فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال بیست و هشتم، شماره ۱۱۰، تابستان ۱۴۰۵، صص.۱۱۹-۸۷

توسعهٔ مهارت‌های استخدامی نرم و سخت مبتنی بر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی: مطالعهٔ فراترکیب نظریه‌ساز

مهدی محمدی[۱] و فاطمه میرغفاری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۳/۲

DOI: 10.22047/ijee.2026.575317.2240

DOR: 20.1001.1.16072316.1405.28.110.4.1

چکیده: با گسترش سریع فنّاوری‌های هوش مصنوعی و دگرگونی انتظارهای بازار کار مهندسی، بازنگری در رویکردهای آموزش دانشگاهی بیش‌ازپیش ضروری شده است. هدف این مطالعه، شناسایی پیشایندها، فرایندها و پیامدهای آموزش «تفکر هوش مصنوعی» در راستای توسعهٔ مهارت‌های اشتغال‌پذیری دانشجویان مهندسی با بهره‌گیری از رویکرد فراترکیب نظریه‌ساز است. این پژوهش با روش کیفیِ فراترکیب نظریه‌ساز و رویکرد استقرایی، بر اساس مدل هفت‌مرحله‌ای فینفگلد-کانت (Finfgeld-Connett) انجام شد. مرور ادبیات به‌صورت نظام‌مند صورت گرفت و جست‌وجو با کلیدواژه‌های هدایت‌گر در پایگاه‌های فارسی و بین‌المللی انجام شد. سپس مطالعات مرتبط برمبنای تناسب عنوان و کلیدواژه‌ها گردآوری و پس از غربالگری، ۵۰ مقاله برای تحلیل و استخراج مؤلفه‌ها انتخاب شد. داده‌ها با تحلیل کیفی و کدگذاری باز، محوری و گزینشی سامان‌دهی شد و برای مدل حاصل، اعتباریابی توصیفی، تفسیری، نظری و مصلحت‌گرایانه انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد پیشایندها در قالب دانش، مهارت‌ها و نگرش‌های موردنیاز دانشجویان و اعضای هیئت علمی قابل تبیین است. در بُعد فرایندی، سازوکارهای آموزش مهارت‌های تفکر هوش مصنوعی شناسایی شد. درنهایت، پیامدها در قالب توسعهٔ مهارت‌های اشتغال‌پذیریِ سخت و نرم در دانش‌آموختگان مهندسی، به‌ویژه در تعامل با بن‌سازه‌ها و ابزارهای هوش مصنوعی صورت‌بندی شد. مدل استخراج‌شده می‌تواند به‌عنوان چارچوبی راهبردی برای بازطراحی آموزش مهندسی با هدف ارتقای اشتغال‌پذیری دانش‌آموختگان به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: تفکر هوش مصنوعی، مهارت‌های استخدامی، مهارت‌های سخت، مهارت‌های نرم، دانشجویان مهندسی، فراترکیب نظریه‌ساز

۱- استاد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول). mmohammadi48@shirazu.ac.ir

۲- دکتری مدیریت آموزشی، دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. fateme.mirqafari@gmail.com

۱. مقدمه

فراگیری روزافزون فنّاوری‌های رقمی/ دیجیتال و محاسباتی، نقش آنها را به‌عنوان مؤلفه‌های بنیادی تمدن مدرن تثبیت کرده و زمینه‌ساز دگرگونی‌های عمیق اجتماعی، اقتصادی و صنعتی شده است (Sahl al-Din et al., 2024). هوش مصنوعی[1] نیز به‌عنوان توانمندساز طیف وسیعی از صنایع، موجب افزایش بهره‌وری و تحول مدل‌های کسب‌وکار نوظهور شده است (Zeng, 2013). ظهور هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از پیشران‌های کلیدی انقلاب صنعتی چهارم، چگونگی پردازش، تحلیل و یادگیری از اطلاعات را در تقریباً همه بخش‌های صنعتی و آموزشی دگرگون کرده است (NewmanGriffis, 2025). تعاریف متعددی از هوش مصنوعی در ادبیات پژوهش ارائه شده است. هاینتز (Heintz, 2022) هوش مصنوعی را مطالعهٔ علمی چگونگی بازنمایی دانش در رایانه و استدلال بر پایهٔ آن معرفی می‌کند. در تعریفی دیگر، هوش مصنوعی علمی برای ساخت ماشین‌ها و برنامه‌های هوشمند تلقی شده است (Blanquist et al., 2025). از منظر آموزشی، هوش مصنوعی با ارائهٔ بازخوردهای سازنده، پرورش خودتنظیمی، فراشناخت و تفکر انتقادی را تسهیل می‌کند (Ibid). کاربردهای هوش مصنوعی در آموزش پیشینه‌ای طولانی دارد و نخستین بار در دههٔ ۱۹۸۰ در قالب سامانه‌های تدریس هوشمند مورد استفاده قرار گرفت (How et al., 2020). در تعریف‌های آموزشی، هوش مصنوعی در آموزش (AIED)در ابتدا به‌عنوان تحولی در مفاهیم و فنون محاسباتی هوش مصنوعی تصور شد و همچنین به‌عنوان اصطلاحی برای مطالعات طراحی فنی و پیاده‌سازی تحقیقات سیستم‌های آموزشی هوشمند(ITSs) تعیین گردید(Perez-Medina et al., 2026).

این سامانه‌ها شامل محیط‌های یادگیری تطبیقی، ارزشیابی خودکار، تحلیل یادگیری و عامل‌های گفت‌وگویی هستند که آموزش شخصی‌سازی‌شده ارائه می‌دهند (Ayeoribe & Ayeoribe, 2026). در آموزش عالی، هوش مصنوعی تأثیر گسترده‌ای بر نحوهٔ تدریس و یادگیری گذاشته و سطح درگیری شناختی، عاطفی و انگیزشی دانشجویان را دگرگون کرده است(Chen et al., 2025). هرچند هوش مصنوعی در حوزهٔ آموزش مزایایی چون شخصی‌سازی یادگیری، شناسایی زودهنگام مشکلات و کاهش بار کاری مدرسان را فراهم می‌کند، اما نگرانی‌هایی دربارهٔ حریم خصوصی، سوگیری الگوریتمی، شفافیت و خودکارسازی[2] بیش‌ازحد قضاوت تربیتی نیز ایجاد کرده است(Popenici, 2023; Holmes et al, 2022). از طرفی، با شتاب گرفتن تحولات فنّاورانه و نفوذ همه‌جانبهٔ سامانه‌های هوشمند در حوزه‌های مختلف مهندسی، دانشگاه‌ها با ضرورت بازطراحی الگوهای آموزشی روبه‌رو شده‌اند. دراین‌میان، «آموزش تفکر هوش مصنوعی[3]» به‌عنوان رویکردی یکپارچه و آینده‌نگر، شامل فرایندهایی می‌شود که هدفشان توانمندسازی دانشجویان برای درک، تحلیل و به‌کارگیری منطق هوشمند در حل مسائل پیچیدهٔ واقعی است. این فرایندها از یک سو، یادگیری مبتنی بر داده و الگوریتم را در محور آموزش قرار می‌دهند و از

1- AI: Artificial Intelligence

۲- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «اتوماسیون»

3- Education for AI thinking

سوی دیگر، شرایطی را فراهم می‌کنند تا دانشجویان بتوانند نحوهٔ تفکر ماشین، سازوکار تصمیم‌گیری هوشمند و پیامدهای کاربردی هوش مصنوعی را در موقعیت‌های صنعتی و حرفه‌ای بازآفرینی کنند. اصلی‌ترین فرایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی مواردی مانند آموزش اصول تحلیل داده و استدلال الگوریتمی، طراحی تجربیات یادگیری مبتنی بر حل مسئله، توسعهٔ مهارت مدل‌سازی و شبیه‌سازی هوشمند، تمرین کار با داده‌های واقعی صنعتی، یادگیری مشارکتی در محیط‌های میان‌رشته‌ای، و استفاده از پروژه‌های مبتنی بر کاربردهای واقعی هوش مصنوعی را دربرمی‌گیرد. این فرایندها همچنین با ایجاد موقعیت‌های یادگیری بازتابی، تفکر انتقادی، خلاقیت، تعامل سازنده با فنّاوری‌های هوشمند و توانایی تبیین تصمیمات الگوریتمی را در دانشجویان تقویت می‌کنند. چنین فرایندهایی به‌عنوان محرک توسعهٔ شایستگی‌های حرفه‌ای، زمینه‌ساز ارتقای هم‌زمان مهارت‌های سخت[1] و نرم استخدامی می‌شوند. از منظر مهارت‌های سخت، دانشجویان توانایی تحلیل داده، طراحی مدل‌های هوشمند، کار با ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی و درک معماری سیستم‌های فنّاورانه را کسب می‌کنند. از منظر مهارت‌های نرم[2] نیز، همکاری میان‌رشته‌ای، سازگاری با محیط‌های فنّاورانهٔ پویا، حل مسئلهٔ خلاق، و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد در آنها تقویت می‌شود. نتیجه آن که فرایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی نقش محوری در آماده‌سازی دانشجویان مهندسی برای ورود به بازار کار هوشمند دارند و بررسی نظام‌مند آنها در قالب یک مطالعهٔ فراترکیب، ضرورتی علمی و کاربردی به شمار می‌آید.

از طرف دیگر، گسترش سریع فنّاوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، صرفاً به تغییر در ابزارها و فرایندهای صنعتی محدود نمانده، بلکه ماهیت شایستگی‌های موردانتظار از دانش‌آموختگان مهندسی را نیز دگرگون ساخته است. در این میان، «آموزش تفکر هوش مصنوعی» به‌عنوان رویکردی فراتر از آموزش صرفِ کار با ابزارهای هوشمند، بر پرورش نوعی نگرش تحلیلی، داده‌محور، مسئله‌محور و الگوریتمی تأکید دارد که می‌تواند نقش مهمی در توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی ایفا کند. این نوع آموزش به دانشجویان کمک می‌کند تا نه‌تنها مفاهیم فنی مرتبط با داده، یادگیری ماشین، خودکارسازی و تصمیم‌گیری هوشمند را بهتر درک کنند، بلکه بتوانند منطق عملکرد سامانه‌های هوشمند را در حل مسائل واقعی مهندسی به کار گیرند. از منظر مهارت‌های سخت، آموزش تفکر هوش مصنوعی موجب تقویت توانایی تحلیل داده، مدل‌سازی، حل مسئله‌های پیچیده، طراحی راه‌حل‌های هوشمند، کار با فنّاوری‌های نوین و انطباق با محیط‌های فنّاورانهٔ درحال‌تحول می‌شود. چنین قابلیتی، آمادگی حرفه‌ای دانشجویان را برای ورود به بازار کار دانش‌بنیان افزایش می‌دهد و آنها را با انتظارات جدید کارفرمایان در صنایع هوشمند همسو می‌سازد. از سوی دیگر، پیامدهای این آموزش تنها به حوزهٔ فنی محدود نیست؛ بلکه در سطح مهارت‌های نرم نیز آثار معناداری بر جای می‌گذارد. ازجمله این آثار می‌توان به تقویت تفکر انتقادی،

1- Hard skills
2- Soft skills

خلاقیت، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد، یادگیری مستمر، سازگاری با تغییر، همکاری میان‌رشته‌ای و توانایی برقراری ارتباط مؤثر در بسترهای فنّاورانه اشاره کرد.

بااین‌حال، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که شکاف قابل‌توجهی میان مهارت‌های آموزش‌دیده در دانشگاه و مهارت‌های موردانتظار بازار کار وجود دارد (McKinsey Global Institute, 2018). در چنین شرایطی «تفکر هوش مصنوعی» به‌عنوان رویکردی نوظهور مورد توجه قرار گرفته است. تفکر هوش مصنوعی نگرشی داده‌محور، تحلیلی، مسئله‌محور و الگوریتمی است که دانشجویان را قادر می‌سازد تا منطق سیستم‌های هوشمند را درک کنند و آن را در حل مسائل پیچیدهٔ مهندسی به‌کار گیرند(Chen et al., 2025; Phusavat et al., 2026a). آموزش تفکر هوش مصنوعی از طریق یادگیری مبتنی بر مسئله، تحلیل داده‌های واقعی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی هوشمند، همکاری میان‌رشته‌ای و پروژه‌های واقعی، هم مهارت‌های سخت نظیر تحلیل داده، مدل‌سازی و کار با فنّاوری‌های هوش مصنوعی و هم مهارت‌های نرم مانند تفکر انتقادی، خلاقیت، تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد و سازگاری را تقویت می‌کند. ازاین‌رو، تحلیل نظام‌مند پیشایندها، فرایندها و پیامدهای آموزش تفکر هوش مصنوعی ضرورت دارد. پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد فراترکیب نظریه‌ساز، به ادغام و تبیین دیدگاه‌های موجود پرداخته و چارچوبی نظری برای طراحی مدل‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی جهت ارتقای مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی ارائه می‌دهد.

۲. پیشینه

تفکر هوش مصنوعی کاربردهای مستقیمی در تعاملات بین دانشکده‌های مهندسی و صنعت دارد، به‌ویژه در چارچوب صنعت نسل ۴/۰ و الگوی درحال‌ظهور صنعت نسل ۵/۰. جدول ۱ در مشارکت‌های دانشگاه ـ صنعت، تفکر هوش مصنوعی پروژه‌های مشترکی مانند نگهداری پیش‌بینانه، تولید هوشمند، دوقلوهای رقمی/ دیجیتال و طراحی مولد را ممکن می‌سازد که همه به مهندسانی متکی‌اند که می‌توانند الگوریتم‌ها و داده‌ها را تفسیر کنند نه فقط نرم‌افزار را به کار گیرند (Kong & Sahim, 2025). یادگیری مبتنی بر چالش با مشتریان صنعتی، دانشجویان را تشویق می‌کند تا هوش مصنوعی را به‌عنوان همکاری در نظر بگیرند که خلاقیت و حل مسئله انسان را تقویت می‌کند، نه جایگزینی برای آن؛ این نکته با اهداف صنعت ۵.۰ در استقرار فنّاوری انسان‌محور و تاب‌آور همسو است(HEPI, 2025). هیئت‌های مشورتی و طراحی مشترک برنامه درسی با کارفرمایان می‌توانند شایستگی‌های خاص هوش مصنوعی مانند تفسیرپذیری مدل، ارزیابی سوگیری و مهندسی فرمان (پرامپت[1]) را، که باید در برنامه‌های مهندسی جاسازی شوند، بیان کنند (Oberet al., 2026).

