



Proposing a Customer Behavioral Electroencephalogram Model with Emphasis on Artificial Intelligence Based on the Science Mapping Approach

Ommolbanin Eyni Mirhosseinlou¹, Seyed Ahmad Ghasemi^{*2}, Yazdan Shirmohammadi³

1- PhD student in Business Administration, Marketing Management, Department of Management, Faculty of Educational Sciences and Counseling, Roudehen, Roudehen Azad University, Tehran, Iran.

2* - Faculty Member, Institute for Humanities and Social Studies, Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Payam Noor University, Department of Business Administration, Tehran, Iran.

Abstract

The aim of this research is to design and explain a science map in the field of customer behavior based on electroencephalogram (EEG) data with an emphasis on artificial intelligence and machine learning. With the expansion of interdisciplinary studies in neuromarketing, behavioral neuroscience, and smart technologies, the need to analyze the knowledge structure of this field and identify related conceptual clusters is increasingly felt. For this purpose, the present study uses a scientometric approach and synonym analysis and, by extracting data from the reputable scientific databases Scopus and Web of Science, has identified a network of frequently occurring keywords and basic concepts in this field. In the first step, general and specific keywords including terms such as EEG, neuromarketing, artificial intelligence, deep learning, customer decision-making, cognitive response, and neural network analysis were collected using a systematic review method. Then, scientific data related to these terms were collected from indexed articles between 2010 and 2024, and after initial refinement, a thesaurus network analysis was performed using VOSviewer software. The research findings indicate that the knowledge structure of this field can be categorized into five main clusters, including neuroscience and brain response analysis, artificial intelligence and predictive technologies, neuromarketing and branding, consumer psychology, and cognitive tools and customer behavior measurement. These clusters demonstrate the growing trend of interaction between neuroscience, EEG data analysis, and machine learning algorithms, and represent new approaches to understanding consumer behavior. The results showed that concepts such as EEG, artificial intelligence, machine learning, neuroscience, and consumer decision-making had the highest co-occurrence and conceptual weight in the scientific literature. Science mapping also visually identified semantic connections and future research directions and revealed existing knowledge gaps. This research, while contributing to the neuromarketing and cognitive neuroscience literature, will pave the way for designing more accurate predictive models for consumer behavior in the context of smart technologies. Finally, based on the results obtained, it was suggested that the development of open laboratories and cooperation between industry, academia, and research institutions in this field be strengthened to both produce real and reliable EEG data and provide a platform for the practical application of AI models in marketing. Such an approach can lead to improved customer experience, advertising effectiveness, and strategic decision-making in marketing, and ultimately provide a valuable scientific-practical framework for researchers and market activists.

Keywords: EEG, Artificial Intelligence, Neuromarketing, Consumer Behavior, Machine Learning

Citation:

Eyni Mirhosseinlou, O., Ghasemi, S.A. and Shirmohammadi, Y. (2025). Proposing a Customer Behavioral Electroencephalogram Model with Emphasis on Artificial Intelligence Based on the Science Mapping Approach. *Journal of Intelligent Marketing Management*, 6(3), 257-276.



ارائه الگوی الکتروانسیفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی مبتنی بر رویکرد نقشه علم

ام البنین عینی میرحسینلو^۱، سیداحمد قاسمی^{۲*}، یزدان شیرمحمدی^۳

۱- دانشجوی دکتری مدیریت بازرگانی، مدیریت بازاریابی، گروه مدیریت، دانشکده علوم تربیتی و مشاوره، رودهن، دانشگاه آزاد رودهن، تهران، ایران.

۲- عضو هیأت علمی پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات اجتماعی جهاد دانشگاهی، تهران، ایران.

۳- دانشیار دانشگاه پیام نور، گروه مدیریت بازرگانی، تهران، ایران.

چکیده

هدف این پژوهش، طراحی و تبیین نقشه علم در حوزه رفتار مشتریان بر اساس داده‌های الکتروانسیفالوگرام (EEG) با تأکید بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین است. با گسترش مطالعات میان‌رشته‌ای در بازاریابی عصبی، علوم اعصاب رفتاری و فناوری‌های هوشمند، ضرورت تحلیل ساختار دانشی این حوزه و شناسایی خوشه‌های مفهومی مرتبط بیش از پیش احساس می‌شود. بدین منظور پژوهش حاضر از رویکرد علم‌سنجی و تحلیل هم‌واژگانی بهره گرفته و با استخراج داده‌ها از پایگاه‌های معتبر علمی Scopus و Web of Science، شبکه‌ای از کلیدواژه‌های پرتکرار و مفاهیم اساسی این حوزه را شناسایی کرده است. در گام نخست، کلیدواژه‌های عمومی و اختصاصی شامل اصطلاحاتی همچون EEG، بازاریابی عصبی، هوش مصنوعی، یادگیری عمیق، تصمیم‌گیری مشتری، پاسخ‌شناختی، و تحلیل شبکه‌های عصبی با روش مرور نظام‌مند گردآوری شدند. سپس داده‌های علمی مربوط به این واژگان از مقالات نمایه‌شده در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ جمع‌آوری و پس از پالایش اولیه، تحلیل شبکه هم‌واژگانی با نرم‌افزار VOSviewer انجام شد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که ساختار دانشی این حوزه را می‌توان در قالب پنج خوشه اصلی شامل علوم اعصاب و تحلیل پاسخ مغزی، هوش مصنوعی و فناوری‌های پیش‌بینی، بازاریابی عصبی و برندینگ، روان‌شناسی مصرف‌کننده، و ابزارهای شناختی و سنجش رفتار مشتری دسته‌بندی کرد. این خوشه‌ها، روند رو به رشد تعامل بین علوم اعصاب، تحلیل داده‌های EEG و الگوریتم‌های یادگیری ماشین را نشان داده و بیانگر رویکردهای نوین در شناخت رفتار مصرف‌کننده هستند. نتایج نشان داد مفاهیمی مانند EEG، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، نوروساینس و تصمیم‌گیری مصرف‌کننده بیشترین هم‌رخدادی و وزن مفهومی را در ادبیات علمی داشته‌اند. همچنین ترسیم نقشه علم توانست پیوندهای معنایی و مسیرهای پژوهشی آینده را به صورت بصری مشخص کرده و شکاف‌های دانشی موجود را آشکار سازد. این پژوهش ضمن کمک به ادبیات بازاریابی عصبی و علوم اعصاب شناختی، زمینه‌ساز طراحی مدل‌های پیش‌بینی‌گر دقیق‌تر برای رفتار مصرف‌کننده در بستر فناوری‌های هوشمند خواهد بود. در پایان بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، پیشنهاد شد که توسعه آزمایشگاه‌های باز و همکاری بین صنعت، دانشگاه و نهادهای پژوهشی در این زمینه تقویت گردد تا هم داده‌های EEG واقعی و قابل‌اعتماد تولید شود و هم بستر به‌کارگیری عملی مدل‌های هوش مصنوعی در بازاریابی فراهم شود. چنین رویکردی می‌تواند به بهبود تجربه مشتری، اثربخشی تبلیغات، و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در بازاریابی منجر شود و در نهایت، یک چارچوب علمی-کاربردی ارزشمند برای پژوهشگران و فعالان بازار ارائه کند.

کلیدواژه‌ها: EEG، هوش مصنوعی، بازاریابی عصبی، رفتار مصرف‌کننده، یادگیری ماشین

استناد:

عینی میرحسینلو، ام البنین و قاسمی، سیداحمد و شیرمحمدی، یزدان. (۱۴۰۴). ارائه الگوی الکتروانسیفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی مبتنی بر رویکرد نقشه علم. مدیریت بازاریابی هوشمند، ۶(۳)، ۲۷۶-۲۵۷.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۲۴

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۴/۰۵/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۷/۰۵

<https://doi.org/JABM.3.2.15974.351256.3277>

نشریه مدیریت بازاریابی هوشمند، ۱۴۰۴، دوره ۶، شماره ۳، پیاپی ۲۹

ناشر: نشریه مدیریت بازاریابی هوشمند

نوع مقاله: علمی پژوهشی

© نویسنده‌گان



مقدمه

بازاریابی عصبی از حوزه‌های روان‌شناسی اجتماعی، بازاریابی و علوم اعصاب شناختی برای تجزیه و تحلیل مکانیسم‌های عصبی و روان‌شناختی ناشی از تصمیم‌ها و رفتارهای انسانی استفاده می‌کند (حسینی، ۱۴۰۲)؛ از این رو مطالعه‌ی این مکانیسم‌ها برای توضیح واکنش مصرف‌کنندگان به محرک‌های بازاریابی مفید است (سیندهو و بارتی، ۲۰۲۰). علوم اعصاب شناختی، اطلاعاتی درباره‌ی ترجیحات مصرف‌کننده در انتخاب محصولات را بیان می‌کند. این نگاه معمولاً با استفاده از روش‌های سنتی نظیر پرسشنامه، نظر سنجی، مصاحبه‌ی شخصی، مشاهدات، بررسی حالت‌ها و ارتباطات کلامی امکان‌پذیر نیست و سبب بهبود طراحی محصولات، قبل از عرضه‌ی واقعی در بازار می‌شود. در واقع روشی که مدیران برای ارائه‌ی محصول و فروش در نظر می‌گیرند، توسط علوم شناختی و بررسی نقشه‌های مغزی، تهیه و در اختیار آن‌ها قرار می‌گیرد. این امر موجب خواهد شد تا شرکت‌های تولیدکننده محصولات یا خدمات به اهداف خود به خوبی نزدیک شوند، بنابراین نقش علوم اعصاب شناختی در برندسازی و بازاریابی حائز اهمیت است (محسنی و بستام، ۱۴۰۲).

