…….. **(*): *-*, ****** ****

Title of Journal

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Development of an Intelligent System Based on the ADAM Algorithm for Personalized Exercise Programs for Elementary School Students

fereshteh kotobi[1], seyed amin dehghan banadaki[*2]

1. Department of Physical Education, Farhangian University, P.O. Box 14665-889, Tehran, Iran E-mail: f.kotobe@gmail.com
2. ***Corresponding author,*** PhD Sports Management, University of Tabriz, Iran. E-mail: info@seyedamindehghan.ir

ORCID

fereshteh kotobi http://orcid.org/0000-0001-7714-2726

Seyed amin dehghan banadaki http://orcid.org/0000-0001-9769-1714

Keywords:
. Artificial Neural Networks
. Deep Learning
. Exercise Optimization
. Personalized Exercise Programs
. Physical Education
. Physical Features

ABSTRACT

Background and Objectives: The application of developing technologies -especially artificial intelligence and deep learning algorithms- in the creation of personalized physical training programs has garnered significant attention, particularly during developmental stages. This study sought to develop and assess an intelligent model for prescribing individualized exercises based on the physical and motor attributes of primary school students. **Methods:** This descriptive-analytical study was performed on 430 kids aged 12 to 15 in several schools in Tehran. Data were gathered utilizing the Perceived Physical Literacy Instrument (PPLI) and standardized field assessments. Subsequent to preprocessing, the data, encompassing five essential physical components, were analyzed utilizing a multilayer perceptron (MLP) artificial neural network optimized through the ADAM method. The model was developed as a deep learning system to forecast suitable exercises for each individual. **Findings:** The proposed model effectively recommended personalized exercises, achieving an accuracy of 92.78%, a recall of 85.04%, and a precision of 88.71%. ROC analysis revealed an Area Under the Curve (AUC) of 0.951, signifying a strong ability to differentiate among various workout groups. Alongside the quantitative findings, feedback from students and physical education teachers indicated that 87% of participants were satisfied with the recommended activities, while 83% noted a beneficial effect on their physical health and motivation. **Conclusion:** The results indicate that deep learning models can function as efficient instruments for creating personalized physical training programs in school physical education. This method improves accuracy, efficiency, and student engagement, while also facilitating ongoing updates and informed decision-making by educators.

Cite this Article: Kotbi, Fereshteh, Dehghan Banadaki, Seyed Amin (1404). Title of the article. Development of an intelligent system based on the Adam algorithm for personalizing sports exercises for elementary school students. Theory and Practice in Teacher Education, 10(18), 1-16.https://doi.org/10

توسعه یک سیستم هوشمند مبتنی بر الگوریتم آدام[1] جهت شخصی‌سازی تمرینات ورزشی دانش‌آموزان ابتدایی

فرشته کتبی[۱]، سید امین دهقان بنادکی[۲*]

۱. گروه آموزش تربیت بدنی، دانشگاه فرهنگیان، صندوق پستی ۸۸۹- ۱۴۶۶۵ تهران، ایران رایانامه: f.kotobe@gmail.com

۲. ***نویسنده مسئول***، دکتری مدیریت ورزشی دانشگاه تبریز،ایران رایانامه: info@seyedamindehghan.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: استفاده از فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری عمیق، در طراحی تمرینات ورزشی شخصی‌سازی‌شده به‌ویژه در سنین رشد، مورد توجه قرار گرفته است. هدف این پژوهش، طراحی و ارزیابی یک مدل هوشمند برای توصیه تمرینات متناسب با ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی بود. **روش‌ها:** پژوهش به‌صورت توصیفی - تحلیلی روی ۴۳۰ دانش‌آموز ۱۲ تا ۱۵ساله در مدارس شهر تهران انجام شد. داده‌ها از طریق پرسش‌نامه سواد حرکتی ادراک شده و آزمون‌های میدانی استاندارد جمع‌آوری و پس از پیش‌پردازش، با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی چندلایه مبتنی بر الگوریتم ADAM تحلیل شدند. داده‌ها شامل پنج مؤلفه اصلی جسمانی بودند و مدل در قالب یک سیستم یادگیری عمیق برای پیش‌بینی تمرینات مناسب برای هر فرد آموزش داده شد. **یافته‌ها:** مدل پیشنهادی توانست با دقت ۹۲,۷۸٪، یادآوری ۸۵,۰۴٪ و دقت مثبت ۸۸,۷۱٪ عملکرد بالایی در توصیه تمرینات فردی داشته باشد. تحلیل ROC و مقدار AUC معادل ۰,۹۵۱ نشان‌دهنده قابلیت بالای مدل در تفکیک دقیق نیازهای تمرینی مختلف بود. افزون بر تحلیل‌های کمی، بازخوردهای میدانی از مربیان و دانش‌آموزان نشان داد که ۸۷٪ از کاربران از برنامه‌های پیشنهادی رضایت داشته و ۸۳٪ تأثیر مثبت آن را بر سلامت و انگیزه جسمانی خود گزارش کردند. **نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند به‌عنوان ابزاری اثربخش برای طراحی تمرینات شخصی‌سازی‌شده در آموزش تربیت‌بدنی مدارس مورداستفاده قرار گیرند. استفاده از این رویکرد نه‌تنها موجب افزایش دقت، کارایی و انگیزش دانش‌آموزان می‌شود، بلکه امکان به‌روزرسانی مستمر و تصمیم‌گیری آگاهانه برای مربیان را نیز فراهم می‌آورد.

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به‌صورت آنلاین استفاده کنید

DOI:

واژه‌های کلیدی:

. بهینه‌سازی تمرینات

. تربیت‌بدنی

. تمرینات شخصی‌سازی‌شده

. شبکه‌های عصبی مصنوعی

. ویژگی‌های جسمانی

. یادگیری عمیق

استناد به این مقاله:کتبی، فرشته، دهقان بنادکی، سید امین (۱۴۰۴). عنوان مقاله. توسعه یک سیستم هوشمند مبتنی بر الگوریتم آدام جهت شخصی سازی تمرینات ورزشی دانش‌آموزان ابتدایی*نظریه و عمل در تربیت معلمان*، ۱۰(۱۸)، ۱-۱۶.

1. Adam

مقدمه

در دنیای پیچیده و پرشتاب امروز، آموزش تربیت‌بدنی دیگر صرفاً ابزاری برای ارتقای آمادگی جسمانی تلقی نمی‌شود، بلکه به عنوان یک مؤلفه کلیدی در سلامت روان، توسعه اجتماعی و بهبود عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان نیز شناخته شده است (Neil-Sztramko, Caldwell, & Dobbins, 2021). در این میان، توجه به تفاوت‌های فردی دانش‌آموزان، به‌ویژه در ویژگی‌های جسمانی و حرکتی آن‌ها، به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در طراحی برنامه‌های آموزشی و تمرینی بدل شده است (Gao, Wen, Fu, Lee, & Zeng, 2021). در مقطع ابتدایی، که مرحله‌ای حساس از رشد جسمانی، روانی و شناختی افراد به شمار می‌رود، اهمیت این موضوع دوچندان است. شواهد علمی حاکی از آن است که طراحی تمرینات تربیت‌بدنی بدون در نظر گرفتن ویژگی‌های منحصر به‌فرد هر دانش‌آموز، ممکن است نه‌تنها موجب ناکارآمدی آموزشی گردد، بلکه در برخی موارد، زمینه‌ساز آسیب‌های جسمی و روانی شود (Activity & Environment, 2013; Fletcher, 2009; Mavilidi et al., 2018).

