Iran Occupational Health

Iran Occupational Health. 2026 (01 Jul);23: 14

Original Article

http://ioh.iums.ac.ir

Application Of Artificial Intelligence in Predicting and Assessing Ergonomic Risks: A Systematic Review

Akram Tabrizi, Safety Promotion and Injury Prevention Research Center, Research Institute for Health Sciences and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran and Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Fatemeh Paridokht, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Yaser Khorshidi Behzadi, Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
Ali Mohsenian, Student Research Committee, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.
Ali salehi sahlabadi, (*Corresponding author), Safety Promotion and Injury Prevention Research Center, Research Institute for Health Sciences and Environment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran and Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.. asalehi529@gmail.com

Abstract

Background and aims: Ergonomics and human factors have increasingly attracted attention as essential domains for improving workplace safety, productivity, and health. With the rapid growth of artificial intelligence (AI), researchers have begun to explore its potential to predict and assess ergonomic risks. This review aims to systematically evaluate existing studies addressing AI applications in ergonomic risk prediction and assessment.

Methods: Following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, a structured search was conducted in Web of Science, Scopus, ScienceDirect, and PubMed for the years 2000–2024 using relevant keywords. Inclusion criteria comprised original research articles—experimental or laboratory-based—published in English or Persian that investigated AI in ergonomic risk prediction or assessment. Exclusion criteria included review articles, books, editorials, letters, or irrelevant topics.

Results: A total of 32 studies were included. Research activity significantly increased after 2021, peaking in 2024. Machine learning, computer vision, expert systems, and natural language processing were the most frequently applied approaches. Machine learning accounted for the majority of methods, demonstrating superior accuracy and predictive capabilities. Geographically, Europe contributed the highest share of studies (44%), while Africa had the lowest (3%).

Conclusion: The evidence indicates that AI, particularly machine learning algorithms and computer vision, can substantially improve the accuracy, efficiency, and real-time capacity of ergonomic risk assessments compared to traditional methods. This highlights AI's transformative potential in occupational health and ergonomics.

Conflicts of interest: None

Funding: This study was financially supported by Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran.

Keywords

Ergonomics

Predict

Artificial Intelligence

Machine Learning

Received: 2025/09/16

Accepted : 2026/05/27

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Ergonomics, also known as human factors engineering, is the scientific discipline concerned with understanding the interactions between humans and the elements of a system, with the ultimate aim of optimizing human well-being and overall system performance. It plays a crucial role in preventing musculoskeletal disorders (MSDs), reducing workplace injuries, and enhancing both productivity and comfort. Traditional ergonomic assessment methods, including observational checklists, self-reported surveys, and direct measurements, have been valuable but are limited by several challenges. These methods are time-intensive, subject to evaluator bias, and often lack the capacity to provide real-time or large-scale assessments in dynamic industrial environments.

Over the past two decades, technological advances have introduced new opportunities for transforming ergonomics into a more data-driven and automated field. Among these innovations, artificial intelligence (AI) has emerged as a powerful tool capable of addressing the inherent shortcomings of conventional ergonomic practices. AI refers to the development of computational systems capable of performing tasks that normally require human intelligence, such as learning, reasoning, and decision-making. Its subfields—including machine learning (ML), computer vision (CV), natural language processing (NLP), and expert systems—offer diverse solutions that are increasingly being applied in occupational health and safety.

Recent studies suggest that machine learning algorithms can classify safe and unsafe postures with accuracies exceeding 90%, while vision-based systems can continuously track workers' movements and provide immediate feedback to prevent injuries. For example, computer vision tools integrated with motion capture technologies are now capable of estimating joint angles and evaluating posture risk scores in real time, thereby minimizing reliance on manual observation. Similarly, NLP approaches have been applied to analyze textual data such as occupational safety reports, identifying hidden ergonomic risk factors and offering recommendations for intervention. These advancements represent a significant departure from the manual, observation-based methods traditionally used in ergonomics.

The growing prevalence of AI in ergonomics is also reflected in global research trends. A surge in publications has been observed since 2021, with 2024 witnessing the highest number of studies in this area. This trend underscores both the relevance and urgency of integrating AI into ergonomics, particularly as workplaces become more complex, data-rich, and reliant on automation. Furthermore, the geographical distribution of research reveals disparities, with Europe leading in AI-ergonomics integration while regions such as Africa remain underrepresented. Such disparities highlight the need for more inclusive research efforts to ensure equitable adoption of AI-based ergonomic solutions worldwide.

The novelty of the present work lies in its systematic review of the applications of AI in predicting and assessing ergonomic risks over the period 2000–2024. Unlike earlier reviews, which tended to focus on isolated technologies or narrow applications, this study provides a comprehensive analysis of multiple AI subfields applied to diverse workplace contexts. By synthesizing evidence from 32 selected studies, the review not only demonstrates the current capabilities of AI in ergonomics but also identifies existing gaps, limitations, and opportunities for future research.

In sum, the integration of AI into ergonomics represents a paradigm shift. It offers the potential to move beyond reactive assessments toward proactive, predictive, and real-time risk management strategies. This introduction therefore sets the stage for a deeper examination of the methods, findings, and implications of AI-driven ergonomic risk assessment, contributing to both theoretical knowledge and practical advancements in occupational health.

METHODOLOGY

This study adopted a systematic review design to examine how artificial intelligence (AI) has been applied in predicting and assessing ergonomic risks. The methodological framework was developed in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines, which provide a structured and transparent approach to conducting systematic reviews. This framework ensures that the study is replicable, minimizes bias, and allows for comprehensive coverage of existing literature.

Research Question and Framework

The central research question guiding this review was: "How has artificial intelligence been applied in predicting and assessing ergonomic risks, and what are the main methods, outcomes, and limitations reported in the literature?" This question was considered highly relevant because ergonomic risks remain a major contributor to workplace injuries worldwide, and AI presents an emerging set of tools that could enhance both the accuracy and efficiency of risk assessments. By framing the review around this question, the study aimed to generate evidence applicable to both theoretical advancements in ergonomics and practical implementation in industrial and healthcare contexts.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Search Strategy

A systematic search was performed in four electronic databases—PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Web of Science—covering the publication period from 2000 to 2024. These databases were chosen due to their broad coverage of scientific literature in health sciences, engineering, and applied technologies. The search strategy combined keywords and Boolean operators such as:

- "ergonomics" OR "human factors"
- "artificial intelligence" OR "machine learning" OR "computer vision" OR "expert system" OR "natural language processing"
- "risk assessment" OR "prediction" OR "evaluation"

The combined query ensured comprehensive retrieval of studies at the intersection of ergonomics and AI.

Inclusion and Exclusion Criteria

The inclusion criteria were as follows:

1. Original experimental or laboratory-based research articles.
2. Studies that explicitly investigated AI applications in ergonomic risk prediction or assessment.
3. Articles published in English or Persian.

The exclusion criteria were:

- Review articles, books, theses, conference abstracts without full text, and non-research papers such as editorials or commentaries.
- Studies that addressed general occupational health without a direct focus on ergonomics.
- Articles where AI was used for purposes unrelated to ergonomic risk evaluation.

Screening and Data Extraction

The initial search identified 1,106 articles. After removing 155 duplicates, the remaining records were screened by two independent reviewers based on titles and abstracts. A further 145 articles were excluded for failing to meet eligibility requirements. From the remaining pool, 740 articles were excluded due to irrelevance, leaving 66 studies for full-text review. Ultimately, 32 articles met all inclusion criteria and were retained for analysis.

Data extraction was performed using a standardized form that captured the following details: author(s), year of publication, country, study context, AI technique used, ergonomic task or risk evaluated, and key findings. Discrepancies between reviewers were resolved through discussion with a third researcher to ensure methodological rigor.

Rationale for Methodological Approach

The choice of a systematic review was justified by the novelty and diversity of the research area. Since AI in ergonomics is an emerging topic, the systematic approach allowed for a broad yet rigorous synthesis of available knowledge. Moreover, applying PRISMA guidelines enhanced the credibility and transparency of the findings, ensuring that they can inform both academic scholarship and practical ergonomic interventions.

RESULTS

A total of 32 studies met the eligibility criteria and were included in the final analysis. The overall trend indicates that research interest in the use of AI for ergonomic risk prediction and assessment has grown significantly during the last decade, with a sharp rise in publications after 2021. No relevant studies were found before 2014, which underscores the novelty of the topic. The temporal distribution of the included studies revealed three distinct phases. Between 2000 and 2014, no relevant research was identified, which suggests that the integration of ergonomics and artificial intelligence had not yet emerged as a research focus during the early 2000s. From 2015 to 2020, only a limited number of studies (n = 6) were published, most of which concentrated on proof-of-concept applications such as the use of wearable sensors for posture monitoring and the development of simple machine learning classification models. A substantial increase was observed in the period 2021 to 2024, during which 26 studies—representing 81% of the total—were published, with 2024 marking the peak. This sharp rise reflects both rapid technological advancements and a growing awareness of the potential role of AI in enhancing occupational safety and ergonomic risk assessment.

The studies were geographically diverse, though unevenly distributed. Europe accounted for the highest share, contributing 44% of the reviewed literature. America followed with 34%, while Asia contributed 19%, with notable studies from South Korea, China, and Iran. Africa had the lowest contribution with 3%, highlighting a regional research gap.

Analysis of the included studies revealed that several subfields of artificial intelligence have been employed to predict and assess ergonomic risks. The majority of research, accounting for 53%, relied on machine learning techniques, particularly algorithms such as support vector machines, logistic regression, random forests, and neural networks, which were applied to tasks like posture classification and musculoskeletal disorder prediction. Computer vision represented the second most common approach, used in about 25% of the studies, mainly for video-based posture analysis, motion capture, and three-dimensional imaging that enabled real-time ergonomic evaluations. Natural language processing appeared in roughly 10% of the

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

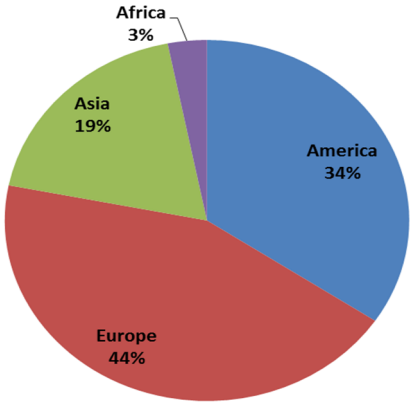


Fig. 1. Geographic distribution of included studies (2000–2024)

.Table 1. Distribution of AI subfields applied in ergonomic risk assessment

AI Subfield	Number of Studies (n = 32)	Percentage	Key Application
Machine Learning	17	53%	Posture classification, MSD prediction
Computer Vision	8	25%	Real-time motion analysis, joint angle estimation
Natural Language Processing	3	10%	Analysis of safety reports, ergonomic task descriptions
Expert Systems	2	7%	Mapping to ergonomic scoring systems
ANN & Robotics	2	5%	Dynamic posture prediction, collaborative support

studies, where it was applied to the analysis of safety reports and job descriptions in order to identify hidden ergonomic risk factors. Expert systems, although less frequently used (7%), served an important role in mapping observed postures to standardized ergonomic assessment tools such as REBA and RULA. Finally, artificial neural networks and robotics were applied in approximately 5% of the reviewed studies, particularly for dynamic posture prediction and in the development of collaborative robotic systems designed to reduce the physical workload of human operators.

Summary of Key Findings

The reviewed studies highlighted several important findings regarding the application of artificial intelligence in ergonomics. Machine learning models consistently demonstrated strong predictive performance, achieving accuracies between 82% and 96% when classifying ergonomic risks such as subacromial pain syndrome and unsafe lifting techniques. Computer vision systems enabled real-time assessment of body postures, with some studies reporting joint angle measurement errors of less than five degrees, underscoring their precision in motion analysis. Wearable sensor-based approaches, particularly when combined with machine learning, facilitated continuous monitoring of biomechanical stress and provided early warnings of hazardous postures. In addition, natural language processing techniques were shown to be effective in identifying latent ergonomic risks from occupational task descriptions and generating practical recommendations for intervention. Finally, robotics-integrated systems not only reduced ergonomic strain by up to 13% but also improved productivity by approximately 33% in certain case studies, highlighting their dual benefit for both worker health and operational efficiency.

DISCUSSION

The cumulative evidence suggests that AI techniques have beenn increasingly effective in automating ergonomic risk prediction and assessment. The predominance of machine learning highlights its versatility across multiple ergonomic domains. Computer vision and wearable technologies provided the strongest evidence for real-time application in industrial settings. While fewer in number, NLP and robotics studies demonstrated promising complementary roles. The present systematic review documents the increasing role of artificial intelligence (AI) in predicting and assessing ergonomic risks over the past two decades. The findings demonstrate that the integration of AI into ergonomic assessment has addressed many long-standing challenges of traditional approaches, such as being time-consuming, resource-intensive, prone to human error, and lacking real-time feedback. These results align with previous research that has identified AI as a transformative force in occupational health sciences (Priyanka & Subashini, 2024; Petrat, 2021). In particular, studies employing machine learning, computer vision, and wearable

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

sensor data analysis have reported remarkable improvements in the accuracy of identifying high-risk postures, predicting work-related musculoskeletal disorders (WMSDs), and providing corrective recommendations (Kim, 2024; Prisco, 2024; Nath et al., 2018). Compared with earlier studies that primarily focused on proof-of-concept evaluations, this review shows that AI has now been successfully implemented not only in laboratory environments but also in real-world industrial contexts, including mining, maritime operations, and construction (Chambi Quiroz, 2024; Panaite et al., 2024). One of the most notable innovations identified in the reviewed literature is the use of vision-language models such as GPT for ergonomic risk evaluation. By simultaneously processing visual and textual information, these models demonstrated higher accuracy and faster performance compared to conventional tools. This capability highlights the potential emergence of a new generation of interactive ergonomic systems that leverage multimodal AI to better capture the complexity of workplace environments. Another important development is the personalization of ergonomic interventions. Several studies showed that machine learning algorithms, by analyzing individual-level data, were able to provide tailored ergonomic recommendations, thereby improving equity in occupational health and offering targeted solutions for vulnerable groups such as aging workers or those with specific physical conditions (Prisco, 2024; Aiello et al., 2021). Nevertheless, the present review also identified several limitations. Despite the promising accuracy of AI-based systems, most still rely on high-quality, pre-processed datasets that may be costly or difficult to obtain in real-world workplace settings (Di Valentin et al., 2016; Estrada-Lugo et al., 2022). Furthermore, the wide diversity of algorithms, tools, and evaluation metrics used across studies complicates direct comparisons and underscores the need for standardized frameworks for AI-driven ergonomic assessments. Additional challenges include privacy concerns related to continuous worker monitoring, compliance with occupational safety regulations, and the need for worker training to effectively operate AI-based systems (Donisi et al., 2023). Addressing these issues will be essential for achieving broader industrial adoption.

The practical implications of these findings are substantial. Occupational safety organizations can use real-time AI-based assessment tools to monitor worker postures, issue immediate warnings, and prevent the onset of WMSDs, thereby enhancing workflow efficiency and safety (Kunz et al., 2022). Moreover, data generated from AI systems can serve as reliable evidence for redesigning workstations, scheduling tasks, and developing rehabilitation programs. At the scientific level, this study provides a foundation for future research that explores the integration of AI with other advanced technologies such as the Industrial Internet of Things (IIoT), digital twins, and augmented reality in ergonomics (Hamilton et al., 2023). In summary, while AI has already demonstrated considerable potential to transform ergonomic risk assessment, further efforts are required to standardize methodologies, address ethical considerations, and validate systems at scale in real industrial settings.

