Journal of Military Medicine
2026, Volume 27, Issue 6
Pages: 3093-3103
10.30491/jmm.2025.1006930.1385

Design and Implementation of an Artificial Intelligence Based Application for a Personalized Dietary Plan for Military Personnel

Ali Khalili [1*], Mohammad Ebad Rafaat [2]

[1] *Department of Computer and Cyber Engineering, Faculty of Engineering and Flight, Imam Ali Military University, Tehran, Iran*
[2] *Department of Education and Research, Health and Medical Center of Excellence (NEZA-JA), Tehran, Iran*

Received: 10 September 2025 **Accepted:** 24 December 2025

Abstract

Background and Aim: Given the operational conditions and the need to maintain the physical readiness of military personnel, the use of intelligent systems based on artificial intelligence can facilitate precise and personalized nutrition and dietary planning. By analyzing individuals' clinical and physiological status, this system selects the most appropriate dietary pattern from among standard nutritional regimens, thereby contributing to the improvement of health and performance among the forces. This study aimed to design and develop a machine-learning-based system for recommending dietary and exercise programs tailored to the individual conditions of military personnel.

Methods: In the first step, a qualitative study based on scientific documents and specialized articles was conducted to identify general indicators influencing dietary determination. In the second step, through consultation with experts in nutrition and military fields, specific components and operational requirements related to the military organization were extracted. In the third step, by designing a dataset consisting of more than 2,700 clinical and operational samples, technical modeling was initiated. During preprocessing, the data were normalized and standardized, and dimensionality reduction of features was performed using correlation analysis and PCA. Three machine learning algorithms, SVM with an RBF kernel, Random Forest, and a neural network, then implemented, and to prevent overfitting, K-Fold Cross Validation was used. In the fourth step, using the Python programming language, a software application executable on the Windows operating system was developed for use by personnel.

Results: The results showed that all three models were able to correctly select the appropriate dietary regimen among seven dietary options with an accuracy above 90%. The Random Forest model achieved the best performance with an accuracy of 97% and an F1-score of 0.9726. The neural network achieved an accuracy of 95%, and the SVM model achieved 92%. Error analysis also indicated that the Random Forest algorithm demonstrated higher stability and accuracy in correctly classifying dietary patterns.

Conclusion: The findings of this study indicate that integrating clinical data mining with machine learning algorithms can provide a powerful decision-support tool for determining dietary plans in military environments. The proposed model, when implemented as an operational system, can help reduce human error, optimize nutritional resources, and enhance the physical readiness of military personnel.

Keywords: Artificial Intelligence, Statistical Interpretation, Military Personnel, Precision Nutrition, Nutritional Status.

*Corresponding author: **Ali Khalili,** Email: khalili@iamu.ac.ir

مجله طب نظامی
دوره ۲۷، شماره ۶، بهمن و اسفند ۱۴۰۴
صفحات: ۳۱۰۳-۳۰۹۳
10.30491/jmm.2025.1006930.1385

طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار مبتنی بر هوش مصنوعی جهت انتخاب رژیم تغذیه‌ای شخصی‌سازی‌شده برای پرسنل نظامی

علی خلیلی[۱*]، محمدعباد رفعت[۲]

[۱] گروه رایانه و سایبر، دانشکده مهندسی و پرواز، دانشگاه افسری امام علی (ع)، تهران، ایران
[۲] گروه آموزش و پژوهش، مرکز سلامت و پزشکی نزاجا، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به شرایط عملیاتی و نیاز به حفظ آمادگی جسمانی نیروهای نظامی، استفاده از سامانه‌های هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند تغذیه و برنامه‌ریزی غذایی را به‌صورت دقیق و شخصی‌سازی‌شده مدیریت کند. این سامانه با تحلیل وضعیت بالینی و فیزیولوژیک افراد، مناسب‌ترین الگوی تغذیه‌ای را از میان رژیم‌های غذایی استاندارد انتخاب کرده و به ارتقای سلامت و عملکرد نیروها کمک می‌کند. هدف این مطالعه، طراحی و توسعه یک سامانه مبتنی بر یادگیری ماشین برای پیشنهاد رژیم غذایی و برنامه ورزشی متناسب با شرایط فردی پرسنل نظامی است.

روش‌ها: در گام نخست، مطالعه‌ای کیفی مبتنی بر اسناد علمی و مقالات تخصصی انجام گرفت تا شاخص‌های عمومی مؤثر در تعیین رژیم غذایی شناسایی شوند. در گام دوم، از طریق مشاوره با خبرگان حوزه تغذیه و نظامی، مولفه‌ها خاص و الزامات عملیاتی مرتبط با ارگان نظامی استخراج گردید. در گام سوم، با طراحی یک دیتاست شامل بیش از ۲۷۰۰ نمونه داده بالینی و عملیاتی، مدل‌سازی فنی آغاز شد. داده‌ها در مرحله‌ی پیش‌پردازش مورد یکسان‌سازی و استانداردسازی قرار گرفته، ویژگی‌ها از طریق همبستگی و PCA کاهش بعد داده شدند. سپس سه الگوریتم یادگیری ماشین شامل SVM با کرنل RBF، Random Forest، و شبکه عصبی پیاده‌سازی شدند و برای جلوگیری از بیش‌برازش، از K-Fold Cross Validation استفاده شد. در گام چهارم با استفاده از زبان برنامه نویسی پایتون اقدام به توسعه یک نرم‌افزار قابل‌استفاده بر روی سیستم‌عامل ویندوز برای استفاده‌ی پرسنل صورت پذیرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد هر سه مدل با دقت بالای ۹۰ درصد قادر به انتخاب رژیم غذایی صحیح از میان ۷ رژیم غذایی هستند. مدل جنگل تصادفی با دقت ۹۷ درصد و نمره F1 معادل ۰/۹۷۲۶، بهترین عملکرد را در میان سه مدل داشت. شبکه عصبی با دقت ۹۵ درصد و مدل SVM با دقت ۹۲ درصد در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. تحلیل خطا نیز نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی پایداری و دقت بالاتری در دسته‌بندی صحیح الگوهای تغذیه‌ای دارد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب داده‌کاوی بالینی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند ابزار قدرتمندی برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در تعیین رژیم غذایی در محیط‌های نظامی فراهم کند. مدل پیشنهادی با پیاده‌سازی در قالب سامانه عملیاتی می‌تواند به کاهش خطای انسانی، بهینه‌سازی منابع تغذیه‌ای و افزایش آمادگی جسمی نیروها کمک کند.

کلیدواژه‌ها: هوش مصنوعی، تفسیر آماری داده‌ها، پرسنل نظامی، تغذیه دقیق، وضعیت تغذیه.

*نویسنده مسئول: **علی خلیلی**. پست الکترونیک: khalili@iamu.ac.ir
دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۹ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۰۳

مقدمه

تغذیه، حوزه‌ای پیچیده است که به بررسی ارتباط بین رژیم غذایی، سلامت و بیماری‌ها می‌پردازد (۱). در هسته مفهومی خود، این علم به بررسی فرآیندهای فیزیولوژیک و شیمیایی مرتبط با تغذیه می‌پردازد و چگونگی تأمین انرژی توسط مواد غذایی یا تبدیل آن‌ها به بافت‌های بدن را مطالعه می‌کند (۲).

در حال حاضر، افراد از تکنولوژی هوش مصنوعی برای طراحی رژیم‌های غذایی شخصی‌سازی‌شده استفاده می‌نمایند که به بهبود شاخص‌های سلامت منجر می‌گردد (۳). برخلاف گذشته که تنها از توصیه‌های تغذیه‌ای عمومی و یکسان برای کل جمعیت استفاده می‌شده است، سیستم‌های هوش مصنوعی قادر به ارائه برنامه‌های غذایی کاملاً سفارشی می‌باشند که با ویژگی‌های منحصربه‌فرد هر فرد تطابق دقیق دارد.

