم ریختگی برای کلیه تسک‌ها بر اساس نرخ نمونه برداری ردیاب چشم برای آزمایش کلاسه بندی انتخاب و عدم انتخاب شکل گرفته است که طیف رنگ تیره تا روشن بیانگر دقت زیاد تا کم است، سطرهای عمودی ماتریس، برچسب‌های واقعی بوده و سطرهای افقی، پیش‌بینی MLP را نشان می‌دهد.

¹² Confusion matrix

¹³ KAPPA

¹⁴ Recall

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با توجه به هدف اصلی که یک مدل‌سازی را مطرح کرده است، توانسته یک الگوی قابل قبولی را از بعد ناخودآگاه مصرف‌کنندگان ارائه نماید، که به واسطه آن می‌توان تصمیم‌گیری مصرف‌کنندگان را پیشگویی کرد و تصدیقی پیشرفته را در اختیار طراحان محصول قرار داد. داده‌های بصری در ظاهر اطلاعات بیومتریکی را نشان می‌دهند ولی این داده‌ها که رفتار بصری را شکل می‌دهند بیانگر ادراک بصری، نگرش بصری و کلیه عوامل درونی مصرف‌کننده را شامل می‌شود که برای پژوهش در آن نیاز به مطالعات نورومتریکی است.

الگوریتم‌های یادگیری ماشین امروزه در مدل‌سازی، پیشرفت‌های چشمگیری را داشته‌اند، کاستیلا و همکاران پس از مروری بر روش‌های مدل‌سازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی را در کنار دیگر الگوریتم‌ها در قالب مقایسه مطرح کرده‌اند و نتایج آنها نشان داد که شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه کارایی بالایی را برای طبقه‌بندی و مدل‌سازی دارد، لازم به ذکر است پژوهشگران در مرور خود پژوهش قابل‌اتکایی را در خصوص مدل‌سازی رفتار بصری ارائه نداده‌اند، که این موضوع صحنه‌ای بر بدیع بودن پژوهش حاضر است (۷۰).

برای بررسی پژوهش و مقایسه آن با سایر مطالعات به دلیل محدود بودن مدل‌ها به تسک‌های بالینی، به طور کلی تطابق و همسویی بررسی شده است. کاربردهای بالینی در کنار رفتارسنجی حتی از اهمیت بالاتری برخوردار است، در پژوهش ریزو همکاران (۷۱) حرکات چشم، نشانگر بار توجه فردی تلقی شده، که برای مهار تداخل شناختی لازم است، یافته‌های آنها با توجه به تسک طراحی شده آزمایش استروپ^{۱۵} برای طبقه‌بندی توانست از طریق شبکه‌های عصبی افرادی که تداخل شناختی دارند را با افراد سالم تفکیک کند، با توجه به اینکه فیچرهای مطرح شده پژوهشگران بیشتر بر روی ساکادها تمرکز کرده بود ولی نتایج شبکه‌های عصبی در مقایسه با دیگر روش‌های یادگیری ماشین امتیاز کمتری را نشان می‌داد که در پژوهش حاضر می‌توان به اهمیت فیچرهای نقاط جذاب تاکید کرد، ولی در مجموع نتایج مدل‌سازی با مطالعه صورت گرفته کاملاً همسو می‌باشد (۷۱). در پژوهش اکثر و همکاران نیز مدل یادگیری ماشینی برای پیش‌بینی اوتیسم با بررسی مجموعه داده‌های ردیابی چشم از طریق الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه صورت گرفت که بالاترین دقت را در شناسایی شروع اولیه اوتیسم داشته است، برخلاف این پژوهش، اکثر و همکاران یک مدل محرک را ارائه داده‌اند که در مقایسه با تسک‌های ۳ تا ۸ می‌توان نتیجه گرفت که مدل‌سازی متوسط رو به بالا خواهیم داشت که با تولید داده‌های بیشتر به واسطه جامعه آماری دقت مدل بالاتر خواهد رفت و

همسویی کامل را با پژوهش حاضر نشان می‌دهد (۷۲).