اصطلاح بازاریابی عصبی به ترکیب دو رشته یعنی عصب‌شناسی و بازاریابی اشاره دارد. این رشته در درجه اول از فناوری‌های پزشکی برای انجام مطالعات در مورد پاسخ مغز به شرایط مختلف استفاده می‌کند؛ اگر فردی از روش‌های سنتی تبلیغاتی که توسط شرکت‌های مختلف استفاده می‌شود، مثال بزند، زمانی که یک مصرف‌کننده یک محصول تجارت الکترونیکی را خریداری می‌کند و به چیزی ابراز علاقه می‌کند یا علاقه خود را از دست می‌دهد، تنها می‌تواند دیدگاه مصرف‌کننده را در مورد یک کالا به دست آورد و هیچ اطلاعاتی از آن ندارد. فعالیت‌هایی که در ضمیر ناخودآگاه مصرف‌کننده در زمان خرید انجام می‌شود؛ در نتیجه، فرد نمی‌تواند بین ترجیحات مشتریانی که محصول را دوست دارند یا دوست ندارند، تمایز قائل شود (سولومون، ۲۰۱۸). در این شرایط می‌توان از سیگنال‌های EEG برای تعیین اولویت مشتری در مورد محصول استفاده کرد. تقریباً ۹۰ درصد از داده‌ها در ذهن انسان به صورت ناخودآگاه پردازش می‌شوند (هریس و همکاران، ۲۰۱۸). اگر حوزه‌های بازاریابی عصبی و عصب‌شناسی مصرف‌کننده در نظر گرفته شود، روش‌های مرسوم تحقیقات بازاریابی نمی‌توانند بینشی نسبت به فعالیت‌های ناخودآگاه مشتریان به دست آورند. اطلاعاتی که می‌توان با استفاده از بازاریابی عصبی به دست آورد، نسبت به اطلاعاتی که می‌توان از رویکردهای سنتی بازاریابی کرد نیز دقیق‌تر است. این به این دلیل است که تصمیمات مصرف‌کنندگان تحت تأثیر باورهای ناخودآگاه آنها است. از آنجایی که تحقیقات بازار سنتی بر فرآیندهای ناخودآگاهی که در مغز مشتری هنگام تصمیم‌گیری خرید رخ می‌دهد متمرکز نمی‌شود، بین یافته‌های تحقیقات بازار سنتی و رفتار واقعی مشتریان در محل فروش تفاوت وجود دارد که این شکاف نیازمند بررسی و تحلیل رفتاری مصرف‌کنندگان از منظر حوزه‌ی عصب‌شناسی یا الکتروانسفالوگراف است (علی شاه و همکاران، ۲۰۲۴).

پژوهشگران تاکنون روش‌ها و ابزارهای مختلفی را برای تحلیل رفتار مصرف‌کننده، پدیده‌ی تبلیغات و بازاریابی توسعه داده‌اند و ابزارهای مختلفی نظیر الکتروانسفالوگرافی، مگنتوانسفالوگرام، تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی، برش نگاری با گسیل پوزیترون، تحریک مغناطیسی مغز، پتانسیل‌های وابسته به رویداد، هدایت الکتریکی پوست، الکترومایوگرافی، صورت، پلتیسموگراف، نرخ ضربان قلب و ردیابی حرکات چشمی در حوزه‌ی بازاریابی عصبی استفاده شده است. بسیاری از پژوهشگران علاقه‌مند به مطالعه‌ی درباره‌ی منشأ پدیده، یعنی مغز برای ترجیحات و رفتار مصرف‌کنندگان هستند، برای نمونه برخی پژوهشگران مطالعه‌های fMRI را

¹ Sindhu P, Bharti

² Solomon

³ Harris et al

⁴ Ali Shah et al

ترجیح می‌دهند، با این حال تحلیل سیگنال‌های EFG و ردیابی حرکات چشم به دلیل کاهش هزینه‌ها و پیشرفت‌های سریع فناوری رو به افزایش است (هریس و همکاران، ۲۰۱۸).

با مطالعه‌ی ادبیات گذشته مشاهده می‌شود پژوهش در حوزه‌ی بازاریابی عصبی به ویژه در حوزه الکتروانسفالوگرام رفتاری مشتریان و هوش مصنوعی در حوزه بازاریابی، همچنان جذاب و هنوز به سطحی از رضایت مندی نرسیده است. این رساله، بر دو مسأله‌ی اصلی به شکر ذیل تمرکز دارد:

مسیر تکاملی در حوزه‌ی بازاریابی مبتنی زمینه‌ی عصب‌شناسی به طور ویژه در حوزه‌ی مطالعاتی الکتروانسفالوگرام چگونه است که به این منظور سعی می‌شود در این رساله با شناسایی، پالایش، دسته‌بندی، جمع‌آوری و رتبه‌بندی موضوعات کلیدی مقالات و پژوهش‌های مرتبط یک نقشه‌ی علمی جامع ترسیم شود و بیش گسترده‌ای در مورد ساختار فکری و مطالعاتی آن جهت بهره‌برداری محافل علمی و تحقیقاتی ارائه شود؛

چه موضوعات نوظهوری در میان مقالات و مطالعات مرتبط در زمینه‌ی الکتروانسفالوگرام وجود دارد که می‌تواند در آینده محققان حوزه‌ی بازاریابی عصبی را راهنمایی کند و آن‌ها را در راستای تحقیقات بیشتر کمک نماید.

پیشینه پژوهش

برهانی و استخری‌فر در سال ۱۴۰۲ در مقاله‌ی خود به تبیین نقش بازاریابی عصب پایه در بازاریابی الکترونیکی پرداختند. بر اساس مرور مقالات و تحقیقات انجام گرفته در این مقاله، در زمینه‌ی نورومارکتینگ و نقش آن در بازاریابی الکترونیکی که یکی از علوم نوپا در بازاریابی می‌باشد و همچنین استفاده از هوش مصنوعی و تاثیرات مثبت اما نچندان کامل آن در مورد محتوای تبلیغات و تاثیر آن بر تصمیم‌گیری، در ابتدا به بررسی تاثیر هماهنگی تبلیغات با طرح و رنگ بسته بندی و محتوای کالا یا خدمات با کمک دستگاه، FMRI که با استفاده از آن فعالیت‌های مغز و تصمیمات بخش ناخودآگاه را کاوش کرده و نتایج مثبت آن در این زمینه را نشان داده شد و همچنین به اثربخشی تبلیغات آنلاین با استفاده از فناوری AR و بررسی مولفه‌های زیباشناسی و سرگرمی و آموزش تاثیر مثبت این موارد بر احساس رضایت مشتری از تبلیغات را بررسی شدند؛ یافته‌های پژوهش نشان داد که مدیران می‌توانند از رنگها برای افزایش یا کاهش اشتها، تقویت روحیه، آرام کردن مشتری و کاهش درک زمان انتظار استفاده کنند؛ سپس به بررسی تاثیر منفی بلند مدت عدم انسجام محتوای تبلیغات و محتوای صفحه، هر چند در کوتاه مدت باعث افزایش توجه بصری به تبلیغات شود؛ در مقابل همخوانی که باعث یادآوری در بلند مدت می‌شود پرداخته شد و در انتها به تحلیل چگونگی رقابت تبلیغات آنلاین جاسازی شده در رسانه‌های اجتماعی با نشانه‌های ابتکاری UGC برای تاثیرگذاری مثبت بر الگوهای توجه بصری و تعامل بیشتر با مشتری که منتهی به جذب و در نهایت خرید می‌شود اشاره گردید. محسنی و بستام در سال ۱۴۰۲ در مقاله‌ی خود به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در اثربخشی فعالیت‌های ترفیعی شرکت با استفاده از رویکرد بازاریابی عصبی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که ابعاد و مولفه‌های علقه و مشارکت، دانش و آگاهی و اخلاق از متغیر بازاریابی عصبی مورد شناسایی قرار گرفتند و مهم‌ترین عوامل مؤثر در فعالیت‌های ترفیعی شرکت با رویکرد بازاریابی عصبی به ترتیب، مولفه روابط عمومی سپس تبلیغات، پیشبرد فروش، بازاریابی مستقیم و فروش شخصی می‌باشد. همایون فر و همکاران در سال ۱۴۰۱ در مقاله‌ی خود به بررسی رابطه‌ی به خاطر سپاری پیام‌های بازرگانی و هیجانات دیداری و شنیداری با استفاده از رویکرد بازاریابی عصبی پرداختند و نتایج تحقیق نشان داد که بین احساسات و هیجانات در حین تماشای آگهی بازرگانی منتخب و کلمات، آواها و تصاویر به یادآورده شده همبستگی معناداری وجود دارد. به علاوه، بین احساسات و هیجانات در حین تماشای آگهی بازرگانی معمولی و کلمات، آواها و تصاویر به یادآورده شده همبستگی معنادار وجود ندارد. قانندی و همکاران در سال ۱۴۰۱ در

