Journal of Business Management

Print ISSN: 2008-5907
Online ISSN: 2423-5091

Evaluating User Interface Efficiency by Integrating Eye-Tracking and Network Data Envelopment Analysis

Zahra Hakimpour *
*Corresponding Author, PhD Candidate, Department of Business Management, Alborz Campus, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: hakimpoury@gmail.com

Mohammad Rahim Esfidani
Associate Prof., Department of Business Management, Faculty of Business Management, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: esfidani@ut.ac.ir

Masoud Keimasi
Assistant Prof., Department of Business Management, Faculty of Business Management, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: keimasi@ut.ac.ir

Jalil Heidary Dahooie
Associate Prof., Department of Industrial Management, Faculty of Industrial Management and Technology, College of Management, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: heidaryd@ut.ac.ir

Abstract

Objective

This study aims to develop a novel methodology for evaluating the efficiency of user interface (UI) pages in the digital advertising industry. By integrating the strengths of different data envelopment analysis (DEA) models with users' neural response data, the study seeks to develop a model that can evaluate both the overall efficiency of a UI and the relative efficiency of its individual components within a short computational cycle. The proposed approach is intended to provide website owners and decision-makers with practical information for optimizing UI design, particularly advertising areas, and improving return on investment (ROI).

Citation: Hakimpour, Zahra; Esfidani, Mohammad Rahim; Keimasi, Masoud & Heidary Dahooie, Jalil (2026). Evaluating User Interface Efficiency by Integrating Eye-Tracking and Network Data Envelopment Analysis. *Journal of Business Management,* 18(3), 1116-1136. https://doi.org/10.22059/jibm.2025.389112.4913 (*in Persian*)

Journal of Business Management, 2026, Vol. 18, No.3, pp. 1116-1136
Published by University of Tehran, College of Management
https://doi.org/10.22059/jibm.2025.389112.4913
Article Type: Research Paper
© Authors
Received: January 21, 2025
Revised: April 27, 2025
Accepted: June 06, 2025
Published online: September 06, 2026

Methodology

This applied study was conducted using a case-study approach. The statistical population consisted of users interacting with a specific set of website UIs. Participants were selected using a non-probability random sampling approach, and data were collected by observing users' eye-pupil and gaze responses while they interacted with the UIs in a realistic environment. Given the importance of visual perception in UI interaction, eye-tracking data were incorporated into the efficiency evaluation framework. The validity of the selected indicators and criteria was assessed through face validity and consultation with relevant experts and specialists. Network data envelopment analysis (NDEA) was then employed to construct and evaluate the proposed efficiency models. The models were implemented and tested using LINGO version 17.

Findings

The results demonstrate that integrating eye-tracking data with commercial and UI-related indicators provides a comprehensive framework for evaluating UI efficiency. The proposed NDEA-based model enables the assessment of overall UI efficiency while also distinguishing the relative efficiency of specific components, including the header, main content area, advertising sections, and unrelated or empty spaces. The model further incorporates desirable and undesirable inputs and outputs, thereby providing a more comprehensive representation of UI performance. The results indicate that identifying inefficiencies at the component level can provide decision-makers with more specific and actionable information for improving UI design and the effectiveness of digital advertising.

Conclusion

The proposed methodology provides a systematic framework for evaluating and improving website UI efficiency, particularly in the context of digital advertising. By combining eye-tracking information with non-parametric efficiency analysis, the model can help website owners identify inefficient UI components and develop targeted improvement strategies. The findings highlight the importance of optimizing advertising-related UI elements in response to the growing role of digital and social media marketing. Overall, the proposed approach provides a practical basis for benchmarking UI performance against competitors and supporting data-driven decisions aimed at improving advertising effectiveness and ROI.

Keywords: Neuromarketing, Eye-tracking, Network data envelopment analysis, User interface efficiency.

مدیریت بازرگانی
شاپا چاپی: ۵۹۰۷-۲۰۰۸
شاپا الکترونیکی: ۵۰۹۱-۲۴۲۳

بررسی کارایی رابط‌های کاربری با تلفیق ردیابی حرکات چشمی و تحلیل پوششی دادهٔ شبکه‌ای

زهرا حکیم‌پور *
نویسندهٔ مسئول، دانشجوی دکتری، گروه مدیریت بازرگانی، پردیس البرز، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hakimpoury@gmail.com

محمدرحیم اسفیدانی
دانشیار، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکدهٔ مدیریت کسب‌وکار، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: esfidani@ut.ac.ir

مسعود کیماسی
استادیار، گروه مدیریت بازرگانی، دانشکدهٔ مدیریت کسب‌وکار، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: keimasi@ut.ac.ir

جلیل حیدری دهوئی
دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: heidaryd@ut.ac.ir

چکیده

هدف: این پژوهش با هدف توسعهٔ روشی نوین برای ارزیابی کارایی صفحات رابط کاربری (UI) در صنعت تبلیغات دیجیتال انجام شده است. در این رویکرد با تلفیق قابلیت‌های مدل‌های مختلف تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و داده‌های مربوط به پاسخ‌های عصبی کاربران، مدلی ارائه می‌شود که قادر است ضمن ارزیابی کارایی کلی رابط کاربری، کارایی نسبی اجزای مختلف آن را نیز در یک چرخهٔ محاسباتی کوتاه ارزیابی کند. رویکرد پیشنهادی با هدف ارائهٔ اطلاعات کاربردی به صاحبان وبسایت‌ها و تصمیم‌گیرندگان برای بهینه‌سازی طراحی رابط کاربری، به‌ویژه بخش‌های تبلیغاتی و افزایش بازده سرمایه‌گذاری (ROI) ارائه شده است.

روش: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، مبتنی بر مطالعه موردی است. جامعهٔ آماری آن کاربرانی بودند که با مجموعهٔ مشخصی از رابط‌های کاربری وبسایت تعامل داشتند. شرکت‌کنندگان با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی غیراحتمالی انتخاب شدند. داده‌ها از طریق مشاهدهٔ پاسخ‌های چشمی و مردمک چشم کاربران هنگام تعامل با رابط‌های کاربری در محیطی واقع‌گرایانه جمع‌آوری شد. با توجه به اهمیت ادراک بصری در تعامل کاربران با رابط کاربری، داده‌های ردیابی چشم در چارچوب

استناد: حکیم‌پور، زهرا؛ اسفیدانی، محمدرحیم؛ کیماسی، مسعود و حیدری دهوئی، جلیل (۱۴۰۵). بررسی کارایی رابط‌های کاربری با تلفیق ردیابی حرکات چشمی و تحلیل پوششی دادهٔ شبکه‌ای. *مدیریت بازرگانی*، ۱۸(۳)، ۱۱۱۶ – ۱۱۳۶.

مدیریت بازرگانی، ۱۴۰۵، دوره ۱۸، شماره ۳، صص. ۱۱۱۶– ۱۱۳۶
ناشر: دانشکدگان مدیریت، دانشگاه تهران
نوع مقاله: علمی پژوهشی
© نویسندگان
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۰۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵
doi: https://doi.org/10.22059/jibm.2025.389112.4913

ارزیابی کارایی به‌کار گرفته شد. روایی شاخص‌ها و معیارهای منتخب نیز از طریق روایی صوری و مشورت با خبرگان و متخصصان مرتبط بررسی شد. سپس، از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) برای طراحی و ارزیابی مدل‌های پیشنهادی کارایی استفاده شد. مدل‌ها با استفاده از نسخهٔ ۱۷ نرم‌افزار لینگو پیاده‌سازی و آزمون شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد که تلفیق داده‌های ردیابی چشم با شاخص‌های تجاری و مرتبط با رابط کاربری، چارچوبی جامع برای ارزیابی کارایی رابط‌های کاربری فراهم می‌کند. مدل پیشنهادی مبتنی بر NDEA امکان ارزیابی کارایی کلی رابط کاربری و همچنین تشخیص کارایی نسبی اجزای خاص آن، از جمله سربرگ، ناحیهٔ محتوای اصلی، بخش‌های تبلیغاتی و فضاهای نامرتبط یا خالی را فراهم می‌سازد. این مدل همچنین با در نظر گرفتن نهاده‌ها و ستانده‌های مطلوب و نامطلوب، تصویری جامع‌تر از عملکرد رابط کاربری ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که شناسایی ناکارایی در سطح اجزای رابط کاربری، می‌تواند اطلاعات دقیق‌تر و با قابلیت اقدام بیشتری را برای تصمیم‌گیرندگان به‌منظور بهبود طراحی رابط کاربری و اثربخشی تبلیغات دیجیتال فراهم کند.