جره و همکاران به اهمیت کشف پیش‌بینی انتخاب مصرف‌کنندگان با استفاده از رفتار بصری پرداخته‌اند. آنها اعتقاد دارند که اولین اقدام قبل از تصمیم‌گیری، تماس بصری با محرک است (۶۹). آنها از طریق الگوریتم درخت تصمیم‌گیری توانستند یک مدل‌سازی خوب انجام دهند با توجه به استفاده از فیچرهای نفاط جذاب می‌توان به تطابق و اهمیت شاخص‌های مدل‌سازی با پژوهش صورت گرفته اشاره کرد. زمبلیز و همکاران در پژوهش خود جهت دسته‌بندی جامعه از طریق داده‌های بصری به منظور مدل‌سازی، در نتایج خود به این مهم دست یافته‌اند که تکنیک‌های یادگیری ماشینی منجر به تشخیص برتر می‌شود، الگوریتم مورد استفاده جنگل تصادفی بوده است ولی شبکه‌های عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه نیز نتایج برتری را نشان داده است، دقت مطالعه با شبکه‌های عصبی با پژوهش حاضر کاملاً همسو بوده است. چریستانیا و همکاران از طریق مطالعات ردیابی چشم برای تشخیص پارکینسون با بکارگیری یادگیری ماشین به دقت بسیار پایینی رسیده‌اند و تاکید بر شناسایی فیچرهای موثر و داده‌های بزرگ داشته‌اند که تاییدی بر دستاوردهای این پژوهش می‌باشد (۷۳-۷۴).

در مطالعه حاضر استفاده از فیکسیشن‌ها (شاخص‌های عددی و شمارشی) در اولویت بوده که در صورت استفاده از فیچرهای دیگر از نوع ساکادها می‌توان به دقت بالاتری رسید. با جامعه آماری موجود، رفتار بصری کلی دقت کمی را نداشته است، ولی در خصوص گروه‌های آزمودنی‌ها نسبت به تسک‌های تک تصویری دقت و قابلیت مدل‌سازی بیشتر نمایان شد، لذا با افزایش داده‌ها به سطح طبیعی می‌توان به مدل‌سازی رفتار بصری کلی امیدوار بود. اطلاعات مسیرهایی که توسط ساکاد ایجاد شده می‌بایست دز تحقیقات بیشتر واکاوی شود، مختصات این مسیره می‌تواند بیشتر رفتار بصری را به مدل‌سازی نزدیک نماید. برای این منظور نیاز به ابزار با نرخ نمونه برداری بالاتر و تعداد نمونه بیشتر می‌باشد.

رفتار بصری مصرف‌کننده به دلیل ماهیت گردآوری داده و همچنین دقت و بررسی ناخودآگاه می‌تواند شناخت با کیفیتی را از مصرف‌کننده ارائه نماید. با توجه به ابزار پر قدرت ردیاب چشم و تولید داده‌های با نرخ نمونه برداری بالا، استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های تحلیل داده اجتناب ناپذیر می‌باشد. پیش‌بینی انتخاب مصرف‌کننده و یا عدم انتخاب، یک رویکرد پیشگیرانه را در اختیار پژوهشگران علوم رفتاری و متخصصین طراحی محصول می‌گذارد. در علوم رفتاری انتخاب بر اساس نوع تصویر می‌تواند بیانگر رفتار بصری خاصی باشد که قبلاً از طریق جمع‌آوری داده بصری استاندارد گردیده

¹⁵ Stroop test

بصری تابعی از فرهنگ، جایگاه اجتماعی، جنسیت و سن می‌باشد، لذا انتخاب درست آزمودنی، داده‌های بصری همسان‌تری را در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد.

