University of Qom
Faculty of Literature and Humanities

Research In Instructional Methods

Online ISSN:2981-1074

Homepage: https://jrim.qom.ac.ir

An Analysis of the Application of Artificial Intelligence in Technical and Vocational Education

Seyedeh Fatemeh Hosseini[1]✉ and Mostaf Ghaderi Dehkordi[2]

1. M.S. in Computer Sciences, Educational Assistant, Pouyaandishan Alavi Complex, Shiraz, Iran. E-mail: eng.hosseini2012@gmail.com
2. Corresponding author, Ph.D. in Urbanism, Faculty of Architecture and Urbanism, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. E-mail: eng.ghaderi2013@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 2025-09-05
Received in revised form 2025-12-25
Accepted 2026-01-31
Published online 2026-03-05

Keywords:
artificial intelligence (AI), technical and vocational schools, skills training, learning, thematic analysis.

ABSTRACT

With the rapid expansion of emerging technologies-especially artificial intelligence (AI)-technical and vocational education and training (TVET) systems are confronting profound opportunities and challenges. As the labor market increasingly requires advanced, technology-based skills, examining the role and capacities of AI in enhancing the quality, efficiency, and personalization of skills training has become imperative. Despite scattered studies in this field, a gap remains in deep understanding of the key themes and the conceptual relationships between AI's technical components and the contextual requirements of Iran's TVET. Accordingly, the present study aims to identify and analyze the underlying dimensions and latent themes related to AI applications in technical and vocational education.

This research employed a qualitative approach using thematic analysis. Data were collected through semi-structured interviews with 14 experts in AI, skills training, and educational technology. The data were coded and analyzed with MAXQDA, and EndNote was used to organize the scholarly sources. In total, the analysis yielded 47 initial codes, 8 central themes, and a single selective (overarching) theme.

The findings indicate that AI-through pillars such as personalized learning, educational data analytics, intelligent interactions, and emerging technologies, and with due consideration of cultural, ethical, and infrastructural challenges-can play a significant role in transforming technical and vocational education. Ultimately, by proposing a nested conceptual model, the study explicates the relationships between macro- and micro-level themes and offers an actionable framework for designing AI-enabled instructional programs.

How To Cite: Hosseini, S. F., & Ghaderi Dehkordi, M. (2026). An analysis of the application of artificial intelligence in technical and vocational education, *Research in Instructional Methods*, 3 (5), 80-97. https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13806.1373

© The Author(s)
Publisher: University of Qom
DOI:https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13806.1373

Introduction

In recent decades, technical and vocational education and training (TVET) has emerged as a fundamental pillar of human capital development and a key driver for achieving sustainable development, attracting the attention of policymakers and educational institutions worldwide (UNESCO, 2023). Such training not only enhances the technical and occupational skills of the workforce but also plays a critical role in reducing unemployment, increasing productivity, and strengthening industrial innovation. With rapid technological changes, particularly in the era of the Fourth Industrial Revolution, the nature of jobs and labor market demands has shifted dramatically, rendering traditional skills insufficient to meet the requirements of modern digital, automated, and data-driven industries (European Commission, 2021). Consequently, revising TVET approaches and integrating advanced educational technologies has become imperative.

Results

The analysis of the qualitative data in this study indicates that the application of artificial intelligence (AI) in technical and vocational education and training (TVET) is not merely a technological tool but represents a paradigmatic shift in educational approaches. The core theme of this research, namely the "Application of AI in TVET," emerged from eight central themes that systematically cover various educational, technological, cultural, organizational, and ethical dimensions of this transformation.

At the first layer, themes such as personalized learning and automated instructional planning illustrate that AI, through data mining and adaptive algorithms, can redesign learning experiences to be learner-centered and flexible. These findings align with theories of adaptive learning and intelligent instructional design. In the second layer, themes such as data-driven education and technology-based skill development indicate AI's entry into predictive assessment and simulation of skill performance. The results suggest that learner data can be utilized not only for evaluation but also to prescribe learning pathways and select appropriate skill-development tools. These themes encompass simulator-based education models and virtual reality learning as well.

The third layer highlights that cultural and organizational challenges, as well as technological implementation limitations, remain major barriers to the effective use of AI in vocational training in Iran. In particular, the lack of digital infrastructure, structural resistance, and insufficient training of instructors were repeatedly cited by participants, consistent with the findings of Rezaei et al. (2020). In the fourth and final layer, the themes of learner participation and improvement of education, along with ethical and legal considerations, reveal that the use of AI without attention to active learner engagement, algorithmic transparency, privacy protection, and system accountability may result in educational and social harm.

Analytically, the relationships among these themes are multi-layered and interactive; advances in technical themes (such as data analysis) cannot lead to sustainable transformation if cultural and ethical dimensions are neglected. This structure underscores the necessity of designing an integrated, nested model. Therefore, the analysis highlights both the multifaceted, innovative potential of AI and the reality that without supportive policies, digital skill development, and an interdisciplinary approach, realizing these potentials will face significant obstacles.

Conclusions

This study aimed to explore the application of AI in TVET, revealing deeper dimensions of this phenomenon within Iran's skill-based education system. The thematic analysis of data at open, axial, and selective levels indicated that the presence of AI in this educational system represents not merely a technological change but a paradigmatic transformation in the roles of learners, instructors, and the teaching–learning structure.

Compared to previous literature, the findings of this study differ in several respects. First, unlike general approaches that view AI as a tool for improving educational efficiency, the present results

demonstrate that AI itself acts as a transformative agent in the knowledge architecture of technical education. Second, the study shows that successful implementation of this technology depends more on cultural and institutional readiness than on technical advancement. Instructor resistance to technology, lack of data literacy, and deficiencies in professional ethics related to AI usage are among the key challenges limiting the effective execution of intelligent education policies.

Based on the extracted themes, three key areas can be identified for implementing AI in vocational education:

Technological Innovation: Development of intelligent learning environments, virtual reality, and educational robots for simulating real technical scenarios.

Educational Transformation: Adaptive learning, data-driven skill progression analysis, and personalized learning paths based on machine learning algorithms.

Cultural and Ethical Challenges: Redefining instructor and learner roles, data privacy protection, and regulating human interactions in the AI era.

Integrating these three areas into a nested model of AI-driven technical education transformation (Fig. 1) demonstrates that the future of skill-based education requires synergy between technology, humans, and policymaking. In other words, AI can enhance educational quality only when accompanied by the development of human competencies and the institutionalization of digital ethics.

Theoretically, this study makes a dual contribution: on one hand, by redefining the relationship between technology and education within the Zawacki-Richter model framework, it provides a new conceptual basis for studying TVET in the AI era; on the other hand, by offering a localized transformation model, it can serve as a foundation for national TVET policymaking.

Practically, the findings recommend that educational decision-makers and planners focus not merely on the procurement or deployment of technology, but on empowering instructors, redesigning data-driven educational content, and strengthening the ethical and cultural infrastructure for AI usage. In other words, the future of vocational education depends on the integration of “artificial intelligence” and “human intelligence”—a combination that, if properly guided, can provide a platform for equitable, dynamic, and industry-relevant learning.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

پژوهش در روش‌های آموزش
شاپا الکترونیکی: ۲۹۸۱-۱۰۷۴

واکاوی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی

سیده فاطمه حسینی[۱] ✉ و مصطفی قادری دهکردی[۲]

۱. کارشناسی ارشد کامپیوتر (نرم‌افزار)، معاون آموزشی مجتمع پویااندیشان علوی شیراز، ایران. رایانامه: eng.hosseini2012@gmail.com
۲. دکتری شهرسازی، دانشکدهٔ معماری و شهرسازی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) رایانامه: eng.ghaderi2013@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۱۴

کلیدواژه‌ها:
هوش مصنوعی، آموزش فنی، آموزش مهارتی، یادگیری، تعاملات هوشمند.

چکیده

با گسترش روزافزون فناوری‌های نوظهور، به‌ویژه هوش مصنوعی، نظام‌های آموزشی فنی و مهارتی با فرصت‌ها و چالش‌های بنیادینی مواجه شده‌اند. در شرایطی که بازار کار نیازمند مهارت‌های پیشرفته و مبتنی بر فناوری است، بررسی نقش و ظرفیت‌های هوش مصنوعی در ارتقای کیفیت، کارآمدی و شخصی‌سازی آموزش‌های مهارتی به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر بدل شده است. علی‌رغم مطالعات پراکنده در این حوزه، خلأیی در درک عمیق از مضامین کلیدی و روابط مفهومی میان مؤلفه‌های فنی هوش مصنوعی و الزامات بومی آموزش‌های فنی ایران وجود دارد. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تحلیل ابعاد و مضامین پنهانِ مرتبط با کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی انجام شده است.

