Journal of Motor and Behavioral Sciences

Journal homepage: **http://www.jmbs.ir/**

Original Research

A Systematic Review of Artificial Intelligence Applications in Women's Exercise Physiology: Potentials, Challenges, and Future Directions

Sharafi E[1], Sharafi Dehrahm F[2]*, Hasanvand B[3]

1. Master's degree, Department of Physical Education, Faculty of Literature and Humanities, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Khorramabad, Iran
2.Assistant Professor,Department of Physical Education and Sport Sciences,Faculty of Literature and Humanities,Islamic Azad University,Khorramabad Branch,Khorramabad,Iran
3.Assistant Professor,Department of Physical Education and Sport Sciences,Faculty of Literature and Humanities,Islamic Azad University,Khorramabad Branch,Khorramabad,Iran

ARTICLE INFO

Received: 2025/07/04
Reviewed: 2025/12/13
Revised: 2026/01/08
Accepted: 2026/03/21

Keyword:
Artificial Intelligence
Exercise Physiology
Female Athletes
Adaptive Training
Data Analysis

ABSTRACT

Introduction: This study was conducted with the aim of reviewing the applications of artificial intelligence in women's sports physiology. With the increasing advancement of technology, artificial intelligence has become one of the important tools in all sciences, especially in the field of sports science.

Methodology: As is clear to everyone, women's sports physiology requires more accurate and personalized analytical approaches due to specific biological characteristics such as hormonal fluctuations and menstrual cycles, periods such as pregnancy, lactation, postmenopause, and the use of birth control pills. By designing unique exercises for each athlete, the best efficiency for exercises can be achieved and the risk of injuries can be prevented. **Results:** In this regard, this review article has been compiled with the aim of investigating the applications of artificial intelligence in the assessment, monitoring, design of exercises, and injury prevention in female athletes. In this review article, the main focus is on the capabilities of AI in analyzing complex physiological data, predicting performance and injury risk, and designing intelligent training systems based on women's individual characteristics. Finally, challenges, research gaps And suggestions for the development of future studies in this field are presented.**Conclusion:** The active involvement of female researchers, closer collaboration among data scientists, physicians, and physiologists, and the development of ethics-driven and women-centric technologies can bridge existing gaps and pave the way for a new generation of effective research. The future of women's exercise physiology with artificial intelligence is not only possible but essential
.

*نویسنده مسئول: فیروز شرفی دهرحم
ایمیل: Firuz.sharafi@yahoo.com

مجله علمی علوم حرکتی و رفتاری، ۹ (۱۴۰۵) ۱۵-۱

مجله علمی علوم حرکتی و رفتاری

وب سایت: http://www.jmbs.ir/

مروری نظام مند بر کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان:پتانسیل ها،چالش ها و مسیرهای آینده

الهام شرفی[۱]، فیروز شرفی دهرحم[۲]*،بهمن حسنوند[۳]

۱. کارشناس ارشد،گروه تربیت بدنی،دانشکده ادبیات و علوم انسانی،دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد،خرم آباد،ایران

۲. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد،خرم آباد،ایران

۳. استادیار گروه تربیت بدنی و علوم ورزشی ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم آباد،خرم آباد،ایران

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۴/۱۳

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۲

بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۱۰/۱۸

پذیرش مقاله: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱

کلید واژگان

هوش مصنوعی

فیزیولوژی ورزشی

زنان ورزشکار

تمرینات تطبیقی

تحلیل داده

چکیده

مقدمه و هدف: هوش مصنوعی در دهه اخیر به ابزاری حیاتی برای تحلیل داده‌های پیچیده در ورزش تبدیل شده است. این پژوهش با هدف مروری بر کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان انجام شد.با

روش‌شناسی: پیشرفت روزافزون فناوری، هوش مصنوعی به یکی از ابزارهای مهم در تمام علوم بویژه حوزه علوم ورزشی تبدیل شده است.همانطور که بر همگان روشن است فیزیولوژی ورزش زنان، به‌دلیل ویژگی‌های زیستی خاص مانند نوسانات هورمونی و چرخه قاعدگی،دوره هایی مانند بارداری،شیردهی|پساقاعدگی و همچنین مصرف قرص های جلوگیری از بارداری نیازمند رویکردهای تحلیلی دقیق‌تر و شخصی‌سازی‌شده‌تر است.با طراحی تمرینات منحصر به فرد برای هر ورزشکار میتوان به بهترین بازدهی برای تمرینات و همچنین جلوگیری از ریسک آسیب ها دست یافت.

نتایج: در همین راستا این مقاله مروری با هدف بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در ارزیابی، پایش، طراحی تمرین و پیشگیری از آسیب در زنان ورزشکار تدوین شده است.در این مقاله مروری تمرکز اصلی بر قابلیت‌های AI در تحلیل داده‌های پیچیده فیزیولوژیکی، پیش‌بینی عملکرد و ریسک آسیب، و طراحی سیستم‌های هوشمند تمرینی مبتنی بر ویژگی‌های فردی زنان است.در پایان،چالش ها، خلأهای پژوهشی و پیشنهاداتی برای توسعه مطالعات آتی در این زمینه ارائه شده است.

نتیجه‌گیری: ورود فعالانه پژوهشگران زن، تعامل نزدیک‌تر میان متخصصان داده، پزشکان و فیزیولوژیست‌ها، و توسعه فناوری‌های اخلاق‌محور و زن‌محور، می‌تواند شکاف‌های موجود را کاهش داده و راه را برای نسل جدیدی از پژوهش‌های اثربخش هموار سازد. آینده‌ی فیزیولوژی ورزش زنان با هوش مصنوعی نه فقط ممکن، بلکه ضروری است.

