



Designing a Framework for Neurocognitive Examinations in Pilot Selection Based on Cognitive Science Tools

Mohammad Ali Fallah¹ , Farzin Farahbod² , Mohamad Reza Azadehdel³ , Saeed Bagher Salimi⁴

Abstract

Background & Purpose: The accurate selection of pilots is a highly sensitive and critical process, as any human error arising from compromised mental health, physical health problems, or pilot negligence can impose substantial human and financial losses on the aviation industry. From this perspective, the present study aimed to propose a framework for enhancing and optimizing the methods used for the selection and screening of employment candidates through the application of cognitive science instruments.

Methodology: This applied study employed an experimental research design and utilized the NeuroServ Q4600 device, NeuroGuide software, and the Python programming language to acquire EEG signals from the candidates and subsequently process, analyze, and score the resulting data. In this study, purposive sampling was conducted within a limited statistical population comprising 113 pilot applicants and 25 expert pilots.

Findings: Based on the acquired data and the findings of the study, a process for conducting neurological examinations of pilots was designed and implemented. In the initial stage, the applicants and expert pilots were referred to a neurologist for preliminary evaluation. Subsequently, the approved participants underwent EEG assessment. This was followed by signal preprocessing and data quality control, after which quantitative cognitive features were identified across six domains. In the next stage, an analytical scoring system for the applicants was designed and implemented using machine-learning algorithms. In the final stage, statistical analysis was conducted by comparing the patterns of expert pilots with those of the pilot applicants, resulting in the classification of the applicants into three groups: high-scoring (31 participants), intermediate-scoring (26 participants), and low-scoring (56 participants).

Conclusion: The proposed framework enables more accurate selection through improved neurological examinations, thereby enhancing the overall employment-selection process and preventing the premature attrition of pilots from the operational cycle. Ultimately, through the proposed framework and the screening and selection of qualified individuals, more effective management of the organization's human and financial resources can be achieved.

Keywords: human resource management; recruitment; cognitive sciences; cognitive neuroscience; electroencephalography; expert pilots; aviation medical examinations.

Article Type:

Research-based

Corresponding Author:

Farzin Farahbod

© Authors

Received:

July 8, 2026

Revised:

July 19, 2026

Accepted:

July 26, 2026

Published online:

September 11, 2026

Citation: Fallah, Mohammadali; Farahbod, Farzin; Azadehdel, Mohammadreza; Baghersalimi, Saeed (2026). Designing a Neurological Examination Framework for Pilot Selection Based on Cognitive Science Tools. *Human Capital Assessment and Development*, 3(2), 161-185.

1. Department of Public Administration, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: mohammadali.fallah7661@iau.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Public Administration, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: farzinfarahbod@iau.ac.ir
3. Department of Public Administration, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: mr.azadedel@iau.ac.ir
4. Department of Public Administration, Ra.C., Islamic Azad University, Rasht, Iran. E-mail: s.b.salimi@iau.ac.ir

Published by Shahid Sattari Aeronautical University, Faculty of Management

Human Capital Assessment and Development, 2026, Summer, Vol, 3, No, 2, 161-185.

ISSN: 3115-8536

<https://www.jhcad.ir>



Human Capital Assessment and Development is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Designing a Framework for Neurocognitive Examinations in Pilot Selection Based on Cognitive Science Tools

Extended Abstract

Background & Purpose

The proper selection of pilots is one of the most sensitive and strategic human resource decisions in the aviation industry. The smallest human error rooted in poor mental health, physical weakness, cognitive impairment, or negligence can lead to irreparable accidents, human casualties, and heavy financial losses. Therefore, aviation organizations are always seeking methods that can screen applicants more accurately and assess their hidden competencies before they enter the operational cycle. Traditional selection methods, although experience-based and common, may be affected by bias, limitations of clinical assessments, and an inability to predict an individual's actual performance. With this perspective, the present study aimed to propose a framework for improving and optimizing the selection and screening methods of job applicants using cognitive science tools. In other words, the main question is how, by relying on neurocognitive and cognitive markers, the pilot selection process can be transformed from a largely qualitative decision into a multidimensional, objective, and measurable process.

Methodology

This applied study used experimental designs. To collect data, EEG signals of applicants were recorded using NeuroScan and Q4600 devices, NeuroGuide software, and the Python programming language. The obtained data were then processed, analyzed, and scored. Purposive sampling was conducted in a limited statistical population comprising 113 applicants and 25 expert pilots. In the first stage, applicants and expert pilots visited a neurology specialist and underwent initial assessment. Then, approved participants underwent neurological examinations. Next, signal preprocessing and data quality control were performed, and quantitative cognitive features were determined in six domains. In the next stage, an analytical-scoring system for applicants was designed and implemented using machine learning algorithms. In the final stage, by comparing the patterns of expert pilots and job applicants, statistical analysis was carried out, and applicants were divided into three categories: top (31 people), intermediate (26 people), and lower (56 people). This methodological structure shows that the study did not merely describe the situation but sought to build a practical system to support decision-making in selection.

Findings

Based on the obtained data and research findings, the process of neurological examinations for pilots was designed and implemented. In the first step, initial assessment of applicants and expert pilots was performed by a neurology specialist, and eligible participants entered the study. Then, EEG signals were recorded, preprocessed, and quality-controlled. Quantitative cognitive features were extracted in six domains and used as the basis for comparative analysis. The design and implementation of the analytical-scoring system with machine learning algorithms made it possible to convert raw neurocognitive data into interpretable scores. In the final stage, comparison of the patterns of expert pilots with job applicants showed that applicants could be placed at different levels of competence based on cognitive and neurocognitive markers. Accordingly, 31 people were placed in the top category, 26 in the intermediate category, and 56 in the lower category. This classification allows more accurate screening and identification of individuals who are more likely to succeed in piloting jobs and operational conditions. The designed framework can also be used as a complementary tool alongside interviews, psychological tests, and medical assessments, providing a more comprehensive picture of the applicant's capabilities.

Conclusion

With the designed framework, more accurate selection in neurological examinations can be achieved and the level of the employment selection process can be improved. Such an approach prevents the early exit of pilots from the operational cycle, because individuals who are more cognitively and neurocognitively aligned with the requirements of the piloting profession are more likely to successfully complete training and operations. Ultimately, with the framework proposed in this study and through screening and selecting qualified individuals, better management of human and financial resources will be achieved in the organization. In addition, the use of cognitive science tools, EEG, and machine learning can reduce human error, increase flight safety, and lower costs caused by inappropriate selection, incomplete training, and early exit of human resources. The present framework can serve as a basis for future research aimed at further validation, development of more precise algorithms, and application in other sensitive and high-risk occupations. This framework can become a decision support system and transform neurocognitive outputs into operational and comparable indicators. By integrating EEG data, cognitive scores, educational records, and clinical assessments, this system provides a multilayer profile of applicant readiness. Such a profile helps selectors make decisions not only based on general thresholds but also based on individual and occupational patterns. Periodic monitoring of these indicators during training and service makes it possible to identify performance decline early and intervene in a timely manner. Precise documentation of the screening process increases transparency, accountability, and employment equity and reduces arbitrary decisions. Finally, by relying on objective evidence, this framework helps the organization maintain human capital more sustainably and improve flight safety.

Keywords: human resource management; recruitment; cognitive sciences; cognitive neuroscience; electroencephalography; expert pilots; aviation medical examination.

طراحی چارچوب معاینات عصب شناسی گزینش خلبان مبتنی بر ابزارهای علوم شناختی

محمدعلی فلاح^۱، فرزین فرحب^۲، محمدرضا آزاده دل^۳، سعید باقرسلیمی^۴

چکیده	نوع مقاله: پژوهشی
زمینه و هدف: گزینش صحیح خلبانان بسیار حساس و حائز اهمیت است چرا که هرگونه خطای انسانی ناشی از عدم سلامت روان، مشکلات جسمانی و سهل انگاری خلبانان، خسارت های انسانی و مالی سنگینی را به صنعت هوایی متحمل می کند. با چنین نگاهی هدف پژوهش حاضر پیشنهاد طراحی چارچوبی برای ارتقاء و بهینه سازی روش های گزینش و غربالگری داوطلبان استخدامی با استفاده از ابزارهای علوم شناختی می باشد. روش: پژوهش کاربردی حاضر با روش طرح های آزمایشی و استفاده از دستگاه نور سرو Q400، نرم افزار نروگاید و زبان برنامه نویسی پایتون، سیگنال های EEG داوطلبان دریافت و داده های بدست آمده تجزیه، تحلیل و امتیازبندی شده است. در این مطالعه نمونه گیری به صورت هدفمند در یک جامعه آماری محدود شامل ۱۱۳ داوطلب و ۲۵ خلبان خبره انجام شده است. یافته ها: براساس داده های بدست آمده و یافته های تحقیق فرایند معاینات عصب شناسی خلبانان طراحی و پیاده سازی گردید. در مرحله نخست داوطلبان و خلبانان خبره به متخصص عصب شناسی مراجعه و در مورد آنان ارزیابی اولیه صورت گرفت. سپس مشارکت کنندگان مورد تأیید، تحت ارزیابی EEG قرار گرفتند. در ادامه فرایند پیش پردازش سیگنال ها و کنترل کیفیت داده ها انجام و ویژگی های کمی شناختی در شش حوزه تعیین گردید. در مرحله بعدی سامانه تحلیلی-امتیازی داوطلبان با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین طراحی و پیاده سازی شد. در مرحله نهایی با مقایسه الگوی خلبانان خبره و داوطلبان استخدامی، فرایند تحلیل آماری صورت و داوطلبان به سه دسته برتر (۳۱ نفر)، میانی (۲۶ نفر) و رده پایین (۵۶ نفر) تقسیم گردیدند. نتیجه گیری: با چارچوب طراحی شده با گزینش صحیح تر در معاینات عصب شناسی سطح فرایند گزینش استخدام را ارتقا داده و از خروج زود هنگام خلبانان از چرخه عملیاتی جلوگیری می نماید. در نهایت، با چارچوب پیشنهادی ارائه شده در این تحقیق و با غربالگری و انتخاب افراد شایسته، مدیریت بهتر منابع انسانی و مالی در سازمان حاصل خواهد گردید. کلیدواژه ها: مدیریت منابع انسانی، استخدام، علوم شناختی، علوم اعصاب شناختی، الکتروآنسفالوگرافی، خلبانان خبره و معاینات خلبانی	نویسنده مسئول: فرزین فرحب © نویسندگان دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۱۷ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۴ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

استناد: فلاح، محمدعلی؛ فرحب، فرزین؛ آزاده دل، محمدرضا؛ باقرسلیمی، سعید (۱۴۰۵). طراحی چارچوب معاینات عصب شناسی گزینش خلبان مبتنی بر ابزارهای علوم شناختی. فصلنامه ارزیابی و رشد سرمایه های انسانی، دوره ۳ (شماره ۲)، ۱۶۱-۱۸۵.

۱. گروه مدیریت دولتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران پست الکترونیک: mohammadali.fallah7661@iau.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه مدیریت دولتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران پست الکترونیک: farzinfarahbod@iau.ac.ir

۳. گروه مدیریت دولتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران پست الکترونیک: mr.azadedel@iau.ac.ir

۴. گروه مدیریت دولتی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران پست الکترونیک: s.b.salimi@iau.ac.ir

<https://www.jhcad.ir>



This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

ناشر: دانشکده مدیریت، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

ارزیابی و رشد سرمایه های انسانی، ۱۴۰۵، تابستان، دوره ۳، شماره ۲، ۱۸۵-۱۶۱.

شاپا: ۹۶۴۴۰

مقدمه

در عصر حاضر موفقیت طولانی مدت سازمان‌ها به میزان اهتمام به سرمایه انسانی آن سازمان بستگی دارد چرا که سرمایه انسانی رکن اصلی تصمیم‌گیری، تصمیم‌سازی و تصمیم‌یاری سازمان‌ها می‌باشد. همچنین نیروی انسانی اصلی‌ترین و با ارزش‌ترین سرمایه سازمان، جامعه یا کشور محسوب گردیده و به همین دلیل از دیرباز کشورها و سازمان‌ها در خصوص جذب نیروهای با ارزش سرمایه‌گذاری نموده و سعی بر بارور ساختن آن دارند (میگنا، ۱۳۹۱).