CONCLUSIONS

This systematic review highlights the increasing role of artificial intelligence (AI) in predicting and assessing ergonomic risks and demonstrates its potential to overcome the limitations of traditional ergonomic assessment methods. The evidence collected from 32 studies published between 2000 and 2024 confirms that AI-based approaches—particularly machine learning and computer vision—can significantly enhance accuracy, efficiency, and real-time monitoring in occupational health. These technologies have proven capable of identifying high-risk postures, predicting work-related musculoskeletal disorders (WMSDs), and delivering timely corrective feedback that can prevent injuries and improve worker well-being. The findings also show that AI-driven systems are not limited to experimental laboratory contexts but have been successfully applied in real-world industrial environments, including mining, shipping, and construction. Such applications illustrate the dual benefit of AI in reducing ergonomic strain while simultaneously improving productivity. Moreover, emerging innovations such as vision-language models and personalized AI interventions mark a new era of ergonomic solutions tailored to individual workers and complex workplace settings. Nevertheless, several challenges remain. The effective deployment of AI systems requires access to high-quality datasets, standardized evaluation metrics, and ethical safeguards related to privacy and surveillance. In addition, ensuring worker training and organizational readiness is essential for sustainable adoption. In conclusion, AI represents a transformative tool for ergonomics, offering a shift from reactive assessments toward proactive, predictive, and personalized risk management strategies. Future research should prioritize the development of standardized frameworks, integration with complementary technologies such as the Industrial Internet of Things and digital twins, and large-scale validation in diverse industrial contexts to fully realize the potential of AI in occupational health and safety.

ACKNOWLEDGMENTS

This article is derived from a research project

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

with the ethics code IR.SBMU.PHNS.REC.1404.063, approved by the School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences. The authors gratefully acknowledge the support of the Vice-Chancellor for Research and Technology of Shahid Beheshti University of Medical Sciences.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

A.S.S. supervised the project and designed the study methodology. F.P. & A.T & Y.K.B & .A.M conducted data collection and interpreted results. A.S.S. & A.T. prepared the initial manuscript draft. All authors critically reviewed the manuscript and approved the final version.

OPEN ACCESS

©2026 The author(s). This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made. The images or other third-party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this license, visit: http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

ETHICAL CONSIDERATION

The authors declare that all ethical principles have been considered in this review article. All sources of information and previous studies have been properly cited to respect the intellectual property rights of other researchers. Furthermore, the authors confirm that this work is original and has not been submitted to any other journal simultaneously.

CODE OF ETHICS

IR.SBMU.PHNS.REC.1404.063

FUNDING

This study was financially supported by Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Iran.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest regarding the publication of this manuscript.

GENERATIVE AI & DIGITAL TOOLS

We employed GPT-4 to enhance manuscript clarity through grammar refinement, technical terminology standardization, and syntax optimization.

DATA SHARING & OPEN SCIENCE

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request after publication of this article.

How to cite this article:
Akram Tabrizi, Fatemeh Paridokht, Yaser Khorshidi Behzadi, Ali Mohsenian, Ali salehi sahlabadi. Application Of Artificial Intelligence in Predicting and Assessing Ergonomic Risks: A Systematic Review. Iran Occupational Health. 2026 (01 Jul);23:14.

***This work is published under CC BY-NC 4.0 licence**

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

سلامت کار ایران
دوره ۲۳ - ۱۴/۱۴۰۵

مقاله پژوهشی
http://ioh.iums.ac.ir

کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک: یک مطالعه مروری سیستماتیک

اکرم تبریزی: مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران و گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
فاطمه پری دخت: گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
یاسر خورشیدی بهزادی: گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
علی محسنیان: کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.
علی صالحی سهل آبادی: (* نویسنده مسئول) مرکز تحقیقات ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها، پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران و گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.. asalehi529@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: ارگونومی و عوامل انسانی به دلیل اهمیت در بهبود شرایط کاری، افزایش بهره‌وری و کاهش آسیب‌های جسمی ناشی از محیط کار، به یکی از زمینه‌های کلیدی برای توسعه و کاربرد هوش مصنوعی (AI)[1] تبدیل شده‌اند. لذا هدف این مقاله مروری، بررسی مطالعات موجود پیرامون کاربرد هوش مصنوعی در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک است.

روش بررسی: پروتکل این مطالعه بر اساس دستورالعمل موارد ترجیحی برای گزارش‌دهی در خصوص مرورهای سیستماتیک و متاآنالیز (PRISMA)[2] تهیه و ارائه شد. برای یافتن مقالات مرتبط، از پایگاه‌های اطلاعاتی و موتورهای جستجوی علمی و دانشگاهی (PubMed، Scopus، ScienceDirect و Web of Science) استفاده شد. برای این منظور، با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع، به جستجو در پایگاه‌های علمی طی سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ پرداخته شد. معیارهای ورود به مطالعه شامل مقالات اصیل پژوهشی، تجربی و آزمایشگاهی که کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک را مورد بررسی قرار داده‌اند و همچنین مقالات به زبان‌های انگلیسی بودند. همچنین، معیارهای خروج از مطالعه شامل مقالات با موضوعات غیرمرتبط، مقالات غیرپژوهشی از جمله سرمقاله‌ها، یادداشت‌های نویسندگان، نامه به سردبیر و انواع مطالعات از جمله کتاب‌ها و مقالات مروری بودند.

یافته ها: این مطالعه به بررسی ۳۲ مقاله درباره کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ پرداخت. بیشترین تحقیقات از سال ۲۰۲۱ به بعد و بویژه در سال ۲۰۲۴ انجام شده است. روش‌های مختلفی از جمله Vision، Expert Systems، Natural Language Processing و Machine learning به‌طور گسترده استفاده شده است. همچنین نتایج نشان داد در این میان روش‌های یادگیری ماشین بیشترین کاربرد را در مطالعات داشته‌است. همچنین بیشترین و کمترین تعداد مطالعات به ترتیب با ۴۴ و ۳ درصد مربوط به قاره اروپا و آفریقا بودند.

نتیجه گیری: این مطالعه با مرور سیستماتیک مطالعات موجود، نقش فزاینده هوش مصنوعی در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک را برجسته کرده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، بینایی ماشین، و سایر زیرمجموعه های هوش مصنوعی می‌تواند دقت، کارایی و بلادرنگی ارزیابی‌های ارگونومیکی را نسبت به روش‌های سنتی به‌طور معناداری افزایش دهد.

تعارض منافع: ندارد.

منبع حمایت کننده: ندارد.

کلیدواژه‌ها
ارگونومی
پیش بینی
هوش مصنوعی
یادگیری ماشین

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۶

1. Artificial Inteligent
2. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

شیوه استناد به این مقاله:
Akram Tabrizi, Fatemeh Paridokht, Yaser Khorshidi Behzadi, Ali Mohsenian, Ali salehi sahlabadi. Application Of Artificial Intelligence in Predicting and Assessing Ergonomic Risks: A Systematic Review. Iran Occupational Health. 2026 (01 Jul);23:14.

*انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با CC BY-NC 4.0 صورت گرفته است

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

مقدمه

ارگونومی یا مهندسی عوامل انسانی یک رشته علمی است که به درک تعامل بین افراد و سایر عناصر یک سیستم می‌پردازد و نظریه‌ها، اصول، دانش و روش‌هایی را به کار می‌گیرد که عملکرد کلی سیستم و انسان را بهینه می‌کند. در تعریفی دیگر، ارگونومی علمی است که با در نظر گرفتن فاکتورهای بهداشتی، سازگاری کارگران را با شرایط کاری تشدیدکننده و سریع امروزی تضمین می‌کند(۱). ارگونومی بر انطباق طراحی با ویژگی‌های فیزیکی کاربران برای بهینه‌سازی راحتی و عملکرد تمرکز دارد، در حالی که مهندسی عوامل انسانی به تعامل شناختی بین انسان و سیستم‌ها پرداخته و نحوه درک و پردازش اطلاعات را برای بهبود رابط و عملکرد سیستم ارزیابی می‌کند(۲). مزایای استفاده از ارگونومی صحیح شامل افزایش ایمنی و راحتی کارگران است که منجر به کاهش خستگی و افزایش بهره‌وری می‌شود(۳)

هوش مصنوعی[1] (AI) به عنوان یکی از فناوری‌های پیشرفته در عصر دیجیتال، تأثیر چشمگیری بر حوزه‌های مختلف علمی و صنعتی داشته است (۴) زیرا تلاش مستمر دانشمندان و مهندسان طی بیش از ۶۵ سال بوده است(۵). تعریف AI آسان نیست. در واقع، تعریف جامع و پذیرفته‌شده‌ای از این مفهوم وجود ندارد. تعریف رایج AI این است که فناوری است که ماشین‌ها را قادر می‌سازد تا مهارت‌های مختلف انسانی را تقلید کنند(۶). AI مجموعه‌ای متنوع از ابزارها، تکنیک‌ها و الگوریتم‌ها را در بر می‌گیرد. زیرمجموعه‌های AI شامل Machine learning، Natural language processing، Expert systems، Speech recognition، Computer Vision، Robotics، Artificial Neural Network و Planning است. این زیرمجموعه‌ها در حال رشد هستند و تأثیرات قابل توجهی در حوزه‌های مختلفی مانند مراقبت‌های بهداشتی، فضا، رباتیک و نظامی دارند. با توجه به افزایش داده‌ها، دسترسی گسترده به اینترنت، قدرت بالای پردازش کامپیوترها و وجود الگوریتم‌های پیشرفته، AI قرار است کارایی و پیچیدگی فناوری‌های آینده را به سطحی جدید برساند. یکی از اهداف اصلی AI، ساخت سیستم‌های هوشمند کاملاً خودکار است که با محیط خود تعامل کرده، بهترین رفتارها را پیدا کرده و مانند انسان‌ها از طریق آزمون و خطا به تدریج بهبود می‌یابند(۷).

ارگونومی و عوامل انسانی به دلیل اهمیت در بهبود شرایط کاری، افزایش بهره‌وری و کاهش آسیب‌های جسمی ناشی از محیط کار، به یکی از زمینه‌های کلیدی برای توسعه و کاربرد AI تبدیل شده‌اند. به عبارتی، AI به طور فزاینده‌ای در این حوزه مورد استفاده قرار می‌گیرد تا ایمنی و کارایی در محیط‌های کاری را بهبود بخشد(8, 9). کاربردهای AI در حوزه ارگونومی، متنوع و چندبعدی هستند. یکی از این کاربردها، بهره‌گیری از بینایی کامپیوتر به عنوان زیرمجموعه‌ای از AI است که حرکات کارگران، وضعیت‌های بدنی و عوامل محیطی را در زمان واقعی تجزیه و تحلیل می‌کند. این تحلیل‌ها امکان اعمال تنظیمات فوری را فراهم می‌کنند که منجر به کاهش خطرات ارگونومیک و ایجاد محیط‌های کاری ایمن‌تر و راحت‌تر می‌شود(۹). یکی دیگر از کاربردهای مهم، استفاده از نرم‌افزارهای مبتنی بر AI برای انجام ارزیابی‌های ارگونومیک به‌صورت مجازی است. در این روش، از مدل‌های دیجیتالی محیط کار استفاده می‌شود و کارگران می‌توانند داده‌های مربوط به ایستگاه‌های کاری خود را وارد کنند. سپس، الگوریتم‌های AI تنظیمات بهینه‌ای را برای بهبود شرایط ارگونومیک پیشنهاد می‌دهند که این امر نیاز به حضور ارزیابان حضوری را کاهش می‌دهد(۱۰). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که سیستم‌های مبتنی بر AI، از جمله یادگیری ماشین[2] و پردازش تصویر، نقش بسزایی در ارزیابی وضعیت‌های ارگونومیکی، پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار (WMSDs[3]) و بهینه‌سازی تعامل بین انسان و ماشین دارند. با این حال، باید توجه داشت که اگرچه AI پتانسیل بالایی برای بهبود ارگونومی دارد، هنوز شکاف‌های تحقیقاتی متعددی وجود دارد که نیاز به بررسی و پر کردن آن‌ها احساس می‌شود(9, 11). با توجه به سرعت پیشرفت‌های فناوری، ارگونومیست‌ها می‌توانند از راه‌حل‌های نرم‌افزاری جدید مبتنی بر AI برای مدیریت ریسک‌های محل کار و تصور مداخلات ارگونومیک استفاده کنند. AI به‌طور قابل‌توجهی بر زمینه‌های ارگونومی تأثیر می‌گذارد. ادغام AI در ارگونومی، نمایانگر یک پارادایم دگرگون‌کننده در بهینه‌سازی محیط‌های محل کار است. راه‌حل‌های مبتنی بر AI در ارگونومی از تجزیه و تحلیل داده‌های پیشرفته برای ارزیابی عوامل انسانی، نیازهای کار و شرایط محیطی استفاده می‌کنند و یک رویکرد مبتنی

1 Artificial Inteligent

2 Machine Learning

3 Work-related Musculoskeletal Disorders

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۱. استراتژی جستجو برای شناسایی مقالات منتشر شده در مورد کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک

No.	Component	Search term
#۱	Ergonomic	"Ergonomic" OR "Ergonomics" OR "Human factor"
#۲	Artificial Intelligence	"Artificial Intelligence" OR "AI"
#۳	Risk Assessment and Prediction	"Risk Assessment" OR "Risk Evaluation" OR "Prediction" OR "Forecast" OR "Prognosis" OR "Anticipation"
#۴	Search Time Limit	۲۰۰۰ - ۲۰۲۴
	Overall Search Strategy	#۱ AND #۲ AND #۳ AND #4

بر داده برای طراحی ارگونومیک ارائه می‌دهند. این نه تنها خطر آسیب‌های محیط کار را به حداقل می‌رساند، بلکه محیط‌هایی را تقویت می‌کند که سلامت و بهره‌وری کارکنان را ارتقا می‌دهد(۱۲).

روش‌های ارزیابی مشاهده‌ای موجود برای ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک و شناسایی وضعیت‌های بدنی پرخطر، ساده و کاربرپسند هستند اما در صورت نیاز به تحلیل‌های آماری پیچیده‌تر از ویژگی‌های دینامیکی وضعیت‌های بدنی، با چالش‌هایی مواجه می‌شوند. از جمله این چالش‌ها می‌توان به حجم بالای داده‌های مورد نیاز برای پردازش، هزینه زیاد نیروی انسانی و تأثیر احتمالی سوگیری ارزیاب بر نتایج اشاره کرد(۱۳). در سال ۲۰۲۵، روز جهانی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای با شعار "انقلابی در ایمنی و سلامت: نقش هوش مصنوعی و دیجیتالی شدن در کار" نامیده شد. این شعار بر تحولات عمیقی تأکید دارد که فناوری‌های نوین، به ویژه AI و دیجیتالی‌سازی، در ایجاد محیط‌های کاری ایمن‌تر و سالم‌تر ایفا می‌کنند(۱۴). در نتیجه، ادغام AI و دیجیتالی‌سازی در ارگونومی و بهداشت حرفه‌ای می‌تواند انقلابی در ایمنی و سلامت شغلی ایجاد کند و آینده‌ای پایدار و ایمن برای کارکنان در سراسر جهان به ارمغان آورد.

هدف از این مطالعه، بررسی کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک است. این مطالعه به افراد مرتبط با سلامت و ایمنی کمک می‌کند تا با استفاده از AI، اقدامات مؤثری را برای رویارویی با عوامل زیان‌آور ارگونومیک اتخاذ نمایند.

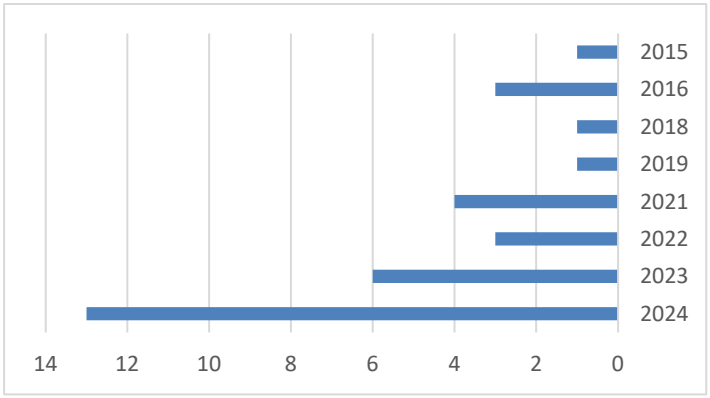
روش کار

مطالعه حاضر یک مرور سیستماتیک در خصوص کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک است. مرور سیستماتیک روشی است که گام‌به‌گام و صریح ابتدا سؤالات تحقیق را تدوین می‌کند، سپس به انتخاب و ارزیابی مقالات علمی مرتبط با سؤالات تحقیق می‌پردازد و در نهایت، یک ارزیابی جامع و نظام‌مند از اطلاعات انجام می‌دهد (۱۵). بنابراین، پروتکل این مطالعه بر اساس دستورالعمل موارد ترجیحی برای گزارش‌دهی در خصوص مرورهای سیستماتیک و متاآنالیز (PRISMA) تهیه و ارائه شد. برای یافتن مقالات مرتبط، از پایگاه‌های اطلاعاتی و موتورهای جستجوی علمی و دانشگاهی (PubMed، Scopus، ScienceDirect و Web of Science) استفاده شد.