این پژوهش با رویکرد کیفی و با استفاده از راهبرد تحلیل مضمون انجام شده و داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۴ نفر از خبرگان حوزه‌های هوش مصنوعی، آموزش‌های مهارتی و فناوری آموزشی گردآوری شده است. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA کدگذاری و تحلیل شد و برای سازمان‌دهی منابع علمی از نرم‌افزار EndNote بهره گرفته شد. در مجموع، از تحلیل داده‌ها، ۴۷ کد اولیه، ۸ مضمون محوری و یک مضمون انتخابی به‌دست آمد.

یافته‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی از طریق محورهایی همچون شخصی‌سازی یادگیری، تحلیل داده‌های آموزشی، تعاملات هوشمند، فناوری‌های نوین و نیز با درنظر گرفتن چالش‌های فرهنگی، اخلاقی و زیرساختی، می‌تواند نقش مؤثری در تحول آموزش‌های فنی و مهارتی ایفا کند. درنهایت، پژوهش حاضر با ارائه یک مدل تودرتوی مفهومی، روابط میان مضامین کلان و خرد را تبیین کرده و چارچوبی قابل کاربرد برای طراحی برنامه‌های آموزشی هوشمند ارائه می‌دهد.

استناد: حسینی، سیده‌فاطمه؛ قادری‌دهکردی، مصطفی. (۱۴۰۴). واکاوی کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی، پژوهش در روش‌های آموزش، ۳ (۵)، ۹۷-۸۰. https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13806.1373

© نویسندگان.
DOI: https://doi.org/10.22091/jrim.2026.13806.1373
ناشر: دانشگاه قم

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آموزش‌های فنی و مهارتی به‌عنوان یکی از ارکان اساسی توسعه سرمایه انسانی و عاملی کلیدی در تحقق توسعه پایدار، مورد توجه سیاست‌گذاران و نهادهای آموزشی در سراسر جهان قرار گرفته است (UNESCO, 2023). این نوع آموزش‌ها نه تنها به ارتقای مهارت‌های شغلی و فنی نیروی کار کمک می‌کنند، بلکه نقشی حیاتی در کاهش نرخ بیکاری، افزایش بهره‌وری و تقویت نوآوری‌های صنعتی دارند. با تغییرات سریع فناوری، به‌ویژه در عصر انقلاب صنعتی چهارم، ماهیت مشاغل و نیازهای بازار کار به سرعت دگرگون شده است؛ به‌طوری‌که مهارت‌های سنتی دیگر پاسخگوی الزامات جدید صنایع دیجیتال، خودکار و داده‌محور نیستند (European Commission, 2021). از این رو، بازنگری در شیوه‌های آموزش فنی و مهارتی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوین آموزشی به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است.

در این میان، هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از فناوری‌های تحول‌آفرین، ظرفیت ایجاد دگرگونی بنیادین در ساختار، محتوای آموزشی و روش‌های تدریس را دارد (Luckin et al., 2016). این فناوری با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، پردازش زبان طبیعی، بینایی ماشین و فناوری‌های واقعیت افزوده و مجازی، امکان طراحی محیط‌های یادگیری تطبیقی، تعاملی و شخصی‌سازی‌شده را فراهم می‌سازد. چنین محیط‌هایی می‌توانند تجارب یادگیری را متناسب با نیازها، علایق و سطح توانایی هر فراگیر تنظیم کرده و به بهبود کیفیت، اثربخشی و انگیزش در فرآیند یاددهی–یادگیری بینجامند (Chen et al., 2022). افزون بر این، قابلیت تحلیل کلان‌داده‌های آموزشی و ردیابی رفتار یادگیرندگان، ابزارهای دقیقی برای ارزیابی تکوینی، پیش‌بینی عملکرد و ارائه بازخورد آنی در اختیار مدرسان قرار می‌دهد (Zawacki-Richter et al., 2019).

در ایران نیز توجه به بهره‌گیری از هوش مصنوعی در نظام‌های آموزشی، به‌ویژه در حوزه آموزش‌های فنی و مهارتی، در سال‌های اخیر افزایش یافته است. اجرای طرح‌های پژوهشی برای توسعه سامانه‌های هوشمند آموزش مهارت، استفاده از شبیه‌سازهای فنی مبتنی بر واقعیت مجازی و طراحی چت‌بات‌های آموزشی از جمله این تلاش‌هاست (Hosseini et al, 2023). با وجود این پیشرفت‌ها، چالش‌هایی چون کمبود زیرساخت‌های فناورانه، ضعف در آموزش نیروی انسانی متخصص، محدودیت منابع مالی و نگرانی‌های اخلاقی و حریم خصوصی داده‌ها همچنان مانع از بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌های هوش مصنوعی در این حوزه می‌شود (Motamedi et al., 2024). مرور پیشینه پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بخش قابل‌توجهی از مطالعات خارجی بر کاربرد هوش مصنوعی در یادگیری شخصی‌سازی‌شده، تحلیل داده‌های یادگیری و بازطراحی نقش معلمان در محیط‌های دیجیتال متمرکز بوده‌اند. برای مثال، هولمز و همکاران (Holmes et al., 2019) بر نقش الگوریتم‌های هوشمند در بهینه‌سازی تصمیمات آموزشی و انطباق محتوا با سبک‌های یادگیری تأکید کرده‌اند، در حالی که لاکین (Luckin, 2021) بازتعریف نقش معلم و بازطراحی برنامه‌های درسی را لازمه ادغام مؤثر AI در آموزش می‌داند. در پژوهش‌های داخلی نیز، کریمی و سلیمانی (Karimi & Soleymani, 2022) به بررسی تأثیر چت‌بات‌های آموزشی بر بهبود مهارت‌آموزی فنی پرداخته‌اند و رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2020) چالش‌های زیرساختی و فرهنگی را در مسیر پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند شناسایی کرده‌اند. همچنین، چن و همکاران (Chen et al., 2023) در مطالعه‌ای نظام‌مند، مدل‌های یادگیری عمیق را در ارزیابی عملکرد مهارتی دانشجویان فنی بررسی کرده‌اند که نشان‌دهنده گسترش کاربردهای تحلیلی AI در آموزش‌های مهارتی است.

با توجه به مطالب فوق، بیان مسئله این پژوهش بر این نکته استوار است که علی‌رغم رشد چشمگیر فناوری‌های هوش مصنوعی و افزایش تمایل به استفاده از آن در آموزش‌های فنی و مهارتی، هنوز چارچوبی جامع و بومی برای ادغام مؤثر این فناوری‌ها در نظام آموزشی ایران شکل نگرفته است. پژوهش‌های موجود بیشتر بر جنبه‌های فنی یا تجربی متمرکز بوده و کمتر به بررسی هم‌زمان ابعاد

فناورانه، آموزشی، سازمانی و اخلاقی پرداخته‌اند. از این رو، نیاز به مطالعه‌ای چندبعدی احساس می‌شود که بتواند ضمن تحلیل فرصت‌ها و چالش‌ها، مسیرهای راهبردی برای بهره‌گیری مؤثر از AI در ارتقای کیفیت آموزش‌های فنی و مهارتی ارائه دهد.