نیروهای نظامی در مأموریت‌های مختلف، چه در شرایط عملیاتی و چه در وضعیت‌های غیرعملیاتی، با سطح بالایی از فعالیت بدنی، فشار روانی مستمر و دسترسی محدود به منابع بهداشتی و تخصصی مواجه‌اند. در چنین بسترهایی، امکان ارائه برنامه‌های تغذیه‌ای دقیق و متناسب با ویژگی‌های فردی بدون حضور مستقیم متخصصان تغذیه عملاً فراهم نیست، و این خلأ می‌تواند آثار منفی قابل‌توجهی بر توان رزمی، تمرکز ذهنی، ایمنی سیستم ایمنی بدن و بازدهی عملیاتی نیروها داشته باشد.در گذشته، تدوین رژیم‌های غذایی برای این نیروها عمدتاً مبتنی بر الگوهای عمومی، توصیه‌های تجربی و رویکردهای یکسان‌سازی‌شده بود. این شیوه‌ها، حتی در بهترین حالت، تنها به‌صورت محدود به تفاوت‌های اقلیمی یا تیپ‌های بدنی توجه می‌کردند و نمی‌توانستند به نیازهای واقعی و لحظه‌ای افراد پاسخ دهند. با افزایش شناخت علمی در زمینه تفاوت‌های فیزیولوژیکی، ژنتیکی و متابولیکی انسان‌ها و نیز تأثیر محیط بر عملکرد سیستم تغذیه‌ای بدن، ناکارآمدی چنین روش‌هایی بیش‌ازپیش آشکار شده است.

یکی از ابزارهای مرسوم در هوش مصنوعی، سیستم‌های پیشنهاد غذا هستند که با هدف ارائه پیشنهادهایی متناسب با رژیم غذایی، دستور پخت و ترجیحات کاربر طراحی می‌شوند. این سیستم‌ها در کمک به کاربران برای تغییر عادات غذایی به سمت یک رژیم غذایی سالم و مطابق با ترجیحاتشان، مفید تلقی می‌شوند. بسیاری از سیستم‌های توصیه غذای معرفی‌شده تا به کنون، جنبه‌های سلامتی و تغذیه‌ی غذاها را در نظر نمی‌گیرند که توانایی آن‌ها را در تولید توصیه‌های سالم محدود می‌کند. تحقیقات متعددی در زمینه طراحی سامانه‌های تغذیه هوشمند انجام شده‌اند.

Patel با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین قابل توضیح، اقدام به بررسی سلامت جسمی مادران کرده است (۴). مطالعه مذکور اشاره می‌کند که برخی ویژگی‌های نادیده گرفته‌شده در مطالعات علوم اجتماعی عمومی مانند توپوگرافی (پستی‌وبلندی) و مشخصات منطقه اقلیمی-کشاورزی یک منطقه خاص، ممکن است در تحلیل نقش حیاتی داشته باشند. پژوهش آن‌ها حاکی از آن است که استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی و ایجاد رویکردهایی با جزییات بیشتر در مقایسه با رویکردهای کلی، پیامدهای قابل‌توجهی برای طراحی سیاست‌های دقیق در حوزه سلامت برای بهبود سلامت مادران به همراه دارد. Karkera و همکاران روشی جدید مبتنی بر یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای ایجاد برنامه غذایی برای کودکان ۲ الی ۱۲ سال در هند پیشنهاد داده‌اند این سامانه به‌عنوان یک نرم‌افزار خدمات‌دهنده معرفی شده است که با دریافت اطلاعات از افراد، به آن‌ها غذا و دستور تهیه مربوطه را به آن‌ها پیشنهاد می‌دهد (۵). همچنین این سیستم با در نظر گرفتن ذائقه مردم مقیم کشور هندوستان، به آن‌ها غذای متناسب خودشان را توصیه می‌کند.

Kaur و همکاران با ارائه روشی مبتنی بر تصاویر، اقدام به توصیه برنامه غذایی مناسب به بانوان به‌منظور غلبه بر سندرم پلی-کیستیک کرده‌اند. این تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب هوش مصنوعی با رژیم غذایی می‌تواند به بیماران مبتلابه PCOS در مدیریت وزن و مصرف مواد مغذی مناسب کمک کند (۶). این رویکرد می‌تواند دقت و شخصی‌سازی توصیه‌های غذایی را افزایش دهد و درنهایت به بهبود کیفیت زندگی بیماران کمک کند. Lee و همکاران در مقاله خود با تمرکز بر عوامل رژیم غذایی، مدلی برای پیش‌بینی خطر چاقی در افراد با شناسایی بهتر این روابط و برهم‌کنش‌های پیچیده، ایجاد کردند (۷). روش آن‌ها موفق به شناسایی SNP۲۱۳، DMS ۵۳۰ و ۴۹ عامل رژیم غذایی و سبک زندگی به‌عنوان پیش‌بینی‌کننده‌های مهم چاقی شد. Hsieh و همکاران در تحقیق خود با استفاده از هوش مصنوعی و ادغام داده‌ها، یک مدل ماشینی پیش‌بینی‌کننده خطر سوء تغذیه را با هدف افزایش دقت در ارزیابی خطر سوءتغذیه بیماران بدحال، راه‌اندازی کرده‌اند (۸). این مدل پیش‌بینی‌کننده خطر سوءتغذیه می‌تواند وضعیت تغذیه‌ای بیمار را مشخص کند و هشدارهای اولیه ارائه دهد تا بیماران پرخطر به‌موقع و با دقت حمایت تغذیه‌ای دریافت کنند. این مدل هنوز در مراحل اولیه استفاده در ارزیابی خطر سوء تغذیه بیماران بدحال است. آن‌ها قصد دارند که با جمع‌آوری بازخورد و اصلاح مدل، به بهبود کارکرد آن در جهت حمایت هر چه بیشتر از کار روزانه متخصصان تغذیه خود ادامه دهند.

Iwendi و همکاران راه‌حلی مبتنی بر یادگیری عمیق برای مجموعه داده‌های پزشکی سلامت ارائه کرده‌اند که نشان می‌دهد هوش مصنوعی به‌ویژه مدل‌های یادگیری عمیق مانند LSTM، پتانسیل قابل‌توجهی برای کمک به متخصصین تغذیه در ارائه رژیم غذایی شخصی‌سازی‌شده و دقیق‌تر برای بیماران دارد (۹). Dopohoski و همکاران با استفاده از شبکه‌های عمیق نیاز افراد به مکمل‌های غذایی را در طی پرتو درمانی برای گردن و سر را پیش‌بینی کرده که می‌تواند برای متخصصین ابزاری مورد استفاده

جهت تشخیص نیاز بیمار به مکمل غذایی باشد (۱۰). این مطالعه نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند در شناسایی زودهنگام بیمارانی که در طول پرتودرمانی به لوله تغذیه نیاز پیدا می‌کنند، مفید باشد.

Cunha و همکاران با ارائه معماری، پیاده سازی و نتایج مقدماتی یک سیستم کنترل تغذیه مبتنی بر شبکه‌های عمیق، اقدام به طراحی و تدوین برنامه غذایی برای افراد با درنظر گرفتن اطلاعات فردی ازجمله فاکتورهای ژنتیکی و موارد مربوط به سبک زندگی آن‌ها کردند (۱۱). Mogaveera و همکاران سامانه‌ای با هدف ارتقای سلامت بیماران مبتلابه بیماری‌های مختلف طراحی کرده‌اند که این سامانه سلامت هوشمند با ارائه پیشنهادات تغذیه‌ای و ورزشی بر اساس وضعیت سلامتی هر بیمار، می‌تواند به کنترل بیماری‌های مزمن و ارتقای سطح سلامت افراد کمک شایانی کند (۱۲). شعبانی و همکاران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی اقدام به طراحی یک سیستم خبره برای توصیه رژیم غذایی کرده‌اند که با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و در نظر گرفتن مشخصات فرد، مناسب‌ترین برنامه‌ی غذایی را با دقت ۹۲ درصد پیشنهاد می‌دهد. رستمی و همکاران یک روش مؤثر جهت پیشنهاد غذا بر اساس تشخیص جامعه و شرایط آن با استفاده از روش‌های خوشه‌بندی و شبکه‌های عمیق ارائه داده‌اند (۱۴). این مقاله روشی مبتنی بر تصویر و قابل تفسیر را برای سیستم‌های توصیه غذا پیشنهاد می‌کند که با بهره‌گیری از تمایلات کاربران و افزایش شفافیت در نتایج، کیفیت توصیه‌ها را بهبود می‌بخشد. Lampignano و همکاران با استفاده از تحلیل الگوهای تغذیه‌ای به‌وسیله روش‌های مبتنی بر یادگیری ماشین، به بررسی و پیش‌بینی خطر ابتلا به این بیماری کبدی در افراد مسن پرداخته‌اند (۱۵). این مطالعه مجدداً اهمیت رژیم غذایی را به‌عنوان عاملی تأثیرگذار بر ایجاد شایع‌ترین بیماری‌های کبدی تقویت می‌کند. با این‌حال، برای درک بهتر تأثیر علی مصرف غذاهای خاص بر تجمع چربی در کبد به مطالعات طولی نیاز است.