برای این منظور، دو محقق (A.M) و (A.T) با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع، به جستجو در پایگاه‌های علمی پرداختند. جستجو در پایگاه‌های داده توسط دو محقق، دقت، سیستماتیک بودن و تکرارپذیری روش را تضمین می‌کند. استراتژی جستجو شامل کلمات کلیدی و انتخاب پایگاه‌های اطلاعاتی با مشورت اعضای تیم تحقیقاتی تدوین شده است. استراتژی جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی مذکور در جدول ۱ توضیح داده شده است.

معیارهای ورود به مطالعه شامل مقالات اصیل پژوهشی، تجربی و آزمایشگاهی است که کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک را مورد بررسی قرار داده‌اند و همچنین مقالات به زبان‌های انگلیسی بودند. همچنین، معیارهای خروج از مطالعه شامل مقالات با موضوعات غیرمرتبط، مقالات غیرپژوهشی از جمله سرمقاله‌ها، یادداشت‌های نویسندگان، نامه به سردبیر و انواع مطالعات از جمله کتاب‌ها و مقالات مروری بودند.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۱. توزیع مطالعات منتشرشده بر اساس سال انتشار

مطالعات به‌دست‌آمده از جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، وارد نرم‌افزار EndNote X8 شدند. ابتدا مقالات تکراری حذف شدند. در گام بعدی، A.M و A.T به طور مستقل با بررسی عنوان و چکیده مقالات، آن‌ها را بر اساس معیارهای ورود و خروج غربال کردند. سپس، این دو محقق به مطالعه متن کامل مقالات پرداختند. در این مرحله، مقالاتی که متن کامل آن‌ها در دسترس نبود، غیرمرتبط بودند و نوع آن‌ها با معیارهای ورود به مطالعه تطابق نداشت، حذف شدند. همچنین، همکار پژوهشی (Y.Kh) هر گونه اختلاف‌نظر میان دو پژوهشگر را بررسی و حل کرد. فرآیند غربالگری و استخراج داده‌ها در شکل 1 نشان داده شده است. در گام بعد، بخش‌های نتایج و بحث هر مقاله، بررسی شده و اطلاعات کلیدی استخراج و خلاصه گردید. این اطلاعات شامل نام نویسنده اول، سال انتشار، عنوان مقاله، محل انجام مطالعه (کشور)، زیرمجموعه AI مورد استفاده، اقدام انجام‌شده و نتایج حاصل از آن بود. در نهایت، نتایج مطالعات انتخاب‌شده با استفاده از رویکرد توصیفی تحلیل شدند.

یافته ها

بررسی مقالات منتشر شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ توزیع غیرهمگنی داراست بطوریکه بیشترین مطالعه در این زمینه از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۴ انجام یافته است (شکل ۱) و در فاصله زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ مطالعه ای در این زمینه منتشر نشده است، لذا بنظر می رسد این موضوع کاملا نوآورانه است و می تواند جایگاه ویژه ای در بین محققین و متخصصین حوزه ارگونومی و عوامل انسانی ایجاد نماید.

در مطالعات انجام یافته روش های مختلفی برای پیش بینی و ارزیابی ریسک های ارگونومیک مورد استفاده قرار گرفته اند که در ادامه در قالب بخش های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین خلاصه‌ای از یافته‌های مقالاتی که به کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک پرداخته‌اند، در پیوست ۱ ارائه شده است.

مطابق شکل ۲ در جستجوی اولیه ۱۱۰۶ مقاله یافت شد. از این تعداد، ۱۵۵ مقاله به دلیل تکراری بودن حذف شدند. ۱۴۵ مقاله نیز به دلیل نداشتن معیارهای ورود کنار گذاشته شدند. با بررسی عناوین و چکیده‌های مقالات، ۷۴۰ مقاله به دلیل نامرتبط بودن حذف گردیدند. همچنین، ۳۴ مقاله به علت در دسترس نبودن متن کامل، نوع مقاله و نامرتبط بودن (پس از مطالعه متن کامل مقاله) حذف شدند. در نهایت، ۳۲ مقاله در این مطالعه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت.

شکل ۳ نیز توزیع مطالعات یافت‌شده را در سراسر قاره‌ها نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین تعداد مطالعات به ترتیب با ۴۴ و ۳ درصد مربوط به قاره اروپا و آفریقا بودند.

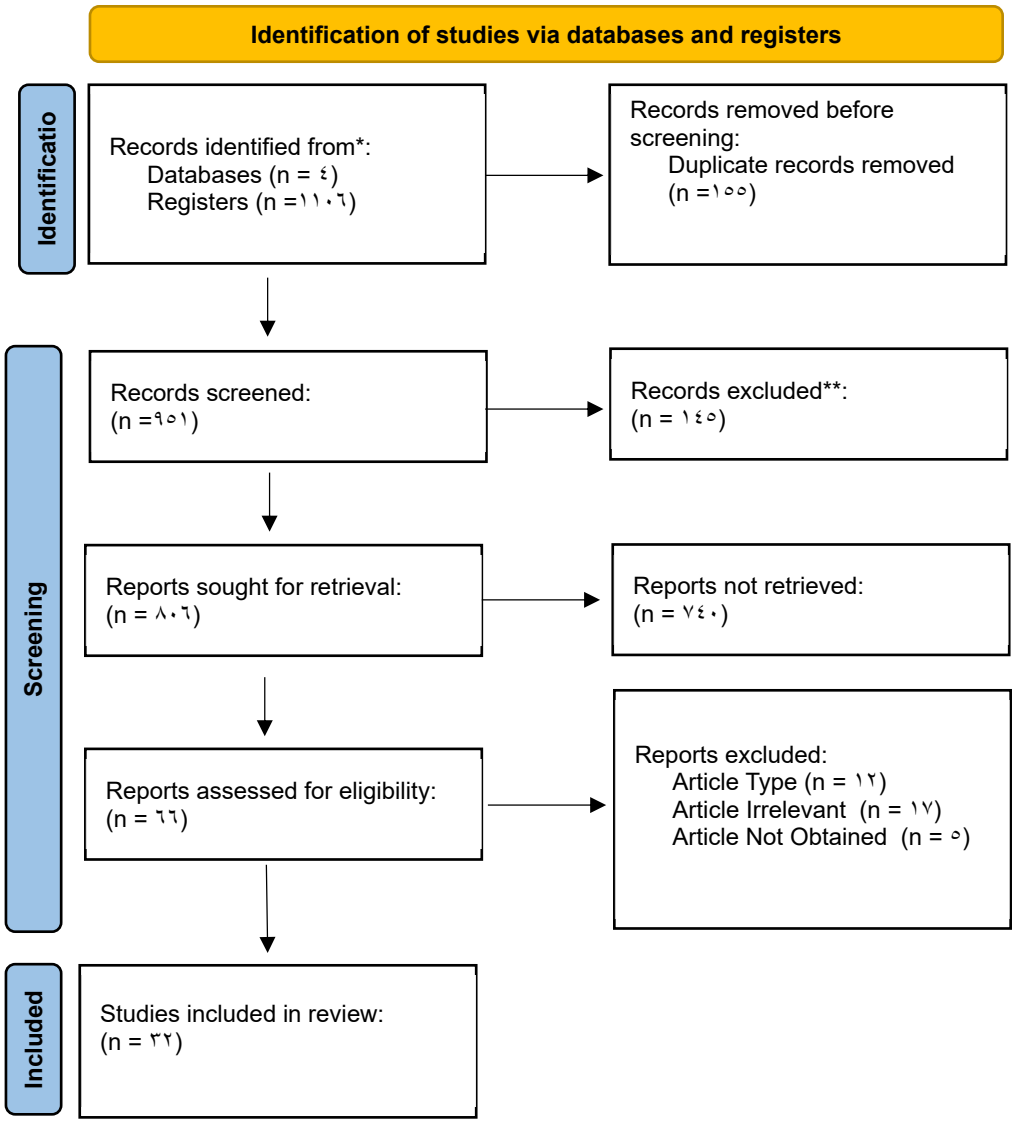
کاربرد AI در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک

یادگیری ماشین

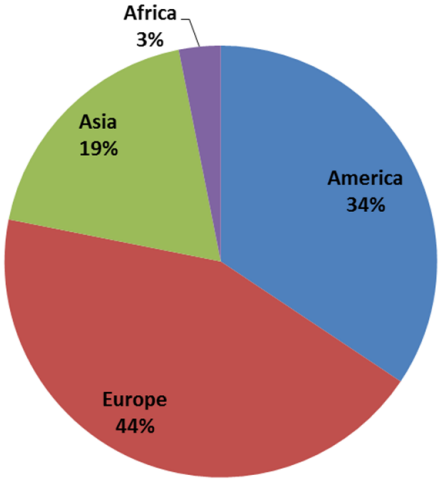
یادگیری ماشین از الگوریتم های متنوعی تشکیل شده است که هر یک کاربردهای خاصی دارند. جنگل تصادفی (RF[1])، رگرسیون لجستیک[2]، الگوریتم K نزدیکترین همسایه KNN[3]، الگوریتم ماشین بردار پشتیبان(SVM[4]) و ... جزء روش های یادگیری ماشین می باشند. مطالعات متعددی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند، به وضوح نشان می‌دهند که یادگیری ماشین به عنوان یک

1 Random Forest
2 Logistic regression
3 K-Nearest Neighbors
4[4] Support Vector Machine

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۲. نمودار AMSIRP مورد استفاده در این مطالعه



شکل ۳. توزیع مطالعات انجام شده در هر قاره

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

ابزار تحلیلی قدرتمند، تحولی اساسی در حوزه ارگونومی و سلامت شغلی ایجاد کرده است. این فناوری با ارائه راهکارهای نوین، امکان پیش‌بینی، تشخیص و پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار(WMSDs) را با دقت و کارایی بی‌سابقه‌ای فراهم کرده است. در ادامه به بررسی این مطالعات پرداخته می شود.

در مطالعه ای، یک مدل یادگیری ماشین برای پیش‌بینی و طبقه‌بندی وجود یا عدم وجود سندروم درد ساباکرومینال (SAPS[1]) در کارگران مونتاژ طراحی شد. نتایج نشان داد مدل‌های یادگیری ماشین مانند ماشین بردار پشتیبان (SVM) و شبکه‌های عصبی مصنوعی توانسته‌اند با دقت بالا (۸۲-۹۶٪) شرایطی مانند سندرم درد ساباکرومینال یا وضعیت‌های نامناسب ستون فقرات را تشخیص دهند. این مدل با استفاده از داده‌های مربوط به دامنه حرکت مفصل شانه و قدرت آن، از طریق الگوریتم ماشین بردار پشتیبان ساخته شد. برای شناسایی متغیرهای مهم در پیش‌بینی SAPS، از روش اهمیت جایگشتی استفاده شد. نتایج نشان داد که دقت مدل طبقه‌بندی پشتیبان برداری چندجمله‌ای برای شناسایی کارگران مبتلا به SAPS معادل ۸۲/۴٪ بوده است. از جمله متغیرهای مهم در ساخت مدل می‌توان به چرخش داخلی و دور شدن شانه از بدن در دامنه حرکت آن و همچنین چرخش داخلی قدرت عضلات شانه اشاره کرد. نتایج نشان داد با استفاده از این مدل، می‌توان طبقه‌بندی SAPS در کارگران را با دقت بالا و با استفاده از داده‌هایی نسبتاً ساده و در دسترس مانند قدرت عضلات شانه و دامنه حرکتی آن انجام داد. علاوه بر این، می‌توان با استفاده از برنامه‌های ورزشی یا توانبخشی، عواملی که بر ساخت مدل تأثیر دارند را تنظیم کرده و از بروز SAPS در کارگران جلوگیری کرد (۱۶).

ترکیب یادگیری ماشین با واقعیت مجازی و سیستم‌های موشن کپچر، امکان شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضعیت‌های بدنی را تا ۳ ثانیه جلوتر با دقت بالا فراهم کرده است. در مطالعه ای یک محیط آموزشی واقعیت مجازی توسعه داده شد که ارگونومی و تجربه کاربر را در حین انجام وظایف بهبود می‌بخشد. این سیستم از پیش‌بینی حرکات انسانی به کمک مدل STS-GCN بهره می‌گرفت که قادر است به‌صورت آنی، وضعیت آینده‌ی بدن کاربر را تا سه ثانیه جلوتر با دقت بالا پیش‌بینی کند. سپس، با استفاده از این پیش‌بینی، شاخص ارگونومی REBA[2] محاسبه و در صورت وجود ریسک، به کاربر هشدار داده می شد تا وضعیت بدنی خود را اصلاح کند. نتایج این مطالعه نشان داد به‌کارگیری یادگیری چندوظیفه‌ای موجب بهبود چشمگیر دقت پیش‌بینی حرکات می‌شود. طبق نتایج می توان گفت این روش به‌طور کلی برای طیف وسیعی از وظایف دستی قابل استفاده است، زیرا بیشتر این وظایف را می‌توان در محیط‌های مجازی شبیه‌سازی کرد(۱۷).

در مطالعه دیگری با هدف بررسی امکان استفاده از AI برای شناسایی استراتژی‌های حرکتی پرخطر در استانداردهای جسمانی شغلی، از تحلیل بیومکانیکی برای اندازه‌گیری زاویه‌ی خم شدن و گشتاور عضلات بازکننده‌ی ناحیه‌ی کمری ستون فقرات در حین انجام یک فعالیت بلند کردن تخته استفاده شد. بر اساس میزان بار مکانیکی واردشده به ستون فقرات، این فعالیت‌ها به دو دسته‌ی «کم‌ریسک» و «پرخطر» تقسیم‌بندی شدند. سپس، مدلی مبتنی بر AI شامل تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل ممیز خطی برای طبقه‌بندی این فعالیت‌ها توسعه یافت. مدل AI توانست با استفاده از داده‌های حرکتی، بیش از ۸۵٪ از حرکات را به‌درستی طبقه‌بندی کند. این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان از AI برای ارزیابی شایستگی حرکتی در استانداردهای جسمانی شغلی بهره برد و از این طریق، خطر WMSDs را به‌صورت پیشگیرانه شناسایی و مدیریت کرد (۱۸).

در مطالعه ای نیز به معرفی روشی بدون ایجاد اختلال برای ارزیابی سطح ریسک ارگونومیک ناشی از فشار بیش از حد پرداخته شد. این هدف از طریق جمع‌آوری داده‌های حرکتی زمان‌دار از گوشی‌های هوشمند نصب‌شده روی بدن (مانند سیگنال‌های شتاب‌سنج، شتاب‌سنج خطی و ژیروسکوپ)، شناسایی خودکار فعالیت‌های کارگران با استفاده از یک چارچوب طبقه‌بندی، تخمین مدت زمان و دفعات فعالیت‌ها محقق شد. این مطالعه همچنین تنظیمات مختلف جمع‌آوری و پردازش داده‌ها (مانند موقعیت گوشی هوشمند، کالیبراسیون، اندازه پنجره و انواع ویژگی‌ها) را با استفاده از روش اعتبارسنجی متقاطع «ترک یک مورد» بررسی کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که سیگنال‌های جمع‌آوری‌شده از گوشی هوشمند متصل به بازو، در صورت کالیبراسیون، می‌توانند دقتی تا ۹۰,۲٪ در وظیفه طبقه‌بندی به سه دسته مختلف داشته باشند. همچنین، پردازش‌های تکمیلی پس از طبقه‌بندی فعالیت‌ها، امکان برآورد دقیق سطح ریسک ارگونومیکی

1 Subacromial Pain Syndrome

2 Rapid Entire Body Assessment

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

را فراهم کرد (۱۹).