مقاله‌ی خود به بررسی پاسخ‌های عصبی روان‌شناختی به راهبرد صحنه‌گذاری و تخفیف در محصولات ورزشی پرداختند که نتایج تحقیق نشان داد که نتایج نشان داد که میزان تغییرات امواج آلفا و بتا در راهبرد صحنه‌گذاری کمتر از راهبرد تخفیف است و این راهبرد درگیری بیشتری در ناحیه فرونتال مغزی که مرتبط با توجه است، ایجاد می‌کند. نتیجه‌گیری: با توجه به تأثیر بیشتر راهبرد صحنه‌گذاری بر پاسخ‌های عصبی روان‌شناختی مصرف‌کنندگان در مقایسه با راهبرد تخفیف، می‌توان به وسیله آن زمینه ترغیب بیشتر مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات ورزشی را فراهم نمود. حسینی در سال ۱۴۰۱ در مقاله‌ی خود به بررسی تشخیص ترجیحات مصرف‌کننده از سیگنال‌های EEG به کمک تبدیل موجک گسسته و پیچیدگی لپل زیو و شبکه عصبی عمیق به این نتیجه دست یافتند که مقدار مؤلفه‌های دقت ۸۲ درصد، فراخوانی ۸۷/۵ درصد و صحت ۸۷/۵ درصد برای تشخیص دو دسته‌ی پسندیدن و نپسندیدن پس از پنج بار متوسط‌گیری حاصل شده است. در این پژوهش اثر تبلیغات بر فعالیت مغز مصرف‌کنندگان با تحلیل سیگنال‌های EEG بررسی شد. نتایج تجربی بر روی مدل پیشنهادی نشان می‌دهد که مطالعات در این زمینه می‌تواند باعث تغییر و بهبود راهبردهای بازاریابی برای بهبود عملکرد تولیدکننده و رضایت مصرف‌کننده شود و در نهایت، به منفعت متقابل منجر شود. امیری و داوری در سال ۱۴۰۱ در مقاله‌ی خود به تحلیل عوامل پیش‌برنده و بازدارنده بازاریابی عصبی در حوزه‌ی تبلیغات پرداختند که نتایج نشان عوامل پیش‌برنده بازاریابی عصبی در حوزه تبلیغات شامل سه دسته پیشران‌های مرتبط با کسب و کار، پیشران‌های مرتبط با بازاریابان و آژانس‌های تبلیغاتی هستند. سلطان و همکاران در سال ۱۴۰۰ در مقاله‌ی خود به بررسی نقش آگهی‌های تبلیغاتی مرتبط با ورزش در پارک در تغییرات امواج مغزی افراد با استفاده از QEEG پرداختند و نتایج نشان که امواج مغزی افراد در مرحله پس‌آزمون (مشاهده تصاویر منطقی و هیجانی) نسبت به مرحله پیش‌آزمون (مشاهده صفحه سفید) کاهش یافت، که این کاهش هنگام مشاهده تصاویر هیجانی بیشتر بود. از آنجا که کاهش امواج آلفا نشان‌دهنده افزایش توجه و بار شناختی است، به متولیان امر ورزش همگانی و به خصوص ورزش در پارک‌های شهر اصفهان پیشنهاد می‌شود به منظور تهییج شهروندان به ورزش و فعالیت بدنی در پارک‌ها از جاذبه‌های تبلیغاتی، به ویژه جاذبه‌های هیجانی، استفاده کنند. حکیم و همکاران در سال ۲۰۲۳ در مقاله‌ی خود به بهبود پیش‌بینی اولویت‌ها از طریق گزارش‌های شخصی با استفاده از اندازه‌گیری EEG چندگانه و یادگیری ماشین پرداختند. آن‌ها به کمک توان‌های باندهای فرونتال، عدم تقارن نیمکره، همبستگی میان کاربری و SVM به درصد صحت ۶۸/۵ در پیش‌بینی محصولاتی رسیدند که بیشترین و کمترین ارجحیت را دارند. کالاکانیس و همکاران در سال ۲۰۲۳ در مقاله‌ی خود به نظرسنجی درباره‌ی گذشته، حال و آینده طرح‌های EFG ترکیبی در بازاریابی عصبی پرداختند، با این حال آن‌ها بیان کردند با وجود استفاده گسترده از سیگنال EEF در بازاریابی عصبی این روش تصویر کاملی را به تنهایی ارائه نمی‌دهد. به منظور غلبه بر محدودیت‌های استفاده از یک روش واحد، پژوهشگران بر رویکردهای کل نگر تمرکز می‌کنند. بهره‌برداری از طرح‌های EFG ترکیبی به عنوان نمونه ترکیب EFG با ردیابی حرکات چشم، فعالیت الکترودرمال، ضربان قلب یا موارد دیگر روز به روز در حال رشد است و امیدوارند بازاریابان عصبی بتوانند رفتار مصرف‌کنندگان را آشکار کنند. علی شاه در سال ۲۰۲۳ در مقاله‌ی خود به بررسی پیش‌بینی رفتار و احساس مشتریان به وسیله‌ی سیگنال‌های EEG از طریق کاربرد رویکردهای بازاریابی عصبی پرداختند و نتایج نشان داد که مدل ترکیبی پیشنهادی از دیگر طبقه‌بندی‌کننده‌ها مانند RF، SVM و DNN بهتر عمل می‌کند و به دقت ۹۶٫۸۹ درصد دست می‌یابد. در روش پیشنهادی، دقت، حساسیت، ویژگی، دقت و امتیاز بالایی برای ارزیابی و مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های پیشرفته اخیر محاسبه شد. لیم در سال ۲۰۲۰ در مقاله‌ی خود با رویکرد تغییر شکل بازاریابی عصبی؛ سوالات کلیدی درباره‌ی بازاریابی عصبی را مطرح کردند و راه‌های مختلفی را برای گسترش معنادار خطوط پژوهشی در زمینه بازاریابی عصبی مشخص نمودند. یورال و همکاران در سال ۲۰۲۰ در مقاله‌ی خود به کمک سیگنال‌های EEG، PPG و GSR به بازاریابی عصبی پرداختند که به تجزیه و تحلیل رابطه‌ی بین الکترودها و استرس هیجانی

در سراسر تبلیغات تجاری مربوط می‌شود. آن‌ها از همبستگی موجک و اختلاف فاز برای تحلیل سیگنال EEG، از توان در باند فرکانسی بالا و باند فرکانسی پایین برای تحلیل سیگنال GSR استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان دادند اختلاف معناداری بین همبستگی موجک و اختلاف فاز و همچنین نسبت باند فرکانسی پایین به باند فرکانسی بالا بین مرحله آزمایش و مرحله کنترل وجود دارد، اما در سطح هدایت پوست وجود ندارد. گلنارنیک و همکارانش در سال ۲۰۱۹ به کمک توان سیگنال EFG برای پیش بینی و تفسیر تصمیم‌گیری مصرف‌کننده پرداختند. آن‌ها نشان دادند اضافه کردن رنگ پس زمینه به تبلیغات طراحی شده، تأثیر مثبتی بر میزان علاقه به محصولات دارد. برای هر کدام از برندها چهار نوع تبلیغ استفاده شده است و در جریان آزمایش تبلیغات از حالت ساده به سمت پیچیده تغییر می‌کنند. نتایج این پژوهش نشان داد که تبلیغات در صورت ساده‌تر بودن بیشتر مصرف‌کننده را مجاب به خرید می‌کنند؛ در نتیجه تجزیه و تحلیل سیگنال‌های EFG می‌تواند به عنوان یک ابزار مفید برای پیش بینی تصمیم‌گیری مصرف‌کننده استفاده شود؛ در حالی که برای به دست آوردن دقیق‌تر دیگر ویژگی‌ها باید برای تمایز بین تنظیمات مختلف آزمایش شوند.

روش‌شناسی پژوهش

رساله حاضر با عنوان «ارائه الگوی الکتروانسفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی مبتنی بر رویکرد نقشه علم» در زمره تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد. هدف اصلی آن توسعه دانش عملی و قابل استفاده در حوزه بازاریابی به‌ویژه در تقاطع دو حوزه تخصصی بازاریابی عصبی و هوش مصنوعی است. در این تحقیق، از رویکرد نقشه علم به عنوان یک ابزار تحلیلی برای شناسایی جریان‌های دانشی، روندهای پژوهشی و شکاف‌های موجود در ادبیات استفاده شده است. این رویکرد به پژوهشگر این امکان را می‌دهد تا با بهره‌گیری از تحلیل ساختاری و شبکه‌ای، چارچوبی مفهومی برای شناخت بهتر رفتار مشتریان از منظر عصبی ارائه دهد. در فرایند اجرای روش نقشه علم، ابتدا مجموعه‌ای از کلیدواژه‌های تخصصی مرتبط با مفاهیم اصلی تحقیق از جمله «الکتروانسفالوگرام، بازاریابی عصبی»، «رفتار مصرف‌کننده» و «هوش مصنوعی» استخراج شد. این کلیدواژه‌ها با توجه به مطالعات پیشین، منابع معتبر علمی و مشاوره با خبرگان حوزه انتخاب گردیدند. سپس با جست‌وجو در پایگاه‌های داده علمی معتبر (نظیر Scopus یا Web of Science)، مقالات مرتبط بازاریابی و داده‌های خام گردآوری شدند. در مرحله پالایش، مقالات غیرمرتبط یا تکراری حذف و تنها داده‌های دارای بیشترین ارتباط نگاه‌داری شد. در گام بعد، خوشه‌بندی مفاهیم، ترسیم شبکه‌های هم‌رخدادی واژگان، و تحلیل ساختاری خوشه‌ها انجام شد. تفسیر نتایج به استخراج حوزه‌های کلیدی، شناسایی روندهای نوظهور و همچنین تدوین چارچوبی نوین برای تحلیل رفتار مصرف‌کننده با رویکرد عصبی و مبتنی بر هوش مصنوعی منجر شد.

یافته‌های پژوهش

در راستای دستیابی به هدف اصلی پژوهش که همانا ارائه الگویی نوین از رفتار مشتریان مبتنی بر داده‌های الکتروانسفالوگرام با تأکید بر هوش مصنوعی است، از رویکرد نقشه علم به عنوان یک روش تحلیلی ساخت یافته بهره گرفته شده است. نقشه علم (روشی است برای تحلیل ساختار دانش و کشف روابط بین مفاهیم کلیدی در حوزه‌های پژوهشی گوناگون، که امکان ترسیم چشم‌اندازی بصری و منطقی از حوزه علمی مورد نظر را فراهم می‌کند. این روش نه تنها به شناسایی موضوعات پرتکرار و پرجام کمک می‌کند، بلکه روندهای نوظهور، شکاف‌های دانشی، و خوشه‌های مفهومی را نیز آشکار می‌سازد. از آن‌جا که پژوهش حاضر در مرز دانش بازاریابی عصبی، هوش مصنوعی و تحلیل سیگنال‌های مغزی (EEG) قرار دارد، استفاده از روش نقشه علم به پژوهشگر امکان می‌دهد تا تصویری کل‌نگر و در عین حال دقیق از ادبیات علمی در این حوزه‌ها به دست آورد. در واقع، این روش، بستری برای تحلیل هم‌واژگانی، خوشه‌بندی

مفاهیم، و شناسایی محوری ترین موضوعات تحقیقاتی فراهم می‌سازد که مقدمه‌ای ضروری برای توسعه مدل مفهومی در ادامه مسیر پژوهش محسوب می‌شود. فرآیند اجرای نقشه علم در این پژوهش شامل چند مرحله کلیدی است که به صورت گام به گام اجرا شده‌اند. این مراحل عبارتند از: انتخاب و استخراج کلیدواژه‌های مفهومی مرتبط، جست‌وجو و گردآوری داده‌ها از پایگاه‌های علمی معتبر، پالایش اطلاعات و آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل، و در نهایت تحلیل شبکه‌ای و خوشه‌بندی مفاهیم انجام می‌شود.