بی‌توجهی به تفاوت‌های جسمانی و حرکتی در دانش‌آموزان ابتدایی نه‌تنها از اثربخشی تمرینات می‌کاهد، بلکه منجر به کاهش انگیزه، احساس ناکارآمدی و حتی بیزاری از فعالیت‌های بدنی در سنین بالاتر می‌شود. بر این اساس، طراحی تمرینات شخصی‌سازی‌شده که بر مبنای تحلیل دقیق ویژگی‌های فردی صورت می‌گیرد، ضرورتی بنیادین در برنامه‌ریزی‌های آموزشی این حوزه تلقی می‌شود (Li et al., 2024). تمرینات شخصی‌سازی‌شده، با هدف هماهنگ‌سازی بار تمرینی با توانایی‌های حرکتی و ظرفیت‌های جسمانی هر فرد، می‌توانند به‌طور مستقیم بر توسعه مهارت‌های حرکتی پایه، ارتقای آمادگی جسمانی و بهبود نگرش نسبت به ورزش تأثیر بگذارند (Anderson, Lohse, Lopes, & Williams, 2021; Gao et al., 2021).

یکی از خلأهای مهم در ادبیات پژوهش موجود، فقدان چارچوب‌های اجرایی دقیق و علمی برای طراحی تمرینات بر اساس داده‌های واقعی دانش‌آموزان و نه صرفاً بر مبنای الگوهای عمومی است. اگرچه مطالعاتی در حوزه شخصی‌سازی برنامه‌های تمرینی صورت گرفته است، اما کمتر پژوهشی توانسته است تحلیل کمی دقیق و مبتنی بر الگوریتم‌های پیشرفته هوش مصنوعی را با کاربرد عملی در طراحی تمرینات تربیت‌بدنی برای دانش‌آموزان ابتدایی تلفیق کند. از این منظر، پژوهش حاضر با هدف پر کردن این خلأ علمی، نوآوری خود را در بهره‌گیری از الگوریتم یادگیری عمیق ADAM جهت تحلیل ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان و طراحی تمرینات انطباق‌پذیر و شخصی‌سازی‌شده بر این مبنا ارائه می‌دهد.

تحلیل ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان ابتدایی، افزون بر ارزش تشخیصی، نقش پیش‌بینی‌گرانه‌ای نیز در تعیین پتانسیل‌های حرکتی آینده آنان ایفا می‌کند. بسیاری از مهارت‌های حرکتی پایه در همین دوران تثبیت می‌شوند و اگر در زمان مناسب و با تمرینات هدفمند تقویت نشوند، ممکن است در آینده به دشواری قابل ترمیم باشند (Makaruk et al., 2023; Marta et al., 2024)؛ بنابراین، ارزیابی دقیق این ویژگی‌ها و تطابق تمرینات با نیازهای خاص هر دانش‌آموز نه‌تنها موجب بهبود عملکرد در کوتاه‌مدت می‌شود، بلکه از منظر بلندمدت نیز می‌تواند مسیر موفقیت ورزشی و سلامت عمومی را هموار کند.

با پیشرفت فناوری، به‌ویژه در حوزه یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، امکان تحلیل داده‌های پیچیده جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان با دقت و سرعت بیشتری فراهم شده است. این رویکردهای داده‌محور می‌توانند الگوهای پنهان در رفتارهای حرکتی را شناسایی کرده و از طریق طراحی تمریناتی مبتنی بر این تحلیل‌ها، مسیر یادگیری جسمانی را برای دانش‌آموزان بهینه‌سازی کنند (Molavian, Fatahi, Abbasi, & Khezri, 2023). الگوریتم ADAM، به عنوان یکی از کارآمدترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی در شبکه‌های عصبی عمیق، با توانایی تنظیم پویا نرخ یادگیری و همگرایی سریع، انتخاب مناسبی برای پردازش داده‌های پیچیده فردی در این زمینه به شمار می‌رود (Reyad, Sarhan, & Arafa, 2023).

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از این الگوریتم، به تحلیل داده‌های جسمانی و حرکتی جمع‌آوری‌شده از دانش‌آموزان مقطع ابتدایی پرداخته و تمریناتی شخصی‌سازی‌شده و هوشمند برای هر دانش‌آموز طراحی می‌نماید. در این راستا، از پرسش‌نامه سواد حرکتی ادراک شده به‌عنوان ابزار سنجش اولیه بهره گرفته شده و داده‌ها با استفاده از رویکرد

توصیفی-تحلیلی پردازش گردیده‌اند. هدف از این تحلیل، شناسایی تمرینات مناسب و نامناسب برای هر ویژگی حرکتی یا جسمانی خاص و ارائه الگویی است که بتواند به‌صورت پویا و قابل‌انطباق در شرایط واقعی مدرسه به کار گرفته شود.

یکی از جنبه‌های نوآورانه این پژوهش، توسعه مدلی اجرایی برای طراحی و پیاده‌سازی تمرینات متناسب با توانمندی‌های فردی دانش‌آموزان است. این مدل نه‌تنها تمرکز خود را بر ارزیابی اولیه توانایی‌های حرکتی قرار داده، بلکه امکان بازخوردگیری مستمر از پیشرفت دانش‌آموز و به‌روزرسانی تمرینات را نیز فراهم می‌سازد. در چنین مدلی، مربیان به کمک نرم‌افزارها و برنامه‌های موبایلی می‌توانند در لحظه، تغییرات در عملکرد حرکتی دانش‌آموز را رصد کرده و تمرینات را متناسب با آن تنظیم کنند. این شیوه علاوه بر افزایش اثربخشی تمرینات، مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های بدنی را نیز تقویت کرده و موجب نهادینه‌شدن سبک زندگی فعال از سنین پایین می‌شود.

پژوهش حاضر در تلاش است تا چارچوبی نوین و مبتنی بر داده جهت طراحی تمرینات شخصی‌سازی‌شده در تربیت‌بدنی مدارس ارائه دهد. این رویکرد، در کنار غنای نظری و تجربی، قابلیت اجرا و تعمیم در محیط‌های واقعی آموزشی را نیز دارد. در نتیجه، این تحقیق نه‌تنها می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری‌های آموزشی و ورزشی در سطح مدارس ابتدایی باشد، بلکه راهگشای پژوهش‌های کاربردی در حوزه فناوری‌های ورزشی و تربیت‌بدنی هوشمند نیز خواهد بود.

پیشینه پژوهش

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی به بررسی نقش ویژگی‌های جسمانی و حرکتی در بهبود عملکرد ورزشی دانش‌آموزان و طراحی تمرینات متناسب با نیازهای آنان پرداخته‌اند. این ویژگی‌ها که شامل مؤلفه‌هایی نظیر قدرت، سرعت، استقامت، انعطاف‌پذیری و هماهنگی حرکتی می‌باشند، به‌عنوان عوامل بنیادین در کیفیت یادگیری حرکتی، پیشرفت جسمانی و رشد انگیزشی کودکان در سنین ابتدایی مطرح شده‌اند. اهمیت این مؤلفه‌ها به‌ویژه در دوران ابتدایی که مقارن با رشد سریع جسمانی و تغییرات روانی است، برجسته‌تر می‌شود؛ چراکه تجربیات حرکتی پایه در این دوره می‌توانند بر مسیر رشد بلندمدت دانش‌آموزان اثرگذار باشند (Akbar et al., 2022; Jafar, Rinaldy, & Yunus, 2023; Zhang et al., 2024).