بعلاوه در مطالعه‌ای دیگر، کاربرد هوش مصنوعی در بهبود روش های سنتی دیده شد. یک سیستم مبتنی بر حسگرهای پوشیدنی معرفی شد که هدف آن ارتقاء سلامت شغلی در میان کارکنان صنعتی با در نظر گرفتن روند سالمندی نیروی کار و افزایش سن بازنشستگی بود. این سیستم با ثبت مداوم داده‌های حرکتی از طریق حسگرهای نصب‌شده بر روی بدن کارکنان، امکان تحلیل بلادرنگ وضعیت‌های بدنی را فراهم می‌کرد و در صورتی که کارکنان در طول گردش کار به وضعیت‌های نامناسب ارگونومیکی وارد می‌شدند، بلافاصله به آن‌ها بازخورد ارائه می‌داد. از سوی دیگر، این سامانه داده‌های ارگونومیکی ثبت‌شده را در اختیار مدیران قرار می‌داد تا بتوانند بخش‌های پرریسک گردش کار را شناسایی کرده و فرآیندها را به گونه‌ای بازطراحی کنند که سلامت ارگونومیکی بهبود یابد. همچنین، این روش امکان تحلیل دقیق‌تری از روش‌های ارزیابی ارگونومی نظیر OWAS[1] و EAWS[2] فراهم کرده بود و عملکرد آن‌ها را در شرایط واقعی گردش کار مورد بررسی قرار داده بود. نتایج نشان داد که استفاده از این فناوری می‌تواند نقشی مؤثر در پیشگیری از WMSDs و بهینه‌سازی شرایط ارگونومیکی گردش‌های کاری در محیط‌های صنعتی ایفا کند (۲۰).

همچنین پژوهشی دیگر بر توسعه یک مدل پیش‌بینی برای ارزیابی مواجهه با ارتعاشات دست-بازو با بهره‌گیری از AI، به‌ویژه شبکه‌های عصبی مصنوعی، تمرکز داشت تا خطرات بالقوه بهداشتی در میان کارگران چمن‌زن در مالزی را بررسی کند. هدف محققان، پیش‌بینی اثرات مواجهه با ارتعاشات دست-بازو از طریق توسعه یک سیستم نمره‌دهی عددی بود. متغیرهای مستقل شامل سن، سابقه کاری و برآورد میزان مواجهه با ارتعاشات دست-بازو بودند، در حالی‌که متغیر وابسته، نمره‌دهی عددی برای هر دست تعریف شد. برای تحلیل این متغیرها، از یک شبکه عصبی مصنوعی با معماری پیش‌خور و الگوریتم بازپس‌انتشار استفاده شد و تابع فعال‌سازی مورد استفاده، سیگموئید "tanh" بود. نتایج مطالعه نشان داد که مدل‌های پیش‌بینی ارتعاشات دست-بازو از دقت بالایی برخوردارند، به‌طوری‌که خطای نسبی پیش‌بینی کمتر از ۰/۱ درصد در مقایسه با داده‌های واقعی بود (۲۱). نتایج یک مطالعه دیگر نیز نشان داد که با استفاده از دو الگوریتم ساده طبقه‌بندی مبتنی بر یادگیری ماشین، می‌توان داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌هایی با مشارکت انسان در چندین ایستگاه کاری مختلف را تحلیل کرد تا فعالیت‌هایی که منجر به بروز درد و خستگی می‌شوند یا از آن جلوگیری می‌کنند، شناسایی شوند (۲۲).

در مطالعه دیگری، به بررسی قابلیت استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تشخیص خودکار و دقیق وضعیت‌های بدنی ایمن و ناایمن در حین انجام وظایف بلند کردن بار پرداخته شده است. برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز، یک واحد اندازه‌گیری اینرسی روی جناغ سینه‌ی ۱۵ نفر از شرکت‌کنندگان نصب شد. این داده‌ها شامل سیگنال‌های شتاب خطی و سرعت زاویه‌ای بودند که پس از ثبت، به بخش‌هایی تقسیم شده و ویژگی‌هایی از جنبه‌های زمانی و فرکانسی آن‌ها استخراج شد. یک مجموعه داده نظارت‌شده که شامل ویژگی‌های استخراج‌شده بود، برای آموزش چندین مدل یادگیری ماشین و ارزیابی توان پیش‌بینی آن‌ها استفاده شد. نتایج مطالعه حاکی از عملکرد موفق الگوریتم رگرسیون لجستیک در طبقه‌بندی وضعیت‌های ایمن و ناایمن در دو دسته مجزا بود که با دقت ۹۶٪ و مساحت زیر منحنی مشخصه عملکرد گیرنده تا ۹۹٪ توانست سایر الگوریتم‌ها را از نظر عملکرد پشت سر بگذارد. این یافته‌ها نشان می‌دهند که روش پیشنهادی توانایی تشخیص دقیق وضعیت‌های ایمن و ناایمن در فعالیت‌های بلند کردن بار را دارد (۲۳). همچنین پژوهش da Silva با هدف بررسی شیوع WMSDs و شرایط کاری مرتبط با آن‌ها در میان کارگران انجام شد. داده‌های مربوط به وضعیت بدنی با استفاده از روش‌هایی نظیر مشاهده مستقیم، عکس‌برداری و فیلم‌برداری جمع‌آوری و با بهره‌گیری از ابزار REBA[3] تحلیل گردید. همچنین، داده‌های مربوط به ناراحتی‌های بدنی از طریق پرسش‌نامه نوردیک گردآوری شد. در این مطالعه به‌منظور تحلیل دقیق‌تر داده‌ها، از AI و روش‌های یادگیری ماشین، به‌ویژه الگوریتم رگرسیون لجستیک استفاده شد. نتایج نشان داد که این الگوریتم توانسته است همبستگی میان بروز علائم WMSDs در نواحی مانند گردن، مچ‌ها، لگن و ران را با شرایط کاری شناسایی کند (۲۴). در پژوهشی دیگر، یک دستگاه پوشیدنی برای جمع‌آوری داده‌های ارتعاش توسعه داده شد که سیگنال‌های دریافتی را در قالب پنجره‌های زمانی تقسیم می‌کرد. سپس، یک مدل یادگیری ماشین به‌منظور شناسایی فعالیت‌های کارگران

1 Ovako Working Posture Analyzing System
2 Ergonomic Assessment Work Sheet
3 Rapid Entire Body Assessment

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

و ارزیابی میزان مواجهه با ریسک‌های ارتعاشی پیشنهاد شد. نتایج آزمایش‌ها، امکان‌پذیری و اثربخشی روش پیشنهادی را نشان دادند (۲۵). همگی این مطالعات دلالت بر اهمیت کاربرد روش یادگیری ماشین در حوزه ارگونومی و نقش بارز آن در توسعه این حوزه دارد.

Computer Vision

هوش مصنوعی بینایی یک زیرشاخه مهم از هوش مصنوعی است که به ماشین‌ها و سیستم‌ها امکان تفسیر و درک تصاویر و ویدئوها را می‌دهد. هدف اصلی این حوزه از هوش مصنوعی، ایجاد ماشین‌ها و الگوریتم‌هایی است که بتوانند اطلاعات بصری را مانند انسان‌ها تجزیه و تحلیل کرده و از آنها درک کنند. در مطالعه‌ی ای، ارزیابی‌های ارگونومیک با استفاده از نرم‌افزار مجهز به AI، سیستم ثبت حرکات (Motion Capture) و سامانه‌ی پایش نیرو انجام شد تا تأثیر طراحی ابزارهای کشاورزی بر وضعیت بدنی و میزان فشار فیزیکی مورد بررسی قرار گیرد (۲۶). مطالعات دیگر در محیط‌های پزشکی (۲۷) و صنعتی (۲۸) نیز بر قابلیت‌های این فناوری در شناسایی خودکار وضعیت‌های نامناسب بدنی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک تأکید داشتند. در مطالعه‌ای در میان دانشجویان پزشکی و رزیدنت‌های جراحی، با استفاده از یک برنامه تجزیه و تحلیل ویدیویی مبتنی بر AI، زوایای مفاصل محاسبه و عوامل خطر ارگونومیک طبقه‌بندی شدند(۲۷). پژوهش دیگری نیز کاربرد AI در ارزیابی ارگونومیک فعالیت‌های دستی در محیط‌های تولیدی را بررسی کرد. در این مطالعه داده‌های مربوط به ارزیابی از طریق ویدئوهای ضبط‌شده توسط دوربین‌های نصب‌شده در نقاط استراتژیک محیط کار به‌دست آمده‌اند. تصاویر منتخب از این ویدئوها به‌صورت دستی انتخاب و بر اساس روش‌های RULA[1] و REBAامتیازدهی شدند. نتایج اولیه نشان داد که تحریف تصاویر می‌تواند بر دقت ارزیابی تأثیر منفی بگذارد. (۲۸). پژوهش پیشرفته در زمینه پایش مچ دست (۲۹) گواهی بر توانایی منحصر به فرد هوش مصنوعی بینایی در ارائه راهکارهای پیشگیرانه است. در این مطالعه ارائه‌ی یک روش نوین برای پایش وضعیت مچ دست و جلوگیری از بروز سندرم کانال گایون، از طریق سیستم‌های هشدار مبتنی بر منطق فازی، انجام شد. از دوربینی نصب‌شده بر روی صفحه‌نمایش کامپیوتر برای دریافت تصاویر دست کاربر استفاده شد. این تصاویر سپس پردازش و دست‌های کاربر شبیه‌سازی شدند تا موقعیت دقیق مچ دست و زاویه‌ی آن تعیین شود. پس از شبیه‌سازی، زاویه‌ی مچ دست استخراج و مدت‌زمان قرارگیری در وضعیت نادرست محاسبه شد. بر اساس این داده‌ها، سیستم هشدار مبتنی بر منطق فازی فعال می‌شد. این سیستم با توجه به زاویه‌ی مچ دست و مدت‌زمان قرارگیری در وضعیت‌های مضر، به کاربر هشدار می‌داد تا وضعیت مچ خود را اصلاح کند و از فشار به عصب اولنار جلوگیری نماید. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده‌ی کارایی بالای سیستم در شبیه‌سازی دقیق وضعیت مچ دست و ارائه‌ی هشدارهای لازم در زمان مناسب بود. این سیستم به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به کاهش خطرات ناشی از فشار به عصب اولنار و بروز سندرم کانال گایون کمک کرد. کاربران قادر بودند با اصلاح وضعیت مچ دست خود، از بروز مشکلات حسی و حرکتی جلوگیری کنند (۲۹). همگی این مطالعات

یادگیری ماشین و Computer vision

در یکی از مطالعات اخیر در حوزه ارگونومی صنعتی، یک روش نوآورانه ارزیابی ارگونومیک در زمان واقعی با بهره‌گیری از AI معرفی شد که به‌ویژه در بخش معدن مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش، از حسگرهای حرکتی نصب‌شده بر روی اندام‌های بدن (بازو، پاها، گردن و غیره) استفاده شد که به‌صورت پیوسته زاویه اندام‌ها و مدت زمان انجام فعالیت‌ها را ثبت و تحلیل کردند. با استفاده از این داده‌ها، شاخص‌های ارگونومیکی معتبری مانند RULA، REBA و OWAS به‌صورت بلادرنگ محاسبه شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که روش مبتنی بر AI از حساسیت بالاتری نسبت به روش‌های مشاهداتی سنتی برخوردار بود و توانست پیشنهاداتی برای کاهش ریسک ارگونومیک ارائه دهد. این مقایسه بین دو روش (سنتی و هوشمند) بیانگر آن بود که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین منجر به افزایش دقت در شناسایی وضعیت‌های پرریسک ارگونومیکی شد و به‌عنوان ابزاری مؤثر در جهت پیشگیری از WMSDs در محیط‌های کاری پرخطر مانند معدن تلقی گردید (۳۰).

همچنین پژوهش دیگری به بررسی کاربرد نوآورانه ابزارهای AI برای برآورد وضعیت بدنی به‌طور بلادرنگ در میان تکنسین‌های کشتی‌های کروز پرداخته است. هدف اصلی، ارتقای سلامت و ایمنی شغلی از طریق ارائه بازخورد دقیق و آنی درباره وضعیت‌های ارگونومیک

1 Rapid Upper Limb Assessment

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

در محیط‌های کاری دریایی بود. برای این منظور، یک مجموعه‌داده اختصاصی از طریق ضبط ویدیو از عملکرد تکنسین‌ها در حین کار ایجاد شد. این ویدیوها با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته بینایی ماشین پردازش و نمای اسکلت‌بندی بدن استخراج گردید. سپس، این داده‌ها برای آموزش شبکه‌های عصبی عمیق استفاده شدند تا دقت الگوریتم در شرایط مختلف و محدود محیط کشتی بهینه‌سازی شود. شبکه‌های عصبی بر روی پلتفرم‌های محاسباتی مختلف آزمایش شدند تا پایداری و سازگاری آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد که این سامانه در تشخیص وضعیت‌های صحیح و ناصحیح بدنی در شرایط واقعی کشتی‌ها عملکرد بسیار موفقی داشته و از ابزارهای سنتی ارزیابی ارگونومیک از نظر سرعت، دقت و ارائه بازخورد آنی، عملکرد بهتری داشته است (۳۱).

با وجود خودکارسازی بسیاری از فرآیندهای صنعتی و لجستیکی، کارگران انسانی همچنان در حمل دستی بار مشارکت دارند. فعالیت‌هایی که منجر به بروز WMSDs می‌شوند و به‌ویژه در میان کارگران سالخورده، باعث کاهش کیفیت زندگی و بهره‌وری می‌گردند. در مطالعه‌ای، پژوهشگران یک سیستم پوشیدنی کامل با پشتیبانی یادگیری عمیق را طراحی و پیاده‌سازی کردند که قادر بود به‌صورت آنلاین تلاش بیومکانیکی افراد را حین انجام وظایف حمل دستی مواد ارزیابی کند. این سیستم از الگوریتمی جدید و محاسباتی بهره می‌برد که در محیط ROS پیاده‌سازی شده بود و تحلیل بیومکانیکی دستگاه اسکلتی-عضلانی انسان را با روش دینامیک معکوس انجام می‌داد. روشی برای تخمین وزن بار و نحوه توزیع آن ارائه شد که بر استفاده از دوربینی نصب‌شده بر بدن و شناسایی اشیا با کمک یادگیری عمیق تکیه داشت. این روش برای اشیایی با وزن مشخص، که در محیط لجستیکی رایج بودند، مناسب تشخیص داده شد. داده‌های حرکت‌شناسی به همراه اطلاعات تماس پا با زمین از طریق یک شبکه حسگر پوشیدنی کامل که شامل واحدهای اندازه‌گیری اینرسی بود، فراهم شد. نتایج نشان داد که سیستم پیشنهادی دقت و پایداری مناسبی در شناسایی اشیا و تشخیص گرفتن آن‌ها داشت و در نتیجه امکان تخمین قابل اعتماد وزن بار را در محیط‌هایی با اهمیت بالا مانند لجستیک فراهم کرد. نتایج نشان دادند که این سیستم از دقت و پایداری بالایی در شناسایی اشیاء و تشخیص وضعیت گرفتن آن‌ها برخوردار بود و توانست وزن بار را با قابلیت اطمینان مناسب تخمین بزند. موضوعی که در حوزه‌هایی مانند لجستیک کاربرد گسترده‌ای دارد (۳۲).