است و همچنین الگوی انتخاب بدست آمده از مطالعات رفتار بصری می‌تواند خطوط و چارچوب‌های یک طرح با ویژگی انتخاب را مطرح نماید. با توجه به اینکه رفتار

منابع

- MacInnis DJ, Folkes VS. The disciplinary status of consumer behavior: A sociology of science perspective on key controversies. *Journal of consumer research*. 2010 Apr;36(6):899-914.
- Trudel R. Sustainable consumer behavior. *Consumer psychology review*. 2019 Jan;2(1):85-96.
- Arndt J. Paradigms in consumer research: a review of perspectives and approaches. *European Journal of Marketing*. 1986 Aug 1;20(8):23-40.
- Battalio RC, Fisher Jr EB, Kagel JH, Basmann RL, Winkler RC, Krasner L. An experimental investigation of consumer behavior in a controlled environment. *Journal of Consumer Research*. 1974 Sep 1;1(2):52-60.
- Belk RW, Scott L, Askegaard S, editors. *Research in consumer behavior*. Emerald Group Publishing; 2012 Dec 20.
- Hameed A, Waqas A, Aslam MN, Bilal M, Umair M. Impact of TV advertisement on children buying behavior. *International journal of humanities and social science*. 2014 Jan 4;4(2):246-61.
- Mothersbaugh DL, Hawkins DI. *Consumer behavior: Building marketing strategy*. McGraw-Hill; 2016.
- Howard JA, Sheth JN. *The theory of buyer behavior*. New-York, John Wiley & Sons. 1969.
- Robertson TS, Kassarian HH. *Handbook of consumer behavior*. (No Title). 1991.
- Solomon MR. *Consumer behavior: Buying, having, and being*. Pearson; 2020.
- Williams BC, Plouffe CR. Assessing the evolution of sales knowledge: A 20-year content analysis. *Industrial Marketing Management*. 2007 May 1;36(4):408-19.
- Gajjar NB. Factors affecting consumer behavior. *International Journal of Research in Humanities and Social Sciences*. 2013 Apr;1(2):10-5.
- Hoyer WD, Stokburger-Sauer NE. The role of aesthetic taste in consumer behavior. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2012 Jan; 40: 167-80.
- Moschis GP. Life course perspectives on consumer behavior. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2007 Jun; 35: 295-307.
- Cohen JB. Attitude, affect, and consumer behavior. *Affect and social behavior*. 1990 Mar 30:152-206.
- Olson JC. *Consumer Behavior and Marketing Strategy*. J. Paul Peter, Jerry C. Olson. McGraw-hill; 2005.
- Moschis GP. Stress and consumer behavior. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 2007 Sep; 35: 430-44.
- Engel JF, Kollat DT, Blackwell RD. *Consumer behaviour* 3rd ed. Holt, Rhinehart & Winston, New York, NY. 1978.
- Jisana TK. Consumer behaviour models: an overview. *Sai Om Journal of Commerce & Management*. 2014 May;1(5):34-43.
- Brown A, Deaton A. Surveys in applied economics: models of consumer behaviour. *The Economic Journal*. 1972 Dec 1;82(328):1145-236.
- Gabbott M, Hogg G. Consumer behaviour and services: a review. *Journal of marketing management*. 1994 May 1;10(4):311-24.
- Hubert M, Kenning P. A current overview of consumer neuroscience. *Journal of Consumer Behaviour: An International Research Review*. 2008 Jul;7(4-5):272-92.
- Plassmann H, Venkatraman V, Huettel S, Yoon C. Consumer neuroscience: applications, challenges, and possible solutions. *Journal of marketing research*. 2015 Aug;52(4):427-35.
- Smidts A, Hsu M, Sanfey AG, Boksem MA, Ebstein RB, Huettel SA, Kable JW, Karmarkar UR, Kitayama S, Knutson B, Liberzon I. Advancing consumer neuroscience. *Marketing Letters*. 2014 Sep; 25: 257-67.
- Kenning P, Hubert M, Linzmayer M. *Consumer neuroscience. Ein transdisziplinäres Lehrbuch*. 2014;1.
- Javor A, Koller M, Lee N, Chamberlain L, Ransmayr G. Neuromarketing and consumer neuroscience: contributions to neurology. *BMC neurology*. 2013 Dec; 13: 1-2.
- Peighambari K, Sattari S, Kordestani A, Oghazi P. *Consumer behavior research: A synthesis of the recent literature*. Sage Open. 2016 Apr 20;6(2):2158244016645638.
- Gbadamosi A. *Consumer Behaviour and Digital Transformation*. Taylor & Francis; 2024 Mar 11.
- Ruvio A, Iacobucci D. *Consumer*