Maurya و همکاران سیستم خودکاری با استفاده از تکنیک‌های یادگیری ماشین پیشنهاد داده‌اند که با بررسی اطلاعات بیمار، وضعیت کلیه‌های او را تعیین می‌کند و به پزشکان در پیش‌بینی بیماری مزمن کلیه و درنتیجه تجویز درمان مناسب کمک می‌نماید (۱۶). هدف نهایی تحقیق آن‌ها این است که با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و طبقه‌بندی اطلاعات موجود در پرونده آزمایش‌های پزشکی، علاوه بر تشخیص بیماری، رژیم غذایی مناسبی نیز برای بیماران مبتلابه CKD پیشنهاد دهد. درمجموع، این سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند با تشخیص زودهنگام و همچنین ارائه رژیم غذایی مناسب، به پزشکان در مدیریت بهتر بیماری مزمن کلیه و ارتقای سطح سلامتی بیماران کمک کند. Wang و همکاران با استفاده از ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین و روش‌های سنتی آماری به بررسی هزینه‌های درمان در آمریکا پرداخته‌اند (۱۷). این تحقیق بر اهمیت تحلیل داده‌های مراقبت‌های بهداشتی در درک پیچیدگی‌های این سیستم تأکید می‌کند.یافته‌های آن‌ها به استفاده از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی هزینه‌های آینده و اهمیت تحلیل داده‌ها در این حوزه و همچنین به لزوم سیاست‌گذاری مؤثر برای مقابله با این چالش تاکید می‌کند.

رستمی و همکاران یک سیستم نوآورانه پیشنهاد غذای آگاه به‌سلامتی را توسعه داده‌اند که به‌طور صریح مواد تشکیل‌دهنده غذا، دسته‌بندی‌های غذایی و عامل زمان را در نظر می‌گیرد (۱۸). این سیستم با بررسی ترجیحات پیش‌بینی‌شده کاربر و عامل سلامت هر غذا، توصیه‌های نهایی را به کاربر هدف ارائه می‌دهد. شعبانی و همکاران نیز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و منطق فازی، سامانه‌ای هوشمند جهت توصیه رژیم غذایی را معرفی کرده‌اند (۱۹).

معصومیان‌فر و همکاران با استفاده از یادگیری عمیق نیز، سیستم پیشنهاد رژیم غذایی به افراد مختلف با توجه به وضعیت جسمانی آن‌ها کرده‌اند (۲۰). این سیستم با ارزیابی شرایط تناسب اندام و دانستن نیازهای غذایی کاربران، برنامه غذایی مناسبی را با توجه به وضعیت جسمانی مانند سن، قد، وزن و ... پیشنهاد می‌نماید.

به طورکلی می‌توان اذعان داشت که هوش مصنوعی به‌سرعت در حال تبدیل شدن به ابزاری قدرتمند در حوزه علوم تغذیه است. مطالعات متعددی در زمینه کاربرد هوش مصنوعی در حوزه تغذیه انجام شده است که نتایج امیدوارکننده‌ای را نشان می‌دهد. با این‌حال، هنوز به تحقیقات بیشتری در این زمینه نیاز است تا بتوان از هوش مصنوعی به‌طور کامل در جهت ارتقای سلامت و تغذیه افراد استفاده کرد.

مدل‌های هوشمند قادرند با تحلیل هم‌زمان داده‌های بالینی، محیطی، رفتاری و حتی ژنتیکی، توصیه‌هایی هدفمند و شخصی‌سازی شده ارائه دهند؛ توصیه‌هایی که با شرایط لحظه‌ای و عملیاتی افراد همخوانی بیشتری دارند. هرچند تحقیقات متعددی در زمینه طراحی سامانه‌های تغذیه هوشمند انجام شده‌اند، بیشتر این پژوهش‌ها بر محیط‌های عمومی، بیمارستانی یا شرایط پایدار متمرکز بوده‌اند. اما در میدان عملیات نظامی، تصمیم‌گیری‌ها باید در شرایط فشار، محدودیت زمانی و بدون حضور متخصص انسانی اتخاذ شوند. در چنین بستری، نیاز به سامانه‌ای بومی‌سازی‌شده و دقیق، که بتواند در لحظه و با اتکا به داده‌های قابل‌تحلیل، نیازهای تغذیه‌ای فرد را تشخیص داده و پاسخ دهد، بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. بر این اساس هدف از پژوهش حاضر طراحی سامانه تعیین رژیم غذایی با رویکرد نظامی با استفاده از هوش مصنوعی می‌باشد.

روش‌ها

پژوهش حاضر ازنظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی پیمایشی می‌باشد. بیش از ۲۷۰۰ نمونه داده بالینی و عملیاتی

مربوط به افراد حاضر در ساختار نظامی جمع‌آوری شد. این داده‌ها شامل مشخصات دموگرافیک (سن، جنس، قد، وزن، شاخص توده بدنی) و اطلاعات عملیاتی (نوع مأموریت، شدت فعالیت، محیط اقلیمی و مدت‌زمان حضور در عملیات) بودند. داده‌ها به‌صورت میدانی، از پایگاه‌های داده موجود و نیز از طریق ابزارهای سنجش سلامت و پرسشنامه‌های تخصصی گردآوری شدند.

فرآیند این تحقیق در قالب چهار گام مجزا و مکمل اجرا شد که هر یک با هدف مشخص و با استفاده از رویکردهای کیفی و کمی طراحی گردید. این چهار مرحله شامل: (۱) تحلیل اسنادی و احصای شاخص‌های عمومی تغذیه، (۲) تحلیل خبرگی و بومی‌سازی شاخص‌ها برای نیروهای نظامی، (۳) طراحی فنی و مدل‌سازی داده‌ها با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و (۴) پیاده‌سازی نرم‌افزار قابل استفاده در سیستم‌عامل ویندوز است. این ترکیب از مراحل، زمینه‌ساز توسعه سامانه‌ای شد که هم ازلحاظ مفهومی مبتنی بر نیاز واقعی و بستر بومی است و هم از نظرفنی، مبتنی بر داده‌های دقیق و روش‌های علمی پردازش اطلاعات.

در مرحله نخست، با رویکردی کیفی، مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی پیرامون مبانی تغذیه، نیازهای عمومی بدنی، شاخص‌های زیستی، استانداردهای سازمان‌های تغذیه‌ای، و همچنین تحقیقات پیشین داخلی و بین‌المللی صورت گرفت. هدف این مرحله، احصای شاخص‌های عمومی و علمی مؤثر در تدوین رژیم غذایی بود. اسناد بررسی‌شده شامل مقالات معتبر علمی، دستورالعمل‌های بین‌المللی تغذیه و گزارش‌های نظامی داخلی درباره اثر تغذیه بر عملکرد میدانی نیروها بود. در این گام، چارچوب اولیه شاخص‌ها و متغیرهای پایه تغذیه‌ای استخراج گردید.درنهایت، فهرستی از شاخص‌های اولیه موردنیاز برای تحلیل رژیم غذایی تدوین گردید که مبنای ساخت دیتاست نهایی قرار گرفت. این شاخص‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که در مراحل بعدی قابلیت اندازه‌گیری و مدل‌سازی را داشته باشند و ازنظر بالینی و عملیاتی نیز معنادار و کاربردی باشند.

در جریان این مرحله، بیش از ۷۰ منبع اولیه (اعم از مقاله، گزارش و رهنمود تخصصی) گردآوری گردید و با اعمال معیارهای غربال‌سازی، شامل مرتبط بودن با موضوع، برخورداری از پشتوانه علمی و کاربردپذیری در حوزه نظامی، تعداد این منابع به ۲۰ منبع معتبر و کلیدی کاهش یافت. تحلیل محتوایی این منابع، منجر به احصا و استخراج مجموعه‌ای از شاخص‌های اولیه گردید که مبنای طراحی دیتاست نهایی قرار گرفت.