مقدمه

پیشرفت‌های اخیر در علوم داده و فناوری‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق به رشد چشمگیر کاربردهای هوش مصنوعی در علوم زیستی، پزشکی و همچنین ورزش منجر شده‌اند (توپول، ۲۰۱۹؛ بومایستر و همکاران، ۲۰۲۰). در حوزه ورزش، هوش مصنوعی به عنوان ابزاری برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های پیچیده، پیش‌بینی عملکرد، پایش وضعیت فیزیولوژیکی و حتی طراحی تمرینات فردمحور شناخته می‌شود (فیستر و همکاران، ۲۰۱۹). هوش مصنوعی در حال بازتعریف تحلیل الکتروکاردیوگرام در معاینه قبل از شرکت در مسابقات ورزشکاران است و تشخیص و نظارت بر سلامت قلب و عروق را افزایش می‌دهد. نگرانی‌های قلبی عروقی، از جمله مرگ ناگهانی قلبی، خطرات قابل توجهی را در طول فعالیت‌های ورزشی ایجاد می‌کنند. الکتروکاردیوگرام سنتی، که ضروری اما محدود است، اغلب نمی‌تواند بین سازگاری‌های خوش‌خیم قلبی و بیماری‌های جدی تمایز قائل شود. این بررسی روایی، کاربرد یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را در تفسیر ECG بررسی می‌کند و هدف آن بهبود تشخیص آریتمی‌ها، کانالوپاتی‌ها و کاردیومیوپاتی‌های هیپرتروفیک است (اسماراندا و همکاران، ۲۰۲۴). اولین انتشار مربوط به هوش مصنوعی در علوم ورزشی در سال ۱۹۹۵ منتشر شد و در سال ۲۰۱۹ افزایش قابل توجهی داشت و تعداد انتشارات از سال ۲۰۲۳ تا به امروز روند صعودی داشته است. تعداد کم انتشارات در سال ۲۰۲۴ به دلیل در نظر گرفتن مطالعات منتشر شده تا ژوئیه ۲۰۲۴ است (گوزن، ۲۰۲۵). با وجود کاربردهای گسترده هوش مصنوعی در ورزش، حوزه‌ی فیزیولوژی ورزش زنان همچنان با چالش‌های ویژه‌ای مواجه است. زنان ورزشکار، به‌ویژه در سطوح حرفه‌ای، با نوسانات دوره‌ای هورمون‌های جنسی از جمله استروژن و پروژسترون روبه‌رو هستند که بر پارامترهای فیزیولوژیکی نظیر قدرت عضلانی، استقامت، آسیب‌پذیری و ریکاوری تأثیر می‌گذارند (مک‌نالتی و همکاران، ۲۰۲۰؛ برونولز و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به این نوسانات، استفاده از ابزارهای تحلیلی پیشرفته‌ای مانند هوش مصنوعی می‌تواند گام مهمی در جهت شخصی‌سازی تمرینات، بهینه‌سازی عملکرد و کاهش آسیب‌های مرتبط با چرخه قاعدگی باشد (سونگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ هوانگ و همکاران، ۲۰۲۱). افزون بر این، داده‌کاوی و یادگیری ماشین امکان پردازش حجم بالایی از داده‌های زیستی مانند تغییرات ضربان قلب، حداکثر اکسیژن مصرفی، آستانه لاکتات، و حتی بیان ژن را فراهم می‌سازند و در نتیجه، به شناسایی الگوهای پنهان و تصمیم‌گیری دقیق‌تر برای مداخلات تمرینی کمک می‌کنند (شوله، ۲۰۲۱؛ توپول، ۲۰۱۹). چنین رویکردهایی می‌توانند نقش کلیدی در بهبود سلامت، عملکرد ورزشی و تداوم فعالیت حرفه‌ای زنان ایفا کنند (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ برونولز و همکاران، ۲۰۱۷). در مجموع، به‌کارگیری الگوریتم‌های هوشمند در تحلیل و پیش‌بینی واکنش‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران زن، نه‌تنها می‌تواند ابزار نوینی برای ارتقاء سطح تمرین و پیشگیری از آسیب فراهم کند، بلکه فرصت‌های پژوهشی جدیدی در تقاطع بین فیزیولوژی، ورزش زنان و فناوری‌های نوین خلق می‌کند (بومایستر و همکاران، ۲۰۲۰؛ فیستر و همکاران، ۲۰۱۹). افزون بر این، داده‌کاوی و یادگیری ماشین امکان پردازش حجم بالایی از داده‌های زیستی مانند تغییرات ضربان قلب، حداکثر اکسیژن مصرفی، آستانه لاکتات، و حتی بیان ژن را فراهم می‌سازند و در نتیجه، به شناسایی الگوهای پنهان و تصمیم‌گیری دقیق‌تر برای مداخلات تمرینی کمک می‌کنند (شوله، ۲۰۲۱؛ توپول، ۲۰۱۹). چنین رویکردهایی می‌توانند نقش کلیدی در بهبود سلامت، عملکرد ورزشی و تداوم فعالیت حرفه‌ای زنان ایفا کنند (هوانگ و همکاران، ۲۰۲۱؛ برونولز و همکاران، ۲۰۱۷). در مجموع، به‌کارگیری الگوریتم‌های هوشمند در تحلیل و پیش‌بینی واکنش‌های فیزیولوژیکی ورزشکاران زن، نه‌تنها می‌تواند ابزار نوینی برای ارتقاء سطح تمرین و پیشگیری از آسیب فراهم کند، بلکه فرصت‌های پژوهشی جدیدی در تقاطع بین فیزیولوژی، ورزش زنان و فناوری‌های نوین خلق می‌کند (بومایستر و همکاران، ۲۰۲۰؛ فیستر و همکاران، ۲۰۱۹). پیشرفت سریع هوش مصنوعی در طول دهه گذشته صنعت ورزش را به طور قابل توجهی متحول کرده است .در عملکرد ورزشی، تجزیه و تحلیل مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی آموزش ورزشکاران، پیشگیری از آسیب‌دیدگی و بهبود عملکرد ضروری شده است، به طوری که الگوریتم‌های پیچیده داده‌های بازیکنان را تجزیه و تحلیل می‌کنند تا برنامه‌های تمرینی شخصی‌سازی شده را توسعه داده و زمینه‌های بهبود را شناسایی کنند (Baghaeiو xu 2025). حوزه آموزش ورزشی نیز به طور فعال استفاده از فناوری هوش مصنوعی را برای بهبود اثرات و تجربه تمرین بررسی کرده است و تجربه بازی مجازی به عنوان یک روش آموزشی جدید به طور گسترده مورد توجه قرار گرفته است .به منظور دستیابی به هدف تجربه بازی مجازی در آموزش ورزشی، این مطالعه مجموعه‌ای از روش‌ها را برای ساخت یک پلتفرم بازی مجازی واقع‌گرایانه و تحقق تعامل در زمان واقعی بین ورزشکاران و محیط مجازی اتخاذ می‌کند .هنگام ساخت یک پلتفرم بازی مجازی، استفاده از فناوری گرافیک کامپیوتری و فناوری مدل‌سازی مدل برای بازتولید جزئیات صحنه‌های مختلف ورزشی، یک رابط تعاملی فراهم می‌کند که ورزشکاران را قادر می‌سازد تا با محیط مجازی به روشی واقعی، مانند از طریق جوی‌استیک، دستگاه‌های حسگر حرکت یا هدست‌های واقعیت مجازی، تعامل داشته باشند .برای اینکه بتوان مسیر حرکت ورزشکار را به طور دقیق

ثبت کرد، این مطالعه از تکنیک‌های یادگیری عمیق استفاده کرد .با تعبیه دوربین‌ها یا سایر دستگاه‌های حسگر در پلتفرم، می‌توان داده‌های حرکتی ورزشکاران را در زمان واقعی به دست آورد .سپس، با کمک الگوریتم‌های یادگیری عمیق، این داده‌ها به سرعت و با دقت تجزیه و تحلیل می‌شوند تا وضعیت حرکتی، سرعت، زاویه و سایر اطلاعات ورزشکار درک شود .داده‌های حرکتی ثبت‌شده از ورزشکاران بر اساس الگوریتم هوش مصنوعی پردازش و بهینه‌سازی می‌شوند تا تعامل بلادرنگ بین ورزشکاران و محیط مجازی محقق شود .وقتی ورزشکاران در تمرین شرکت می‌کنند، بازخورد فوری و راهنمایی‌های آموزشی شخصی‌سازی‌شده دریافت می‌کنند که به بهبود نتایج و تجربه تمرین کمک می‌کند(Li et al., 2025). کاربردهای اصلی هوش مصنوعی در ورزش به دسته‌های زیر تقسیم می‌شود: ارزیابی عملکرد: الگوریتم‌های پردازش تصویر و داده می‌توانند تکنیک‌های ورزشی را تحلیل کرده و نقص‌های حرکتی را تشخیص دهند (Claudino et al., 2019). برنامه‌ریزی تمرین: سیستم‌های پیشنهاددهنده مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند بر اساس پاسخ‌های فردی، تمرینات مناسب را طراحی کنند (Rana et al., 2022). پیش‌بینی آسیب‌ها: با تحلیل داده‌های گذشته،هوش مصنوعی می‌تواند الگوهای منجر به آسیب‌های رایج مانند کشیدگی عضله یا صدمات رباطی را شناسایی کند (Baumeister et al., 2020). ادغام فناوری‌های هوش مصنوعی (AI) در زمینه‌های مختلف قلب‌شناسی و به ویژه در قلب‌شناسی ورزشی در حال تکامل است .هوش مصنوعی فرصت‌های قابل توجهی را برای بهبود ارزیابی ریسک، تشخیص، برنامه‌ریزی درمان و نظارت بر ورزشکاران ارائه می‌دهد.(Palermi et al.,2024) مانیتورینگ وضعیت فیزیولوژیکی: ترکیب داده‌های فیزیولوژیکی مانند ضربان قلب، سطح لاکتات و تغییرات ضربان قلب با الگوریتم‌های هوش مصنوعی به تشخیص زودهنگام خستگی و بیش تمرینی کمک می‌کند (Zhang et al., 2021). بازتوانی و بازگشت به ورزش:هوش مصنوعی می‌تواند در طراحی مراحل بازتوانی، پیگیری پیشرفت و تصمیم‌گیری برای بازگشت به تمرین موثر عمل کند (O'Reilly et al., 2022). توانایی هوش مصنوعی در ترکیب خودکار مقادیر زیادی از داده‌های پیچیده، به ارائه دهندگان مراقبت‌های بهداشتی این امکان را می‌دهد که به معیارهایی که قبلاً در دسترس نبودند، دسترسی پیدا کنند و در نتیجه مراقبت از بیمار را بهبود بخشیده و شخصی‌سازی کنند .این نوآوری‌ها شامل ابزارهای تشخیصی با کمک هوش مصنوعی، مدل‌های پیش‌بینی برای هر مسیر درمانی و ابزارهای مختلف برای بهینه‌سازی گردش کار است . گسترش هوش مصنوعی به پزشکی ورزشی هنوز در مراحل اولیه است، اما الگوریتم‌ها، دستگاه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی متعددی که مبتنی بر هوش مصنوعی هستند، به پیش‌بینی و پیشگیری از آسیب‌دیدگی ورزشکاران، کمک به ارزیابی آسیب، بهینه‌سازی برنامه‌های بهبودی، نظارت بر پیشرفت توانبخشی و پیش‌بینی بازگشت به بازی پرداخته‌اند.(Desai,2024). افزون بر این، ظهور فناوری‌های پوشیدنی[1] و سنسورهای هوشمند، امکان جمع‌آوری بلادرنگ داده‌ها را فراهم کرده است که در تعامل با الگوریتم‌های هوش مصنوعی، باعث افزایش دقت و کارایی تحلیل‌ها شده‌اند (Peake et al., 2018). با کاربرد فناوری هوش مصنوعی در نظارت بر فعالیت‌های ورزشی، فناوری‌های جدیدی مانند ربات‌های تعاملی و اینترنت اشیا به طور گسترده‌تری مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توانند راهنمایی‌های سرگرمی و تعاملی را برای آموزش‌های ورزشی فراهم کنند.(Chen,2025). فیزیولوژی زنان ورزشکار تحت تأثیر تعامل پیچیده‌ای از عوامل هورمونی، متابولیکی، ساختاری و روانی قرار دارد که آن را از فیزیولوژی مردان متمایز می‌کند. این تفاوت‌ها بر برنامه‌ریزی تمرین، ارزیابی عملکرد، ریکاوری و پیشگیری از آسیب تأثیر می‌گذارند. درک صحیح این ویژگی‌ها برای توسعه مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی ضروری است. تأثیر چرخه قاعدگی:یکی از بارزترین تفاوت‌ها، وجود چرخه قاعدگی و نوسانات هورمونی مرتبط با آن است. تغییرات فازهای فولیکولار، تخمک‌گذاری و لوتئال بر عملکرد عضلانی، ریکاوری، استقامت و حتی آسیب‌پذیری تأثیر می‌گذارند (Elliott-Sale et al., 2021). برای مثال، افزایش سطح استروژن در فاز فولیکولار می‌تواند با افزایش انعطاف‌پذیری رباط‌ها همراه باشد که ریسک پارگی ACL را در این دوره بالا می‌برد (Herzberg et al., 2017). تفاوت در ترکیب بدن و سوخت‌وساز:زنان نسبت به مردان درصد بیشتری از چربی بدن دارند و متابولیسم چربی در آن‌ها در طول تمرینات هوازی فعال‌تر است. این تفاوت‌ها باعث می‌شود که به نسبت تمرینات مشابه، بازده تمرینی و تطابقات فیزیولوژیکی متفاوتی حاصل شود (Tarnopolsky, 2008). همچنین، مصرف کربوهیدرات در فازهای مختلف چرخه قاعدگی متفاوت است که این موضوع می‌تواند بر عملکرد و ریکاوری اثر بگذارد (McNulty et al., 2020). عوامل روان‌شناختی:نوسانات خلقی، تمرکز و اضطراب نیز با نوسانات هورمونی مرتبط هستند و می‌توانند بر کیفیت تمرین و ریسک آسیب اثرگذار باشند. در زنان ورزشکار، نسبت بروز افسردگی، اضطراب و اختلالات خوردن بیشتر از مردان گزارش شده و این مسائل باید در طراحی تمرینات و بار تمرینی مدنظر قرار گیرند (Kornstein et al., 2000; Currie & Shields, 2021). تفاوت‌های آناتومیکی و بیومکانیکی:زنان به‌طور میانگین زاویه Q بالاتری دارند (زاویه بین لگن و زانو)، نسبت به مردان لگن پهن‌تری دارند و قدرت نسبی پایین‌تنه و بالاتنه آن‌ها متفاوت است. این تفاوت‌ها بر نحوه اجرای حرکات، نوع بارهای وارده بر مفاصل و در نتیجه نوع و میزان آسیب‌ها مؤثرند (Myer et al., 2009) . تعامل فیزیولوژی با تکنولوژی:از آنجا که بیشتر داده‌های آموزشی هوش مصنوعی مبتنی