نتیجه‌گیری: روش پیشنهادی، چارچوبی نظام‌مند برای ارزیابی و بهبود کارایی رابط کاربری وبسایت، به‌ویژه در حوزهٔ تبلیغات دیجیتال، فراهم می‌کند. تلفیق اطلاعات حاصل از ردیابی چشم با تحلیل کارایی ناپارامتریک، می‌تواند به صاحبان وبسایت‌ها در شناسایی اجزای ناکارآمد رابط کاربری و تدوین راهبردهای هدفمند برای بهبود آن‌ها کمک کند. یافته‌ها بر اهمیت بهینه‌سازی عناصر تبلیغاتی رابط کاربری، همگام با گسترش نقش بازاریابی دیجیتال و رسانه‌های اجتماعی، تأکید دارند. در مجموع، رویکرد پیشنهادی مبنایی کاربردی برای مقایسه و الگوبرداری از عملکرد رابط کاربری در برابر رقبا و پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های داده‌محور با هدف افزایش اثربخشی تبلیغات و بازده سرمایه‌گذاری (ROI) فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: بازاریابی عصبی، ردیابی حرکات چشم، تحلیل پوششی داده شبکه‌ای، کارایی رابط کاربری.

مقدمه

تکنولوژی‌های دیجیتال جدید، نحوهٔ ارتباط شرکت‌ها با مشتریان از طریق رسانه‌های دیجیتال را به‌شکل چشمگیری تغییر داده‌اند. در این عصر دیجیتال، آیندهٔ تبلیغات چه شکلی دارد؟ چگونه شرکت‌ها و سازمان‌ها می‌توانند بازگشت سرمایهٔ خود را به حداکثر برسانند؟ (لی و چو[1]، ۲۰۱۹). تأثیرگذاری تبلیغات، خود دامنهٔ وسیعی از معانی را نیز به خود جذب کرده است که یکی از آن‌ها، بازگشت سرمایهٔ (ROI)[2] تبلیغات است. سرمایه‌گذاران در این حوزه، همواره برای بازگشت سرمایهٔ خود از تبلیغات نگران هستند. با توسعهٔ تکنولوژی‌های بر پایهٔ وب ۲، به‌تدریج نگرانی‌های حوزهٔ تبلیغاتی در این بستر، برای دستیابی به بازگشت سرمایهٔ بیشتر تبلیغات افزایش یافته است. در همین راستا، بهبود رابط کاربری (UI)[3] صفحات وب، به‌گونه‌ای که دستیابی به میزان بیشتر بازگشت سرمایه را ضمانت کند، یکی از اهداف شرکت‌های سرمایه‌گذاری در این زمینه است (کانگ و سترفیلد[4]، ۲۰۱۹). در بسیاری از سایت‌ها، به‌دلیل تعداد بسیار زیاد مخاطبان، بخش‌هایی از این رابط‌های کاربری به کسب‌وکارهای مختلف اجاره داده می‌شود. این موضوع در رابطه با وبسایت‌های خبری، فروشگاه‌ها آنلاین، سایت‌های باشگاه‌های ورزشی معتبر و سایر وبسایت‌ها بسیار رایج است. به‌صورت کلی، هر وبسایت با توجه به میزان بازدیدکنندگان و هزینه‌های خود، به قیمت‌گذاری هر بخش از وبسایت اقدام می‌کند و نمای وبسایت را اجاره می‌دهد. کسانی که تقاضای درج تبلیغات خود را در بخش‌های مختلف سایت دارند، بنا بر قیمت اعلام شده توسط صاحبان سایت‌ها برنامه‌ریزی لازم را انجام می‌دهند. سؤال مهم این است که آیا این قیمت‌گذاری به‌صورت کارا انجام پذیرفته است؟ در کنار این مسئله با سؤال مهم‌تری مواجهیم و آن، میزان تأثیرگذاری رابط کاربری در چارچوب استراتژی تدوین شده بازاریابی است. سؤال مطرح در این زمینه، آن است که چه فاکتورهای در ارزیابی کارایی تصمیم‌گیرنده را یاری می‌دهد. برای پاسخ به این سؤال پرسش‌نامه‌ها و روش‌های نظرسنجی متفاوتی وجود دارد و ضعف همهٔ این روش‌ها، عدم دستیابی به واکنش‌های ریشه‌ای و کنشگرانهٔ مخاطب است در این زمینه واکنش عصبی، دقیق‌ترین گزینه برای دریافت بازخورد از مخاطب رابط کاربری است. این پژوهش با تلفیق روش ردیابی چشم و تحلیل پوشش داده‌های شبکه‌ای، به‌دنبال ارائهٔ مدلی است که توانایی اندازه‌گیری کارایی رابط کاربری را براساس مدل شبکه‌ای داشته باشد و این امکان را فراهم آورد که در ارتباط با کارایی سرتاسری رابط کاربری، بر طبق نوع خروجی‌های مطلوب و نامطلوب برنامه‌ریزی کند. این مدل کلیهٔ محاسبات را در یک مرحله انجام می‌دهد و به بررسی شرایط دسترسی طبیعی و مدیریتی تصمیم‌گیرنده در رابطه با هر بخش می‌پردازد و همچنین، تأثیر این شرایط را روی کارایی یکپارچهٔ رابط کاربری بررسی می‌کند.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

در این بخش مطالعات قبلی در خصوص ارزیابی کارایی توسط انواع مدل‌های تحلیل پوششی داده، بازاریابی عصبی و

1. Lee & Cho
2. Return on Investment
3. User Interface
4. Kang & Satterfield

ردیابی چشم در تبلیغات، عوامل مؤثر در موفقیت رابط کاربری، کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[1] در ارزیابی بازاریابی عصبی بررسی شده است. هاگلند و همکارانش، مدل ارزیابی کارایی در یک مارکتینگ را توسط تحلیل پوششی داده‌ها معرفی کردند. آن‌ها از یک مدل بلک باکس برای پژوهش خود در زمینهٔ هتلداری بهره بردند (هاگلند، میرتویت و نیگارد[2]، ۲۰۰۷). فورتوناتو و همکارانش به معرفی مطالعات بازاریابی عصبی و روش‌ها و تکنیک‌های این حوزه اقدام کردند. بخشی از پژوهش‌های آن‌ها در رابطه با ردیابی چشم بود (فورتوناتو، گیرالدی و دی اولیویرا[3]، ۲۰۱۴). وانگ و همکارانش پژوهشی در حوزهٔ دیجیتال مارکتینگ در حوزهٔ صنعت سلامت انجام دادند. آن‌ها نیز از یک مدل بلک باکس تحلیل پوششی داده‌ها استفاده کردند (وانگ، هی، جین و هو[4]، ۲۰۲۲). دورسان و همکارانش در سال ۲۰۱۹ به انجام پژوهشی در حوزهٔ بازاریابی عصبی با کمک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی و تکنیک تصویرسازی تشدید مغناطیسی کارکردی FMRI اقدام کردند که نتایج درخور توجهی را به همراه داشته است. دورسان و همکارانش نیز در پژوهش خود از یک مدل بلک باکس استفاده کردند (دورسان و گوکر[5]، ۲۰۱۹).

بازاریابی عصبی

رشتهٔ بازاریابی عصبی از ابزارهای علوم اعصاب برای تعیین نحوهٔ اثرپذیری مصرف‌کنندگان از تغییرات طراحی محصول، بسته‌بندی، چرایی ترجیح برندها به یکدیگر، تأثیر تبلیغات و امثال آن را توضیح می‌دهد. بازاریابی عصبی شاخص دقیق‌تری از ترجیحات اساسی به نسبت اطلاعات آزمایش‌های متداول بازار ارائه می‌دهد و به سوگیری‌هایی که اغلب در روش‌های ذهنی ارزیابی مشکل‌آفرین هستند، حساس نیست (مایرْدینگ و مِلهوزه[6]، ۲۰۲۰). یکی از روش‌های عصب‌شناسی که فعالیت عصبی خارج از مغز را ثبت می‌کند و در بازاریابی عصبی کاربرد دارد، ردیابی چشمی است و از آنجایی که مهم‌ترین عامل در مواجه با رابط کاربری عوامل بصری و حس بینایی مخاطب است، آنچه از بازاریابی عصبی در این پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد ردیابی حرکات چشمی است.

تحلیل پوششی داده (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارد. اندازه‌گیری کارایی به‌دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است.

فارل[7] در ۱۹۵۷ مدلی برای اندازه‌گیری کارایی تولید با استفاده از مرز تولید یا به عبارتی مرز کارایی بدون استفاده از تابع تولید پیشنهاد داد. او مرز تولید را به‌صورت تابع قطعه قطعه خطی، از اتصال مطلوب‌ترین واحدهای تصمیم‌گیری

1. Data Envelopment Analysis
2. Haugland, Myrtveit & Nygaard
3. Fortunato, Giraldi & de Oliveira
4. Wang, He, Jin & Hu
5. Dursun & Goker
6. Meyerding & Mehlhose
7. Farrell

DMU به‌دست آورد. این منحنی مرز کارایی یا مرز پوششی نامیده می‌شود و برای رسم آن، از هیچ پارامتر جامعه استفاده نشده است؛ ضمن آنکه این مرز برای ارزیابی کارایی تکنیکی، کارایی تخصیصی و کارایی قیمت به‌کار رفته، مقدار کارایی را در بازه صفر و یک تعریف می‌کند. مقدار یک نشان‌دهندهٔ واحد کارا و در غیر این صورت ناکارا خواهد بود.