به طور ویژه، تفکر هوش مصنوعی، ازطریق پروژه‌های مشترک، مانند توسعهٔ دوقلوهای رقمی/ دیجیتال یا بهینه‌سازی زنجیرهٔ تأمین، که گردش کار هوش مصنوعی دنیای واقعی را منعکس می‌کنند،

1- Prompt

همکاری‌های مؤثر بین دانشکده‌های مهندسی و صنعت را تسهیل می‌کند. (Digital Education Council, 2025; Columbia Engineering, 2025) دانشجویان تفکر هوش مصنوعی را برای ارتباط محدودیت‌ها و ریسک‌های فنی با شرکای صنعتی، هم‌طراحی نمونه‌های اولیهٔ هوش مصنوعی و ارزیابی تأثیرات استقرار به کار می‌گیرند و نظریهٔ دانشگاهی را با محدودیت‌های عملی پیوند می‌زنند (ACM, 2025; Walker, 2025). صنعت از استعدادی دارای سواد هوش مصنوعی بهره می‌برد که نوآوری را تسریع می‌کند و درعین‌حال الزامات نظارتی، اخلاقی و پایداری را در محیط‌های صنعت ۵.۰ مورد توجه قرار می‌دهد(World Economic Forum & OECD, 2025; HEPI, 2025).

جدول ۱. پیشینهٔ پژوهش مرتبط با تفکر هوش مصنوعی در آموزش عالی

یافته‌های کلیدی	پارامترهای بررسی‌شده	حوزه تمرکز	نویسندگان
اهمیت کیفیت و ارزش داده در تصمیم‌گیری هوش مصنوعی	حجم، سرعت، تنوع، درستی، ارزش	کلان‌داده	(TechTarget, 2023)
نقش سواد داده در توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی	چرخه داده، پردازش و تفسیر	سواد داده	(Bornfight, 2024)
تقویت تفکر انتقادی از طریق تحلیل داده	ارزیابی کیفیت داده	تصمیم‌گیری داده‌محور	(Smoll, 2025)
ضرورت حرکت به‌سوی چارچوب جامع‌تر شناختی	تمایز تفکر محاسباتی و سواد هوش مصنوعی	سواد هوش مصنوعی	(Kong et al., 2022)
تفکر هوش مصنوعی به‌عنوان تقویت‌کنندهٔ شناخت انسانی	ادغام روش‌شناسی هوش مصنوعی با شناخت انسان	چارچوب مفهومی	(Quesada, 2024)
نقش دوگانهٔ هیجانات در درگیری شناختی با هوش مصنوعی	اضطراب، خودکارآمدی، هیجانات تحصیلی	پیش‌زمینه‌های روان‌شناختی	(Chen et al., 2025)
شناسایی ۴ تیپ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان	تحلیل نمودار پنهان	نمودار شناختی	(Chen & Zare, 2025a)
رابطهٔ بین تفکر هوش مصنوعی و بلوغ حرفه‌ای	استدلال راهبردی، پردازش تأملی	پردازش شناختی	(Phusavat et al., 2026b)
اثر بازخورد هوش مصنوعی در بهبود تأمل شناختی	فراشناخت، تفکر انتقادی	پیامدهای آموزشی	(Blanquist et al., 2025)
تغییر اَبَرانگارهٔ[1] یادگیری در عصر هوش مصنوعی	تحول نقش مدرس و دانشجو	هوش مصنوعی و آیندهٔ آموزش	(Holmes et al., 2022)
تأثیر نگرش بر استفادهٔ مؤثر از هوش مصنوعی	نگرش و اعتماد به هوش مصنوعی	پذیرش فنّاوری	(Dwivedi et al., 2023)
هوش مصنوعی به‌عنوان تسهیل‌گر یادگیری تطبیقی	یادگیری خودراهبر با هوش مصنوعی	خودتنظیمی	(Chiu et al., 2024)

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «پارادایم»

۳. روش‌شناسی

در این پژوهش برای جمع‌آوری اطلاعات، داده‌ها و توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی، از روش فراترکیب نظریه‌ساز کیفی با رویکرد استقرایی بر اساس مدل هفت‌مرحله‌ای فینفگلد-کانت (Finfgeld-Connett, 2018) استفاده شد (شکل ۱).

شکل ۱. روش هفت‌مرحله‌ای فراترکیب نظریه‌ساز

پیش از آغاز گام‌های فراترکیب نظریه‌ساز، تیم فراترکیب مشخص شد. در پژوهش حاضر تیم فراترکیب متشکل از اعضای متخصص در حوزهٔ آموزش عالی و به‌ویژه مهندسی، هوش مصنوعی، آموزش و مسلط به روش فراترکیب بود. به منظور اطمینان و اعتبار بخشیدن به جست‌وجوی جامع و نظام‌مند پیشینهٔ مرتبط با موضوع و یافتن منابع لازم از کارشناس ارشد مسئول پایگاه‌های اطلاعاتی دانشگاه شیراز نیز کمک گرفته شد.

گام اول - تنظیم هدف و پرسش‌های پژوهش: هدف از این پژوهش کیفی طراحی مدلی است که پیشایندها، فرایندها و پیامدهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی را توضیح می‌دهد. پرسش‌های پژوهش عبارت‌اند از:

۱. پیشایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟
۲. فرایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟
۳. پیامدهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟
۴. چه ارتباطی بین پیشایندها، فرایندها و پیامدهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی وجود دارد؟

گام دوم و سوم - جست‌وجوی نظام‌مند و انتخاب پیشینه: تمام پژوهش‌ها بر اساس ارتباط عنوان مقاله با واژه‌های کلیدی در یک فایل صفحه گسترده جمع‌آوری شدند. جست‌وجوی مقالات در این پایگاه‌ها با استفاده از واژگان کلیدی متعدد مرتبط با پرسش پژوهش صورت گرفت. پس از جمع‌آوری

منابع متعدد از پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف، در هر بررسی بر اساس ملاک هایی که در جدول ۲ آمده است، تعدادی از منابع حذف گردید و گستره شمول منابع جهت بررسی نهایی محدود شد.

جدول ۲. ملاک های پذیرش یا عدم پذیرش منابع

موارد	ملاک پذیرش	ملاک عدم پذیرش
زبان پژوهش‌ها	فارسی و انگلیسی	غیر از زبان‌های فارسی و انگلیسی
زمان انجام پژوهش	از ۲۰۰۰ تاکنون؛ ۱۳۹۰ تاکنون	پیش از ۲۰۰۰؛ پیش از ۱۳۹۰
روش پژوهش	کیفی و ترکیبی	کمّی
مفاهیم مورد پژوهش	مهارت‌های نرم، مهارت‌های سخت، هوش مصنوعی، آموزش هوش مصنوعی[1]، تفکر هوش مصنوعی دانشجویان مهندسی[2]، مهارت‌های استخدامی مهندسی[3]، شایستگی‌های هوش مصنوعی در مهندسی[4]	مهارت‌های نرم و مهارت‌های سخت خارج از حوزهٔ مهندسی
منابع	۹ پایگاه دادهٔ خارجی و داخلی شامل: Springer, Emerald, Science Direct, Wiley, Ebesco, Elsiever, Taylor & Francis, Pro-Quest, Scopus, Magiran, Noormags, SID	مجلات در حوزهٔ مهندسی
شرایط پژوهش	ویژهٔ دانشجو	ویژهٔ سایر اعضای دانشگاهی
نوع پژوهش	کتاب‌ها، مقاله‌ها و پایان‌نامه‌ها	وب‌نوشت[5]ها، هم‌اندیشی[6]ها، خبرنامه‌ها و ...

درنهایت، مطالعات کیفی، ترکیبی و خاکستری ۱۸۷ مقاله و پایان‌نامه شناسایی و پس از تأیید نهایی وارد مرحلهٔ بعدی پژوهش شدند. سپس کیفیت روش‌شناختی این مطالعات مورد بررسی قرار گرفت. هدف از این گام، حذف کردن منابعی بود که یافته‌های آنها مورد اعتماد نباشند و به‌منظور تعیین ارزش و اعتبار، کاربردی بودن و متناسب بودن پژوهش استفاده شد. بنابراین، یک بازبینه[7] شامل ۱۰ پرسش برای بررسی دقت و ارزش مطالعات کیفی تهیه شد. این پرسش‌ها شامل بررسی هدف‌های پژوهش، منطق روش مورداستفاده، طرح پژوهش، روش نمونه‌گیری، روش گردآوری داده‌ها، رابطهٔ پژوهشگر و مشارکت‌کنندگان، ملاحظات اخلاقی، اعتبار تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، شیوهٔ بیان یافته‌ها و ارزش پژوهش بود. برای هر منبع از نظر دارا بودن معیارهای بالا، امتیازی بین ۱ تا ۵ در نظر گرفته شد. این روش شامل

1- Intelligence thinking
2- Engineering students' ai thinking
3- Employability skills
4- AI Competencies
۵- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «وبلاگ»
۶- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «سمینار»
۷- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «چک‌لیست»

یک مقیاس ۵۰ امتیازی است و هر منبع مطابق مقیاس به: خیلی خوب «۵۰- ۴۱»، خوب «۴۰- ۳۱»، متوسط «۳۰- ۲۱»، ضعیف «۲۰-۱۱» و خیلی ضعیف «۱۰- ۰» دسته‌بندی شدند. براین‌اساس، درنهایت ۱۳۷ منبع امتیاز ضعیف و خیلی ضعیف و متوسط کسب کردند و حذف شدند و ۵۰ منبع (شامل ۴۹ منبع انگلیسی و ۱ منبع فارسی) در فرایند ارزیابی مورد پذیرش قرار گرفتند.

گام چهارم - استخراج اطلاعات: پژوهشگر در این بخش با مطالعهٔ چندین‌بارهٔ مقاله‌های منتخب و نهایی‌شده به دنبال دستیابی به مضامین و مفاهیم درون محتواهایی ضمنی هر پژوهش بود. مقاله‌ها براساس مرجع مربوط به هر مقاله شامل نام و نام خانوادگی پژوهشگر یا پژوهشگران، سال انتشار و یافته‌های آن دسته‌بندی شد. مطالب هدفمند از مباحث کیفی استخراج شد.

گام پنجم - تجزیه‌وتحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی: در فراترکیب ایجاد یک دید واحد و منسجم از یافته‌ها به‌عنوان هدف اصلی آن محسوب می‌شود. این روش برای شفاف‌سازی مفاهیم، الگوها و نتایج در پالایش حالت‌های موجود دانش و ظهور مدل‌های عملیاتی و نظریه‌ها مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این مرحله مطالب هدفمند از مباحث کیفی استخراج شده و در قالب کدگذاری به جست‌وجوی موضوعاتی پرداخته شد که در میان مطالعات موجود در فراترکیب شناسایی شدند و به محض شناسایی و مشخص شدن موضوع، پژوهشگر طبقه‌بندی جدید خود را ارائه داد.

گام ششم - کنترل کیفیت: در این بخش پژوهشگران به دنبال بررسی این بودند که «آیا یافته‌های مرتبط با توسعهٔ مهارت‌های استخدامی نرم و سخت مبتنی بر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی دارای اعتبار مناسب هستند»؟ برای پاسخ به این پرسش ازطریق بازگشت به گام‌های پیش، یافته‌های به‌دست‌آمده دوباره مرور شدند. در سراسر پژوهش تلاش شد تا برای هر یک از گام‌ها و اقدام‌های اتخاذشده توضیح و توصیف روشن و واضحی ارائه شود تا امکان تکرار این پژوهش برای سایر پژوهشگران با بالاترین دقت و کیفیت مقدور گردد. همچنین راهبردهای جست‌وجوی منابع در اشکال مختلف به کار گرفته شد تا بتوان به تمام منابع متناسب و باکیفیت دسترسی پیدا کرد.

گام هفتم - ارائهٔ یافته‌ها: پس از تحلیل داده‌های کیفی و استخراج مؤلفه‌های پیشایندها، فرایندها و پیامدهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی در قالب کدهای باز[1]، کدهای محوری[2] و گزینشی[3] (Corbin & Strauss, 2008)مدل متناسب با آن طراحی شدند.

اعتباریابی داده‌ها: در مطالعهٔ حاضر از تمام فرایندهای بهینه‌سازی اعتباریابی سندلوفسکی و باروسو (Sandelowski & Barroso,2006) یعنی اعتباریابی‌های توصیفی، تفسیری، نظری و مصلحت‌گرایانه[4] به‌صورت زیر بهره برده شده است (جدول ۳).