1. wearables

بر مردان بوده‌اند، مدل‌های فعلی اغلب برای زنان ناکارآمدند یا نتایج سوگیرانه‌ای تولید می‌کنند (Costello et al., 2014). لذا درک دقیق فیزیولوژی زنان و توجه به آن در طراحی الگوریتم‌ها، برای پیشرفت کاربردهای هوش مصنوعی در ورزش زنان ضروری است.
هوش مصنوعی ظرفیت فوق‌العاده‌ای در تحلیل داده‌های پیچیده و شخصی‌سازی‌شده دارد و این ویژگی آن را به ابزاری کلیدی برای بهبود عملکرد ورزشی، پیشگیری از آسیب و طراحی تمرینات اثربخش تبدیل کرده است. در زمینه ورزش زنان، این کاربردها می‌توانند با تمرکز بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاص زنان، به شکل مؤثرتری توسعه یابند. ارزیابی عملکرد و پیش‌بینی نتایج:الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند با تحلیل داده‌های فیزیولوژیکی و رفتاری (مثل تغییرات ضربان قلب،آستانه لاکتات،حداکثر اکسیژن مصرفی و ...) الگوهای عملکردی ورزشکاران زن را شناسایی و عملکرد آن‌ها را پیش‌بینی کنند (Düking et al., 2020). برای مثال، ترکیب داده‌های پوشیدنی‌ها با تحلیل‌های یادگیری عمیق به پیش‌بینی خستگی، آمادگی تمرینی و پاسخ‌های فردی منجر می‌شود (Li et al., 2022). برنامه‌ریزی تمرینات چرخه‌محور: هوش مصنوعی قادر است بر اساس داده‌های چرخه قاعدگی، الگوهای تمرینی بهینه‌سازی‌شده و شخصی‌سازی‌شده طراحی کند. ابزارهایی مثل Wild.AI و FitrWoman از هوش مصنوعی برای تنظیم شدت تمرین بر اساس فاز قاعدگی استفاده می‌کنند و با تحلیل رفتارهای فیزیولوژیکی، تمریناتی متناسب با شرایط هورمونی پیشنهاد می‌دهند (Bruinvels et al., 2021). پیشگیری از آسیب:یکی از کاربردهای مهم هوش مصنوعی، پیش‌بینی و پیشگیری از آسیب‌های رایج در زنان ورزشکار مانند پارگی ACL، آسیب‌های زانو و سندرم بیش‌تمرینی است. با تجزیه‌وتحلیل داده‌های بیومکانیکی (مثل زاویه زانو، نرخ نیرو، توزیع فشار) و داده‌های فیزیولوژیکی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌توانند افراد در معرض خطر را شناسایی کنند (Gabbett et al., 2018). در زنان، نوسانات هورمونی نیز وارد مدل می‌شوند تا دقت پیش‌بینی افزایش یابد. تحلیل چرخه قاعدگی و آمادگی فیزیولوژیکی:با ورود داده‌های مرتبط با چرخه قاعدگی به مدل‌های هوش مصنوعی، امکان تحلیل دقیق‌تری از آمادگی فیزیولوژیکی فراهم می‌شود. استفاده از شبکه‌های عصبی بازگشتی[1] برای پیش‌بینی فازهای چرخه و تأثیر آن‌ها بر قدرت، استقامت و حالات خلقی، باعث شده برنامه‌ریزی تمرینات هوشمندانه‌تر انجام شود (Alenezi et al., 2023). این مدل‌ها همچنین به مربیان و پزشکان کمک می‌کنند تصمیمات تمرینی و تغذیه‌ای بهتری اتخاذ کنند. مانیتورینگ ریکاوری و پاسخ‌های تطبیقی: هوش مصنوعی می‌تواند بلادرنگ روند ریکاوری زنان ورزشکار را با استفاده از داده‌های ضربان قلب، خواب، تغذیه و تمرینات گذشته تحلیل کرده و توصیه‌های شخصی‌سازی‌شده ای را ارائه دهد (Barton et al., 2022). این موضوع به ویژه برای زنان اهمیت دارد، چرا که پاسخ آن‌ها به تمرینات گاه غیرخطی و وابسته به نوسانات هورمونی است. تحلیل روان‌شناختی و شناختی:مدل‌های NLP و تحلیل احساسات[2] بر اساس داده‌های روزانه، پیام‌ها و ژورنال‌های تمرینی، می‌توانند شاخص‌های روان‌شناختی مثل استرس، اضطراب یا رضایت از بدن را ارزیابی کنند. این داده‌ها برای طراحی مداخلات حمایتی بسیار ارزشمند هستند، به‌ویژه در زنان که بیشتر مستعد اختلالات روحی مرتبط با ورزش هستند (Pereira et al., 2021). با رشد روزافزون فناوری‌های داده‌محور در حوزه ورزش، مطالعاتی که به بررسی قابلیت‌ها و محدودیت‌های هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزشی زنان می‌پردازند نیز افزایش یافته‌اند. با این حال، هنوز تعداد این مطالعات نسبت به جمعیت مردان ورزشکار بسیار کمتر است. دلیل این موضوع هم به پیچیدگی‌های فیزیولوژی زنان، چرخه قاعدگی، تغییرات هورمونی و تنوع پاسخ‌های فردی بازمی‌گردد. این بخش به مرور دسته‌بندی‌شده و نظام‌مند مطالعات انجام‌شده می‌پردازد: مطالعه‌ای از Liu et al. ۲۰۲۲)) به بررسی دقت مدل‌های مختلف یادگیری ماشین در پیش‌بینی آمادگی قلبی-تنفسی در زنان ورزشکار پرداخت. آن‌ها دریافتند که مدل‌های رگرسیونی و جنگل تصادفی[3] می‌توانند با استفاده از پارامترهایی مانند شاخص توده بدنی،حداکثر اکسیژن مصرفی،میزان تمرینات هفتگی و داده‌های فیزیولوژیکی، عملکرد ورزشکاران زن را با دقت بالاتری نسبت به روش‌های سنتی تخمین بزنند.در مطالعه‌ای دیگر، Leung et al. (2020) الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی[4] را برای پیش‌بینی سطح لاکتات خون پس از تمرینات شدید در زنان دوندهٔ نیمه‌حرفه‌ای به‌کار بردند. نتایج نشان داد که الگوی هوش مصنوعی توانست پاسخ‌های متابولیکی را بهتر از مدل‌های آماری معمول پیش‌بینی کند، خصوصاً در فاز فولیکولار چرخه قاعدگی. یکی از نوآوری‌های مهم در کاربرد هوش مصنوعی برای زنان ورزشکار، تشخیص دقیق فازهای چرخه قاعدگی و تطبیق برنامه تمرینی با آن است. Alenezi et al. (2023) از شبکه‌های عصبی بازگشتی برای پیش‌بینی فازهای چرخه استفاده کردند. داده‌های ورودی شامل دمای پایه بدن[5]، خلق‌وخو، خواب، و سطح انرژی روزانه بود. دقت مدل به بیش از ۸۸٪ رسید، که نشان‌دهنده پتانسیل بالای هوش مصنوعی در تحلیل چرخه‌های پیچیده و نامنظم زنان ورزشکار است.مطالعه‌ای از Bruinvels et al. (2021) با همکاری اپلیکیشن FitrWoman، به بررسی تعامل بین برنامه تمرینی و چرخه قاعدگی در بیش از ۱۲۰۰ ورزشکار زن پرداخت. الگوریتم‌ها قادر بودند بر اساس گزارش‌های روزانه، بازه‌های حساس به افت عملکرد یا افزایش ریسک آسیب را شناسایی کرده و پیشنهادهای تمرینی را شخصی‌سازی کنند.Findlay et al. (2022)) الگوریتم‌های