در مطالعه‌ای دیگر، به نیاز فزاینده برای روشی پیشرفته و کارآمد در ارزیابی ارگونومیک پاسخ داده شد. در این راستا، از ابزار ارزیابی کار و سازمان در ترکیب با AI و بینایی کامپیوتری بهره گرفته شد. هدف اصلی، شناسایی و کمی‌سازی عوامل خطری بود که در محیط‌های کاری به WMSDs و آسیب‌ها منجر می‌شوند. برای دستیابی به این هدف، مجموعه‌داده‌ای جامع گردآوری شد تا با استفاده از تکنیک‌های بینایی ماشین، وضعیت بدنی افراد تخمین زده شود. این مجموعه‌داده شامل طیف گسترده‌ای از شرکت‌کنندگان بود که داده‌هایی نماینده و متنوع برای تحلیل فراهم می‌کرد. روش توسعه‌یافته توانست فرآیند ارزیابی را خودکار کرده و به‌طور مؤثر خطاهای انسانی رایج در روش‌های سنتی مبتنی بر مشاهده را حذف کند. با بهره‌گیری از الگوریتم‌های AI و بینایی کامپیوتری، ارزیابی‌ها به‌صورت آنی انجام شد و زمان انجام آن‌ها از چند ساعت به چند دقیقه یا حتی ثانیه کاهش یافت. به‌منظور ارزیابی دقت و اثربخشی روش پیشنهادی، فرآیندهای اعتبارسنجی جامعی اجرا شد. در این مسیر، شاخص‌های عملکرد مشخص و با رویکردهای موجود مقایسه شدند تا برتری روش جدید به‌صورت تجربی اثبات گردد. نتایج این تحقیق پیامدهای قابل‌توجهی برای ایمنی محیط‌های کاری و رفاه کارکنان داشت. با توسعه‌ی یک اپلیکیشن وب قابل‌دسترس مبتنی بر فناوری‌های مناسب، سازمان‌ها در صنایع مختلف توانستند از این ابزار ارگونومیک خودکار بهره‌مند شوند و در نتیجه، محیط‌های کاری را بهینه‌سازی کرده و خطر بروز WMSDs را کاهش دهند (۳۳).

با توجه به چالش‌های ارگونومیک ناشی از فعالیت‌های طولانی‌مدت و فیزیکی در جراحی، مطالعه‌ای به‌منظور بررسی امکان‌سنجی استفاده از یک اپلیکیشن ارزیابی ارگونومی مبتنی بر AI و بدون حسگر انجام شد. رزیدنت‌های جراحی وظایف شبیه‌سازی‌شده لاپاراسکوپی را انجام دادند. در این فرآیند، با استفاده از اپلیکیشن شرکت Kinetica Labs، حرکات بدن شرکت‌کنندگان از طریق ویدیو ضبط و زوایای مفاصل به‌عنوان شاخص‌های ارگونومی اندازه‌گیری شد. این مطالعه نشان داد که ابزارهای AI مبتنی بر بینایی ماشین می‌توانند بازخورد فوری و مؤثری برای بهبود وضعیت بدنی در محیط‌های آموزشی جراحی فراهم کنند (۳۴). در مطالعه‌ای دیگر نیز یک روش مبتنی بر بینایی برای نظارت خودکار بر

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

ریسک‌های ارگونومیک و خستگی در محیط‌های تولید مورد بررسی قرار گرفت. این روش بر پایه‌ی یک سیستم دوربین سه‌بعدی مقرون‌به‌صرفه و رویکردهای ویدئویی مبتنی بر AI برای تحلیل وضعیت بدنی سه‌بعدی و شمارش حرکات تکراری طراحی شد. نتایج نشان داد که این سیستم قادر به ردیابی حرکات مفاصل با دقت متوسط ۳/۵ درجه است و عملکردی مشابه با یک اپراتور انسانی در ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک دارد. همچنین، این روش توانست حرکات تکراری اپراتور را به‌خوبی شناسایی و دنبال کند. روش پیشنهادی از قابلیت‌هایی نظیر نمایش بصری داده‌ها، تحلیل بلادرنگ ریسک‌های ارگونومیکی و خستگی و تولید گزارش پشتیبانی می‌کرد. این ویژگی‌ها می‌توانند در بهبود محیط‌های تولیدی و ارتقای شرایط کاری سالم و کارآمد نقش مؤثری ایفا کنند (۳۵).

بطور کلی مطالعات مورد بررسی نشان می‌دهند که سیستم‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و بینایی ماشین تحولی اساسی در رویکردهای پیشگیرانهWMSDs ایجاد کرده‌اند. در مطالعه ای، به‌منظور پیشگیری از WMSDs، به‌ویژه هنگام مونتاژ دستی یا انجام تعمیرات، از روش‌های ارزیابی خودکار وضعیت بدنی ارگونومیک مبتنی بر دوربین و AI استفاده شد. نتایج نشان داد که این سیستم کمکی قادر است در صورت شناسایی وضعیت‌های نامناسب ارگونومیکی، هشدارهایی را به متخصصان ارائه دهد و از بروز مشکلات ناشی از وضعیت‌های بدنی نادرست جلوگیری کند. همچنین، به‌منظور پیشگیری از هشدارهای نادرست، در فرآیند تحلیل از confidence score برای ارزیابی صحت ردیابی بدن استفاده شده بود که این کار به بهبود دقت و اعتبار هشدارها کمک کرد (۳۶).

در مطالعه‌ای دیگر نیز روشی نوین برای پیش‌بینی WMSDs مبتنی بر ویژگی‌های دینامیکی وضعیت بدنی معرفی شد. این روش از سه الگوریتم AI به‌صورت زنجیره‌ای بهره برد. ابتدا شناسایی‌کننده وضعیت بدنی، زوایای اندام‌ها و وضعیت‌های بدنی را در ویدیوهای کاری استخراج کرد. سپس، ارزیاب ریسک وضعیت بدنی، سطح ریسک هر وضعیت را به‌صورت فریم‌به‌فریم ارزیابی کرد و در نهایت، پیش‌بینی‌کننده ریسک کار، سطح ریسک کل فرایند کاری را پیش‌بینی نمود. برای آموزش و ارزیابی این الگوریتم‌ها، از داده‌های ویدیویی جمع‌آوری‌شده از وظایف رایج کارگران ساختمانی و همچنین پایگاه‌داده‌ی MPII Human Pose استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که روش پیشنهادی به دقت ۸۷٪ در شناسایی نقاط مفصل دست یافت. همچنین، دقت میکرو-میانگین، یادآوری و نمره‌ی F1 به‌ترتیب ۹۶/۷، ۹۶ و ۹۶/۶ درصد گزارش شدند که نشان‌دهنده‌ی عملکرد بسیار بالای این روش بودند. این یافته‌ها بیانگر آن بودند که روش پیشنهادی از پتانسیل بالایی برای ارزیابی ریسک بلادرنگ برخوردار بود و می‌توانست تغییرات زوایای اندام‌های کارگران را در طول فرایند کاری به‌صورت فریم‌به‌فریم نمایش دهد و به پیش‌بینی سطح ریسک کل فرایند کمک کند (۱۳)

مطالعه انجمن مهندسان نفت در سال ۲۰۲۱ نشان دهنده تحول چشمگیر در روش‌های ارزیابی ارگونومی صنعتی است. این پژوهش با بررسی شش نرم‌افزار پیشرفته که از فناوری تصویربرداری سه‌بعدی و هوش مصنوعی بهره می‌برند، دریچه‌ای جدید به سوی ارزیابی‌های دقیق‌تر و عینی‌تر در محیط‌های صنعتی گشوده است. در این مطالعه تجربه‌ی کاربران از نرم‌افزارهای نوین ارزیابی ارگونومی صنعتی بررسی شد. در این پژوهش، شش نرم‌افزار موجود در بازار که از روش تصویربرداری سه‌بعدی استفاده می‌کردند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. این نرم‌افزارها بدون تماس فیزیکی با بدن، حرکات را ثبت کرده و با بهره‌گیری از AI و معیارهای بیومکانیکی، میزان ریسک ارگونومیکی را تحلیل می‌کردند. ده متخصص بهداشت شغلی از شرکت‌های نفت و گاز این نرم‌افزارها را در محل کار خود، بین ژانویه تا سپتامبر ۲۰۲۰، مورد آزمایش قرار دادند و با تکمیل پرسش‌نامه، دیدگاه‌های خود را اعلام کردند. نتایج نشان داد که اکثر متخصصان (۷ نفر)، نرم‌افزارهای دارای تصویربرداری سه‌بعدی را نسبت به روش‌های سنتی مبتنی بر قضاوت شخصی، دقیق‌تر و استانداردتر ارزیابی کرده‌اند. این نرم‌افزارها قادرند زوایای مفاصل و وضعیت بدنی کارکنان را با دقت اندازه‌گیری کرده و امتیاز ریسک را به‌صورت یکسان محاسبه کنند. با این حال، برخی نگرانی‌ها نیز مطرح شد؛ از جمله، استفاده‌ی مشترک از حسگرها که ممکن است مشکلات بهداشتی ایجاد کند، ممنوعیت استفاده از تلفن‌های هوشمند در محیط‌های حساس امنیتی و همچنین زمان‌بر بودن فرآیند یادگیری نحوه‌ی کار با نرم‌افزار (۳۷). یافته‌های کلیدی این مطالعه حاکی از آن است که این نرم‌افزارها توانسته‌اند مزایای قابل توجهی نسبت به روش‌های سنتی ارزیابی ارگونومیک ارائه دهند. دقت بالا در اندازه‌گیری زوایای مفاصل، قابلیت محاسبه یکنواخت امتیاز ریسک و حذف

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

سوگیری‌های انسانی از جمله نقاط قوت این سیستم‌ها بوده است. به ویژه در محیط‌های پیچیده صنعتی مانند شرکت‌های نفت و گاز، این فناوری‌ها امکان ارزیابی بدون تماس فیزیکی را فراهم کرده‌اند که از نظر بهداشتی و ایمنی حائز اهمیت است.

همچنین مطالعه Mgbemena و همکاران نشان‌دهنده گامی مهم در جهت بهبود روش‌های ارزیابی ارگونومیک در محیط‌های صنعتی است. این پژوهش با تمرکز بر فعالیت‌های پرخطر حمل دستی بار، راهکاری مبتنی بر فناوری را ارائه می‌دهد که می‌تواند تحولی در پیشگیری از اختلالات اسکلتی-عضلانی مرتبط با کار (WMSDs) ایجاد کند. در این محیط‌ها، کارگران به‌طور روزانه با عملیات مداوم بلند کردن و پایین آوردن بار مواجه‌اند که این امر می‌تواند منجر WMSDs شود. روند فعلی جمع‌آوری داده‌ها در محیط‌های صنعتی برای ارزیابی ارگونومیک در حین انجام فعالیت‌های حمل دستی، نشان‌دهنده‌ی وجود شکاف در تشخیص حرکات است. استفاده از داده‌های حرکتی که در پی حرکات کارگر به‌طور خودکار ثبت می‌شوند، می‌تواند دقت و کیفیت ارزیابی ارگونومیک را به‌طور قابل‌توجهی بهبود بخشد. این مطالعه، نرم‌افزاری را معرفی کرد که با هدف تشخیص حرکات انسانی طراحی شده بود و با بهره‌گیری از حسگر Microsoft Kinect، امکان جمع‌آوری داده‌های حرکتی آنی را در محیط کارخانه فراهم می‌کرد. این داده‌ها برای ارزیابی‌های ارگونومیک و سنجش خطرات استفاده شدند. از فناوری یادگیری ماشین با استفاده از یک شاخص گسسته به نام AdaBoost Trigger Indicator، برای آموزش مدل تشخیص حرکات استفاده شد. نتایج نشان داد که سیستم Kinect از قابلیت آموزش‌پذیری برای شناسایی حرکات در زمینه تحلیل ارگونومیک به‌صورت آنی برخوردار است و حتی می‌تواند در اتوماسیون هوشمند، هنگام انجام وظایف با وضعیت بدنی نامناسب، مورد استفاده قرار گیرد (۳۸).

یادگیری ماشین، vision و رباتیک

پژوهشی با هدف توسعه روشی برای محاسبه زوایای مفاصل از تصاویر دیجیتال یا ویدیوها با استفاده از بینایی کامپیوتری و تکنیک‌های یادگیری ماشین انجام شد تا ارزیابی دقیق‌تری از ریسک‌های ارگونومیک فراهم شود. این مطالعه با انجام یک تحلیل ارگونومیک آغاز شد و از روشی آموزشی به‌صورت نیمه‌نظارتی برای شناسایی اسکلت بدن کارگران و برآورد موقعیت و زوایای مفاصل آن‌ها بهره گرفت. سپس شاخصی بحرانی، بر پایه امتیازهای RULA و قواعد فازی، محاسبه شد تا امکان ارزیابی اقدامات اصلاحی ممکن برای WMSDs و بهبود ظرفیت تولید فراهم شود. این ارزیابی با استفاده از یک ربات همکار صورت گرفت که در انجام عملیات بحرانی از کارگران پشتیبانی می‌کرد. این روش در یک محیط صنعتی واقعی شامل مونتاژ دستی قطعات الکتریکی، آزمایش شد و توانست فشار ارگونومیک کلی را ۱۳٪ کاهش دهد و ظرفیت تولید را طی یک شیفت کاری ۳۳٪ افزایش دهد. نتایج نشان داد روش پیشنهادی می‌تواند بر محدودیت‌های روش‌های مبتنی بر بینایی کامپیوتری و حسگرهای پوشیدنی غلبه کند و امکان ارزیابی ارگونومیک را با رویکردی عینی و منعطف در تحلیل وضعیت بدنی فراهم سازد (۳۹).

در پژوهش دیگری، قابلیت استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی ریسک‌های بیومکانیکی ناشی از بلند کردن بار مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه با هدف طبقه‌بندی سطوح ریسک تعریف‌شده در معادله اصلاح‌شده بلند کردن بار NIOSH انجام شد. برای این منظور، ویژگی‌های حوزه فرکانس از سیگنال‌های الکترومایوگرافی عضلات ناحیه پشت بدن شامل عضلات multifidus و erector spinae، استخراج گردید. این داده‌ها با استفاده از یک دستگاه پوشیدنی سطحی، ثبت شده و سپس بخش‌بندی شدند تا ویژگی‌های فرکانسی آن‌ها به‌دست آید. ویژگی‌های استخراج‌شده به چند الگوریتم یادگیری ماشین داده شد تا توانایی آن‌ها در طبقه‌بندی سطوح ریسک ارزیابی شود. نتایج نشان داد که الگوریتم ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته و توانسته است دقتی تا ۰/۹۸۵ در معیار Area Under the Curve به‌دست آورد. همچنین، ارتباط معناداری بین خستگی عضلانی و فعالیت‌های پرخطر بلند کردن بار مشاهده شد (۴۰).

Vision ،Expert Systems و یادگیری ماشین

تحلیل تقاضای فیزیکی، روشی سیستماتیک و جامع است که برای ارزیابی سلامت و ایمنی کارکنان در فعالیت‌های ساختمانی یا تولیدی و همچنین سنجش ریسک‌های ارگونومیکی به‌کار می‌رود. با این حال، روش‌های سنتی تحلیل تقاضای فیزیکی مستلزم صرف زمان قابل توجهی از سوی ارگونومیست‌ها برای مشاهده و مصاحبه با کارکنان است. به‌منظور افزایش سرعت و دقت در این فرایند، مطالعه ای بر توسعه‌ی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

یک چارچوب خودکار تحلیل تقاضای فیزیکی متمرکز شد که فرم‌های ارزیابی مبتنی بر وضعیت بدن را به‌طور خودکار تکمیل کرده و جنبه‌های فیزیولوژیکی تقاضاهای کاری را نیز مدنظر قرار می‌داد. برخلاف روش‌های سنتی مبتنی بر مشاهده، چارچوب پیشنهادی از یک سامانه‌ی ثبت حرکت و یک سیستم خبره‌ی مبتنی بر قوانین برای استخراج زاویه‌های مفصلی و موقعیت‌های بدن در موقعیت‌های کاری مختلف بهره گرفت. سپس این داده‌ها برای شناسایی عینی فعالیت‌ها و فراوانی آن‌ها به‌کار گرفته شده و فرم‌های تحلیل تقاضای فیزیکی به‌طور خودکار تکمیل می‌شدند. این چارچوب در محیط‌های آزمایشگاهی و میدانی مورد آزمایش و اعتبارسنجی قرار گرفت و نتایج نشان داد که عملکرد تحلیل تقاضای فیزیکی را از نظر دقت، سازگاری و زمان صرف‌شده به‌طور مؤثری بهبود می‌بخشد (۴۱).