این تئوری سه فرضیهٔ اساسی و مهم دارد: ۱. مرز تولید از کاراترین واحدها برای ارزیابی ساخته شده و واحدهای ناکارا پایین مرز قرار می‌گیرند؛ ۲. بازده به مقیاس ثابت است؛ ۳. مجموعه امکانات تولید محدب است.

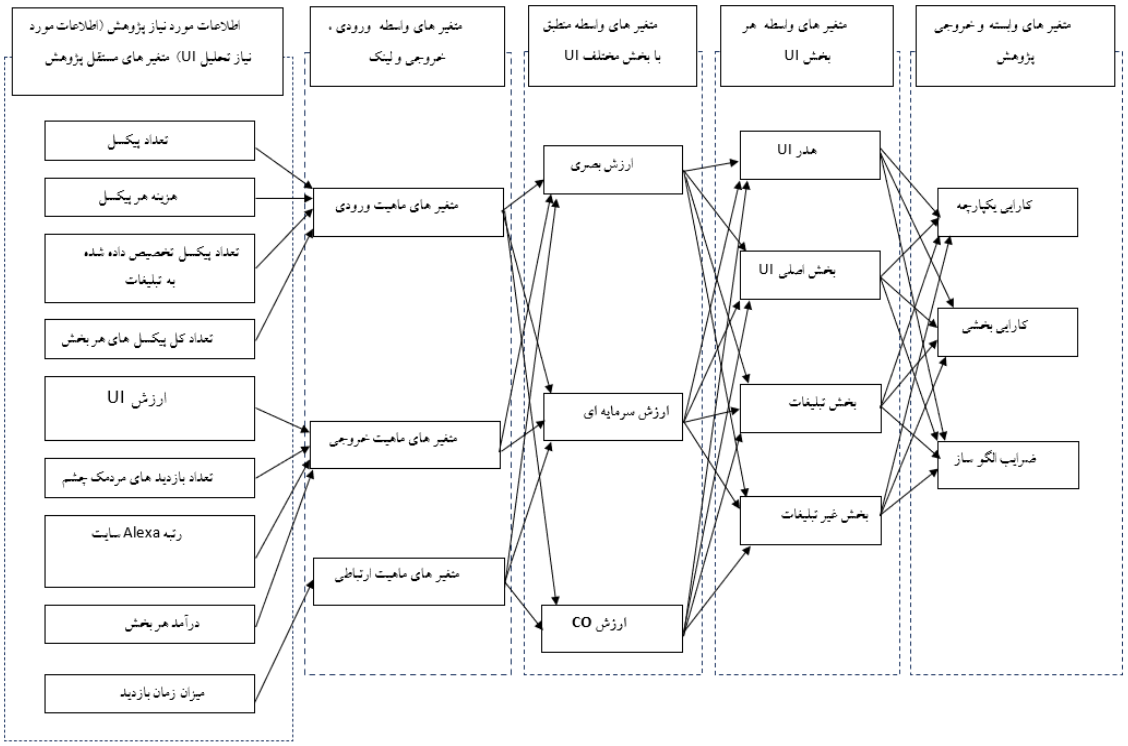
چارنز، کوپر و رودز[1] (۱۹۷۸)، مفهوم کارایی فارل را از حالت چند ورودی و یک خروجی، به مفهوم چند ورودی و چند خروجی تعمیم دادند. آن‌ها برای تبدیل به یک ورودی و یک خروجی، از ترکیب خطی داده استفاده کردند که استفاده از این روش، به تخصیص وزن به هریک از ورودی‌ها و خروجی نیاز داشت. در نهایت کسر حاصل، امکان محاسبهٔ کارایی نسبی را داشت که این مدل تحت عنوان مدل تحلیل پوششی داده‌ها نامیده شد.

ارزیابی بازاریابی عصبی با کمک DEA

هاگلند و همکارانش (۲۰۰۷)، مدل ارزیابی کارایی در یک مارکتینگ را توسط تحلیل پوششی داده‌ها معرفی کردند. آن‌ها از یک مدل بلک باکس برای پژوهش خود در زمینهٔ هتلداری بهره بردند. فورتوناتو و همکارانش (۲۰۱۴) نیز به معرفی مطالعات بازاریابی عصبی و روش‌ها و تکنیک‌های این حوزه اقدام کردند. در این پژوهش با توجه به پژوهش‌های قبلی در زمینهٔ رابط کاربری، عوامل مؤثر بر قیمت‌گذاری رابط کاربری و فضاهای اجاره‌ای رابط کاربری، به‌منظور دستیابی به بازگشت سرمایهٔ مدنظر سرمایه‌گذار، دسته‌بندی شده است (کانگ و ستفرفیلد، ۲۰۱۹). در این دسته‌بندی با توجه به ماهیت مدل شبکه‌ای و نوآوری صورت‌گرفته در ارتباط با تقسیم ورودی و خروجی‌ها به دو نوع مطلوب و نامطلوب که الگوی آن توسط سویوشی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ (کائو۲، ۲۰۱۴) ارائه شد، به تبیین ابعاد کارایی رابط کاربری پرداخته شده است. برای تعیین شاخص‌های تأثیرگذار بر مدل پیشنهادی، به‌عنوان عوامل مؤثر بر موفقیت رابط کاربری و تفکیک آن‌ها به ماهیت ورودی و خروجی، مقاله‌های پژوهشی زیر مطالعه شد.

کانان[3] (۲۰۱۷) پس از بررسی چارچوب‌هایی در زمینهٔ پژوهش‌های دیجیتال مارکتینگ، مدل مفهومی مفیدی را در این زمینه معرفی کرد. اتزولد، براون و وانر[4] (۲۰۱۹) در خصوص تأثیر طراحی رابط کاربری بر جذب نگاه مخاطب توسط ردیابی چشم پژوهشی را انجام دادند. فیمبرگ و سوسا[5] (۲۰۲۰) تأثیر طراحی رابط کاربری بر اعتبار و اعتماد کاربران که به‌طور مستقیم بر ارزش کلی رابط کاربری مانند URL Rate را مورد بررسی قرار دادند. ده‌بزرگی (۱۳۹۴) در پایان‌نامهٔ خود با عنوان «طراحی صفحات واسط کاربری در طراحی سایت»، در خصوص عوامل مؤثر در طراحی که بر موفقیت رابط کاربری اثرگذار است، بحث کرده است. جمع‌بندی این عوامل و تفکیک آن‌ها به ماهیت ورودی و خروجی‌ها متناسب با مدل تحلیل پوشی داده شبکه‌ای، به تهیه مدل مفهومی زیر منجر شده است.

1. Charnes, Cooper & Rhodes
2. Kao
3. Kannan
4. Etzold, Braun & Wanner
5. Fimberg & Sousa



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش بر اساس کلیه متغیرهای پرداخته شده در پژوهش

روش‌شناسی پژوهش

از آنجا که هدف تحقیقات توصیفی، توصیف عینی، واقعی و منظم خصوصیات یک موقعیت یا یک موضوع است و پژوهشگر در این‌گونه تحقیقات سعی می‌کند تا نتایج عینی از موقعیت را بیان کند، این پژوهش در شمار تحقیقات توصیفی و از نوع پیمایشی قرار می‌گیرد. در این پژوهش، از جمع‌آوری اطلاعات ردیابی چشم کاربران، به‌کمک قرار دادن کاربر در فضای واقعی کار با رابط کاربری استفاده می‌شود و همچنین ادغام داده‌های واکنشی کاربران با داده‌های تجاری رابط کاربری داده‌های اولیه و خام پژوهش را در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد. این پژوهش از نظر روش اجرا در شمار تحقیقات موردی ـ زمینه‌ای قرار می‌گیرد؛ زیرا این روش با مشاهدهٔ تمامی جوانب یک پدیدهٔ ملموس و بررسی ارتباط آن با دیگر پدیده‌هایی که آن را احاطه کرده‌اند، شناختی جامع از آن پدیده‌ها را فراهم می‌آورد.

مراحل فرایند پژوهش

برای دستیابی به اهداف این پژوهش، پس از مرور ادبیات قبلی و پژوهش‌های انجام شده، در مراحل بعدی به بسط مدل کارایی با تفکیک ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب و نامطلوب اقدام شده است که نوآوری پژوهش محسوب می‌شود. در نهایت، اهداف پژوهش که تعیین کارایی یکپارچه و بخشی رابط کاربری با دستیابی بی‌واسطه به واکنش‌های واقعی مخاطب از منظر بصری محقق می‌شود.