در همین راستا، این پژوهش با هدف واکاوی جامع کاربردهای نوین هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی و شناسایی موانع و الزامات پیاده‌سازی آن در ایران، تلاش دارد تصویری روشن از وضعیت موجود و آینده این حوزه ترسیم کند. نوآوری اصلی این مطالعه در تلفیق یافته‌های بین‌المللی با واقعیت‌ها و نیازهای بومی کشور است تا راهکارهایی عملی و متناسب با شرایط نظام آموزشی ایران پیشنهاد شود. همچنین، پژوهش حاضر به‌طور خاص بر نقش فناوری‌های نوظهور مانند یادگیری عمیق، واقعیت افزوده و تحلیل داده‌های رفتاری در بهبود فرآیند یاددهی و یادگیری مهارت‌های فنی تمرکز دارد؛ حوزه‌ای که هنوز در ادبیات پژوهشی کشور کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

چارچوب نظری پژوهش

چارچوب نظری این پژوهش بر پایه تلفیق نظریه‌های یادگیری، مفاهیم آموزش فنی و مهارتی و قابلیت‌های فناوری‌های نوین هوش مصنوعی بنا شده است. آموزش‌های فنی و مهارتی به‌عنوان بخشی از نظام آموزشی که معطوف به توسعه مهارت‌های شغلی، فنی و تخصصی است، همواره با هدف ارتقای بهره‌وری نیروی کار، توسعه اقتصادی و توانمندسازی اجتماعی مطرح بوده است (UNESCO, 2023). نظریه‌های یادگیری معاصر از جمله یادگیری سازنده‌گرا[1] و یادگیری خودتنظیم[2] بر اهمیت یادگیرنده‌محوری، تعامل فعال و یادگیری تجربی تأکید دارند (Zimmerman, 2002). آموزش‌های فنی و مهارتی نیز به دلیل ماهیت عملی و کاربردی خود، به بستری نیاز دارد که در آن یادگیری مبتنی بر تجربه و بازخوردهای مداوم، بخش جدایی‌ناپذیر فرایند آموزشی باشد. از سوی دیگر، هوش مصنوعی به‌عنوان شاخه‌ای از علوم کامپیوتر که به طراحی سیستم‌های قادر به انجام وظایف شناختی انسان‌مانند می‌پردازد، نقش مهمی در تغییر الگوهای سنتی آموزش ایفا می‌کند (Russell & Norvig, 2021). هوش مصنوعی در بستر آموزش، عمدتاً در قالب سیستم‌های آموزش هوشمند[3]، تجزیه و تحلیل یادگیرنده[4]، و سیستم‌های توصیه‌گر[5] ظهور یافته است. این فناوری‌ها قادرند با تحلیل داده‌های رفتاری و عملکردی یادگیرندگان، مسیرهای یادگیری شخصی‌سازی شده را پیشنهاد دهند و به بهینه‌سازی فرایند یاددهی-یادگیری کمک کنند (Holmes et al., 2019). چارچوب نظری پژوهش حاضر، با استناد به مدل‌های هوش مصنوعی در آموزش، نظیر مدل چهار لایه زاوکی-ریشتر (Zawacki-Richter et al., 2019)، بر چهار سطح تعامل بین هوش مصنوعی و نظام آموزشی مطابق جدول شماره ۱ متمرکز است:

جدول شماره ۱: سطوح تعامل بین هوش مصنوعی و نظام آموزشی براساس چهار لایه زاوکی-ریشتر

سطوح	توضیحات
اتوماسیون فرآیندهای آموزشی	شامل خودکارسازی وظایف تکراری، ارزیابی‌های استاندارد شده و مدیریت داده‌ها
پشتیبانی از تدریس و یادگیری تطبیقی	ارائه مسیرهای یادگیری اختصاصی براساس نیازها و قابلیت‌های فردی یادگیرنده
تحلیل داده‌های آموزشی و یادگیری	استخراج الگوها از داده‌های عملکرد یادگیرندگان به منظور ارتقای کیفیت آموزش
نوآوری در روش‌های آموزشی	به‌کارگیری شبیه‌سازی‌ها، واقعیت مجازی و افزوده برای یادگیری تجربی و مهارتی

1. Constructivism
2. Self-Regulated Learning
3 .Intelligent Tutoring Systems
4. Learning Analytics
5. Recommendation Systems

در این راستا، نظریه‌های مرتبط با یادگیری ماشینی[1]، به‌ویژه یادگیری نظارت‌شده و بدون نظارت، به‌عنوان زیربنای فناوری‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، در طراحی سیستم‌های آموزش تطبیقی و تجزیه و تحلیل پیش‌بینانه مورد استفاده قرار می‌گیرند (Jordan & Mitchell, 2015) از سوی دیگر، کاربرد یادگیری عمیق[2] در شناسایی الگوهای پیچیده و ایجاد شبیه‌سازی‌های واقع‌گرایانه، امکان ارتقای محیط‌های آموزش مهارتی را فراهم کرده است.

بنابراین، چارچوب نظری این پژوهش براساس درهم‌تنیدگی سه حوزه کلیدی شکل گرفته است:

- مفاهیم بنیادی آموزش‌های فنی و مهارتی و یادگیری تجربی؛
- قابلیت‌های فناورانه و مدل‌های هوش مصنوعی در بستر آموزش؛
- نظریه‌های تحلیل داده‌های یادگیری و آموزش شخصی‌سازی شده.

این چارچوب کمک می‌کند تا با نگاهی جامع، نه تنها به کاربردهای تکنیکی هوش مصنوعی، بلکه به پیامدهای تربیتی، شناختی و اجتماعی آن در حوزه آموزش‌های فنی و مهارتی پرداخته شود.

روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی این پژوهش مبتنی بر رویکرد کیفی – اکتشافی است و با هدف تحلیل و تبیین کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی انجام شده است. این نوع پژوهش با ماهیت توصیفی ـ تحلیلی، به دنبال درک عمیق از مفاهیم، الگوها و تجارب موجود در این حوزه بوده و بر تحلیل داده‌های غیرعددی متکی است (Jordan & Mitchell, 2015). به منظور گردآوری داده‌ها، از مطالعه اسناد، مقالات علمی، کتب تخصصی و گزارش‌های فنی استفاده شده است. منابع پژوهش با رویکرد هدفمند و از میان مطالعات منتشر شده در پایگاه‌های معتبری همچون Scopus، Web of Science، IEEE Xplore و پایگاه‌های داخلی نظیر SID و Magiran انتخاب شده‌اند. برای سامان‌دهی و مدیریت منابع علمی، از نرم‌افزار EndNote استفاده گردید تا فرآیند ارجاع‌دهی و مستندسازی داده‌ها با دقت و یکپارچگی انجام پذیرد (Zhu & Liu, 2020).

در این میان از راهبرد تحلیل مضمون و داده‌های گردآوری شده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۴ نفر از خبرگان حوزه‌های هوش مصنوعی بهره گرفته شده است. در مرحله تحلیل داده‌ها، از روش تحلیل محتوای کیفی با رویکرد قیاسی ـ استنتاجی بهره گرفته شد که به پژوهشگر امکان می‌دهد مفاهیم کلیدی را با تکیه بر چارچوب نظری منتخب تحلیل نماید. در این راستا، داده‌های گردآوری‌شده ابتدا به صورت دستی مرور و دسته‌بندی شدند و سپس با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA، فرایند کدگذاری باز، محوری و انتخابی به‌صورت نظام‌مند انجام شد. این نرم‌افزار نقش مهمی در سازمان‌دهی حجم وسیع داده‌های متنی و شناسایی الگوهای معنایی ایفا کرد. کدگذاری‌ها براساس مقولات محوری از جمله «کاربردهای هوش مصنوعی»، «تحول در آموزش‌های مهارتی» و «چالش‌های پیاده‌سازی فناوری» انجام گرفت. برای افزایش اعتبار تحلیل‌ها، از راهبردهایی همچون بازبینی همتایان[3]، بازاندیشی پژوهشگر[4] و اعتبارسنجی تطبیقی یافته‌ها[5] استفاده شد. همچنین، کلیه فرآیندهای پژوهش، از گردآوری داده‌ها تا تحلیل و استنتاج، با رعایت اصول

1. Machine Learning
2. Deep Learning
3. Peer Review
4. Reflexivity
5. Triangulation

اخلاق پژوهش و شفافیت مستندسازی صورت گرفته است. استفاده از نرم‌افزارهای MAXQDA برای مدیریت کدها و EndNote برای ارجاع‌دهی علمی، باعث ارتقای انسجام روش‌شناسی و قابلیت بازتولید پژوهش شده است. بدین ترتیب، نتایج نهایی این پژوهش بر پایه تحلیلی عمیق و داده‌های معتبر تدوین شده و قابلیت تعمیم مفهومی در سطوح نظری و کاربردی را دارد.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، داده‌های کیفی از طریق انجام مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱٤ نفر از اساتید، متخصصان فناوری آموزشی و مربیان حوزه آموزش‌های فنی و مهارتی جمع‌آوری گردید. نمونه‌گیری به شیوه نظری و هدفمند صورت پذیرفت تا تنوع و غنای لازم در دیدگاه‌ها و تجربیات مرتبط با کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی تأمین شود. داده‌های حاصل، به صورت ضبط شده و متن‌نویسی شده، در نرم‌افزار MAXQDA وارد و مورد تحلیل قرار گرفتند. در فرآیند تحلیل، ابتدا کدگذاری باز به منظور استخراج مفاهیم و الگوهای نخستین انجام گرفت؛ سپس کدهای به دست آمده در قالب کدگذاری محوری، براساس شباهت‌ها و تمایزات ساختارمند شدند تا چارچوب‌های مفهومی جامع شکل یابد. در نهایت، با انجام کدگذاری انتخابی، مقوله‌های مرکزی شناسایی و روابط میان آن‌ها تبیین گردید تا چارچوب نظری یکپارچه‌ای برای تحلیل نهایی فراهم آید. به منظور مدیریت منابع و تضمین انسجام در فرآیند استناددهی، نرم‌افزار EndNote به کار گرفته شد که این امر موجب سازماندهی دقیق منابع و استنادهای علمی گردید. این رویکرد تحلیلی جامع، امکان ارائه یافته‌هایی مستند، عمیق و مبتنی بر شواهد معتبر را فراهم آورد.