این شاخص‌ها در دو دسته کلی قرار گرفتند: «شاخص‌های بالینی و جسمانی» و «شاخص‌های عملیاتی و محیطی». متغیرهای انتخاب‌شده به‌گونه‌ای طراحی شدند که قابلیت عددی‌سازی، مقایسه‌پذیری، و مدل‌سازی با رویکردهای یادگیری ماشین را داشته باشند. همچنین ازنظر مفهومی، هر یک از آن‌ها قابلیت ردیابی در محیط واقعی و کاربست در سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را دارا بودند.

جدول-۱. متغیرهای بالینی استخراج‌شده از مقالات

ردیف	نام متغیر	توضیحات
۱	سن	سن هر شخص
۲	وزن	وزن هر شخص به کیلوگرم
۳	قد	قد هر شخص به سانتی‌متر
۴	شاخص توده‌ی بدنی هر شخص	این شاخص معیاری برای دسته‌بندی افراد در گروه‌های وزنی متفاوت است و از تقسیم وزن افراد بر مجذور قد آن‌ها به‌دست می‌آید.
۵	میزان چربی بدن	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۶	بیماری های شایع در سن بیمار	شامل بیماری‌هایی مانند مشکلات روانی، فشارخون بالا، کلسترول بالا، دیابت نوع ۲ و بیماری‌های قلبی.
۷	سطح استرس روزانه	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۸	میزان فعالیت بدنی	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۹	نرخ واکنش به اتفاقات پیرامون	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۱۰	حجم عضله	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود

در گام دوم، تمرکز بر انطباق و بومی‌سازی شاخص‌های عمومی شناسایی‌شده برای شرایط خاص نیروهای نظامی قرار گرفت. در این مرحله از رویکرد خبرگی (Expert-Oriented Approach) استفاده شد و جلسات متعددی با متخصصان تغذیه بالینی، کارشناسان بهداشت و درمان نیروهای مسلح و افسران عملیاتی باتجربه برگزار گردید. هدف اصلی این مرحله، شناخت نیازهای ویژه تغذیه‌ای در محیط‌های نظامی و تدوین چارچوبی متناسب با الزامات و محدودیت‌های آن بود. در این مرحله، عوامل محیطی نیز به‌عنوان مؤلفه‌های کلیدی وارد چارچوب مفهومی شدند. شاخص‌هایی مانند نوع مأموریت (مرزی، امنیتی، اطلاعاتی و ...)، مدت‌زمان مأموریت، منطقه عملیاتی (کوهستانی، بیابانی، مرطوب)، و دسترسی به منابع تغذیه‌ای بررسی شدند. به‌علاوه، ویژگی‌های جسمانی خاص نیروها ازجمله سطح آمادگی جسمی، سابقه بیماری، وزن تجهیزات حمل‌شده و وضعیت خواب نیز به‌عنوان عوامل مکمل در تحلیل تغذیه‌ای در نظر گرفته شدند. خروجی این مرحله، تدوین مجموعه‌ای از متغیرهای ترکیبی و

جدول-۲. متغیرهای نظامی و عملیاتی مستخرج از مقالات

ردیف	نام متغیر	توضیحات
۱	سطح تهدید	سطح تهدید در عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت ملایم، متعادل و شدید طبقه‌بندی می‌شود.
۲	محیط عملیات	محیط عملیاتی شامل محیط کوهستانی، ساحلی، شهری و بیابانی.
۳	شدت فعالیت در عملیات	شدت فعالیت موردنیاز در عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت ملایم، متعادل و شدید طبقه‌بندی می‌شود.
۴	مدت‌زمان عملیات	مدت‌زمان عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کوتاه، متوسط و طولانی مدت طبقه‌بندی می‌شود.
۵	میزان استرس عملیات	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود.
۶	نوع عملیات	نوع عملیات و یا مأموریت اعم از عملیات دفاعی و مرزی، عملیات امنیتی، عملیات اطلاعاتی.
۷	نیاز به آب در عملیات	با توجه به محیط، نوع و شدت عملیات در صورت نیاز به مصرف آب این مقدار برابر با بله و در غیراین‌صورت برابر با خیر قرار می‌گیرد.
۸	سطح خستگی و فشار در عملیات	سطح خستگی و فشار در عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۹	وضعیت آب‌وهوایی منطقه‌ی عملیات	وضعیت آب‌وهوایی نیز شامل، معتدل، مرطوب، سرد و داغ تقسیم شده‌اند.
۱۰	نیاز به مواد معدنی در عملیات	با توجه به محیط، نوع و شدت عملیات در صورت نیاز به مصرف مواد معدنی این مقدار برابر با بله و در غیر این‌صورت برابر با خیر قرار می‌گیرد.

جدول-۳. متغیرهای بالینی و عملیاتی تدوین‌شده

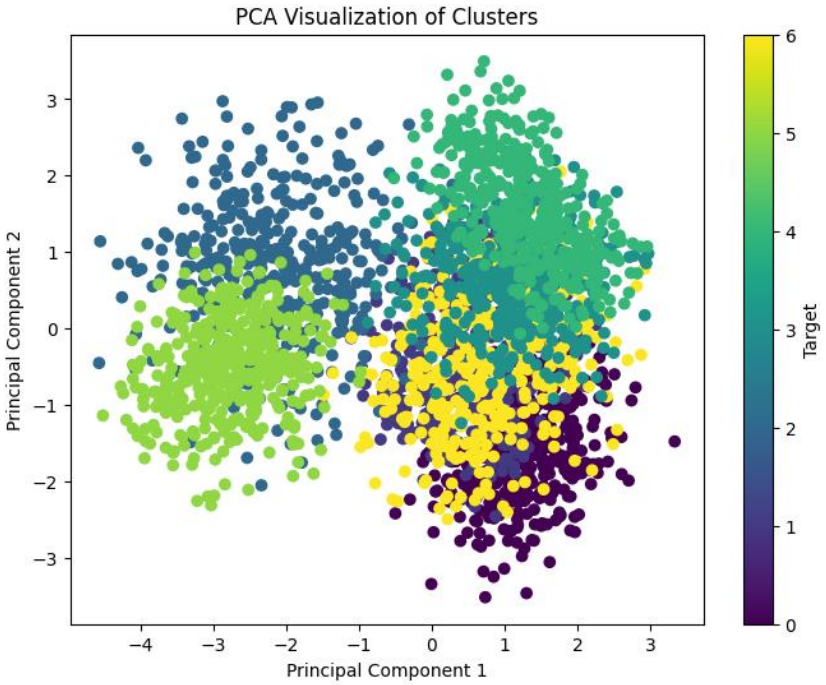
ردیف	نام متغیر	توضیحات
۱	سن	سن افراد
۲	وزن	وزن افراد به کیلوگرم
۳	قد	قد افراد به سانتی‌متر
۴	سطح استرس روزانه‌ی فرد	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۵	نرخ واکنش به اتفاقات پیرامون	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۶	میزان عضله‌ی فرد	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۷	میزان فعالیت روزانه‌ی فرد	این میزان به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی می‌شود
۸	سطح تهدید	سطح تهدید در عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت ملایم، متعادل و شدید طبقه‌بندی می‌شود
۹	محیط عملیات	محیط عملیاتی شامل محیط کوهستانی، ساحلی، شهری و بیابانی
۱۰	شدت فعالیت در عملیات	شدت فعالیت مورد نیاز در عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به‌صورت ملایم، متعادل و شدید طبقه‌بندی می‌شود
۱۱	مدت زمان عملیات	مدت زمان عملیات به شکل کیفی محاسبه شده و به صورت کوتاه، متوسط و طولانی مدت طبقه بندی می‌شود
۱۲	نوع عملیات	نوع عملیات و یا مأموریت اعم از عملیات دفاعی و مرزی، عملیات امنیتی، عملیات اطلاعاتی.
۱۳	نیاز به آب در عملیات	با توجه به محیط، نوع و شدت عملیات در صورت نیاز به مصرف آب این مقدار برابر با بله و در غیر اینصورت برابر با خیر قرار میگیرد.
۱۴	وضعیت آب‌وهوایی منطقه‌ی عملیات	وضعیت آب‌وهوایی نیز شامل، معتدل، مرطوب، سرد و داغ تقسیم شده‌اند.
۱۵	نیاز به مواد معدنی در عملیات	با توجه به محیط، نوع و شدت عملیات در صورت نیاز به مصرف مواد معدنی این مقدار برابر با بله و در غیر این‌صورت برابر با خیر قرار می‌گیرد.