تبیین معیارهای ارزیابی

ورودی‌ها

- تعداد پیکسل تخصیص داده شده به بخش‌های مختلف رابط کاربری با کاربری‌های مأموریت اصلی رابط کاربری، تبلیغات بدون دریافت هزینه، تبلیغات با دریافت هزینه و اجارهٔ فضا، عنوان و معرفی رابط کاربری؛
- هزینهٔ هر پیکسل: سرشکن کلیهٔ هزینه‌های صرف‌شدهٔ رابط کاربری در تعداد پیکسل‌های تشکیل‌دهندهٔ رابط کاربری است.
- تعداد پیکسل‌هایی که تصمیم‌گیرندهٔ رابط کاربری به بخش تبلیغات تخصیص داده است.
- تعداد کل پیکسل‌های رابط کاربری: مساحت کلی تخصیص داده شده به رابط کاربری است که بیان‌کنندهٔ ابعاد است.

خروجی‌ها

- ارزش رابط کاربری: به ارزش دلاری رابط کاربری اشاره دارد که بر اساس ارزیابی وبسایت URL rate[1] ارزیابی شده است.
- تعداد بازدیدهای مردمک چشم[2]: به خروجی استخراج شده به‌وسیله تجهیزات Eye Tracking از مناطق مورد بررسی رابط کاربری اشاره دارد. باید پارامترهایی را انتخاب کرد که بر فرایندهای شناختی و ادراکی تمرکز دارند. از سوی دیگر پارامترهای تعاملی نیز مانند کلیک‌کردن و حرکات موس با توجه به اهداف پژوهش نباید تأثیر داده شوند. در این حالت، پارامترهایی که بیشتر بر رفتار بصری فرد بدون توجه به محتوای خاص تمرکز دارند، می‌توانند اطلاعات کافی دربارهٔ توجه و تعامل کاربر با محیط را ارائه دهند. موارد زیر پیشنهاد می‌شوند: مدت زمان تثبیت[3]، تعداد تثبیت‌ها[4]، مدت زمان بازدید[5]، زمان تا اولین تثبیت[6]، نقاط تمرکز[7] و مدت زمان تمرکز[8].
- رتبه Alexa سایت: این شاخص بیان‌کنندهٔ رتبهٔ رابط کاربری ایندکس شده توسط موتورهای جست‌وجو است و کمتر بودن آن، نشان‌دهندهٔ پُر بازدید بودن وبسایت است.
- درآمد: بیان‌کنندهٔ درآمد حاصل از اجارهٔ بخش تبلیغاتی رابط کاربری است.

1. WWW.Urlrate.com
2. Visit Count
3. Fixation Duration
4. Fixation Count
5. Visit Duration
6. Time to First Fixation
7. Fixations
8. Fixation Duration

تعریف لینک ثابت (متغیر وابسته)

این متغیر بر اساس مفهوم شبکهٔ ارتباط‌دهندهٔ بخش‌های مختلف یک رابط کاربری است. در این پـژوهش، میـزان زمـان بازدید[1]، ارتباط بین هر بخش را نشان می‌دهد که در مجموع این لینک‌ها زمان کلی بازدید رابط کاربری را می‌سازد.

اجرای پژوهش برای دستیابی به متغیرها

در روش مدنظر، پژوهشگر هر رابط کاربری را یک واحد تصمیم‌گیری (DMU)[2] محسوب می‌کند. هـر DMU بـه‌عنوان یک محرک از نگاه کاربر در محیط آزمایشگاهی در نظر گرفته می‌شود و از طریق تجهیزات ردیابی چشم و سیستم ثبـت متغیرهای مربوطه، برای بهره‌برداری در اختیار مدل DEA قرار می‌گیرد. کاربرهای ایـن آزمـایش، بعـد از ورود بـه اتـاق آزمایش در رابطه با کلیات آزمایش توجیه شدند؛ سپس فیلم رابط کاربری‌های مختلف که از قبل تهیه شده بود، در اختیار آن‌ها قرار گرفت و از آن‌ها درخواست شد که کلیات و جزئیات رابط کاربری را بررسی کنند. بـا ترتیـب تصـادفی و زمـان مساوی، مشارکت‌کنندگان با ۳۰ رابط کاربری آزمایش شدند. دستگاه مورد استفاده در این آزمایش، تولید شـرکت Tobii و مدل Tobii Pro X2-30 با یک کامپیوتر مدل NUC5i3RYK تولید شرکت اینتـل بـوده اسـت. در کنـار آن، ایـن سیستم آزمایشگاهی از یک نرم‌افزار با نام Tobii Studio برای تحلیل اطلاعات بهره می‌بـرد. بـه‌منظور تـأمین اهـداف پژوهش، به بررسی مدل‌های شبکه‌ای RAM با دسترسی طبیعی و مدیریتی هم‌زمـان NRAM-UENM اقـدام شـد. استفاده از این مدل‌ها، به‌دلیل ایجاد توان در محاسبهٔ کارایی در صورت وجود خروجـی‌هـای مطلـوب و نـامطلوب اسـت. جهت فرایند مدل‌سازی و آزمون مدل‌های پیشنهادی، محقق از نسخهٔ ۱۷ نرم‌افزار لینگو استفاده کرده است.

سنجش روایی و پایایی مدل پژوهش

روایی[3]: پژوهشگر در این پژوهش، پس از آزمون مدنظر، برای سنجش روایی مدل پژوهش، از اعتبار صوری استفاده کـرد و با مراجعه به متخصصان و کارشناسان خبرهٔ بخش دفتر مطالعـات اسـتراتژیک حـوزهٔ معاونـت ارتباطـات و رسـانه‌هـای دیجیتال و انجمن حمایت از رسانه‌های دیجیتال ایران، اعتبار شاخص‌ها و معیارهای مورد نیاز را سـنجید و کارشناسـان و خبرگان، معیارهای مورد استفاده و نتایج حاصل از پژوهش را تأیید کردند.

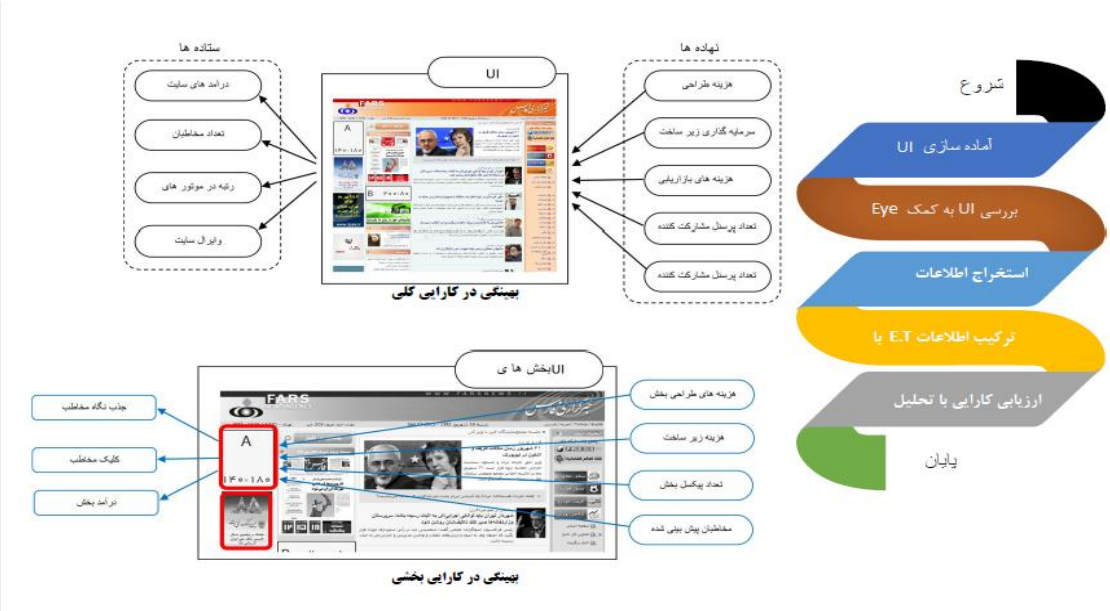
پایایی[4]: برای سنجش پایایی از روش تحلیل حساسیت استفاده شد و تأثیر تغییرات RHS[5] ورودی‌ها و خروجی‌هـا بـه‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، تغییرات در کارایی با افزایش میزان RHS لینک ثابت بررسی شد.