1- Open coding 2- Axial coding 3- Selective coding

۴- «مصلحت‌گرایی» معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «پراگماتیسم» و «مصلحت‌گرایانه» معادل «پراگماتیسم»

جدول ۳. فرایندهای بهینه‌سازی اعتبار فراترکیب (Sandelowski & Barroso, 2006)

نوع اعتباریابی	فرایندها
توصیفی	مشورت با کتابدار مرجع برای انتخاب بهترین و مناسب‌ترین پایگاه‌های داده لاتین و فارسی مرتبط با آموزش مهندسی و هوش مصنوعی
نظری توصیفی	مشورت با متخصص پژوهش‌های فراترکیب و جست‌وجوی مستقل منابع ترکیبی تفکر هوش مصنوعی و مهندسی حداقل توسط دو بازنگر
توصیفی ـ تفسیری	ارزیابی مستقل گزارش هر یافتهٔ استخراج‌شده از مقاله‌های نهایی حداقل توسط دو بازنگر
توصیفی	جلسه‌های هفتگی تیم پژوهشی به‌منظور بحث دربارهٔ نتایج جست‌وجوها و شکل‌دهی و اصلاح راهبردهای جست‌وجوی منابع
توصیفی ـ تفسیری	جلسه‌های هفتگی تیم پژوهشی به‌منظور بحث دربارهٔ نتایج ارزیابی‌ها و تصمیم‌گیری دربارهٔ راهبردهای ارزیابی مطالعات
توصیفی ـ تفسیری - نظری	جلسه‌های هفتگی تیم پژوهشی به‌منظور تثبیت حوزه‌های مورد توافق و مذاکره دربارهٔ حوزه‌ها و موارد شامل اختلاف‌نظر تا رسیدن به اجماع و ترسیم مدل نهایی توسعهٔ مهارت‌های استخدامی براساس تفکر هوش مصنوعی

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها: با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی، کدهای باز، کدهای محوری و گزینشی مربوط عوامل و پیامدهای رفتارها استخراج شد و در پایان «مدل توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی» با استفاده از رویکرد فراترکیب نظریه‌ساز ترسیم شد.

۴. یافته‌ها

۴-۱. پیشایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟

پس از انتخاب مطالعات نهایی، ۳۰ کد باز در ۶ کد محوری قرار گرفت. (جدول ۴)

جدول ۴. پیشایندهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان

کد محوری ۱	کد محوری ۲	کدهای باز	شواهد
شایستگی دانشجویان	دانش	درک هوش مصنوعی به‌عنوان یک سیستم اجتماعی - فنی	(Phusavat et al., 2026; Yu et al., 2023)
		شناخت اصول استدلال احتمالاتی	(Kaplan, 2016; van de Schoot et al., 2014)
		درک معماری عامل هوشمند	(Pearl, 2015; Pearl, 2010)
		سواد الگوریتمی	(Touretzky & GardnerMcCune, 2020; Curzon & McOwan, 2016)
	مهارت	توانایی کاربرد استنتاج/ اکتشاف	(Touretzky & GardnerMcCune, 2020; Jordan & Mitchell, 2015)

ادامه جدول ۴

کد محوری ۱	کد محوری ۲	کدهای باز	شواهد
		تحلیل داده برای شناسایی الگو	(Goodfellow et al., 2016; LeCun et al., 2015)
		پیاده‌سازی دانش براساس موقعیت	(FondónLudeña, 2024; Ryzheva et al., 2024)
		مهارت مدل‌سازی و شبیه‌سازی	(Guoyi et al., 2012; Fox et al., 2009)
		مدیریت پیچیدگی و انتزاع	(Hoppe & Manske, 2019; Wing, 2017)
		توانایی یکپارچه‌سازی سیستم	(NewmanGriffis, 2025; Caldwell et al., 2022)
		قابلیت ترجمه مبتنی بر داربست‌سازی شناختی	(Miller & Suchman, 2022; How & Hung, 2019)
	نگرش	ارزیابی نقادانه خروجی‌های هوش مصنوعی (اخلاق و سوگیری)	(Buolamwini, 2022; FondónLudeña, 2024)
		طراحی اخلاقی و مسئولانه	(Domínguez Figaredo & Stoyanovich, 2023; DiPaola et al., 2020)
		انعطاف‌پذیری و سازگاری شناختی	(Phusavat et al., 2026; Chen & Zare, 2025b)
شایستگی‌های اعضای هیئت‌علمی	دانش	روش‌شناسی بنیادین تفکر هوش مصنوعی (شناختی و تأملی)	(Chen & Zare, 2025c; Guggemos, 2024)
		شناخت هوش مصنوعی به‌عنوان یک سیستم اجتماعی - فنی (زمینه‌سازی فنّاوری)	(NewmanGriffis, 2025; Sartori & Theodorou, 2022)
		شناسایی شناخت‌های سوگیری‌های هوش مصنوعی	(Raj, 2025; Buolamwini, 2022)
		شناخت فلسفه‌های برنامه درسی هستهٔ هوش مصنوعی	(Kim, 2025; Dubreuil, 2023)
		شناخت معماری عامل نرم‌افزاری هوشمند	(Crowder & Friess, 2021; Crowder et al., 2019)
	مهارت	ارزیابی قابلیت‌های ابزار هوش مصنوعی (تناسب فنّاورانه)	(NewmanGriffis, 2025; Strauss et al., 2024)
		انتخاب هوش مصنوعی براساس معیارهای عاملیت، آگاهی‌بخشی و اطمینان	(NewmanGriffis, 2025; Du et al., 2017)
		به‌کارگیری استدلال احتمالاتی (مدیریت عدم قطعیت)	(How & Hung, 2019; Conrady & Jouffe, 2015)

ادامه جدول ۴

کد محوری ۱	کد محوری ۲	کدهای باز	شواهد
		آموزش حل مسئله خلاق- استنتاجی	(Phusavat et al., 2026; Paiva Ponzio et al., 2023)
		ساختاردهی تیم‌های بین‌رشته‌ای هوش مصنوعی	(NewmanGriffis, 2025; Caldwell et al., 2022)
		تحلیل دلایل و ریسک‌های هوش مصنوعی	(NewmanGriffis, 2025; Yoo et al., 2024)
	نگرش	تلفیق اخلاق در کنار محتوای فنی	(DiPaola et al., 2020; Grosz et al., 2019)
		تعهد به استفاده آگاه‌شده از هوش مصنوعی	(NewmanGriffis, 2025; Böckle & Kouris, 2023)
		انعطاف‌پذیری و سازگاری چندسطحی	(Crowder & Friess, 2021; Holland, 1992)
		انگیزش هوش مصنوعی فرایندمحور (استفادهٔ هدف‌محور)	(NewmanGriffis, 2025; Savage, 2020)
		ترویج عاملیت جامعه در فنّاوری	(Quesada, 2024; Bird, 2022)

۴-۲. فرایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟

پس از انتخاب مطالعات نهایی، ۳۱ کد باز در ۱ کد محوری قرار گرفتند. (جدول ۵)

جدول ۵. فرایندهای آموزش مهارت‌های تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان

کد محوری	کدهای باز	شواهد
فرایندهای آموزش مهارت‌های تفکر هوش مصنوعی	قرار دادن هوش مصنوعی در زمینه‌های اجتماعی - فنی	(NewmanGriffis, 2025; Yu et al., 2023)
	ساختاردهی تیم‌های بین‌رشته‌ای هوش مصنوعی	(NewmanGriffis, 2025; Caldwell et al., 2022)
	توسعهٔ سواد هوش مصنوعی ازطریق چارچوب‌ها و ایده‌های بزرگ	(Guggemos, 2024; Heintz, 2022)
	به‌کارگیری طراحی مشارکتی (عاملیت جامعه)	(Quesada, 2024; Bird, 2022)
	تلفیق اخلاق هوش مصنوعی با آموزش فنی	(DiPaola et al., 2020; Dindler et al., 2020)
	اتخاذ ساختارگرایی/ پروژه‌های هم‌آفرینی	(Silander et al., 2020; Resnick, 2017)
	استفاده از روش‌های تحلیل متقابل و درون‌نگری	(Jeremiah, 2024; Lund, 2023)
	تمرکز بر سازگاری/ انعطاف‌پذیری چندسطحی هوش مصنوعی	(Crowder & Friess, 2021; Holland, 1992)
	طراحی محیط‌های یادگیری هوش مصنوعی حمایتگر عاطفی	(Chen & Zare, 2025b; Hou, 2025)

ادامه جدول ۵

کد محوری	کدهای باز	شواهد
	استدلال احتمالاتی از طریق شبکه‌های بیزی[1] (BN)	(How & Hung, 2019; Pearl, 2010)
	شبیه‌سازی فرانامه‌های متقابل «چه می‌شد اگر»	(How et al., 2020; How & Hung, 2019)
	فرمول‌بندی مسئله (انتقال اهداف به وظایف هوش مصنوعی)	(NewmanGriffis, 2025; Cheng et al., 2003)
	آموزش کاربردها و قابلیت‌های ابزار هوش مصنوعی	(NewmanGriffis, 2025; Strauss et al., 2024)
	استنتاج/ اکتشاف و نوآوری خلاقانه ازطریق بارش مغزی انسان-ماشین	(Quesada, 2024; Hoppe & Manske, 2019)
	ساده‌سازی پیچیدگی مسئله و گروه‌بندی ایده‌ها	(Quesada, 2024; Hoppe & Manske, 2019)
	آموزش شناسایی الگوهای پنهان در پایگاه داده‌های بزرگ	(Heintz, 2022; Goodfellow et al., 2016)
	توسعهٔ سواد الگوریتمی دانشجویان	(Quesada, 2024; RománGonzález et al., 2019)
	ارزیابی فنی با استفاده از معیارهای عملکرد پیش‌بینی‌کننده	(Bi et al., 2025; How et al., 2020)
	مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده ازطریق عاملان نرم‌افزاری هوشمند (ISAs)	(Paiva Ponzio et al., 2023; Crowder & Friess, 2021)
	آموزش طراحی همسو با اهداف عملی و زمینه ای	(Paiva Ponzio et al., 2023; Szokolay, 2019)
	آمورش کاربردهای فنی چرخهٔ عیب‌یابی	(Sullivan, 2025; Barr & Stephenson, 2011)
	اجرا و پیاده‌سازی عملی دانش در زمینه‌های دنیای واقعی	(Ryzheva et al., 2024; Quesada, 2024)
	برنامه‌نویسی حس-استدلال-عمل (SRA) با ربات‌ها	(Fanchamps et al., 2025; McOwan, 2016)
	استفاده از گردش‌کارهای مولد چندوجهی	(Paiva Ponzio et al., 2023; Dean, 2023)
	به‌کارگیری مهندسی فرمان(پرامپت) ژرف‌اندیشانه و بازخورد سازنده	(Angulo Blanquicett & Salazar Araujo, 2025; Chen & Zare, 2025a)
	تطبیق سبک تعامل هوش مصنوعی با حالت عاطفی کاربر	(Bi et al., 2025; Chen & Zare, 2025c)
	مهارت پردازش هوش مصنوعی برای تحقق نیازهای خاص	(Jumper et al., 2021; European Commission, 2018)
	توانایی تعریف و توصیف مسئله‌ای که هوش مصنوعی قصد حل کردن آن را دارد	(Blagec et al., 2022; Trewartha et al., 2022)

1- Bayesian Network

ادامه جدول ۵

کد محوری	کدهای باز	شواهد
	توانایی ارزیابی مدل‌ها، الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای هوش مصنوعی بر اساس قابلیت‌ها و امکانات آنها	(The Royal Society, 2023; Chasalow, 2021)
	قدرت ارزیابی گزینه‌های داده‌های هوش مصنوعی ازنظر نماینده بودن، اطلاع‌رسانی، و قابلیت اطمینان	(Gupta & Gupta, 2019; Agmon & Ahituv, 1987)
	مشخص کردن کاربرد هوش مصنوعی براساس منطق، خطرپذیری و منافع خاص	(Xu et al., 2023; Mittelstadt, 2019)

۴-۳. پیامدهای آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی چیست؟ همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، مهارت‌های نرم مرتبط با تفکر هوش مصنوعی به‌صورت گسترده‌ای در بن‌سازه[1]های آموزشی مختلف برخط مورد توجه قرار گرفته‌اند.