تعریف‌شده برای شرایط نظامی بود که در ساخت دیتاست مورد استفاده قرار گرفت. به‌بیان دیگر، تحلیل خبرگی موجب شد تا چارچوب داده‌محور پژوهش نه‌تنها به شاخص‌های پزشکی و بالینی محدود نشود، بلکه متناسب با واقعیت‌های میدان عملیاتی طراحی گردد.

در گام سوم مجموعه‌ای از داده‌های میدانی، بالینی و عملیاتی مربوط به افراد نظامی جمع‌آوری، پردازش و تحلیل شدند.

برای کاهش ابعاد و استخراج ویژگی‌های مؤثر در تحلیل رژیم غذایی، ماتریس همبستگی بین ویژگی‌ها و متغیر خروجی محاسبه شد. با بررسی ضرایب همبستگی، ویژگی‌هایی با بیشترین ارتباط با پاسخ هدف شناسایی شدند. از آنجاکه بسیاری از متغیرهای اولیه به‌صورت همبسته و پرتعداد بودند، جهت کاهش پیچیدگی مدل و حذف افزونگی، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر روی داده‌ها پس از انجام فرایند یکسان‌سازی (Standardization) اعمال شد. انجام عملیات یکسان‌سازی قبل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی باعث جلوگیری از ایجاد تسلط داده‌ها با اعداد بزرگ‌تر بر داده‌ها با اعداد کوچک‌تر شده و ساختار و همبستگی واقعی میان داده‌ها را آشکار می‌کند. پس از اعمال این تکنیک، داده‌ها به ۲ مؤلفه اصلی کاهش بعد یافتند که درمجموع بخش عمده‌ای از واریانس اطلاعاتی داده‌ها را حفظ می‌کردند.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی بیانگر آن است که داده‌های پژوهش قابلیت تفکیک‌پذیری خوبی دارند اما با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین غیرخطی این عمل امکان‌پذیر است. به همین جهت با توجه به ویژگی‌های ساختاری داده‌ها و هدف پژوهش، از سه الگوریتم ماشین بردار پشتیبان (SVM) با کرنل RBF، الگوریتم جنگل تصادفی (Random Forest) و شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN)



شکل-۱. نمودار نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی

برای حل مسئله استفاده شد. به‌منظور جلوگیری از بیش‌برازش و ارزیابی دقیق عملکرد مدل‌ها، از تکنیک K-Fold Cross Validation استفاده شد. در این روش، داده‌ها به k بخش تقسیم شدند (در این پژوهش، $k = 5$)، به‌طوری‌که در هر تکرار، یکی از بخش‌ها به‌عنوان داده آزمایشی و بقیه به‌عنوان داده آموزشی به مدل داده شدند. این روش امکان تخمین بهتر از عملکرد واقعی مدل در مواجهه با داده‌های جدید را فراهم کرد و به بهینه‌سازی مدل‌ها در شرایط گوناگون کمک نمود. در فرآیند اعتبارسنجی، معیارهای متعددی مانند دقت (Accuracy)، بازیابی (Recall)، صحت (Precision)، معیار F1-Score و ماتریس گیجی (Confusion Matrix) برای مقایسه عملکرد مدل‌ها به‌کار گرفته شد.

در الگوریتم درخت تصمیم به‌عنوان یکی از روش‌های یادگیری با نظارت برای طبقه‌بندی داده‌های بالینی و عملیاتی نیروهای نظامی به‌کار گرفته شد. منطق این الگوریتم بر پایه تقسیم متوالی داده‌ها بر اساس ویژگی‌هایی است که بیشترین توانایی تمایز میان طبقات را دارند. برای ارزیابی کیفیت تقسیم‌ها از شاخص جینی استفاده شد؛ زیرا ضمن سادگی محاسبه، در داده‌های چندکلاسه دقت بالایی دارد. عمق درخت تا عدد ۱۲ محدود گردید تا مدل توانایی درک الگوهای پیچیده را داشته باشد، اما از رشد بیش‌ازحد و بروز بیش‌برازش جلوگیری شود. حداقل تعداد نمونه برای تقسیم هر گره برابر ۳ و حداقل نمونه در هر برگ ۲ در نظر گرفته شد تا از ایجاد گره‌های نویزی یا بیش‌ازحد جزئی پرهیز شود. همچنین از وزن‌دهی متوازن به کلاس‌ها استفاده گردید تا مدل نسبت به داده‌های نامتوازن حساسیت مناسبی داشته باشد.

در پژوهش جاری از الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی با معماری شبکه شامل سه لایه میانی با ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نورون استفاده شد که انتخاب این ساختار، امکان یادگیری تدریجی از الگوهای کلی تا ترکیبات فشرده‌تر ویژگی‌ها را فراهم کرد. در همه لایه‌های میانی از تابع فعال‌ساز تحریک خطی تصحیح‌شده (ReLU) استفاده شد تا مشکل ناپدید شدن گرادیان کاهش یافته و سرعت همگرایی شبکه افزایش یابد. برای خروجی نیز تابع نرم‌افزار احتمال (Softmax) انتخاب شد تا شبکه بتواند احتمال تعلق هر نمونه به یکی از طبقات هدف را محاسبه کند. به‌منظور کنترل بیش‌برازش، پس از هر لایه میانی از حذف تصادفی نورون‌ها با نرخ‌های ۳۰ درصد در دو لایه اول و ۲۰ درصد در لایه سوم استفاده شد؛ اقدامی که شبکه را وادار می‌کرد به‌جای حفظ جزئیات داده‌های آموزشی، الگوهای کلی‌تری بیاموزد. منظم‌سازی وزن‌ها نیز به‌صورت هم‌زمان اعمال شد تا از رشد بیش‌ازحد پارامترها جلوگیری شود. علاوه بر این، نرمال‌سازی دسته‌ای پس از هر لایه موجب پایداری آموزشی و یکنواختی توزیع فعال‌سازی‌ها گردید.

همچنین از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان با هدف مدل‌سازی روابط غیرخطی و تفکیک دقیق کلاس‌ها به‌کار گرفته شد. برای این منظور، هسته مورداستفاده از نوع تابع شعاعی (Radial Basis Function) انتخاب شد، زیرا این نوع هسته توانایی بالایی در شناسایی مرزهای پیچیده و چندبعدی میان طبقات دارد و برای داده‌هایی با ساختار عملکرد مناسبی ارائه می‌دهد. از وزن‌دهی متوازن به کلاس‌ها نیز استفاده شد تا الگوریتم نسبت به نامتقارن بودن تعداد نمونه‌های هر کلاس حساس گردد و تصمیم‌گیری مدل به نفع کلاس‌های پرتکرار منحرف نشود. همچنین با تعیین مقدار ثابت برای بذر تصادفی، امکان بازتولید

نتایج فراهم شد. فعال‌سازی قابلیت محاسبه احتمال خروجی نیز موجب شد مدل بتواند علاوه بر تعیین کلاس نهایی، میزان احتمال تعلق نمونه به هر کلاس را برآورد کند؛ موضوعی که در تحلیل‌های بعدی و ارائه‌ی توضیح‌پذیری بیشتر برای متخصصان حوزه سلامت و تغذیه اهمیت داشت. مجموعه این تنظیمات باعث شد ماشین‌بردار پشتیبان بتواند تفکیک دقیقی میان الگوهای مختلف فیزیولوژیکی و عملیاتی ایجاد کرده و عملکرد باثباتی در اعتبارسنجی ارائه دهد.