۱- استخراج کلیدواژه‌های عمومی

فرآیند استخراج کلیدواژه‌های مفهومی به عنوان نخستین گام در اجرای نقشه علم، نقشی محوری در کیفیت و اعتبار تحلیل ساختار دانشی ایفا می‌کند. در این پژوهش، با توجه به ماهیت میان‌رشته‌ای موضوع که ترکیبی از بازاریابی عصبی، تحلیل سیگنال‌های EEG و کاربرد هوش مصنوعی در رفتار مصرف‌کننده است، تلاش شد تا واژگان کلیدی منتخب بتوانند گستره مفهومی مناسبی از حوزه‌های موردنظر را پوشش دهند. انتخاب کلیدواژه‌ها نه تنها بر اساس مطالعات پیشین انجام گرفت، بلکه از طریق مشاوره با خبرگان دانشگاهی و بررسی سیستماتیک ادبیات نیز تکمیل شد. ابتدا یک مرور نظام‌مند اولیه بر ادبیات پژوهش‌های بین‌المللی منتشر شده در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ انجام گرفت. در این مرحله، مجموعه‌ای از واژگان پرتکرار در حوزه‌های مختلف مرتبط شناسایی شدند. این واژگان شامل کلمات پایه‌ای نظیر "Marketing", "EEG", "Brain Activity", "Consumer Behavior", "Neuroscience" و "Artificial Intelligence" بودند. با تحلیل هم‌واژگانی اولیه و استفاده از نرم‌افزارهای تحلیل متنی، لیستی از بیش از ۱۰۰ کلیدواژه اولیه به دست آمد که با توجه به زمینه تحقیق، فیلتر و بازنگری شد.

در مرحله بعد، کلیدواژه‌ها به دو دسته عمومی و اختصاصی تقسیم شدند. واژگان عمومی بیشتر به مفاهیم فراگیر در حوزه‌های اصلی تحقیق مانند «بازاریابی»، «رفتار مشتری»، «علوم اعصاب»، و «یادگیری ماشین» اشاره دارند، در حالی که کلیدواژه‌های اختصاصی به موضوعات دقیق‌تر نظیر "Emotional Valence", "Consumer Neuroscience", "Frontal Cortex Activation" و می‌پردازند. این تفکیک به پژوهشگر امکان داد تا جست‌وجوی خود را هم در سطح کلی و هم در سطح تخصصی مدیریت کند و از پوشش ناقص یا جهت‌گیری نامناسب جلوگیری نماید.

به منظور اعتبارسنجی نهایی کلیدواژه‌ها، فهرست نهایی در اختیار دو نفر از اساتید متخصص در حوزه‌های بازاریابی دیجیتال و علوم اعصاب رفتاری قرار گرفت. بازخوردهای دریافتی منجر به افزودن چند واژه ترکیبی مهم از جمله "Neuromarketing Strategy", "ERP Components", "EEG Consumer Testing" و "Brand Engagement with AI" شد. همچنین، چند واژه عمومی اما رایج که دقت پایینی داشتند، حذف گردیدند تا تمرکز بر مفاهیم هسته‌ای حفظ شود. در پایان این مرحله، فهرست نهایی کلیدواژه‌ها مشتمل بر ۴۳ واژه ترکیبی و اصلی در حوزه‌های سه‌گانه تحقیق تهیه شد. این واژگان به عنوان ورودی جست‌وجوی منابع علمی در پایگاه‌هایی مانند Scopus و Web of Science مورد استفاده قرار گرفتند. انتخاب این کلیدواژه‌ها به گونه‌ای صورت گرفت که هم پوشش مناسبی با ادبیات بازاریابی عصبی و فناوری‌های شناختی برقرار باشد و از طرفی، زمینه را برای ترسیم دقیق نقشه دانشی و استخراج خوشه‌های علمی فراهم سازد.

جدول ۱: کلیدواژه‌های مطالعه

کلیدواژه انگلیسی	کلیدواژه فارسی
Neuromarketing	بازاریابی عصبی
Consumer Behavior	رفتار مصرف کننده
Consumer Neuroscience	علوم اعصاب مصرف کننده
Brain Activity	فعالیت مغزی
Electroencephalogram (EEG)	نوار مغزی (EEG)
Brain Signals	سیگنال‌های مغزی
Digital Marketing	بازاریابی دیجیتال
Artificial Intelligence	هوش مصنوعی
Machine Learning	یادگیری ماشین
Natural Language Processing (NLP)	پردازش زبان طبیعی
Consumer Mental Engagement	درگیری ذهنی مصرف کننده
Emotional Response	واکنش احساسی
Purchase Motivation	انگیزش خرید
ERP Components	اجزای ERP
Emotional Valence	ولانس هیجانی
Emotional Arousal	انگیختگی هیجانی
Frontal Cortex Activation	فعال سازی قشر پیش پیشانی مغز
Neurobranding	برندسازی عصبی
Consumer-Brand Interaction	تعامل مصرف کننده با برند
Visual Perception	درک بصری
Visual Stimuli	محرک‌های دیداری

پردازش شناختی	Cognitive Processing
تصمیم‌گیری خرید	Purchase Decision-Making
طراحی تجربه مشتری	Customer Experience Design
آزمایش EEG روی مشتریان	EEG Consumer Testing
استراتژی بازاریابی عصبی	Neuromarketing Strategy
تحلیل شبکه عصبی	Neural Network Analysis
الگوریتم‌های یادگیری ژرف	Deep Learning Algorithms
درک احساسی مشتریان	Customer Emotional Perception
تعامل برند با هوش مصنوعی	Brand Engagement with AI
مدل‌سازی شناختی	Cognitive Modeling
تجزیه و تحلیل خوشه‌ای	Cluster Analysis
نقشه علم	Science Mapping
تحلیل هم‌واژگانی	Co-word Analysis
شبکه مفاهیم	Conceptual Network
تحریک نورونی	Neural Stimulation
اقتصاد رفتاری	Behavioral Economics
روانشناسی مصرف‌کننده	Consumer Psychology
استراتژی محتوا	Content Strategy
تبلیغات مبتنی بر مغز	Brain-based Advertising
زمان واکنش مغز	Brain Response Time
سیستم‌های تصمیم‌گیری مغز	Brain Decision Systems

۲- جست‌وجو و گردآوری داده‌ها

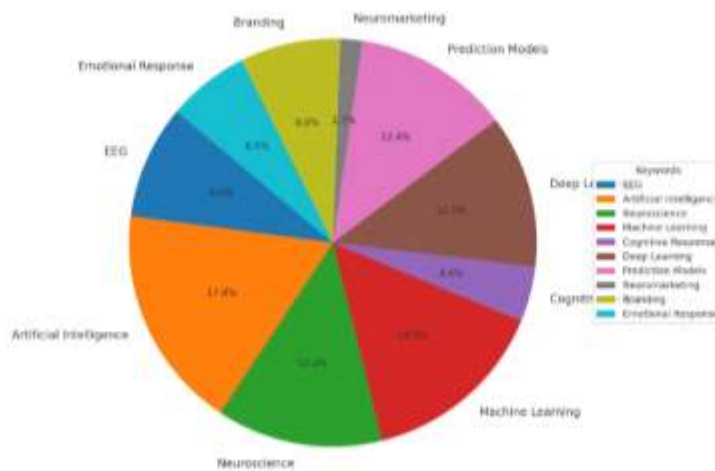
در مرحله جست‌وجو و گردآوری داده‌ها، هدف اصلی تهیه و جمع‌یک مجموعه داده علمی معتبر و جامع از مقالات مرتبط با حوزه‌های بازاریابی عصبی، رفتار مصرف‌کننده، EEG و هوش مصنوعی بود. در این راستا، دو پایگاه داده علمی معتبر بین‌المللی یعنی Scopus و Web of Science (WOS) به عنوان منابع اصلی اطلاعات علمی انتخاب شدند. انتخاب این دو پایگاه به دلیل پوشش گسترده، نمایه‌سازی معتبر مجلات و قابلیت استخراج اطلاعات ساختاریافته صورت گرفت. همچنین برای اطمینان از کیفیت داده‌ها، تنها مقالاتی که در مجلات دارای نمایه Q1 و Q2 منتشر شده بودند، در اولویت قرار گرفتند. جست‌وجو با استفاده از کلیدواژه‌های نهایی انتخاب‌شده انجام گرفت. ترکیب‌های متنوعی از این واژگان با بهره‌گیری از عملگرهای بولی OR و AND افزایش دقت و جامعیت نتایج به کار گرفته شد. به عنوان نمونه، ترکیب‌هایی مانند "EEG AND Consumer Behavior AND Artificial Intelligence" یا "Neuromarketing AND Brain Activity AND Deep Learning" برای پوشش حوزه‌های میان‌رشته‌ای مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین بازه زمانی جست‌وجو از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ تعیین شد تا روندهای نوین در استفاده از فناوری‌های شناختی و هوش مصنوعی در بازاریابی را پوشش دهد. در مرحله پالایش اولیه، پس از دریافت نتایج جست‌وجو، مقالات تکراری، کنفرانسی، و غیرمرتبط حذف شدند. سپس فرآیند غربالگری ثانویه با بررسی چکیده‌ها و کلمات کلیدی هر مقاله انجام گرفت. در این مرحله مقالاتی که صرفاً جنبه نظری داشتند اما فاقد ارتباط مستقیم با مفاهیم ترکیبی EEG و رفتار مشتری بودند، کنار گذاشته شدند. معیارهای نگه‌داشت شامل برخورداری از روش‌شناسی علمی معتبر، داده‌های تجربی قابل تحلیل، و صراحت در اتصال موضوعی میان مغز، مصرف‌کننده و فناوری بود. پس از پالایش نهایی، تعداد ۳۵۴ مقاله از پایگاه Scopus و ۲۷۹ مقاله از Web of Science باقی ماند که در مجموع ۶۳۳ مقاله به عنوان بانک داده اولیه در نظر گرفته شدند. اطلاعات استخراج‌شده شامل عنوان مقاله، نویسندگان، سال انتشار، مجله، کلمات کلیدی، چکیده و مراجع بود. در مرحله‌ی آخر اطمینان حاصل شد که پایگاه داده به دست آمده دارای تنوع جغرافیایی و مفهومی مناسبی است. مقالات انتخاب‌شده توسط پژوهشگرانی از حوزه‌های بازاریابی، علوم اعصاب، روان‌شناسی و علوم داده تألیف شده‌اند. این تنوع، غنای تحلیل خوشه‌های علمی را افزایش داده و زمینه‌ساز تفسیرهای دقیق‌تری از ساختار دانشی حوزه رفتار مشتری بر اساس EEG و هوش مصنوعی شد. این داده‌ها در گام‌های بعدی برای تحلیل نقشه علم، شناسایی خوشه‌ها و تفسیر روندهای علمی مورد استفاده قرار گرفتند. در راستای تحلیل ساختار دانشی حوزه «الکتروانسانفولوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی»، شناسایی واژه‌های پرتکرار در مقالات علمی منتشرشده از اهمیت بسزایی برخوردار است، زیرا این واژه‌ها نمایانگر مفاهیم کلیدی، روندهای غالب پژوهشی، و کانون‌های تمرکز مطالعاتی هستند. در این پژوهش با بهره‌گیری از نرم‌افزار VOSviewer و تحلیل داده‌های استخراج‌شده از پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر مانند Scopus و Web of Science، پرتکرارترین کلیدواژه‌های به کاررفته در متون علمی مرتبط با این حوزه شناسایی شدند. جدول (۱)، شامل ۶۰ واژه کلیدی پرتکرار به همراه تخمین فراوانی تکرار آن‌ها در مقالات بین‌المللی است که نمایانگر توزیع مفهومی دانش در این زمینه بوده و می‌تواند مبنایی برای طراحی مدل‌های مفهومی، ترسیم نقشه علم، و جهت‌دهی به تحقیقات آتی در حوزه تعامل علوم اعصاب، بازاریابی رفتاری و فناوری‌های هوشمند باشد.