در این راستا مدیریت منابع انسانی با کشف، شناسایی، جذب، آموزش، نگهداری و جبران می‌تفاوت‌ها را رقم بزند. مدیریت منابع انسانی در سازمان‌ها نقشی فعال و موثری در فعالیت‌های گزینش و استخدام کارکنان را ایفاء می‌کند (استوارت^۱، ۱۴۰۱). بسیاری از سازمان‌ها می‌توانند با انتخاب سیستم گزینشی مناسب، استخدام افراد مناسب مشاغل موجود در سازمان را به حداکثر برسانند (رابینز و جاج^۲، ۱۳۸۹). بدلیل ویژگی‌های خاص شغل خلبانی از جمله لزوم داشتن توانایی در جهت‌یابی، توجه بالا و حافظه کاری ناوبری، گزینش و معاینات خلبانی حائز اهمیت فراوان می‌باشد چراکه انتخاب نادرست خلبان، هزینه‌های سنگینی را به سازمان و خود فرد استخدام شده که به ناچار می‌بایستی سازمان را ترک کند، تحمیل می‌نماید. (مکلوکلین^۳، ۲۰۰۳) آموزش هوانوردی نظامی از نظر مالی و نیروی انسانی پرهزینه است. برآوردها نشان می‌دهد که هزینه تربیت خلبان در نیروی هوایی ایالات متحده بسته به نوع هواپیما بین ۵/۶ تا ۱۰/۹ میلیون دلار است. این هزینه‌های بالا ضرورت بروزرسانی معاینات استخدامی را توجیه‌تر نموده و با ارزیابی خلبانان و انتخاب صحیح افراد به صرفه جویی در هزینه‌ها کمک می‌کند (محبوب، ۱۴۰۳). همچنین خدمه هواپیما در سراسر عمر حرفه‌ای شان می‌بایستی در معرض معاینات پزشکی دوره‌ای قرار گیرند و هدف از این معاینات از زمان جذب تا طول دوره‌ی خدمت، اطمینان از ایمنی پرواز است. در این راستا در اثر گزینش نامناسب، تعدادی از خلبانان به دلایل مختلف پزشکی از شغل خلبانی خارج می‌گردند که این امر به وضوح نشان‌دهنده این موضوع است که سازمان‌های هوانوردی و هواپیمایی کشور از فقدان یک چارچوب معاینات به‌روز شده، بومی، جامع و معتبر برای گزینش خلبانان رنج می‌برند. در بررسی‌های محقق به دنبال مصاحبه با متخصصین این حوزه مشخص شد که مدل جامعی در فرایندهای معاینات گزینش خلبانان در سازمان‌های هوانوردی وجود ندارد. برای حل این مسئله در این تحقیق از سایر علوم در بروزرسانی فرایندهای جذب و گزینش خلبان استفاده گردیده و موجبات به‌روز رسانی نظامات منابع انسانی در این حوزه را فراهم نموده است. یکی از این علوم که در سالیان اخیر در حوزه منابع انسانی وارد شده و این حوزه را دچار چالش جدی نموده، علوم شناختی است.

در علوم شناختی درباره‌ی زنجیره‌ای از علوم صحبت شده است که یک طرف آن مغز و علوم مربوط به آن است و یک طرف آن هم ریاضیدان‌ها، مهندسان کامپیوتر و مهندسان الکترونیک هستند (میگنا، ۱۳۹۱). این دانشمندان، موفقیت‌های قابل‌توجهی در ابداع فناوری‌های مرتبط با ذهن، مغز، هوش و شناخت به دست آورده‌اند و در مسیر دستیابی به اهداف بزرگ‌تر نیز قرار دارند. از جمله این موفقیت‌ها به مواردی مانند طراحی سیستم‌ها و ماشین‌های هوشمند، ابداع ابزار و تکنیک‌های خوانش مغز و طراحی روش‌هایی برای تأثیرگذاری بر ذهن و مغز اشاره نمود (حاتمی، ۱۳۹۷). امروزه در مراکز

1. Stuart

2. Robbins & Judge

3. Mcloughlin

تحقیقاتی عمده دنیا مجموعه ای از دانشمندان برای انتقال دانش از علوم پایه و اعصاب شناختی به دیگر زمینه های زندگی بشر در حال تحقیق هستند و به دلیل تأثیر اقتصادی، نظامی و نیز تأثیر بر وضعیت بهداشت و سلامت جامعه، هزینه های هنگفتی صرف آن می شود. (میگنا، ۱۳۹۱). ویژگی دیگر علوم شناختی، ماهیت میان‌رشته‌ای آن است. مجموعه علوم شناختی شامل رشته‌های علم اعصاب، زبان‌شناسی، روانشناسی، هوش مصنوعی، انسان‌شناسی و فلسفه ی ذهن است. هدف مشترکی که این شش رشته ی مجزا را ذیل عنوان علوم شناختی قرار می‌دهد، مطالعه ذهن و شناخت است (حاتمی، ۱۳۹۷). پژوهش‌ها نشان دادند که توانایی‌های شناختی خلبانان، شامل پردازش اطلاعات، تصمیم‌گیری، حافظه کاری، توجه، مهارت‌های دیداری-فضایی و عملکردهای اجرایی، با کاهش خطاهای انسانی و ارتقاء ایمنی پرواز ارتباط مستقیم دارند (محبوب، ۱۴۰۳). به این دلیل در این پژوهش با توجه به قابلیت های بسیار بالای رشته های علوم اعصاب و هوش مصنوعی که از مشمولیت علوم شناختی نیز برخوردارند، برای بروز رسانی فرایند های عصب شناسی معاینات خلبانی استفاده گردیده است. در حال حاضر از نوآرمغزی که از ابزار های علم عصب شناسی می باشد در طول فرایند گزینش خلبانی بهره برداری می گردد و استفاده از قابلیت های هوش مصنوعی در این زمینه نیز، توسط متخصصین توصیه گردیده است چرا که استفاده از هوش مصنوعی در نظامات مدیریت منابع انسانی به سازمان‌ها این اجازه را داده تا بتوانند استعداد های کلیدی را استخدام و حفظ کنند و به تبع آن راندمان سازمان ها، بهبود خواهد یافت (کائور و ویکاس^۱، ۲۰۲۱) و (آچی گاز، داویسون، کومپاگنون و لاسک^۲، ۲۰۲۰).

در سازمان مذکور سالانه تعدادی از دانشجویان جدیدالورود بدلیل ابتلا به بیماری‌های ناشی از اختلالات روانی پنهان از چرخه عملیاتی خارج و بعضاً از نیرو تعدیل می‌گردند. حال این تحقیق باتوجه به قابلیت‌های علوم شناختی و زیرشاخه‌های آن با پیشنهاد طراحی چارچوب جامع گزینشی، در صدد کاهش جذب عناصر نامطلوب و جلوگیری از انجام هزینه‌های آموزشی مضاعف متأثر از این مسئله می‌باشد. از جنبه جدید بودن اگرچه مطالعات محدودی در حوزه بروز رسانی معاینات عصب شناسی بر پایه علوم شناختی صورت پذیرفته لیکن براساس بررسی های به عمل آمده، نتایج مطالعاتی که در آنها از ابزارهای علوم شناختی از جمله هوش مصنوعی برای جذب و گزینش خلبان بهره برده باشند در دسترس نیست. در این پژوهش ابزارهای علوم شناختی از جمله علوم اعصاب، هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین بکار گرفته شده و فرایند معاینات عصب شناسی خلبانان بهسازی گردید. پژوهش حاضر علاوه بر توسعه دانش نظری در حوزه فرایندهای گزینش معاینات عصب شناسی خلبانان، کاربردهای عملی نیز برای سازمان‌های هوانوردی و هواپیمایی ایران داشته است. نتایج پژوهش در صورت اجرا در سازمانها می تواند مبنای بازنگری در مراحل معاینات خلبانی داوطلبین جدیدالورود قرار گیرد. در ادامه سوالات تحقیق بشرح ذیل می‌باشد: مدل بهینه چارچوب معاینات عصب شناسی گزینش خلبانان برپایه ابزارهای علوم شناختی چیست؟ بهترین راهکارهای بهبود چارچوب معاینات عصب شناسی گزینش خلبان از طریق ابزارهای علوم شناختی چیست؟ و چگونه می‌توان از قابلیت‌های علوم عصب شناسی و هوش مصنوعی برای بهسازی و ارتقاء اثربخش تر فرایند معاینات عصب‌شناسی خلبانان بهره برد؟ و همچنین اهداف تحقیق پژوهش بشرح ذیل می‌باشد: ارتقاء و بهبود فرایند معاینات عصب شناسی گزینش خلبان از طریق هوش مصنوعی؛ در صورت روایی، ابزار برای افراد جدید الاستخدام تخصص خلبانی

1. Kaur & Vikas

2. Acikgoz, Y., Davison, K. H., Compagnone, M., & Laske, M.

بهره برداری گردد؛ از این مسیر چارچوب معاینات عصب شناسی گزینش خلبان برپایه ابزارهای علوم شناختی باز تعریف و همچنین به واحدهای منابع انسانی سازمانها جهت بهبود معاینات خلبانی عصب شناسی گزینش خلبان براین پایه راهکار ارائه نمود.

پیشینه نظری

مفاهیم استخدام، انتخاب، گزینش و معاینات پزشکی

استخدام از مهم ترین اقدامات مدیریت منابع انسانی و سنگ بنای موفقیت سازمان است و با سیاست هایی مانند سازماندهی، طراحی مشاغل، آموزش، رضایت و ارزیابی عملکرد ارتباط نزدیک دارد (ابوالعلائی، ۱۴۰۴). انتخاب، مرحله ای برای پذیرش یا رد متقاضیان و برگزیدن شایسته ترین آنهاست و رویه پیشنهادی ریچارد داوونپورت شامل پذیرش متقاضی، مصاحبه مقدماتی، تنظیم فرم درخواست شغل، آزمون های استخدامی، مصاحبه استخدامی، تحقیقات محلی و آزمایش های بهداشتی است (میرسپاسی، ۱۳۷۵). در مرحله انتخاب باید افراد شناسایی شده بر اساس ضوابط و معیارهای احراز شغل ارزیابی و شایسته ترین ها برگزیده شوند (طالقانی و افقهی، ۱۳۹۲). سازمان با جذب نیروی انسانی شایسته و برانگیختن و بهبود مهارت آنان، زمینه اثربخشی را فراهم می کند (مقیم، ۱۳۹۴). در گزینش کارکنان، شرح وظایف و شرایط احراز شغل اهمیت دارد و بر اساس آن فهرست شرایط داوطلب موفق تهیه می شود (رابینز، ۱۳۷۸). هدف گزینش، شناسایی و استخدام افرادی است که دانش، اطلاعات، مهارت و توانایی های جسمی، روحی و روانی لازم را داشته باشند (رابینز^۱، ۱۳۹۹). بسیاری از سازمانها معاینات پزشکی را به دلیل هزینه در آخرین مرحله استخدام انجام می دهند و ثبت وضعیت جسمی متقاضی پیش از ورود، از شکایت و ادعای خسارت علیه سازمان جلوگیری می کند (شهلائی، ۱۳۹۱).

علوم شناختی و کاربردهای علوم اعصاب شناختی در گزینش

علوم شناختی مجموعه ای از رشته های تخصصی و حوزه وسیعی از دانش است. هدف از علم شناختی این است که اولاً قابلیت های شناختی که در موجودات زنده وجود دارد به شکل علمی تعریف و تدوین شود و بعد مکانیسم هایی که در مغز باعث به وجود آمدن چنین قابلیت هایی بوده اند، شناسایی شوند. سپس به زبان ریاضی ترجمه و به شکل کمی مشخص می شوند و در ادامه این کمیات را در ماشین مدل سازی و در ابزار صنعتی مثل ربات ها پیاده سازی می کنند. در واقع زنجیره ای از علوم مختلف در این علوم دخیلند تا مکانیسم های نورونی را مطالعه کنند (گیج و بارس، ۱۳۹۲).