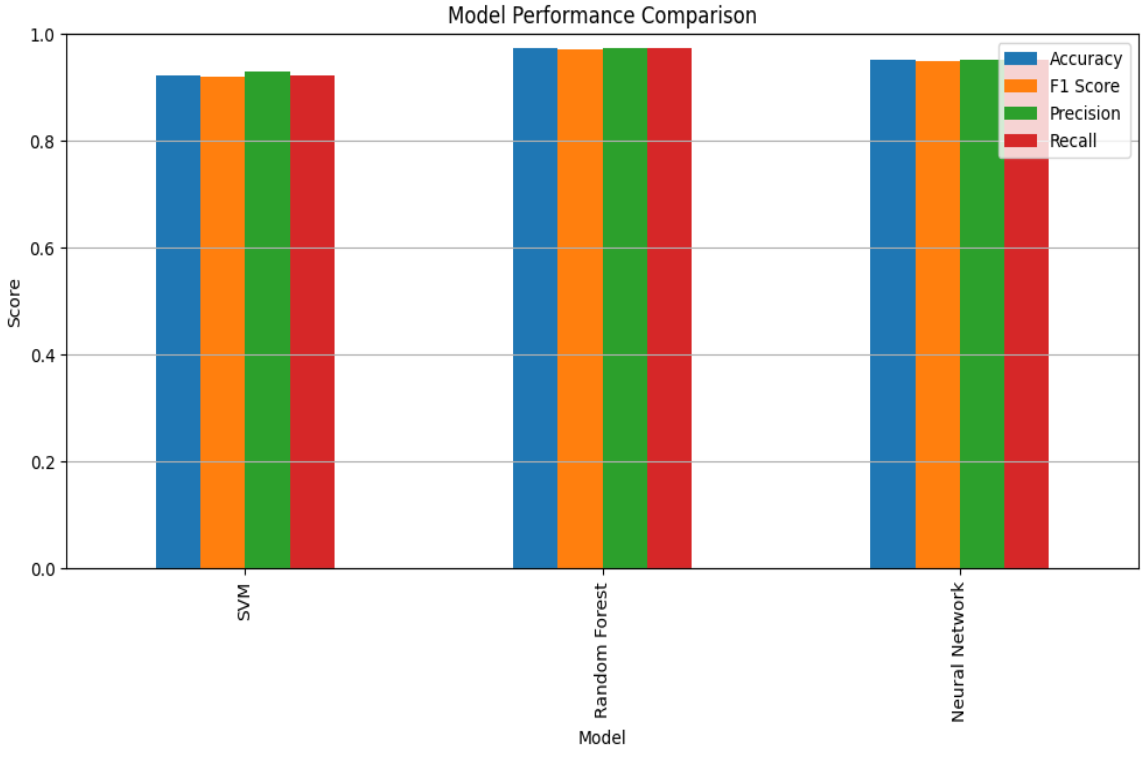
در گام چهارم با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون و کتابخانه PyQT اقدام به پیاده‌سازی یک نرم‌افزار بومی به زبان فارسی جهت استفاده از نتایج پژوهش جاری در شرایط مختلف صورت پذیرفت. با استفاده از کتابخانه PyQT امکان دریافت خروجی قابل‌نصب بر روی انواع سیستم‌های عامل موجود ازجمله ویندوز، لینوکس و مک را فراهم می‌کند.

نتایج

با توجه به جدول ۴ مدل SVM با کرنل RBF دقتی برابر با ۰/۹۲۳۲۱۴ و نمره F1 معادل ۰/۹۲۱۴۹۸ ارائه کرده است. مقادیر صحت و بازیابی نیز به ترتیب ۰/۹۲۹۱۲۵ و ۰/۹۲۳۲۱۴ گزارش شده‌اند. این نتایج نشان‌دهنده توانایی بالای این مدل در ایجاد مرزهای تصمیم‌گیری دقیق برای دسته‌بندی داده‌های غیرخطی است. بااین‌حال، نمایش اندکی پایین‌تر از مدل‌های غیرخطی افزایش یافته که می‌تواند ناشی از ماهیت پیچیده داده‌های بالینی–عملیاتی باشد. مدل جنگل تصادفی با دقت ۰/۹۷۲۸۵۷، نمره F1 برابر ۰/۹۷۲۶۷۳ و مقادیر صحت و بازیابی به ترتیب ۰/۹۷۳۴۹۴ و ۰/۹۷۲۸۵۷ بهترین عملکرد را در بین سه مدل نشان داده است. این نتایج نشان می‌دهد که ترکیب درخت‌های تصمیم متعدد، توانسته همزمان با کاهش واریانس و افزایش دقت، پایداری قابل‌توجهی ایجاد کند. این مدل با تولید پیشنهادهای رژیمی قابل‌اعتماد، گزینه‌ای مناسب برای استفاده عملیاتی در سامانه هوشمند غذایی است. شبکه عصبی چندلایه با دقت ۰/۹۵۱۰۷۱، نمره F1 معادل ۰/۹۵۰۶۵۸، صحت برابر ۰/۹۵۲۰۷۴ و بازیابی برابر ۰/۹۵۱۰۷۱، انتخاب دوم برتر پس از جنگل تصادفی است. این مدل توانسته با حفظ الگوهای داده‌های غیرخطی، عملکردی قدرتمند ارائه دهد؛ هرچند مقداری ضعیف‌تر از جنگل تصادفی عمل کرده است، اما همچنان نشان‌دهنده توانمندی بالا در دسته‌بندی موارد پیچیده است.

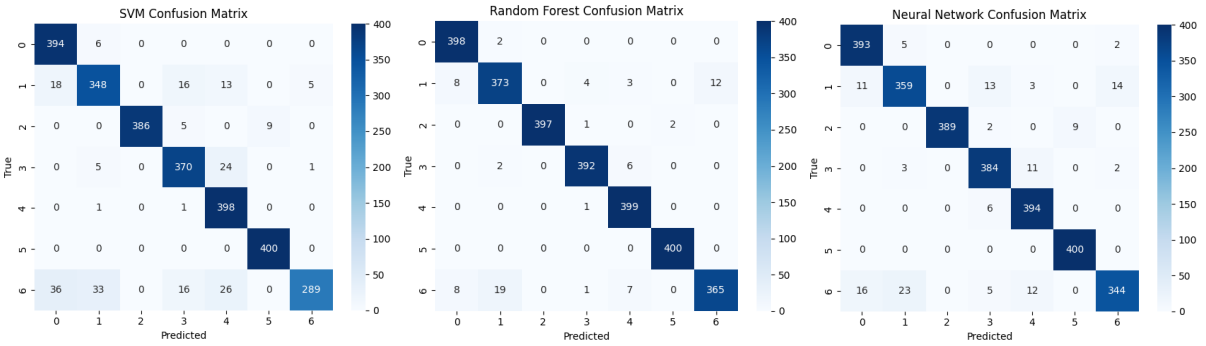
جدول-۴. دقت، نمره F1، معیار صحت و بازیابی برای سه مدل

مدل الگوریتم	دقت (Accuracy)	نمره F1	صحت (Precision)	بازیابی (Recall)
SVM	۰/۹۲۳۲۱۴	۰/۹۲۱۴۹۸	۰/۹۲۹۱۲۵	۰/۹۲۳۲۱۴
جنگل تصادفی	۰/۹۷۲۸۵۷	۰/۹۷۲۶۷۳	۰/۹۷۳۴۹۴	۰/۹۷۲۸۵۷
شبکه عصبی (Neural Network)	۰/۹۵۱۰۷۱	۰/۹۵۰۶۵۸	۰/۹۵۲۰۷۴	۰/۹۵۱۰۷۱