از منظر دسته‌بندی، توانایی‌های جسمانی و حرکتی به اجزای متعددی تقسیم می‌شوند که هر یک نقش خاصی در طراحی تمرینات دارند. قدرت عضلانی، سرعت اجرای حرکات، دامنه انعطاف مفاصل، ظرفیت استقامتی و میزان هماهنگی عصبی-عضلانی از جمله مؤلفه‌هایی هستند که شناخت دقیق آن‌ها می‌تواند مسیر طراحی تمرینات ورزشی را هدفمندتر و اثربخش‌تر سازد. با این حال، بسیاری از برنامه‌های تمرینی موجود فاقد سازوکارهای شخصی‌سازی‌شده و مبتنی بر داده‌های واقعی هستند و اغلب به الگوهای کلی و استانداردهای جمعی اکتفا می‌کنند. این در حالی است که بهره‌گیری از ابزارهای فناورانه برای تحلیل فردی داده‌ها می‌تواند گام مهمی در راستای اثربخشی تربیت‌بدنی بردارد (Furrer, Hawley, & Handschin, 2023; Muratori, Lamberg, Quinn, & Duff, 2013).

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های متعددی در حوزه آموزش تربیت‌بدنی کودکان با تأکید بر ویژگی‌های فردی و روان‌شناختی دانش‌آموزان انجام شده است. در پژوهشی، میرزایی (۱۴۰۱) نقش خودکارآمدی را به‌عنوان عامل میانجی در رابطه بین انگیزه پیشرفت، اضطراب رقابتی و عملکرد ورزشی دانش‌آموزان بررسی کرده و نشان داد که خودکارآمدی نه‌تنها تأثیر مثبت انگیزش را تقویت، بلکه اثرات منفی اضطراب را نیز تعدیل می‌کند. این یافته‌ها اهمیت عوامل روان‌شناختی در بهبود عملکرد ورزشی را برجسته می‌سازند. در همین زمینه، گنجی و شهولی‌پور (۱۴۰۱) با تمرکز بر ارتباط میان فعالیت بدنی و عملکرد تحصیلی، تأکید کرده‌اند که ورزش نه‌تنها عاملی در بهبود سلامت جسمی، بلکه تقویت‌کننده توانایی‌های شناختی و موفقیت تحصیلی دانش‌آموزان نیز هست. از سوی دیگر، پورشاه‌آبادی و وزینی طاهر (۱۳۹۱) با بررسی کاربرد اصول رشد حرکتی در استعدادیابی ورزشی، به اهمیت درک تعامل میان رشد، نمو و بالیدگی در طراحی برنامه‌های تمرینی متناسب با مراحل رشدی دانش‌آموزان اشاره کرده‌اند. این رویکرد مبتنی بر شناسایی ویژگی‌های فردی و فیزیولوژیکی، می‌تواند مبنای علمی ارزشمندی برای طراحی تمرینات هوشمند و شخصی‌سازی‌شده فراهم سازد؛ رویکردی که در پژوهش حاضر با بهره‌گیری از مدل‌های یادگیری عمیق توسعه یافته است (Ganji & Shahoolipoor, 1401; Mirzaei, 2023; PoorshahAbadi & Vazini, 1391).

در مطالعات خارجی نیز تأکید مشابهی بر اهمیت طراحی تمرینات مبتنی بر داده و ویژگی‌های فردی دیده می‌شود. رشید و اصغر (۲۰۱۶) به بررسی استفاده از داده‌های شخصی در طراحی برنامه‌های تمرینی پرداختند و دریافتند که این رویکرد منجر به بهبود قابل‌توجهی در مشارکت و عملکرد نوجوانان می‌شود. نابوتوسکی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر برنامه‌های هوشمند تمرینی بر افزایش استقامت و قدرت را مطالعه کردند و نتایج مثبتی گزارش دادند. همچنین، ماخامبتووا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی، تأثیر جهانی تمرینات شخصی‌سازی‌شده را بر انگیزش و عملکرد دانش‌آموزان بررسی نمودند و تورچو و همکاران (۲۰۲۱) نیز با تمرکز بر کاربرد فناوری‌های نوین در طراحی تمرینات، بر اهمیت این ابزارها در ارتقاء کیفیت آموزش ورزشی تأکید کردند (Makhambetova, Zhiyenbayeva, & Ergesheva, 2021; Nabutovsky et al., 2024; Rashid & Asghar, 2016; Turcu et al., 2021).

با وجود هم‌گرایی عمومی نتایج این مطالعات در حمایت از تمرینات شخصی‌سازی‌شده، بررسی دقیق‌تر آن‌ها حاکی از وجود برخی شکاف‌های مهم در ادبیات پژوهش است. نخست آنکه بسیاری از مطالعات صرفاً بر ابعاد محدودی از ویژگی‌های جسمانی تمرکز داشته و تحلیل جامع و چندبعدی از این ویژگی‌ها را ارائه نداده‌اند؛ به‌طوری‌که قدرت یا استقامت به طور جداگانه موردبررسی قرار گرفته‌اند، بی‌آنکه به تعامل پیچیده میان مؤلفه‌ها توجه شود. دوم، مطالعاتی که به بهره‌گیری از مدل‌های یادگیری عمیق در طراحی تمرینات شخصی‌سازی‌شده پرداخته باشند، در ادبیات داخلی و حتی بین‌المللی، محدودند. این در حالی است که قابلیت الگوریتم‌هایی نظیر ADAM در تحلیل داده‌های پیچیده و غیرخطی می‌تواند ارزش افزوده قابل‌توجهی در این حوزه ایجاد کند.

همچنین، اگرچه پژوهش‌های داخلی معمولاً توجه بیشتری به زمینه‌های فرهنگی، اجتماعی و آموزشی دانش‌آموزان دارند، اما کمتر به ترکیب آن‌ها با ابزارهای فناورانه پرداخته‌اند. در مقابل، پژوهش‌های خارجی تمرکز بیشتری بر بُعد فناوری و الگوریتم‌های هوشمند دارند و از انعکاس ابعاد فرهنگی و بافت اجتماعی غافل مانده‌اند. فقدان مطالعاتی که تلفیقی از این دو رویکرد (فرهنگی-اجتماعی و فناورانه - تحلیلی) را به کار گیرند، شکافی معرفتی را نمایان می‌سازد که پژوهش حاضر درصدد پر کردن آن است.

علاوه بر این، بسیاری از پژوهش‌های گذشته صرفاً به بررسی اثرات کوتاه‌مدت برنامه‌های تمرینی بسنده کرده‌اند و تأثیرات بلندمدت تمرینات شخصی‌سازی‌شده بر بهبود پایدار در عملکرد، سلامت جسمی و روانی دانش‌آموزان مورد ارزیابی قرار نگرفته است. همچنین، مطالعات اندکی با هدف ارائه چارچوب اجرایی دقیق برای پیاده‌سازی عملی این تمرینات در محیط‌های مدرسه‌ای طراحی شده‌اند؛ این در حالی است که تحقق اثربخشی تمرینات، مستلزم مدل‌سازی ساختارمند، پیوسته و قابل‌انطباق با بافت آموزشی است.

پژوهش حاضر با درک این خلأها، تلاش دارد با بهره‌گیری از الگوریتم ADAM به‌عنوان یک ابزار هوشمند یادگیری عمیق، تحلیل دقیقی از داده‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان ابتدایی ارائه دهد و بر اساس آن، تمریناتی هدفمند، شخصی‌سازی‌شده و علمی طراحی نماید. این رویکرد تلفیقی از روش‌های فناورانه با ملاحظات فرهنگی-اجتماعی است و تلاش دارد چارچوبی عملیاتی و مبتنی بر داده برای ارتقای کیفیت تربیت‌بدنی در مدارس فراهم آورد. بدین ترتیب، این پژوهش ضمن افزودن بر ادبیات علمی موجود، می‌تواند مبنایی برای تدوین سیاست‌های آموزشی و تربیتی مبتنی بر تحلیل داده‌های واقعی و یادگیری ماشین در سطح مدارس باشد.