جدول۶. مهارت‌های نرم دانش‌آموختگان مبتنی بر بن‌سازه‌های هوش مصنوعی

کد محوری دسته سوم	کد محوری دسته دوم (بن‌سازه)	کد محوری دسته اول	کدهای باز (مهارت های نرم)	منبع
متمرکز بر «تفکر تحلیلی و حل مسئله»	edX	تفکر مسئله‌محور	تعریف دقیق مسئله پیش از حل	(Russell & Norvig, 2021; MIT OpenCourseWare, 2018)
			تفکیک مسئله به زیرمسئله‌ها	
			تشخیص امکان‌پذیری حل مسئله با هوش مصنوعی	
		تفکر داده‌محور	تصمیم‌گیری بر اساس داده نه حدس	(OECD, 2015; Provost & Fawcett, 2013)
			تشخیص داده‌های مفید، ناکافی یا دارای سوگیری	
			طرح پرسش‌های درست از داده‌ها	
		رهبری و مدیریت پروژه آینده‌محور	مدیریت پروژه با کمک هوش مصنوعی	(Project Management Institute, 2021; McKinsey & Company, 2020)
			اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی پروژه	
			رهبری توسعهٔ فردی	
			پیش‌بینی و مدیریت ریسک	
			استفاده از هوش مصنوعی برای تصمیم‌سازی	
			مدیریت زمان	
			استفاده از هوش مصنوعی در تصمیم‌سازی و خودکارسازی کارهای تکراری	

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ «پلتفرم»

ادامه جدول ۶

کد محوری دسته سوم	کد محوری دسته دوم (بن‌سازه)	کد محوری دسته اول	کدهای باز (مهارت های نرم)	منبع
	Coursera	تفکر سیستمی	درک تعامل اجزای یک سیستم	(INCOSE, 2015; Meadows, 2008)
			پیش‌بینی اثرات جانبی تصمیم‌ها	
			نگاه کلان به پروژه‌های مهندسی (نه فقط کد یا قطعه فنی)	
		خلاقیت و نوآوری مهندسی	استفاده از هوش مصنوعی برای ایده‌پردازی	(Microsoft WorkLab, 2022; Project Management Institute, 2021)
			ترکیب راه‌حل‌های انسانی و ماشینی	
			طراحی راه‌حل‌های نوآورانه به کمک هوش مصنوعی	
متمرکز بر مهارت‌های تعاملی و ارتباطی	Rehearsal/ Disco	مهارت‌های ارتباطی و گروهی	توضیح مسئله به زبان قابل فهم برای مدل‌ها	(Liu et al., 2023; Google PAIR Team, 2019)
			مهارت در مهندسی فرمان	
			تفسیر خروجی هوش مصنوعی برای انسان‌ها	
	Disco	تصمیم‌گیری و قضاوت حرفه‌ای	تشخیص خطا و محدودیت‌های مدل	(Floridi et al., 2018; Marcus, 2020)
			مدیریت تعارض در تصمیم‌گیری‌های بین‌رشته‌ای	
			مقایسهٔ خروجی هوش مصنوعی با دانش انسانی	
متمرکز بر «مسئولیت پذیری و انطباق و رهبری»	Udemy	اخلاق حرفه‌ای و مسئولیت پذیری	درک سوگیری الگوریتمی	(World Economic Forum, 2023; European Commission HLEG on AI, 2019)
			توجه به حریم خصوصی و امنیت داده	
			پذیرش مسئولیت تصمیم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی	
		یادگیری مستمر و تطبیق‌پذیری	یادگیری سریع ابزارهای جدید هوش مصنوعی	(McKinsey Global Institute, 2023; Boden, 2016)
			به‌روز نگه داشتن مهارت‌ها	
			سازگاری با تغییرات سریع فناوری	
		کار گروهی بین‌رشته‌ای	مدیریت افراد و همکاری با افراد غیر فنی(مدیریت، طراحی، کسب‌وکار)	(McKinsey Global Institute, 2023; Katzenbach & Smith, 2005)
			ترجمهٔ مسائل مهندسی به زبان ساده	
			درک نیازهای کاربران نهایی	
	Virtual Speech	ارتباطات بین‌فرهنگی، مذاکره و آگاهی جهانی	حساسیت فرهنگی در ارتباطات حرفه‌ای	(European Commission HLEG on AI, 2019; McKinsey & Company, 2020)

ادامه جدول ۶

کد محوری دسته سوم	کد محوری دسته دوم (بن‌سازه)	کد محوری دسته اول	کدهای باز (مهارت های نرم)	منبع
			درک تفاوت هنجارهای ارتباطی (مستقیم/ غیرمستقیم، فردگرا/جمع‌گرا)	
			تعامل مؤثر در تیم‌های بین‌المللی و مجازی	
			توانایی برقراری ارتباط سازنده در محیط یادگیری مشارکتی	
			درک اثر سوگیری‌های فرهنگی در داده‌ها و الگوریتم‌ها	
		ارائه، روایت‌گری و اقناع حرفه‌ای	توضیح راه‌حل‌های فنی به شکل قابل فهم	(IBM Research, 2020; Knaflic, 2015)
			ارائه نتایج مدل‌ها به مدیران یا مشتریان	
			دفاع از تصمیم‌ها با شواهد	
	LinkedIn Learning	اعمال نفوذ مؤثر و تطبیق سبک‌های ارتباطی	اعمال نفوذ مبتنی بر شواهد	(Project Management Institute, 2021; McKinsey & Company, 2020)
			تطبیق سبک ارتباطی (تحلیلی، روایتی، اقناعی)	
			دفاع حرفه‌ای از تصمیم‌های فنی بدون تحمیل نظر	
			توضیح خروجی‌های پیچیده مدل‌ها برای ذی‌نفعان مختلف (مدیر، کاربر، سیاست‌گذار)	
	FutureLearn	شنود فعال و تعامل همدلانه با هوش مصنوعی و ذی‌نفعان	طراحی مسئله ضمن فهم دقیق نیاز کاربر و ذی‌نفع	(Project Management Institute, 2021; Amershi et al., 2019)
			تفسیر خروجی هوش مصنوعی ضمن توجه به ظرافت‌ها، ابهامات و محدودیت‌ها	
			گوش‌دادن تحلیلی و همدلانه	
			پرسیدن سؤال‌های دقیق و عمیق	
			تشخیص نیاز واقعی کاربران	
			تعامل تدریجی با هوش مصنوعی همراه با بازخورد و اصلاح مسئله	

جدول ۷. مهارت‌های سخت دانش‌آموختگان مهندسی مبتنی بر بن‌سازه‌های هوش مصنوعی

کد محوری دستهٔ دوم	کد محوری دستهٔ دوم (بن‌سازه)	کد محوری دسته اول	کدهای باز (مهارت‌های سخت)	منبع
یادگیری ساختاریافته و آموزش عمیق پروژه محور	edX	کار با داده‌های مهندسی و تحلیل داده	تفسیر نتایج برای تصمیم‌گیری مهندسی	(OECD, 2015; Elnaffar et al., 2025)
			خودکارسازی تحلیل داده‌ها	
			یادگیری عمیق	
			جمع‌آوری، پاک‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها	
			تحلیل خودکار محتوا توسط هوش مصنوعی	
			تحلیل داده‌های عددی، زمانی و سنسوری	
			تفسیر نتایج برای تصمیم‌گیری مهندسی	
		امنیت، حریم خصوصی و مدیریت داده‌های فنی	مدیریت داده‌های حساس	(Microsoft WorkLab, 2022; Kerzner, 2017)
			آشنایی با تهدیدات امنیتی مدل‌ها و داده ها	
			رعایت استانداردهای فنی، اخلاقی و قانونی	
نرم‌افزارهای مهندسی، برنامه‌نویسی، CAD، تحلیل داده	Udemy	توسعه و پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین	یادگیری سخت‌افزار، فناوری اطلاعات و نرم‌افزار	(Marcus, 2020; Floridi et al., 2018)
			انتخاب الگوریتم مناسب	
			آموزش، ارزیابی و بهبود مدل‌ها	
			جلوگیری از بیش‌برازش و مدیریت خطاهای رایج	
تمرکز روی ارتقای شغلی و بهره‌وری کاری در دوره‌های کوتاه مهارت‌محور	LinkedIn Learning	برنامه‌نویسی کاربردی برای پروژه‌های هوش مصنوعی	استفاده از کتابخانه‌های تخصصی هوش مصنوعی	(World Economic Forum, 2023; OECD, 2019)
			بازخورد هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی	
			پیاده‌سازی پایپ‌لاین‌های پردازش داده و مدل	
ترکیب آموزش نظری با پروژه صنعتی در مسیرهای تخصصی	Coursera	طراحی و ارزیابی سیستم‌های هوشمند	طراحی سیستم‌های تصمیم‌یار	(McKinsey Global Institute, 2023; Project Management Institute, 2021)
			تعریف شاخص‌های عملکرد (KPIs)	
			تست، اعتبارسنجی و بهینه‌سازی سیستم	
		شبیه‌سازی و بهینه‌سازی با کمک هوش مصنوعی	شبیه‌سازی فرآیندهای مهندسی	
			بهینه‌سازی چندهدفه	
			استفاده از الگوریتم‌های تکاملی و یادگیری تقویتی	
			استقرار مدل‌ها	

ادامه جدول ۷

کد محوری دستهٔ دوم	کد محوری دستهٔ دوم (بن‌سازه)	کد محوری دسته اول	کدهای باز (مهارت‌های سخت)	منبع
		تفسیرپذیری، اعتبارسنجی و اطمینان پذیری مدل‌ها	تحلیل خطا و عدم قطعیت	(McKinsey Global Institute, 2023; Project Management Institute, 2021)
			تفسیر مدل‌هابر اساس خروجی هوش مصنوعی	
			ارزیابی ریسک تصمیم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی	
		تحلیل و مدل‌سازی مسئله‌های مهندسی با هوش مصنوعی	یادگیری ماشینی، طراحی سیستم‌های توکار، برنامه‌نویسی کامپیوتر	(Fan et al., 2025; Schleiss & Johri, 2024)
			برنامه‌نویسی کامپیوتر، برنامه‌نویسی پایتون، یادگیری ماشینی، میکروکنترلر، توسعه سیستم‌های توکار	
			تبدیل مسائل واقعی مهندسی به مدل‌های محاسباتی	
			انتخاب رویکرد مناسب (یادگیری ماشین، بهینه‌سازی، شبیه‌سازی)	
			واقعیت مجازی مبتنی بر هوش مصنوعی	
			تعریف متغیرها، قیود و معیارهای عملکرد	

۴-۴. چه ارتباطی بین پیشایندها، فرایندها و پیامدهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی وجود دارد؟

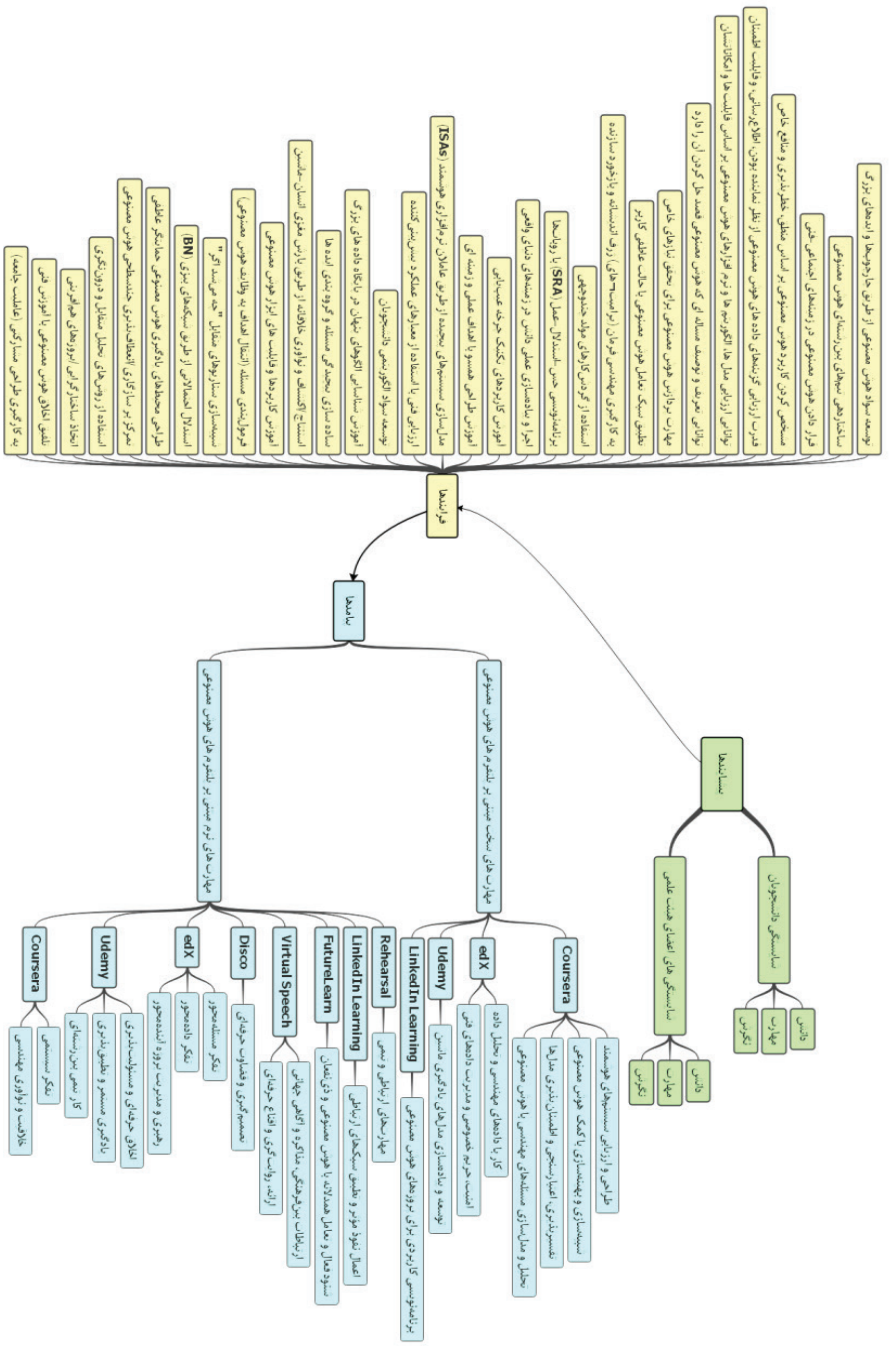
شکل ۲. مدل نهایی توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی را برحسب روابط بین پیشایندها، فرایندها و پیامدها نشان می‌دهد.

۵. بحث

هدف از انجام پژوهش حاضر، طراحی مدل آموزش تفکر هوش مصنوعی برای توسعهٔ مهارت‌های استخدامی دانشجویان مهندسی در قالب مطالعهٔ فراترکیب نظریه‌ساز بود و مدل نهایی در قالب پیشایندها، فرایندها و پیامدها شکل گرفت.