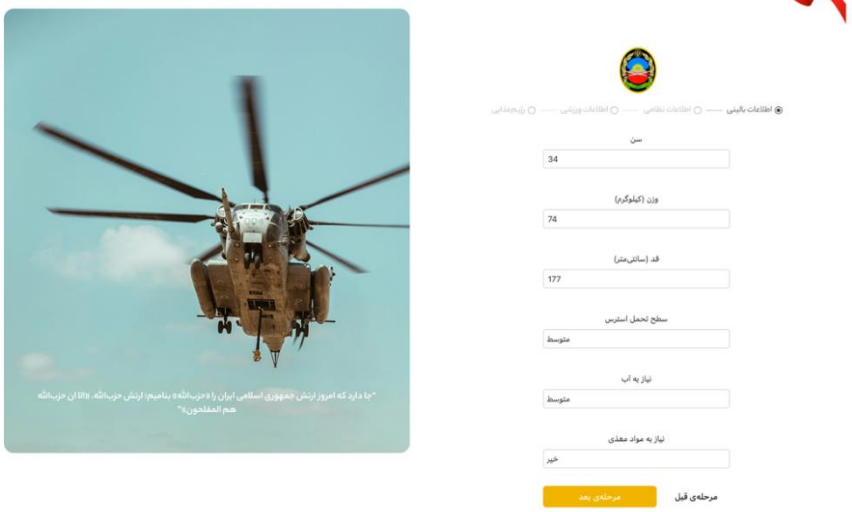


شکل-۲. مقایسه سه مدل SVM، جنگل تصادفی و شبکه عصبی

با توجه به شکل ۲ نتایج نشان می‌دهد که جنگل تصادفی با فاصله قابل‌توجهی در صدر عملکرد مدل‌ها قرار دارد. مزیت این مدل در ترکیب مزایای تفسیرپذیری و پایداری، آن را برای کاربرد در سامانه غذایی برجسته کرده است. در مقابل، SVM نیز با وجود دقت بالا، در پردازش داده‌های با ساختار بسیار پیچیده و غیرخطی، کمی نسبت به جنگل تصادفی کمتر انعطاف‌پذیر است. شبکه عصبی که برای مدل‌سازی پیچیدگی‌های غیرخطی انتخاب شده، عملکرد میانگین ولی مناسبی داشته و نشان می‌دهد که اگر با داده‌های بزرگ‌تر یا معماری پیشرفته‌تری آموزش داده شود، می‌تواند به رقابت پایدارتر با جنگل تصادفی بپردازد.



شکل-۳. تحلیل خطاهای سه مدل SVM، جنگل تصادفی و شبکه عصبی



شکل-۴. فرم دریافت اطلاعات بالینی افراد در نرم‌افزار پیاده‌سازی شده در پژوهش جاری

با توجه به شکل ۳ تحلیل خطاها نشان می‌دهد که موارد اشتباه مدل‌ها غالباً در نمونه‌هایی رخ داده که به دلیل شباهت ویژگی‌های بالینی، توسط طبقه‌بندی اشتباه تخصیص داده شده‌اند. در این خطاها، جنگل تصادفی با استفاده از مجموعه ویژگی متنوع‌تر توانسته عملکرد بهتری داشته باشد؛ در حالی‌که SVM به‌دلیل حساسیت ساختارش به پارامترها، گاهی دچار اشتباهاتی شده است.

در گام چهارم و نهایی این پژوهش، از نتایج به دست‌آمده از اجرای الگوریتم‌های SVM، جنگل تصادفی و شبکه عصبی در پیاده‌سازی نرم‌افزار انتخاب رژیم غذایی با شخصی‌سازی‌شده برای پرسنل نظامی استفاده شد. در این نرم‌افزار پس از دریافت اطلاعات بالینی و عملیاتی هر شخص، رژیم غذایی متناسب با شرایط به وی پیشنهاد می‌شود. این نرم‌افزار قابلیت نصب و بهره‌برداری در دستگاه‌های مبتنی بر سیستم‌عامل‌های ویندوز، لینوکس و مک را دارد. درنتیجه می‌توان در اکثر دستگاه‌های مرسوم و مورداستفاده توسط پرسنل نظامی در عملیات مختلف از آن بهره جست.

مطابق شکل‌های ۴ و ۵، نرم‌افزار پیاده‌سازی شده در محیط ویندوز قابلیت استفاده در تمامی شرایط اعم از شرایط خاص و عادی نظامی را دارد، بطوریکه کاربران با وارد کردن مشخصات بالینی و عملیاتی، قادر به مشاهده رژیم غذایی مناسب با آن عملیات خواهند بود. همچنین با دریافت و بررسی بازخورد خبرگان و متخصصان حوزه تغذیه و بهداشت پس از استفاده و بررسی نرم‌افزار نهایی، حاکی از عملکرد مطلوب و معنادار مدل‌های منتج از تحقیق در نرم‌افزار نهایی است.

بحث

نتایج نشان داد که مدل جنگل تصادفی با دقت ۰/۹۷۲۸ و نمره F1 برابر ۰/۹۷۲۶، عملکرد برتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد. شبکه عصبی نیز با دقت ۰/۹۵۱۰ و F1 معادل ۰/۹۵۰۶، نشان داد که در تحلیل الگوهای پیچیده تغذیه‌ای توانمند است. در مقابل، SVM با وجود دقت نسبتاً بالا (۰/۹۲۳۳)، در برخی سناریوها نسبت به سایر مدل‌ها عملکرد ضعیف‌تری داشت. استفاده از K-Fold Cross Validation نیز باعث افزایش اعتبار نتایج و جلوگیری از بیش‌برازش شد. تحلیل نتایج نشان داد که ویژگی‌هایی نظیر قد، میزان تحمل استرس، نیاز به آب و مواد مغذی و مدت عملیات در تعیین رژیم غذایی، سهم بالایی دارند. خروجی‌های مدل‌ها نیز، در بیشتر موارد، با منطق پزشکی و تجربیات میدانی سازگاری داشتند. این امر نشان‌دهنده این است که سیستم طراحی‌شده نه‌تنها ازنظر عددی دقیق عمل می‌کند، بلکه از منظر مفهومی نیز قابلیت انطباق با واقعیت‌های بالینی دارد. یکی از نقاط قوت این پژوهش، اتکا به داده‌های واقعی عملیاتی و بالینی و همچنین تحلیل هم‌زمان داده‌های تغذیه‌ای و فیزیولوژیک بود؛ چیزی که در اغلب پژوهش‌های مشابه در حوزه سلامت عمومی یا پزشکی کمتر به آن توجه شده است. از سوی دیگر، کاربرد سامانه در محیط‌های نظامی، نیازمند الگوریتم‌هایی پایدار و مقاوم در برابر نویز و تغییر است. در این زمینه، الگوریتم جنگل تصادفی با ساختار تجمیعی خود نشان داد که توان پاسخ‌گویی به چنین نیازهایی را دارد. با توجه به سطح دقت بالای مدل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که سامانه طراحی‌شده می‌تواند به‌عنوان یک ابزار کمکی در تصمیم‌گیری‌های تغذیه‌ای مورداستفاده قرار گیرد؛ به‌ویژه در سناریوهایی که امکان حضور متخصص تغذیه وجود ندارد یا زمان تصمیم‌گیری محدود است. همچنین با پیاده‌سازی نتایج این پژوهش در قالب نرم‌افزار قابل‌استفاده در انواع سیستم‌های عمل موجود می‌توان به توسعه سیستم‌های مشابه در سایر نهادهای نظامی، امدادی یا حتی غیرنظامی پرداخت. یکی دیگر از مزیت‌های الگوریتم جنگل تصادفی، سادگی در پیاده‌سازی و عدم نیاز به منابع سخت‌افزاری قوی و گران‌قیمت است، درنتیجه این الگوریتم که دقتی بالاتر در تشخیص الگوها را نسبت به سایر الگوریتم‌ها از خود نشان داده، هزینه پیاده‌سازی کمتری را طلب می‌کند. در پژوهش‌های پیشین، شیوه‌های متعددی جهت استفاده از هوش مصنوعی در علوم تغذیه و بهداشت مورد بررسی و استفاده قرار گرفته‌اند. پس از بررسی تمامی آن‌ها مشخص شد که در زمینه تعیین رژیم غذایی برای اشخاص و به‌خصوص پرسنل نظامی در شرایط نظامی خاص، شکاف علمی و عملی وجود دارد به همین جهت پژوهش جاری تعریف و مورد بررسی و در نهایت پیاده‌سازی قرار گرفت. از سامانه پیاده‌سازی شده در این پژوهش می‌توان در شرایط خاص و پیچیده نظامی که نیاز به متخصص تغذیه جهت موفقیت در عملیات‌ها و نبردها لازم و ضروری است اما حضور وی در آن شرایط مقدور نیست، بهره جست.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که سامانه پیشنهادی توانسته با استفاده از سه الگوریتم یادگیری ماشین و کنترل overfitting، به سطح بالایی از دقت در انتخاب رژیم غذایی برسد. به‌ویژه، مدل جنگل تصادفی با پتانسیل بالا، گزینه‌ای مطمئن برای استفاده عملیاتی در شرایط نظامی است. در پایان، می‌توان گفت که هوش مصنوعی می‌تواند نه‌فقط ابزاری برای تحلیل داده‌ها، بلکه یک عنصر راهبردی در مدیریت بهینه منابع انسانی و سلامت نیروهای نظامی باشد. سامانه طراحی‌شده در این پژوهش، با بهره‌گیری از تحلیل داده و مدل‌سازی دقیق، گام مؤثری در این مسیر برداشته و می‌تواند در آینده نزدیک، نقش عملیاتی در میدان ایفا کند.