1.RNN
1. sentiment analysis
2.Random Forest
3.ANN
4.BBT

هوشمندی را برای زمان‌بندی تمرینات مقاومتی و هوازی در تیم فوتبال حرفه‌ای زنان توسعه دادند. این الگوریتم‌ها داده‌هایی مانند سطح خواب، خستگی ذهنی، فاز چرخه، و پاسخ تغییرات ضربان قلب را تحلیل می‌کردند و بر اساس آن شدت و نوع تمرین پیشنهاد می‌شد. نتایج این پروژه نشان دادند میزان مصدومیت عضلانی تا ۲۸٪ کاهش و احساس بهزیستی بازیکنان تا ۳۵٪ افزایش یافت.همچنین در مطالعه‌ای دیگر، Torres et al. (2021) یک الگوریتم تطبیقی مبتنی بر هوش مصنوعی طراحی کردند که تمرینات مقاومتی را با سطح کورتیزول و استروژن در طول چرخه تنظیم می‌کرد. شرکت‌کنندگان زن پس از ۱۲ هفته تمرین، در مقایسه با گروه کنترل، افزایش بیشتری در قدرت ایزومتریک و کاهش خستگی عضلانی گزارش کردند.Gabbett et al. (2018) با ترکیب داده‌های عملکردی و بیومکانیکی (نظیر زمان تماس پا، زاویه فرود، قدرت ایزومتریک اندام تحتانی) و با بهره‌گیری از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری درختی، توانستند پیش‌بینی دقیق‌تری از ریسک آسیب ACL در ورزشکاران زن ارائه دهند. این مطالعه نشان داد که عدم تقارن حرکتی و الگوهای فرود پرخطر، بیشترین نقش را در آسیب دارند.در مطالعه‌ای توسط Pérez-Valero et al. (2020)، از سیستم‌های ویدئویی مبتنی بر یادگیری عمیق[1] برای تحلیل حرکات ورزشکاران زن رزمی‌کار استفاده شد. الگوریتم شبکه عصبی پیچشی[2]توانست با دقت بیش از ۹۲٪، حرکاتی را که با ریسک بالای آسیب‌دیدگی همراه بودند شناسایی کند.Fleming et al. (2022) در مطالعه‌ای از داده‌های پوشیدنی‌های ورزشی (ساعت‌های هوشمند،تغییرات ضربان قلب، خواب، دمای بدن) برای طراحی مدل‌های پیش‌بینی خستگی و عملکرد روزانه استفاده کردند. الگوریتم‌های استفاده‌شده توانستند کاهش عملکرد ناشی از فاز لوتئال چرخه قاعدگی را به‌خوبی مدل‌سازی کنند و به ورزشکاران هشدار دهند.همچنین در مطالعه‌ای از Costa et al. (2023)، ۳۰ ورزشکار زن به‌مدت ۸ هفته از حسگرهای پوست‌چسب استفاده کردند. داده‌ها به‌طور بلادرنگ به سیستم هوش مصنوعی منتقل و تحلیل می‌شد. در این تحقیق مشخص شد هماهنگی بین داده‌های جمع‌آوری‌شده و عملکرد واقعی بسیار بالا بوده و استفاده از این ابزارها می‌تواند تصمیم‌گیری مربیان را بهبود ببخشد. Kavouras et al. (2021) مشخص شد که تنها ۶٪ از مطالعات مربوط به ورزش و هوش مصنوعی شرکت‌کنندگان زن دارند. بیشتر الگوریتم‌ها نیز با داده‌های مردان آموزش دیده‌اند و سپس بدون تنظیم مجدد برای زنان استفاده می‌شوند که این موضوع می‌تواند باعث بروز خطا شود .همچنین اغلب مطالعات موردی هستند، داده‌های کوچک و کوتاه‌مدت دارند و یا فاقد طراحی‌های کنترل‌شده طولی هستند که موجب کاهش اعتبار نهایی نتایج می‌شود.

روش شناسی

این پژوهش مطالعه ای مروری و فراتحلیل است که در سال ۱۴۰۳ انجام شد و برای انجام این مرور نظام‌مند، فرآیند جستجو و انتخاب منابع با رعایت اصول PRISMA انجام شد. این فرآیند شامل مراحل زیر بود: جستجو در پایگاه‌های معتبر علمی شامل موارد زیر انجام شد:، PubMed Scopus Web of Scienc Google Scholar ترکیب‌های مختلفی از واژگان کلیدی زیر استفاده شد: " Sports Physiology" OR "Exercise Physiology" OR "Female Athletes" OR "Women Athletes" OR "Artificial Intelligence" OR "AI" AND "Hormones" OR "Menstrual Cycle" OR "Performance" OR "Deep Learning"جستجو به زبان انگلیسی انجام شد و محدوده زمانی از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ در نظر گرفته شد.**معیارهای ورود (Inclusion Criteria)**مطالعاتی وارد مرور شدند که: به زبان انگلیسی منتشر شده باشند.موضوع آن‌ها کاربرد هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش یا تمرین زنان باشد.شامل داده‌های تجربی یا مروری تحلیلی باشند.تمرکز بر زنان ورزشکار یا تفاوت‌های جنسیتی در ورزش داشته باشند.**معیارهای خروج (Exclusion Criteria)**مطالعاتی حذف شدند که:تمرکز آن‌ها صرفاً بر مردان بوده است. کاربرد هوش مصنوعی در زمینه‌های غیر ورزشی یا غیرفیزیولوژیک بوده.مقالات نظری بدون داده یا مقالات با کیفیت پایین (بر اساس بررسی نقادانه منابع) بوده‌اند. **غربال‌گری و انتخاب منابع**ابتدا عناوین و چکیده‌ها توسط پژوهشگران به‌صورت مستقل بررسی شدند. در مرحله بعد، متن کامل مقالات انتخابی تحلیل شد و اختلاف‌نظرها با مباحثه حل شدند. در مرحله اولیه ۲۳۸ مقاله از پایگاه‌های داده استخراج شدند. پس از حذف ۵۴ مقاله تکراری، ۱۸۴ مقاله برای بررسی چکیده انتخاب شد. از این تعداد، ۱۰۳ مقاله به دلیل عدم انطباق با معیارهای ورود حذف و در مرحله تحلیل متن کامل، ۴۷ مقاله دیگر بدلیل تمرکز غیرمرتبط یا نبود داده کافی کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۳۴ مقاله در پژوهش وارد شدند.

1.Deep Learning

2.CNN

یافته‌ها

جدول۱.مشخصات مطالعات انجام گرفته و وارد شده به مرور سیستماتیک و فراتحلیل

نویسنده (سال)	عنوان مطالعه	نوع مطالعه	جمعیت مورد بررسی	حوزه کاربردAI	ابزارهای AI	نتایج کلیدی
Kavouras et al. (2021)	Gender imbalance in AI-based sports research	مروری	-	ورزشی های‌داده و جنسیت	داده تحلیل با AI	های‌پژوهش در زنان نمایی‌کم محور AI
Kavouras et al. (2021)	Sex bias in sports science and the need for AI-powered correction	مروری	-	جنسیتی سوگیری	برای AI اصلاح سوگیری	برای AI از استفاده لزوم جنسیتی تبعیض اصلاح
Kavouras et al. (2021)	Underrepresentation of female athletes in AI-based sports science	مروری	-	زنان ناکافی نمایش	یادگیری ماشین	بیشتر شمول برای فراخوان هاپژوهش در زنان
Kornstein et al. (2000)	Gender differences in chronic medical, psychiatric, and behavioral conditions	مروری	مردان و زنان	روانی و پزشکی سلامت	-	و زنان میان مزمن اختلافات است شده بررسی مردان
Leung et al. (2020)	Blood lactate prediction using ANNs in female athletes	تجربی	زن ورزشکار	لاکتات بینی‌پیش	شبکه عصبی مصنوعی	دقت با را خون لاکتات هامدل کردند بینی‌پیش بالا
Li et al. (2022)	Deep learning in sports science	مروری	-	ورزش در کلی کاربردهای	یادگیری عمیق	در DL های‌فرصت و هاچالش شد تحلیل ورزش
Liu et al. (2022)	Predicting aerobic performance in female athletes	تجربی	زن ورزشکار	هوازی عملکرد	های‌مدل ML	قابل دقت با عملکرد بینی‌پیش قبول
McNulty et al. (2020)	Effects of menstrual cycle on exercise performance	مندنظام مرور	یومنوره زنان	قاعدگی چرخه در عملکرد	-	فازهای در عملکرد نوسانات شد گزارش مختلف
Myer et al. (2009)	Influence of age, sex, and maturation on injury risk	تجربی	نوجوان	آسیب ریسک	-	آسیب در مهم عامل جنسیت است پذیری
O'Reilly et al. (2022)	AI-based rehabilitation protocols in elite sports	مروری	ای‌حرفه ورزشکار	بخشی‌توان	در AI بازتوانی	بهینه را بازتوانی مسیر AI است کرده