۵-۱. پیشایندهای توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان

براساس تحلیل داده‌ها، پیشایندهای تفکر هوش مصنوعی در مضمون محوری شایستگی دانشجویان در قالب ۳ دستهٔ منسجمِ دانش، مهارت و نگرش سازمان‌دهی شد. این تقسیم‌بندی نشان می‌دهد



شکل ۲. مدل نهایی توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان مهندسی

که تفکر هوش مصنوعی برای دانشجویان مهندسی یک توانمندی تک‌بعدی نیست، بلکه مجموعه‌ای یکپارچه از مؤلفه‌های شناختی، عملی و ارزشی است که در تعامل با یکدیگر معنا پیدا می‌کنند و زمینهٔ ورود مؤثر دانشجویان به صنعت را فراهم می‌سازند. در مضمون محوری دانش، یافته‌ها بر ضرورت شکل‌گیری درکی عمیق و نظام‌مند از هوش مصنوعی تأکید دارند. نخست، درک هوش مصنوعی به‌عنوان یک سیستم اجتماعی ـ فنی به‌عنوان دانشی بنیادین شناسایی شد؛ دانشی که دانشجویان را قادر می‌سازد هوش مصنوعی را نه صرفاً به‌مثابهٔ یک فنّاوری، بلکه به‌عنوان شبکه‌ای از تعاملات میان داده، انسان، فرایند و ساختارهای سازمانی درک کنند (Arnold & Wade, 2015; Newman-Griffis, 2025; Yu et al., 2023). در کنار آن، شناخت اصول استدلال احتمالاتی نقش محوری در مواجهه با عدم‌قطعیت‌های ذاتی مسائل دنیای واقعی دارد و استفاده از مدل‌هایی مانند شبکه‌های بیزی را به‌عنوان ابزاری برای پیش‌بینی، تحلیل و تفسیر روابط پنهان داده‌ها برجسته می‌سازد (How et al., 2019). همچنین، درک معماری عوامل هوشمند مستقل به دانشجویان کمک می‌کند تا سازوکارهای تصمیم‌گیری و خودمختاری سیستم‌های بلادرنگ را در محیط‌های صنعتی پویا فهم کنند (Crowder et al., 2021). درنهایت، سواد الگوریتمی به‌عنوان دانشی عملیاتی، پیونددهندهٔ تفکر هوش مصنوعی با اجراست و امکان تمایز میان رویکردهای الگوریتمی سنتی و روش‌های داده‌محور یادگیری ماشین را فراهم می‌کند (Aho, 2012; Heintz, 2022; Quesada, 2024). در مضمون محوری مهارت، تمرکز یافته‌ها بر توانایی به‌کارگیری دانش در موقعیت‌های واقعی و پیچیدهٔ صنعتی است. توانایی کاربرد استنتاج و اکتشاف، به‌ویژه در تعامل انسان - ماشین، زمینه‌ساز تولید فرضیه‌ها و چارچوب‌های تبیین‌کنندهٔ نوآورانه است و نقش مهمی در حل مسائل طراحی‌محور ایفا می‌کند. افزون بر این، پیاده‌سازی دانش براساس موقعیت و مهارت مدل‌سازی و شبیه‌سازی، پلی میان نظریهٔ دانشگاهی و عمل صنعتی ایجاد می‌کند و به دانشجویان اجازه می‌دهد فرانامه‌های «چه می‌شد اگر» را برای بهینه‌سازی و مدیریت ریسک بررسی کنند (How et al., 2019; Quesada, 2024). مهارت‌های مدیریت پیچیدگی و انتزاع نیز ازطریق ساده‌سازی سیستم‌های بزرگ و مدل‌سازی سلسله‌مراتبی، امکان طراحی مؤثر راه‌حل‌های هوش مصنوعی را فراهم می‌سازند (Wing, 2008; Quesada, 2024). درنهایت، توانایی یکپارچه‌سازی سیستم و قابلیت ترجمه مبتنی بر داربست‌سازی شناختی بر ضرورت همکاری بین‌رشته‌ای و انتقال خروجی‌های فنی پیچیده به زبان معنادار انسانی برای ذی‌نفعان مختلف تأکید دارند (Crowder et al., 2021; How et al., 2020; Newman-Griffis, 2025). در مضمون محوری نگرش، یافته‌ها نشان می‌دهد که بدون جهت‌گیری ارزشی مناسب، دانش و مهارت‌های فنی به‌تنهایی کافی نیستند. ارزیابی نقادانه خروجی‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه از منظر اخلاق و سوگیری، به‌عنوان نگرشی کلیدی شناسایی شد که دانشجویان را نسبت به پیامدهای اجتماعی و نابرابری‌های بالقوهٔ سیستم‌های مبتنی بر داده حساس می‌سازد (Buolamwini, 2018; Noble, 2018; Raj, 2025). همچنین، طراحی اخلاقی و

مسئولانه دانشجویان را به درنظرگرفتن ارزش‌ها، مسئولیت‌پذیری و پیامدهای فراتر از کارایی فنی سوق می‌دهد و آنها را برای مشارکت آگاهانه در تصمیم‌سازی‌های اجتماعی و صنعتی آماده می‌کند (DiPaola et al., 2020). در کنار این موارد، انعطاف‌پذیری و سازگاری شناختی به‌عنوان نگرشی بنیادین، امکان مواجههٔ مؤثر با موقعیت‌های ناشناخته و تغییر مسیر فکری در تعامل با سیستم‌های هوش مصنوعی را فراهم می‌سازد (Crowder et al., 2021; Chen et al., 2025a). درمجموع، این یافته‌ها نشان می‌دهد که شایستگی دانشجویان در حوزهٔ تفکر هوش مصنوعی تنها با تمرکز هم‌زمان و متوازن بر دانش، مهارت و نگرش قابل تحقق است. چنین رویکردی می‌تواند آموزش مهندسی را از آموزش صرف ابزارها و روش‌ها فراتر برده و دانشجویانی تربیت کند که قادر به درک، طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی مسئولانهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی در زمینه‌های واقعی صنعتی باشند (Quesada, 2024; Ponzio et al., 2023). پیشایندها در دومین مضمون محوری دستهٔ اول با عنوان شایستگی اعضای هیئت‌علمی تبلور می‌یابد. این شایستگی‌ها در ۳ مضمون محوری دستهٔ دوم شامل دانش، مهارت و نگرش قابل تبیین است که هریک نقشی متمایز اما مکمل در توانمندسازی اعضای هیئت‌علمی برای تربیت مهندسان آینده ایفا می‌کنند. در مضمون محوری دانش، یافته‌ها نشان می‌دهد که اعضای هیئت‌علمی باید درک عمیقی از روش‌شناسی بنیادین تفکر هوش مصنوعی داشته باشند؛ همچنین، شناخت هوش مصنوعی به‌عنوان یک سیستم اجتماعی ـ فنی از الزامات اساسی شایستگی دانشی اعضای هیئت‌علمی است؛ نگاهی که فنّاوری را در پیوند با انسان، داده و فرایندهای سازمانی تحلیل می‌کند و از تقلیل آن به ابزاری خنثی جلوگیری می‌نماید (Arnold et al., 2015; Newman-Griffis, 2025). در این چارچوب، شناسایی و تحلیل سوگیری‌های شناختی و داده‌محور هوش مصنوعی به‌عنوان بخشی از دانش هسته‌ای مطرح می‌شود که برای طراحی منصفانه و مسئولانهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی ضروری است (Raj, 2025). علاوه بر آن، یافته‌ها بر اهمیت شناخت فلسفه‌های برنامه درسی هستهٔ هوش مصنوعی تأکید دارند؛ فلسفه‌هایی که رابطهٔ میان هوش مصنوعی، جامعه، فرهنگ و آیندهٔ انسان را تبیین می‌کنند و به اعضای هیئت‌علمی امکان می‌دهند آموزش هوش مصنوعی را در راستای اهداف کلان اجتماعی و انسانی بازطراحی کنند (Kim, 2025).

درنهایت، تسلط بر معماری عوامل نرم‌افزاری هوشمند و موجودیت‌های مستقل، به‌عنوان بخشی از دانش تخصصی، پیش‌شرط آموزش طراحی و مدیریت سیستم‌های مستقل پیچیده در زمینه‌های صنعتی پویاست (Crowder et al., 2021).

در مضمون محوری مهارت، نتایج نشان می‌دهد که اعضای هیئت‌علمی باید توانایی فرمول‌بندی مسئله را در دانشجویان پرورش دهند؛ به‌گونه‌ای که اهداف کلان صنعتی به وظایف معنادار و قابل پیاده‌سازی هوش مصنوعی تبدیل شوند. این مهارت با ارزیابی قابلیت‌های ابزارهای هوش مصنوعی و تشخیص تناسب فنّاورانهٔ آنها با زمینهٔ کاربرد تکمیل می‌شود و از گرایش غیرانتقادی به فنّاوری‌های

نوظهور جلوگیری می‌کند (Gaver, 1991; Newman-Griffis, 2025).

یافته‌ها همچنین بر اهمیت مهارت انتخاب و ارزیابی داده و فناوری بر اساس معیارهای عاملیت، آگاهی‌بخشی و قابلیت اطمینان تأکید دارد؛ مهارتی که برای تضمین انصاف، شفافیت و اعتمادپذیری در کاربردهای صنعتی هوش مصنوعی حیاتی است (Gitelman, 2013; Newman-Griffis, 2025). به‌کارگیری استدلال احتمالاتی، به‌ویژه برای مدیریت عدم‌قطعیت در مسائل پیچیدهٔ صنعتی، یکی دیگر از شایستگی‌های مهارتی کلیدی است که امکان شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و تصمیم‌گیری آگاهانه را فراهم می‌سازد (How et al., 2019). در کنار این موارد، آموزش حل مسئله خلاق ـ استنتاجی و بهره‌گیری هدفمند از هوش مصنوعی مولد، به‌عنوان ابزاری برای تولید فرضیه‌ها و راه‌حل‌های نوآورانه، نقش مهمی در آموزش مهندسی طراحی‌محور ایفا می‌کند (Quesada, 2024). همچنین، توانایی ساختاردهی و هدایت تیم‌های بین‌رشته‌ای هوش مصنوعی و تحلیل دلایل و ریسک‌های کاربرد هوش مصنوعی، اعضای هیئت علمی را قادر می‌سازد پیوند مؤثری میان آموزش دانشگاهی و عمل صنعتی برقرار کنند (Newman-Griffis, 2025). در مضمون محوری نگرش، یافته‌ها نشان می‌دهد که اعضای هیئت‌علمی باید به تلفیق اخلاق در کنار محتوای فنی متعهد باشند و اخلاق را نه به‌عنوان واحدی مستقل بلکه به‌عنوان بخشی از فرایند طراحی و توسعهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی آموزش دهند (DiPaola et al., 2020). این نگرش، زمینه‌ساز پرورش مهندسانی مسئول و پاسخ‌گو دربرابر پیامدهای اجتماعی فنّاوری است. علاوه‌براین، تعهد به استفادهٔ آگاه‌شده از هوش مصنوعی درمقابل رویکردهای صرفاً هوش مصنوعی‌محور بر نقش حمایتی این فنّاوری در تصمیم‌گیری‌های انسانی تأکید دارد و آن را در بستر سیستم‌های اجتماعی فنی بزرگ‌تر معنا می‌کند (Newman-Griffis, 2025). تأکید بر انعطاف‌پذیری و سازگاری چندسطحی در سیستم‌های هوشمند مستقل نیز بازتاب‌دهندهٔ این نگرش است که محیط‌های صنعتی پویا نیازمند سیستم‌هایی فراتر از قواعد از پیش‌تعریف‌شده هستند (Crowder et al., 2021).

درنهایت، یافته‌ها نشان می‌دهد که نگرش هدف‌محور و فرایندمحور به هوش مصنوعی و ترویج عاملیت جوامع کاربر در توسعهٔ فنّاوری، اعضای هیئت‌علمی را قادر می‌سازد آموزش مهندسی را از تولید صرف ابزار به سمت هم‌آفرینی راه‌حل‌های معنادار و پایدار با ذی‌نفعان سوق دهند (Quesada, 2024; Newman-Griffis, 2025). درمجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که شایستگی اعضای هیئت‌علمی در ۳ بعد دانش، مهارت و نگرش زیربنای اساسی برای نهادینه‌سازی تفکر هوش مصنوعی در آموزش مهندسی است و بدون توسعهٔ متوازن این ابعاد، تحقق آموزش مسئولانه، زمینه‌مند و صنعت‌محور هوش مصنوعی برای مهارت‌های استخدامی امکان‌پذیر نخواهد بود.

۵-۲. فرایندهای توسعه تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان

تحول سریع فنّاوری‌های رقمی/ دیجیتال، به‌ویژه ظهور هوش مصنوعی، محیط‌های دانشگاهی را

در تربیت نیروهای نوآور و کارآفرین با فرصت‌ها و چالش‌های نوینی مواجه کرده است(Hajizadeh et al., 2025). یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که آموزش تفکر هوش مصنوعی به دانشجویان مهندسی نیازمند فرایندی چندلایه، زمینه‌مند و فراتر از انتقال صرف دانش فنی است. این فرایند، هوش مصنوعی را نه به‌عنوان مجموعه‌ای از الگوریتم‌ها، بلکه به‌مثابهٔ یک سیستم اجتماعی ـ فنی پیچیده در نظر می‌گیرد که در آن فنّاوری، داده، انسان و فرایندهای سازمانی به‌طور درهم‌تنیده عمل می‌کنند (Arnold et al., 2015; Newman-Griffis, 2025). چنین رویکردی زمینه را برای همکاری مؤثر دانشگاه ـ صنعت فراهم می‌سازد و به دانشجویان می‌آموزد معیارهای موفقیت را فراتر از عملکرد فنی و باتوجه‌به پاسخ‌گویی، ریسک، پیامدهای اجتماعی و منافع ذی‌نفعان تعریف کنند (Newman-Griffis, 2025). در این چارچوب، ساختاردهی تیم‌های بین‌رشته‌ای هوش مصنوعی و توسعهٔ زبان مشترک میان تخصص‌های فنی و علوم انسانی، به‌عنوان یکی از ارکان فرایند آموزشی شناسایی شد؛ امری که هزینه‌های ارتباطی را کاهش می‌دهد و امکان تنظیم راه‌حل‌های هوش مصنوعی را با زمینه‌های واقعی صنعتی فراهم می‌کند (Newman-Griffis, 2025). هم‌زمان، توسعهٔ سواد هوش مصنوعی ازطریق آموزش چارچوب‌ها و ایده‌های بزرگ بنیادین نظیر ادراک، یادگیری، استدلال و تصمیم‌گیری، دانشجویان را برای ایفای نقش به‌عنوان مصرف‌کنندگان مسئول و سازندگان اخلاق‌مدار هوش مصنوعی در زندگی حرفه‌ای آماده می‌سازد (Zeng, 2013; Touretzky et al., 2020; DiPaola et al., 2020).

