راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم

❖ امین پاشایی هولاسو[1]* ❖

صفحه : ۷۴-۳۸

چکیده

با توجه به تحولات فناورانه و گذار از صنعت ۴,۰ به ۵,۰، نقش دانشگاه‌ها در توسعه مهارت‌های مهندسی آینده اهمیت ویژه‌ای یافته است. صنعت ۵,۰ تنها بر فناوری‌های نوینی چون هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و سیستم‌های سایبر-فیزیکی استوار نیست، بلکه تأکید آن بر انسان‌محوری، پایداری و تاب‌آوری است. هدف این پژوهش، ارائه راهبردهایی آموزشی و پژوهشی برای توانمندسازی دانشگاه‌ها در پاسخ به این نیازها است. این پژوهش با استفاده از تحلیل ماتریس SWOT به بررسی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در زمینه آموزش و پژوهش مرتبط با گذار به صنعت ۵,۰ پرداخته است. در مجموع، ۷ قوت، ۶ ضعف، ۸ فرصت و ۸ تهدید شناسایی شد و بر اساس آن‌ها ۲۰ راهبرد در قالب چهار دسته تدوین شد: راهبردهای تهاجمی، بازنگری، تنوع وتدافعی. بر پایه تحلیل انجام‌شده، ۵ راهبرد تهاجمی، ۵ راهبرد بازنگری، ۵ راهبرد تنوع و۵ راهبرد تدافعی استخراج گردید. این راهبردها شامل توسعه آموزش‌های میان‌رشته‌ای، استفاده از فناوری‌های نوین در آموزش، گسترش همکاری‌های دانشگاه - صنعت و تأمین منابع مالی و انسانی برای تربیت نیروی کار رقابتی در سطح ملی و بین‌المللی هستند. در نهایت می‌توان بیان نمود که گذار موفق به صنعت نسل پنجم مستلزم بازطراحی نظام‌های آموزشی و پژوهشی است. دانشگاه‌ها باید با توسعه ساختارهای منعطف، استفاده از فناوری‌های نوظهور وایجاد پیوندهای مؤثر با صنعت، نقش کلیدی خود را در تربیت مهندسان آینده ایفا کنند. راهبردهای ارائه‌شده، الگویی عملی برای این تحول فراهم می‌آورند.

واژگان کلیدی: صنعت نسل چهارم، صنعت نسل پنجم، آموزش، پژوهش.

■دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۷/۲۲ ■ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

[1]- استادیار، مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، مجتمع دانشگاهی مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران.

مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحولات فناورانه با سرعت چشمگیری ساختارهای اقتصادی و صنعتی را دگرگون کرده است. انقلاب صنعتی چهارم، که بر پایه فناوری‌های نوینی همچون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، داده‌های کلان و سیستم‌های سایبر-فیزیکی استوار است، فرآیندهای تولید را هوشمندتر، خودکارتر و کارآمدتر ساخته است (Carlsson et al., 2022). این فناوری‌ها نه‌تنها بهره‌وری و کیفیت محصولات را به‌طور چشمگیری افزایش داده‌اند، بلکه توانسته‌اند مزیت‌های رقابتی قابل‌توجهی برای صنایع فراهم آورند. با این حال، استفاده بیش از حد از فناوری‌ها و اتکا به سیستم‌های خودکار در صنعت ۴,۰، مشکلات و چالش‌هایی نیز به همراه داشته است. از جمله این چالش‌ها می‌توان به کاهش تعاملات انسانی در فرآیندهای تولید، وابستگی بالای سیستم‌ها به داده‌ها و تهدیدات امنیتی آن‌ها اشاره کرد (Dalenogare et al., 2022). در این میان، به‌منظور پاسخ به این چالش‌ها و تکامل و پیشرفت بیشتر، مفهوم صنعت نسل پنجم (صنعت ۵,۰) به‌عنوان یک تحول اساسی در دنیای صنعتی مطرح شده است؛ درحالی‌که صنعت ۴,۰ بر خودکارسازی و فناوری‌های دیجیتال تأکید دارد، صنعت ۵,۰ بر تعامل میان انسان و ماشین، پایداری، تاب‌آوری و بهبود کیفیت زندگی تأکید می‌کند (European Commission, 2021). در صنعت نسل پنجم، علاوه‌بر بهره‌وری و کارآمدی، همکاری مؤثر انسان و ماشین و طراحی سیستم‌های تولیدی انعطاف‌پذیر و پایدار، جایگاه ویژه‌ای دارد (Breque et al., 2021). به این ترتیب، گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم مستلزم تغییرات بنیادین در تمام سطوح فناوری، مدیریت و نیروی انسانی است. در این خصوص، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، توانمندسازی نیروی انسانی و آماده‌سازی آن برای مواجهه با نیازهای صنعت نسل پنجم است. برای رسیدن به این هدف، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی نقش حیاتی ایفا می‌کنند. در این راستا، دانشگاه‌ها باید با ارائه راهبردهای آموزشی و پژوهشی مناسب، نیروی کار را برای مهارت‌های مورد نیاز صنعت نسل ۵ آماده کنند. این موضوع نیازمند طراحی برنامه‌های آموزشی میان‌رشته‌ای و نوآورانه است که علاوه‌بر مهارتهای فنی، به توسعه مهارت‌های نرم نظیر تفکر انتقادی، خلاقیت، حل مسئله و همکاری تیمی توجه ویژه‌ای داشته باشد (Mustafa et al., 2022). در این راستا، تغییرات در روش‌های آموزشی برای تطابق با نیازهای صنعت نسل پنجم ضروری است. برای مثال، طراحی برنامه‌های درسی باید متناسب با فناوری‌های نوینی مانند هوش مصنوعی، داده‌کاوی، رباتیک، سیستم‌های سایبر-فیزیکی و اینترنت اشیا صورت گیرد. علاوه‌بر این، توسعه پژوهش‌های میان‌رشته‌ای و همکاری‌های دانشگاهی - صنعتی می‌تواند به تسریع انتقال فناوری و نوآوری کمک کند. ایجاد آزمایشگاه‌های زنده و مراکز تحقیقاتی میان‌رشته‌ای که از همکاری‌های مستقیم با صنایع بهره‌مند شوند، یکی از راه‌های مؤثر در این مسیر است (Peters et al.,