روش های سنتی گزینش استخدام، از جمله مصاحبه های ساختاریافته و آزمون های شخصیت، اغلب با محدودیت هایی چون سوءگیری های ناخودآگاه ارزیاب و ناتوانی در سنجش دقیق توانمندی های شناختی مواجه هستند. در سال های اخیر علوم اعصاب شناختی با بهره گیری از ابزارهایی مانند EEG، شبیه سازهای رایانه ای و ارزیابی های مبتنی بر واقعیت مجازی، بستری برای اندازه گیری عینی تر فرایندهای تصمیم گیری، کنترل شناختی و انطباق پذیری فراهم نموده است (دوسی و نیکولاو^۲، ۲۰۲۶). از کاربردهای اصلی علوم اعصاب شناختی در گزینش منابع انسانی؛ سنجش دقیق تر توانمندی های شناختی

1. Robbins

2. Gage & Baars

3. Dousi & Nikolau

است بر خلاف آزمون‌های کاغذی، ارزیابی‌های مبتنی بر عصب‌شناختی قادر اند ویژگی‌هایی همچون تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، انعطاف پذیری شناختی را در بستر شبیه‌سازی‌های پویا اندازه‌گیری کنند. سکوها‌ی نوین تا صد ویژگی شناختی را از طریق وظایف تعاملی ارزیابی می‌کنند (لازول سافت‌ویر^۱، ۲۰۲۵). پژوهشی در نیروی هوایی ایالات متحده نشان داد که مدل‌های شناختی مبتنی بر عصب شناختی می‌توانند عملکردهای اجرایی خلبان‌ها را با دقتی تا ۷۲/۶٪ پیش‌بینی کنند (لازول سافت‌ویر، ۲۰۲۵).

هوش مصنوعی و کاربردهای آن در گزینش منابع انسانی: بهبود کارایی مدیریت منابع انسانی از طریق هوش مصنوعی به یک روند مهم در توسعه آینده مدیریت منابع انسانی تبدیل شده است (یاوالکار^۲، ۲۰۱۹). استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت منابع انسانی به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا بتوانند استعداد‌های کلیدی را استخدام و حفظ کنند و به تبع آن راندمان سازمان‌ها بهبود خواهد یافت (آچیگاز و همکاران^۳، ۲۰۲۰) و (کار و ویکاس^۴، ۲۰۲۱). اگرچه به‌کارگیری سیستم‌های هوش مصنوعی در سازمان‌ها هنوز محدود است (بنبیا، داونپورت و پاچیدی^۵، ۲۰۲۰) اما آینده‌ی مبتنی بر هوش مصنوعی به سرعت در حال طلوع است (چارلوود و گنول^۶، ۲۰۲۲). هوش مصنوعی قادر است فرصت‌های جدیدی را برای سازمان‌هایی که به دنبال حل چالش‌های مدیریتی خود و با بهره‌گیری از ابزارهای جدید هستند، فراهم نماید (آبیودان، جان تان، آمولارا، دادا، محمد و ارشد^۷، ۲۰۱۸). سازمان‌ها می‌توانند با استفاده از ماشین‌ها یا سیستم‌هایی که این فرآیند را دقیق‌تر و کمتر جانبدارانه می‌کنند، به طور قابل توجهی بهره ببرند. با بهره‌برداری از قابلیت‌های فناوری‌های هوش مصنوعی، سازمان‌ها می‌توانند به صورت عمیق‌تر به شایستگی‌های فردی و تیمی بپردازند و از محدودیت‌های روش‌های ارزیابی سنتی فراتر روند. تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، بینش‌های دقیقی در مورد ظرافت‌های تعامل انسانی ارائه می‌دهند و درک غنی‌تری از نقاط قوت و زمینه‌های بهبود کارکنان را برای ذینفعان فراهم می‌کنند (لی و کیم^۸، ۲۰۲۰).

خلبانی و شغل خلبانی: کار خلبان جریان مستمری از فعالیت‌هایی است که مستلزم داشتن توانایی‌هایی چون جهت‌یابی، توجه و حافظه کاری ناوبری است. خلبانان به علت تحمل شتاب گرانشی بیشتر، در معرض اختلالات شناختی بوده و انجام ارزیابی‌های شناختی در آنها اهمیت بسزایی دارد (الماسی دوغائی، ۱۳۹۸). جذب خلبانان یکی از امورات مهم، پراهمیت و استراتژیک محسوب می‌شود چرا که سازمان‌ها با انتخاب مناسب به خلبانی سالم با درک کامل از اصول تئوری پرواز و مهارت‌های ضروری ایمنی در پرواز دست خواهند یافت.

در عصر فناوری‌های پیچیده، سرمایه انسانی ارزشمندترین دارایی سازمان‌هاست. نیروی هوایی برای کسب برتری و توان رزم، نیازمند خلبانانی خلاق و تخصصی است که در شرایط بحرانی، تصمیم‌گیری سریع و عملکردی بهینه داشته باشند. خلبانان به‌عنوان نیروهای کلیدی، نقشی حیاتی در امنیت و پایداری ملی ایفا می‌کنند؛ نقشی که مستلزم مدیریت بحران و تطبیق‌پذیری با محیط‌های پیچیده است. کم‌توجهی به این حوزه، کاهش عملکرد، افزایش حوادث و ناکارآمدی سازمانی را

1. Lazul Software
2. Yawalkar
3. Acikgoz et al.
4. Kaur & Vikas
5. Benbya, Davenport & Pachidi
6. Charlwood & Guenole
7. Abiodun, Jantan, Omolara, Dada, Mohamed & Arshad
8. Lee & Kim

به دنبال دارد (قیصری، خراسانی، ابوالقاسمی و مهری، ۱۴۰۳ الف).

از این رو، تأمین و گزینش خلبانان با استعداد، یکی از چالش های اصلی این صنعت است و گزینش نادرست دانشجویان خلبانی، موانعی جدی در تحقق مأموریت های راهبردی ایجاد می کند. بر این اساس، مسئله اصلی پژوهش حاضر آن است که برای استعدادیابی دانشجویان خلبانی، کدام شایستگی های محوری و الزامات گزینش باید به کار رود تا ضمن گزینش افراد با استعداد، توانایی های آنان برای ایفای نقش راهبردی در نیروی هوایی به طور مؤثری توسعه یابد (قیصری، خراسانی، ابوالقاسمی و مهری، ۱۴۰۳ ب).

پیشینه تجربی

در جدول شماره ۱، تعدادی از پژوهش های بررسی شده در این پژوهش ارائه شده است.

جدول ۱. تحقیقات پیشین صورت پذیرفته مرتبط

نویسندگان / سال	عنوان مقاله	خلاصه نتایج و یافته ها
پیلوی هارت، اشمیت و تیپ پینز، ۲۰۱۷	حل چالش بنیادین جذب و گزینش نیروی انسانی	مروری بر ۱۰۰ سال پژوهش در حوزه جذب و گزینش نیروی انسانی. چالش جذب و گزینش مسئله اعظم سازمان ها است و این مسئله برای یک قرن مورد توجه پژوهشگران و متخصصان عملگرا قرار گرفته است.
گریفین و کونس، ۲۰۰۹	مروری بر مهارت های روانی-حرکتی در پژوهش های گزینش خلبان در نیروهای نظامی ایالات متحده	ارتش (نیروی زمینی) و نیروی هوایی ایالات متحده از ترکیب آزمون کاغذ و قلم و آزمون های خودکار روان حرکتی-شناختی برای گزینش اولیه استفاده می کنند. به نظر می رسد نیروی دریایی ایالات متحده نیز در حال بررسی استفاده از آزمون های شناختی و روان حرکتی خودکار در آینده می باشد.
هوئرن و گوئرک، ۲۰۱۴	ارزیابی شایستگی اجتماعی برای انتخاب خلبان	به جهت بهبود فرایند انتخاب خلبان، پرسشنامه های شایستگی اجتماعی و شخصیت می توانند به عنوان مؤلفه ای تکمیلی در مرحله ی پیش گزینش مورد استفاده قرار گیرند. شرکت های هواپیمایی روش های تشخیص گوناگونی را در فرایند های گزینشی خود وارد کرده اند تا از داشتن مهارت های لازم برای کار تیمی مؤثر در خلبانان اطمینان داشته باشند.
ابراهیم الرشیدی، مولیتساس و جنکینز، ۲۰۲۳	رویکرد چند وجهی برای تشخیص وضعیت ذهنی خلبان بر اساس EEG	با رویکرد چند وجهی نوین، تشخیص وضعیت ذهنی خلبانان با استفاده از سیگنال های EEG توسعه و از نگرانی های فزاینده درباره سوانح احتمالی ناشی از وضعیت های ذهنی خلبانان کاسته شد. در ادامه راهکاری قابل اعتماد برای تشخیص وضعیت های ذهنی خلبانان ارائه و ظرفیت بالقوه سیگنال های EEG در توسعه سامانه های شناختی برجسته گردید.
وای چن، ۲۰۲۳	تحلیل ویژگی های EEG دانش آموزان پسر دبیرستانی که در گزینش خلبانان جنگنده در بازه ۲۰۱۹-۲۰۲۱ شرکت کرده اند.	ویژگی های EEG در فرایند گزینش خلبانان جنگنده و فراهم سازی مبنای فیزیولوژیک برای بهینه سازی استانداردهای انتخاب بر اساس EEG مورد بررسی قرار گرفت. نرخ بالای موارد مشکوک نشان می دهد که معیارهای انتخاب بر اساس EEG نیازمند کمی سازی دقیق تری هستند تا اثر بخشی کلی فرایند گزینش بهبود یابد.
ایرج یاسایی، خدابخش احمدی و علیرضا کولیوند، ۱۳۸۱	استرس در خلبانان نظامی: بررسی شیوع علائم اختلالات روانشناختی و فرسودگی شغلی در خلبانان	استفاده از ابزارهای معتبر روانشناختی و عصب شناختی در گزینش برای کاهش میزان استرس خلبانان و آموزش شیوه های مواجهه با استرس برای خلبانان مورد توجه ویژه قرار گرفت. از این طریق سیستم گزینش دانشجویان خلبانی اصلاح و بهبود یافت.

1. Ployhart, Schmitt & Tipples
2. Griffin, G. R., & Koonce
3. Hoermann & Goerke
4. Alreshidi, Moulitsas & Jenkins
5. Chen

نویسندگان / سال	عنوان مقاله	خلاصه نتایج و یافته‌ها
مونین، پرووست-روبیوکس، هویمان، مارچی، کریپون، دوبردیو، پرییر و گاورت، ۲۰۱۸	شیوع انواع خوش‌خیم الگوهای صرعی در معاینه اولیه EEG در میان خدمه پرواز نظامی فرانسه	یک اجماع در مورد مناسب بودن EEG در انتخاب اعضای خدمه نظامی کشور فرانسه ایجاد شد. در دیگر کشورهای اروپایی نظیر ایتالیا، بلژیک و آلمان، EEG استاندارد نیز یک تست معمول در زمینه پذیرش خلبانان است. اما در مقابل ایالات متحده آمریکا، استرالیا و کانادا این روش‌ها را رها کرده‌اند. در آلمان نیز MRI مغزی برای پذیرش خلبان نظامی، مورد نیاز است.
اوه دان ای، کیم و کی با، ۲۰۱۸	ناهنجاری EEG در غربالگری داوطلبان خلبانی در کره جنوبی	نوار مغزی یکی از پرکاربردترین روش‌های غربالگری سلامت افراد است که در میان متقاضیان ورود به عرصه خلبانی در اکثر کشورها از جمله کره جنوبی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. این موضوع بر اساس این باور است که متقاضیانی که با خطر تشنج در حین پرواز مواجه هستند، باید رد صلاحیت شوند.
حسن سرواحد، کیومرث فرح بخش و محمد عسگری، ۲۰۲۱	تحلیل کیفی عوامل ساختاری اثرگذار بر آمادگی شغلی خلبانان مسافربری	عدم توجه شرکت‌ها به‌گزینش خلبانان از لحاظ مهارت‌های ارتباطی رفتاری و عوامل انسانی، عدم اهتمام شرکت به ارزیابی همه‌جانبه خلبانان و در نظر نگرفتن اهمیت تیپ شخصیتی افراد برای اجرای شغل خلبانی که بیانگر ضعف شرکت‌ها در اهمیت‌دهی به‌گزینش و ارزیابی خلبان‌هاست، زمینه‌ساز ورود و تداوم حضور خلبانان نامتناسب با این حرفه و درگیری شرکت‌های هواپیمایی با تبعات حاصل از آن شده است.
آدامز، گولدی و گایدوس، ۲۰۲۳	تحلیل گذشته‌نگر ریزش معاینات پزشکی در میان داوطلبان خلبانی نیروی هوایی ارتش بریتانیا	فرایند گزینش خلبانان در ارتش بریتانیا مورد بررسی قرار گرفت. فرایند گزینش خلبانان در یک روند مرحله‌ای و چندگانه است که شامل غربالگری پزشکی و سپس معاینه جامع پزشکی می‌شود. طبقه بندی علت شناسی رد صلاحیت داوطلبین به شرح زیر تشخیص داده شد: حدود یک سوم از داوطلبین در غربالگری اولیه پزشکی رد صلاحیت شدند. مهم‌ترین علل ریزش مربوط به مشکلات تنفسی و پس از آن مشکلات چشم پزشکی بود. در مرحله دوم ۲۱٪ از نظر پزشکی رد صلاحیت می‌شوند که بیشترین ریزش مربوط به آنتروپومتري و چشم پزشکی بود.