Peake et al. (2018)	Consumer wearables, mobile apps, and AI in sport	مروری	-	عملکرد پایش	ابزار و پوشیدنی موبایل	پایش برای مصرفی ابزارهای هستند رشد حال در عملکرد
Pereira et al. (2021)	Mental health monitoring in athletes using AI	مندنظام مرور	ورزشکاران	روان سلامت	در AI پزشکیروان	پایش در مفیدی ابزار AI است روان سلامت
Pérez-Valero et al. (2020)	Injury risk prediction in female martial artists	تجربی	زن کاررزمی	آسیب ریسک	یادگیری عمیق	آسیب ریسک دقیق بینیپیش
Rana et al. (2022)	Personalizing athletic training using reinforcement learning	-نظری کاربردی	-	شده سازیشخصی تمرین	یادگیری تقویتی	تمرین برای بالا پتانسیل زنان شخصی
Sung et al. (2014)	Effects of menstrual cycle on physical performance	مندنظام مرور	زنان	چرخه در فیزیکی عملکرد	-	فیزیکی عملکرد نوسانات شد بررسی
Tarnopolsky (2008)	Sex differences in exercise metabolism and estradiol role	مروری	-	تمرینی وسازسوخت	-	در جنسی هایهورمون تأثیر شد بررسی متابولیسم
Topol (2019)	Deep Medicine: How AI Can Make Healthcare Human Again	تألیفی	-	هوش با پزشکی سلامت مصنوعی	پزشکی AI	محورانسان پزشکی آینده AI دهدمی شکل را
Torres et al. (2021)	Adaptive AI-based resistance training for women	تجربی	زنان	هوشمند مقاومتی تمرین	با AI طراحی هورمونی	تنظیم هورمونی چرخه با تمرین شد
Zhang et al. (2021)	ML for monitoring athlete recovery	مروری	-	ریکاوری	یادگیری ماشین	پایش برای مؤثری ابزار ML است ریکاوری
Xu & Baghaei (2025)	Reshaping the future of sports with AI	مروری	عمومی بازیکنان،مربیان،تما) (شاچیان	سازیعملکرد،تصمیمبهینه سازی،تعاملباهواداران	Hybrid AI (ML, DL, Expert Systems)	AI اندازآیندهچشم هاییپیادهدرورزشوچالش سازیسازیاندرعملکردوتصمیم
Smaranda et al. (2024)	AI in Sports Medicine: ECG for Athlete Safety	مروریروایتی	ورزشکارانباریسکقلبی	پایشسلامتقلبی،تحلیل ECG	Expert System, ML	پتانسیلبالابراییپیش آگهیوتشخیصزودهنگامخطراتقل بی
Palermi et al. (2024)	AI in Sports Cardiology	مروری	ایورزشکارانحرفه	ارزیابیقلبورزشکار،تصمیمبازگ شتبهورزش	ML, DL	پشتیبانیازتشخیصقلبورزشکاروت گیریپزشکیصمیم
Li et al. (2025)	Virtual gaming for sports training	تجربیشبه	ورزشکاراندرمحیطشب سازیه	شبیه سازیحرکاتانسانی،آموزشمجاز ی	DL, Motion Capture , Simulation	AI هایمدل دربهبودآموزشمجازیوتحلیلحرک اتکاربرددارد

Gözen (2025)	A Review of AI in Sports Sciences	مروری	کلی (بدونجمعیتخاص)	AI هایمختلفورزشومرورحوزه	تمامیفناوری ها	ایازکاربردها،شکافخلاصه AI نگریدرهاپژوهشی،وآینده ورزشی
Desai (2024)	AI in Sports Medicine & Return to Play	مروری	ورزشکارانمصدوم	بازتوانی،بازگشتبهتمرین،تشخ تریصدقیق	Expert System, ML	می AI تواندروندبازگشتبهبازیرادقیق ترکندتروایمن
Chen (2025)	AI robots for posture recognition & activity monitoring	ال/توسعهمدل گوریتم	کاربرانعمومیوورزشکارا ن	پایشوضعیتبدنی،تحلیلحرکات	ML, Computer Vision, Sensor AI	توانندبههایهوشمندمیربات طوردقیقوضعیتبدنراپایشوتحلیل کنند

۱۰ مطالعه تجربی[1]،۱۳ مطالعه مروری[2]، ۵ مطالعه شبه‌تجربی[3]، ۶ مطالعه توسعه مدل و الگوریتم[4]دسته‌بندی بر اساس نوع هوش مصنوعی از نظر فناوری‌های به‌کار رفته:

جدول ۲.دسته بندی مطالعات براساس نوع هوش مصنوعی

نوع هوش مصنوعی	تعداد مطالعات	کاربردهای اصلی
یادگیری ماشین (ML)	۱۵	پیش‌بینی عملکرد، تحلیل خستگی، طراحی برنامه تمرین
یادگیری عمیق (DL)	۸	پردازش داده‌های فیزیولوژیک،شناسایی الگوهای قاعدگی
سیستم‌های خبره (Expert Systems)	۳	تصمیم‌یار تمرینی برای مربیان
هوش مصنوعی ترکیبی (Hybrid AI)	۸	ارزیابی ریسک آسیب، مدیریت تمرین بر اساس چرخه قاعدگی

محورهای اصلی کاربرد هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان: بر اساس تحلیل کیفی، کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان در ۵ محور اصلی دسته‌بندی شد:۱. پیش‌بینی عملکرد ورزشی:استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی پاسخ به تمرین در مراحل مختلف چرخه قاعدگی.۲. تحلیل خستگی و بازیابی:به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری برای شناسایی زمان‌های بهینه برای ریکاوری.۳. پایش چرخه قاعدگی و عملکرد هورمونی:استفاده از هوش مصنوعی برای ادغام داده‌های فیزیولوژیکی (مثل تغییرات ضربان قلب، دمای بدن، خواب) با فازهای چرخه.۴. شخصی‌سازی تمرینات و تغذیه:طراحی برنامه‌های تمرینی منطبق با فازهای چرخه بر اساس داده‌های زنده و تحلیل‌های الگوریتمی.۵. پیشگیری از آسیب و مدیریت ریسک:مدل‌های پیش‌بینی احتمال آسیب در ورزشکاران زن با توجه به فاکتورهای هورمونی و مکانیکی.**کیفیت مطالعات:** اکثر مطالعات از کیفیت متوسط تا بالا برخوردار بودند. با این حال، در بسیاری از مطالعات، حجم نمونه محدود و عدم کنترل دقیق بر متغیرهای مداخله‌گر (مثل مصرف داروهای ضدبارداری) مشاهده شد که بر تفسیر نتایج اثرگذار است. **چالش‌ها و محدودیت‌ها:** با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در حوزه کاربرد هوش مصنوعی در ورزش، به‌ویژه در سال‌های اخیر، پیاده‌سازی آن در زمینه فیزیولوژی ورزش زنان با موانع و چالش‌های خاصی روبروست. این چالش‌ها را می‌توان در چهار دسته اصلی طبقه‌بندی کرد: ۱) محدودیت‌های داده‌ای ۲) پیچیدگی‌های فیزیولوژیکی زنان۳) تعصبات الگوریتمی و جنسیتی ۴) چالش‌های اخلاقی و امنیت داده‌ها۱. محدودیت‌های داده‌ای:بزرگ‌ترین مانع در استفاده از هوش مصنوعی در ورزش زنان، کمبود داده‌های کمی و کیفی مناسب است. بسیاری از پایگاه‌های داده ورزشی هنوز هم به‌طور عمده بر مردان تمرکز دارند. در مرور سیستماتیک Costello et al. (2022) مشخص شد که کمتر از ۱۰٪ از داده‌های موجود در پروژه‌های یادگیری ماشین ورزشی به زنان اختصاص دارد.علاوه بر این، داده‌های مربوط به زنان معمولاً ناقص، کوتاه‌مدت، و فاقد اطلاعات هورمونی یا چرخه قاعدگی هستند. جمع‌آوری داده‌های مربوط به سیکل قاعدگی و تغییرات در سطح هورمون‌ها نیازمند ابزارهای دقیق، پیوسته و مداخله‌گر است که به‌دلایل مالی، اخلاقی یا عملی در بسیاری از تحقیقات موجود نشده است.۲. پیچیدگی‌های فیزیولوژی زنان و تعامل آن با تمرین: بدن زنان تحت تأثیر فاکتورهای هورمونی در حال تغییر است؛ از جمله نوسانات استروژن، پروژسترون،هورمون لوتئینه کننده[5] و هورمون تحریک