ارائهٔ مدل پیشنهادی

در این پژوهش، از تحلیل پوششی داده‌ها، به‌منظور بررسی کارایی نسبی رابط‌هـای کـاربری بـا اسـتفاده از روش تعقیـب

1. Visit Duration
2. Decision Making Unit
3. Validity
4. Reliability
5. Right Hand Side

بینایی و ارزیابی کارایی، بر پایهٔ مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای از نوع مقدار تعدیل شده دامنه[1] استفاده شده است. هدف از این تحقیق، ایجاد توان فرصت‌های بهینه‌سازی و بهبود در طراحی رابط‌های کاربری است. این پژوهش با تکیه بر نقاط ضعف و قوت مدل‌های گوناگون تحلیل پوششی داده‌ها، کوشیده است تا مدلی را معرفی کند که بتواند در چرخهٔ محاسباتی کوتاه، اطلاعات لازم را برای تصمیم‌گیری در اختیار طراحان قرار دهد. در نهایت، تمام تلاش‌های صورت گرفته، به استفاده از مدلی تحت عنوان مدل شبکه‌ای RAM با دسترسی طبیعی و مدیریتی همزمان (NRAM-UENM) انجامید.



شکل ۲. فرایند تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها به هر یک از بخش‌های یک رابط کاربری و تخصیص ورودی و خروجی برای محاسبهٔ کلی آن

برای تعریف مدل، هر شرکت به‌عنوان یک بخش در نظر گرفته شده است؛ بنابراین واحد تصمیم‌گیری j (DMUj) که معادل یکی از UIها است، دارای K_n بخش است $(k = 1,2, \dots, n)$. m_k و r_k را به‌ترتیب تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های بخش k در نظر بگیرید. لینک از بخش k به بخش h، یعنی لینک انتقالی که موجودی کاغذ را از یک عضو به عضو دوم منتقل می‌کند k, h نام‌گذاری می‌شود و $L_{(k,h)}$ مجموع تعداد لینک‌ها است. بنابر آنچه گفته شد داده‌ها به شرح زیر است.

الف) ورودی‌ها

ورودی i ام به DMU j ام در بخش k ام به شکل زیر است.

1. Adjusted Range Network DEA

$$x_{ijk} \in R_+(i = 1, \dots, m_k; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, n)$$ رابطهٔ ۱)

ب) خروجی‌ها

خروجی r ام از DMU jام در بخش k به شکل زیر است.

$$y_{rjk} \in R_+(r = 1, \dots, r_k; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, n)$$ رابطهٔ ۲)

ج) لینک‌ها

عملیات اتصال خروجی DMU j ام در بخش k ام به بخش h ام را به شکل زیر انجام می‌دهد.

$$z_{rjk} \in R_+(r = 1, \dots, r_k; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, n)$$ رابطهٔ ۳)

DMU تحت بررسی

برای پرداخت به DMU تحت بررسی از نماد DMU_O استفاده می‌کنیم و ابعاد مختلف از جمله محـدودیت‌های ورودی و خروجی در رابطه با DMU تحت بررسی به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$X_{ok} = X_k\ \lambda_k\ + S_{ko}^-\ \ (\forall k)$$ رابطهٔ ۴)

$$Y_{ok} = Y_k\ \ \lambda_k\ + S_{ko}^+\ \ (\forall k)$$ رابطهٔ ۵)

$$(\forall j, \forall k) \sum_{j=1}^{n} \lambda_k\ = 1$$ رابطهٔ ۶)

$$\lambda_k\ \geq 0\ , S_{ko}^- \geq 0\ , S_{ko}^+ \geq 0\ \ (\forall k)$$ رابطهٔ ۷)

$Y_k\ = (y_{1k}, \dots, y_{nk}) \in R^{r_k \times n}$ و $X_k\ = (x_{1k}, \dots, x_{nk}) \in R^{m_k \times n}$ به‌ترتیب ماتریس عوامـل خروجـی و ورودی است. S_{ko}^- و S_{ko}^+ به‌ترتیب متغیرهای مازاد ورودی و خروجی هستند.

λ_{jk} بردار شدت متناظر با بخش k است که در آینده به ما در انتخاب الگوی بهینه کمک می‌کند.

$$free\ link\ \ Z_{o(kh)free} = Z_{(kh)free}\lambda_k + S_{o(kh)free}\ S_{o(kh)free} \in R^{L_{kh}}$$ رابطهٔ ۸)

$$fix\ link\ \ Z_{o(kh)fix} = Z_{(kh)fix}\lambda_k\ (\forall (k,h) fix)$$ رابطهٔ ۹)

$$bad\ link\ (input\ link)\ \ Z_{o(kh)in} = Z_{(kh)in}\lambda_k + S_{o(kh)in}\ \ S_{o(kh)in} \in R^{L_{kh(in)}}$$ رابطهٔ ۱۰)

$$good\ link\ (output\ link)\ \ Z_{o(kh)out} = Z_{(kh)out}\lambda_k + S_{o(kh)out}\ \ S_{o(kh)out} \in R^{L_{kh(out)}}$$ رابطهٔ ۱۱)

تابع هدف

تابع هدف ابتدایی برای مدل‌سازی، برگرفته از مدل RAM است و برای افزودن ماهیت ورودی و خروجی به مدلی با حالت تفکیک شده ورودی‌های مطلوب و نامطلوب و همچنین ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب تغییر یافت.

$$Maximize \sum_{i=1}^{h} R_i^{hx}(d_i^{x+} + d_i^{x-}) + \sum_{i=1}^{h} R_r^g d_r^g + \sum_{i=1}^{h} R_f^b d_f^b$$ رابطهٔ ۱۲)

تابع هدف مدل RAM

$$Maximize \sum_{i=1}^{h} R_i^x d_i^x + \sum_{i=1}^{h} R_r^g d_r^g + \sum_{i=1}^{h} R_f^b d_f^b$$ رابطهٔ ۱۳)

تابع هدف با تفکیک ورودی‌ها و خروجی

R_i^x دامنه ورودی‌های مدل است که بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_i^x = 1/\big(max\{x_{ij}|j = 1, \dots, n\} - min\{x_{ij}|j = 1, \dots, n\}\big)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۱۴)

R_r^g دامنهٔ خروجی‌های مطلوب است که بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$R_r^g = 1/\big(max\{g_{rj}|j = 1, \dots, n\} - min\{g_{rj}|j = 1, \dots, n\}\big)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۱۵)

R_f^b دامنهٔ خروجی‌های نامطلوب مدل است که بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$R_f^b = 1/\big(max\{b_{fj}|j = 1, \dots, n\} - min\{b_{fj}|j = 1, \dots, n\}\big)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۱۶)

اقدام بعدی در این رابطه، شبکه‌ای کردن تابع هدف و به تبع آن تعریف شروط متناسب با آن است. رابطه ۱۷ بیان‌کنندهٔ تابع هدف توسعه‌یافتهٔ شبکه‌ای است که در ادامه با تعریف شروط مدل ساختار مدل نهایی را تشکیل خواهد داد.

$$Maximize \sum_{h=1}^{k} W_h \left(\sum_{i=1}^{h} R_i^{hx} d_i^{hx} + \sum_{i=1}^{h} R_r^{hg} d_r^{hg} + \sum_{i=1}^{h} R_f^{hb} d_f^{hb} \right)$$ رابطهٔ ۱۷)

شکل شبکه‌ای شده تابع هدف

R_i^{hx} دامنه ورودی‌های هر بخش که بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$R_i^{hx} = 1/\big(max\{x_{ij}^h|j = 1, \dots, n\} - min\{x_{ij}^h|j = 1, \dots, n\}\big)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۱۸)

R_r^{hg} دامنهٔ خروجی‌های مطلوب هر بخش که بر اساس رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$R_i^{hx} = 1/\left(max\{g_{rj}^h | j = 1, \dots, n\} - min\{g_{rj}^h | j = 1, \dots, n\}\right)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۱۹)

R_f^{hb} دامنهٔ خروجی‌های نامطلوب هر بخش که بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$R_i^{hx} = 1/\left(max\{b_{fj}^h | j = 1, \dots, n\} - min\{b_{fj}^h | j = 1, \dots, n\}\right)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۲۰)

W_h وزن تعلق گرفته از سوی تصمیم گیرنده در هر بخش است.