گرفین و کونسه در مقاله خود از آزمون‌های سنتی کاغذ و قلم و آزمون‌های خودکار روان حرکتی برای گزینش اولیه خلبانان در نیروی زمینی، هوایی و دریایی ایالات متحده استفاده نمودند. در حالی که در این تحقیق از روش‌های نوین ابزارهای علوم شناختی نظیر علوم عصب شناختی و یادگیری ماشین که دارای قابلیت‌های بالاتری می‌باشند بهره‌برداری گردیده است.

وای چن و اوه دان ای و همکاران در مقالات جداگانه‌ای به ویژگی‌های برجسته EEG در فرایند گزینش خلبانان شکاری پرداخته‌اند. نرخ بالای موارد مشکوک نشان می‌دهد که معیارهای انتخاب بر اساس EEG نیازمند کمی سازی دقیق‌تری هستند که در این تحقیق با بکارگیری یادگیری ماشین این خلاء جبران شده تا اثربخشی کلی فرایند گزینش بهبود یابد. حسن سرواحد و همکاران بدرستی به عدم توجه شرکت‌ها به گزینش خلبان‌ها اشاره نموده ولی در تحقیق خود راهکاری ارائه نموده‌اند. این تحقیق با طراحی چارچوبی در حوزه معاینات عصب‌شناسی خلبان این خلاء را تا حدودی جبران نموده است.

مونین و همکاران در مقاله خود به مطالعه تطبیقی گزینش معاینات عصب‌شناسی خلبانان در کشورهای توسعه‌یافته پرداخته‌اند. در کشورهایی نظیر: فرانسه، ایتالیا، بلژیک و آلمان، EEG استاندارد یک تست معمول در زمینه پذیرش خلبانان است. اما در مقابل کشورهایی مانند ایالات متحده، استرالیا و کانادا این روش‌ها را رها کرده‌اند. در آلمان نیز MRI مغزی

1. Monin, Pruvost-Robieux, Huiban, Marchi, Crepon, Dubourdieu, Perrier & Gavaret.

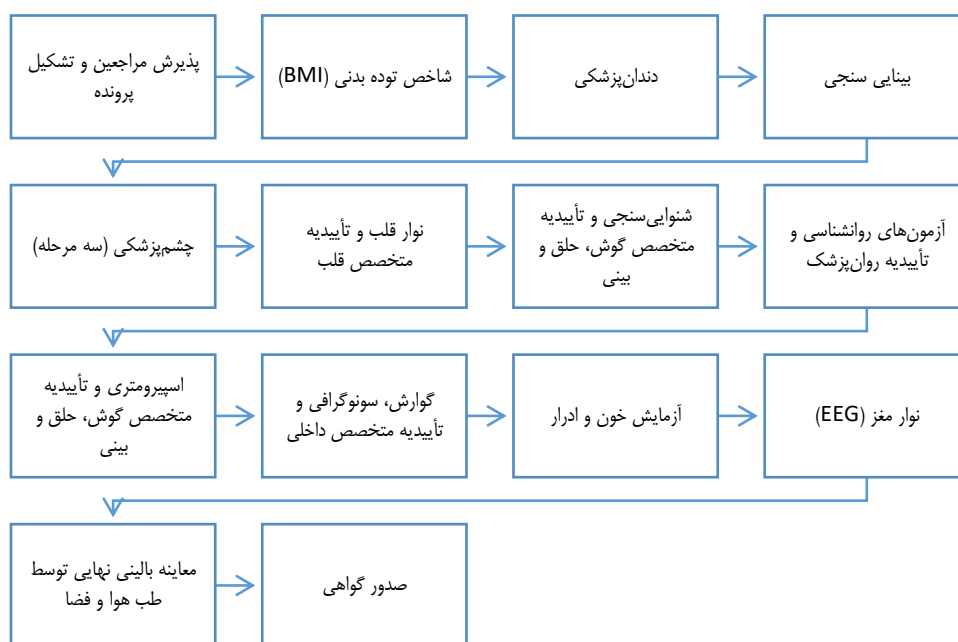
2. Dan, Kim, Kee

برای پذیرش خلبان نظامی، مورد نیاز است. این امر نشان دهنده این مورد است که هنوز در فرایندهای معاینات عصب شناسی خلبانان، EEG مورد استفاده قرار می گیرد. در تحقیقات سال های گذشته علی رغم پژوهش هایی که در حوزه گزینش خلبانان انجام پذیرفته، متأسفانه جهت بروزرسانی معاینات عصب شناسی گزینش خلبانان تحقیقی صورت نگرفته فلذا محقق در صدد بهره برداری از قابلیت های علوم شناختی و هوش مصنوعی برای بهسازی فرایند های مذکور است.

روش شناسی

زمینه پژوهش

فرایند گزینش خلبانان در سازمان مذکور بشرح شکل ۱ در این تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۱- فرایند گزینش خلبانان

پژوهش کاربردی حاضر یک پژوهش اکتشافی، توصیفی و تبیینی با استفاده از نگرش اثبات گرایی و رعایت اصول واقع گرایانه به مطالعه و بررسی ابعاد مختلف فرایندهای گزینشی جهت ارتقاء و بهبود مسائل مرتبط با غربالگری داوطلبان استخدام خلبانی پرداخته است. پژوهش حاضر با استفاده از نمونه گیری هدفمند جهت انتخاب شرکت کنندگان از یک جامعه آماری محدود استفاده نموده است.

مشارکت کنندگان در پژوهش پس از ارزیابی اولیه، شامل ۲۵ خلبان خبره و ۱۱۳ داوطلب استخدام خلبانی بودند که به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت نموده اند. ابزار مورد استفاده در این تحقیق جهت ثبت نوار مغز شرکت کنندگان، دستگاه نور سرو مدل ۴۶۰۰Q بوده و اخذ نوار مغز با ثبت ۱۹ کانال سیگنال مغزی و همچنین با نحوه چینش بر اساس سیستم استاندارد ۲۰-۱۰، برای هر کدام از شرکت کنندگان صورت پذیرفته است. دستگاه فوق مناسب برای انواع مطالعات الکتروآنسفالوگرافی بوده و با نرم افزار نوروگاید سازگاری لازم را دارد.

الکتروآنسفالوگرافی به عنوان ابزار تحقیق به دلیل تفکیک پذیری زمانی بسیار بالا در مقیاس میلی ثانیه، یکی از ابزارهای اصلی برای مطالعه دینامیک شبکه های عصبی، تحلیل فعالیت های شناختی و بررسی تغییرات زمانی سیگنال های

مغزی محسوب می‌شود (جاسپر^۱، ۱۹۵۸).

در این پژوهش برنامه eeg-driver-pipeline.py به عنوان یک زنجیره پردازش محاسباتی طراحی گردیده است که مراحل اصلی فرایند اجرای پژوهش به شرح شکل ۲ نشان داده شده است. برنامه تحلیل داده EEG را از دریافت داده خام تا تولید شاخص‌های شباهت با گروه خبره مدیریت می‌کند. این زنجیره، خواندن داده‌های نوار مغز، پیش پردازش سیگنال، استخراج ویژگی‌های کمی، کنترل کیفیت داده، مدل سازی آماری گروه خبره و امتیاز دهی به داوطلبان بر اساس میزان شباهت به الگوی خبره را در یک چارچوب اجرایی یکپارچه سازماندهی نموده است.

هدف اصلی این سامانه، ایجاد یک چارچوب محاسباتی باز تولید پذیر بوده که در آن، پس از انجام مراحل استاندارد پیش پردازش شامل یکسان سازی نرخ نمونه برداری، فیلتر گذاری سیگنال، انتخاب پنجره زمانی مناسب و استخراج ویژگی‌های عددی، توزیع آماری ویژگی‌های استخراج گردیده از گروه خبره به عنوان یک مدل آماری مرجع تعریف می‌گردد. سپس داده‌های افراد داوطلب نسبت به این مرجع، ارزیابی شده و میزان انطباق آنها با الگوی آماری گروه خبره برآورد شد (ویدمن و اسکروگر^۲، ۲۰۱۵) (لسکی و دالال^۳، ۲۰۱۹). در این چارچوب، شباهت هر داوطلب به الگوی خبره با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های آماری چند متغیره محاسبه و خروجی نهایی به صورت یک امتیاز شباهت گزارش گردید.

برای اندازه‌گیری روایی ابزارهای مطالعات علوم شناختی که در این تحقیق از آنها استفاده شده شامل تجهیزات EEG، استفاده از روش‌های موسوم در مطالعات علوم انسانی امکان پذیر نیست. به جهت اطمینان از کیفیت داده‌ها، روایی ابزار (دستگاه) از طریق ثبت هم زمان با یک سیستم مرجع بالینی نیز تأیید گردید که ضریب همبستگی بالایی را نشان داد. پایایی ابزار نیز در این تحقیق از آنجایی که وسایل اندازه‌گیری پزشکی استفاده شده در این پژوهش شامل تجهیزات EEG، تجهیزات مهندسی پزشکی محسوب می‌گردند، از طریق کالیبراسیون تجهیزات قابل تأیید بوده که در این پژوهش تمامی تجهیزات همواره کالیبره بودند. با این حال پایایی دستگاه با روش آزمون - باز آزمون و محاسبه ضریب همبستگی درون خوشه‌ای نیز ارزیابی گردید که حاکی از تکرار پذیری مناسب داده‌های ثبت شده می‌باشد.

¹ Jasper

² Widmann & Schröger

³ Leske & Dalal

فرایند اجرای پژوهش



شکل ۲- فرایند اجرای پژوهش

یافته های پژوهش

به دنبال مصاحبه با سه نفر از متخصصین مغز و اعصاب و طب هوایی کشور، یافته های حاصل حاکی از آن است که روش سنتی اخذ و تفسیر نوار مغز همچنان در فرایند معاینات خلبانی استفاده می گردد. یکی از متخصصین مغز و اعصاب مسئولیت پزشک متخصص را در تأیید سلامت داوطلب خلبانی بسیار سنگین دانست و بر لزوم بروز رسانی معاینات تأکید نمود. در ادامه یکی دیگر از متخصصین قدیمی و مجرب مغز و اعصاب، با اشاره به تجارب خود در معاینات سربازان دوران جنگ، خاطرنشان کرد که تنها با تکیه بر تفسیر نوار مغز نمی توان بیماری صرع را تشخیص داد، چرا که نوار مغز بسیاری از مبتلایان به صرع، صرفاً هنگام وقوع تشنج، غیر طبیعی نشان داده و در فواصل دیگر نرمال گزارش شده است. ایشان در ادامه عنوان نمودند که با ایجاد یک الگوی خبره و شباهت یابی داوطلبان نسبت به آن الگوی خبره، می توان تا حدودی ضریب اشتباه تأیید یا عدم تأیید نوار مغز را کاهش داد.