- Behavior. John Wiley & Sons; 2023 Feb 1.
30. Krishna A. An integrative review of sensory marketing: Engaging the senses to affect perception, judgment and behavior. *Journal of consumer psychology*. 2012 Jul 1;22(3):332-51.
31. Krishna A, Schwarz N. Sensory marketing, embodiment, and grounded cognition: A review and introduction. *Journal of consumer psychology*. 2014 Apr 1;24(2):159-68.
32. Petit O, Velasco C, Spence C. Digital sensory marketing: Integrating new technologies into multisensory online experience. *Journal of Interactive Marketing*. 2019 Feb;45(1):42-61.
33. Wedel M, Pieters R. Eye tracking for visual marketing. *Foundations and Trends® in Marketing*. 2008 Aug 18;1(4):231-320.
34. Haber RN, Hershenson M. The psychology of visual perception. Holt, Rinehart & Winston; 1973.
35. Shepherd SV. Following gaze: gaze-following behavior as a window into social cognition. *Frontiers in integrative neuroscience*. 2010 Mar 19; 4: 5.
36. Ando S. Perception of gaze direction based on luminance ratio. *Perception*. 2004 Oct;33(10):1173-84.
37. Sarsam SM, Al-Samarraie H, Alzahrani AI. Influence of personality traits on users' viewing behaviour. *Journal of Information Science*. 2023 Feb;49(1):233-47.
38. Rauthmann JF, Seubert CT, Sachse P, Furtner MR. Eyes as windows to the soul: Gazing behavior is related to personality. *Journal of Research in Personality*. 2012 Apr 1;46(2):147-56.
39. Lupyan G, Rahman RA, Boroditsky L, Clark A. Effects of language on visual perception. *Trends in cognitive sciences*. 2020 Nov 1;24(11):930-44.
40. Gregory RL. Eye and brain: The psychology of seeing. Princeton university press; 2015 Feb 17.
41. Baron-Cohen S. Mindblindness: An essay on autism and theory of mind. MIT press; 1997 Jan 22.
42. Kleinke CL. Gaze and eye contact: a research review. *Psychological bulletin*. 1986 Jul;100(1):78.
43. Kobayashi H, Kohshima S. Unique morphology of the human eye. *Nature*. 1997 Jun 19;387(6635):767-8.
44. Uono S, Hietanen JK. Eye contact perception in the west and east: A cross-cultural study. *Plos one*. 2015 Feb 25;10(2): e0118094.
45. Poole A, Ball LJ. Eye tracking in HCI and usability research. In *Encyclopedia of human computer interaction* 2006 (pp. 211-219). IGI global.
46. Ahsan Z, Obaidallah U. Visual behavior on problem comprehension among novice programmers with prior knowledge. *Procedia Computer Science*. 2021 Jan 1; 192: 2347-54.
47. Lai ML, Tsai MJ, Yang FY, Hsu CY, Liu TC, Lee SW, Lee MH, Chiou GL, Liang JC, Tsai CC. A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational research review*. 2013 Dec 1; 10: 90-115.
48. Hsu CY, Chiou GL, Tsai MJ. Visual behavior and self-efficacy of game playing: An eye movement analysis. *Interactive Learning Environments*. 2019 Oct 3;27(7):942-52.
49. Al-Moteri MO, Symmons M, Plummer V, Cooper S. Eye tracking to investigate cue processing in medical decision-making: A scoping review. *Computers in Human Behavior*. 2017 Jan 1; 66: 52-66.
50. Lin JJ, Lin SS. Integrating eye trackers with handwriting tablets to discover difficulties of solving geometry problems. *British Journal of Educational Technology*. 2018 Jan;49(1):17-29.
51. Wang HS, Chen YT, Lin CH. The learning benefits of using eye trackers to enhance the geospatial abilities of elementary school students. *British Journal of Educational Technology*. 2014 Mar;45(2):340-55.
52. Just MA, Carpenter PA. A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological review*. 1980 Jul;87(4):329.
53. Rayner K. The 35th Sir Frederick Bartlett Lecture: Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *Quarterly journal of experimental psychology*. 2009 Aug;62(8):1457-506.
54. Holmqvist K, Nyström M, Andersson R, Dewhurst R, Jarodzka H, VandeWeijer J. *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. oup Oxford; 2011 Sep 22.
55. Ariasi N, Mason L. Uncovering the effect of text structure in learning from a science text: An eye-tracking study. *Instructional science*. 2011 Sep; 39: 581-601.
56. Kok EM, Jarodzka H. Before your very eyes: The value and limitations of eye tracking in medical education. *Medical education*. 2017 Jan;51(1):114-22.
57. Duchowski AT, Duchowski AT. *Eye tracking methodology: Theory and practice*. Springer; 2017.
58. Manor BR, Gordon E. Defining the temporal threshold for ocular fixation in free-viewing visuocognitive tasks. *Journal of neuroscience methods*. 2003 Sep 30;128(1-2):85-93.