جدول ۲: تعداد فراوانی کلیدواژه‌ها در مقالات منتخب

تعداد تکرار در مقالات	کلیدواژه‌ها	ردیف	تعداد تکرار در مقالات	کلیدواژه‌ها	ردیف
84	Electroencephalography	31	186	EEG	1
83	Signal Processing	32	179	Artificial Intelligence	2
81	Multimodal Interfaces	33	172	Consumer Behavior	3
79	Behavioral Metrics	34	166	Neuroscience	4
77	Marketing Psychology	35	159	Machine Learning	5
75	Biofeedback	36	148	Deep Learning	6
74	Affective Computing	37	141	Cognitive Response	7
73	Mental Workload	38	138	Neuromarketing	8
72	Customer Journey	39	136	Decision Making	9
71	Reaction Time	40	133	Emotional Response	10
70	User Experience	41	128	Attention Measurement	11
69	Decision Support Systems	42	124	Eye Tracking	12
68	Cross-Modal Analysis	43	121	Advertising Effectiveness	13
67	Computational Neuroscience	44	118	Branding	14
66	Purchase Intention	45	114	Neuroimaging	15
65	Real-Time Analysis	46	111	Prediction Models	16
64	Attention Span	47	108	Brain-Computer Interface	17
63	Feature Extraction	48	105	Cognitive Load	18
61	Biometric Signals	49	103	Customer Experience	19
60	Neural Response	50	101	Human-Computer Interaction	20
59	Eye Movement	51	98	Visual Attention	21
58	Attention Shifts	52	97	Stimuli	22
57	Mental Fatigue	53	95	Data Mining	23
56	Adaptive Systems	54	94	Pattern Recognition	24
55	Behavioral Prediction	55	93	Event-Related Potentials (ERP)	25
53	Time-Series Analysis	56	92	User Engagement	26

52	Personalization	57	91	Sentiment Analysis	27
51	Visual Stimuli	58	89	fMRI	28
50	Recommender Systems	59	87	P300	29
49	Psychological Targeting	60	85	Cognitive Neuroscience	30

در ادامه؛ نمودار شکل (۱) نمایی بصری از توزیع فراوانی کلیدواژه‌های پرتکرار در حوزه پژوهشی «الکتروانسفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی» ارائه می‌دهد. این نمودار بر اساس تحلیل هم‌واژگانی مقالات علمی استخراج شده از پایگاه‌های معتبر و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای علم‌سنجی تهیه شده است. هدف از ترسیم این نمودار، شناسایی میزان تمرکز پژوهش‌ها بر مفاهیم کلیدی و تعیین وزن نسبی هر کلیدواژه در ساختار دانشی این حوزه است. کلیدواژه‌هایی مانند EEG، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، بازاریابی عصبی، و تصمیم‌گیری مصرف‌کننده، سهم قابل توجهی از واژگان پرتکرار را به خود اختصاص داده‌اند و نشان‌دهنده اولویت‌های موضوعی پژوهشگران در سال‌های اخیر هستند. این نمودار می‌تواند مبنایی مؤثر برای جهت‌دهی تحقیقات آتی و توسعه مطالعات میان‌رشته‌ای در تقاطع علوم اعصاب، هوش مصنوعی و بازاریابی باشد.



شکل ۱: نمودار دایره‌ای درصد فراوانی تکرار کلیدواژه‌ها

۳. پالایش و آماده‌سازی داده‌ها

پس از گردآوری اولیه داده‌ها از دو پایگاه Scopus و Web of Science، مجموعه‌ای بالغ بر ۶۳۳ رکورد علمی شامل اطلاعات کتاب‌شناختی، چکیده، کلیدواژه‌ها و منابع به دست آمد. نخستین گام در مرحله پالایش، حذف موارد تکراری بین دو پایگاه بود. مقالات دارای شناسه دیجیتال (DOI) یکسان شناسایی و حذف شدند. در نتیجه، تعداد نهایی مقالات یکتا به ۵۹۷ مورد کاهش یافت. این اقدام برای جلوگیری از اثرگذاری داده‌های تکراری در تحلیل هم‌واژگانی و اطمینان از یکتایی هر رکورد ضروری بود. یکی از اقدامات

کلیدی در این مرحله، پاک‌سازی داده‌ها از خطاهای نگارشی، املائی و ترکیب‌های متفاوت ولی هم‌معنا در کلیدواژه‌ها بود. به‌عنوان نمونه، واژه‌هایی مانند "هوش مصنوعی" و "الکتروآنسفالوگرام"^۲ و "EEG" با یکدیگر ترکیب شدند تا از تشتت معنایی در تحلیل جلوگیری شود. همچنین معادل‌سازی واژه‌های مفهومی مشابه نظیر "Consumer Behavior" و "Customer Behavior" انجام شد تا خوشه‌بندی معناداری به‌دست آید.

در ادامه، تنظیم حد آستانه برای ورود کلمات به تحلیل انجام شد. به‌دلیل گستردگی داده‌ها، حداقل فراوانی ظهور هر کلیدواژه در مقالات برای ورود به شبکه هم‌واژگانی برابر با ۵ بار در نظر گرفته شد. این تصمیم منجر به فیلتر شدن واژه‌های کم‌اهمیت و تمرکز بر اصطلاحات کلیدی پرتکرار شد که در شبکه‌های علمی معنادار ظاهر می‌شوند. پس از اعمال این آستانه، مجموعه‌ای متشکل از ۸۱ کلیدواژه نهایی برای تحلیل انتخاب شدند که نماینده ساختار مفهومی پژوهش‌های این حوزه بودند. یکی دیگر از مراحل مهم در آماده‌سازی داده‌ها، بررسی صحت اطلاعات نویسندگان و نهادهای منتشرکننده بود. اطلاعات نادرست یا ناقص درباره نویسندگان، نهادها و مجلات در برخی از رکوردها اصلاح شد تا در تحلیل‌های شبکه‌ای نویسنده‌محور و سازمان‌محور (در صورت لزوم) دقت افزایش یابد. همچنین با حذف مقالات فاقد چکیده یا فاقد کلیدواژه، اعتبار مجموعه داده‌ها تقویت شد. این پالایش نهایی باعث شد تا کیفیت تحلیل خوشه‌بندی و هم‌واژگانی تضمین شود.

در پایان این مرحله، فایل‌های داده نهایی که شامل کلیدواژه‌ها، فرکانس ظهور، روابط هم‌زمانی، و ارتباطات بین واژگان بودند، در نرم‌افزار VOSviewer ذخیره و برای ترسیم نقشه‌های هم‌واژگانی آماده شدند. این داده‌ها مبنای تحلیل‌های بصری، استخراج خوشه‌ها و تحلیل نقشه علم در گام‌های بعدی قرار گرفتند. تلاش شد تا دقت در تمیزسازی و آماده‌سازی داده‌ها به گونه‌ای باشد که نقشه مفهومی به‌دست آمده منعکس‌کننده دقیق ساختار دانشی در تعامل هوش مصنوعی و بازاریابی عصبی مبتنی بر EEG باشد.

۴. تحلیل ساختار دانشی با استفاده از نقشه علم

تحلیل ساختار دانشی با استفاده از نقشه علم، یکی از مهم‌ترین بخش‌های مطالعات علم‌سنجی محسوب می‌شود که امکان کشف روابط مفهومی، روندهای پژوهشی و تمرکز موضوعی را در یک حوزه علمی فراهم می‌آورد. در این پژوهش، با بهره‌گیری از نرم‌افزار VOSviewer و پس از پالایش داده‌ها، شبکه هم‌واژگانی مقالات مرتبط با موضوع «الکتروآنسفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی» ترسیم شد. این نقشه‌ها نشان‌دهنده فراوانی و هم‌رخدادی کلیدواژه‌ها در متون علمی هستند و به شناسایی خوشه‌های معنایی منجر می‌شوند که پایه تحلیل ساختار دانشی را شکل می‌دهند. در مرحله اول تحلیل، خوشه‌های معنایی به‌صورت خودکار توسط الگوریتم تعبیه‌شده در VOSviewer تشکیل شدند. هر خوشه نمایانگر یک حوزه فرعی درون فضای پژوهش اصلی بود. تعداد کل خوشه‌ها برابر با پنج دسته اصلی بود که بر اساس نزدیکی واژگانی و مفهومی به یکدیگر شکل گرفته‌اند. رنگ‌بندی گرافیکی این خوشه‌ها در نقشه هم‌واژگانی به درک تمایز مفهومی بین آن‌ها کمک شایانی می‌کند. به‌عنوان نمونه، یک خوشه حول مفاهیمی مانند "نوروساینس"^۳، "پاسخ شناختی"^۴ شکل گرفته که به مطالعه فرایندهای عصبی رفتار مصرف‌کننده اشاره دارد.