یافته‌ها همچنین بر اهمیت طراحی مشارکتی و هم‌آفرینی راه‌حل‌ها با جوامع کاربر تأکید دارند؛ رویکردی که عاملیت جامعه را در مرکز توسعهٔ فنّاوری قرار می‌دهد و از انتقال یک‌سویهٔ فنّاوری به سمت تعامل معنادار و پایدار با ذی‌نفعان حرکت می‌کند (Quesada, 2024). در این مسیر تلفیق اخلاق با آموزش فنی، و نه جداسازی آن، نقشی کلیدی دارد و با به‌کارگیری ابزارهایی مانند ماتریس اخلاقی، دانشجویان را به درنظرگرفتن ارزش‌ها و پیامدهای اجتماعی در مرحلهٔ طراحی سوق می‌دهد(DiPaola et al., 2020). از منظر روش‌های یاددهی ـ یادگیری تأکید بر ساختارگرایی، یادگیری فعال و پروژه‌های هم‌آفرینی پدیده‌محور، امکان برونی‌سازی ایده‌ها ازطریق ساخت مصنوعات معنادار و تحلیل انتقادی مسائل واقعی را فراهم می‌کند (Papert, 1987; Silander et al., 2020). در کنار آن، بهره‌گیری از روش‌های تحلیل متقابل و درون‌نگری، ازجمله تحلیل تعاملات با مدل‌های زبانی بزرگ، به‌عنوان ابزاری برای افزایش خودآگاهی شناختی و عاطفی دانشجویان، نقش مهمی در پرورش انعطاف‌پذیری فکری و خلاقیت حرفه‌ای ایفا می‌کند (Jeremiah, 2024). نتایج نشان می‌دهد که تمرکز بر سازگاری و انعطاف‌پذیری چندسطحی سیستم‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه در آموزش سیستم‌های مستقل، برای مواجهه با محیط‌های صنعتی پویا ضروری است و دانشجویان را فراتر از اتکا به قوانین ایستا هدایت می‌کند (Crowder et al., 2021). همچنین، طراحی محیط‌های یادگیری حمایتگر عاطفی که از بازخورد سازگار و حساس به حالت‌های هیجانی استفاده می‌کنند، مشارکت پایدار و تأملی دانشجویان را تقویت کرده

و از یادگیری مبتنی بر اضطراب جلوگیری می‌نماید (Chen et al., 2025b). در سطح شناختی ـ تحلیلی، آموزش استدلال احتمالاتی ازطریق شبکه‌های بیزی و شبیه‌سازی فرانامه‌های «چه می‌شد اگر» امکان تحلیل عدم‌قطعیت، پیش‌بینی پیامدها و مدیریت ریسک را بدون اتکا به آزمایش‌های فیزیکی پرهزینه فراهم می‌کند (How et al., 2019). این توانمندی‌ها با آموزش فرمول‌بندی مسئله یعنی تبدیل اهداف پیچیدهٔ دنیای واقعی به وظایف صریح هوش مصنوعی تکمیل می‌شود که ازنظر معرفت‌شناختی زیربنای طراحی صحیح سیستم‌های هوشمند است (Newman-Griffis, 2025). یافته‌ها نیز بر آموزش قابلیت‌ها و محدودیت‌های ابزارهای هوش مصنوعی، ساده‌سازی و انتزاع برای مدیریت پیچیدگی، شناسایی الگوهای پنهان در داده‌های عظیم و توسعهٔ سواد الگوریتمی تأکید دارند؛ مهارت‌هایی که امکان ارزیابی مدل‌ها، داده‌ها و نرم‌افزارها را براساس نمایندگی، قابلیت اطمینان، خطرپذیری و منافع خاص کاربردی فراهم می‌سازند (Wing, 2008; Heintz, 2022; Quesada, 2024). افزون بر این، استفاده از معیارهای عملکرد پیش‌بینی‌کننده، مدل‌سازی سیستم‌های پیچیده با عاملان نرم‌افزاری هوشمند، چرخه‌های تکرارشوندهٔ اشکال‌زدایی و اجرای عملی دانش در زمینه‌های واقعی، پیوندی مؤثر میان تفکر نظری و عمل مهندسی برقرار می‌کند (How et al., 2020; Sullivan, 2025). درنهایت، ادغام برنامه‌نویسی حس استدلال عمل در ربات‌ها، گردش‌کارهای مولد چندوجهی، مهندسی پرامپت‌های ژرف‌اندیشانه و تطبیق سبک تعامل هوش مصنوعی با حالت عاطفی کاربر، افق‌های نوینی برای آموزش مهندسی هوش مصنوعی می‌گشاید که در آن، فنّاوری به‌عنوان ابزاری انعطاف‌پذیر، انسان‌محور و هدف‌مدار عمل می‌کند (Bi et al., 2025). درمجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که فرایندهای آموزش تفکر هوش مصنوعی زمانی اثربخش خواهند بود که به‌صورت یک بوم‌سازگان[1] آموزشی یکپارچه طراحی شوند؛ بوم‌سازگانی که هم‌زمان به شایستگی‌های شناختی، فنی، اجتماعی، اخلاقی و عاطفی دانشجویان توجه دارد و آنها را برای طراحی، پیاده‌سازی و ارزیابی مسئولانهٔ سیستم‌های هوش مصنوعی در زمینه‌های پیچیده و واقعی صنعتی آماده می‌سازد.

۵-۳. پیامدهای توسعه تفکر هوش مصنوعی در دانشجویان

آموزش طراحی و ارزیابی سیستم‌های هوشمند، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی با کمک هوش مصنوعی، دانشجویان را قادر می‌سازد راه‌حل‌هایی نوآورانه و مبتنی بر داده طراحی کنند. این فرایند مهارت قضاوت مهندسی و توان تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت را در محیط‌هایی مشابه فضای حرفه‌ای تقویت می‌کند (Amershi et al., 2019). بن‌سازهٔ Udemy برای مهارت‌های نرم اخلاق حرفه‌ای و مسئولیت‌پذیری و یادگیری مستمر و تطبیق‌پذیری و مهارت‌های سخت توسعه و پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین

۱- معادل مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی برای واژهٔ « اکوسیستم»

کاربرد دارد. این بن‌سازه با ارائهٔ آموزش‌های انعطاف‌پذیر و مهارت‌محور، یادگیرندگان را به یادگیری مستمر و تطبیق‌پذیری در مواجهه با تغییرات سریع فنّاوری ترغیب می‌کند. دوره‌های مرتبط با اخلاق حرفه‌ای، سوگیری الگوریتمی و مسئولیت‌پذیری در تصمیم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، دانشجویان را نسبت به پیامدهای فنی و اجتماعی فنّاوری آگاه می‌سازد. همچنین، آموزش عملی توسعه و پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین به یادگیرندگان کمک می‌کند دانش نظری را به مهارت‌های اجرایی تبدیل کرده و آمادگی لازم برای ورود سریع به بازار کار مهندسی را کسب کنند. بن‌سازهٔ LinkedIn Learning برای مهارت‌های نرم اعمال نفوذ مؤثر و تطبیق سبک‌های ارتباطی و مهارت‌های سخت برنامه‌نویسی کاربردی برای پروژه‌های هوش مصنوعی کاربرد دارد. این بن‌سازه با تمرکز بر مهارت‌های حرفه‌ای و اشتغال‌پذیری، یادگیرندگان را در تقویت توانایی اعمال نفوذ مؤثر و تطبیق سبک‌های ارتباطی یاری می‌دهد. آموزش نحوهٔ توضیح خروجی‌های پیچیدهٔ مدل‌های هوش مصنوعی برای ذی‌نفعان مختلف، دانشجویان را قادر می‌سازد تصمیم‌های فنی خود را به‌صورت شفاف، اقناعی و مبتنی بر شواهد ارائه کنند.

افزون‌براین، دوره‌های برنامه‌نویسی کاربردی و پیاده‌سازی مسیرهای کشش داده، عملیات پردازش، و ارسال خروجی هوش مصنوعی، پیوند میان مهارت‌های فنی و مهارت‌های ارتباطی را تقویت کرده و زمینهٔ موفقیت حرفه‌ای در محیط‌های سازمانی را فراهم می‌سازد (Davenport et al., 2007). بن‌سازهٔ FutureLearn برای مهارت‌های نرم شنود فعال و تعامل همدلانه با هوش مصنوعی و ذی‌نفعان کاربرد دارد. این بن‌سازه با تأکید بر یادگیری اجتماعی و مشارکتی، زمینهٔ توسعهٔ شنود فعال و تعامل همدلانه با هوش مصنوعی و ذی‌نفعان انسانی را فراهم می‌کند. یادگیرندگان ازطریق تعامل تدریجی با مسائل واقعی و بازخورد مستمر، می‌آموزند چگونه نیازهای واقعی کاربران را شناسایی کرده و مسئله را به‌درستی بازتعریف کنند. تفسیر خروجی‌های هوش مصنوعی باتوجه‌به ابهام‌ها و محدودیت‌ها، دانشجویان را به تصمیم‌گیری آگاهانه‌تر و مسئولانه‌تر هدایت می‌کند و توانایی‌شان را برای کار در تیم‌های بین‌رشته‌ای و محیط‌های پیچیدهٔ حرفه‌ای افزایش می‌دهد (Amershi et al., 2019). بن‌سازهٔ Virtual Speech برای مهارت‌های نرم ارتباطات بین‌فرهنگی، مذاکره و آگاهی جهانی و ارائه، روایت‌گری و اقناع حرفه‌ای کاربرد دارد. این بن‌سازه برای مهارت‌های سخنرانی عمومی و رهبری طراحی شده‌اند. این بن‌سازه انواع بازی‌های نقش‌آفرینی و فعالیت‌های تمرینی را به‌منظور تقویت مهارت‌های ارتباطی دراختیارِ یادگیرندگان قرار می‌دهد فرانامه‌های معتبر، بازی‌های نقش‌آفرینی، مکالمات/شبیه‌سازی‌های دنیای واقعی، بازخورد فوری و مهم‌تر از همه، قابلیت شخصی‌سازی که به مدرسان اجازه می‌دهد محتوای درس و فعالیت‌های کلاسی را بسته به یادگیرندگان تنظیم کنند، فرانامه‌های تولیدشده توسط هوش مصنوعی، دانشجویان را درگیر می‌کند تا در موقعیت‌های مختلف رهبری را به عهده بگیرند و توانایی تصمیم‌گیری و رهبری خود را محک بزنند (Davenport et al., 2007). بن‌سازهٔ Rehearsal/Disco برای مهارت‌های نرم مهارت‌های ارتباطی و تیمی کاربرد دارد. این بن‌سازه به مدرسان اجازه می‌دهد بسترهای بحث ایجاد کنند، به

پرسش‌های یادگیرندگان فوراً پاسخ دهند و راهنمایی‌هایی را برای بهبود مشارکت آنها در مناظره‌ها و بحث‌های کلاسی پیشنهاد کنند (World Economic Forum, 2023). بن‌سازهٔ Disco برای مهارت‌های نرم تصمیم‌گیری و قضاوت حرفه‌ای کاربرد دارد. این بن‌سازه براساس رویکرد ویدئویی، که قابلیت‌های هوش مصنوعی را دارد، و با ارائهٔ مطالب شخصی‌سازی‌شده و بازخورد در مورد مهارت‌های ارائه و ارتباط این امکان را به یادگیرندگان می‌دهد مهارت‌های خود را به طور مؤثر بهبود بخشند. کار با مسائل واقعی به دانشجویان کمک می‌کند مهارت حل مسئله را اصلاح کنند و آنها را به سمت ایجاد راه‌حل‌های مؤثر برای مسائل بسیار مشابه با محیط حرفه‌ای رهنمون می‌سازد. هوش مصنوعی راهبردهایی را برای اتخاذ در مواجهه با مسائل و مشکلات مختلف در اختیار دانشجویان قرار می‌دهد که برای کمک به آنها در به‌کارگیری عملی مهارت حل مسئله طراحی شده‌اند (World Economic Forum, 2023).

۶. نتیجه‌گیری

درمجموع، این فراترکیب نشان می‌دهد که مدل آموزش تفکر هوش مصنوعی ازطریق تلفیق مهارت‌های نرم و سخت می‌تواند شکاف میان آموزش دانشگاهی و نیازهای واقعی بازار کار مهندسی را کاهش دهد. پیامد اصلی این مطالعه آن است که برنامه‌های درسی مهندسی باید از آموزش ابزارمحور هوش مصنوعی فراتر روند و بر پرورش تفکر مسئله‌محور، قضاوت حرفه‌ای، اخلاق، ارتباطات و تصمیم‌سازی داده‌محور مبتنی بر هوش مصنوعی تمرکز کنند. چنین رویکردی دانش‌آموختگانی را تربیت می‌کند که نه‌تنها کاربر فنّاوری بلکه طراح، منتقد و رهبر آینده‌محور سیستم‌های هوشمند در محیط‌های پیچیده و پویا خواهند بود (World Economic Forum, 2023).