مدل اولیه شبکه‌ای RAM با دسترسی طبیعی و مدیریتی هم‌زمان (NRAM-UENM)

مدل NRAM-UENM که حاصل فرایند گفته شده در فوق است، برای استفادهٔ پژوهشگر در تحلیل رابط کاری از NRAM-UENM جهت محاسبه ناکارایی بخشی و سراسری UI استفاده می‌کند. این مدل یک مدل شبکه‌ای است که پاسخ خروجی آن کارایی سراسری است و با وزن‌های خروجی هر بخش، کارایی بخشی محاسبه می‌شود.

$$R_i^{hx} = 1/\left(max\{b_{fj}^h | j = 1, \dots, n\} - min\{b_{fj}^h | j = 1, \dots, n\}\right)(m + s + h)$$ رابطهٔ ۲۱)

$$Maximize \sum_{h=1}^{k} W_h \left(\sum_{i=1}^{mh^-} R_i^{hx} d_i^{hx} + \sum_{q=1}^{mh^+} R_q^{hx} d_q^{hx} + \sum_{r=1}^{s} R_r^{hg} d_r^{hg} + \sum_{f=1}^{l} R_f^{hb} d_f^{hb} \right)$$ رابطهٔ ۲۲)

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij}^h \lambda_j^h + d_i^{hx} = x_{io}^h \quad ; \quad (i = 1, \dots, m^-)$$ رابطهٔ ۲۳)

$$\sum_{q=1}^{n} X_{qj}^h \lambda_j^h - d_i^{hx} = x_{qo}^h \quad ; \quad (i = 1, \dots, m^+)$$ رابطهٔ ۲۴)

$$\sum_{j=1}^{n} g_{rj}^h \lambda_j^h - d_r^{hg} = g_{rk}^h \quad ; \quad (r = 1, \dots, s)$$ رابطهٔ ۲۵)

$$\sum_{j=1}^{n} b_{fj}^h \lambda_j^h + d_f^{hb} = b_{fk}^h \quad ; \quad (f = 1, \dots, l)$$ رابطهٔ ۲۶)

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{(kh)in} \lambda_j^h + S_{o(kh)in} = Z_{o(kh)in} \quad ; \quad \left((kh)in = 1, \dots, linkin_k\right)$$ رابطهٔ ۲۷)

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{(kh)out} \lambda_j^h - S_{o(kh)out} = Z_{o(kh)out} \quad ; \quad \left((kh)out = 1, \dots, linkout_k\right)$$ رابطهٔ ۲۸)

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{(kh)free} \lambda_j^h + S_{o(kh)free} = Z_{o(kh)free}$$ رابطهٔ ۲۹)

$$\sum_{j=1}^{n} Z_{(kh)fix} = Z_{o(kh)fix}$$ رابطهٔ ۳۰)

$$\sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{n}} \lambda_{\mathrm{j}}^{\mathrm{h}} = 1$$ رابطهٔ ۳۱)

با در نظر گرفتن موجودی در حال جابه‌جایی بین بخش‌ها به‌عنوان FIX Link و تغییر علامت به مساوی ابر صفحه مماس بر فضای شدنی به وجود خواهد آمد. در این حالت، از حل ثانویه مدل و با توجه به علامت Fix Link در جدول حل نهایی، می‌توان به نوع تراکم در شبکه پی برد. این موضوع ناشی از این پیش فرض است که Fix link تابعی از ورودی‌ها و خروجی‌های به یک بخش است.

آن گونه که مشاهده می‌شود $\sum_{j=1}^{n} Z_{(kh)fix} = Z_{o(kh)fix}$ در رابطهٔ فوق دارای متغیر مازاد نیست. از سوی دیگر به تصمیم‌گیرنده اجازه نخواهد داد تا متغیر واقعی ارتباط داده شده به این شرط را در دنیای واقعی به‌صورت مستقیم تغییر دهد. آنچه بسیار حائز اهمیت است، تصمیم‌گیرنده با متغیرهایی که نقش اساسی در پایداری شبکه دارند، باید بتواند نوع تراکم را تحت کنترل خود درآورد و به نوعی دسترسی مدیریتی ایجاد کند.

تصمیم‌گیرنده با استفاده از رابطهٔ ۳۲ ناکارایی را محاسبه می‌کند و آن را به‌عنوان کارایی سراسری شبکه می‌کند.

رابطهٔ تبدیل ناکارایی به کارایی

رابطهٔ ۳۲)

$$NRAM - UENM = 1 - \sum_{h=1}^{k} W_h \left(\sum_{i=1}^{mh^-} R_i^{hx} d_i^{hx} + \sum_{q=1}^{mh^+} R_q^{hx} d_q^{hx} + \sum_{r=1}^{s} R_r^{hg} d_r^{hg} + \sum_{f=1}^{l} R_f^{hb} d_f^{hb} \right)$$

برای محاسبهٔ کارایی بخش از رابطهٔ ۳۳ استفاده می‌شود و برای هر بخش، این رابطه می‌تواند کارایی را محاسبه کند.

رابطهٔ ۳۳)

$$NRAM - UENM = 1 - \sum_{h=1}^{k} W_h \left(\sum_{i=1}^{mh^-} R_i^{hx} d_i^{*hx} + \sum_{q=1}^{mh^+} R_q^{hx} d_q^{*hx} + \sum_{r=1}^{s} R_r^{hg} d_r^{*hg} + \sum_{f=1}^{l} R_f^{hb} d_f^{*hb} \right)$$

d_i^{*hx}، d_q^{*hx}، d_r^{*hg} و d_f^{*hb} متغیرهای مازاد هستند که از حل روابط ۲۱ تا ۳۱ حاصل می‌شود و علامت * گویای این معنا است.

مدل ثانویه شبکه‌ای RAM با دسترسی طبیعی و مدیریتی هم‌زمان (NRAM-UENM)

مدل ثانویه به چند دلیل اهمیت دارد. بخش اول برای بررسی قضیه دوال و تست جواب اولیه و بخشی دیگر به‌واسطهٔ نیاز به محاسبه تراکم در شبکه و معرفی فرصت‌های سرمایه‌گذاری به تصمیم‌گیرنده است. در نوع خود می‌توان این موضوع را

به‌عنوان اولین بار در پژوهش‌های تحلیل پوششی داده‌ها دید که مدل ثانویه شبکه محاسبه می‌شود و این به سبب آن است که در بیشتر موارد، مدل اولیه شبکه تنها کارایی را محاسبه می‌کرد و نیازی به تحلیلی از مدل ثانویه نبوده است.

محاسبهٔ کارایی

داده‌ها در مدل جای‌گذاری شد. نتایج محاسبات پس از استفاده از رابطه ۳۲ در جدول ۱ درج شده است. کارایی نشان داده شده در جدول ۱ کارایی سراسری است.

جدول ۱. محاسبهٔ کارایی یکپارچهٔ رابطهای کاربری مورد بررسی محاسبه شده از مدل‌های اولیه و ثانویه

شمارهٔ UI تحت بررسی	نام UI	کارایی یکپارچه UI در مدل اولیه	کارایی یکپارچه UI با حل مدل ثانویه	تغییرات کارایی
DMU ۱	خبرگزاری ابنا	۰/۸۷	۰/۸۷	۰
DMU ۲	آفتاب	۰/۸۴	۰/۸۴	۰
DMU ۳	الف	۰/۷۸	۰/۷۸	۰
DMU ۴	عصر ایران	۰/۹۶	۰/۹۶	۰
DMU ۵	خبرگزاری برنا	۰/۸۶	۰/۸۶	۰
DMU ۶	دنیای اقتصاد	۰/۹۳	۰/۹۳	۰
DMU ۷	اقتصاد نیوز	۰/۹۸	۰/۹۸	۰
DMU ۸	اقتصاد آنلاین	۰/۹۸	۰/۹۸	۰
DMU ۹	انتخاب	۰/۹۳	۰/۹۳	۰
DMU ۱۰	فرارو	۰/۸۰	۰/۸۰	۰
DMU ۱۱	خبرگزاری فارس	۰/۸۵	۰/۸۵	۰
DMU ۱۲	فرصت امروز	۰/۷۵	۰/۷۵	۰
DMU ۱۳	همشهری آنلاین	۰/۹۶	۰/۹۶	۰
DMU ۱۴	ایلنا	۰/۷۲	۰/۷۲	۰
DMU ۱۵	خبرگزاری ایمنا	۰/۷۳	۰/۷۳	۰
DMU ۱۶	ایپنا	۰/۸۶	۰/۸۶	۰
DMU ۱۷	ایکنا	۰/۶۲	۰/۶۲	۰
DMU ۱۸	ایرنا	۰/۷۷	۰/۷۷	۰
DMU ۱۹	ایسنا	۰/۹۳	۰/۹۳	۰
DMU ۲۰	جهان نیوز	۰/۸۲	۰/۸۲	۰
DMU ۲۱	خبرآنلاین	۰/۸۶	۰/۸۶	۰
DMU ۲۲	مردم سالاری	۰/۷۹	۰/۷۹	۰
DMU ۲۳	مشرق نیوز	۰/۷۵	۰/۷۵	۰
DMU ۲۴	خبرگزاری مهر	۰/۹۴	۰/۹۴	۰
DMU ۲۵	خبرگزاری صنعت	۰/۶۲	۰/۶۲	۰
DMU ۲۶	شانا	۰/۸۰	۰/۸۰	۰
DMU ۲۷	اسپوتنیک	۰/۷۴	۰/۷۴	۰
DMU ۲۸	تابناک	۰/۸۱	۰/۸۱	۰
DMU ۲۹	خبرگزاری تسنیم	۰/۹۸	۰/۹۸	۰
DMU ۳۰	ورزش سه	۰/۹۱	۰/۹۱	۰

برای محاسبهٔ کارایی بخشی از رابطهٔ ۳۳ استفاده می‌شود و این رابطه با کمک متغیرهای مـازاد محاسـبه می‌شـود. مدل اولیه کارایی بخشی هر یک از بخش‌ها را گزارش می‌کند. اطلاعات کامل کارایی بخشـی را مـی‌تـوان در جـدول ۲ مشاهده کرد.