روش

جامعه آماری پژوهش را کلیه دانش‌آموزان دختر و پسر پایه‌های پنجم و ششم ابتدایی مدارس دولتی و غیردولتی شهر تهران تشکیل می‌دهند. به‌منظور افزایش تعمیم‌پذیری نتایج و پوشش هرچه بهتر تنوع قابل‌توجه بافت فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی در کلان‌شهر تهران، از نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای استفاده شد. در مرحله اول، تعدادی مدرسه از مناطق شهری مختلف (شمال، جنوب، مرکز، شرق و غرب) انتخاب شدند تا نمایانگر سطوح اجتماعی-اقتصادی گوناگون باشند. در مرحله دوم، پس از ارائه توضیحات لازم به مدیران و معلمان، از دانش‌آموزان آن مدارس به‌صورت داوطلبانه برای شرکت در پژوهش دعوت به عمل آمد. این شیوه نمونه‌گیری که ماهیت داوطلبانه مشارکت را با تلاش برای دستیابی به یک نمونه معرف ترکیب می‌کند، به رفع نگرانی در خصوص هدفمند یا دردسترس‌بودن نمونه کمک می‌کند. در نهایت، ۴۳۰ دانش‌آموز در دامنه سنی ۱۲ تا ۱۵ سال در این مطالعه شرکت داده شدند. انتخاب این

دامنه سنی با هدف پوشش سال‌های پایانی دوران ابتدایی و آغاز تغییرات حرکتی ناشی از بلوغ جسمانی انجام شده است.

جهت گردآوری داده‌ها، مجموعه‌ای از ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان از طریق دو ابزار اصلی ارزیابی شد: پرسش‌نامه سواد حرکتی ادراک شده (PPLI) و آزمون‌های میدانی استاندارد. هدف این ابزارها، سنجش کمی و کیفی پنج مؤلفه کلیدی شامل قدرت، استقامت قلبی - عروقی، انعطاف‌پذیری، سرعت و هماهنگی بود. پرسش‌نامه مذکور، که از روایی و پایایی بالایی برخوردار است، به‌منظور سنجش ادراک فرد از توانایی‌های حرکتی خود طراحی شده و از مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت برای ثبت پاسخ‌ها بهره می‌گیرد. تحلیل عاملی تأییدی پیشین، ساختار سه‌عاملی این ابزار را تأیید کرده و شاخص‌های برازش مانند CFI، NFI، GFI و IFI همگی بالاتر از ۰,۹ گزارش شده‌اند. ضریب آلفای کرونباخ ۰,۹۱ برای کل پرسش‌نامه و مقادیر بین ۰,۷۹ تا ۰,۸۲ برای خرده‌مقیاس‌ها، نشان‌دهنده همسانی درونی مطلوب ابزار هستند. همچنین، پایایی بازآزمایی نیز با ضریب همبستگی درون‌طبقه‌ای ۰,۸۵ برای کل مقیاس و ۰,۸۰ تا ۰,۸۴ برای خرده‌مقیاس‌ها مورد تأیید قرار گرفته است (Mohamadzadeh, Sheikh, Hoomanian, Bagherzadeh, & Kazemnejad, 2021; samadi, Moradi, & Aghababa, 2023).

به‌منظور تکمیل داده‌های مربوط به ویژگی‌های جسمانی و حرکتی، از مجموعه‌ای آزمون‌های میدانی استاندارد برای سنجش پنج مؤلفه اصلی استفاده شد. این آزمون‌ها شامل آزمون نشست‌وبرخاست در ۳۰ ثانیه جهت سنجش قدرت، آزمون دویدن ۱۰۰ متر برای ارزیابی سرعت، آزمون شنا در ۶۰ ثانیه برای سنجش استقامت، آزمون انعطاف‌پذیری نشسته (تست نشستن و دسترسی) و آزمون پاس فوتبال (تعداد پاس‌های صحیح از ۱۰ پاس) جهت ارزیابی هماهنگی بود. اجرای کلیه آزمون‌ها در محیط امن مدرسه و تحت نظارت دقیق مربیان تربیت‌بدنی آموزش‌دیده انجام پذیرفت. به‌منظور تضمین اعتبار داده‌ها و حفظ کامل ایمنی شرکت‌کنندگان، پروتکل‌های استاندارد به‌دقت اجرا گردید. این پروتکل‌ها شامل غربالگری اولیه سلامت دانش‌آموزان پیش از آزمون، برگزاری جلسه توجیهی برای تشریح و نمایش نحوه صحیح اجرای حرکات، انجام کامل حرکات گرم‌کننده پیش از شروع و حرکات سردکننده پس از پایان آزمون و نظارت مستمر بر وضعیت جسمانی دانش‌آموزان در حین اجرا بود تا در صورت مشاهده هرگونه علائم خستگی مفرط یا ناراحتی، آزمون بلافاصله متوقف شود. افزون بر این، به‌منظور به‌حداقل‌رساندن تأثیر متغیرهای محیطی و افزایش هماهنگی، تمامی آزمون‌ها در شرایط مشابه (مانند ساعت مشخصی از روز و بر روی سطح استاندارد ورزشی مدرسه) و توسط مربیانی که پیش‌تر دستورالعمل اجرایی یکسانی را طی یک جلسه توجیهی دریافت کرده بودند، به عمل آمد.

داده‌های گردآوری‌شده پس از ورود به نرم‌افزارهای آماری SPSS و R تحلیل شدند. در گام نخست، تحلیل‌های توصیفی برای بررسی میانگین، میانه، انحراف معیار و توزیع داده‌ها اجرا شد. در ادامه، جهت بررسی روابط بین ویژگی‌های جسمانی و حرکتی و تأثیر آن‌ها بر پیشنهاد نوع تمرینات مناسب، از آزمون‌های آماری پارامتریک نظیر آزمون t مستقل، تحلیل واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و رگرسیون خطی استفاده گردید. علاوه‌برآن، با هدف شناسایی الگوهای پیچیده و غیرخطی در داده‌ها، مدل‌سازی مبتنی بر یادگیری عمیق با استفاده از الگوریتم ADAM اجرا شد. این الگوریتم به دلیل سرعت همگرایی بالا، توانایی بهینه‌سازی نرخ یادگیری و دقت در شناسایی الگوهای پنهان، برای تحلیل داده‌های آموزشی مناسب تشخیص داده شد.

پس از تحلیل داده‌ها، تمرینات متناسب با ویژگی‌های فردی هر دانش‌آموز طراحی شد. الگوریتم یادگیری عمیق از طریق شناسایی همبستگی‌ها و الگوهای تکرارشونده در ویژگی‌های حرکتی، نیازهای تمرینی هر فرد را پیش‌بینی کرده و تمرینات اختصاصی را پیشنهاد می‌نماید. این فرآیند شامل مرحله شناسایی ویژگی‌های کلیدی، تحلیل همبستگی آن‌ها با عملکرد و در نهایت، تولید نسخه‌ای از برنامه تمرینی انطباق‌پذیر برای هر دانش‌آموز است. تمرینات ارائه شده در قالب ساختارهای ساده، قابل‌اجرا در مدرسه و متناسب با سطح آمادگی جسمانی فرد تدوین شده‌اند تا از نظر اجرایی نیز در شرایط واقعی مدارس قابل‌پیاده‌سازی باشند.

طراحی این پژوهش به‌گونه‌ای انجام شده است که ضمن توجه به‌دقت آماری، اعتبار ابزارها و کفایت حجم نمونه، حداکثر انسجام و تعمیم‌پذیری نتایج برای محیط واقعی آموزش‌وپرورش فراهم گردد. رویکرد ترکیبی مبتنی بر داده، ابزارهای میدانی و هوش مصنوعی، امکان تحلیل چندلایه‌ای از ویژگی‌های جسمانی و حرکتی را فراهم ساخته و چارچوبی علمی برای مداخلات تمرینی شخصی‌سازی‌شده در سطح مدارس ابتدایی پیشنهاد می‌دهد.