59. Forrester JV, Dick AD, McMenamin P, Roberts F, Pearlman E. The eye. Elsevier; 2021.
60. Portello JK, Rosenfield M, Chu CA. Blink rate, incomplete blinks and computer vision syndrome. *Optometry and vision science*. 2013 May 1;90(5):482-7.
61. Hirokawa K, Yagi A, Miyata Y. Comparison of blinking behavior during listening to and speaking in Japanese and English. *Perceptual and motor skills*. 2004 Apr;98(2):463-72.
62. Karson CN, Berman KF, Donnelly EF, Mendelson WB, Kleinman JE, Wyatt RJ. Speaking, thinking, and blinking. *Psychiatry research*. 1981 Dec 1;5(3):243-6.
63. Rayner K. Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological bulletin*. 1998 Nov;124(3):372.
64. Chen Z, Song W. Factors affecting human visual behavior and preference for sneakers: an eye-tracking study. *Frontiers in Psychology*. 2022 Jun 13; 13: 914321.
65. Milosavljevic M, Cerf M. First attention then intention: Insights from computational neuroscience of vision. *International Journal of advertising*. 2008 Jan 1;27(3):381-98.
66. Wright AA, Lynch Jr JG. Communication effects of advertising versus direct experience when both search and experience attributes are present. *Journal of consumer research*. 1995 Mar 1;21(4):708-18.
67. Grolleau G, Caswell JA. Giving Credence to Environmental Labeling of Agro-Food Products: using search and experience attributes as an imperfect indicator of credibility. In *Ecolabels and the Greening of the Food Market*. Proceedings of a Conference 2002 Nov 7 (pp. 121-130).
68. Overmars S, Poels K. Online product experiences: The effect of simulating stroking gestures on product understanding and the critical role of user control. *Computers in Human Behavior*. 2015 Oct 1; 51: 272-84.
69. Gere A, Héberger K, Kovács S. How to predict choice using eye-movements data?. *Food Research International*. 2021 May 1; 143: 110309.
70. Castilla D, Del Tejo Catalá O, Pons P, Signol F, Rey B, Suso-Ribera C, Perez-Cortes JC. Improving the understanding of web user behaviors through machine learning analysis of eye-tracking data. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. 2023 Jul 31:1-30.
71. Rizzo A, Ermini S, Zanca D, Bernabini D, Rossi A. A machine learning approach for detecting cognitive interference based on eye-tracking data. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2022 Apr 29; 16: 806330.
72. Akter T, Ali MH, Khan MI, Satu MS, Moni MA. Machine learning model to predict autism investigating eye-tracking dataset. In *2021 2nd International conference on robotics, electrical and signal processing techniques (ICREST)* 2021 Jan 5 (pp. 383-387). IEEE.
73. Zemblys R, Niehorster DC, Komogortsev O, Holmqvist K. Using machine learning to detect events in eye-tracking data. *Behavior research methods*. 2018 Feb; 50: 160-81.
74. Antoniadou CA, Sperling M. Eye movements in Parkinson's disease: from neurophysiological mechanisms to diagnostic tools. *Trends in Neurosciences*. 2023 Dec 1.