جدول ۲. محاسبات کارایی بخشی و سراسری UI

شمارهٔ UI تحت بررسی	نام UI	کارایی بخش اصلی UI	کارایی هدر UI	کارایی بخش تبلیغات	کارایی فضاهای غیردسته‌بندی UI	کارایی یکپارچه UI
DMU ۱	ابنا	۱.۰۰۰	۰/۹۶۷	۰/۹۲۵	۰/۹۸۳	۰/۸۷
DMU ۲	آفتاب	۰/۹۴۳	۱/۰۰۰	۰/۹۱۲	۰/۹۸۳	۰/۸۴
DMU ۳	الف	۱/۰۰۰	۰/۹۴۸	۰/۸۷۷	۰/۹۵۸	۰/۷۸
DMU ۴	عصر ایران	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۵۸	۰/۹۶
DMU ۵	برنا	۰/۸۸۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۲	۰/۸۶
DMU ۶	دنیای اقتصاد	۱/۰۰۰	۰/۹۴۵	۱/۰۰۰	۰/۹۸۰	۰/۹۳
DMU ۷	اقتصاد نیوز	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۴	۰/۹۸
DMU ۸	اقتصاد	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۰	۰/۹۸
DMU ۹	انتخاب	۱/۰۰۰	۰/۹۴۵	۱/۰۰۰	۰/۹۸۸	۰/۹۳
DMU ۱۰	فرارو	۰/۹۴۴	۰/۹۵۸	۰/۹۰۸	۰/۹۸۸	۰/۸۰
DMU ۱۱	فارس	۰/۹۳۴	۱/۰۰۰	۰/۹۲۶	۰/۹۹۱	۰/۸۵
DMU ۱۲	فرصت امروز	۰/۹۰۵	۰/۹۵۷	۰/۸۹۳	۱/۰۰۰	۰/۷۵
DMU ۱۳	همشهری	۰/۹۶۳	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۶
DMU ۱۴	ایلنا	۰/۹۷۷	۰/۹۶۵	۰/۹۵۸	۰/۸۱۷	۰/۷۲
DMU ۱۵	ایمنا	۰/۹۸۱	۰/۹۷۰	۰/۹۵۸	۰/۸۱۷	۰/۷۳
DMU ۱۶	ایپنا	۰/۹۸۴	۱/۰۰۰	۰/۸۹۷	۰/۹۸۱	۰/۸۶
DMU ۱۷	ایکنا	۰/۹۳۶	۱/۰۰۰	۰/۸۴۴	۰/۸۴۲	۰/۶۲
DMU ۱۸	ایرنا	۰/۹۰۲	۱/۰۰۰	۰/۸۸۲	۰/۹۸۶	۰/۷۷
DMU ۱۹	ایسنا	۱/۰۰۰	۰/۹۳۹	۱/۰۰۰	۰/۹۸۶	۰/۹۳
DMU ۲۰	جهان نیوز	۰/۹۴۰	۱/۰۰۰	۰/۸۹۷	۰/۹۸۲	۰/۸۲
DMU ۲۱	خبرآنلاین	۱/۰۰۰	۰/۹۷۳	۰/۹۱۱	۰/۹۷۸	۰/۸۶
DMU ۲۲	مردم سالاری	۱/۰۰۰	۰/۹۴۵	۰/۸۶۹	۰/۹۷۹	۰/۷۹
DMU ۲۳	مشرق نیوز	۰/۸۸۳	۰/۹۵۵	۰/۹۴۴	۰/۹۶۸	۰/۷۵
DMU ۲۴	مهر	۱/۰۰۰	۰/۹۶۶	۱/۰۰۰	۰/۹۷۶	۰/۹۴
DMU ۲۵	صنعت	۰/۸۲۵	۰/۸۸۴	۰/۹۳۷	۰/۹۷۹	۰/۶۲
DMU ۲۶	شانا	۰/۸۲۵	۱/۰۰۰	۰/۹۱۱	۰/۹۳۰	۰/۸۰
DMU ۲۷	اسپوتنیک	۱/۰۰۰	۰/۸۹۰	۰/۸۶۵	۰/۹۸۷	۰/۷۴
DMU ۲۸	تابناک	۰/۸۹۸	۰/۹۲۵	۱/۰۰۰	۰/۹۸۶	۰/۸۱
DMU ۲۹	تسنیم	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰	۰/۹۸۰	۰/۹۸
DMU ۳۰	ورزش سه	۱/۰۰۰	۰/۹۳۷	۱/۰۰۰	۰/۹۷۱	۰/۹۱

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش صورت گرفته و نیازهای مطرح شده در رابطه با ارزیابی کارایی رابط کاربری، به‌وسیله رصد کنش‌های عصبی مخاطب و تحلیل آن با روش‌های ناپارامتریک، به بهره‌برداری از مدل NRAM-UENM در مسیر تحقق اهداف پژوهش انجامید.

با توجه به مرور دستاوردهای پژوهش و استفاده از متدولوژی معرفی شده، به‌صورت مشخص می‌توان نتیجه گرفت که اهداف و سؤال‌های پژوهش به‌صورت کامل محقق شده است.

بررسی کارایی سراسری رابطهای کاربری مربوطه: میانگین کارایی رابطهای کاریری مورد بررسی در حدود ۸۴درصد است که این موضوع را می‌توان به تفکیک زمینهٔ فعالیت بررسی کرد. در شکل ۴ می‌توان به تفکیک مشاهده کرد که کدام زمینه‌های فعالیت با کارایی بیشتری روبه‌رو هستند و این امر برای تصمیم‌گیرنده به‌منظور سرمایه‌گذاری مسیری استراتژیک است و روند پیش رو در حوزه‌های طراحی و تبلیغات را به‌صورت کلان هدف‌گذاری می‌کند. در حال حاضر، برای تصمیم‌گیرنده مشخص است که رابطهای کاربری با موضوعات خبری اقتصادی و خبری ورزشی می‌تواند فرصت‌های سرمایه‌گذاری و هدف‌گذاری مطلوب‌تری را ایجاد کند. بنابراین انتظار می‌رود تصمیم‌گیرنده به‌دنبال تولید محتوا با چارچوب موفق معرفی شده باشد.

ضرایب معرفی الگو و روش تعیین استراتژی بهبود رابط کاربری

ضرایب الگوساز که در مدل به‌عنوان بردار شدت معرفی شده است (λ_j^h) به تصمیم‌گیرنده در هر بخش، الگوهای متناسب را معرفی می‌کند که این به جهت پیشنهاد بهینه‌سازی و الگویابی اولیه بسیار حائز اهمیت است.

شکل ۳ بخشی از ضرایب الگویابی محاسبه شده است و این ضرایب به ازای هر DMU و هر بخش به‌دست آمده است که به‌دلیل رعایت اختصار، تمام محاسبات درج نشده است.

	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	● ● ●	DMU28	DMU29	DMU30
λM1A	1	0	0	0		0	0	0
λM2A	0	0	0	0		0	0	0
λM3A	0	0	1	0		0	0	0
λM4A	0	0	0	1	~	0.041741	0	0
λM5A	0	0	0	0		0	0	0
λM6A	0	0	0	0		0	0	0
|	|	|	|	|	|	|	|	|
λNT27A	0	0	0	0		0	0	0
λNT28A	0	0	0	0	~	0	0	0
λNT29A	0	0	0	0		0	0	0
λNT30A	0	0	0	0		0	0	0

شکل ۳. بخشی از اطلاعات λ_j^h به‌عنوان ضرایب الگویابی

استراتژی بهبود رابط کاربری، دربردارندهٔ مسیر توسعهٔ هر یک از بخش‌های رابط کاربری است. ترتیب تعیین و بهبود استراتژی، می‌تواند تصمیم‌گیرنده را به‌منظور تخصیص هدفمند تلاش‌های خود راهنمایی کند.