یافته‌ها

در راستای هدف پژوهش، ابتدا ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان مقطع ابتدایی با استفاده از ابزارهای میدانی استاندارد و پرسش‌نامه سواد حرکتی ادراک شده مورد ارزیابی قرار گرفت. داده‌های گردآوری‌شده از ۴۳۰ دانش‌آموز با استفاده از روش‌های آماری توصیفی و استنباطی تحلیل شدند. در تحلیل توصیفی، شاخص‌های مرکزی و پراکندگی برای متغیرهایی نظیر قدرت عضلانی، انعطاف‌پذیری، استقامت قلبی-عروقی، هماهنگی و سرعت حرکتی محاسبه گردید و توزیع متغیرها نشان داد که بخش قابل‌توجهی از دانش‌آموزان در حد متوسط یا پایین‌تر از حد میانگین در اغلب مؤلفه‌های مورد ارزیابی قرار دارند (جدول ۱).

تحلیل استنباطی داده‌ها به‌منظور بررسی همبستگی میان متغیرهای جسمانی و نوع تمرینات مناسب نشان داد که هر یک از ویژگی‌های جسمانی با نوع خاصی از تمرینات همبستگی معنادار دارد. برای نمونه، بین ضعف در استقامت قلبی-عروقی و نیاز به تمرینات هوازی نظیر دویدن یا دوچرخه‌سواری، رابطه معناداری مشاهده شد. همچنین تحلیل واریانس یک‌طرفه نشان داد که در تمامی ویژگی‌های موردبررسی، تفاوت آماری معناداری میان گروه‌هایی که تمرینات شخصی‌سازی‌شده دریافت کرده‌اند و گروه‌های بدون مداخله وجود دارد. آزمون‌های رگرسیون نیز نشان دادند که مجموعه‌ای از ویژگی‌های جسمانی می‌توانند به‌عنوان پیش‌بین‌های قوی برای نوع و شدت تمرینات پیشنهادی در نظر گرفته شوند.

در مرحله بعد، داده‌های حاصل از پرسش‌نامه و آزمون‌های فیزیکی به‌منظور طراحی مدل هوشمند تمرینات شخصی‌سازی شده پردازش شدند. داده‌ها پس از پیش‌پردازش شامل نرمال‌سازی، مدیریت مقادیر گمشده و تبدیل داده‌های کیفی به داده‌های کمی، در دو مجموعه آموزشی (۷۰٪) و آزمایشی (۳۰٪) تقسیم گردیدند. برای طراحی مدل، از یک شبکه عصبی مصنوعی از نوع پرسپترون چندلایه (MLP) استفاده شد. این شبکه شامل یک لایه ورودی بر اساس پنج ویژگی اصلی، سه لایه پنهان با (به ترتیب) ۱۲۸، ۶۴ و ۳۲ نورون و یک لایه خروجی بود. تابع فعال‌سازی ReLU (Rectified Linear Unit) برای تمامی لایه‌های پنهان انتخاب گردید. لایه خروجی مدل شامل چهار نورون بود که هرکدام متناظر با یکی از چهار دسته اصلی تمرینات یعنی: ۱) تمرینات مقاومتی، ۲) تمرینات کششی، ۳) تمرینات کاردیو و ۴) تمرینات تعادلی بودند. این دسته‌ها که کلاس‌های هدف مدل را تشکیل می‌دادند، با استفاده از روش کدگذاری یک‌طرفه (One-Hot Encoding) نمایش داده شدند. در نهایت، از تابع Softmax برای لایه خروجی استفاده شد تا احتمال تعلق هر دانش‌آموز به هر یک از این چهار دسته تمرینی محاسبه شود. یادگیری مدل با بهره‌گیری از الگوریتم بهینه‌سازی ADAM، با نرخ یادگیری اولیه ۰,۰۰۱ و اندازه دسته ۳۲ انجام گرفت. فرآیند آموزش برای حداکثر ۱۰۰ دوره (Epoch) تنظیم شد، اما به منظور جلوگیری از Overfitting و افزایش پایداری، از معیار توقف زودهنگام (Early Stopping) با صبر (Patience) ۱۰ دوره بر مبنای دقت اعتبارسنجی استفاده گردید.

خروجی مدل به‌صورت دسته‌بندی شده‌ای از تمرینات پیشنهادی برای هر دانش‌آموز ارائه شد. نتایج ارزیابی مدل با استفاده از شاخص‌های عملکردی از قبیل دقت (Accuracy)، دقت مثبت (Precision) و حساسیت (Recall) بررسی گردید. مدل توانست با دقتی بالاتر از ۹۰ درصد، تمرینات مناسب برای اکثر دانش‌آموزان را به‌درستی پیش‌بینی کند. تحلیل منحنی ROC و مقدار AUC برای هر دسته تمرینی نیز نشان‌دهنده قابلیت تفکیک بالا و عملکرد مطلوب مدل در پیش‌بینی نیازهای تمرینی بود. استفاده از تکنیک‌هایی مانند Dropout و Batch Normalization در ساختار مدل نیز نقش مؤثری در افزایش پایداری و جلوگیری از بیش‌برازش ایفا کرد (جدول ۲ و ۳).

یکی از نوآوری‌های اساسی این پژوهش، ارائه یک مدل یادگیری عمیق برای طراحی تمرینات شخصی‌سازی‌شده بر اساس داده‌های واقعی و چندمنبعی از ویژگی‌های جسمانی دانش‌آموزان است. برخلاف رویکردهای پیشین که غالباً بر تحلیل‌های تک‌بعدی یا روش‌های سنتی مبتنی بودند، این مدل قادر است به‌صورت هم‌زمان چندین ویژگی را تحلیل کرده و تمریناتی چندلایه و هدفمند ارائه دهد. همچنین، استفاده از مجموعه‌داده‌های بومی و طراحی تمرینات متناسب با فرهنگ و ظرفیت اجرایی مدارس ابتدایی ایران، ارزش کاربردی مدل را افزایش می‌دهد. اعتبارسنجی نتایج از دو منظر آماری و میدانی موردبررسی قرار گرفت. از منظر آماری، پایایی نتایج مدل با استفاده از تکرار چندباره تقسیم

داده‌ها و آموزش مجدد مدل، موردتأیید قرار گرفت و نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری در کلیه اجراها از ثبات قابل‌قبولی برخوردار بود. از منظر میدانی، بازخورد دانش‌آموزان و مربیان تربیت‌بدنی در قالب پرسش‌نامه‌های رضایت‌سنجی و گزارش‌های عملکردی نشان داد که تمرینات پیشنهادی با سطح توانایی، علاقه و نیاز واقعی دانش‌آموزان همخوانی دارد. همچنین، در بررسی بازخوردهای کیفی مربیان، مشخص شد که مدل ارائه شده نه‌تنها به صرفه‌جویی در زمان طراحی تمرینات کمک کرده، بلکه به افزایش مشارکت و انگیزش دانش‌آموزان نیز منجر شده است.

در مجموع، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق برای طراحی تمرینات ورزشی نه‌تنها امکان‌پذیر است، بلکه با دقت و اثربخشی بالا قابل‌اجرا در محیط‌های آموزشی نیز است. این نتایج بر ضرورت استفاده از رویکردهای فناورانه در برنامه‌ریزی آموزشی تربیت‌بدنی تأکید دارند و می‌توانند مبنایی برای توسعه ابزارهای هوشمند آموزشی در مقاطع تحصیلی مختلف فراهم آورند. مدل پیشنهادی همچنین قابلیت به‌روزرسانی مستمر بر اساس داده‌های جدید را داراست که این ویژگی امکان بهبود پیوسته و انطباق با تغییرات رشدی دانش‌آموزان را فراهم می‌سازد.