در مصاحبه ای دیگر با یکی از متخصصین طب هوایی، ایشان اذعان نمودند که در کشور روسیه معاینات خلبانی فراتر از بررسی های عمومی انجام می گردد و وضعیت جسمانی استاندارد، شرط کافی برای قبولی محسوب نمی گردد، بلکه آزمون های تکمیلی نیز به کار گرفته می شود. ایشان پیشنهاد نمودند که از روش های نقشه برداری مغز به عنوان فرایند کمکی در دو مقطع زمانی قبل و بعد از آموزش استفاده گردد. تفاوت های آن با الگوی خلبانان خبره بررسی شده تا بتوان سیر صعودی یا

نزولی یادگیری و سازگاری عصبی خلبانان را سنجید. متخصصین مذکور متفق القول ابراز امیدواری نمودند که از طریق این پژوهش می‌توان به مدلی قابل اتکا برای کمک به متخصصان مغز و اعصاب در کمیسیون‌های تشخیصی دست یافت.

در ادامه متخصصین مذکور اظهار نمودند که با توجه به بهبود و بروزرسانی فرایندها تنها می‌توان درصد خطا در غربالگری سلامت افراد را کاهش داد. متخصصان فوق بر تکمیل آزمایشات نوار مغز با روش‌های دقیق‌تر مبتنی بر علوم شناختی تأکید داشته و عنوان نمودند که با استفاده از الکتروآنسفالوگرافی کمی و یادگیری ماشین می‌توان گام موثری در بهبود فرایند انتخاب خلبان برداشت و با انطباق الگوی حاصل از خلبانان خبره در مقایسه با الگوی داوطلبان خلبانی غربالگری مناسب را ممکن ساخت. متخصصین مذکور خلأ این امر را در فرایند معاینات کاملاً محسوس دانسته و توصیه به تحقیق و پژوهش برای بهبود فرایندها را یادآوری نمودند.

هر سه متخصص به صراحت آمادگی کامل خود را برای همکاری در پروژه تحقیقاتی مرتبط با به کارگیری ابزارهای نوین علوم شناختی در فرایند معاینات خلبانی اعلام داشته و بر اهمیت و ضرورت عملیاتی و کاربردی بودن نتایج این پژوهش در جلوگیری از ضررهای مالی و جانی ناشی از واخوردگی و غیر عملیاتی شدن خلبانان در آینده تأکید نمودند. در انتها متخصصین به این موضوع اشاره نمودند که این رویکرد نوین در سطح بین‌المللی کمتر مورد توجه قرار گرفته و اجرای آن در سازمان می‌تواند گامی موثر در به روز رسانی چارچوب معاینات گزینش خلبان محسوب گردد.

با توجه به نظر متخصصین فوق و خلأهای موجود فرایند اجرای پژوهش آغاز و براساس یافته‌های تحقیق، فرایند معاینات عصب‌شناسی (EEG) خلبانان بدین صورت طراحی گردید: ابتدا خلبانان تاکتیکی و داوطلبان استخدام خلبانی به مرکز معاینات عصب‌شناسی مراجعه نموده و از آنان آزمایش نوار مغز اخذ گردید. پس از انجام آزمایش، ارزیابی تخصصی متخصص مغز و اعصاب صورت پذیرفت. در صورت مردود اعلام شدن ارزیابی متخصص، داوطلب استخدام از فرایند گزینش خارج و در مورد خلبان خبره نیز نتیجه به صورت «غیر عملیاتی شدن» ثبت گردید.

در صورت تأیید ارزیابی‌های متخصص، فرایند تحلیل سیگنال‌های EEG ادامه، کپی برداری نوار مغزی از خلبانان خبره و داوطلبان انجام و داده‌های حاصل وارد مرحله پردازش گردید. در مرحله بعدی عملیات پیش پردازش سیگنال‌ها انجام، کیفیت داده‌ها کنترل و ویژگی‌های کمی حوزه‌های شناختی در شش حوزه: بار کاری، خستگی و درگیری ذهنی، توجه پایدار، عملکرد تصمیم‌گیری و پردازش اجرایی استخراج و تعیین گردید. سپس سامانه تحلیلی-امتیازی داوطلبان با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین طراحی و پیاده‌سازی شد.

الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده در سامانه شامل: PCA، One-Class SVM، Mahanobis، Ledoit-Wolf و Bootstrap می‌باشند. بر اساس داده‌های حاصل از این مرحله، دو الگو طراحی گردید: الگوی خلبانان خبره «حالت مطلوب» و الگوی داوطلبان به عنوان «حالت موجود». در مرحله نهایی، مقایسه و شباهت‌یابی الگوی داوطلبان با الگوی خلبانان خبره انجام و در نهایت، تحلیل آماری داوطلبان بر اساس میزان انطباق الگوی نمره مغزی آنان با الگوی خلبانان خبره صورت گرفت و داوطلبان بر اساس امتیاز حاصل در سه رده قرار گرفتند: رده بالای امتیازی شامل ۳۱ داوطلب برتر، متوسط امتیازی شامل ۲۶ داوطلب میانی و رده پایین امتیازی شامل ۵۶ داوطلب کم امتیاز. این فرایند در مجموع چارچوب پیشنهادی برای معاینات عصب‌شناختی و گزینش خلبانان را نشان می‌دهد.

تعریف ستون‌ها و شاخص‌های مهم امتیازدهی

جدول ۲ معنی ستون‌هایی را توضیح می‌دهد که در رتبه‌بندی کامل داوطلبان به کار رفته است. ستون‌ها از فایل candidate_scores.csv استخراج شده‌اند و برای تفسیر نتیجه، مکمل score_percent هستند.

جدول ۲. تعریف شاخص و پارامترهای مهم مورد استفاده در رتبه‌بندی کامل

شاخص	معنا
score_percent	امتیاز نهایی در مقیاس ۰ تا ۱۰۰ بر اساس ترکیب صدک OCSVM و صدک شباهت Mahalanobis
ocsvm_percentile	موقعیت نمره One-Class SVM داوطلب نسبت به توزیع خبره‌ها؛ مقدار بزرگ‌تر یعنی شباهت بیشتر به ناحیه خبره.
D ² _mahal	فاصله Mahalanobis در فضای ویژگی PCA؛ مقدار کوچک‌تر یعنی نزدیکی بیشتر به مرکز الگوی خبره.
mahal_percentile	صدک شباهت حاصل از فاصله Mahalanobis نسبت به خبره‌ها.
score_boot_mean	میانگین امتیاز داوطلب در تکرارهای همگردانی؛ شاخصی از امتیاز مورد انتظار در نمونه‌گیری مجدد.
score_boot_std	انحراف معیار امتیاز همگردانی؛ مقدار کمتر یعنی پایداری بیشتر نسبت به ترکیب گروه خبره.
score_boot_ci_low/high	کران پایین و بالای بازه اطمینان همگردانی؛ برای ارزیابی دامنه تغییرپذیری امتیاز به کار می‌رود.
ci_width	اختلاف بین کران بالا و پایین بازه اطمینان؛ مقدار بزرگ‌تر یعنی عدم قطعیت بیشتر.
bucket	رده‌بندی داخلی سامانه اجرایی: بالا، متوسط یا پایین.

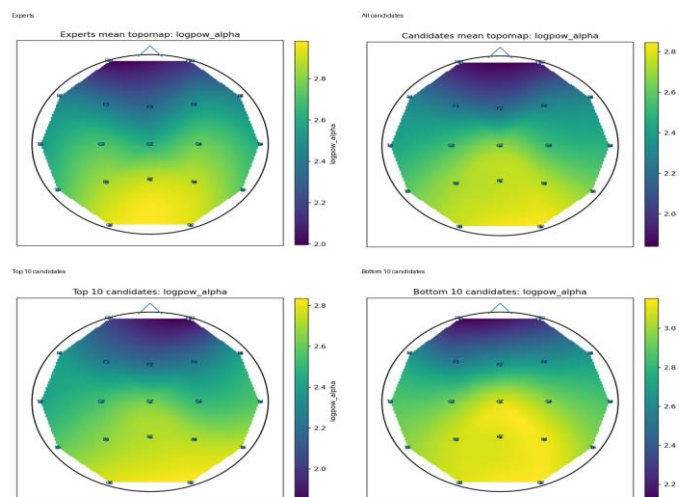
با توجه به داده‌های ورودی، خلاصه تحلیلی رده‌های امتیازی و مؤلفه‌های اثرگذار در هر رده در سه گروه پتانسیل بالا، متوسط و پایین به شرح جدول ۳ و نقشه‌های توپوگرافیک موج آلفا خلبانان تاکتیکی، کلیه داوطلبان، ۱۰ داوطلب اول و ۱۰ داوطلب آخر به شرح شکل ۳ نشان داده شده است:

جدول ۳- خلاصه تحلیلی رده‌های امتیازی و مؤلفه‌های اثرگذار در هر رده

رده	تعداد	میانگین امتیاز	دامنه امتیاز	میانگین OCSVM	میانگین D2 Mah	میانگین % Mah	میانگین SD همگردانی	میانگین عرض CI
بالا	۳۱	۸۴.۰	۷۶.۰ تا ۱۰۰.۰	۰.۸۵	۳.۰	۰.۸۲	۱۶.۴	۶۴.۹
متوسط	۲۶	۶۷.۸	۵۹.۲ تا ۷۴.۴	۰.۷۲	۵.۹	۰.۶۱	۲۷.۳	۸۱.۹
پایین	۵۶	۸.۲	۰.۰ تا ۲۰.۸	۰.۰۰	۳۵.۷	۰.۲۱	۴.۱	۱۴.۸

نقشه‌های توپوگرافیک موج آلفا

شکل ۳ نشان دهنده مقایسه نقشه‌های توپوگرافیک موج آلفا برای خلبانان تاکتیکی، کلیه داوطلبان، ۱۰ داوطلب اول و ۱۰ داوطلب آخر می‌باشد. در خلبانان تاکتیکی و داوطلبان برتر، الگوی غالب آلفا در نواحی پس‌سری پاریتال قابل مشاهده است. در ۱۰ داوطلب آخر، الگوی فضایی و شدت نسبی آلفا با گروه‌های برتر متفاوت‌تر به نظر می‌رسد. باید توجه داشت که مقیاس رنگی هر پنل مستقل است؛ بنابراین مقایسه مستقیم رنگ‌ها بدون توجه به نمایه رنگی کمکی هر پنل می‌تواند گمراه‌کننده باشد. داده‌های مرتبط با نقشه‌های توپوگرافیک در این بخش، پشتیبانی بصری از یافته‌های عددی است.



شکل ۳- نقشه‌های توپوگرافیک میانگین آلفا برای خلبانان تاکتیکی

داوطلبان برتر

داوطلبانی که موفق به کسب امتیاز بالای ۷۵ شده‌اند در دسته داوطلبان برتر قرار می‌گیرند. با توجه به داده‌های بدست آمده از سامانه که در جدول شماره ۴ درج شده است، داوطلب شماره ۶ با کسب امتیاز ۱۰۰ و بازه اطمینان بسیار فشرده، قوی‌ترین گزینه از نظر شباهت به الگوی خبره است. داوطلبان شماره ۷۷، ۶۳ و ۴۸ نیز امتیازهای بالایی کسب نموده‌اند. مطابق داده‌های جدول، فاصله میان چند داوطلب اول از نظر امتیاز زیاد نیست؛ بنابراین در انتخاب عملی، رتبه عددی باید با معیارهای پایداری و تحلیل ویژگی‌ها تکمیل شود.