Natural Language Processing و یادگیری ماشین

در پژوهشی دیگر، از تکنیک‌های Natural Language Processing مبتنی بر یادگیری عمیق مانند Part of Speech و تجزیه وابستگی برای تحلیل توصیف‌های متنی از اقدامات فیزیکی انجام‌شده در مشاغل (مانند فشار دادن) همراه با شیء مورد عمل (مانند چرخ‌دستی) استفاده شد. استنباط‌های حاصل از ترکیب عمل و شیء، به‌عنوان نقطه ورود به یک سامانه یادگیری ماشین مبتنی بر دانش کارشناسان عمل کرد که به‌صورت خودکار علل مرتبط با کار و مؤثر در بروز ریسک WMSDs (برای مثال، بالا بودن نیروهای حرکتی موردنیاز برای حرکت چرخ‌دستی به دلیل کوچک بودن چرخ‌ها) را شناسایی کرد. چارچوب پیشنهادی، با بهره‌گیری از این علل ریشه‌ای، استراتژی‌های کنترلی (مانند استفاده از چرخ‌هایی با قطر حداقل ۸ اینچ یا ۲۰۳ میلی‌متر) را پیشنهاد کرد که می‌توانستند به‌طور مؤثری ریسک را کاهش داده و فرآیند بهبود شغلی را کارآمدتر و اثربخش‌تر سازند (۴۲).

مطالعه دیگری بر پایه بهره‌گیری از مدل‌های زبان بصری مبتنی بر GPT[1] و با هدف ارزیابی ریسک‌های ارگونومیکی در صنعت ساخت‌وساز صورت گرفت. این پژوهش نخستین تلاش منسجم برای بررسی توانایی منحصربه‌فرد این مدل‌ها در تعامل میان تصویر و متن به شمار می‌رود؛ به‌گونه‌ای که مدل قادر است اطلاعات مربوط به ریسک‌های ارگونومیکی را از تصاویر استخراج کرده و توصیف‌هایی مشابه زبان انسانی تولید کند. برای آزمون قابلیت این مدل، دو مجموعه‌داده شامل ۱۰۰ سناریوی مختلف مرتبط با ریسک‌های ارگونومیکی ایجاد شد. یکی برای ریزتنظیم مدل و دیگری برای ارزیابی نهایی آن. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که دقت مدل پس از ریزتنظیم به ۸۱٪ افزایش یافته، در حالی که دقت مدل اولیه تنها ۲۸٪ بود. این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای مدل‌های زبان بصری GPT در ارائه راهکاری نوین، بلادرنگ و خودکار برای شناسایی ریسک‌های ارگونومیکی است که می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای ایمنی و سلامت شغلی و پیشگیری از WMSDs در صنعت ساخت‌وساز ایفا کند (۴۳).

در یک مطالعه دیگر، با تمرکز بر چالش‌های سلامتی ناشی از WMSDs برای کارگرانی که فعالیت‌های ایستاده‌ی طولانی‌مدت یا حرکات تکراری انجام می‌دهند، سامانه‌ای هوشمند به نام ERG-AI معرفی شد. این سامانه‌ی مبتنی بر یادگیری ماشین، از داده‌های چند حسگر پوشیدنی برای پیش‌بینی وضعیت بدنی افراد در شرایط عدم قطعیت بهره می‌گرفت. همچنین، با ایجاد اعلان‌هایی بر اساس عملکرد خود، از طریق API مدل‌های زبانی بزرگی مانند GPT-4، توصیه‌ها و ارزیابی‌های سلامت را به زبانی ساده و قابل‌فهم در اختیار کاربران قرار می‌داد (۴۴).

Expert Systems و یادگیری ماشین

در مطالعه ای با استفاده از یک سکوی دیجیتال ارگونومیکی، پارامترهای مربوط به وضعیت فیزیکی و روانی کارکنان به‌صورت بلادرنگ پایش شد و در صورت مشاهده‌ی وضعیت‌های پرریسک (مانند وضعیت بدنی نامناسب یا بارکاری نامتعادل)، سیستم قادر بود به کمک دوقلوی دیجیتال انسانی، پیشنهادهایی برای باز زمان‌بندی وظایف ارائه دهد (۴۵).

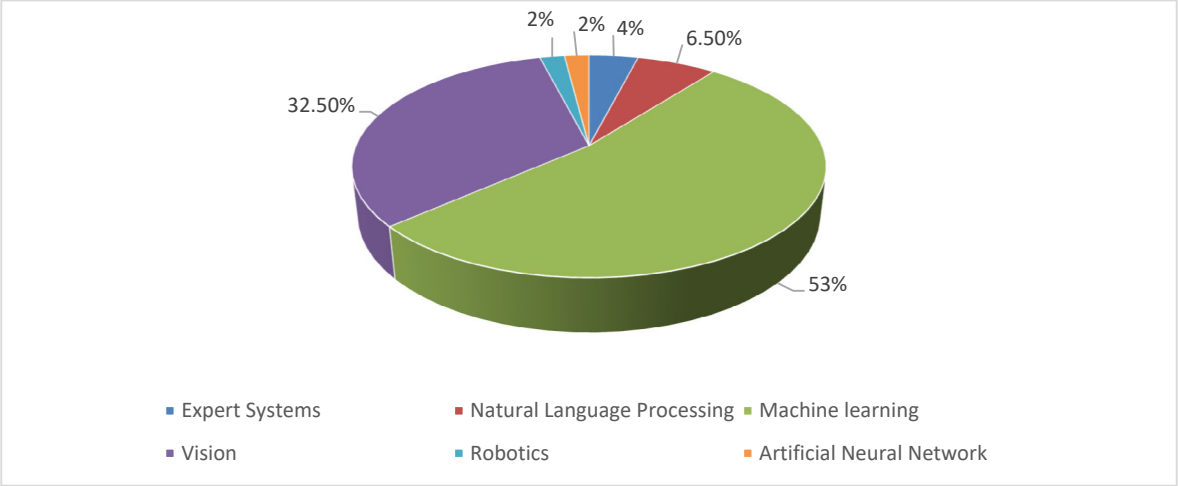
شبکه عصبی مصنوعی[2] (ANN)

مطالعه ای با هدف استفاده از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی وضعیت بدن در فعالیت‌های داینامیک بلند کردن اجسام انجام شد. تأثیر خطاهای پیش‌بینی وضعیت بدن توسط شبکه عصبی مصنوعی بر بارهای دینامیک ستون فقرات با استفاده از مدل‌های اسکلتی-عضلانی خاص هر فرد مورد بررسی قرار گرفت. هفت نفر از افراد در این مطالعه، ۲۵ وظیفه بلند کردن اجسام

1 Generative Pretrained Transformers

2 Artificial Neural Networks

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]



شکل ۴. توزیع زیرشاخه‌های هوش مصنوعی مورد استفاده در مطالعات

را انجام دادند و وضعیت بدن سه‌بعدی کامل آن‌ها با استفاده از سیستم ۱۰ دوربینه Vicon اندازه‌گیری شد. این وضعیت‌ها توسط شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی شدند و با بارهای مدل‌شده در ناحیه L_5-S_1 از ستون فقرات مقایسه شدند. نتایج نشان داد که خطای میانگین مربعات ریشه‌ای بین وضعیت‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده به طور کلی ۷/۴ سانتی‌متر و ۴/۱ درصد بود. همچنین، بارهای ستون فقرات مدل‌شده با استفاده از وضعیت‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده در تطابق خوبی با یکدیگر قرار داشتند. این نتایج نشان می‌دهند که شبکه عصبی مصنوعی به‌طور دقیق می‌تواند وضعیت بدن را در فعالیت‌های داینامیک پیش‌بینی کند و این پیش‌بینی‌ها می‌توانند برای تحلیل بارهای اسکلتی-عضلانی استفاده شوند (۴۶).

زیرمجموعه‌های AI مورد استفاده در مطالعات

بطور کلی شکل ۴، توزیع زیرمجموعه‌های AI مورد استفاده در مطالعات را (به درصد) نشان می‌دهد. بیشترین و کمترین زیرمجموعه‌های مورد استفاده به‌ترتیب یادگیری ماشین با ۵۳٪ و رباتیک[1] و شبکه عصبی مصنوعی با ۲٪ بوده‌اند.

بحث

مطالعه حاضر با مرور سیستماتیک پژوهش‌های انجام‌شده طی دو دهه اخیر، نقش فزاینده هوش مصنوعی (AI)در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک را مستند کرده است. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که ادغام AI با روش‌های ارزیابی ارگونومیک، توانسته است بسیاری از چالش‌های موجود در روش‌های سنتی نظیر هزینه‌بر بودن، زمان‌بر بودن، خطای انسانی و نبود بازخورد بلادرنگ را برطرف کند. این نتایج با مطالعات موجود که از AI به عنوان یک عامل تحول‌آفرین در علوم سلامت شغلی یاد می‌کنند، هم‌راستا است (۹,۱۰,۲۱). مطالعات بررسی‌شده، به‌ویژه آن‌هایی که از یادگیری ماشین، بینایی ماشین، و تحلیل داده‌های پوشیدنی استفاده کرده‌اند، پیشرفت‌هایی چشمگیر در دقت شناسایی وضعیت‌های پرریسک، پیش‌بینی اختلالات اسکلتی-عضلانی(WMSDs) ، و ارائه توصیه‌های اصلاحی نشان داده‌اند (۲۳,۱۸,۱۷,۱۶). در مقایسه با مطالعات قدیمی‌تر که بیشتر به امکان‌سنجی اولیه اشاره داشتند (۱۱,۱۰) ، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که AI نه تنها در محیط‌های آزمایشگاهی بلکه در محیط‌های صنعتی واقعی نیز به‌خوبی پیاده‌سازی شده است، به‌ویژه در صنایع معدن، کشتی‌رانی و ساخت‌وساز(۲۱,۲۲,۲۷).

یکی از نوآوری‌های مهم یافته‌های این مطالعه، استفاده از مدل‌های زبان بصری مانند GPT در ارزیابی ریسک‌های ارگونومیکی است. چنین استفاده‌ای به دلیل توانایی بالای این مدل‌ها در درک هم‌زمان تصویر و متن، در مقایسه با ابزارهای سنتی، دقت و سرعت بیشتری در ارزیابی بلادرنگ فراهم می‌آورد (۲۷). این رویکرد می‌تواند آغازگر نسل جدیدی از سامانه‌های ارگونومیکی تعاملی باشد که از AI در فهم چندوجهی محیط‌های کاری بهره می‌گیرند. نکته برجسته دیگر، کاربردAI در طراحی مداخلات شخصی‌سازی‌شده است. برخی از مطالعات نشان دادند که الگوریتم‌های یادگیری ماشین با

1 Robotics

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

تحلیل داده‌های فردی، می‌توانند توصیه‌های ارگونومیکی اختصاصی به کاربران ارائه دهند (۲۵,۲۳). این امر گامی مهم در جهت ارتقای عدالت سلامت شغلی و کاهش ریسک در گروه‌های آسیب‌پذیر نظیر کارگران سالخورده یا کارگران با شرایط خاص فیزیکی محسوب می‌شود.

با این حال، مطالعه حاضر چند محدودیت را شناسایی کرده است. نخست، علی‌رغم دقت بالای ابزارهای مبتنی برAI در تحلیل وضعیت‌های بدنی، اکثر آن‌ها هنوز به داده‌های با کیفیت و پردازش‌شده در محیط واقعی نیاز دارند که جمع‌آوری آن‌ها در برخی محیط‌های کاری دشوار یا پرهزینه است (۲۸,۲۰). دوم، تنوع گسترده‌ای از الگوریتم‌ها، ابزارها و معیارهای ارزیابی در مطالعات مختلف استفاده شده است که امکان مقایسه مستقیم نتایج را دشوار می‌سازد. این مسأله بر نیاز به استانداردسازی روش‌های ارزیابی ارگونومیکی مبتنی بر AIتأکید دارد. همچنین، برخی مطالعات به چالش‌های پیاده‌سازی در محیط‌های واقعی اشاره کرده‌اند؛ از جمله نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی، سازگاری با مقررات ایمنی، و نیاز به آموزش کاربران برای کار با سامانه‌های AI محور (۴۰). از این رو، پژوهش‌های آتی باید بر توسعه چارچوب‌های اخلاقی، استانداردهای عملکرد، و روش‌های آموزش کاربران تمرکز کنند تا پذیرش گسترده‌تر فناوری در محیط‌های صنعتی ممکن شود.

پیامدهای کاربردی این یافته‌ها برای سیاست‌گذاری و اجرا در محیط های صنعتی و کاری نیز قابل توجه است. سازمان‌های ایمنی و سلامت شغلی می‌توانند با بهره‌گیری از ابزارهای ارزیابی بلادرنگ مبتنی برAI ، از طریق پایش وضعیت‌های بدنی و صدور هشدارهای فوری، در پیشگیری از بروز WMSDs و بهینه‌سازی گردش کار موفق عمل کنند [۳۱, ۳۵]. همچنین، اطلاعات حاصل از این ابزارها می‌تواند به عنوان شواهد تصمیم‌گیری در طراحی مجدد ایستگاه‌های کاری، زمان‌بندی وظایف، و توسعه برنامه‌های توانبخشی مورد استفاده قرار گیرد. در راستای توسعه دانش علمی نیز، یافته‌های این مطالعه می‌تواند راهگشای پژوهش‌هایی باشد که به تلفیقAI با دیگر فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT)، دوقلوهای دیجیتال، و واقعیت افزوده در ارگونومی می‌پردازند (۳۴).

نتیجه گیری

این مطالعه با مرور سیستماتیک شواهد موجود، نقش فزاینده هوش مصنوعی در پیش‌بینی و ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک را برجسته کرده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، بینایی ماشین، و سیستم‌های هوش مصنوعی می‌تواند دقت، کارایی و بلادرنگی ارزیابی‌های ارگونومیکی را نسبت به روش‌های سنتی به‌طور معناداری افزایش دهد. این پیشرفت‌ها نه‌تنها به بهبود تشخیص وضعیت‌های بدنی پرریسک کمک کرده‌اند، بلکه زمینه‌ساز توسعه سامانه‌های هوشمند مداخله‌گر در محیط‌های کاری واقعی شده‌اند. اهمیت این یافته‌ها در توانمندسازی محیط‌های کاری برای مدیریت فعال اختلالات اسکلتی-عضلانی و بهبود سلامت شغلی نهفته است. با فراهم‌سازی ابزارهایی برای تحلیل خودکار وضعیت بدنی، ارائه بازخورد بلادرنگ، و کاهش وابستگی به ارزیابی‌های انسانی، کاربرد AI می‌تواند به‌عنوان یک تحول اساسی در طراحی ارگونومیک، آموزش کارکنان و سیاست‌گذاری ایمنی شغلی تلقی شود. با این حال، محدودیت‌هایی نظیر تنوع در متدولوژی‌های مطالعات، نبود استانداردهای ارزیابی همسوسازی شده، و مخصوصا چالش‌های پیاده‌سازی در مقیاس صنعتی، نیازمند توجه بیشتر در مطالعات آینده هستند.

برای گسترش پیاده سازی یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی بر توسعه چارچوب‌های استانداردهای ارزیابی، تلفیق AI با فناوری‌های مکمل مانند IoT و بررسی تأثیرات طولانی‌مدت استفاده از این سامانه‌ها در کاهش ریسک‌های ارگونومیکی تمرکز کنند. همچنین، بررسی ملاحظات اخلاقی و پذیرش فناوری توسط کاربران در محیط‌های واقعی می‌تواند مسیر به‌کارگیری موفق این سیستم ها را هموارتر سازد.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تضاد منافعی در رابطه با انتشار این نسخه خطی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحیقاتی با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1404.063است که در دانشکده بهداشت و ایمنی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به ثبت رسیده است. نویسندگان مقاله حاضر از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر می نمایند.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

حمایت مالی

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، ایران انجام شده است .

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان اعلام می‌دارند که تمامی اصول اخلاقی در این مقاله مروری رعایت شده است. تمامی منابع اطلاعاتی و مطالعات قبلی به‌درستی ارجاع داده شده‌اند تا حقوق مالکیت فکری سایر محققان محترم شمرده شود. علاوه بر این، نویسندگان تأیید می‌کنند که این اثر اصیل بوده و هم‌زمان برای هیچ نشریه‌ی دیگری ارسال نشده است.