2021)، زیرا پژوهش‌های کاربردی در زمینه‌های مختلف صنعت ۵,۰ به‌ویژه در حوزه تعامل انسان و ماشین، هوش مصنوعی همکار و تولید پایدار، نیازمند حمایت‌های ویژه از سوی دانشگاه‌ها و صنایع است. به‌ویژه، ارزیابی پیامدهای اجتماعی و زیست‌محیطی فناوری‌های جدید و ارائه راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی احتمالی آن‌ها، جزء ضروریات پژوهشی است که باید در این گذار به‌طور جدی مدنظر قرار گیرد (Moktadir & et al, 2018).

همچنین اهمیت پژوهش در زمینه گذار به صنعت ۵,۰ نه‌تنها از اهمیت علمی و نظری برخوردار است، بلکه از منظر عملی و کاربردی نیز ضروری به‌نظر می‌رسد. این پژوهش می‌تواند به‌عنوان نقشه‌راهی برای ایجاد هماهنگی بین نیازهای صنعتی و توانمندی‌های آموزشی و پژوهشی عمل کند. در دنیای امروز که تحولات فناورانه با سرعت زیادی در حال وقوع است، پژوهش‌های میان‌رشته‌ای و نوآورانه می‌توانند به شناسایی و حل چالش‌های اصلی این تحول صنعتی کمک کنند. از طرفی، این پژوهش‌ها می‌توانند زمینه‌ساز تولید فناوری‌های جدید، بهبود فرآیندهای تولید و تسریع فرآیندهای نوآوری در صنعت ۵,۰ باشند. ضرورت تحقیق در این زمینه به‌ویژه در پی سرعت تحولات فناورانه و صنعتی، اهمیت انطباق سریع‌تر برنامه‌های آموزشی و پژوهشی با نیازهای صنعت ۵,۰ و ایجاد همکاری‌های مؤثر میان دانشگاه و صنعت بیشتر از پیش احساس می‌شود. این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای جامع برای سیاستگذاران، دانشگاه‌ها و صنایع در تدوین استراتژی‌های مؤثر برای عبور از صنعت نسل چهارم به نسل پنجم عمل کند. همچنین، این پژوهش به شناسایی شکاف‌های مهارتی و آموزشی موجود در نیروی کار آینده پرداخته و پیشنهاداتی برای پر کردن این شکاف‌ها ارائه می‌دهد. اهمیت پژوهش در این زمینه از آنجا ناشی می‌شود که دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی در فرآیند گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم باید به‌طور جدی به نیازهای جدید بازار کار پاسخ دهند و این امر بدون پژوهش‌های علمی و کاربردی امکان‌پذیر نیست. در نهایت، پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا سیاست‌های آموزشی و پژوهشی مؤثری برای پاسخگویی به تحولات آینده تدوین نمایند. با عنایت به موارد فوق، پژوهش حاضر به بررسی راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم می‌پردازد. هدف اصلی این تحقیق شناسایی چالش‌ها، فرصت‌ها و ارائه راهکارهایی است که بتوانند نیروی انسانی را برای مواجهه با تحولات آینده توانمندسازی کنند. همچنین، این پژوهش به‌دنبال پاسخ به این سؤال است که راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم کدامند؟