گام نخست: کدگذاری باز؛ هر یک از مصاحبه‌ها پس از پیاده‌سازی متن آن‌ها، به صورت جمله به جمله مورد بررسی دقیق قرار گرفت و سپس پیام اصلی با مفهوم کلیدی که در هر یک از عبارت‌ها مستتر بود استخراج شد. در برخی جمله‌ها مصاحبه‌شوندگان از اصلاحاتی استفاده می‌کردند که مستقیماً قابل استفاده به‌عنوان یک کد بوده و در برخی موارد، مفهومی در ورای جمله‌ها پنهان بود که محقق با توجه به قصد گوینده و جملات قبلی و بعدی مصاحبه شونده یک مفهوم را به آن نسبت داده است و به صورت یک کد در نظر گرفته است. در این پژوهش به دفعات بسیار، کدهای اولیه را پالایش نموده و در هربار پالایش مفاهیم جدیدی خلق گردید و با توجه به سنخیت و تجانس با سایر کدهای کشف شده، در ذیل یک مفهوم کلان‌تر قرار گرفته و این فرایند بارها تکرار گردید تا پس از پالایش‌های مکررِ کدهای اولیه به مفاهیم و مفاهیم نیز هریک براساس فرایند تجانس مفهومی، در قالب مفاهیم گسترده‌تر به‌عنوان مقوله، سازماندهی گردیدند و همینطور مقولات به وجود آمده نیز براساس منطق مقایسهٔ مستمر، برحسب قرائت مفهومی، در سطح انتزاعی‌تر، در قالب طبقات با یکدیگر تلفیق گردیدند. در جدول شماره ۲، گزاره‌های منتخب از متن مصاحبه‌ها به همراه کدگذاری اولیه نشان داده شده است.

جدول شماره ۲: کدگذاری باز و داده‌های کیفی

کد	گزاره
IN-A-01-01	سیستم می‌تونه خودش تشخیص بده کدوم مهارت رو یادگیرنده هنوز مسلط نیست و همون بخش رو بیشتر براش تمرین بده
IN-B-01-014	برنامه پیشنهاد می‌کنه بعد از یاد گرفتن برق‌کاری مقدماتی، برم سراغ مدارهای صنعتی؛ یعنی خودش مسیر یادگیری رو برام می‌چینه.
IN-A-01-04	وقتی تمرین عملی رو انجام می‌دم، سیستم بلافاصله خطاها رو نشون می‌ده و می‌گه کجا اشتباه کردم.
IN-D-02-03	هر کارآموز می‌تونه مسیر مخصوص خودش رو براساس علاقه و سطح دانش انتخاب کنه، نه یه برنامه یکسان برای همه.
IN-A-01-088	محتوا برای هر نفر فرق داره؛ مثلاً اگه کسی تو بخش الکترونیک ضعیفه، تمرکز درس‌ها بیشتر رو اون قسمت می‌ره.
IN-A-02-013	سیستم زمان‌هایی رو پیشنهاد می‌ده که برای هر فراگیر مناسب‌تره تا بهره‌وری بالاتر بره.

IN-B-01-05	یه پلتفرم داریم که کل مسیر آموزش، از ثبت‌نام تا ارزیابی نهایی رو هوشمند مدیریت می‌کنه.
IN-E-01-09	کارآموز خودش تصمیم می‌گیره کی و چطور یاد بگیره و سیستم فقط راهنمایی می‌کنه.
IN-C-01-015	سیستم براساس عملکرد قبلی پیش‌بینی می‌کنه که یادگیرنده احتمالاً به چه آموزش جدیدی نیاز داره.
IN-B-03-01	منابع آموزشی به‌صورت خودکار بین کارگاه‌ها و کلاس‌ها تقسیم می‌شن تا اتلاف زمان نداشته باشیم.
IN-B-03-04	با بررسی داده‌های چند هزار فراگیر، تونستیم بفهمیم کدوم مهارت‌ها بیشترین نیاز بازار کار رو دارن.
IN-B-03-05	الگوریتم‌های یادگیری ماشین به ما کمک می‌کنن تا الگوهای یادگیری دانشجویان رو دقیق‌تر بشناسیم.
IN-C-03-010	سیستم با تحلیل روندها پیش‌بینی می‌کنه که در چند سال آینده چه مهارت‌هایی بیشتر مورد نیاز خواهند بود.
IN-C-03-012	رفتار فراگیر مثل مدت تمرین یا نحوه پاسخ‌دهی تحلیل می‌شه تا الگوی یادگیریش مشخص بشه.
IN-C-03-011	داده‌های حاصل از تعامل فراگیر با نرم‌افزار به‌صورت لحظه‌ای ثبت و تحلیل می‌شن.
IN-C-03-013	یه داشبورد تصویری داریم که روند پیشرفت مهارتی هر کارآموز رو نشون می‌ده.
IN-C-03-014	الگوریتم‌های یادگیری عمیق تونستن خطای پیش‌بینی سطح مهارت رو به‌شدت کاهش بدن.
IN-B-03-02	ما داده‌های عملکرد صدها کارآموز رو تحلیل کردیم تا ارزیابی‌ها دقیق‌تر و منصفانه‌تر بشن.
IN-B-01-07	از روی داده‌ها مشخص شد کارآموزها آخر هفته‌ها بیشتر توی کلاس‌های آنلاین شرکت می‌کنن.
IN-B-01-010	ربات‌ها کارهای تکراری رو انجام می‌دن و مربی می‌تونه وقتش رو صرف آموزش بخش‌های پیچیده‌تر کنه.
IN-D-02-011	کارآموز با عینک VR وارد محیط کارخانه می‌شه و مراحل نصب دستگاه رو تمرین می‌کنه.
IN-E-01-019	ربات‌ها حرکات دست مربی رو تقلید می‌کنن و فراگیر همزمان با اون تمرین می‌کنه.
IN-E-02-07	سیستم با کارآموز حرف می‌زنه، سؤال می‌پرسه و متناسب با جوابش آموزش رو تغییر می‌ده.
IN-E-02-09	تو محیط مجازی می‌تونیم شرایط خطرناک رو بدون ریسک واقعی تمرین کنیم.

کد	گزاره
IN-F-02-020	پلتفرم تمرکزش روی مهارت‌عملی هست، نه فقط تئوری، و عملکرد کارآموز رو می‌سنجه.
IN-F-02-021	بعضی مربی‌ها هنوز به روش سنتی پایبندن و به سیستم‌های هوشمند اعتماد ندارن.
IN-F-02-023	مدیران بعضی مراکز از تغییر می‌ترسن و ترجیح می‌دن ساختار فعلی حفظ بشه.
IN-F-02-024	کارآموزها فکر می‌کنن آموزش ماشینی خسته‌کننده‌ست و ارتباط انسانی نداره.
IN-C-01-016	خیلی از مربیان مهارت کار با نرم‌افزارهای هوشمند رو ندارن.
IN-B-02-012	سرعت اینترنت و تجهیزات کارگاه‌ها هنوز برای اجرای این سیستم‌ها کافی نیست.
IN-A-01-09	برخی مربیان می‌ترسن با اومدن AI شغلشون از بین بره.
IN-F-01-03	بین مهارت مربیان قدیمی و فناوری‌های جدید فاصله زیادی هست.
IN-F-01-05	اعتبارات لازم برای خرید تجهیزات هوشمند وجود نداره.
IN-C-02-019	نمی‌دونیم داده‌های فراگیران دقیقاً کجا ذخیره می‌شن و چه استفاده‌ای ازشون می‌شه.