جدول ۴- لیست ۱۵ داوطلب اول بر اساس امتیاز نهایی و شاخص‌های پایداری

رتبه	داوطلب	امتیاز	رده	صدک OCSVM	Mah D2	صدک Mah	میانگین همگردانی	SD همگردانی	CI پایین	CI بالا
۱	۶	۱۰۰.۰	بالا	۱.۰۰	۰.۶	۱.۰۰	۹۹.۷	۱.۶	۹۷.۵	۱۰۰.۰
۲	۷۷	۹۸.۴	بالا	۱.۰۰	۱.۷	۰.۹۶	۹۲.۸	۹.۴	۷۰.۳	۱۰۰.۰
۳	۶۳	۹۷.۶	بالا	۰.۹۶	۱.۳	۱.۰۰	۹۲.۴	۱۰.۰	۷۱.۲	۱۰۰.۰
۴	۴۸	۹۶.۰	بالا	۰.۹۶	۱.۹	۰.۹۶	۹۲.۴	۷.۶	۷۲.۰	۱۰۰.۰
۵	۹۰	۹۱.۲	بالا	۰.۸۸	۲.۱	۰.۹۶	۸۹.۳	۱۰.۷	۶۸.۸	۱۰۰.۰
۶	۱۸	۹۱.۲	بالا	۰.۸۸	۲.۰	۰.۹۶	۸۶.۶	۱۲.۳	۶۲.۴	۱۰۰.۰
۷	۳۶	۸۹.۶	بالا	۰.۸۸	۲.۳	۰.۹۲	۸۸.۷	۹.۴	۶۸.۰	۱۰۰.۰
۸	۹	۸۸.۸	بالا	۰.۹۲	۲.۴	۰.۸۴	۸۷.۰	۱۰.۱	۶۵.۶	۱۰۰.۰
۹	۱۰	۸۸.۸	بالا	۰.۹۲	۲.۵	۰.۸۴	۸۶.۶	۱۲.۱	۶۰.۰	۱۰۰.۰
۱۰	۲۱	۸۶.۴	بالا	۰.۸۸	۲.۵	۰.۸۴	۸۴.۹	۱۱.۲	۶۲.۴	۱۰۰.۰
۱۱	۸۲	۸۶.۴	بالا	۰.۸۸	۲.۸	۰.۸۴	۸۳.۱	۱۵.۰	۲۵.۶	۹۸.۴
۱۲	۱	۸۶.۴	بالا	۰.۸۸	۳.۱	۰.۸۴	۷۸.۳	۱۶.۱	۲۰.۷	۹۶.۸
۱۳	۷۸	۸۴.۰	بالا	۰.۸۴	۳.۱	۰.۸۴	۷۵.۱	۲۰.۱	۱۱.۲	۹۶.۸
۱۴	۱۶	۸۳.۲	بالا	۰.۸۸	۳.۷	۰.۷۶	۷۴.۲	۱۸.۱	۱۲.۸	۹۶.۸
۱۵	۹۶	۸۲.۴	بالا	۰.۸۴	۳.۲	۰.۸۰	۷۵.۵	۱۶.۲	۱۹.۱	۹۶.۰

داوطلبان میانی

در این پژوهش داوطلبانی که امتیاز بین ۵۰ و یا کمتر از ۷۵ کسب کرده‌اند در دسته داوطلبان میانی قرار گرفته‌اند. جدول ۵ کل این گروه را با شاخص‌های اثرگذار نشان می‌دهد. اهمیت این گروه در آن است که تعدادی از داوطلبانی که در آستانه امتیاز ۷۵ قرار دارند و با تغییر نمونه‌های خبره در همگردانی ممکن است جایگاه آن‌ها تغییر کند. بنابراین، گروه میانی برای تحلیل حساسیت، بازبینی دستی و اعتبارسنجی ثانویه حائز اهمیت می‌باشد. تعداد داوطلب‌های میانی ۲۶ نفر می‌باشد (جدول ۵). داوطلبان میانی بیشترین حساسیت را نسبت به ترکیب گروه مرجع دارند. بنابراین، این گروه برای تصمیم نهایی نباید تنها به دلیل عدم کسب امتیاز بالا کنار گذاشته شوند. این افراد به عنوان «ذخیره نزدیک به آستانه» در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۵ - داوطلب‌های میانی استخراج شده از candidate_score.csv

رتبه کل	داوطلب	امتیاز	صدک OCSVM	Mah D2	صدک Mah	میانگین همگردانی	SD همگردانی	عرض CI	پایداری
۳۲	۴۲	۷۴.۴	۰.۷۶	۵.۱	۰.۷۲	۵۰.۵	۳۱.۴	۹۰.۴	حساس
۳۳	۹۳	۷۴.۴	۰.۷۶	۴.۸	۰.۷۲	۵۰.۵	۳۱.۴	۸۹.۷	حساس
۳۴	۱۰۲	۷۴.۴	۰.۷۶	۴.۷	۰.۷۲	۵۱.۹	۲۸.۶	۸۰.۰	حساس
۳۵	۲۹	۷۴.۴	۰.۷۶	۵.۱	۰.۷۲	۵۳.۱	۳۰.۶	۸۶.۵	حساس
۳۶	۷۲	۷۴.۴	۰.۷۶	۵.۲	۰.۷۲	۵۹.۷	۲۵.۰	۸۵.۶	حساس
۳۷	۱۰۸	۷۴.۴	۰.۷۶	۴.۵	۰.۷۲	۶۷.۷	۲۱.۲	۸۴.۰	حساس
۳۸	۱۰۹	۷۴.۴	۰.۷۶	۵.۱	۰.۷۲	۵۱.۱	۳۲.۵	۹۲.۰	حساس
۳۹	۴۵	۷۴.۴	۰.۷۶	۴.۲	۰.۷۲	۶۷.۵	۲۱.۸	۸۰.۸	حساس
۴۰	۷۳	۷۲.۸	۰.۷۶	۵.۹	۰.۶۸	۴۶.۴	۲۹.۰	۸۴.۸	حساس
۴۱	۳۱	۷۲.۰	۰.۷۲	۴.۹	۰.۷۲	۵۸.۷	۲۴.۴	۸۰.۰	حساس
۴۲	۵۸	۷۲.۰	۰.۷۲	۵.۰	۰.۷۲	۴۹.۶	۲۹.۴	۸۲.۴	حساس
۴۳	۲۲	۷۰.۴	۰.۷۲	۵.۷	۰.۶۸	۴۴.۱	۲۹.۱	۸۰.۱	حساس
۴۴	۵۶	۶۸.۸	۰.۸۰	۶.۵	۰.۵۲	۵۵.۳	۳۰.۵	۹۴.۵	حساس
۴۵	۲۰	۶۶.۴	۰.۷۶	۶.۵	۰.۵۲	۵۱.۳	۳۱.۳	۹۱.۳	حساس
۴۶	۵	۶۶.۴	۰.۷۶	۶.۵	۰.۵۲	۴۸.۹	۳۴.۱	۹۵.۲	حساس
۴۷	۷	۶۴.۰	۰.۷۲	۶.۷	۰.۵۲	۲۸.۳	۲۵.۶	۷۴.۴	حساس
۴۸	۶۸	۶۴.۰	۰.۷۲	۶.۲	۰.۵۲	۳۳.۸	۲۸.۹	۸۱.۷	حساس
۴۹	۶۷	۶۴.۰	۰.۷۲	۷.۱	۰.۵۲	۲۷.۹	۲۶.۱	۷۳.۷	حساس
۵۰	۶۴	۶۴.۰	۰.۷۲	۶.۲	۰.۵۲	۲۹.۹	۲۷.۳	۸۲.۴	حساس
۵۱	۶۶	۶۲.۴	۰.۷۲	۷.۶	۰.۴۸	۲۶.۲	۲۷.۵	۷۹.۳	حساس
۵۲	۷۴	۶۱.۶	۰.۶۸	۷.۱	۰.۵۲	۲۶.۵	۲۴.۹	۷۱.۲	حساس
۵۳	۵۲	۶۰.۸	۰.۶۴	۶.۲	۰.۵۶	۳۴.۴	۲۵.۴	۷۴.۴	حساس
۵۴	۸۸	۵۹.۲	۰.۶۴	۶.۳	۰.۵۲	۲۶.۱	۲۴.۷	۷۶.۸	حساس
۵۵	۲	۵۹.۲	۰.۶۴	۶.۸	۰.۵۲	۲۵.۶	۲۱.۷	۶۹.۷	حساس
۵۶	۴۶	۵۹.۲	۰.۶۴	۶.۷	۰.۵۲	۲۵.۴	۲۳.۳	۷۶.۰	حساس
۵۷	۱۱۱	۵۹.۲	۰.۶۴	۶.۵	۰.۵۲	۲۷.۷	۲۳.۷	۷۲.۰	حساس

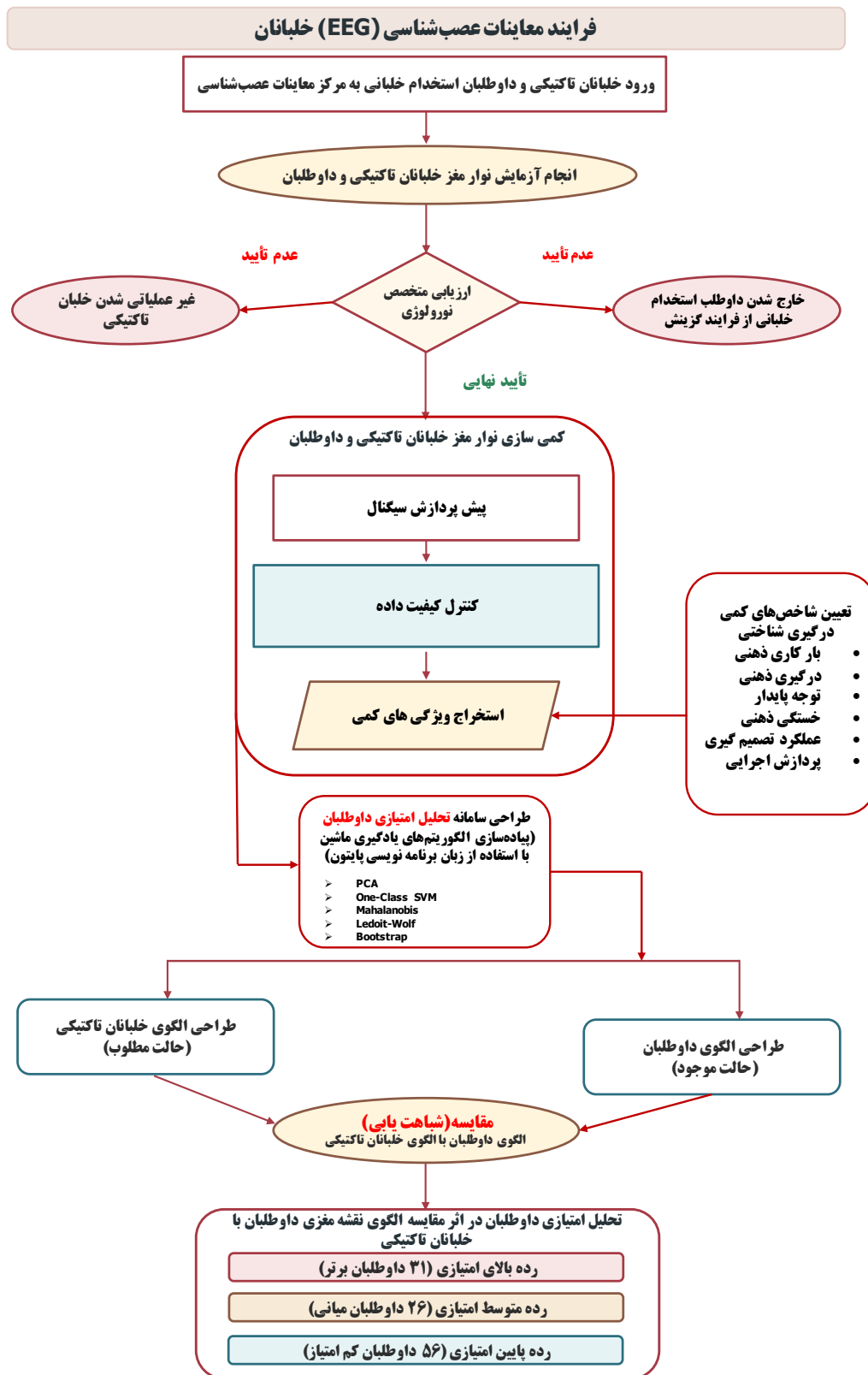
داوطلب‌های کم‌امتیاز

گروه کم‌امتیاز شامل داوطلبانی است که ترکیب ویژگی‌های آن‌ها در فضای مدل با الگوی خبره کم‌ترین همخوانی را دارد. امتیاز پایین بیشتر بیانگر فاصله چندبعدی از الگوی خبره است. جدول شماره ۶ ده داوطلب آخر را نشان می‌دهد.