مروری بر مبانی نظری

صنعت نسل پنجم به‌عنوان انقلاب صنعتی پنجم شناخته می‌شود و برای درک این مفهوم، ضروری است که ابتدا تحولات تاریخی انقلاب‌های صنعتی را مرور کنیم. به‌طور معمول، پنج انقلاب صنعتی شناسایی شده‌اند که به شرح زیر توضیح داده می‌شوند:

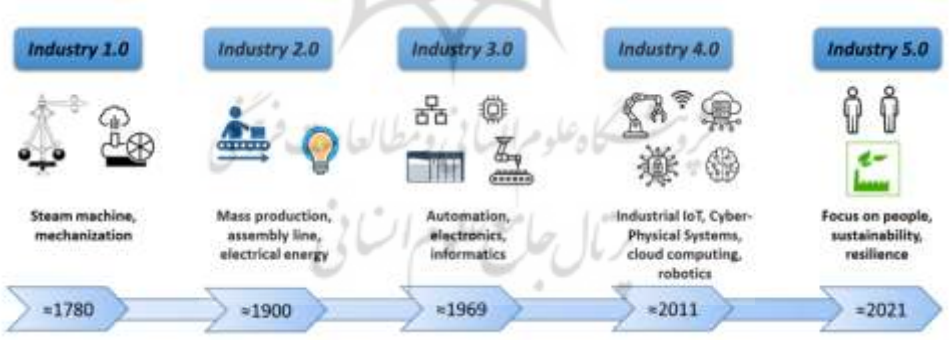
۱. انقلاب صنعتی اول (صنعت ۱,۰): این انقلاب در اواخر قرن ۱۸ با اختراع موتور بخار توسط جیمز وات آغاز شد. اختراع این موتور امکان استفاده از تجهیزات مکانیکی مبتنی‌بر نیروی بخار در صنایع مختلف را فراهم کرد. این دوره نه‌تنها تحولی عظیم در زمینه فناوری به همراه داشت، بلکه تغییرات اجتماعی و اقتصادی عمیقی را نیز به‌دنبال آورد. به همین دلیل، این دوران معمولاً به‌عنوان صنعت ۱,۰ شناخته می‌شود (IBM, 2024).

۲. انقلاب صنعتی دوم (صنعت ۲,۰): در اواخر قرن ۱۹، دومین انقلاب صنعتی با بهره‌برداری از نیروی برق و پیاده‌سازی سیستم خط مونتاژ یا تولید انبوه آغاز شد. این پیشرفت‌ها به بهبود کارایی تولید و توسعه صنایع کمک کردند و موجب رشد قابل توجه اقتصادی در سطح جهانی شدند. این دوره، نه تنها تحولی در صنعت و اقتصاد ایجاد کرد، بلکه تحولات اجتماعی و فرهنگی بزرگی به همراه داشت که تا امروز ادامه دارد.

۳. انقلاب صنعتی سوم (صنعت ۳,۰): گاهی به آن انقلاب دیجیتال نیز گفته می‌شود، که در نیمه‌ی دوم قرن ۲۰ آغاز شد. با معرفی کنترل‌کننده‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی (PLC) در سال ۱۹۶۹، فرآیندهای تولید به‌طور قابل توجهی اتوماسیون پیدا کرد. علاوه‌بر این، پیشرفت‌هایی در رباتیک، الکترونیک و فناوری اطلاعات در این دوران مشاهده شد. به‌ویژه دیجیتالی‌سازی فرآیندهای تولید و استفاده از فناوری‌های نوین برای به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها و بهبود کارایی تولید آغاز شد (IBM, 2024).