جدول ۱. متغیرهای مورد بررسی و نوع اندازه‌گیری

ویژگی‌های جسمانی	نوع اندازه‌گیری	توضیحات
قدرت	آزمون نشست‌وبرخاست	تعداد دفعات انجام شده در ۳۰ ثانیه
سرعت	آزمون ۱۰۰ متر دویدن	زمان صرف شده برای دویدن در ۱۰۰ متر
استقامت	آزمون شنا	تعداد دورهای شنا در مدت ۶۰ ثانیه
انعطاف‌پذیری	آزمون انعطاف‌پذیری نشسته	فاصله بین انگشتان و نوک پا در حالت نشسته
هماهنگی	تعداد پاس‌های درست از ۱۰ تا	در ورزش فوتبال، تعداد پاس‌های درست از ۱۰ تا برای هر دانش آموز اندازه گیری می‌شود.

جدول ۲. نتایج ارزیابی مدل

معیار	مقدار
دقت	92.78%
یادآوری	85.04%
دقت مثبت	88.71%
مساحت زیر منحنی ROC	0.951

جدول ۳. توانایی مدل در پیش‌بینی تأثیر تمرینات مختلف بر ویژگی های جسمانی

درصد بهبود پیش‌بینی	پیش‌بینی تأثیر بر ویژگی‌های جسمانی	نوع تمرین
13.11%	افزایش قدرت عضلانی و استقامت	تمرینات مقاومتی
23.4%	بهبود انعطاف‌پذیری	تمرینات کششی
22.1%	افزایش استقامت قلبی - عروقی	تمرینات کاردیو
32.68%	بهبود هماهنگی و تعادل	تمرینات تعادلی

جدول ۴. نتایج بازخورد از کاربران

نوع بازخورد	درصد رضایت	توضیحات
رضایت از تمرینات	87%	درصدی از دانش‌آموزان که از تمرینات پیشنهادی رضایت داشتند
تأثیر مثبت بر سلامت	83%	درصدی از دانش‌آموزان که تأثیر مثبت تمرینات رو بر روی سلامت خود گزارش داده‌اند
تحسین مربیان	76%	درصدی از مربیان که تأثیر تمرینات بر پیشرفت دانش‌آموزان را تأیید کرده‌اند

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان می‌دهند که طراحی تمرینات ورزشی مبتنی بر تحلیل ویژگی‌های جسمانی و حرکتی دانش‌آموزان ابتدایی، می‌تواند به شکلی معنادار به بهبود عملکرد بدنی، افزایش انگیزه و مشارکت در فعالیت‌های ورزشی منجر شود. با استفاده از ابزارهای اندازه‌گیری دقیق و مدل‌سازی داده‌محور، مشخص شد که مداخله شخصی‌سازی‌شده در برنامه‌های تمرینی می‌تواند نقشی کلیدی در ارتقای کیفیت آموزش تربیت‌بدنی ایفا کند. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از پرسش‌نامه سواد حرکتی ادراک شده و آزمون‌های استاندارد فیزیکی، توانست وضعیت جسمانی دانش‌آموزان را در پنج بُعد اصلی شامل قدرت، انعطاف‌پذیری، استقامت، سرعت و هماهنگی بررسی کرده و در ادامه، تمرینات مناسب را با رویکردی فردمحور توصیه نماید.

مدل هوشمند طراحی‌شده در این تحقیق، مبتنی بر الگوریتم یادگیری عمیق ADAM، توانایی تحلیل هم‌زمان داده‌های چندمنبعی را داشته و قادر است روابط پنهان میان ویژگی‌های جسمانی و نوع تمرینات مناسب را شناسایی نماید. از جمله نقاط قوت این مدل، امکان پیش‌بینی دقیق تأثیر تمرینات بر مؤلفه‌های مختلف جسمانی است. تحلیل عملکرد مدل بر اساس شاخص‌هایی چون دقت، حساسیت و دقت پیش‌بینی، مؤید کارایی آن در پیشنهاد تمرینات هدفمند بوده و میزان بهبود پیش‌بینی‌شده برای هر دسته تمرینی در چارچوبی کمی ارائه شده است. تمرینات تعادلی به‌طور متوسط ۳۲٫۶۸ درصد در بهبود هماهنگی و تعادل دانش‌آموزان نقش داشته‌اند، درحالی‌که تمرینات کششی توانسته‌اند به میزان ۲۳٫۴ درصد، انعطاف‌پذیری را بهبود بخشند.

مزیت اصلی این مدل نسبت به رویکردهای سنتی، نه‌تنها در شخصی‌سازی تمرینات بلکه در قابلیت به‌روزرسانی مستمر آن بر اساس داده‌های بازخوردی است. مدل ارائه شده، پس از اجرای اولیه، به جمع‌آوری داده‌های جدید از تجربه کاربران می‌پردازد و با تحلیل تغییرات ایجادشده در ویژگی‌های جسمانی، توصیه‌های خود را به‌روزرسانی می‌کند. این ویژگی باعث شده است تا مدل هوشمند به یک سامانه پویا تبدیل شود که با گذشت زمان، عملکرد دقیق‌تر و هدفمندتری ارائه می‌دهد. تجزیه و تحلیل بازخوردهای کیفی و کمی دانش‌آموزان و مربیان نشان داد که تمرینات پیشنهادی از سوی مدل نه‌تنها از نظر اثربخشی فیزیکی مفید بوده‌اند، بلکه موجب افزایش علاقه، اعتمادبه‌نفس و رضایت از برنامه‌های تربیت‌بدنی شده‌اند (Alnasyan, Basheri, & Alassafi, 2024; Challa, Kumar, Semwal, & Dua, 2023; Singarimbun, Nababan, & Sitompul, 2019).

از منظر کاربردی، پژوهش حاضر اهداف چندگانه‌ای را دنبال کرده است. نخست، بهبود کیفیت تمرینات ورزشی از طریق ارائه الگوریتمی هوشمند و علمی که مربیان را در طراحی برنامه‌های دقیق و اثربخش یاری کند. دوم، افزایش انگیزه و مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های بدنی از طریق متناسب‌سازی تمرینات با نیازهای فردی آن‌ها. سوم، کاهش بار زمانی و شناختی مربیان در فرآیند طراحی تمرین و ارتقای تصمیم‌گیری آن‌ها باتکیه‌بر داده‌های واقعی. چهارم، فراهم‌سازی بستری برای ارزیابی مستمر تأثیر تمرینات، و نهایتاً توسعه مدل‌های آموزشی نوین مبتنی بر فناوری‌های هوش مصنوعی در محیط‌های آموزشی.

نتایج این پژوهش را می‌توان در پیوند با یافته‌های مطالعات دیگر در حوزه تربیت‌بدنی مدارس نیز مورد تحلیل قرار داد. در مطالعه بستاکی و محمودی (۲۰۲۳) که به ارائه الگوی جذب دانش‌آموزان در هنرستان‌های تربیت‌بدنی پرداخته‌اند، بر لزوم طراحی دقیق نظام‌های انتخاب و برنامه‌ریزی آموزشی بر اساس شاخص‌های متنوع جسمانی، روانی، انگیزشی و مدیریتی تأکید شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که بی‌توجهی به ویژگی‌های فردی دانش‌آموزان در مرحله ورود، می‌تواند اثربخشی فرآیندهای آموزشی را کاهش دهد؛ این نتیجه هم‌راستا با نتایج مطالعه حاضر است که بر اهمیت تحلیل ویژگی‌های جسمانی و حرکتی و طراحی تمرینات مبتنی بر آن‌ها تأکید دارد. مدل هوشمند ارائه‌شده در این تحقیق می‌تواند ابزاری کارآمد در فرآیند جذب و هدایت دانش‌آموزان به سمت برنامه‌های تربیت‌بدنی متناسب با توانمندی‌هایشان باشد (bostaki & Mahmoudi, 2023).