IN-C-01-013	خود مربیان هنوز دوره‌های لازم در زمینه AI رو نگذرانده‌اند.
IN-E-01-025	محتواهای هوشمند از منابع مختلف جمع می‌شن و استاندارد واحدی ندارن.
IN-A-04-03	کارآموزها خودشون پیشنهاد می‌دن چه بخش‌هایی از آموزش هوشمند بشه.
IN-C-04-02	مربی اطلاعات عملکرد فراگیر رو از سیستم می‌گیره و باهاش جلسه رفع اشکال برگزار می‌کنه.
IN-A-04-01	با سامانه‌های آنلاین هوشمند، افراد مناطق دورافتاده هم می‌تونن مهارت یاد بگیرن.
IN-A-04-04	کلاس‌ها به‌صورت ترکیبی برگزار می‌شن؛ بخشی حضوری و بخشی با پلتفرم هوشمند.
IN-A-04-05	کارآموز می‌تونه زمان، محتوا و شیوه آموزش خودش رو براساس شرایط تغییر بده.
IN-E-01-028	باید دقت کنیم الگوریتم‌ها تصمیم ناعادلانه نگیرن یا باعث تبعیض نشن.
IN-E-02-029	برخی از فراگیران نگران اطلاعات شخصی‌شون در سامانه‌ها فاش بشه.
IN-D-01-07	ممکنه سیستم به‌صورت ناخواسته به نفع بعضی گروه‌ها محتوا پیشنهاد بده.
IN-D-01-033	قوانین مشخصی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های آموزشی وجود نداره و این ابهام ایجاد کرده.

مقوله‌بندی اصولی و درست روح کدگذاری باز است. در جدول شماره ۳ گزاره‌ها از متن مصاحبه‌ها استخراج و فهرست شدند. ضمن درج کد، از سوی پژوهش‌گر، مفهوم‌سازی شدند؛ بدین صورت که مقولهٔ برآمده از هر گزاره در ستون آخر آن ردیف نوشته شده است.

جدول شماره ۳: کدگذاری باز و مفاهیم سطح اول

کد	مفاهیم سطح یکم یا اولیه	کد	مفاهیم سطح یکم یا اولیه
IN-A-01-01	یادگیری تطبیقی براساس الگوریتم‌های هوشمند	IN-A-02-013	بهینه‌سازی زمان‌بندی آموزش‌ها
IN-B-01-014	سیستم‌های توصیه‌گر مسیر یادگیری	IN-B-01-05	سیستم‌های مدیریت مسیر آموزشی
IN-A-01-04	ارزیابی بلادرنگ و بازخورد تعاملی	IN-E-01-09	خودتنظیمی در یادگیری با سیستم‌های هوشمند
IN-D-02-03	مسیرهای یادگیری فردی	IN-C-01-015	پیش‌بینی خودکار نیازهای آموزشی
IN-A-01-088	شخصی‌سازی محتوا براساس نیازهای یادگیرنده	IN-B-03-01	هماهنگی هوشمند منابع آموزشی
IN-B-03-04	تحلیل کلان‌داده‌های آموزشی	IN-F-02-023	مقاومت سازمانی در برابر نوآوری
IN-B-03-05	یادگیری ماشینی در تحلیل داده‌های آموزشی	IN-F-02-024	نگرش منفی کاربران به یادگیری با هوش مصنوعی
IN-C-03-010	پیش‌بینی نیازهای آموزشی آینده	IN-C-01-016	کمبود مهارت‌های دیجیتال در مربیان
IN-C-03-012	مدل‌سازی رفتار یادگیرنده	IN-B-02-012	محدودیت‌های زیرساختی در پیاده‌سازیAI
IN-C-03-011	پردازش داده‌های تعاملی در محیط‌های آموزشی	IN-A-01-09	ترس از جایگزینی مربی انسانی با هوش مصنوعی
IN-C-03-013	مصورسازی پیشرفت تحصیلی و مهارتی	IN-F-01-03	شکاف مهارتی در مواجهه با فناوری
IN-C-03-014	الگوریتم‌های یادگیری عمیق در بهینه‌سازی آموزش	IN-F-01-05	کمبود بودجه و منابع مالی برای فناوری‌های نوین
IN-B-03-02	ارزیابی عملکرد مهارتی با داده‌های بزرگ	IN-C-02-019	نگرانی‌های امنیت داده‌ها
IN-B-01-07	تحلیل روند مشارکت در آموزش آنلاین	IN-C-01-013	ضعف آموزش‌های مرتبط با هوش مصنوعی

IN-B-01-010	به‌کارگیری ربات‌های آموزشی در کارگاه‌های فنی	IN-E-01-025	نیاز به استانداردسازی محتواهای آموزشی
IN-D-02-011	استفاده از واقعیت مجازی در شبیه‌سازی فرآیندهای صنعتی	IN-A-04-03	مشارکت فعال یادگیرندگان در فرآیند هوشمندسازی
IN-E-01-045	کاربرد واقعیت افزوده در آموزش کارهای پیچیده	IN-C-04-02	تعامل بین مربی و سیستم‌های هوشمند
IN-E-01-019	آموزش مهارت‌های دستی توسط ربات‌های هوشمند	IN-A-04-01	بهبود دسترسی به آموزش‌های فنی و مهارتی
IN-E-02-09	شبیه‌سازی سناریوهای فنی پیچیده	IN-C-01-011	ربات‌های همکار در آموزش مهارت‌های فنی
IN-F-02-020	سیستم‌های یادگیری هوشمند مهارت‌محور	IN-A-04-05	قابلیت انعطاف‌پذیری در مسیر یادگیری
IN-F-02-021	مقاومت فرهنگی نسبت به فناوری‌های نوین	IN-E-01-028	ملاحظات اخلاقی پیرامون استفاده از هوش مصنوعی
IN-D-01-033	محدودیت‌های قانونی در استفاده از داده‌های آموزشی	IN-E-02-029	نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌های آموزشی
IN-D-01-07	خطر سوگیری الگوریتمی و تبعیض در آموزش		

گام دوم کدگذاري محوري و استخراج مقوله‌ها؛ با توجه به مهمترین فعالیت‌هاي کدگذاری محوری که عبارتند از: مرور و بازاندیشی در کدگذاری باز؛ تأمل مجدد در مضامین هم‌خانواده و مرتب‌سازی نهایی آن‌ها؛ فهم نهایی ارتباطات میان مفاهیم و مقولات هم‌خانواده؛ ترکیب نهایی مقولات هم‌خانواده؛ تلاش برای تقلیل کل معانی در چند خانوادهٔ بزرگ از مقولات؛ و در نهایت مقایسهٔ چند خوشهٔ خانوادگی بزرگ از مقولات با همدیگر و تأمل در ارتباطات و نسبت‌های معنادار میان این چند خانوادهٔ بزرگ مقوله‌ای. در کدگذاری محوری، هدف ایجاد مجموعهٔ سازمان یافته‌ای از کدها و مفاهیم اولیه است که نتیجهٔ بررسی دقیق و تفصیلی گزاره‌های هر مصاحبه در مرحلهٔ کدگذاری باز است. تمرکز این مرحله بیشتر بر کدها و مفاهیم است و ممکن است کدها و مفاهیم جدیدی نیز در این مرحله ظهور یابند. در نتیجه، گام اصلی در این مرحله، مرور نظام‌مند کدهای اولیه و سپس سازمان‌دهی آن‌ها در قالب درون‌مایه‌ها، مفاهیم کلیدی و مقوله‌های تحلیلی است.