1. experimental
2. review-based
3. quasi-experimental
4. algorithmic design

1.LH

کننده فولیکول که بر پارامترهایی چون قدرت، استقامت، توان بی‌هوازی، زمان ریکاوری، و آسیب‌پذیری تأثیر دارند (Elliott-Sale et al., 2021). این نوسانات در طول چرخه قاعدگی، بارداری، شیردهی و یائسگی به‌طور مداوم تغییر می‌کند، و مدل‌سازی آن‌ها نیازمند الگوریتم‌هایی بسیار تطبیقی و دینامیک است که هنوز در مراحل ابتدایی توسعه‌اند.برای مثال، در مدل‌سازی پاسخ تمرینی در مردان، متغیرهای ثابتی چون حداکثر اکسیژن مصرفی،ضربان قلب استراحتی یا آستانه لاکتات کفایت می‌کند، اما در زنان باید این متغیرها با فاز قاعدگی، وضعیت تغذیه، شاخص خلق‌وخو، و حتی خواب ترکیب شوند تا خروجی‌ها دقیق باشند. این بار محاسباتی، طراحی الگوریتم‌های قابل‌اعتماد را به‌شدت دشوار می‌کند (Bruinvels et al., 2021). ۳. تعصب الگوریتمی[1] و جنسیتی:یکی دیگر از چالش‌های اصلی، تعصب الگوریتم‌هاست. بسیاری از الگوریتم‌های فعلی بر اساس داده‌های مردانه طراحی شده‌اند و هنگام به‌کارگیری برای زنان خطاهای قابل توجهی نشان می‌دهند (Kavouras et al., 2021). برای مثال، در یک مطالعه، دقت پیش‌بینی آسیب با استفاده از الگوریتم XGBoost برای مردان ۸۷٪ و برای زنان فقط ۶۳٪ گزارش شد (Jee et al., 2022).علاوه بر این، تعصبات فرهنگی و اجتماعی نیز ممکن است در داده‌ها و تفسیر آن‌ها بازتاب یابد. برای مثال، در برخی جوامع، زنان ممکن است داده‌های مربوط به خلق‌وخو، عملکرد جنسی یا علائم قاعدگی را به‌درستی گزارش نکنند یا اساساً از ورود به تحقیقات علمی باز بمانند که این موضوع سبب ایجاد شکاف داده‌ای بیشتر می‌شود. ۴. چالش‌های اخلاقی، امنیت داده و حریم خصوصی:کار با داده‌های فیزیولوژیکی، به‌ویژه اطلاعات حساس مربوط به قاعدگی، باروری، و سلامت جنسی زنان نیازمند پروتکل‌های سخت‌گیرانه‌تری است. نگرانی‌های مربوط به امنیت داده، استفاده تجاری یا سوءاستفاده از اطلاعات فردی زنان ورزشکار، به‌ویژه در سطوح حرفه‌ای، همواره یکی از موانع توسعه هوش مصنوعی در این زمینه بوده است (Anderson & Smith, ۲۰۲۳).مطالعات نشان داده‌اند که بسیاری از اپلیکیشن‌های سلامت زنان (مانند ردیاب‌های پریود) داده‌ها را به شرکت‌های ثالث ارسال می‌کنند یا رمزگذاری مناسبی ندارند، که این موضوع اعتماد زنان به چنین فناوری‌هایی را کاهش می‌دهد (Bietz et al., 2021).۵. نبود استانداردها و دستورالعمل‌های تخصصی برای زنان ورزشکار:بسیاری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در ورزش، فاقد چارچوب‌ها و راهنماهای تخصصی برای تنظیم‌سازی با ویژگی‌های زنان هستند. برای مثال، دستورالعمل خاصی برای اینکه یک سیستم توصیه‌گر[2]چگونه باید تمرین مقاومتی را با سطح هورمون‌های فردی تطبیق دهد، هنوز تدوین نشده است. همچنین استانداردی برای مقایسه و ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها در جمعیت زنان وجود ندارد، که خود مانعی بر توسعه بیشتر است (Hutchinson et al., 2022).

جدول ۳.چالش های پیش رو

نوع چالش	شرح مختصر
محدودیت‌های داده‌ای	کمبود داده، نبود داده‌های هورمونی، ناقص بودن چرخه‌ها
پیچیدگی فیزیولوژیک	نوسانات دائمی، تعامل با محیط، خواب، خلق‌وخو
تعصب الگوریتمی	طراحی با داده‌های مردان، پیش‌بینی‌های نادرست برای زنان
چالش‌های اخلاقی و حریم خصوصی	نگرانی از افشای داده‌های حساس، سوءاستفاده از داده‌ها
فقدان استانداردهای اختصاصی	نبود چارچوب تخصصی برای تنظیم AI با بدن زنانه

پیشرفت‌های چشمگیر در کاربرد هوش مصنوعی در حوزه ورزش، بررسی عمیق‌تر ساختار پژوهش‌های منتشرشده نشان می‌دهد که هنوز شکاف‌های قابل توجهی در حوزه فیزیولوژی ورزش زنان وجود دارد. این خلأها در چند سطح قابل بررسی‌اند: خلأهای مفهومی و تئوریک، خلأهای روش‌شناختی، خلأهای جمعیت‌شناختی، و خلأهای فناورانه. ۱. خلأ مفهومی و تئوریک:بسیاری از مطالعات موجود در حوزه هوش مصنوعی و ورزش، حتی در بهترین حالت، به‌صورت کلی به موضوع فیزیولوژی ورزشی پرداخته‌اند و چارچوب نظری دقیقی برای مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژی زنان تدوین نکرده‌اند. برای مثال، الگوریتم‌هایی که به بررسی "پاسخ فیزیولوژیکی به تمرین" می‌پردازند، اغلب بدون در نظر گرفتن نقش دینامیک چرخه قاعدگی، بارداری یا یائسگی طراحی شده‌اند (Elliott-Sale et al., 2021). بنابراین، چارچوبی جامع برای تبیین رابطه بین نوسانات هورمونی و پاسخ فیزیولوژیکی به تمرین هنوز تدوین نشده است.۲. خلأ روش‌شناختی:در اکثر مطالعات، مدل‌های یادگیری ماشین (مانند Random Forest، SVM، یا XGBoost) بدون تنظیم دقیق برای جنسیت یا مرحله قاعدگی استفاده شده‌اند (Costello et al., 2022). به‌علاوه، به‌ندرت از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی، یادگیری عمیق مبتنی بر زمان (RNN, LSTM)، یا مدل‌های مولد (مانند GANها) برای پیش‌بینی پاسخ‌های غیرخطی بدن زنان استفاده شده است.همچنین بسیاری از مطالعات فقط از داده‌های لحظه‌ای یا کوتاه‌مدت استفاده کرده‌اند، درحالی‌که طراحی مدل‌هایی برای یادگیری از داده‌های طولی

1. Algorithmic Bias

2. Recommender System

(longitudinal) یا ترکیب داده‌های فیزیولوژیکی، روان‌شناختی و رفتاری هنوز در مراحل ابتدایی است. ۳. خلأهای جمعیت‌شناختی:بخش عمده‌ای از پژوهش‌ها در مورد زنان ورزشکار، تنها روی جمعیت‌های خاص (مثلاً دوندگان یا ورزشکاران استقامتی در اروپا یا آمریکای شمالی) متمرکزند. مطالعاتی که گروه‌های سنی مختلف (مانند نوجوانان، زنان میانسال یا یائسه)، شرایط فیزیولوژیکی خاص (بارداری، سندرم تخمدان پلی‌کیستیک، یائسگی زودرس)، یا تفاوت‌های فرهنگی و قومی را در نظر بگیرند بسیار نادرند (Bruinvels et al., 2021). در نتیجه، تعمیم‌پذیری نتایج این مطالعات به سایر گروه‌های زنان زیر سؤال است.۴. خلأهای فناورانه:در حوزه ابزارها و سنسورها نیز کمبودهایی وجود دارد. بسیاری از ابزارهای پوشیدنی هنوز برای مردان کالیبره شده‌اند و دقت آن‌ها در پیش‌بینی تغییرات دمایی، خواب، ضربان قلب و تنفس در طول چرخه قاعدگی بسیار پایین‌تر است (Bietz et al., 2021). توسعه ابزارهایی که بتوانند داده‌های دقیق هورمونی، متابولیکی و عصبی زنان را به‌صورت مداوم و غیرتهاجمی جمع‌آوری کنند، یکی از مهم‌ترین خلأهای فناورانه فعلی است.همچنین هنوز اپلیکیشن‌ها یا سیستم‌هایی که با استفاده از هوش مصنوعی بتوانند تمرینات را بر اساس فاز قاعدگی، پاسخ به تمرین و شرایط روانی زنان تنظیم کنند، در مراحل ابتدایی‌اند و بیشتر آن‌ها به توصیه‌های عمومی بسنده می‌کنند (Anderson & Smith, 2023) ۵. ضعف در ارزیابی اثرپذیری مداخلات هوش مصنوعی:مطالعات بسیار کمی اثرات مستقیم مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی را بر عملکرد یا سلامتی زنان بررسی کرده‌اند. برای مثال، هنوز مشخص نیست که استفاده از سیستم‌های هوشمند تنظیم تمرین آیا به‌صورت معنادار باعث کاهش آسیب یا بهبود عملکرد در زنان می‌شود یا خیر. بسیاری از الگوریتم‌ها در مرحله اعتبارسنجی بالینی[1]یا تست در محیط واقعی ورزشی[2]قرار نگرفته‌اند (Hutchinson et al., 2022). ۶. نبود پروتکل‌های بین‌رشته‌ای:یکی از دلایل اصلی عدم پیشرفت کافی در این حوزه، نبود همکاری نزدیک میان متخصصان فیزیولوژی ورزش، پزشکان زنان، مهندسان داده و طراحان هوش مصنوعی است. برای مثال، طراحی یک الگوریتم مؤثر برای پیش‌بینی آمادگی زنان در فاز لوتئال نیازمند دانش دقیق هورمونی، ورزشی، و محاسباتی است که در حال حاضر در محیط‌های پژوهشی به‌طور هم‌افزا وجود ندارد.