همچنین، پژوهش مصلحی و داوری (۲۰۲۳) با تمرکز بر توسعه حرفه‌ای دانشجومعلمان تربیت‌بدنی، نشان داد که کیفیت آموزش تربیت‌بدنی وابسته به سطح آمادگی تخصصی معلمان، امکانات، و نگرش‌های آموزشی است. یکی از نتایج کلیدی این مطالعه، تأکید بر ضرورت توجه به تعامل عوامل فنی، انسانی و محیطی در طراحی برنامه‌های آموزشی است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌راستا بوده و نشان می‌دهد که صرفاً تحلیل داده‌های جسمانی کفایت نمی‌کند، بلکه تلفیق این داده‌ها با مؤلفه‌های فرهنگی، اجتماعی و مدیریتی، می‌تواند به طراحی برنامه‌های جامع‌تر و اثربخش‌تری منجر شود. از این منظر، مدل ارائه‌شده در تحقیق حاضر می‌تواند نه‌تنها در سطح اجرا برای دانش‌آموزان مفید باشد، بلکه به‌عنوان ابزار آموزشی و تحلیلی در فرآیند تربیت حرفه‌ای معلمان آینده نیز مورداستفاده قرار گیرد (Moslehi & Davari, 2024).

در همین راستا، مطالعه وحدانی و همکاران (۲۰۲۴) با هدف طراحی الگویی برای توسعه جو رشددهنده کلاس تربیت‌بدنی، به این نتیجه رسید که بهبود جو آموزشی، نیازمند مداخلات چندسویه در سطح برنامه درسی، محیط مدرسه، شرایط خانوادگی و ارتقای حرفه‌ای معلمان است. این مدل، مبتنی بر نظریه مولتی‌گرندد، نشان داد که ترکیبی از شرایط کنشی درونی و بیرونی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کیفیت فضای آموزشی کلاس تربیت‌بدنی داشته باشد. مقایسه یافته‌های این مطالعه با نتایج پژوهش حاضر، نشان می‌دهد که موفقیت مداخلات تمرینی و شخصی‌سازی‌شده نه‌تنها وابسته به کیفیت تحلیل داده‌ها و طراحی هوشمند تمرینات، بلکه مشروط به فراهم‌بودن زیرساخت‌های حمایتی، فضاهای انگیزشی و تعامل مؤثر معلمان و مدیران با دانش‌آموزان است. از این منظر، مدل هوشمند ارائه‌شده در پژوهش حاضر می‌تواند مکملی برای الگوی وحدانی و همکاران باشد؛ به‌گونه‌ای که در صورت به‌کارگیری در بستری با جو کلاس رشددهنده، نتایج آن از نظر اثربخشی و پایداری، تقویت خواهد شد (Vahdani, Rezvani, Mirsafian, & Rezasoltani, 2025).

با وجود یافته‌های امیدوارکننده، این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه است که باید در تفسیر نتایج و پژوهش‌های آتی مد نظر قرار گیرند. نخست، در حوزه مدل‌سازی، اگرچه از تکنیک‌هایی مانند توقف زودهنگام برای کنترل خطر Overfitting استفاده شد، اما این خطر به طور کامل در مدل‌های پیچیده یادگیری عمیق مرتفع نمی‌شود؛ بنابراین، برای تأیید نهایی پایداری و عملکرد مدل، اعتبارسنجی آن بر روی یک مجموعه‌داده کاملاً مستقل و جدید ضروری است. دوم، محدودیت مهم دیگر به تعمیم‌پذیری نتایج بازمی‌گردد. هرچند نمونه‌گیری از مناطق مختلف کلان‌شهر تهران به افزایش تنوع نمونه کمک کرده است، اما تعمیم مستقیم نتایج به دانش‌آموزان سایر شهرها یا مناطق روستایی که ممکن است از نظر سبک زندگی، زیرساخت‌های ورزشی و ویژگی‌های فرهنگی - اجتماعی تفاوت‌های معناداری داشته باشند، باید با احتیاط صورت گیرد. سوم، در روش‌شناسی گردآوری داده‌ها، بخشی از اطلاعات بر اساس پرسش‌نامه‌های خوداظهاری (PPLI) کسب شده که همواره در معرض خطای اندازه‌گیری ناشی از سوگیری در پاسخ‌دهی یا درک نادرست سؤالات توسط دانش‌آموزان قرار دارد. هرچند تلاش شد با جلسات توجیهی این اثر کاهش یابد، اما حذف کامل آن امکان‌پذیر نیست. این محدودیت‌ها، ضمن تأکید بر ارزش نتایج فعلی، راه را برای پژوهش‌های تکمیلی در آینده هموار می‌سازند.

نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای توسعه برنامه‌های آموزشی تربیت‌بدنی مبتنی بر داده در سطح مدارس قرار گیرد. برای پژوهش‌های آینده، پیشنهاد می‌شود که مدل هوشمند در محیط‌های واقعی مدرسه پیاده‌سازی شود تا امکان مشاهده عملکرد عملی آن فراهم آید. همچنین، افزایش حجم نمونه، گسترش تنوع جمعیتی و تحلیل اثرات بلندمدت

تمرینات بر ویژگی‌های جسمانی دانش‌آموزان در بازه‌های زمانی طولانی‌تر می‌تواند به افزایش دقت و قابلیت تعمیم یافته‌ها کمک کند. از سوی دیگر، بهبود الگوریتم یادگیری با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته‌تر، بررسی حساسیت مدل نسبت به تغییرات داده‌های ورودی و استفاده از روش‌های نوین اعتبارسنجی، زمینه‌ساز ارتقای عملکرد و اعتمادپذیری مدل خواهد بود.

در پایان، می‌توان گفت که مدل پیشنهادی این پژوهش، گامی نوین در تلفیق فناوری هوش مصنوعی با آموزش تربیت‌بدنی محسوب می‌شود. این مدل، نه‌تنها امکان شناسایی دقیق نیازهای حرکتی دانش‌آموزان را فراهم کرده، بلکه با پیشنهاد تمرینات هدفمند و قابلیت یادگیری مستمر، بستری برای تحول در برنامه‌ریزی آموزشی و ارتقای سلامت جسمانی کودکان در سطح مدرسه‌ای فراهم آورده است. به‌کارگیری چنین رویکردهایی، می‌تواند در آینده نزدیک به بخشی جدایی‌ناپذیر از فرایندهای آموزش فیزیکی تبدیل شده و مسیر آموزش شخصی‌سازی‌شده در نظام آموزشی کشور را هموارتر سازد.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان به مقدار یکسان در نگارش مقاله همکاری داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از کلیه دانش‌آموزان مقطع ابتدایی مدارس استان تهران که با صبر و حوصله در فرآیند گردآوری داده‌ها مشارکت فعالانه داشتند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از مدیران، معلمان و مربیان تربیت‌بدنی مدارس که همکاری ارزشمندی در اجرای آزمون‌ها و توزیع پرسش‌نامه‌ها داشتند، صادقانه سپاسگزاری می‌شود.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

References

Activity, C. o. P., & Environment, P. E. i. t. S. (2013). Educating the student body: Taking physical activity and physical education to school .