باوجوداین دستاوردها، این پژوهش محدودیت‌هایی نیز داشته است. به عنوان مثال، داده‌ها در محدوده مشخصی از افراد و مأموریت‌ها جمع‌آوری‌شده و ممکن است در برخی سناریوهای عملیاتی خاص، نیاز به آموزش مجدد یا تنظیم مدل‌ها باشد..برای تحقیقات آتی، پیشنهاد می‌شود با توسعه دامنه داده‌ها، افزودن ورودی‌هایی مانند داده‌های ژنتیکی، وضعیت روانی، الگوهای خواب و سوابق تغذیه‌ای گذشته، مدل‌های پیشرفته‌تری طراحی شوند. همچنین امکان تلفیق سیستم پیشنهادی با زیرساخت‌های دیجیتال نظامی (نظیر سامانه‌های سلامت سربازان یا دستیارهای هوشمند میدانی) بررسی شود.

نکات بالینی کاربردی برای جوامع نظامی

- لزوم بهره‌گیری از سامانه‌های شخصی‌سازی‌شده تعیین رژیم غذایی پیش از اجرای عملیات‌های نظامی و تأثیر استفاده از این سامانه‌ها بر ارتقای سطح سلامت نیروهای نظامی.
- بهره‌گیری عملیاتی از سامانه مذکور در شرایط بحرانی می‌تواند نقش بسزایی در حفظ سلامت و بهبود عملکرد سیستم‌های فیزیولوژیک بدن در مواجهه با سطوح بالای میزان استرس ایفا نماید.
- بهره‌گیری عملیاتی از سامانه مذکور توسط پرسنل نظامی به‌عنوان کاربران نهایی سامانه مذکور و امکان ویرایش و اصلاح سبک تغذیه‌ای نظامیان در درازمدت می‌تواند باعث کاهش شیوع بیماری‌های زمینه‌ای (مانند بیماری‌های دیابت و فشارخون که ارتباط مستقیمی با رژیم غذایی فرد دارند) گردد و درنتیجه از تحمیل هزینه‌های سنگین درمانی بر سازمان‌های بیمه نیروهای مسلح ممانعت نماید.
- همچنین در ادامه می‌توان با توسعه سامانه مذکور امکان پایش دقیق‌تر رژیم‌های تغذیه‌ای باعث بهبود عملکرد و نقش پیشگیرانه سامانه‌ی بهداشت و درمان ارتش گردید.

تشکر و قدردانی: پروژه جاری در قالب طرحی تحقیقاتی در دانشگاه افسری ارتش امام علی (ع) انجام شده است. نویسندگان این مقاله از تمامی افراد اعم از مدیریت و کارکنان این مجموعه که در انجام این مهم، آن‌ها را یاری نموده‌اند مراتب تشکر و قدردانی را ابراز می‌کنند.

تضاد منافع: نویسندگان تصریح می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در مطالعه حاضر وجود ندارد.

منابع

1. Ross AC, Caballero B, Cousins RJ, Tucker KL. Modern Nutrition in Health and Disease:. Jones & Bartlett Learning; 2020. 4
2. Whitney EN, Rolfes SR, Crowe T, Walsh A. Understanding nutrition. Cengage AU; 2019.
3. Smith JD, Thompson LP. Artificial intelligence and personalized nutrition: Revolutionizing diet planning. Journal of Nutritional Science. 2023; 35(2):56–67
4. Patel SS. Explainable machine learning models to analyse maternal health. Data & Knowledge Engineering. 2023;146:102198. doi:10.1016/j.datak.2023.102198
5. Karkera P, Mohan P, Singal A. A New Approach for Machine Learning Algorithm to Generate Automated Diet Plan for Indian Children Age 2 To 12 Years. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics. 2021;121(9):A49. doi:10.1016/j.jand.2021.06.130
6. Kaur R, Kumar R, Gupta M. Food Image-based diet recommendation framework to overcome PCOS problem in women using deep convolutional neural network. Computers and Electrical Engineering. 2022;103:108298. doi:10.1016/j.compeleceng.2022.108298
7. Lee YC, Christensen JJ, Parnell LD, Smith CE, Shao J, McKeown NM, et al. Using machine learning to predict obesity based on genome-wide and epigenome-wide gene–gene and gene–diet interactions. Frontiers in Genetics. 2022;12:783845. doi:10.3389/fgene.2021.783845
8. Hsieh HM, Chen CH, Chan YJ, Hsu HL, Wang CY, Wu CL. Machine Learning-Assisted Nutritional Risk Assessment in Critically Ill Patients. Current Developments in Nutrition. 2023;7:101144. doi:10.1016/j.cdnut.2023.101144
9. Iwendi C, Khan S, Anajemba JH, Bashir AK, Noor F. Realizing an efficient IoMT-assisted patient diet recommendation system through machine learning model. IEEE Access. 2020;8:28462-74. doi:10.1109/ACCESS.2020.2968537
10. Dohopolski M, Wang K, Morgan H, Sher D, Wang J. Use of deep learning to predict the need for aggressive nutritional supplementation during head and neck radiotherapy. Radiotherapy and Oncology. 2022;171:129-38. doi:10.1016/j.radonc.2022.04.016
11. Cunha C, Duarte P, Oliveira R. Nutrition Control System Based on Short-term Personal Demands. Procedia Computer Science. 2023;224:565-71. doi:10.1016/j.procs.2023.09.082
12. Mogaveera D, Mathur V, Waghela S. e-Health monitoring system with diet and fitness recommendation using machine learning. In2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT). IEEE. 2021. pp. 694-700".
13. Shabani R, Monjami S, Safavi S. Designing an expert system for dietary recommendation using artificial neural networks. In: The 1st National Conference on Information Technology, Communications and Soft Computing; 2016; Isfahan, Iran. [In Persian] Available from: https://civilica.com/doc/517850
14. Rostami M, Farrahi V, Ahmadian S, Jalali SM, Oussalah M. A novel healthy and time-aware food recommender system using attributed community detection. Expert Systems with Applications. 2023;221:119719. doi:10.1016/j.eswa.2023.119719
15. Lampignano L, Tatoli R, Donghia R, Bortone I, Castellana F, Zupo R, et al. Nutritional patterns as machine learning predictors of liver health in a population of elderly subjects. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 2023; 33(11):2233-41. doi:10.1016/j.numecd.2023.07.009
16. Maurya A, Wable R, Shinde R, John S, Jadhav R, Dakshayani R. Chronic kidney disease prediction and recommendation of suitable diet plan by using machine learning. In2019 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE). IEEE. 2019. pp. 1-4.
17. Wang J, Qin Z, Hsu J, Zhou B. A fusion of machine learning algorithms and traditional statistical forecasting models for analyzing American healthcare expenditure. Healthcare Analytics. 2024;5:100312. doi:10.1016/j.health.2024.100312
18. Rostami M, Muhammad U, Forouzandeh S, Berahmand K, Farrahi V, Oussalah M. An effective explainable food recommendation using deep image clustering and community detection. Intelligent Systems with Applications. 2022;16:200157. doi:10.1016/j.iswa.2022.200157
19. Shabani R, Monajemi SA, Safavi SM, Rezaei M. An intelligent artificial neural network and fuzzy logic-based diet advisory system. Health Information Management. 2018;14(6):230-5. doi:10.22122/him.v14i6.3050
20. Masoumianfar F, Arash Kh, Golnoosh A. Intelligent dietary recommendation system using deep learning. Computing and Distributed Systems. 2020;2(2):150-60. [In Persian]