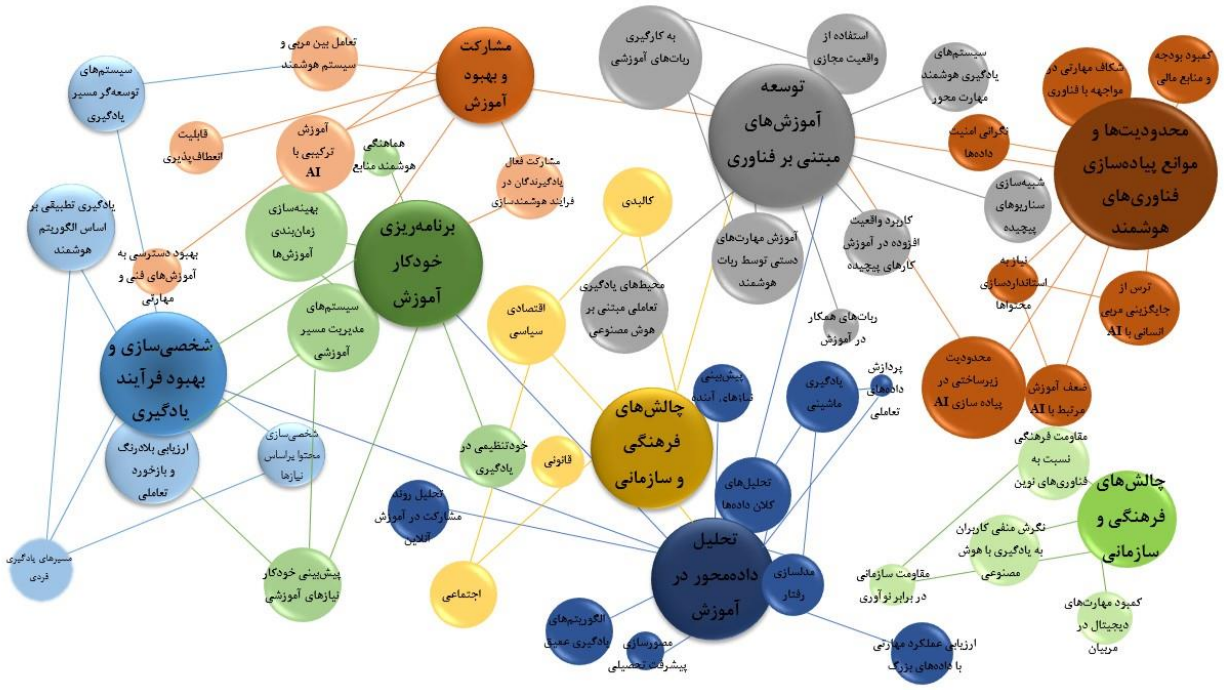
جدول شماره ۴: یافته‌های پژوهش

ردیف	کدگذاری باز (مفاهیم اولیه)	کدگذاری محوری (مقوله‌ها)	کدگذاری انتخابی
۱	هوشمند های‌الگوریتم براساس تطبیقی یادگیری	یادگیری فرآیند بهبود و سازی‌شخصی	و فنی های‌آموزش تحول هوش محوریت با مهارتی مصنوعی
۲	یادگیری مسیر گرتوصیه های‌سیستم		
۳	تعاملی بازخورد و بلادرنگ ارزیابی		
۴	فردی یادگیری مسیرهای		
۵	شخصی‌سازی محتوا براساس نیازهای یادگیرنده		
۶	هاآموزش بندی‌زمان سازی‌بهینه	برنامه‌ریزی خودکار آموزش	
۷	سیستم‌های مدیریت مسیر آموزشی		
۸	خودتنظیمی در یادگیری با سیستم‌های هوشمند		
۹	پیش‌بینی خودکار نیازهای آموزشی		
۱۰	هماهنگی هوشمند منابع آموزشی		
۱۱	آموزشی های‌داده‌کلان تحلیل	آموزش در محورداده تحلیل	
۱۲	آموزشی های‌داده تحلیل در ماشینی یادگیری		

۱۳	آینده آموزشی نیازهای بینی‌پیش		
۱۴	یادگیرنده رفتار مدلسازی		
۱۵	آموزشی های‌محیط در تعاملی های‌داده پردازش		
۱۶	مهارتی و تحصیلی پیشرفت مصورسازی		
۱۷	آموزش سازی‌بهینه در عمیق یادگیری های‌الگوریتم		
۱۸	بزرگ های‌داده با مهارتی عملکرد ارزیابی		
۱۹	آنلاین آموزش در مشارکت روند تحلیل		
ردیف	کدگذاری باز (مفاهیم اولیه۱۴۵)	کدگذاری محوری (مقوله‌ها)	کدگذاری انتخابی
۲۰	به‌کارگیری ربات‌های آموزشی در کارگاه‌های فنی	توسعه آموزش‌های مبتنی بر فناوری	تحول آموزش‌های فنی و مهارتی با محوریت هوش مصنوعی
۲۱	استفاده از واقعیت مجازی در شبیه‌سازی فرآیندهای صنعتی		
۲۲	کاربرد واقعیت افزوده در آموزش کارهای پیچیده		
۲۳	آموزش مهارت‌های دستی توسط رباست‌های هوشمند		
۲۴	محیط‌های یادگیری تعاملی مبتنی بر هوش مصنوعی		
۲۵	شبیه‌سازی سناریوهای فنی پیچیده		
۲۶	ربات‌های همکار در آموزش مهارت‌های فنی		
۲۷	سیستم‌های یادگیری هوشمند مهارت‌محور		
۲۸	مقاومت فرهنگی نسبت به فناوری‌های نوین	چالش‌های فرهنگی و سازمانی	
۲۹	مقاومت سازمانی در برابر نوآوری		
۳۰	نگرش منفی کاربران به یادگیری با هوش مصنوعی		
۳۱	کمبود مهارت‌های دیجیتال در مربیان		
۳۲	محدودیت‌های زیرساختی در پیاده‌سازیAI	محدودیت‌ها و موانع پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند	
۳۳	ترس از جایگزینی مربی انسانی با هوش مصنوعی		
۳۴	شکاف مهارتی در مواجهه با فناوری		
۳۵	کمبود بودجه و منابع مالی برای فناوری‌های نوین		
۳۶	نگرانی‌های امنیت داده‌ها		
۳۷	ضعف آموزش‌های مرتبط با هوش مصنوعی		
۳۸	نیاز به استانداردسازی محتواهای آموزشی		

۳۹	مشارکت فعال یادگیرندگان در فرآیند هوشمندسازی	مشارکت و بهبود آموزش	
۴۰	تعامل بین مربی و سیستم‌های هوشمند		
۴۱	بهبود دسترسی به آموزش‌های فنی و مهارتی		
۴۲	آموزش ترکیبی (hybrid) با هوش مصنوعی		
۴۳	قابلیت انعطاف‌پذیری در مسیر یادگیری		
ردیف	کدگذاری باز (مفاهیم اولیه)	کدگذاری محوری (مقوله‌ها)	کدگذاری انتخابی
۴۴	ملاحظات اخلاقی پیرامون استفاده از هوش مصنوعی	ملاحظات اخلاقی و حقوقی	تحول آموزش‌های فنی و مهارتی با محوریت هوش مصنوعی
۴۵	نگرانی‌های حریم خصوصی داده‌های آموزشی		
۴۶	خطر سوگیری الگوریتمی و تبعیض در آموزش		
۴۷	محدودیت‌های قانونی در استفاده از داده‌های آموزشی		

گام سوم: کدگذاری انتخابی: در کدگذاری سومین مرحلهٔ کدگذاری در روش مفهوم‌سازی بنیادی،کدگذاری انتخابی است. این روش عبارت است از فراگرد انتخاب دسته‌بندی اصلی، مرتبط کردن نظام‌مند آن با دیگر دسته‌بندی‌ها، تأیید اعتبار این روابط و تکمیل دسته‌بندی‌هایی که نیاز به اصلاح و توسعهٔ بیشتری دارند. در تمامی مراحل پژوهشگران از مقایسهٔ دائمی یافته‌ها استفاده کرده و در صورت نیاز تغییرات جدید اعمال شده‌اند. در نهایت جدول شماره ٤، یافته‌های پژوهش در قالب کدگذاری‌های انجام شده، تصویر شماره ۱، شبکه روابط مضامین استخراج شده از نرم‌افزار MAXQDA و تصویر شماره ۲، نمودار ابرکلمات این کدها را نشان می‌دهد.



تصویر شماره ۱: شبکه روابط مضامین کدگذاری‌های انجام شده در نرم‌افزار maxqda

تصویر شماره ۲: نمودار ابر کلمات کدگذاری‌های انجام شده

اعتبارسنجی مضامین سازمان‌دهنده و پایه‌ای

مضامین پایه‌ای و مضامین سازمان‌دهنده به‌صورت نظام‌مند و چندمرحله‌ای انجام گرفت. در این پژوهش، معیارهای اعتمادپذیری پژوهش‌های کیفی شامل روایی[1]، پایایی[2]، قابلیت تأییدپذیری[3] و انتقال‌پذیری[4] مطابق با چارچوب لینکلن و گوبا (Lincoln & Guba, 1985) مورد توجه قرار گرفت.

۱. **بازبینی درونی و انسجام مفهومی مضامین؛** در گام نخست، پس از انجام کدگذاری باز و استخراج مضامین پایه‌ای، فرآیند بازبینی مکرر داده‌ها انجام شد. در این مرحله، هر مضمون پایه‌ای به‌صورت جداگانه با داده‌های خام (نقل‌قول‌های مصاحبه‌شوندگان) تطبیق داده شد تا اطمینان حاصل شود که:
   - هر مضمون نمایانگر معنای واقعی داده‌هاست؛
   - مضامین از هم‌پوشانی مفهومی و تکرار غیرضروری برخوردار نیستند؛
   - هر کد اولیه تنها در صورتی حفظ شده که دارای پشتوانه تجربی کافی بوده است.