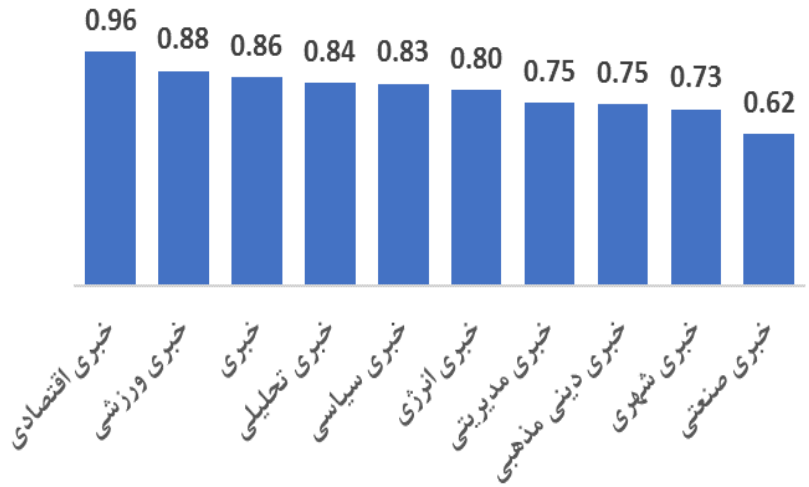
گام اول: محاسبهٔ کارایی بخشی UIها و تعیین کارایی کلی؛

گام دوم: انتخاب بخش با کارایی پایین؛

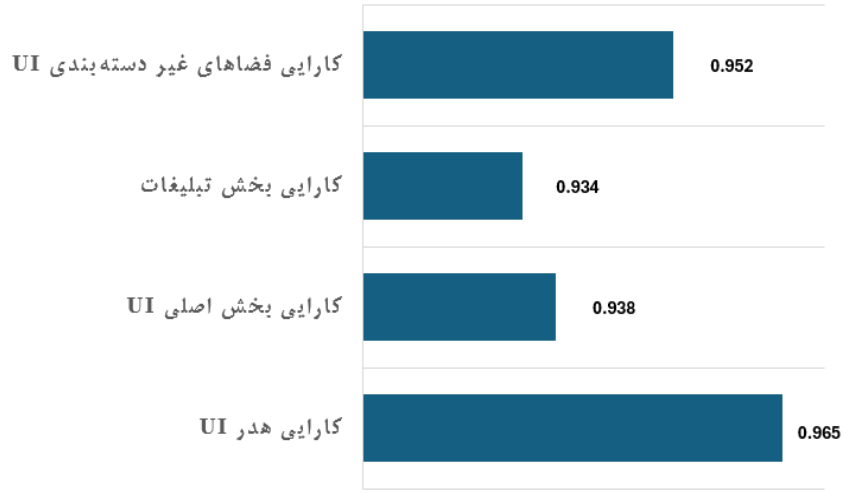
گام سوم: استفاده از ضرایب الگویابی؛

گام چهارم: اعمال تغییرات تا رسیدن به کارایی مطلوب.

با توجه به بهره‌برداری از مدل NRAM-UENM در این پژوهش امکان برآورد کارایی یکپارچهٔ رابط کاربری با توجه به داده‌های نرومارکتینگ محقق شده است. این موضوع بر هدف اصلی پژوهش تاکید دارد که معرفی یک روش غیرپارامتریک در ارزیابی کارایی رابط کاربری و صنایع مشابه است. استفاده از متغیرهای غیریکسان از نظر احاد و ابعاد مؤثر در بهره‌برداری یک رابط کاربری و رسیدن به برایند مناسب از کلیه مؤلفه‌ها برای تصمیم‌گیرنده، به‌گونه‌ای که به‌طور مستقیم با سازوکارهای عصبی مخاطب رابط کاربری دسترسی باشد، از دیگر اهداف این پژوهش بوده که حاصل شده است. با توجه به پاسخ یکسان مدل‌های ثانویه و اولیه که نشان‌دهندهٔ صحت پاسخ بهینه در ناحیه شدنی است، می‌توان به عملکرد مدل اطمینان کامل داشت. با توجه به توان مدل در کار با ورودی‌های مطلوب و نامطلوب و همچنین، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب، مدل به سهولت توانسته است ارکان مربوطه را در محاسبات کارایی به‌درستی جای دهد. الگویابی برای رابط‌های کاربری که کارایی پایین داشته باشند و تصمیم‌گیرنده قصد سرمایه‌گذاری روی آن‌ها داشته باشد، موضوعی است که با محاسبهٔ ضرایب الگویابی در این پژوهش محقق شده است. با توجه به اینکه مدل از نوع RAM است، می‌توان به‌راحتی در بازه‌های مختلف عددی از آن استفاده کرد و برای کنترل جریان اطلاعات و محاسبات مدل به افزودن شروط جدید به مدل نیاز نیست. اهمیت موضوعِ روشن شدن وضعیت کارایی بخشی برای تصمیم‌گیرنده بسیار حیاتی است، به‌دلیل اینکه ضعف‌های رابط کاربری کاملاً مشخص خواهد شد و به تصمیم‌گیرنده منطق صحیح سرمایه‌گذاری را معرفی خواهد کرد.



شکل ٤. تفکیک کارایی به زمینه فعالیت هر یک از رابط‌های کاربری مورد بررسی



شکل ۵. متوسط کارایی بخشی

کمترین حد متوسط کارایی به بخش تبلیغات مربوط می‌شود که در بین بخش‌ها به کمترین سطح کارایی دست یافتهjsh . این تحلیل از کارایی‌های بخشی، نشان‌دهندهٔ ضعف رابط‌های کاربری در بخش تبلیغات است که در کل موجب ضعف سراسری رابط کاربری می‌شود.

محدودیت‌های پژوهش و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

از آنجایی که صفحات رابط کاربری در طی زمان دستخوش تغییر می‌شدند، برای حفظ یکسانی محتوا برای همهٔ آزمایش‌شونده‌ها از صفحات رابط کاربری فیلم‌برداری شد و در معرض دید و بازدید شونده‌ها قرار گرفت.

بسط مدل به یک مدل دینامیک، می‌تواند موضوع پژوهشی باشد که تصمیم‌گیرنده را در رابطه با تغییرات دوره‌ای و زمانی در یک رابط کاربری آگاه سازد. بنابراین کارایی در این پژوهش با توجه به کارایی بخشی و کارایی در دورهٔ زمانی مشخص می‌شود؛ مانند کارایی در رویدادهای تاریخی و رویدادهای خبری. نگاه فازی به پژوهش با استفاده از متغیرهای فازی، می‌تواند در آینده از کارایی رابط کاربری درک منطقی‌تری ایجاد کند. مدل حاضر برای پیش‌بینی شرایط کارایی در آینده، می‌تواند با الگوریتم‌های پیش‌بینی‌گر مانند الگوریتم سلول‌های عصبی ترکیب شود و کارایی رابط کاربری در آینده را به تصمیم‌گیرنده نمایش دهد. پارادایم رابط کاربری با نگرش توسعهٔ پایدار، می‌تواند به‌عنوان یک پژوهش بنیادی بر پایه این روش صورت گیرید.

منابع

ده بزرگی، پریسا (۱۳۹۴). *طراحی صفحات واسط کاربر در طراحی سایت*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی.

References

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, *2*(6), 429-444.

Deh Bozorgi, P. (2015). *User interface page design in website design* [Master's thesis, Islamic Azad University, Central Tehran Branch]. (*in Persian*)

Dursun, M. & Goker, N. (2019). A 2-tuple integrated DEA-based approach for neuromarketing technology evaluation. *Kybernetes,* 48(5), 949-966.

Etzold, V., Braun, A. & Wanner, T. (2019). Eye Tracking as a Method of Neuromarketing for Attention Research—An Empirical Analysis Using the Online Appointment Booking Platform from Mercedes-Benz. In *Intelligent Decision Technologies 2019: Proceedings of the 11th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT 2019), Volume 2* (pp. 167-182). Singapore: Springer Singapore.

Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society Series A*, 120, 253–381.

Fimberg, K., & Sousa, S. (2020, July). The impact of website design on users' trust perceptions. In *International conference on applied human factors and ergonomics* (pp. 267-274). Cham: Springer International Publishing.

Fortunato, V. C. R., Giraldi, J. d. M. E. & de Oliveira, J. H. C. (2014). A review of studies on neuromarketing: Practical results, techniques, contributions and limitations. *Journal of Management Research,* 6(2), 201.

Haugland, S. A., Myrtveit, I. & Nygaard, A. (2007). Market orientation and performance in the service industry: A data envelopment analysis. *Journal of Business Research*, 60(11), 1191-1197.

Kang, S. R. & Satterfield, D. (2019). Visual Identity Design for Responsive Web. In Advanced Methodologies and Technologies in Network Architecture, Mobile Computing, and Data Analytics (pp. 1828-1836): IGI Global.

Kannan, P. (2017). Digital marketing: A framework, review and research agenda. International *Journal of Research in Marketing,* 34(1), 22-45.

Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research,* 239(1), 1-16.

Lee, H., & Cho, C. H. (2020). Digital advertising: present and future prospects. *International journal of advertising*, *39*(3), 332-341.

Meyerding, S. G. H. & Mehlhose, C. M. (2020). Can neuromarketing add value to the traditional marketing research? An exemplary experiment with functional near-infrared spectroscopy (fNIRS). *Journal of business research*, 107, 172-185. doi:10.1016/j.jbusres.2018.10.052.

Wang, T., He, C., Jin, F. & Hu, Y. J. (2022). Evaluating the effectiveness of marketing campaigns for malls using a novel interpretable machine learning model. *Information systems research*, *33*(2), 659-677.