Akbar, S., Soh, K. G., Jazaily Mohd Nasiruddin, N., Bashir, M., Cao, S., & Soh, K. L. (2022). Effects of neuromuscular training on athletes physical fitness in sports: A systematic review. *Front Physiol, 13*, 939042. doi:10.3389/fphys.2022.939042

Alnasyan, B., Basheri, M., & Alassafi, M. (2024). The power of Deep Learning techniques for predicting student performance in Virtual Learning Environments: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, 100231. doi:https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100231

Anderson, D. I., Lohse, K. R., Lopes, T. C. V., & Williams, A. M. (2021). Individual differences in motor skill learning: Past, present and future. *Human Movement Science, 78*, 102818. doi:https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102818

bostaki, m., & Mahmoudi, A. (2023). Providing a model for student enrollment in physical education vocational schools The city of Tehran. *Educational and Scholastic studies, 12*(4), 57-82. doi:10.48310/pma.2023.3445

Challa, S., Kumar, A., Semwal, V., & Dua, N. (2023). An optimized deep learning model for human activity recognition using inertial measurement units. *Expert Systems, 40*. doi:10.1111/exsy.13457

Fletcher, T. (2009). Elementary Physical Education: Fitness Sessions or Whole-Child Development? *Canadian Journal for New Scholars in Education, 2* .

Furrer, R., Hawley, J. A., & Handschin, C .(۲۰۲۳) .The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiol Rev, 103*(3), 1693-1787. doi:10.1152/physrev.00017.2022

Ganji, F., & Shahoolipoor, Z. (1401). The impact of sports and the role of physical education on students' academic achievement as factors of success in education. *New Approaches in Islamic Studies, 4*(11), 311-331 .

Gao, Z., Wen, X., Fu, Y., Lee, J. E., & Zeng, N. (2021). Motor Skill Competence Matters in Promoting Physical Activity and Health. *Biomed Res Int, 2021*, 9786368 .doi:10.1155/2021/9786368

Jafar, M., Rinaldy, A., & Yunus, M. (2023). Improving Student Motor Skills through a Structured Physical Training Program. *Journal of Advances in Sports and Physical Education, 6*, 82-95. doi:10.36348/jaspe.2023.v06i05.003

Li, J ,.Wang, L., Pan, L., Hu, Z., Yin, R., & Liu, J. F. (2024). Exercise motivation, physical exercise, and mental health among college students: examining the predictive power of five different types of exercise motivation. *Front Psychol, 15*, 1356999. doi:10/۳۳۸۹.fpsyg.2024.1356999

Makaruk, H., Porter, J. M., Webster, E. K., Makaruk, B., Bodasińska, A., Zieliński, J., . . . Sadowski, J. (2023). The fus test: a promising tool for evaluating fundamental motor skills in children and adolescents. *BMC Public Health, 23*(1), 1912. doi:10.1186/s12889-023-16843-w

Makhambetova, A., Zhiyenbayeva, N., & Ergesheva, E. (2021). Personalized Learning Strategy as a Tool to Improve Academic Performance and Motivation of Students. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies, 16*, 1-17. doi:10.4018/IJWLTT.286743

Marta, I., Oktarifaldi, O., Hachi, I., Wisma, N., Rosalina, V., S, W., . . . Shahril, M. (2024). Characteristics of gross motor skills of elementary school students aged 7 and 8 years: a cross-sectional study. *Retos, 59*, 537-546. doi:10.47197/retos.v59.107293

Mavilidi, M. F., Ruiter, M., Schmidt, M., Okely, A. D., Loyens, S., Chandler, P., & Paas, F. (2018). A narrative review of school-based physical activity for enhancing cognition and learning :The importance of relevancy and integration. *Frontiers in psychology, 9*, 2079 .

Mirzaei, H. (2023). The Role of Self-efficacy in the Relationship Between Achievement Motivation and Competitive Anxiety and Athletic Performance in Students Participating in School Sports Olympiads. *New Paradigms in Educational Research, 2*(3), 1-18. Retrieved from http://www.jopre.ir/article_179061_f54b11cec32ec6ee5dace1d0776fe066.pdf

Mohamadzadeh, M., Sheikh, M., Hoomanian, D., Bagherzadeh, F., & Kazemnejad, A. (2021). Evaluation of psychometric properties of perceived physical literacy instrument (ppli) in iranian adolescents. *Journal of Psychological Science, 20*(102), 861-868. Retrieved from http://psychologicalscience.ir/article-1-956-en.html

Molavian, R., Fatahi, A., Abbasi, H., & Khezri, D. (2023). Artificial Intelligence Approach in Biomechanics of Gait and Sport: A Systematic Literature Review. *J Biomed Phys Eng, 13*(5), 383-402. doi:10.31661/jbpe.v0i0.2305-1621

Moslehi, L., & Davari, F. (2024). Presenting a qualitative model of professional development of student teachers in the field of physical education. *Educational and Scholastic studies, 12*(4), 83-110. doi:10.48310/pma.2023.3446

Muratori, L. M., Lamberg, E. M., Quinn, L., & Duff, S. V. (2013). Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation. *J Hand Ther, 26*(2), 94-102; quiz 103. doi:10.1016/j.jht.2012.12.007

Nabutovsky, I., Sabah, R., Moreno, M., Epstein, Y., Klempfner, R., & Scheinowitz, M. (2024). Evaluating the Effects of an Enhanced Strength Training Program in Remote Cardiological Rehabilitation: A Shift from Aerobic Dominance-A Pilot Randomized Controlled Trial. *J Clin Med, 13*(5). doi:10.3390/jcm13051445

Neil-Sztramko, S. E., Caldwell, H., & Dobbins, M. (2021). School-based physical activity programs for promoting physical activity and fitness in children and adolescents aged 6 to 18. *Cochrane Database Syst Rev, 9*(9), Cd007651. doi:10.1002/14651858.CD007651.pub3

PoorshahAbadi, M., & Vazini, T. (1391). *Application of motor development principles in sports talent identification*. Paper presented at the The Second National Sports Talent Search Conference. https://civilica.com/doc/230077/

Rashid, T., & Asghar, H. M. (2016). Technology use, self-directed learning, student engagement and academic performance: Examining the interrelations. *Computers in Human Behavior, 63*, 604-612. doi:https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.084

Reyad, M., Sarhan, A. M., & Arafa, M. (2023). A modified Adam algorithm for deep neural network optimization. *Neural Computing and Applications, 35*(23), 17095-17112. doi:10.1007/s00521-023-08568-z

samadi, h., Moradi, J., & Aghababa, a. (2023). Psychometric properties of Persian version of the Perceived Physical Literacy Instrument (PPLI). *Motor Behavior, 1* ,(٥٠)١٦١-١٨٦. doi:10.22089/mbj.2022.12765.2033

Singarimbun, R., Nababan, E., & Sitompul, O. (2019). *Adaptive Moment Estimation To Minimize Square Error In Backpropagation Algorithm*.

Turcu, I., Bogdan, B., Diaconescu, D., Mirela, S., Barbu, M., Popescu ,M., & Tohaneanu, A. A. A. (2021). The Use of Technological Innovations in Sport. *Series IX Sciences of Human Kinetics, 14*, 107-116. doi:10.31926/but.shk.2021.14.63.1.14

Vahdani, M., Rezvani, M., Mirsafian, H., & Rezasoltani, N. (2025). Proposing a model for the development of a nurturing climate in the physical education class based on the multi-grounded theory. *Educational and Scholastic studies, 13*(4), 281-298. doi:10.48310/pma.2024.15409.4356

Zhang, D., Soh, K. G., Chan, Y. M., Feng, X., Bashir, M & ,.Xiao, W. (2024). Effect of functional training on fundamental motor skills among children: A systematic review. *Heliyon, 10*(23), e39531. doi:https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39531