همچنین، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که بن‌سازه‌های آموزشی هوش مصنوعی نه‌تنها به انتقال دانش فنی می‌پردازند، بلکه به‌طور نظام‌مند در شکل‌دهی به الگوهای جدید تفکر، تصمیم‌گیری و کنش حرفه‌ای مهندسان آینده نقش دارند. این یافته با دیدگاه‌های نوین آموزش مهندسی هم‌راستاست که بر حرکت از «آموزش محتوامحور» به «تربیت شایستگی‌محور» تأکید می‌کنند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که مهارت‌های نرم و سخت در بستر آموزش هوش مصنوعی به‌صورت مجزا توسعه نمی‌یابند، بلکه در یک رابطهٔ تعاملی و هم‌افزا قرار دارند. مثلاً، تفکر مسئله‌محور و داده‌محور (به‌عنوان مهارت نرم) پیش‌شرط توسعهٔ مهارت‌های سختی همچون تحلیل داده، طراحی مدل و شبیه‌سازی است. این نتیجه با مدل‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر داده همخوانی دارد و تأکید می‌کند کیفیت تصمیم مهندسی بیش‌ازآنکه وابسته به پیچیدگی الگوریتم باشد، به کیفیت تعریف مسئله و پرسش‌گری داده‌محور وابسته است. نتایج نشان می‌دهد که آموزش مبتنی بر بن‌سازه‌های هوش مصنوعی، نقش مهندس را از یک «مجری فنی» به یک طراح و ناظر تصمیم‌های هوشمند ارتقا می‌دهد. مهارت‌هایی نظیر تفسیرپذیری مدل‌ها، تحلیل ریسک، تشخیص محدودیت‌های الگوریتمی و مقایسهٔ خروجی هوش

مصنوعی با قضاوت انسانی بیانگر شکل‌گیری نوعی قضاوت حرفه‌ای ترکیبی انسان ـ ماشین است. یکی از یافته‌های برجسته این مطالعه، نقش پررنگ مهارت‌های ارتباطی، روایت‌گری داده و کار تیمی بین‌رشته‌ای در آموزش تفکر هوش مصنوعی است. توانایی توضیح خروجی‌های پیچیدهٔ مدل‌ها برای ذی‌نفعان مختلف، مذاکره در تیم‌های چندفرهنگی و ترجمهٔ مسائل فنی به زبان ساده، نشان می‌دهد که اشتغال‌پذیری مهندسان آینده تنها به مهارت‌های محاسباتی محدود نخواهد بود.

دستاورد مهم این مطالعه آن است که تفکر هوش مصنوعی فراتر از مهارت‌های فنی صرف است و مجموعه‌ای یکپارچه از شایستگی‌های شناختی، اخلاقی، فنّاورانه و اجتماعی را دربرمی‌گیرد. بااین‌حال، همانند هر پژوهش نظری مبتنی بر تحلیل ثانویه، نتایج این مطالعه محدودیت‌هایی دارد که باید در تفسیر و تعمیم یافته‌ها مورد توجه قرار گیرد. نخستین محدودیت این پژوهش به ماهیت فراترکیبی آن بازمی‌گردد. اگرچه فراترکیب امکان تلفیق نظام‌مند دیدگاه‌ها و شواهد نظری و تجربی متنوع را فراهم می‌کند، اما یافته‌ها به‌طور مستقیم مبتنی بر داده‌های تجربی اولیه نیستند. درنتیجه، مدل پیشنهادی بیشتر جنبهٔ مفهومی و تبیینی دارد و نیازمند آزمون تجربی در بسترهای آموزشی و صنعتی مختلف است. مطالعات واردشده به فراترکیب عمدتاً بر زمینه‌های آموزش مهندسی در کشورهای صنعتی یا اقتصادهای دانش‌بنیان متمرکز بوده‌اند. این امر می‌تواند قابلیت تعمیم مدل توسعه تفکر هوش مصنوعی را به زمینه‌های فرهنگی، نهادی و اقتصادی متفاوت، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، با محدودیت مواجه سازد. سرعت بالای تحول فنّاوری‌های هوش مصنوعی، به‌ویژه در حوزه‌های هوش مصنوعی مولد و سیستم‌های خودکار تصمیم‌گیری، موجب می‌شود برخی شایستگی‌های شناسایی‌شده در این مدل نیازمند بازنگری و به‌روزرسانی مستمر باشد. ازاین‌رو، مدل ارائه‌شده باید به‌عنوان یک چارچوب پویا و قابل تکامل در نظر گرفته شود، نه یک الگوی ایستا. براساس یافته‌ها و محدودیت‌های شناسایی‌شده، پژوهش‌های آتی می‌توانند در چند مسیر مکمل توسعه یابند. نخست، انجام مطالعات تجربی کمّی و کیفی برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی درمیان دانشجویان مهندسی، اعضای هیئت‌علمی و کارفرمایان صنعتی ضروری است. این مطالعات می‌توانند میزان تأثیر مؤلفه‌های تفکر هوش مصنوعی را بر آمادگی شغلی، عملکرد حرفه‌ای و توانمندی حل مسئله در محیط‌های واقعی صنعت بررسی کنند. طراحی و ارزیابی مداخلات آموزشی مبتنی بر مدل ارائه‌شده، ازجمله برنامه‌های درسی، کارگاه‌های یادگیری پروژه‌محور و محیط‌های یادگیری انسان ـ هوش مصنوعی، می‌تواند شواهد عملی ارزشمندی دربارهٔ کارآمدی این چارچوب فراهم آورد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های تطبیقی میان دانشگاه‌ها و صنایع در بافت‌های فرهنگی و اقتصادی مختلف انجام شود تا تفاوت‌ها و اشتراک‌های الزامات توسعهٔ تفکر هوش مصنوعی شناسایی گردد. افزون بر این، مطالعات آینده می‌تواند نقش متغیرهایی نظیر اخلاق حرفه‌ای، تاب‌آوری شناختی و همکاری چندرشته‌ای را در تعمیق این نوع تفکر مورد بررسی دقیق‌تر قرار دهد. یافته‌های این پژوهش پیامدهای مهمی برای بازطراحی آموزش مهندسی دارد.

درمجموع، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بن‌سازه‌های آموزشی مبتنی بر هوش مصنوعی، بستری مؤثر برای پرورش مهندسانی فراهم می‌کنند که قادرند در محیط‌های پیچیده، داده‌محور و بین‌رشته‌ای آینده نقش‌آفرینی کنند. مدل آموزش تفکر هوش مصنوعی استخراج‌شده از این فراترکیب، بر توسعهٔ هم‌زمان مهارت‌های نرم و سخت تأکید دارد و می‌تواند به‌عنوان چارچوبی راهبردی برای بازطراحی آموزش مهندسی با هدف ارتقای اشتغال‌پذیری دانش‌آموختگان مورد استفاده قرار گیرد.

References

- Agmon, N., & Ahituv, N. (1987). Assessing data reliability in an information system. *Journal of Management Information Systems, 4*(1), 34–44. https://doi.org/10.1080/07421222.1987.11517792Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal, 55*(7), 832–835. https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074.
- Amershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin Gil, R., & Horvitz, E. (2019). Guidelines for human–AI interaction. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI–'19). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3290605.3300233.
- Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science, 44*, 669–678. https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.03.050.
- Ashby, W. R. (1960). *Design for a brain* (2nd ed.). *Chapman & Hall.*
- Ayeoribe, A. E., & Ayeoribe, O. P. (2026). Adaptive learning systems for personalized instruction and achievement gap reduction in diverse classroom environments. *Journal of Smart Computing and Quantum Technologies*, *2*(1), 52–68.
- Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013). Representation learning: A review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 35*(8), 1798–1828. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2013.50.
- Berdanier, C. G. P., Branch, S. E., London, J. S., Ahn, B., & Cox, M. F. (2014). Survey analysis of engineering graduate students' perceptions of the skills necessary for career success in industry and academia. 121st ASEE Annual Conference & Exposition, *Indianapolis, IN.*
- Bi, C., Zhang, Y., Liu, J., & Wang, X. (2025). *Adaptive human–AI interaction: Aligning AI response styles with users' emotional states. Computers in Human Behavior*, 149, 107938.
- https://doi.org/10.1016/j.chb.2024.107938.
- Blagec, K., Barbosa-Silva, A., Ott, S., & Samwald, M. (2022). A curated, ontology-based, large-scale knowledge graph of artificial intelligence tasks and benchmarks. *Scientific Data, 9*(1), Article-322. https://doi.org/10.1038/s41597-022-01435-x.
- Blanquist, A., Rivera, M., & Holm, T. (2025). Educational implications of AI feedback: Metacognition and critical thinking enhancement. *Teaching and Learning with AI.*
- Blochinger, S., Williams, C., Myers, M., Crowley, S., & Fox, K. (2024). Forging partnerships to align education and industry for the workforce of tomorrow. *Business-Higher Education Forum.* https://www.bhef.com/publications/forging-partnerships-to-align-education-and-industry-for-the-workforce-of-tomorrow.
- Boden, M. A. (2016). *AI: Its nature and future. Oxford University Press.*
- Bornfight. (2024). Data literacy and the data lifecycle: Processing, interpretation, and cognitive development. *Bornfight Insights.*
- Buolamwini, J. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency*, 77–91.

- Buolamwini, J. (2022). *Unmasking AI: My mission to protect what is human in a world of machines. Random House.*
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of Machine Learning Research, 81*, 1–15.
- Caldwell, S., Hayes, P., & Miller, T. (2022). Designing AI systems for human-AI collaboration. *AI Magazine, 43*(2), 76–89. https://doi.org/10.1609/aimag.v43i2.19156.
- Chai, J. Y., Li, Q., & Yu, Z. (2021). Human-centered AI: A perspective from interactive AI. *AI Magazine, 42*(1), 8–21. https://doi.org/10.1609/aimag.v42i1.15545.
- Chasalow, K., & Levy, K. (2021). Representativeness in statistics, politics, and machine learning. In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 77–89). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3442188.3445872.
- Chen, L., & Zare, M. (2025). Cognitive profiles of AI thinking: A latent profile analysis among university students. *Journal of Educational Computing Research.*
- Chen, L., Wang, Y., & Xu, J. (2025). Psychological antecedents of AI engagement: Anxiety, selfefficacy, and academic emotions. *Educational Psychology Review.*
- Chen, Y., & Zare, S. (2025). Critical and reflective engagement with artificial intelligence in education. *Educational Technology Research and Development.*
- Chen, Y., & Zare, S. (2025). *Emotional dynamics and student engagement in competitive AI learning environments. Computers & Education*, 198, 104745. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104745.
- Chiu, T. K. F., Lim, L., & Churchill, D. (2024). Selfregulated learning with AI: Artificial intelligence as a facilitator for adaptive learning. *Computers & Education: Artificial Intelligence.*
- Conrady, S., & Jouffe, L. (2015). *Bayesian networks and BayesiaLab. Bayesia USA.*
- Corbin, J., & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (3rd ed.). *Sage Publications.*
- Cowell, R. G., Dawid, A. P., Lauritzen, S. L., & Spiegelhalter, D. J. (1999). *Probabilistic networks and expert systems. Springer.*
- Cox, A. (2021). Systems integration and interdisciplinary collaboration in AI projects. *Systems Research and Behavioral Science, 38*(4), 512–525.
- Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence. Yale University Press.*
- Crowder, J. A., & Friess, S. (2021). *Artificial intelligence systems for engineering and manufacturing. CRC Press.*
- Crowder, J. A., Carbone, J. N., & Friess, S. (2019). *Systems engineering applied to intelligent systems. Springer.*
- Curzon, P., & McOwan, P. W. (2016). *The power of computational thinking. World Scientific.*
- Davenport, T. H., & Harris, J. G. (2007). *Competing on analytics: The new science of winning. Harvard Business School Press.*
- DiPaola, D., Payne, B. H., & Breazeal, C. (2020). Decentralizing ethics: Integrating ethical reasoning throughout AI education. *AI & Society,* 35(2), 1–14. https://doi.org/10.1007/s00146-019-00918-6.
- DiPaola, D., Payne, B. H., & Breazeal, C. (2020). Ethical considerations in human-AI collaboration. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction, 9*(2), 1–27.
- Domínguez Figaredo, D., & Stoyanovich, J. (2023). Algorithmic fairness education. *ACM Inroads, 14*(2), 34–43.
- Du B, Wang Z, Zhang L, Zhang L, Liu W, Shen J, Tao D. 2017 Exploring representativeness and informativeness for active learning. IEEE Trans. Cybern. 47, 14–26. (doi:10.1109/TCYB.2015.2496974).
- Du, B., Zhang, L., & Tao, D. (2017). Uncertainty-aware learning. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 28*(7), 1529–1541.
- Dwivedi, Y. K., et al. (2023). Technology acceptance and trust in AI: Impacts on effective use. *International Journal of Information Management.*
- Eckert C, Isaksson O, Eckert C, Coeckelbergh M, Hagström MH. 2020 Data fairy in engineering land: the

magic of data analysis as a sociotechnical process in engineering companies. *J. Mech. Des.* 142, 121402. (doi:10.1115/1.4047813).