^۱ Artificial Intelligence

^۲ Electroencephalogram

^۳ Neuroscience

^۴ Cognitive Response

خوشه دوم، کلیدواژه‌هایی مانند "هوش مصنوعی"، "یادگیری ماشین"، "یادگیری عمیق"^۳ و "مدل‌های پیش‌بینی"^۴ را در بر گرفت که بیانگر کاربرد فناوری‌های هوشمند در تحلیل رفتار مشتری هستند. خوشه سوم بر مفاهیم بازاریابی عصبی همچون "نورومارکتینگ"^۵، "برندینگ"^۶، "پاسخ احساسی"^۷ و "اثر بخشی تبلیغات"^۸ متمرکز بود. چنین توزیعی نشان می‌دهد که ساختار دانشی این حوزه، سه ستون اصلی دارد: علوم اعصاب، فناوری هوش مصنوعی، و کاربردهای بازاریابی.

در تحلیل خوشه چهارم و پنجم، مفاهیمی همچون "رفتار مشتری"^۹، "نصمیم‌گیری"^{۱۰}، "ارتباط چشمی"^{۱۱} و "اندازه‌گیری توجه"^{۱۲} نمایان شدند که نشان‌دهنده توجه محققان به ابزارهای مکمل در شناخت رفتار مصرف‌کننده هستند. تحلیل این خوشه‌ها، از هم‌پوشانی نظری بین روانشناسی شناختی، علوم اعصاب و علم بازاریابی پرده برمی‌دارد. این ادغام میان‌رشته‌ای، ساختار دانشی پویایی را خلق کرده است که نوآوری در روش‌های شناخت مشتری را تسهیل می‌نماید.

در راستای تحلیل ساختار دانشی حوزه «الکتروانسانفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی»، از ابزار ترسیم نقشه علم بهره گرفته شد تا نحوه توزیع مفاهیم و تمرکز موضوعی در این زمینه به صورت بصری و منسجم نمایش داده شود. شکل پیش‌رو، گرافی شبکه‌ای از خوشه‌های مفهومی را به زبان انگلیسی ارائه می‌دهد که بر پایه کلیدواژه‌های پرتکرار در متون علمی این حوزه طراحی شده است. در این نقشه، هر گره مرکزی (با رنگ آبی) نشان‌دهنده یک خوشه اصلی مفهومی است که نمایانگر زیرحوزه‌ای از پژوهش‌های مرتبط است؛ از جمله «علوم اعصاب و تحلیل»، «هوش مصنوعی و فناوری‌های هوشمند»، «بازاریابی عصبی و برندینگ»، «روانشناسی مصرف‌کننده» و «ابزارهای سنجش شناخت و توجه». کلیدواژه‌های مرتبط (با رنگ نارنجی) به عنوان نودهای پیرامونی به هر خوشه متصل شده‌اند و نشان‌دهنده مفاهیم کلیدی درون آن حوزه هستند.

¹ Artificial Intelligence

² Machine Learning

³ Deep Learning

⁴ Prediction Models

⁵ Neuromarketing

⁶ Emotional Response

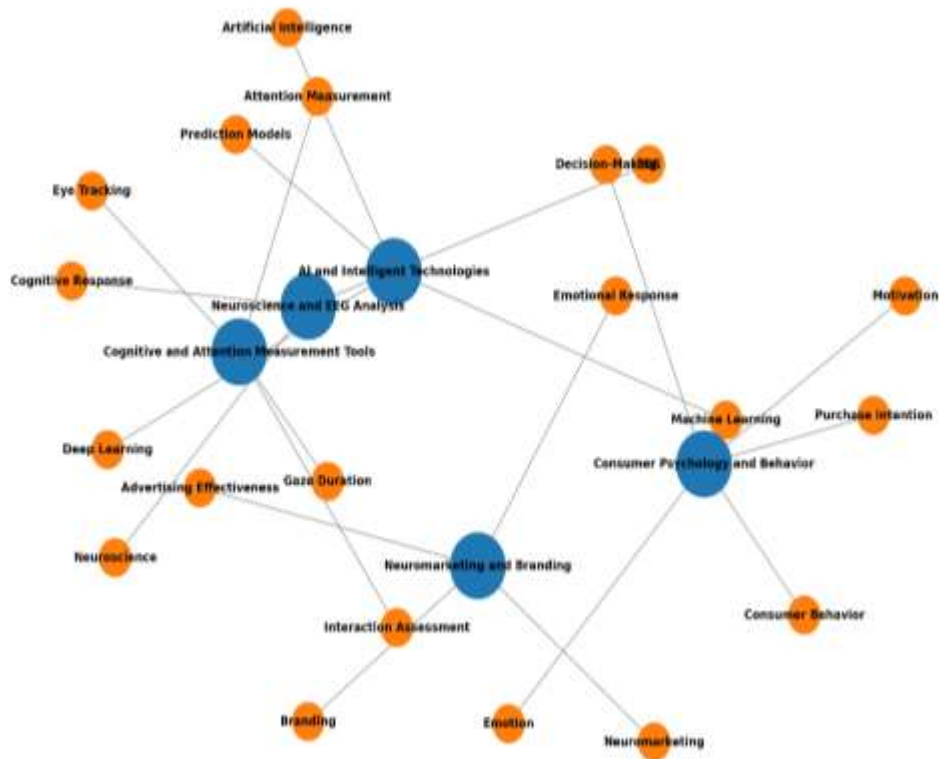
⁷ Advertising Effectiveness

⁸ Consumer Behavior

⁹ Decision Making

¹ Eye Tracking

¹ Attention Measurement



شکل ۲: نقشه علم

نقشه علم ترسیم شده در این پژوهش نمایانگر ساختار دانشی حوزه «الکتروانسفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی» است و از طریق تحلیل شبکه هم‌واژگانی، خوشه‌های مفهومی استخراج شده از ادبیات علمی مرتبط را به صورت بصری سازمان‌دهی می‌کند. این تصویر با استفاده از الگوریتم چیدمان گرافی (spring layout) و با بهره‌گیری از زبان انگلیسی طراحی شده است تا پژوهشگران بین‌المللی نیز بتوانند به راحتی از آن بهره‌برداری کنند. در این نقشه، گره‌های آبی‌رنگ نماینده خوشه‌های اصلی مفهومی و گره‌های نارنجی نشان‌دهنده کلیدواژه‌هایی هستند که در هر حوزه موضوعی تکرار بالایی داشته‌اند و مفاهیم بنیادین آن خوشه را تشکیل می‌دهند.

خوشه اول، با عنوان علوم اعصاب و تحلیل، شامل واژگانی مانند نوروساینس^۱ و پاسخ شناختی^۲ است. این گروه از مفاهیم به بررسی مکانیزم‌های عصبی رفتار انسان در مواجهه با محرک‌های بازاریابی می‌پردازد و بر ابزارهایی مانند الکتروانسفالوگرام برای تحلیل پاسخ‌های مغزی تأکید دارد. پژوهش‌هایی که در این خوشه جای می‌گیرند، عمدتاً به بررسی تعاملات ذهنی مصرف‌کنندگان در شرایط واقعی یا شبیه‌سازی شده می‌پردازند و داده‌های فیزیولوژیک را به منظور درک عمیق‌تر رفتار مشتری به کار می‌گیرند.

^۱ Neuroscience and EEG Analysis

^۲ Neuroscience

^۳ Cognitive Response

خوشه دوم با عنوان هوش مصنوعی و فناوری‌های هوشمند^۱ متشکل از کلیدواژه‌هایی مانند؛ هوش مصنوعی^۲، یادگیری ماشین^۳، یادگیری عمیق^۴ و مدل‌های پیش‌بینی^۵ است. این خوشه نماینده روند رو به رشد به کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین در مدل‌سازی رفتار مصرف‌کننده، پیش‌بینی تصمیمات خرید، و تحلیل داده‌های عصبی و رفتاری است. بسیاری از مطالعات در این زمینه سعی دارند با آموزش مدل‌های پیش‌بینی گر، واکنش‌های احساسی و شناختی مشتریان را با دقت بیشتری تشخیص دهند و بر این اساس، توصیه‌هایی برای استراتژی‌های بازاریابی هوشمند ارائه دهند.

خوشه سوم با عنوان "بازاریابی عصبی و برندینگ"^۶ بر مفاهیمی چون نئومارکتینگ^۷، برندینگ^۸، پاسخ عاطفی^۹، اثربخشی تبلیغات متمرکز است. تمرکز این خوشه بر چگونگی درک واکنش‌های احساسی و روانی مصرف‌کنندگان در مواجهه با پیام‌های بازاریابی، تبلیغات، و عناصر هویت برند است. این حوزه از دانش، پیوند نزدیکی با روان‌شناسی مصرف‌کننده دارد و سعی می‌کند با بهره‌گیری از ابزارهای عصبی و تحلیلی، اثربخشی کمپین‌های بازاریابی را بهینه کند و تجربه برند را تقویت نماید.

در مجموع، نقشه علم ترسیم‌شده به‌طور واضح سه محور اصلی را در ساختار دانشی این حوزه برجسته می‌سازد: (۱) بنیان‌های علوم اعصاب در تحلیل رفتار، (۲) فناوری‌های هوشمند برای پردازش و پیش‌بینی داده‌ها، و (۳) کاربردهای بازاریابی درک‌شده از منظر عصبی و شناختی. همچنین دو خوشه فرعی دیگر با عناوین

روان‌شناسی مصرف‌کننده و رفتار و ابزارهای شناختی و سنجش نیز در کنار این خوشه‌های اصلی به‌عنوان حلقه‌های مکمل نقش آفرینی می‌کنند. این ساختار شبکه‌ای، نه تنها روندهای علمی را آشکار می‌سازد، بلکه خلأهای پژوهشی و زمینه‌های مستعد برای تحقیقات آتی را نیز مشخص می‌کند.