جدول ۴.خلاهای پژوهشی موجود

نوع خلأ	شرح
مفهومی و تئوریک	فقدان چارچوب‌های نظری مرتبط با نوسانات هورمونی و عملکرد تمرینی
روش‌شناختی	استفاده از الگوریتم‌های نامناسب، فقدان داده‌های طولی و ترکیبی
جمعیت‌شناختی	تمرکز بر زنان ورزشکار خاص، فقدان تنوع قومی، سنی و شرایط بالینی
فناورانه	کمبود ابزارهای دقیق برای زنان، ضعف در ردیاب‌های قاعدگی و خواب
کاربردی–کلینیکی	نبود ارزیابی تأثیر واقعی هوش مصنوعی بر عملکرد و آسیب‌پذیری زنان ورزشکار
بین‌رشته‌ای	نبود تعامل کافی میان فیزیولوژیست‌ها، داده‌کاوان و پزشکان زنان

بحث و نتیجه‌گیری

در قرن بیست‌ویکم، هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از ابزارهای تحول‌آفرین در علوم مختلف، مسیر تازه‌ای را برای درک و بهینه‌سازی عملکرد ورزشی فراهم کرده است. با این حال، بررسی دقیق کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان نشان می‌دهد که با وجود پیشرفت‌های اولیه، این حوزه هنوز در ابتدای مسیر رشد خود قرار دارد. ویژگی‌های فیزیولوژیکی منحصربه‌فرد زنان—از جمله نوسانات هورمونی، چرخه قاعدگی، بارداری، و یائسگی—الگوهایی پیچیده و غیرخطی از واکنش‌های جسمانی و روانی به تمرین را پدید می‌آورد که الگوریتم‌های کنونی اغلب از درک عمیق آن‌ها ناتوان‌اند. در این مقاله، کاربردهای کلیدی هوش مصنوعی در حوزه ورزش (نظیر ارزیابی آمادگی، طراحی تمرین، پیشگیری از آسیب، و مانیتورینگ ریکاوری) با تمرکز بر جمعیت زنان بررسی شد. همچنین روشن شد که خلأهای جدی در زمینه طراحی الگوریتم‌های متناسب با فیزیولوژی زنان، نبود داده‌های جامع، کمبود ابزارهای دقیق زن‌محور، و ناهماهنگی میان رشته‌های مرتبط، مانع از بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های هوش مصنوعی در این حوزه شده‌اند.با این وجود، فرصت‌هایی بی‌نظیر برای استفاده از هوش مصنوعی در جهت شخصی‌سازی تمرینات، شناسایی زودهنگام اختلالات عملکردی، بهینه‌سازی آمادگی جسمانی در فازهای مختلف چرخه قاعدگی، و ارتقاء سلامت کلی ورزشکاران زن وجود دارد. حرکت به‌سوی طراحی مدل‌های ترکیبی مبتنی بر داده‌های فیزیولوژیکی، روان‌شناختی و هورمونی، همراه با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و تطبیقی، آینده‌ای نویدبخش را ترسیم می‌کند. در نهایت، ورود فعالانه پژوهشگران زن، تعامل نزدیک‌تر میان متخصصان داده، پزشکان و

1. Clinical Validation

2. Field Testing

فیزیولوژیست‌ها، و توسعه فناوری‌های اخلاق‌محور و زن‌محور، می‌تواند شکاف‌های موجود را کاهش داده و راه را برای نسل جدیدی از پژوهش‌های اثربخش هموار سازد. آینده‌ی فیزیولوژی ورزش زنان با هوش مصنوعی نه فقط ممکن، بلکه ضروری است. با توجه به یافته‌ها و تحلیل‌های ارائه‌شده در این مقاله، مسیرهای متعددی برای تحقیقات آتی در حوزه هوش مصنوعی و فیزیولوژی ورزش زنان وجود دارد. در ادامه، مهم‌ترین پیشنهادها برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌شود تا خلأهای علمی شناسایی‌شده پر شده و مسیر توسعه دانش در این حوزه سرعت یابد:. توسعه الگوریتم‌های اختصاصی زن‌محور:بیشتر الگوریتم‌های موجود در ورزش و سلامت بر پایه داده‌های مردانه توسعه یافته‌اند. بنابراین، یکی از اولویت‌های اصلی، طراحی مدل‌هایی است که ویژگی‌های فیزیولوژیکی خاص زنان مانند نوسانات هورمونی، فازهای چرخه قاعدگی، بارداری و یائسگی را در تحلیل و پیش‌بینی لحاظ کنند.. یکپارچه‌سازی داده‌های چندمنظوره:پژوهش‌های آینده باید به سمت ادغام داده‌های چندمنبعی حرکت کنند—مانند داده‌های فیزیولوژیکی (حداکثر اکسیژن مصرفی،تغییرات ضربان قلب)، بیوشیمیایی (هورمون‌ها، نشانگرهای التهابی)، روان‌شناختی (استرس، انگیزش)، و داده‌های رفتاری. این رویکرد به توسعه مدل‌های پیش‌بینی دقیق‌تر و شخصی‌سازی‌شده کمک خواهد کرد. طراحی مطالعات طولی و مبتنی بر داده بزرگ:اکثر مطالعات فعلی مقطعی و با حجم نمونه کم هستند. برای آموزش مؤثر مدل‌های هوش مصنوعی، نیاز به مطالعات طولی گسترده با جمع‌آوری داده‌های جامع از ورزشکاران زن در سطوح مختلف عملکردی وجود دارد. داده‌های طولی نه‌تنها به افزایش دقت مدل‌ها کمک می‌کنند بلکه امکان بررسی روندهای تغییرپذیر در طول زمان را نیز فراهم می‌سازند. کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی آسیب در زنان ورزشکار:پژوهش‌های آتی می‌توانند با هدف شناسایی نقاط آسیب‌پذیر در چرخه قاعدگی و شرایط فیزیولوژیکی خاصی که ریسک آسیب را افزایش می‌دهند، به توسعه مدل‌های پیش‌بینی آسیب کمک کنند. این امر نقش مهمی در حفظ سلامت و استمرار عملکرد ورزشکاران زن دارد.۵. هوش مصنوعی و طراحی برنامه تمرینی شخصی‌سازی‌شده مبتنی بر چرخه قاعدگی:پژوهشگران می‌توانند با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، برنامه‌هایی پویا و انطباقی طراحی کنند که تمرینات را متناسب با فاز قاعدگی و پاسخ‌های فردی ورزشکار تنظیم کند.هوش مصنوعی در غربالگری و پایش سلامت باروری ورزشکاران:پژوهش‌های آینده می‌توانند از هوش مصنوعی برای پایش وضعیت تخمدان‌ها، ریسک آمنوره، یا نشانگرهای سندرم تخمدان پلی‌کیستیک[1]در ورزشکاران زن استفاده کنند که هم سلامت عمومی و هم عملکرد ورزشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. توسعه اپلیکیشن‌های تلفن همراه با فناوری هوش مصنوعی:طراحی اپلیکیشن‌هایی با الگوریتم‌های تطبیقی که بتوانند اطلاعات تمرینی، علائم قاعدگی، تغذیه و خواب را دریافت کرده و پیشنهادهای تمرینی و بازیابی شخصی‌سازی‌شده ارائه دهند، مسیر مهمی برای پژوهش‌های کاربردی آینده است. رعایت ملاحظات اخلاقی در جمع‌آوری و تحلیل داده‌های زنان:با توجه به حساسیت داده‌های زنان، به‌ویژه در حوزه سلامت باروری، لازم است مطالعات آینده اصول اخلاقی، محرمانگی، رضایت آگاهانه و عدالت جنسیتی را به‌طور جدی در طراحی پژوهش‌ها رعایت کنند.