جدول ۶- لیست ۱۰ داوطلب آخر از نظر امتیاز نهایی

ردیف	داوطلب	امتیاز	D2 Mah	صدک OCSVM	صدک Mah	CI پایین	CI بالا
۱	۶۲	۰.۰	۶۸.۴	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۲	۶۰	۰.۰	۲۳.۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۱.۶
۳	۵۷	۰.۰	۲۵۴.۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۴	۴۱	۰.۰	۲۶.۲	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۱.۶
۵	۴	۰.۰	۳۲.۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۶	۳۵	۰.۰	۶۶.۹	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۷	۳۴	۰.۰	۲۸.۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۸	۱۲	۰.۰	۲۵۳.۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۹	۱۰۷	۰.۰	۴۷.۷	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۰.۰
۱۰	۹۹	۰.۰	۲۴.۴	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰	۱.۶

با توجه به یافته‌های تحقیق، چارچوب فرایند معاینات عصب‌شناسی گزینش خلبانان مطابق شکل ۴ طراحی گردید.



شکل ۴- فرایند معاینات عصب شناسی گزینش خلبانان

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

منابع در این پژوهش، ۱۱۳ داوطلب نسبت به الگوی ۲۵ خبره ارزیابی شدند و امتیازها نشان دادند که ۳۱ نفر در گروه بالا، ۲۶ نفر در گروه متوسط و ۵۶ نفر در گروه پایین قرار گرفته‌اند.

نتایج QC نشان دادند که نسبت تطابق امتیازات کسب شده توسط داوطلبان و مقایسه آن با الگوی خلبانان خبره، بالا و نزدیک است؛ بنابراین نتایج رتبه‌بندی از نظر کیفیت کلی داده‌ها قابل دفاع هستند.

داوطلب شماره ۶ بهترین و پایدارترین نتیجه را نشان داد. چند داوطلب بعدی نیز موفق به کسب امتیازهای بالایی شدند، اما باید با شاخص‌های همگردانی و ویژگی‌های دورافتاده تفسیر شوند.

گروه متوسط مهم‌ترین ناحیه برای تحلیل حساسیت است؛ زیرا به آستانه انتخاب نزدیک بوده و عدم قطعیت همگردانی در آن‌ها نسبتاً بالا است. تحلیل طیفی و نقشه‌های توپوگرافیک نشان داد که گروه‌های امتیازی از نظر پروفایل باندی و الگوی فضایی آلفا تفاوت‌های توصیفی دارند، اما این تفاوت‌ها باید همراه با مدل چندبعدی و بررسی فردی تعبیر شوند.

هدف و ارزش اصلی این پژوهش در یکپارچه‌سازی زنجیره پردازش، استخراج ویژگی، مدل‌سازی آماری و گزارش‌سازی تحلیلی می‌باشد. با این حال، اعتبار نهایی امتیازها به عواملی نظیر کیفیت داده‌های ورودی، تعداد افراد گروه خبره، همسانی آرایش الکترودها (Montage)، کنترل مصنوعات (Artifacts)، انتخاب دقیق پارامترها و اعتبارسنجی مستقل وابسته است.

برای اتخاذ رویکردی محافظه‌کارانه، پیشنهاد می‌شود ابتدا داوطلب‌های دارای score_percent بالاتر از ۸۰ را دارند انتخاب اولیه کرد، سپس بر اساس ci_width score_boot_dts و جدول انحراف ویژگی‌ها اولویت را بازتنظیم کرد. با استفاده از این رویکرد، داوطلب شماره ۶ به عنوان گزینه بسیار پایدار و نزدیک به الگوی خبره برجسته می‌شود. برای تصمیم‌گیری اکتشافی، گروه متوسط که در جدول ۵ نشان داده شده است ارزش ویژه‌ای دارد. در این گروه که مرز بین مشابه و غیرمشابه مطلق نیست و به ترکیب خبره‌ها، وزن‌های مدل و عدم قطعیت همگردانی وابسته است. حال به نتایج تحقیق می‌پردازیم:

انتخاب و گزینش خلبانان یکی از حساس‌ترین و حیاتی‌ترین مراحل در صنعت هوانوردی به شمار می‌رود، زیرا هر گونه خطای انسانی ناشی از نارسایی‌های روانشناختی، مشکلات جسمانی، یا کاهش آگاهی و دقت، می‌تواند پیامدهای جبران ناپذیر انسانی و مالی به همراه داشته باشد. با توجه به این ضرورت، پژوهش حاضر با هدف ارائه یک چارچوب عملیاتی برای ارتقاء و بهینه‌سازی فرایند غربالگری و انتخاب داوطلبان استخدامی، با بهره‌گیری از ابزارهای نوین علوم شناختی و اندازه‌گیری فعالیت مغزی طراحی شده است. قابلیت‌های بسیار بالای رشته‌های علوم اعصاب و هوش مصنوعی که از مشمولیت علوم شناختی نیز برخوردارند، برای بروز رسانی فرایند‌های عصب‌شناسی معاینات خلبانی استفاده گردیده است.

بر اساس داده‌های استخراج‌شده، یک پروتکل جامع برای معاینات عصب‌شناختی خلبانان تدوین و پیاده‌سازی شد. در گام نخست، تمامی شرکت‌کنندگان توسط متخصص مغز و اعصاب ارزیابی اولیه شدند و پس از تأیید سلامت پایه، تحت آزمایش EEG قرار گرفتند. سپس سیگنال‌ها پالایش، پیش‌پردازش و کیفیت آن‌ها کنترل گردید و ویژگی‌های کمی شناختی در شش حوزه اصلی (درگیری ذهنی، بارکاری ذهنی، خستگی ذهنی، توجه پایدار، عملکرد تصمیم‌گیری و پردازش اجرایی) استخراج شد. در مرحله بعد، یک سامانه تحلیلی-امتیازدهی مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین طراحی گردید تا الگوی

شناختی هر داوطلب را با الگوی خلبانان خبره مقایسه کند. تحلیل آماری نهایی، داوطلبان را به سه گروه برتر (۳۱ نفر)، میانی (۲۶ نفر) و پایینتر (۵۶ نفر) تفکیک نمود.

چارچوب پیشنهادی این پژوهش، با غربالگری دقیق و علمی، امکان شناسایی افراد شایسته‌تر را فراهم می‌آورد و می‌تواند مبنایی برای مدیریت بهینه منابع انسانی و مالی سازمان مربوطه باشد. همچنین این روش با کاهش احتمال اشتباه در گزینش، از خروج زود هنگام خلبانان از چرخه عملیاتی جلوگیری کرده، سطح ایمنی پروازها را افزایش می‌دهد و در مجموع، کارایی فرایند استخدام در حوزه هوانوردی را بطور چشمگیری ارتقاء می‌بخشد.

با پیاده‌سازی چارچوب پیشنهادی تحقیق در سازمان مذکور هر ساله تعداد کمتری از دانشجویان جدیدالورود بدلیل ابتلا به بیماری‌های ناشی از اختلالات روانی پنهان و بیماری‌های جسمانی جدید از چرخه عملیاتی خارج خواهند شد. این تحقیق باتوجه به قابلیت‌های علوم شناختی و زیرشاخه‌های آن با پیشنهاد طراحی چارچوب جامع گزینشی، جذب عناصر نامطلوب و هزینه‌های آموزشی مضاعف خلبانی را کاهش داده، کیفیت، دقت و سرعت فرایند گزینش خلبان را ارتقا خواهد داد. با تدوین چارچوب پیشنهادی این پژوهش با بروزرسانی شیوه‌های استخدام خلبان جایگاه استراتژیک مدیریت منابع انسانی در سازمان مذکور برجسته خواهد گردید.

پیشنهادهای برای محققین

محققینی که در آینده از این چارچوب پیشنهادی بهره می‌برند می‌توانند ابتدا دامنه مطالعه از گروه خلبانان را به سایر نیروهای غیرخلبان در سازمان مدنظر گسترش داده تا امکان مقایسه الگوهای شناختی در نقش‌های متفاوت فراهم آید. همچنین برای محققین دیگر اگر امکان دسترسی به کل جامعه خلبانان سازمان وجود داشته باشد، انجام مطالعه بر روی جامعه آماری بزرگ‌تر، به جای نمونه‌گیری محدود، اعتبار آماری و تعمیم‌پذیری یافته‌ها را به طور چشمگیری افزایش خواهد داد.

به موازات این رشد درون سازمانی، تکرار مطالعه در سازمان‌های هم‌تراز در حوزه هوانوردی و هواپیمایی نیز برای پژوهشگران آینده توصیه می‌گردد تا بتوانند شباهت‌ها و تفاوت‌های زمینه‌ای را شناسایی و مدل‌های پیش‌بینی را برای سازمان‌ها و صنایع مذکور گسترده‌تر تنظیم نمایند.

در سطح روش شناختی، پژوهشگران آینده می‌توانند با افزودن تصویربرداری تشدید مغناطیسی کارکردی و FMRI به فرایند فعلی، گامی اساسی برای درک زیرساخت‌های عصب شناختی مؤثر بر عملکرد خلبانان بردارند؛ به ویژه اگر این تجهیزات با دقت تفکیک‌پذیری بالاتر از نمونه کنونی به کار گرفته شوند.

در کنار این رویکرد تصویربرداری، به محققین آتی پیشنهاد می‌گردد پارامترهای شناختی مورد بررسی، در مطالعه‌ای مستقل، میان خلبانان خبره و غیرخبره را مقایسه نموده تا تأثیر ویژگی‌های مرتبط با تجربه حرفه‌ای به طور جداگانه تجزیه و تحلیل گردد. همچنین آموزش شناختی هدفمند برای خلبانان غیرخبره، به عنوان یکی از کاربردهای عملی نتایج، می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی قرار گیرد و اثربخشی آن در ارتقای شاخص‌های عصب شناختی سنجیده شود.

در نهایت، برای داوطلبانی که امتیاز متوسطی کسب نموده‌اند و مرز روشنی بین گروه‌های بالا و پایین ندارند، مطالعات آینده می‌تواند با به کارگیری مدل‌های جایگزین (نظیر رگرسیون غیرخطی یا یادگیری ماشین) و افزایش جامعه آماری مورد بررسی خلبانان خبره در فرایند اعتبارسنجی، عملکرد واقعی این داوطلبان را مبنای ارزیابی قرار داد. با چنین رویکردی از

تفسیر صرفاً عددی و قطعی یک آستانه امتیازی پرهیز شده و امکان فهم دقیق‌تری از پویایی شناختی در میانه طیف عملکرد فراهم خواهد شد.

محدودیت‌های تحقیق

مدل ارائه‌شده شباهت آماری به گروه خبره را اندازه‌گیری می‌کند و امتیاز بالا الزاماً معادل عملکرد واقعی بهتر یا وضعیت بالینی خاص نیست.

تعداد خلبانان خبره‌ای که در جامعه آماری مورد بررسی قرار گرفته‌اند محدود به ۲۵ نفر است؛ بنابراین صدک‌ها، فاصله‌ها و بازه‌های همگردانی به اندازه و تنوع همین گروه مرجع است.

ویژگی‌های دورافتاده ممکن است ناشی از تفاوت فیزیولوژیک، شرایط ثبت، مصنوعات عضلانی، کیفیت اتصال الکتروود یا تفاوت نرخ نمونه‌برداری باشند. تفسیر زیستی آن‌ها بدون مشاهده سیگنال خام قطعی نیست.

توپومپ‌های خروجی با مقیاس رنگی مستقل ذخیره شده‌اند؛ بنابراین مقایسه بزرگی مطلق بین پنل‌ها باید با تکیه بر مقادیر عددی انجام شود. نتایج این پژوهش بر یک اجرای مشخص سامانه اجرایی مبتنی است. تغییر تنظیمات پیش‌پردازش، تعداد مؤلفه‌های PCA، وزن‌های امتیازدهی یا آستانه‌های رده‌بندی می‌تواند رتبه‌های مرزی را تغییر دهد.