۵. تحلیل هم‌رخدادی واژگان

تحلیل هم‌رخدادی واژگان یکی از روش‌های کلیدی در نقشه‌برداری علمی است که به بررسی میزان تکرار و همزمانی حضور دو یا چند واژه در متون علمی می‌پردازد. این تحلیل به ما کمک می‌کند تا روابط مفهومی میان کلیدواژه‌ها و حوزه‌های پژوهشی را به‌صورت کمی و کیفی شناسایی کنیم و ساختار دانش یک حوزه را عمیق‌تر درک نماییم.

در این پژوهش، با استفاده از تحلیل هم‌رخدادی، شبکه‌ای از واژگان مرتبط با حوزه «الکتروانسانفولوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی» ایجاد شده است. ارتباطات قوی بین کلیدواژه‌ها نشان‌دهنده پیوندهای مفهومی نزدیک و تعامل میان موضوعات مختلف در این حوزه است. این شبکه به کمک الگوریتم‌های متنوع پردازش داده و تحلیل شبکه، خوشه‌های موضوعی مشخصی را شکل داده است که هر خوشه نمایانگر زیرحوزه‌ای تخصصی از دانش موجود می‌باشد. تحلیل هم‌رخدادی واژگان علاوه بر نمایش روابط موجود، امکان شناسایی واژگان کلیدی و تأثیرگذار را نیز فراهم می‌آورد؛ واژگانی که با بیشترین میزان هم‌رخدادی، نقش محوری در ساختار دانش دارند و به‌نوعی «گره‌های اصلی» شبکه علمی به‌شمار می‌روند. همچنین، این تحلیل می‌تواند به تشخیص روندهای نوظهور و

¹ AI and Intelligent Technologies

² Artificial Intelligence

³ Machine Learning

⁴ Deep Learning

⁵ Prediction Models

⁶ Neuromarketing and Branding

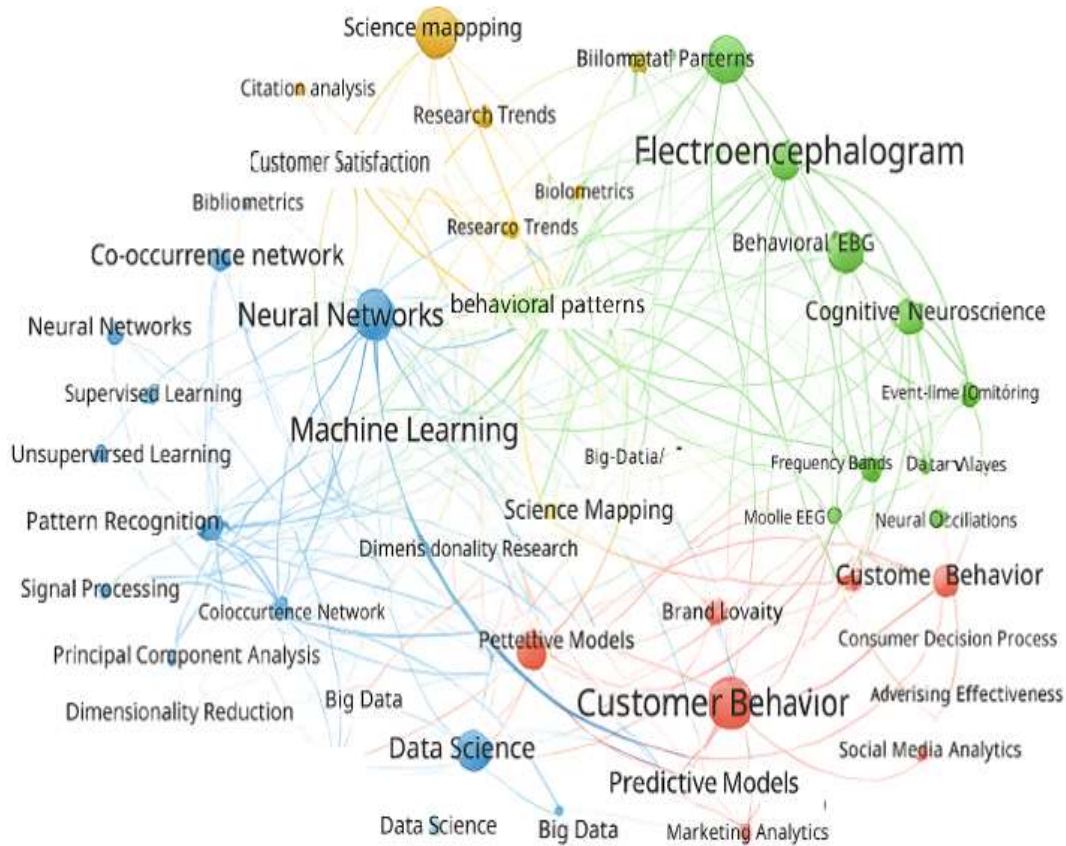
⁷ Neuromarketing

⁸ Branding

⁹ Emotional Response

گرایش‌های پژوهشی نوین کمک کند، چرا که تغییرات در هم‌رخدادی‌ها در بازه‌های زمانی مختلف بیانگر تحول در حوزه‌های علمی مرتبط است.

تحلیل هم‌رخدادی واژگان در این پژوهش، ابزاری مهم برای فهم عمیق‌تر ساختار و دینامیک دانش حوزه الکتروانسانفولوگرام رفتاری مشتریان است که بستر مناسبی برای توسعه تحقیقات آینده و سیاست‌گذاری‌های علمی فراهم می‌آورد.



شکل ۳: نمودار شبکه هم‌رخدادی واژگان

بر اساس شکل (3)، نقشه هم‌رخدادی واژگان ترسیم‌شده با استفاده از نرم‌افزار *VOSviewer*، تصویری جامع از تعاملات مفهومی بین کلیدواژه‌های اصلی در حوزه‌هایی مانند علوم اعصاب مصرف‌کننده، بازاریابی عصبی، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و تحلیل رفتار مشتری ارائه می‌دهد. این واژگان برگرفته از مجموعه‌ای گسترده از مقالات و منابع علمی بوده و در قالب شبکه‌ای از گره‌ها و پیوندها به نمایش درآمده‌اند؛ به طوری که اندازه هر گره بیانگر میزان تکرار یا فرکانس واژه در متون علمی و ضخامت خطوط میان گره‌ها نشان‌دهنده شدت هم‌رخدادی آن‌هاست. در این نقشه، واژگان در خوشه‌هایی با رنگ‌های متفاوت گروه‌بندی شده‌اند که بیانگر هم‌گرایی مفهومی و موضوعی بین آن‌هاست.

در خوشه قرمز، محور اصلی مفاهیم پیرامون «الکتروانسفالوگرام (EEG)» «و زیرشاخه‌های مرتبط با آن مانند «الکتروانسفالوگرام رفتاری»، «باند‌های فرکانسی»، «امواج آلفا، بتا، تتا و دلتا»، «نوسانات عصبی» و «پتانسیل‌های وابسته به رویداد» قرار دارد. این خوشه بازتابی از مطالعات حوزه «علوم اعصاب رفتاری» است که با تحلیل سیگنال‌های مغزی به دنبال درک دقیق‌تری از واکنش‌های شناختی و هیجانی انسان نسبت به محرک‌های محیطی است. واژگانی مانند «فعالیت مغزی» و «سیگنال‌های عصبی» نیز نشان‌دهنده جایگاه مهم فرآیندهای نورولوژیکی در تفسیر داده‌های EEG در این خوشه هستند.

در خوشه سبز، تمرکز اصلی بر «بازاریابی عصبی» و رفتارشناسی مشتری است. واژه‌هایی مانند «رفتار مشتری»، «مشارکت مشتری»، «پاسخ احساسی»، «تصمیم‌گیری»، «علوم اعصاب مصرف‌کننده» و «الگوهای رفتاری» نشان می‌دهند که چگونه یافته‌های علوم اعصاب در تحلیل ترجیحات و تصمیم‌گیری‌های خرید مشتریان کاربرد دارد. علاوه بر آن، مفاهیمی چون «وفاداری به برند»، «اثربخشی تبلیغات» و «تحلیل شبکه‌های اجتماعی» به کاربردهای عملی این رویکرد در حوزه‌های برندینگ و بازاریابی دیجیتال اشاره دارند.

خوشه آبی به فناوری‌های تحلیل داده و یادگیری ماشین اختصاص دارد. واژگانی نظیر «هوش مصنوعی»، «یادگیری ماشینی»، «یادگیری عمیق»، «شبکه‌های عصبی»، «یادگیری نظارت‌شده» و «یادگیری بدون نظارت» در این دسته قرار گرفته‌اند. همچنین مفاهیمی چون «طبقه‌بندی»، «خوشه‌بندی»، «جنگل تصادفی»، «ماشین بردار پشتیبان»، «استخراج ویژگی‌ها»، «پردازش سیگنال»، «مدل‌های پیش‌بینی» و «شناسایی الگو» بیانگر استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته برای تحلیل و مدل‌سازی داده‌های EEG و رفتاری هستند.

در خوشه زرد، تمرکز بر مطالعات متاآنالیز و تحلیل ساختارهای علمی است. واژگانی مانند «ترسیم نقشه علم»، «علم‌سنجی»، «تحلیل استنادی»، «روندهای پژوهشی»، «پژوهش‌های میان‌رشته‌ای» و «نرم‌افزار VOSviewer» در این گروه قرار دارند. این خوشه به تحلیل الگوهای علمی، مسیرهای تحول موضوعی، و شناسایی پژوهشگران اثرگذار می‌پردازد و نقش مهمی در جهت‌دهی به مطالعات آینده ایفا می‌کند.