کد اخلاق

IR.SBMU.PHNS.REC.1404.063

مشارکت نویسندگان

علی صالحی سهل آبادی : نظارت بر پروژه و طراحی روش‌شناسی مطالعه

اکرم تبریزی، فاطمه پری دخت، یاسر خورشیدی بهزادی و علی محسنیان : جمع‌آوری داده‌ها و تفسیر نتایج

اکرم تبریزی و علی صالحی سهل آبادی : تهیه پیش‌نویس اولیه مقاله

هم چنین تمام نویسندگان به طور انتقادی مقاله را بررسی و نسخه نهایی را تأیید کردند .

دسترسی آزاد

کپی‌رایت نویسنده(ها) ©2026: این مقاله تحت مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 اجازهٔ استفاده، اشتراک‌گذاری، اقتباس، توزیع و تکثیر را در هر رسانه یا قالبی مشروط بر درج نحوهٔ دقیق دسترسی به مجوز CC، منوط به ذکر تغییرات احتمالی بر روی مقاله می‌داند. لذا به استناد مجوز یادشده، درج هرگونه تغییرات در تصاویر، منابع و ارجاعات یا سایر مطالب از اشخاص ثالث در این مقاله باید در این مجوز گنجانده شود، مگر اینکه در راستای اعتبار مقاله به اشکال دیگری مشخص شده باشد. در صورت درج نکردن مطالب مذکور و یا استفادهٔ فراتر از مجوز بالا، نویسنده ملزم به دریافت مجوز حق نسخه‌برداری از شخص ثالث است.

به‌منظور مشاهدهٔ مجوز بین‌المللی Creative Commons Attribution 4.0 به نشانی زیر مراجعه شود:

http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

REFERENCES

1. Caymaz T, ÇAliŞKan S, Botsalı A. Evaluation of Ergonomic Conditions using Fuzzy Logic in a Metal Processing Plant. International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering. 2022;8(1):19–24.
2. Blaga P, Căşeriu B-M, Bucur B, Veres C. A Comprehensive Review of Ergonomics and Human Factors Engineering for Enhancing Comfort and Efficiency in Transport Systems. Systems. 2025;13(1):1–33.
3. Ispăşoiu A, Milosan I, Gabor C. Improving Workplace Safety and Health Through a Rapid Ergonomic Risk Assessment Methodology Enhanced by an Artificial Intelligence System. Applied System Innovation. 2024;7(6):1–10.
4. Tandon A, Dhir A, Islam AKMN, Mäntymäki M. Blockchain in healthcare: A systematic literature review, synthesizing framework and future research agenda. Computers in Industry. 2020;122:1–22.
5. Jiang Y, Li X, Luo H, Yin S, Kaynak O. Quo vadis artificial intelligence? Discover Artificial Intelligence. 2022;2(1).
6. Sheikh H, Prins C, Schrijvers E. Artificial Intelligence: Definition and Background. Mission AI: The New System Technology: Springer International Publishing; 2023. p. 15–41.
7. Kayid A. The role of Artificial Intelligence in future technology. 2020.
8. Khani-Shekarab R, khani-shekarab A. Comprehensive systematic review into combinations of artificial intelligence, human factors, and automation. ArXiv. 2021.
9. Priyanka M, Subashini R. Does Artificial Intelligence Mediate between Ergonomics and the Drivers of Ergonomics Innovations-an Empirical Evidence. International Research Journal of Multidisciplinary Scope 2024;5(2):162–74.
10. Petrat D. Artificial intelligence in human factors and ergonomics: an overview of the current state of research. Discover Artificial Intelligence. 2021;1(1).
11. Mark S, Rachel P, Paul S. Eight human factors and ergonomics principles for healthcare artificial intelligence. BMJ Health & Care Informatics. 2022;29(1):1–4.
12. Somaraju P, Kulkarni SS, Duffy VG, Kanade S, editors. Artificial Intelligence and Mobile Computing: Role

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

of AI in Ergonomics. Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management; 2024.
13. Wang J, Chen D, Zhu M, Sun Y. Risk assessment for musculoskeletal disorders based on the characteristics of work posture. Automation in Construction. 2021;131(5).
14. World Day for Safety and Health at Work 2025: International Labour Organization; [Available from: https://www.ilo.org/meetings-and-events/world-day-safety-and-health-work-2025.
15. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. Annals of internal medicine. 2009;151(4):W–65–W–94.
16. Kim JH, Kwon OY, Hwang UJ, Jung SH, Gwak GT. Prediction model of subacromial pain syndrome in assembly workers using shoulder range of motion and muscle strength based on support vector machine. Ergonomics. 2024;67(9):1237–46.
17. Billast M, De Bruyne J, Bombeke K, De Schepper T, Mets K, editors. Physical Ergonomics Anticipation with Human Motion Prediction. 19th International Conference on Computer Vision Theory and Applications; 2024.
18. Armstrong DP, Ross GB, Graham RB, Fischer SL. Considering movement competency within physical employment standards. Work. 2019;63(4):603–13.
19. Nath ND, Chaspari T, Behzadan AH. Automated ergonomic risk monitoring using body-mounted sensors and machine learning. Advanced Engineering Informatics. 2018;38(8):514–26.
20. Di Valentin C, Emrich A, Werth D, Loos P, editors. User-centric workflow ergonomics in industrial environments: Concept and architecture of an assistance system. 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI); 2016.
21. Azmir NA, Ghazali MI, Yahya MN, Ali MH, Song JI, editors. Predicting hand numerical scoring of vibration exposure using an artificial neural network. WIT Transactions on the Built Environment; 2016.
22. Shein MM, Hamilton-Wright A, Black N, Samson M, Lecanelier M, editors. Assessing ergonomic and postural data for pain and fatigue markers using machine learning techniques. 2015 International Conference and Workshop on Computing and Communication (IEMCON); 2015.
23. Prisco G, Romano M, Esposito F, Cesarelli M, Santone A, Donisi L, et al. Capability of Machine Learning Algorithms to Classify Safe and Unsafe Postures during Weight Lifting Tasks Using Inertial Sensors. Diagnostics. 2024;14(6).
24. da Silva RLA, Alves KGB, Villa AAO, da Costa JÂP, de Menezes Duarte F, da Silva Cabral AKP, et al. Operational and intelligent analysis under the ergonomics approach of the prevalence of musculoskeletal disorders in container operators. International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice. 2023;30(3):763–80.
25. Aiello G, Certa A, Abusohyon I, Longo F, Padovano A. Machine Learning approach towards real time assessment of hand-arm vibration risk. IFAC-PapersOnLine. 2021;54(1):1187–92.
26. Oguche FM, Zhou J, Funkenbusch KB, Shannon M. Ergonomic Evaluation of Scoop Shovels and Pitchforks Usage, and Body Mechanics Impact on Women in Agriculture. 2024 ASABE Annual International Meeting2024.
27. Bhethanabotla RM, Ledgister K, Soriano IS, O'Sullivan P, Bigelow E, Knott PD, et al. Ergonomic Assessment of Septorhinoplasty Maneuvers During Simulated Pregnancy. OTO Open. 2024;8(2).
28. Estrada-Lugo HD, Giuliani A, Perez AA, Leva MC, St Ü Bl G, P Ö Nitz T, et al., editors. Video analysis for ergonomics assessment in the manufacturing industry: initial feedback on a case study. 32nd European Safety and Reliability Conference, ESREL 2022; 2022.
29. Alpar O. Monitoring and fuzzy warning system for risk prevention of Guyon's canal syndrome. Biomedical Signal Processing and Control. 2021;64(6).
30. Chambi Quiroz N, Chang-Say JL, editors. Real-time ergonomic evaluation method using artificial intelligence related to work in the mining sector. Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology; 2024: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.
31. Panaite FA, Leba M, Ionica AC. Assessing CNN Architectures for Estimating Correct Posture in Cruise Machinists. Eng. 2024;5(3):1785–803.
32. Bezzini R, Crosato L, Teppati Losè M, Avizzano CA, Bergamasco M, Filippeschi A. Closed-Chain Inverse Dynamics for the Biomechanical Analysis of Manual Material Handling Tasks through a Deep Learning Assisted Wearable Sensor Network. Sensors. 2023;23(13).
33. El Hassani I, Masrour T, Hajji T, El Ouardi FZ, Mimoune N, editors. Smart Ergonomy: Development of an Automated METEO Assessment Based on Computer Vision. Lecture Notes in Networks and Systems; 2023.
34. Hamilton BC, Dairywala MI, Highet A, Nguyen TC,

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

O'Sullivan P, Chern H, et al. Artificial intelligence based real-time video ergonomic assessment and training improves resident ergonomics. American Journal of Surgery. 2023;226(5):741–6.
35. Kunz M, Shu C, Picard M, Vera D, Hopkinson P, Xi P. Vision-based Ergonomic and Fatigue Analyses for Advanced Manufacturing. 2022 IEEE 5th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS). 2022:1–7.
36. Eversberg L, Sohst C, Lambrecht J. Assistance system to improve ergonomics – Preventing musculoskeletal disorders in manufacturing with artificial intelligence. WT Werkstattstechnik. 2022;112(9):596–600.
37. Advincula B, editor User experience survey of innovative softwares in evaluation of industrial-related ergonomic hazards: A focus on 3D motion capture assessment. SPE Annual Technical Conference and Exhibition; 2021.
38. Mgbemena CE, Oyekan J, Tiwari A, Xu Y, Fletcher S, Hutabarat W, et al., editors. Gesture Detection Towards Real-Time Ergonomic Analysis for Intelligent Automation Assistance. Advances in Ergonomics of Manufacturing: Managing the Enterprise of the Future; 2016: Springer International Publishing.
39. Menanno M, Riccio C, Benedetto V, Gissi F, Savino MM, Troiano L. An Ergonomic Risk Assessment System Based on 3D Human Pose Estimation and Collaborative Robot. Applied Sciences [Internet]. 2024; 14(11).
40. Donisi L, Jacob D, Guerrini L, Prisco G, Esposito F, Cesarelli M, et al. sEMG Spectral Analysis and Machine Learning Algorithms Are Able to Discriminate Biomechanical Risk Classes Associated with Manual Material Liftings. Bioengineering. 2023;10(9).
41. Aliasgari R, Fan C, Li X, Golabchi A, Hamzeh F. MOCAP and AI-Based Automated Physical Demand Analysis for Workplace Safety. Journal of Construction Engineering and Management. 2024;150(7).
42. Parikh P, Penfield J, Barker R, McGowan B, Mallon JR. NLP-based ergonomics MSD risk root cause analysis and risk controls recommendation. Ergonomics. 2024:1–13.
43. Fan C, Mei Q, Li X, editors. Assisting in the identification of ergonomic risks for workers: a large vision-language model approach. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction; 2024.
44. Sen S, Gonzalez V, Husom EJ, Tverdal S, Tokas S, Tjøsvoll SO. ERG-AI: enhancing occupational ergonomics with uncertainty-aware ML and LLM feedback. Applied Intelligence. 2024;54(23):12128–55.
45. Berti N, Finco S, Guidolin M, Battini D. Towards Human Digital Twins to enhance workers' safety and production system resilience. IFAC-PapersOnLine. 2023;56(2):11062–7.
46. Hosseini N, Arjmand N. An artificial neural network for full-body posture prediction in dynamic lifting activities and effects of its prediction errors on model-estimated spinal loads. Journal of Biomechanics. 2024;162.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Appendix 1. Summary of reviewed articles

No.	Author(S) (Year) (Ref)	Title	Country or Location of Study	Subset of Artificial Intelligence in Use	Finding
۱	Kim (2024) (16)	Prediction model of subacromial pain syndrome in assembly workers using shoulder range of motion and muscle strength based on support vector machine	South Korea	Machine Learning	• دقت مدل طبقه‌بندی پشتیبان برداری چندجمله‌ای برای شناسایی کارگران مبتلا به SAPS معادل ۸۲/۴٪ بود. • می‌توان با استفاده از برنامه‌های ورزشی یا توانبخشی، عواملی که بر ساخت مدل تأثیر دارند را تنظیم کرده و از بروز SAPS در کارگران جلوگیری کرد.
۲	Prisco (2024) (23)	Capability of Machine Learning Algorithms to Classify Safe and Unsafe Postures during Weight Lifting Tasks Using Inertial Sensors	Italy	Machine Learning	• نتایج مطالعه حاکی از عملکرد موفق الگوریتم رگرسیون لجستیک در طبقه‌بندی وضعیت‌های ایمن و ناایمن در دو دسته مجزا بود که با دقت ۹۶٪ و مساحت زیر منحنی مشخصه عملکرد گیرنده تا ۹۹٪ توانست سایر الگوریتم‌ها را از نظر عملکرد پشت سر بگذارد.
۳	Chambi Quiroz (2024) (21)	Real-time ergonomic evaluation method using artificial intelligence related to work in the mining sector	Peru	• Machine Learning • Vision	• نتایج مطالعه نشان داد که روش مبتنی بر AI از حساسیت بالاتری نسبت به روش‌های مشاهداتی سنتی برخوردار بود و توانست پیشنهاداتی برای کاهش ریسک ارگونومیک ارائه دهد. • این مقایسه بین دو روش (سنتی و هوشمند) بیانگر آن بود که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین منجر به افزایش دقت در شناسایی وضعیت‌های پرریسک ارگونومیکی شد و به‌عنوان ابزاری مؤثر در جهت پیشگیری از WMSDs در محیط‌های کاری پرخطر مانند معدن تلقی گردید.
۴	Oguche (2024) (19)	Ergonomic Evaluation of Scoop Shovels and Pitchforks Usage, and Body Mechanics Impact on Women in Agriculture	United States of America	Vision	• ارزیابی‌های ارگونومیک با استفاده از نرم‌افزار مجهز به AI، سیستم ثبت حرکات (موشن کپچر) و سامانه‌ی پایش نیرو انجام شد تا تأثیر طراحی ابزارهای کشاورزی بر وضعیت بدنی و میزان فشار فیزیکی مورد بررسی قرار گیرد.
۵	Menanno (2024) (28)	An Ergonomic Risk Assessment System Based on 3D Human Pose Estimation and Collaborative Robot	Italy	• Machine Learning • Vision • Robotics	• روش پیشنهادی می‌تواند بر محدودیت‌های روش‌های مبتنی بر بینایی کامپیوتری و حسگرهای پوشیدنی غلبه کند و امکان ارزیابی ارگونومیک را با رویکردی عینی و منعطف در تحلیل وضعیت بدنی فراهم سازد.
۶	Fan (2024) (27)	Assisting in the identification of ergonomic risks for workers: a large vision-language model approach	Canada	• Natural Language Processing • Vision • Machine Learning	• دقت مدل پس از ریزتنظیم به ۸۱٪ افزایش یافته، در حالی که دقت مدل اولیه تنها ۲۸٪ بود. • این یافته‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای مدل‌های زبان بصری GPT در ارائه راهکاری نوین، بلادرنگ و خودکار برای شناسایی ریسک‌های ارگونومیکی بود.
۷	Sen (2024) (25)	ERG-AI: enhancing occupational ergonomics with uncertainty-aware ML and LLM feedback	Norway	• Machine Learning • Natural Language Processing	• این سامانه‌ی مبتنی بر یادگیری ماشین، از داده‌های چند حسگر پوشیدنی برای پیش‌بینی وضعیت بدنی افراد در شرایط عدم قطعیت بهره می‌گرفت. • با ایجاد اعلان‌هایی بر اساس عملکرد خود، از طریق API مدل‌های زبانی بزرگی مانند GPT-4، توصیه‌ها و ارزیابی‌های سلامت را به زبانی ساده و قابل‌فهم در اختیار کاربران قرار می‌داد.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Continued Appendix 1. Summary of reviewed articles