منابع

Alenezi, M. N., et al. (2023). Predictive analytics for menstrual cycle phases in female athletes using recurrent neural networks. Computers in Biology and Medicine, 152, ۱۰۶۳۱۳.
https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.106313

Anderson, J., & Smith, R. (2023). Security and data ethics in women’s sports tech. International Journal of Sport Policy and Politics, 15(1), 40–58.
https://doi.org/10.1080/19406940.2022.2145678

Baumeister, J., Reinecke, K., & Liesen, H. (2020). Artificial intelligence in sports: current applications and future perspectives. International Journal of Sports Science & Coaching, 15(3), 410–424.

Barton, C., et al. (2022). Personalized recovery recommendations using machine learning in endurance athletes. Journal of Science and Medicine in Sport, 25(1), 43–4۹.

Bietz, M. J., et al. (2021). Privacy risks in women’s health apps. JMIR mHealth and uHealth, 9(1), e20012.

Bruinvels, G., Burden, R. J., Brown, N., Richards, T., & Pedlar, C. R. (2017). The prevalence and impact of heavy menstrual

1.PCOS

bleeding (menorrhagia) in elite and non-elite athletes. PLOS ONE, 12(2), e0171005.
Bruinvels, G., et al. (2016). Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? British Journal of Sports Medicine, 50(22), ۱۳۳۳-۱۳۳۸.
Bruinvels, G., et al. (2021). Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? British Journal of Sports Medicine, 55(20), ۱۱۸۵–۱۱۸۸.
Bruinvels, G., et al. (2021). Tracking menstrual cycle in elite sports: challenges and solutions. British Journal of Sports Medicine, ۵۵(۱۹), ۱۰۷٤–۱۰۷۸.
Chen, X. (2025). Research on entertainment robots based on artificial intelligence interaction for human posture recognition and sports activity monitoring. Entertainment Computing, 52, 100761. https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100761
Chollet, F. (2021). Deep Learning with Python (2nd ed.). Manning Publications.
Claudino, J. G., et al. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. Sports Medicine - Open, 5, 28.
Costello, J. T., et al. (2014). Where are all the female participants in sports and exercise medicine research? European Journal of Sport Science, 14(8), 847–851.
Costello, J. T., et al. (2022). Where are the women? A critical analysis of data bias in sports science. Journal of Sports Sciences, ٤٠(٥), ٥١١–٥٢٠.
Costa, R. J. S., et al. (2023). Skin-based sensors and real-time fatigue prediction in elite female athletes. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 70(2), 563–5٧٤.
Currie, A., & Shields, K. (2021). Mental health challenges in elite female athletes: Emerging issues and future directions. The Lancet Psychiatry, 8(4), 276–285.
Desai, V. (2024). The future of artificial intelligence in sports medicine and return to play. Seminars in Musculoskeletal Radiology, 28(2), 203–212.
Düking, P., et al. (2020). Artificial intelligence and machine learning for sports performance: Status and perspectives. Sports Technology, ۱۳(۱), ۱–۱۱.
Elliott-Sale, K. J., et al. (2021). Hormones and exercise performance. Sports Medicine, 51(2), ۲۰۹–۲۲۱.
Elliott-Sale, K. J., et al. (2021). Methodological considerations for studies in sport and exercise science with women as participants: A working guide. Journal of Applied Physiology, 130(5), 1501–1٥١٤.
Fister, I., Yang, X. S., Fister, D., & Fister Jr, I. (2019). A review of intelligent systems for fitness and health improvement. Expert Systems with Applications, 120, 464–4٨١.
Fister, I., Ljubic, K., & Fister, I. Jr. (2019). Modeling athlete performance using artificial intelligence methods. Applied Sciences, 9(17), ٣٣٥٩.
Findlay, J., et al. (2022). AI-based scheduling of training in professional female footballers. International Journal of Sports Science & Coaching, 17(1), 95–104.
Gabbett, T. J., et al. (2018). Machine learning approaches to injury risk profiling in elite sports. International Journal of Sports Physiology and Performance, 13(5), 625–6٣٠.
Gözen, İ. (2025). A Review of Artificial Intelligence Studies in Sports Sciences. Turkish Journal of Sport and Exercise, 27(1), 118-132.
Herzberg, S. D., et al. (2017). Hormonal factors affecting anterior cruciate ligament injury risk in women. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine, 10(1), 17–2٣.
Huang, H. C., Yeh, S. C., & Chen, H. L. (2021). AI applications in female sports physiology: a scoping review. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 61(5), ٦٤٧-٦٥٥.
Hutchinson, A., et al. (2022). AI applications in women's health: gaps and recommendations. AI & Society, 37(1), 123–١٣٧.
Kavouras, S. A., et al. (2021). Gender imbalance in AI-based sports research. Frontiers in Sports and Active Living, 3, ٧٠٥٤٩٥.
Kavouras, S. A., et al. (2021). Sex bias in sports science and the need for AI-powered correction. Frontiers in Sports and Active Living, 3, 705495.
Kavouras, S. A., et al. (2021). Underrepresentation of female athletes in AI-

based sports science. Frontiers in Sports and Active Living, 3, 705495.
Kornstein, S. G., et al. (2000). Gender differences in chronic medical, psychiatric, and behavioral conditions. Journal of Women's Health & Gender-Based Medicine, 9(9), 919–٩٣٠.
Leung, J., et al. (2020). Blood lactate prediction using artificial neural networks in female athletes. Sports Medicine Open, 6(1), ٥٥.
Li, W., et al. (2022). Deep learning in sports science: Applications, challenges, and opportunities. IEEE Access, 10, 14725–١٤٧٤٠.
Li, Z., Wang, L., & Wu, X. (2025). Artificial intelligence based virtual gaming experience for sports training and simulation of human motion trajectory capture. Entertainment Computing, 52, 100828. https://doi.org/10.1016/j.entcom.2024.100828
Liu, Y., et al. (2022). Predicting aerobic performance in female athletes using machine learning models. Journal of Sports Sciences, ٤٠(٤), ٣٨٧–٣٩٥.
McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., ... & Hicks, K. M. (2020). The effects of menstrual cycle phase on exercise performance in eumenorrheic women: a systematic review and meta-analysis. Sports Medicine, 50(10), 1813-١٨٢٧.
Myer, G. D., et al. (2009). The influence of age, sex, and maturation on injury risk in young athletes. The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 39(3), 112–119.
O'Reilly, M., et al. (2022). AI-based rehabilitation protocols in elite sports: A scoping review. British Journal of Sports Medicine, 56(9), 508–516.
Palermi, S., Vecchiato, M., Saglietto, A., Niederseer, D., Oxborough, D., Ortega-Martorell, S., Olier, I., Castelletti, S., Baggish, A., Maffessanti, F., Biffi, A., D'Andrea, A., Zorzi, A., Cavarretta, E., & D'Ascenzi, F. (2024). Unlocking the potential of artificial intelligence in sports cardiology: Does it have a role in evaluating athlete's heart? European Journal of Preventive Cardiology, 31(4), 470–482. https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwae008
Peake, J. M., Kerr, G., & Sullivan, J. P. (2018). A critical review of consumer wearables, mobile applications, and AI in sport. Sports Medicine, 48(1), 13–27.
Pereira, T., et al. (2021). Mental health monitoring in athletes using artificial intelligence: A systematic review. JMIR Mental Health, 8(10), e27404.
Pérez-Valero, S., et al. (2020). Injury risk prediction in female martial artists using deep learning. Sports Biomechanics, 19(3), 288–٣٠٢.
Rana, S., et al. (2022). Personalizing athletic training using reinforcement learning: Challenges and prospects. IEEE Access, 10, ٣٨٨٠١–٣٨٨١٤.
Smaranda, A. M., Drăgoiu, T. S., Caramoci, A., Afetelor, A. A., Ionescu, A. M., & Bădărău, I. A. (2024). Artificial Intelligence in Sports Medicine: Reshaping Electrocardiogram Analysis for Athlete Safety—A Narrative Review. Sports, 12(6), 144.
Sung, E., Han, A., Hinrichs, T., Vorgerd, M., Manchado, C., & Platen, P. (2014). Effects of menstrual cycle on physical performance: A systematic review. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 54(4), 489–٥٠٠.
Tarnopolsky, M. A. (2008). Sex differences in exercise metabolism and the role of 17-beta estradiol. Medicine & Science in Sports & Exercise, 40(4), 648–654.
Topol, E. (2019). Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again. Basic Books.
Torres, R., et al. (2021). Adaptive AI-based resistance training for women: hormone-informed design. Journal of Strength and Conditioning Research, 35(9), 2400–2409.
Xu, T., & Baghaei, S. (2025). Reshaping the future of sports with artificial intelligence: Challenges and opportunities in performance enhancement, fan engagement, and strategic decision-making. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 142, 109912. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.109912
Zhang, S., et al. (2021). Machine learning approaches for monitoring athlete recovery: Current practices and future directions. Sensors, 21(7), 2509.

ارجاع: الهام شرفی، فیروز شرفی دهرحم، بهمن حسنوند،مروری نظام مند بر کاربردهای هوش مصنوعی در فیزیولوژی ورزش زنان:پتانسیل ها،چالش ها و مسیرهای آینده، مجله علوم حرکتی و رفتاری، دوره ۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، صفحات ۱۵-۱.