به طور کلی؛ این نقشه تصویری جامع و حرفه‌ای از شبکه معنایی و مفهومی کلیدواژه‌های بین‌رشته‌ای فراهم کرده و قابلیت تحلیل‌های استراتژیک پژوهشی و تصمیم‌گیری علمی را بالا می‌برد. هم‌رخدادی این واژگان نه تنها ارتباطات مفهومی میان حوزه‌های علوم اعصاب، بازاریابی و یادگیری ماشین را روشن می‌سازد، بلکه مسیرهای نوآورانه‌ای برای پژوهش‌های آینده و تلفیق بین حوزه‌ای نیز پیشنهاد می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روش نقشه علم به عنوان یک ابزار علم‌سنجی و تحلیل هم‌واژگانی، می‌تواند به طور مؤثر ساختار مفهومی و روندهای پژوهشی حوزه میان‌رشته‌ای «الکتروانسفالوگرام رفتاری مشتریان با تأکید بر هوش مصنوعی» را شناسایی و سازمان‌دهی کند. تحلیل داده‌های استخراج‌شده از پایگاه‌های معتبر بین‌المللی و بهره‌گیری از نرم‌افزار VOSviewer منجر به ترسیم شبکه‌ای از واژگان کلیدی شد که خوشه‌های علمی متمایزی را در سه محور اصلی شامل علوم اعصاب، فناوری‌های هوشمند، و بازاریابی عصبی آشکار ساخت. این خوشه‌ها نه تنها بیانگر تمرکز موضوعی پژوهشگران است، بلکه نشان می‌دهد که این حوزه از سطح بالایی از یکپارچگی میان‌رشته‌ای برخوردار بوده و در سال‌های اخیر به صورت پویا در حال گسترش است. بررسی فراوانی کلیدواژه‌ها و تحلیل هم‌رخدادی آن‌ها مشخص کرد که مفاهیمی همچون «EEG»، «Artificial Intelligence»، «Consumer Behavior» و «Neuromarketing» در کانون توجه پژوهشگران قرار دارند و به عنوان گره‌های اصلی شبکه دانشی ایفای نقش می‌کنند. این تمرکز بالا، حکایت از اهمیت راهبردی این مفاهیم در طراحی مدل‌های شناختی برای تحلیل رفتار مصرف‌کننده دارد. علاوه بر این، حضور

پررنگ کلیدواژه‌هایی مرتبط با یادگیری ماشین و یادگیری عمیق حاکی از گرایش فزاینده به بهره‌گیری از الگوریتم‌های پیشرفته برای پردازش و تفسیر داده‌های عصبی و رفتاری است که زمینه‌های متنوعی را برای تحقیقات کاربردی و توسعه راهکارهای بازاریابی هوشمند فراهم می‌کند. از منظر روش‌شناختی، این پژوهش ثابت کرد که به کارگیری تکنیک‌های تحلیل شبکه‌ای، خوشه‌بندی واژگان و ترسیم نقشه علم می‌تواند بستری دقیق و نظام‌مند برای توسعه مدل‌های مفهومی در علوم اعصاب بازاریابی فراهم آورد. همچنین شناسایی روندهای نوظهور و خوشه‌های کمتر کاوش شده فرصت ارزشمندی است تا محققان آتی بتوانند خلأهای پژوهشی موجود را هدف قرار دهند و به توسعه نظریه‌های جدید در تقاطع فناوری‌های شناختی و بازاریابی کمک کنند. در نتیجه، نتایج این پژوهش علاوه بر ارزش کاربردی، از منظر نظری نیز قابل توجه است و می‌تواند مبنایی برای پژوهش‌های آتی باشد. در نهایت، ترکیب تحلیل هم‌واژگانی و نقشه‌برداری علم، در این تحقیق به عنوان رویکردی کل‌نگر و نوآورانه برای مطالعه رفتار مصرف‌کننده مبتنی بر EEG معرفی شد. این رویکرد به طور همزمان به درک عمیق‌تری از ساختار دانش موجود و ترسیم مسیرهای آتی تحقیقاتی کمک می‌کند. به ویژه در دورانی که ادغام علوم اعصاب، بازاریابی دیجیتال و هوش مصنوعی به سرعت در حال پیشرفت است، چنین چارچوبی می‌تواند به سیاست‌گذاران پژوهشی، دانشگاهیان و صنعتگران کمک کند تا تصمیم‌های استراتژیک دقیق‌تر و علمی‌تری اتخاذ کنند و از ظرفیت‌های فناوری‌های شناختی در توسعه بازار و بهبود تجربه مشتری بهره‌برداری نمایند.

پیشنهاد‌های تحقیق

پیشنهاد می‌شود برندها کمپین‌های بازاریابی شخصی‌سازی شده را بر مبنای تحلیل EEG طراحی کنند، به طوری که داده‌های فعالیتهای مغزی و واکنش‌های احساسی مشتریان با الگوریتم‌های یادگیری ماشین ترکیب شود تا پیام‌های تبلیغاتی دقیق‌تر و متناسب با نیازهای احساسی هر گروه از مصرف‌کنندگان تدوین گردد. پیشنهاد می‌شود شرکت‌ها سیستم‌های هوشمند پشتیبانی تصمیم بازاریابی را با هوش مصنوعی و مدل‌های پیش‌بینی تقویت کنند تا بتوانند رفتار خرید مصرف‌کنندگان را از طریق داده‌های EEG پیش‌بینی کرده و پیشنهاد‌های لحظه‌ای را در مسیر خرید بهینه‌سازی کنند. پیشنهاد می‌شود برنامه‌های آموزشی و دوره‌های توانمندسازی برای مدیران و کارشناسان بازاریابی طراحی گردد تا مهارت تحلیل داده‌های EEG، درک مفاهیم علوم اعصاب رفتاری و به کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین را کسب کنند و در عمل به بهره‌برداری از این فناوری‌های نوین بپردازند. پیشنهاد می‌شود پژوهشگران و شرکت‌های توسعه‌دهنده محصول از روش نقشه علم برای شناسایی خلأهای تحقیقاتی و اولویت‌بندی پژوهش‌ها بهره بگیرند تا زیرحوزه‌هایی با پژوهش کمتر شناسایی شده و فرصت نوآوری و توسعه مزیت رقابتی فراهم گردد. پیشنهاد می‌شود پلتفرم‌های آزمایشگاهی باز (open lab) با همکاری صنعت، دانشگاه و استارت‌آپ‌ها ایجاد شود تا داده‌های EEG از رفتار واقعی مصرف‌کننده با رعایت استانداردهای اخلاقی جمع‌آوری شده و امکان توسعه مدل‌های هوشمند در محیط واقعی مهیا گردد.

منابع

- برهانی، ن.، و استخری فر، ن. (۱۴۰۲). تبیین نقش بازاریابی عصب پایه در بازاریابی الکترونیکی. نشریه پژوهش‌های مدیریت بازاریابی، ۱۸(۲)، ۴۵-۶۱.
- حسینی، م. (۱۴۰۱). تشخیص ترجیحات مصرف کننده از سیگنال‌های EEG به کمک تبدیل موجک گسسته و پیچیدگی لمپل زیو و شبکه عصبی عمیق. نشریه علوم اعصاب کاربردی، ۱۴(۳)، ۲۳-۳۵.
- حسینی، م. (۱۴۰۲). (بازاریابی عصبی و تحلیل مکانیزم‌های تصمیم‌گیری مصرف کننده. نشریه مدیریت بازاریابی، ۲۰(۱)، ۱۳-۲۷.
- همایون فر، ح.، رضایی، ف.، و کاظمی، س. (۱۴۰۱). (رابطه به‌خاطر سپاری پیام‌های بازرگانی و هیجانات دیداری و شنیداری با استفاده از رویکرد بازاریابی عصبی. فصلنامه تحقیقات بازرگانی، ۱۵(۴)، ۷۹-۹۲.
- قائدی، س.، اکبری، م.، و نادری، ف. (۱۴۰۱). (پاسخ‌های عصبی روان‌شناختی به راهبرد صحنه‌گذاری و تخفیف در محصولات ورزشی. نشریه مدیریت ورزشی، ۹(۲)، ۴۱-۵۶.
- محسنی، س.، و بستام، م. (۱۴۰۲). (شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در اثربخشی فعالیت‌های ترفیعی شرکت با استفاده از رویکرد بازاریابی عصبی. مدیریت کسب و کار، ۱۲(۳)، ۱۰۱-۱۱۸.
- Ali Shah, S., Imran, M., & Khan, M. (2023). Predicting customer behavior and feelings through EEG signals using neuromarketing approaches. *Journal of Consumer Behavior and Neuroscience*, 21(4), 201–215.
- Glenarnek, P., Sorrentino, F., & Müller, A. (2019). Predicting and interpreting consumer decisions through EEG power signals: The role of advertising complexity. *Neuroscience and Marketing Research*, 7(3), 55–70.
- Hakeem, R., Alqarni, H., & Shah, A. (2023). Improving preference prediction using multiple EEG measurements and machine learning. *Cognitive Neuroscience Reports*, 11(2), 45–59.
- Harris, J. A., Lee, S., & Kim, Y. (2018). Neuromarketing: Exploring unconscious decision processes in consumer choice. *Journal of Marketing Neuroscience*, 5(2), 121–134.
- Kalogannis, P., Papadopoulos, K., & Theodoridis, E. (2023). A survey on hybrid EFG designs in neuromarketing: Past, present, and future. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Article 1145.
- Lim, W. M. (2020). Transforming neuromarketing: Key questions for meaningful research expansion. *Journal of Business Research*, 116, 177–183.
- Solomon, M. (2018). *Consumer behavior: Buying, having, and being* (12th ed.). Pearson.
- Sindhu, A., & Bharti, V. (2020). Understanding consumer responses through cognitive neuroscience. *International Journal of Marketing Studies*, 12(1), 15–28.
- Sultan, S., Ghaffari, S., & Ehsani, M. (2020). The role of sports-related advertising in brainwave changes using QEEG. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 42(3), 333–350.
- Yural, G., Kim, S., & Park, H. (2020). Investigating the relationship between electrode signals and emotional stress across advertising using EEG, PPG, and GSR. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 45(4), 357–370.