این فرآیند بازاندیشانه موجب پالایش تدریجی مضامین پایه‌ای و افزایش انسجام درونی آن‌ها شد و از گسترش مضامین سطحی یا فاقد پشتوانه تجربی جلوگیری کرد.

۲. **تجمیع و اعتبارسنجی مضامین سازمان‌دهنده؛** در مرحله بعد، مضامین پایه‌ای براساس شباهت مفهومی، نقش تبیینی و سطح انتزاع، در قالب مضامین سازمان‌دهنده تجمیع شدند. معیار اصلی در این مرحله، توان تبیینی مضمون سازمان‌دهنده در پوشش دادن مضامین پایه‌ای زیرمجموعه و نیز هم‌راستایی آن با اهداف پژوهش بود. برای هر مضمون سازمان‌دهنده، روابط

1. Credibility
2. Dependability
3. Confirmability
4. Transferability

منطقی میان مضامین پایه‌ای، به‌صورت شبکه‌ای در نرم‌افزار MAXQDA ترسیم و بازبینی شد تا از انسجام ساختاری آن‌ها اطمینان حاصل گردد.

۳. **اعتبارسنجی خبرگانی**[1]؛ به‌منظور افزایش روایی محتوایی مضامین استخراج‌شده، فرآیند اعتبارسنجی خبرگانی انجام شد. بدین منظور، فهرست مضامین پایه‌ای و مضامین سازمان‌دهنده به همراه تعاریف مفهومی و نمونه گزاره‌های پشتیبان، در اختیار چهار نفر از خبرگان حوزه آموزش‌های فنی و مهارتی، فناوری آموزشی و هوش مصنوعی در آموزش قرار گرفت. خبرگان میزان تناسب، وضوح، جامعیت و انسجام هر مضمون را ارزیابی کردند. برای سنجش میزان توافق میان خبرگان، از ضریب نسبت روایی محتوا (CVR) براساس فرمول لاوشه استفاده شد. نتایج نشان داد که تمامی مضامین دارای مقدار CVR بالاتر از حد بحرانی (۰/۶۲ برای چهار متخصص) بوده و بدین ترتیب، روایی محتوایی مضامین مورد تأیید قرار گرفت.

٤. **پایایی فرایند کدگذاری**[2]؛ به‌منظور بررسی پایایی تحلیل، حدود ۲۰ درصد از داده‌های مصاحبه‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب و به‌طور مستقل توسط پژوهشگر دوم کدگذاری شد. سپس میزان توافق میان دو کدگذار با استفاده از فرمول هولستی محاسبه گردید که ضریب پایایی برابر با ۰/۸۷ به‌دست آمد. این مقدار نشان‌دهنده پایایی مطلوب و ثبات در فرایند کدگذاری و استخراج مضامین است.

٥. **تأییدپذیری و مستندسازی فرایند تحلیل**؛ به‌منظور افزایش قابلیت تأییدپذیری یافته‌ها، کلیه مراحل تحلیل داده‌ها شامل تصمیمات تحلیلی، ادغام یا حذف کدها، و نحوه شکل‌گیری مضامین در قالب یادداشت‌های تحلیلی در نرم‌افزار MAXQDA مستندسازی شد. این امر امکان بازبینی مسیر تحلیل و ردیابی تصمیمات پژوهشگر را فراهم ساخت و از دخالت پیش‌فرض‌های ذهنی پژوهشگر در تفسیر داده‌ها جلوگیری کرد.

٦. **افزایش انتقال‌پذیری یافته‌ها**؛ برای افزایش انتقال‌پذیری نتایج، توصیف غنی از زمینه پژوهش، ویژگی‌های مشارکت‌کنندگان، فرایند گردآوری داده‌ها و نمونه گزاره‌های مستقیم مصاحبه‌شوندگان ارائه شد. این امر به خوانندگان و پژوهشگران دیگر امکان می‌دهد میزان انطباق یافته‌ها را با بافت‌های آموزشی مشابه ارزیابی کنند.

مجموعه اقدامات فوق نشان می‌دهد که مضامین پایه‌ای و مضامین سازمان‌دهنده استخراج‌شده در این پژوهش، از انسجام درونی، پشتوانه تجربی، روایی محتوایی و پایایی تحلیلی کافی برخوردار بوده و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ساختاری معتبر برای تبیین کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی ایران تلقی کرد.

تحلیل یافته‌های پژوهش

تحلیل داده‌های کیفی این پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی صرفاً یک ابزار فناورانه نیست، بلکه یک **تحول پارادایمی** در رویکردهای آموزشی است. مضمون انتخابی پژوهش، یعنی «کاربرد هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی از دل هشت مضمون محوری استخراج شد که به‌صورت سیستماتیک، ابعاد گوناگون آموزشی، فناورانه، فرهنگی، سازمانی و اخلاقی این تحول را پوشش می‌دهند.

در **لایه اول**، مضامینی مانند شخصی‌سازی فرآیند یادگیری و برنامه‌ریزی خودکار آموزش بیانگر آن هستند که AI با بهره‌گیری از داده‌کاوی و الگوریتم‌های تطبیقی می‌تواند تجربه یادگیری را به‌صورت فردمحور و انعطاف‌پذیر بازطراحی کند. این یافته‌ها با نظریه‌های

1. Expert Validation
2. Inter-coder Reliability

یادگیری تطبیقی و طراحی آموزشی هوشمند هم‌راستاست. در **لایه دوم**، مضامینی نظیر تحلیل داده‌محور در آموزش و توسعه آموزش‌های مهارتی مبتنی بر فناوری بیانگر ورود AI به فاز ارزیابی پیش‌بینانه و شبیه‌سازی عملکرد مهارتی هستند. یافته‌ها نشان داد که استفاده از داده‌های یادگیرندگان می‌تواند نه‌تنها برای ارزیابی، بلکه برای تجویز مسیرهای یادگیری و انتخاب ابزارهای مناسب مهارتی به کار رود. این مضامین، مدل‌های آموزش شبیه‌سازمحور و یادگیری مبتنی بر واقعیت مجازی را نیز پوشش می‌دهند. در **لایه سوم**، پژوهش نشان داد که چالش‌های فرهنگی و سازمانی و محدودیت‌های پیاده‌سازی فناوری همچنان از موانع اصلی در راه بهره‌گیری مؤثر از AI در آموزش مهارتی در ایران محسوب می‌شوند. به‌ویژه نبود زیرساخت دیجیتال، مقاومت ساختاری و عدم آموزش مربیان در این حوزه به‌طور مکرر از سوی مشارکت‌کنندگان عنوان شد که با یافته‌های رضایی و همکاران (Rezaei et al., 2020) همسو است. در **لایه چهارم و نهایی**، دو مضمون مشارکت و بهبود آموزش و ملاحظات اخلاقی و حقوقی آشکار ساختند که استفاده از هوش مصنوعی بدون در نظر گرفتن اصول مشارکت فعال یادگیرنده، شفافیت تصمیمات الگوریتمی، حفظ حریم خصوصی و مسئولیت‌پذیری سیستم‌ها می‌تواند منجر به آسیب‌های آموزشی و اجتماعی شود.

از منظر تحلیلی، روابط بین این مضامین به‌صورت **چندلایه و تعاملی** است؛ به‌طوری‌که پیشرفت در مضامین فنی (مانند تحلیل داده‌ها) در صورت بی‌توجهی به مضامین فرهنگی و اخلاقی، نمی‌تواند منجر به تحول پایدار شود. همین ساختار، ضرورت طراحی یک مدل تلفیقی تودرتو را نشان می‌دهد. بنابراین، تحلیل یافته‌ها از یک سو بر ظرفیت‌های چندگانه و نوآورانه هوش مصنوعی تأکید دارد و از سوی دیگر نشان می‌دهد که بدون طراحی سیاست‌های حمایتی، توسعه مهارت‌های دیجیتال، و رویکرد بین‌رشته‌ای، تحقق این ظرفیت‌ها با موانع جدی مواجه خواهد بود.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف واکاوی کاربست هوش مصنوعی در آموزش‌های فنی و مهارتی، کوشید تا ابعاد عمیق‌تر این پدیده را در بستر نظام مهارت‌محور ایران آشکار سازد. تحلیل مضمون داده‌ها در سه سطح باز، محوری و انتخابی نشان داد که حضور هوش مصنوعی در این نظام آموزشی، صرفاً یک تغییر فناورانه نیست، بلکه بیانگر دگرگونی پارادایمی در نقش یادگیرنده، مربی و ساختار یاددهی—یادگیری است.