No.	Author(S) (Year) (Ref)	Title	Country or Location of Study	Subset of Artificial Intelligence in Use	Finding
۸	Bhethanabotla (2024) (20)	Ergonomic Assessment of Septorhinoplasty Maneuvers During Simulated Pregnancy	United States of America	Vision	• محاسبه زوایای مفاصل و طبقه‌بندی عوامل خطر ارگونومیک در دانشجویان پزشکی و رزیدنت‌های جراحی.
۹	Panaite (2024) (22)	Assessing CNN Architectures for Estimating Correct Posture in Cruise Machinists	Romania	• Machine Learning • Vision	• نتایج نشان داد که این سامانه در تشخیص وضعیت‌های صحیح و ناصحیح بدنی در شرایط واقعی کشتی‌ها عملکرد بسیار موفقی داشته و از ابزارهای سنتی ارزیابی ارگونومیک از نظر سرعت، دقت و ارائه بازخورد آنی، عملکرد بهتری داشته است.
۱۰	Hosseini (2024) (18)	An artificial neural network for full-body posture prediction in dynamic lifting activities and effects of its prediction errors on model-estimated spinal loads	Iran	• Artificial Neural Network • Vision	• خطای میانگین مربعات ریشه‌ای بین وضعیت‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده به طور کلی ۷.۴ سانتی‌متر و ۴.۱٪ بود. • بارهای ستون فقرات مدل‌شده با استفاده از وضعیت‌های پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده در تطابق خوبی با یکدیگر قرار داشتند. • این نتایج نشان می‌دهند که شبکه عصبی مصنوعی به‌طور دقیق می‌تواند وضعیت بدن را در فعالیت‌های داینامیک پیش‌بینی کند و این پیش‌بینی‌ها می‌توانند برای تحلیل بارهای اسکلتی-عضلانی استفاده شوند.
۱۱	Parikh (2024) (26)	NLP-based ergonomics MSD risk root cause analysis and risk controls recommendation	United States of America	• Machine Learning • Natural Language Processing	• شناسایی خودکار علل مرتبط با کار و مؤثر در بروز ریسک WMSDs (برای مثال، بالا بودن نیروهای حرکتی موردنیاز برای حرکت چرخ‌دستی به دلیل کوچک بودن چرخ‌ها). • پیشنهاد استراتژی‌های کنترلی با بهره‌گیری از علل ریشه‌ای (مانند استفاده از چرخ‌هایی با قطر حداقل ۸ اینچ یا ۲۰۳ میلی‌متر) که می‌توانستند به‌طور مؤثری ریسک را کاهش داده و فرآیند بهبود شغلی را کارآمدتر و اثربخش‌تر سازند.
۱۲	Billast (2024) (17)	Physical Ergonomics Anticipation with Human Motion Prediction	Belgium	Machine Learning	• این سیستم از پیش‌بینی حرکات انسانی به کمک مدل STS-GCN بهره می‌گیرد که قادر است به‌صورت آنی، وضعیت آینده‌ی بدن کاربر را تا سه ثانیه جلوتر با دقت بالا پیش‌بینی کند. • با استفاده از این پیش‌بینی، شاخص ارگونومی REBA محاسبه و در صورت وجود ریسک، به کاربر هشدار داده شد تا وضعیت بدنی خود را اصلاح کند.
۱۳	Aliasgari (2024) (24)	MOCAP and AI-Based Automated Physical Demand Analysis for Workplace Safety	Iran	• Machine Learning • Vision • Expert Systems	• به‌کارگیری یادگیری چندوظیفه‌ای موجب بهبود چشمگیر دقت پیش‌بینی حرکات می‌شود. این روش به‌طور کلی برای طیف وسیعی از وظایف دستی قابل استفاده است، زیرا بیشتر این وظایف را می‌توان در محیط‌های مجازی شبیه‌سازی کرد. • یک سامانه‌ی ثبت حرکت و یک سیستم خبره‌ی مبتنی بر قوانین برای استخراج زاویه‌های مفصلی و موقعیت‌های بدن در موقعیت‌های کاری مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. سپس، این داده‌ها برای شناسایی عینی فعالیت‌ها و فراوانی آن‌ها به‌کار گرفته شدند و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Continued Appendix 1. Summary of reviewed articles

No.	Author(S) (Year) (Ref)	Title	Country or Location of Study	Subset of Artificial Intelligence in Use	Finding
۱۴	Donisi (2023) (29)	sEMG Spectral Analysis and Machine Learning Algorithms Are Able to Discriminate Biomechanical Risk Classes Associated with Manual Material Liftings	Italy	Machine Learning	فرم‌های تحلیل تقاضای فیزیکی به‌طور خودکار تکمیل گردیدند. • این چارچوب در محیط‌های آزمایشگاهی و میدانی مورد آزمایش و اعتبارسنجی قرار گرفت و نتایج نشان داد که عملکرد تحلیل تقاضای فیزیکی از نظر دقت، سازگاری و زمان صرف‌شده به‌طور مؤثری نسبت به روش‌های سنتی، بهبود یافته است. • الگوریتم ماشین بردار پشتیبان عملکرد بهتری نسبت به سایر روش‌ها داشته و توانسته است دقتی تا ۰.۹۸۵ در معیار Area Under the Curve به‌دست آورد. • ارتباط معناداری بین خستگی عضلانی و فعالیت‌های پرخطر بلند کردن بار مشاهده شد.
۱۵	Bezzini (2023) (30)	Closed-Chain Inverse Dynamics for the Biomechanical Analysis of Manual Material Handling Tasks through a Deep Learning Assisted Wearable Sensor Network	Italy	• Machine Learning • Vision	• این سیستم از دقت و پایداری بالایی در شناسایی اشیاء و تشخیص وضعیت گرفتن آن‌ها برخوردار بود و توانست وزن بار را با قابلیت اطمینان مناسب تخمین بزند.
۱۶	da Silva (2023) (33)	Operational and intelligent analysis under the ergonomics approach of the prevalence of musculoskeletal disorders in container operators	Brazil	Machine Learning	• نتایج نشان داد که الگوریتم یادگیری ماشین توانسته است همبستگی میان بروز علائم WMSDs در نواحی مانند گردن، مچ‌ها، لگن و ران را با شرایط کاری شناسایی کند.
۱۷	Berti (2023) (34)	Towards Human Digital Twins to enhance workers' safety and production system resilience	Italy	• Machine Learning • Expert Systems	• با استفاده از یک سکوی دیجیتال ارگونومیکی، پارامترهای مربوط به وضعیت فیزیکی و روانی کارکنان به‌صورت بلادرنگ پایش شد و در صورت مشاهده‌ی وضعیت‌های پرریسک (مانند وضعیت بدنی نامناسب یا بارکاری نامتعادل)، سیستم قادر بود به کمک دوقلوی دیجیتال انسانی، پیشنهادهایی برای باززمان‌بندی وظایف ارائه دهد.
۱۸	Hamilton (2023) (32)	Artificial intelligence based real-time video ergonomic assessment and training improves resident ergonomics	United States of America	• Vision • Machine Learning	• ابزارهای AI مبتنی بر بینایی ماشین می‌توانند بازخورد فوری و مؤثری برای بهبود وضعیت بدنی در محیط‌های آموزشی جراحی فراهم کنند.
۱۹	El Hassani (2023) (31)	Smart Ergonomy: Development of an Automated METEO Assessment Based on Computer Vision	Morocco	• Machine Learning • Vision	• روش توسعه‌یافته توانست فرآیند ارزیابی را خودکار کرده و به‌طور مؤثر خطاهای انسانی رایج در روش‌های سنتی مبتنی بر مشاهده را حذف کند. با بهره‌گیری از الگوریتم‌های AI و بینایی کامپیوتری، ارزیابی‌ها به‌صورت آنی انجام شد و زمان انجام آن‌ها از چند ساعت به چند دقیقه یا حتی ثانیه کاهش یافت. • نتایج این تحقیق پیامدهای قابل‌توجهی برای ایمنی محیط‌های کاری و رفاه کارکنان داشت.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Continued Appendix 1. Summary of reviewed articles

No.	Author(S) (Year) (Ref)	Title	Country or Location of Study	Subset of Artificial Intelligence in Use	Finding
۲۰	Manuela (2022) (35)	Vision-based Ergonomic and Fatigue Analyses for Advanced Manufacturing	Canada	• Vision • Machine Learning	• با توسعه‌ی یک اپلیکیشن وب قابل‌دسترس مبتنی بر فناوری‌های مناسب، سازمان‌ها در صنایع مختلف توانستند از این ابزار ارگونومیک خودکار بهره‌مند شوند و در نتیجه، محیط‌های کاری را بهینه‌سازی کرده و خطر بروز WMSDs را کاهش دهند. • این سیستم قادر به ردیابی حرکات مفاصل با دقت متوسط ۳/۵ درجه بود و عملکردی مشابه با یک اپراتور انسانی در ارزیابی ریسک‌های ارگونومیک داشت. • این روش توانست حرکات تکراری اپراتور را به‌خوبی شناسایی و دنبال کند. • روش پیشنهادی از قابلیت‌هایی نظیر نمایش بصری داده‌ها، تحلیل بلادرنگ ریسک‌های ارگونومیکی و خستگی، و تولید گزارش پشتیبانی می‌کرد.
۲۱	Eversberg (۲۰۲۲) (37)	Assistance system to improve ergonomics – Preventing musculoskeletal disorders in manufacturing with artificial intelligence	Germany	• Machine Learning • Vision	• این سیستم کمکی قادر است در صورت شناسایی وضعیت‌های نامناسب ارگونومیکی، هشدارهایی را به متخصصان ارائه دهد و از بروز مشکلات ناشی از وضعیت‌های بدنی نادرست جلوگیری کند.
۲۲	Estrada-Lugo (۲۰۲۲) (36)	Video analysis for ergonomics assessment in the manufacturing industry: initial feedback on a case study	Ireland	Vision	• نتایج نشان داد که تحریف تصاویر می‌تواند بر دقت ارزیابی تأثیر منفی بگذارد. در همین راستا، دو مسیر برای بهبود تحلیل ویدئویی پیشنهاد شد. نخست، تشخیص خودکار اپراتورها در ویدئوها و دوم، تولید اطلاعات سه‌بعدی برای ارزیابی ارگونومیک با استفاده از تصاویر بدون تحریف.
۲۳	Alpar (2021) (38)	Monitoring and fuzzy warning system for risk prevention of Guyon's canal syndrome	Czech Republic	Vision	• سیستم در شبیه‌سازی دقیق وضعیت مچ دست و ارائه‌ی هشدارهای مناسب در زمان مناسب، از کارایی بالایی برخوردار بود. • این سیستم به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای به کاهش خطرات ناشی از فشار به عصب اولنار و بروز سندرم کانال گایون کمک کرد. کاربران قادر بودند با اصلاح وضعیت مچ دست خود، از بروز مشکلات حسی و حرکتی جلوگیری کنند. • روش پیشنهادی به دقت ۸۷٪ در شناسایی نقاط مفصل دست یافت.
۲۴	Wang (2021) (13)	Risk assessment for musculoskeletal disorders based on the characteristics of work posture	China	• Machine Learning • Vision	• دقت میکرو-میانگین، یادآوری و نمره‌ی F1 به‌ترتیب ۹۶/۷، ۹۶ و ۹۶/۶ درصد گزارش شدند که نشان‌دهنده‌ی عملکرد بسیار بالای این روش بودند. • این یافته‌ها بیانگر آن بودند که روش پیشنهادی از پتانسیل بالایی برای ارزیابی ریسک بلادرنگ برخوردار بود و می‌توانست تغییرات زوایای اندام‌های کارگران را در طول فرایند کاری به‌صورت فریم‌به‌فریم نمایش دهد و به پیش‌بینی سطح ریسک کل فرایند کمک کند.
۲۵	Aiello (2021) (39)	Machine Learning approach towards real time assessment of hand-arm vibration risk	Italy	Machine Learning	• نتایج آزمایش‌ها نشان‌دهنده‌ی امکان‌پذیری و اثربخشی روش پیشنهادی برای شناسایی فعالیت‌های کارگر و ارزیابی میزان مواجهه با ریسک‌های ارتعاشی بود.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]

Continued Appendix 1. Summary of reviewed articles

No.	Author(S) (Year) (Ref)	Title	Country or Location of Study	Subset of Artificial Intelligence in Use	Finding
۲۶	Advincula (2021) (40)	User experience survey of innovative softwares in evaluation of industrial-related ergonomic hazards: A focus on 3D motion capture assessment	United Arab Emirates	• Machine Learning • Vision	• اکثر متخصصان (۷ نفر)، نرم‌افزارهای دارای تصویربرداری سه‌بعدی را نسبت به روش‌های سنتی مبتنی بر قضاوت شخصی، دقیق‌تر و استانداردتر ارزیابی کرده‌اند. این نرم‌افزارها قادرند زوایای مفاصل و وضعیت بدنی کارکنان را با دقت اندازه‌گیری کرده و امتیاز ریسک را به‌صورت یکسان محاسبه کنند. • برخی نگرانی‌ها از جمله استفاده‌ی مشترک از حسگرها که ممکن است مشکلات بهداشتی ایجاد کند، ممنوعیت استفاده از تلفن‌های هوشمند در محیط‌های حساس امنیتی و همچنین زمان‌بر بودن فرآیند یادگیری نحوه‌ی کار با نرم‌افزار نیز مطرح شد.
۲۷	Armstrong (2019) (41)	Considering movement competency within physical employment standards	Canada	Machine Learning	• مدل AI با استفاده از داده‌های حرکتی، بیش از ۸۵٪ از حرکات را به‌درستی طبقه‌بندی کرد.
۲۸	Nath (2018) (42)	Automated ergonomic risk monitoring using body-mounted sensors and machine learning	United States of America	Machine Learning	• سیگنال‌های جمع‌آوری‌شده از گوشی هوشمند متصل به بازو، در صورت کالیبراسیون، می‌توانند دقتی تا ۹۰.۲٪ در وظیفه طبقه‌بندی به سه دسته مختلف داشته باشند. • پردازش‌های تکمیلی پس از طبقه‌بندی فعالیت‌ها، امکان برآورد دقیق سطح ریسک ارگونومیکی را فراهم می‌کرد.
۲۹	Di Valentin (2016) (43)	User-centric workflow ergonomics in industrial environments: Concept and architecture of an assistance system	Germany	Machine Learning	• این سیستم با ثبت مداوم داده‌های حرکتی از طریق حسگرهای نصب‌شده بر روی بدن کارکنان، امکان تحلیل بلادرنگ وضعیت‌های بدنی را فراهم می‌کرد و در صورتی که کارکنان در طول گردش کار به وضعیت‌های نامناسب ارگونومیکی وارد می‌شدند، بلافاصله به آن‌ها بازخورد ارائه می‌داد. • این سامانه داده‌های ارگونومیکی ثبت‌شده را در اختیار مدیران قرار می‌داد تا بتوانند بخش‌های پرریسک گردش کار را شناسایی کرده و فرآیندها را به گونه‌ای بازطراحی کنند که سلامت ارگونومیکی بهبود یابد. • این روش امکان تحلیل دقیق‌تری از روش‌های ارزیابی ارگونومی نظیر OWAS و EAWS فراهم کرده بود و عملکرد آن‌ها را در شرایط واقعی گردش کار مورد بررسی قرار داده بود.
۳۰	Azmir (2016) (44)	Predicting hand numerical scoring of vibration exposure using an artificial neural network	Malaysia	Machine Learning	• نتایج نشان داد که مدل‌های پیش‌بینی ارتعاشات دست-بازو دقت بالایی دارند، به طوری که کمتر از ۰/۱ درصد خطای نسبی پیش‌بینی نسبت به داده‌های واقعی داشتند. • استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، به ویژه تکنیک‌های غیرخطی، روشی بسیار کارآمد و مؤثر برای پیش‌بینی اثرات مواجهه با ارتعاشات دست-بازو به شمار می‌رود.
۳۱	Mgbemena (2016) (45)	Gesture Detection Towards Real-Time Ergonomic Analysis for Intelligent Automation Assistance	England	• Machine Learning • Vision	• سیستم Kinect از قابلیت آموزش‌پذیری برای شناسایی حرکات در زمینه تحلیل ارگونومیک به‌صورت آنی برخوردار است و حتی می‌تواند در اتوماسیون هوشمند، هنگام انجام وظایف با وضعیت بدنی نامناسب، مورد استفاده قرار گیرد.
۳۲	Mariah (2015) (46)	Assessing ergonomic and postural data for pain and fatigue markers using machine learning techniques	Canada	Machine Learning	• با استفاده از دو الگوریتم ساده طبقه‌بندی مبتنی بر یادگیری ماشین، می‌توان داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش‌هایی با مشارکت انسان در چندین ایستگاه کاری مختلف را تحلیل کرد تا فعالیت‌هایی که منجر به بروز درد و خستگی می‌شوند یا از آن جلوگیری می‌کنند، شناسایی شوند.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-20]