منابع

- ابوالعلائی، بهزاد. (۱۴۰۴). شرکت های موفق جهان چگونه استخدام می کنند (ویرایش هفتم). سازمان مدیریت صنعتی. ۱۴-۱۵.
- الماسی دوغائی، مصطفی، رنجبرنائینی، علیرضا، خوشدل، علیرضا، اسلامی، رضا و محسن زاده، حمیدرضا. (۱۳۹۸). بررسی عملکرد شناختی بینایی- فضایی و توجه در خلبانان ارتش ج. ا. ایران، علوم مراقبتی نظامی، ۴ (۲۲)، ۲۷۷-۲۸۶.
- استوارت، گرگ ال و براون، کنت جی. (۱۴۰۱). مدیریت منابع انسانی؛ پیوند استراتژی و عمل (م. اعرابی و م. فیاضی، مترجمین؛ ویرایش یازدهم). نشر مه کامه. ۴-۵.
- یاسایی، ایرج، احمدی، خدابخش و کولیوند، علیرضا. (۱۳۸۱). "استرس در خلبانان نظامی: بررسی شیوع علایم اختلالات روان شناختی و فرسودگی شغلی در خلبانان." طب نظامی سال ۴(۴)، ۲۳۱-۲۳۶.
- حاتمی، جواد. (۱۳۹۷). درباره علم شناختی (هوش مصنوعی، روانشناسی، زبان شناسی، علم اعصاب و فلسفه ذهن) (ویرایش چهارم). موسسه انتشارات امیرکبیر. ۲۵-۲۸.
- رابینز، استیفن پی و جاج، تیموتی ای. (۱۳۸۹). رفتار سازمانی (م. زارع، مترجم؛ ویرایش پنجم، ج اول). نشر نص. ۵۹۸-۵۹۹.
- رابینز، استیفن پی (۱۳۷۸). رفتار سازمانی (مفاهیم، نظریه ها و کاربرد ها) (ع. پارسائیان و س. م. اعرابی، مترجمین؛ ویرایش دوم، ج سوم). دفتر پژوهش های فرهنگی. ۱۰۳۴-۱۰۳۵.
- رابینز، استیفن پی. (۱۳۹۹). مبانی رفتار سازمانی (ع. پارسائیان و م. اعرابی، مترجمین؛ ویرایش پنجم). نشر دفتر پژوهش های فرهنگی. ۳۸۱-۳۸۲.
- شهلائی، ناصر. (۱۳۹۱). راهبردهای مدیریت راهبردی منابع انسانی. انتشارات دانشکده فرماندهی و ستاد ارتش. ۱۱۸-۱۲۱.
- طالقانی، غلامرضا و افقهی، علی اکبر. (۱۳۹۲). تئوری های مدیریت. نشر مدرسان شریف. ۶۱۹-۶۲۰.
- قیصری، محسن، خراسانی، اباصلت، ابوالقاسمی، محمود و مهری، داریوش. (۱۴۰۳ الف). توسعه استعداد دانشجویان خلبانی: راهبردهای نوین، پیشران ها و دستاوردها. ارزیابی و رشد سرمایه های انسانی ۱(۱)، ۲۶-۶۲.
- قیصری، محسن، خراسانی، اباصلت، ابوالقاسمی، محمود و مهری، داریوش. (۱۴۰۳ ب). مدیریت استعداد دانشجویان خلبانی: شایستگی های محوری و الزامات گزینش. مطالعات منابع انسانی، ۱۴(۴)، ۱۳۹-۱۷۴.
- گیج، نیکولاس و بارس، برنارد. (۱۳۹۹). مبانی علوم اعصاب شناختی (س. ک. خرازی، مترجم؛ ویرایش دوم). سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت). ۳۹۰-۴۲.
- مقیم، سید محمد. (۱۳۹۴). مبانی سازمان و مدیریت (ویرایش سوم). نشر راه دان. ۳۷۸-۳۸۸.
- میر سپاسی، ناصر. (۱۳۷۵). مدیریت منابع انسانی و روابط کار (ویرایش پانزدهم). انتشارات شروین. ۲۵۱-۲۳۱.
- میگنا. معلم یک گنجینه/ گوهر ناب است (۱۳۹۱). پایگاه خبری روانشناسی و بهداشت روان- دانشنامه روانشناسی و علوم تربیتی.

References

- A. Widmann, E. Schröger, B. Maess, Digital filter design for electrophysiological data: a practical approach, *J. Neurosci. Methods* 250 (2015) 34–46. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.08.002>
- Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., & Arshad, H. (2018). State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey. *Heliyon*, 4(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00938>
- Abolalaei, B. (1404). How Successful Companies Recruit (7th ed.). Industrial Management Organization. pp. 14-15.
- Acikgoz, Y., Davison, K. H., Compagnone, M., & Laske, M. (2020). Justice perceptions of artificial intelligence in selection. *International Journal of Selection and Assessment*, 28(4), 399-416. <https://doi.org/10.1111/ijsa.12306>
- Adams, M. S., Goldie, C. E., & Gaydos, S. J. (2023). Retrospective Analysis of Medical Attrition for Pilot Applicants to the British Army Air Corps. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 94(12), 939–943. <https://doi.org/10.3357/AMHP.6342.2023>
- Almasi Doghaei, M., Ranjbarnaeini, A., Khoshdel, A., Eslami, R., & Mohsenzadeh, H. (1398). "Evaluation of Visual-Spatial and Attentional Cognitive Performance in Pilots of the I.R. Iran Army." *Military Care Sciences*, 4(22), 277-286.
- Alreshidi, I., Moulitsas, I., & Jenkins, K. W. (2023). Multimodal Approach for Pilot Mental State Detection Based on EEG. *Sensors*, 23(17), 7350. <https://doi.org/10.3390/s23177350>
- B. Schölkopf, J.C. Platt, J. Shawe-Taylor, A.J. Smola, R.C. Williamson, Estimating the support of a high-dimensional distribution, *Neural Comput.* 13 (2001) 1443–1471. <https://doi.org/10.1162/089976601750264965>
- Benbya, H., Davenport, T. H., & Pachidi, S. (2020). Artificial intelligence in organizations: Current state and future opportunities. *MIS Quarterly Executive*, 19(4).
- Charlwood, A., & Guenole, N. (2022). Can HR adapt to the paradoxes of artificial intelligence?. *Human Resource Management Journal*, 32(4), 729-742. <https://doi.org/10.1111/1748-8583.12433>
- Chen, Y. (2023). Analysis of EEG Characteristics of Male High School Students Who Participated in Fighter Pilot Selection During 2019–2021. https://doi.org/10.1007/978-981-99-4882-6_18
- Dousi, K.-M., & Nikolaou, I. (2026). Neuro-based recruitment and selection. *Elgar Concise Encyclopedia of Neuroscience and Management*, 168-172 <https://doi.org/10.4337/9781035332892.00054>
- Efron, Bootstrap methods: another look at the jackknife, *Ann. Stat.* 7 (1979) 1–26. <https://doi.org/10.1214/aos/1176344552>
- Gage, N., & Baars, B. (1399). Fundamentals of Cognitive Neuroscience (S. K. Kharazi, Trans.; 2nd ed.). Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT). pp. 39-42.
- Gheysari, M., Khorasani, A., Abolghasemi, M., & Mehri, D. (2024a). Talent Development of Pilot Cadets: New Strategies, Drivers, and Achievements. *Human Capital Assessment and Development*, 1(1), 26–62. <https://doi.org/10.22034/jhcad.2024.219013>
- Gheysari, M., Khorasani, A., Abolghasemi, M., & Mehri, D. (2024b). Talent Management of Pilot Cadets: Core Competencies and Selection Requirements. *Journal of Human Resource Management*, 14(4), 139–174. <https://doi.org/10.22034/jhrs.2025.501312.2357>
- Griffin, G. R., & Koonce, J. M. (2009). Review of Psychomotor Skills in Pilot Selection Research of the U. S. Military Services. *The International Journal of Aviation Psychology*, 6(2), 125–147. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0602_2
- H.H. Jasper, The ten-twenty electrode system of the International Federation, *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 10 (1958) 371–375. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(58\)90053-1](https://doi.org/10.1016/0013-4694(58)90053-1)
- Hatami, J. (1397). About Cognitive Science (Artificial Intelligence, Psychology, Linguistics, Neuroscience, and Philosophy of Mind) (4th ed.). Amir Kabir Publishing Institute. pp. 25-28.
- Hoermann, H.-J., & Goerke, P. (2014). Assessment of Social Competence for Pilot Selection. *The International Journal of Aviation Psychology*, 24(1), 6–28. <https://doi.org/10.1080/10508414.2014.860843>

- In S. Long & B. S. Dhillon (Eds.), *Man-Machine-Environment System Engineering* (Vol. 1069, pp. 121–127). Springer Nature Singapore.
- Kaur, M., AG, R., & Vikas, S. (2021). Adoption of Artificial Intelligence in Human Resource Management. *Indian Journal of Industrial Relations*, 57(2), 331-342.
- Lazul Software, Inc. (2025). Optimizing Air Force Pilot Selection & Readiness through Neuroscience-Based Cognitive Modeling. SBIR Award Abstract
- Lee, J., Kim, J., Kim, J., Kim, S. J., & Kim, G. (2020). A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion. *Information Fusion*, 59, 110-125.
- Mahjoob, H., Shahabi, R., Rezvani, G., Rezaie Lichani, H. (2023). Essential Cognitive Skills for Pilots: Presenting a Theoretical Model Based on a Meta-Sythesis of Prevoius Studies.
- Mcloughlin, D. C. 2003. "Aircrew Periodic Medical Examinations." *Occupational Medicine* 53(1): 11–14. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg022>
- Migna. (1391). "A Teacher is a Treasure / A Pure Gem." *Psychology and Mental Health News Base - Encyclopedia of Psychology and Educational Sciences*. pp. 5-15.
- Mirsepasi, N. (1375). *Human Resource Management and Labor Relations* (15th ed.). Shervin Publications. pp. 231-251.
- Moghimi, S. M. (1394). *Fundamentals of Organization and Management* (3rd ed.). Rah-e Dan Publications. pp. 378-388.
- Monin, Jonathan, Estelle Pruvost-Robieux, Nicolas Huiban, Angela Marchi, Benoit Crepon, Dominique Dubourdieu, Eric Perrier, & Martine Gavaret. 2018. "Prevalence of Benign Epileptiform Variants during Initial EEG Examination in French Military <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2018.04.001>
- Oh, Dan A, Hyeyun Kim, and Eun-Kee Bae. 2018. "Electroencephalographic Abnormalities in the Screening for Pilot Applicants in Korea." *Journal of Clinical Neurology* 14(2): 212. <https://doi.org/10.3988/jcn.2018.14.2.212>
- Ployhart, R. E., Schmitt, N., & Tippins, N. T. (2017). Solving the Supreme Problem: 100 years of selection and recruitment at the Journal of Applied Psychology. *Journal of Applied Psychology*, 102(3), 291–304. <https://doi.org/10.1037/apl0000081>
- Robbins, S. P. (1378). *Organizational Behavior (Concepts, Theories, and Applications)* (A. Parsaeian & S. M. Araabi, Trans.; 2nd ed., Vol. 3). Cultural Research Bureau. pp. 1034-1035.
- Robbins, S. P. (1399). *Fundamentals of Organizational Behavior* (A. Parsaeian & M. Araabi, Trans.; 50th ed.). Cultural Research Bureau Publications. pp. 381-382.
- Robbins, S. P., & Judge, T. A. (1389). *Organizational Behavior* (M. Zare, Trans.; 5th ed., Vol. 1). Nashr-e Nas. pp. 598-599.
- S. Leske, S.S. Dalal, Reducing power line noise in EEG and MEG data via spectrum interpolation, *NeuroImage* 189 (2019) 763–776. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.01.026>
- Sarvahed, Hessam, Kiumars Farahbakhsh, and Mohammad Asgari. 2021. "Qualitative analysis of structural factors affecting the job readiness of passenger pilots."
- Shahlaei, N. (1391). *Strategic Human Resource Management Strategies*. Publications of the Command and Staff College of the Army. pp. 118-121.
- Stewart, G. L., & Brown, K. J. (1401). *Human Resource Management: Linking Strategy and Practice* (M. Araabi & M. Fayazi, Trans.; 11th ed.). Meh Kameh Publications. pp. 4-5.
- Taleghani, G., & Afghahi, A. A. (1392). *Management Theories*. Modaresan-e Sharif Publications. pp. 619-620.
- Yasaei, I., Ahmadi, K., & Koli Vand, A. (1381). "Stress in Military Pilots: Investigating the Prevalence of Symptoms of Psychological Disorders and Burnout in Pilots." *Journal of Military Medicine*, 4(4), 231-236.
- Yawalkar, M. V. V. (2019). A study of artificial intelligence and its role in human resource management. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 6(1), 20