در مقایسه با ادبیات پیشین، یافته‌های این پژوهش از چند جهت متمایز است. نخست آن‌که، برخلاف رویکردهای عمومی که هوش مصنوعی را ابزاری برای بهبود کارایی آموزشی می‌دانند، نتایج حاضر نشان می‌دهد که هوش مصنوعی، خود به‌عنوان عاملی تحول‌زا در معماری معرفتی آموزش فنی عمل می‌کند. دوم، پژوهش حاضر نشان داد که موفقیت در بهره‌گیری از این فناوری، بیش از آنکه تابع پیشرفت تکنیکی باشد، به آمادگی فرهنگی و نهادی نظام آموزشی وابسته است. مقاومت مربیان در برابر فناوری، کمبود سواد داده‌ای و ضعف در اخلاق حرفه‌ایِ مرتبط با استفاده از هوش مصنوعی، از مهم‌ترین چالش‌هایی‌اند که اجرای مؤثر سیاست‌های هوشمند را محدود می‌کنند.

براساس مضامین استخراج‌شده، سه حوزهٔ کلیدی در پیاده‌سازی هوش مصنوعی در آموزش‌های مهارتی قابل شناسایی است:

نوآوری فناورانه: توسعهٔ محیط‌های یادگیری هوشمند، واقعیت مجازی و ربات‌های آموزشی برای شبیه‌سازی موقعیت‌های فنی واقعی.

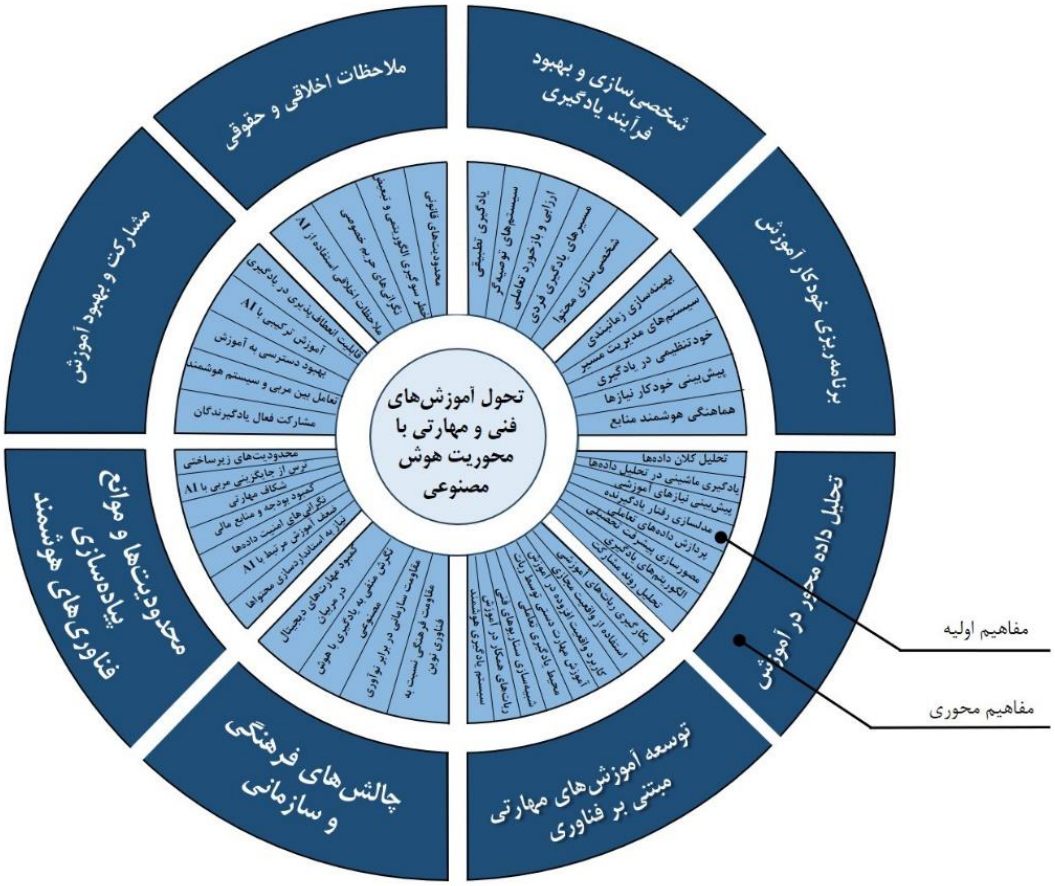
تحول آموزشی: یادگیری تطبیقی، تحلیل داده‌محور پیشرفت مهارتی و شخصی‌سازی مسیر یادگیری بر پایهٔ الگوریتم‌های یادگیری ماشین.

چالش‌های فرهنگی و اخلاقی: بازتعریف نقش مربی و یادگیرنده، حفظ حریم خصوصی داده‌ها و تنظیم روابط انسانی در عصر هوش مصنوعی.

تلفیق این سه حوزه در قالب مدل تودرتوی تحول آموزش فنی با محوریت هوش مصنوعی (تصویر شماره ۱) نشان می‌دهد که آیندهٔ آموزش مهارت‌محور، نیازمند هم‌افزایی میان فناوری، انسان و سیاست‌گذاری است. بدین معنا که هوش مصنوعی تنها در صورتی می‌تواند موجب ارتقای کیفیت آموزش شود که با توسعهٔ شایستگی‌های انسانی و نهادینه‌سازی اخلاق دیجیتال همراه گردد.

از منظر نظری، این پژوهش سهمی دوگانه دارد: از یک‌سو با بازتعریف نسبت میان فناوری و آموزش در چارچوب مدل زاوکی-ریشتر (Zawacki-Richter et al., 2019)، بنیان مفهومی تازه‌ای برای مطالعهٔ آموزش‌های مهارتی در عصر هوش مصنوعی فراهم می‌کند؛ و از سوی دیگر، با ارائهٔ الگوی بومی‌شدهٔ تحول، می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری ملی در حوزه‌ی TVET باشد.

از منظر کاربردی، نتایج این مطالعه به تصمیم‌گیران و برنامه‌ریزان آموزشی پیشنهاد می‌کند که به جای تمرکز صرف بر خرید یا استقرار فناوری، بر توانمندسازی مربیان، بازآفرینی محتواهای آموزشی مبتنی بر داده و تقویت زیرساخت‌های اخلاقی و فرهنگی استفاده از هوش مصنوعی تمرکز کنند. به بیان دیگر، آیندهٔ آموزش مهارتی در گرو پیوند میان «هوش مصنوعی» و «هوشمندی انسانی» است؛ پیوندی که اگر به درستی هدایت شود، می‌تواند بستری برای یادگیری عادلانه، پویـا و متناسب با نیازهای صنعتی آینده فراهم آورد.



تصویر شماره ۱: مدل تودرتوی تحول آموزش‌های فنی و مهارتی با محوریت هوش مصنوعی

منابع

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2022). Artificial intelligence in education: A Review. *IEEE Access*, *10*, 1-20. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3159634

Chen, Y., Zhang, L., & Lin, H. (2023). Deep learning-based performance prediction in technical education: A systematic review. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, *4*, 100123. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100123

Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.

European Commission. (2021). *Digital education action plan 2021-2027*. https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

Hosseini, M., Ahmadi, N., & Rostami, S. (2022). Design of an intelligent system for technical skills training based on machine learning. *Journal of Engineering Science and Technology*, *38* (2), 145-162. (in Persian)

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, *349*(6245), 255-260. https://doi.org/10.1126/science.aaa8415

Karimi, M., & Soleymani, N. (2021). Investigating the role of intelligent chatbots in enhancing technical and vocational education in Iran. *Research in Educational Technology*, *9*(2), 45-62. (in Persian)

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.

Luckin, R. (2021). AI for education: A conceptual framework and ethical considerations. *Journal of Educational Technology & Society*, *24*(3), 56–69.

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. *Pearson Education*.

Motamedi, F., & Norouzi, M. (2023). Challenges of applying artificial intelligence in technical and vocational education: A systematic approach. *Skills Training*, *11*(3), 87-104. (in Persian)

Rezaei, F., Amini, S., & Abdollahi, S. (2020). Infrastructural challenges of implementing artificial intelligence in skills training. *Strategic Studies of Educational Technology*, *12*(4), 77-95. (in Persian)

Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.

UNESCO. (2023). *Technical and Vocational Education and Training (TVET) for Sustainable Development*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373733

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into Practice*, *41*(2), 64-70.

Zhu, J., & Liu, W. (2020). Education Reference Management with EndNote: A Practical Guide. *Educational Technology Development and Exchange*, *13*(1), 41–56. https://doi.org/10.18785/jetde.1301.03