- Ehsan, U., Saha, K., De-Choudhury, M., & Riedl, M.-O. (2023). Charting the sociotechnical gap in explainable AI: A framework to address the gap in XAI. *arXiv preprint arXiv:2301.XXXX*. https://arxiv.org/abs/2301.XXXX.
- Eubanks, V. (2018). Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor. *St.* Martin's Publishing Group.
- European Commission High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. (2019). *Ethics guidelines for trustworthy AI*. European Commission.
- Febriani, L., & Suhartini, R. (2025). Employability skill in vocational education: A literature review on innovation and industry collaboration. *International Proceeding Universitas Tulungagung*, 507-518.
- Feldman, U., & Cherry, C. (2024). Equipping first-year engineering students with artificial intelligence literacy (AI-L): Implementation, assessment, and impact [Paper presentation]. *ASEE Annual Conference & Exposition, Portland, OR, United States.*
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). *AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and Machines*, 28(4), 689-707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5.
- Fondón-Ludeña, A. (2024). Situated AI and contextual decision-making. *AI & Society, 39*(1), 55-68.
- Fox, J., Elgart, A., & Davis, R. (2009). Formal modeling in intelligent systems. *Artificial Intelligence in Medicine, 46*(2), 141-156.
- Gaver, W. W. (1991). Technology affordances. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 79-84. https://doi.org/10.1145/108844.108856.
- Gitelman, L. (2013). *"Raw data" is an oxymoron. MIT Press.*
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning. MIT Press.*
- Grosz, B. J., et al. (2019). Human-AI collaboration. *AI Magazine, 40*(4), 59-65.
- Guggemos, J. (2024). Reflective AI thinking in education. *Educational Technology Research and Development, 72*(1), 89-107.
- Guoyi, Z., Li, X., & Wang, Y. (2012). Modeling complex systems. *Simulation Modelling Practice and Theory, 29*, 1-12.
- Gupta S, Gupta A. (2019) Dealing with noise problem in machine learning data-sets: a systematic review. Procedia Comput. Sci. 161, 466-474. (doi:10.1016/j.procs.2019.11.146).
- Habib, M. U., Chen, Y., Zare, S., & Müller, M. (2025). *Adaptive feedback systems for sustained engagement in AI-supported learning. Educational Technology Research and Development*, 73(1), 55-78.
- Hajizadeh, Anvar, Hasani, & Shirbagi. (2025). Artificial Intelligence, Digital Literacy, and University Entrepreneurship: Examining the Role of Self-Efficacy and Social Support. *Iranian Journal of Engineering Education*, 27(107), 1-26. [In Persian].
- Hazrat, M., Hassan, N., Chowdhury, A. A., Rasul, M., & Taylor, B. A. (2023). Developing a skilled workforce for future industry demand: The potential of digital twin-based teaching and learning practices in engineering education. *Sustainability, 15*(23), Article 16433. https://doi.org/10.3390/su152316433.
- Heintz, F. (2022). *Artificial intelligence, ethics, and education. AI & Society*, 37(2), 1-12. https://doi.org/10.1007/s00146-021-01249-4.
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 14*(4), 1511-1524. https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems. MIT Press.*
- Holmes, W., PorayskaPomsta, K., & Holstein, K. (2022). Artificial intelligence and the future of education: Rethinking the roles of teachers and learners in an AI era. *British Journal of Educational Technology.*

- Hoppe, H. U., & Manske, S. (2019). *Bridging conceptual understanding and executable code in computational learning. International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(4), 475–500. https://doi.org/10.1007/s40593-019-00182-3.
- Hoppe, H. U., & Manske, S. (2019). Computational thinking in education. *Educational Technology & Society, 22*(1), 1–15.
- Perez-Medina, C., Hwang, W., Cisternas-Garcia, L., Ramirez-Salgado, A., & Antonenko, P. (2026). Ethics in AI Engineering education: A systematic review of innovative curricula and ethics frameworks. In *2026 ASEE Annual Conference & Exposition*.
- How, M.-L., & Hung, W. L. D. (2019). Educational applications of Bayesian networks. *Educational Technology & Society, 22*(2), 1–14.
- How, M.-L., Cheah, S.-M., Chan, Y.-J., Khor, A. C., & Say, E. M. P. (2020). Cognitive scaffolding for decision-making with artificial intelligence. *Computers & Education: Artificial Intelligence, 1*, 100003. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100003.
- IBM Research. (2020). *Explainable AI: Design principles and user experiences. IBM.*
- IEEE. (2019). *Ethically aligned design: A vision for prioritizing human well-being with autonomous and intelligent systems (1st ed.). IEEE.*
- INCOSE. (2015). *Systems engineering handbook: A guide for system life cycle processes and activities (4th ed.). Wiley.*
- Jeremiah, F. (2024). *Reflective AI: Using large language models to surface cognitive and affective patterns. Learning, Media and Technology*, 49(3), 421–437. https://doi.org/10.1080/17439884.2024.2311142.
- Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science, 349*(6245), 255–260.
- Jumper J et al. (2021) Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. Nature 596, 583–589. (doi:10.1038/s41586-021-03819-2).
- Kaplan, S. (2016). Bayesian reasoning and decision-making. *Cognitive Science, 40*(3), 710–742.
- Katzenbach, J. R., & Smith, D. K. (2005). *The wisdom of teams: Creating the high-performance organization. HarperBusiness.*
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). Wiley.*
- Kim, D. H. (2025). Artificial intelligence education and the future of humanity: A philosophical and national strategy perspective. *Journal of Educational Philosophy and Theory.*
- Knaflic, S. N. (2015). *Storytelling with data: A data visualization guide for business professionals. Wiley.*
- Kong, S. C., Chiu, M. M., & Lai, M. (2018). Scaffolding computational thinking. *Computers & Education, 126*, 64–75.
- Kong, S., Chan, C. K. K., & Yau, H. K. (2022). Distinguishing computational thinking from AI literacy: Toward a comprehensive cognitive framework. *Computers & Education.*
- Kong, X., & Sahimi, N. N. (2025). Research On the Application of Artificial Intelligence in International Education: Literature Review. *Journal of Current Research and Studies, 2*(5), 26–33.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*, 436–444.
- Liu, Y., Chen, X., Liu, Z., & Sun, M. (2023). Prompt engineering for large language models: A survey. *arXiv preprint arXiv:2302.11382.*
- Marcus, G. (2020). *Rebooting AI: Building artificial intelligence we can trust. Pantheon Books.*
- McKinsey&Company.(2020).*The next normal: Reimagining operations in the next normal. McKinsey Global Publishing.*
- McKinsey Global Institute. (2018). *Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. McKinsey & Company.* https://www.mckinsey.com/mgi/overview/2018-in-review.
- McKinsey Global Institute. (2023). *The economic potential of generative AI: The next productivity frontier.*

McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com.

- Mershi, S., Weld, D., Vorvoreanu, M., Fourney, A., Nushi, B., Collisson, P., Suh, J., Iqbal, S., Bennett, P. N., Inkpen, K., Teevan, J., Kikin-Gil, R., & Horvitz, E. (2019). Guidelines for human-AI interaction. Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19). https://doi.org/10.1145/3290605.3300233.
- Microsoft WorkLab. (2022). *Great expectations: Making hybrid work work. Microsoft*.
- Miller, T., & Suchman, L. (2022). Situated explainability. *AI & Society, 37*(3), 1107-1121.
- MIT OpenCourseWare. (2018). *Introduction to problem solving and algorithms. Massachusetts Institute of Technology*. https://ocw.mit.edu.
- Mittelstadt, B. (2019). Principles alone cannot guarantee ethical AI. *Nature Machine Intelligence, 1*(11), 501-507. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0114-4Mittelstadt, B. (2019). Principles for responsible AI. *Nature Machine Intelligence, 1*(11), 501-507.
- Newman-Griffis, D. (2025). Context-aware AI systems: Sociotechnical foundations and educational implications. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 72, 1-28.
- Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism. New York University Press*.
- Ober, T., Tenison, C., Phelps, G., Renfrow-Symon, E., Mikeska, J., & Dean, V. (2026). AI Competencies for Teaching: From Conceptual Frameworks to Enacted Practices. *ETS Research Report Series*, *2026*(1). https://doi.org/10.64634/z5j3ts49.
- OECD. (2019). *Artificial intelligence in society. OECD Publishing*.
- Ponzio, A. P., Chornobai, S. R., Fagundes, C. V. M., Rodrigues, R. C., & Jose, G. C. H. (2023, March). Exploring creative AI thinking in the design process: the design intelligence strategy. In human-centric-Proceedings of the 28th CAADRIA Conference, Ahmedabad (pp. 18-24).Papert, S. (1987). *Microworlds: Transforming education. In R. Lawler & M. Yazdani (Eds.), Artificial intelligence and education* (pp. 79-94). Ablex.
- Pearl, J. (2015). *Book of why*. Basic Books.
- Phusavat, K., Ongkunaruk, P., & Anussornnitisarn, P. (2026b). Gaining insights into the employability of university graduates: Implications from the students' inputs. *Studies in Higher Education, 51*(1). https://doi.org/10.1080/03075079.2025.2531841.
- Phusavat, K., Tangkijviwat, U., & Taweerat, J. (2026a). Strategic reasoning and reflective processing: Cognitive predictors of AI thinking and professional maturity. *International Journal of Cognitive Development and AI Education*.
- Ponzio, A. P., Chornobai, S. R., Fagundes, C. V. M., Rodrigues, R. C., & José, G. C. H. (2023). Human-AI co-creativity in design processes. *Design Studies, 84*, 101144. https://doi.org/10.1016/j.destud.2022.101144.
- Popenici, S., Catalano, H., Mestic, G., & Ani-Rus, A. (2023). A systematic review of the artificial intelligence implications in shaping the future of higher education. *Educatia 21 Journal*, *26*(11), 102-107. https://doi.org/10.24193/ed21.2023.26.11.
- Proc. ACM Hum. Comput. Interact. 7, 1-32. (doi:10.1145/3579467).
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). PMI.
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data science for business: What you need to know about data mining and data-analytic thinking. O'Reilly Media*.
- Quesada, J. F. (2024). Artificial intelligence thinking as a cognitive framework. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100169. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100169.
- Quesada, R. (2024). Integrating AI methodology with human cognition: A conceptual framework of AI thinking. *AI & Society*.
- Raj, S. (2025). Bias cognition in AI systems. *Ethics and Information Technology*.
- Riedl, M. O. (2019). Human-centered AI. *AI Magazine, 40*(4), 6-14.
- Román-González, M., et al. (2017). Computational thinking assessment. *Computers in Human Behavior, 72*, 678-

688.

- Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Pearson.*
- Sahl al-Din, S., Sotoudeh Qarabagh, S., & Rahmat, R. (2024). The role of digital technologies in enhancing chemical engineering education. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(103), 67-92. [In Persian].
- Sandelowski, M. J.,&Barroso, J. (2006). Handbook for synthesizing qualitative research. springer publishing company.
- Silander, P., Riikonen, S., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2020). *Phenomenon-based learning and computational thinking. Learning, Culture and Social Interaction*, 25, 100379. https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100379.
- Smoll, A. (2025). Datadriven decision making: Evaluating data quality to enhance critical thinking. *Journal of Data Analytics and Decision Science.*
- Sullivan, F. R. (2025). *Debugging as a core computational practice in engineering education. Journal of Engineering Education*, 114(1), 45-67.
- TechTarget. (2023). Big data: Understanding volume, velocity, variety, veracity, and value. *TechTarget.*
- The Royal Society. (2023). *Science in the age of AI. Retrieved July 29, 2024, from https://royalsociety.org/news-resources/projects/science-in-the-age-of-ai/*Touretzky, D. S., & Gardner-McCune, C. (2020). Computational thinking in AI education. *ACM Inroads, 11*(2), 40-46.
- Touretzky, D. S., & Gardner-McCune, C. (2020). Machine learning and the limits of computational thinking. *Communications of the ACM, 63*(3), 72-80. https://doi.org/10.1145/3375627.
- Touretzky, D. S., & Gardner-McCune, C. (2020). *The AI literacy framework: Teaching the foundations of artificial intelligence.* Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 34(09), 9619-9626. https://doi.org/10.1609/aaai.v34i09.7064.
- Trewartha, A., et-al. (2022). Quantifying the advantage of domain-specific pre-training on named entity recognition tasks in materials science. *Patterns, 3*(10), Article-100488. https://doi.org/10.1016/j.patter.2022.100488.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A, 366*(1881), 3717-3725. https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118.
- World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023. World Economic Forum.* https://www.weforum.org.
- Xu, W, Dainoff., MJ, Ge L, Gao Z. (2023) Transitioning to human interaction with AI systems: new challenges and opportunities for HCI professionals to enable human-centered AI. Int. J. Human-Computer Interact. 39, 494-518. (doi:10.1080/10447318.2022.2041900).
- Yu, H., Xu, J., & Ashton, K. (2023). Sociotechnical perspectives on artificial intelligence in industry. *IEEE Technology and Society Magazine, 42*(1), 45-53.
- Zeng, D. (2013). *Foundations and frontiers of artificial intelligence education. IEEE Intelligent Systems*, 28(3), 4-6. https://doi.org/10.1109/MIS.2013.44.

مهدی محمدی: استاد بخش مدیریت و برنامه‌ریزی آموزشی دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی دانشگاه شیراز است. ایشان مدرک کارشناسی علوم تربیتی را درسال ۱۳۷۵ از دانشگاه شیراز و مدرک کارشناسی ارشد را در سال ۱۳۷۷در رشتهٔ مدیریت آموزشی از دانشگاه شیراز و مدرک دکتری برنامه‌ریزی درسی را در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه شیراز اخذ نموده است. ایشان در حوزه‌های تخصصی توسعهٔ پایدار، آموزش الکترونیکی، هوش مصنوعی و برنامه درسی مجازی پژوهش‌های متعددی دارند.

فاطمه میرغفاری: دانش‌آموختهٔ دکتری مدیریت آموزشی دانشگاه شیراز است. ایشان مدرک کارشناسی علوم تربیتی را درسال ۱۳۹۷ از دانشگاه فرهنگیان پردیس باهنر شیراز و مدرک کارشناسی ارشد را در سال ۱۴۰۰ رشته مدیریت آموزشی از دانشگاه شیراز و مدرک دکتری مدیریت آموزشی را در سال ۱۴۰۴ از دانشگاه شیراز اخذ نموده است. حوزه‌های تخصصی شامل مدیریت و رهبری راهبردی، حکمرانی آموزش عالی، توسعهٔ پایدار در آموزش عالی، رابطهٔ صنعت دانشگاه، توسعهٔ برنامه درسی بین‌رشته‌ای، آموزش مهندسی، بازی‌وارسازی، یادگیری فعال و مسئله‌محور دارای علاقهٔ مطالعاتی و پژوهش‌های مختلف‌اند.