۴. انقلاب صنعتی چهارم (صنعت ۴,۰): از ابتدای قرن ۲۱، صنعت ۴,۰ معرفی شد که به‌دنبال همگرایی دنیای دیجیتال، فیزیکی و مجازی از طریق استفاده از فناوری‌های نوظهور همچون هوش مصنوعی، بلاک‌چین، رباتیک، اینترنت اشیا، نانوتکنولوژی، بیوانفورماتیک، مواد پیشرفته، رایانش کوانتومی و چاپ سه‌بعدی بود (Henrik von Scheel, 2024). برخلاف انقلاب‌های قبلی، صنعت ۴,۰ در سرعت و مقیاس گسترده‌ای در حال گسترش است (Schwab, 2016). از ویژگی‌های بارز این دوره، اتوماسیون کامل کارخانه‌ها از طریق این فناوری‌های نوین است که پیشرفت‌های زیادی در تولید خودکار و بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی ایجاد کرده است (Alef, 2024).

۵. انقلاب صنعتی پنجم (صنعت ۵,۰): از سال ۲۰۱۷، صنعت ۵,۰ به‌عنوان یک تحول نوین در عرصه صنعت مطرح شد. این مفهوم از زمانی که کمیسیون اروپا در سال ۲۰۲۱ سندی تحت عنوان "صنعت ۵,۰: به سوی صنعت پایدار، انسان‌محور و تاب‌آور اروپا" منتشر کرد، اهمیت بیشتری پیدا کرد (Human-Centric and Resilient European Industry, 2024). هدف اصلی صنعت ۵,۰، تمرکز بر رفاه انسان‌ها (سرمایه‌گذاران، کارکنان و مصرف‌کنندگان)، تاب‌آوری صنعت و پایداری سیاره است، که فراتر از تولید صرف کالاها و خدمات برای کسب سود اقتصادی می‌رود (Xu & Lu, 2021). برخلاف صنعت ۴,۰ که بر دیجیتالی‌سازی و بهبود کارایی تولید تمرکز دارد، صنعت ۵,۰ پتانسیل بلندمدت صنعت را در راستای خدمت به بشریت در چارچوب محدودیت‌های سیاره‌ای می‌پذیرد (ISA Spain, 2024). صنعت ۵,۰ نه‌تنها به‌دنبال پیشرفت فناوری است، بلکه به‌طور ویژه به توسعه فناوری‌هایی توجه دارد که تأثیرات مثبتی بر جامعه و محیط زیست داشته باشند. این دوره به‌عنوان مکمل صنعت ۴,۰ دیده می‌شود و نه جایگزین آن. هدف آن تقویت رابطه مثبت میان انسان‌ها و ماشین‌ها و ارتقای تجربه‌های انسان‌محور در تولید و خدمات است (Akundi & et al, 2022). در واقع، یکی از ویژگی‌های بارز این دوره، تغییر در نقش محوری فناوری‌ها است؛ درحالی‌که تا انقلاب سوم تمرکز اصلی بر روی ماشین‌ها بود، در انقلاب چهارم داده‌ها و در نهایت، در انقلاب پنجم، انسان‌ها و رفاه آنان در مرکز توجه قرار خواهند گرفت (Folgado & et al, 2024).



شکل ۱: مراحل زمانی انقلاب‌های صنعتی از صنعت ۱,۰ تا صنعت ۵,۰

صنعت نسل چهارم

ظهور صنعت نسل چهارم بر پایه دیدگاهی از استفاده از اتوماسیون / رباتیک و فناوری‌های دیجیتال که به آن‌ها فناوری‌های نسل چهارم نیز گفته می‌شود، برای برآوردن خواسته‌های فردی از سوی کارکنان و مشتریان

استوار است (Grosse et al, 2023) که در سال ۲۰۱۱، دولت آلمان صنعت نسل چهارم را به‌عنوان یک انقلاب صنعتی جدید معرفی کرد که می‌توان آن را گسترش طبیعی روندهای گذشته در اتوماسیون دانست که به سیستم‌های سایبر - فیزیکی، اینترنت اشیا و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و سایر فناوری‌ها منتهی می‌شود (Liao et al. 2017). هدف صنعت نسل چهارم به‌طور قابل‌توجهی ارتقای سطح پیچیدگی اتوماسیون و فناوری‌های به‌هم پیوسته است تا بدین‌ترتیب کارایی صنعت تولید و همچنین تقاضا برای محصولات نسل چهارم که بخشی از اکولوژی تولید آلمان هستند را افزایش دهد (Kagermann, 2014). این توسعه با یک روند فراگیر در بسیاری از کشورهای جهان برای دیجیتالی کردن جنبه‌های بیشتری از زندگی و جامعه به‌طور کلی همراه بود که توسط سرمایه‌گذاری‌های صنایع تولیدی در اتصال‌پذیری کم‌تاخیر، سیستم‌های ردیابی، ربات‌های همکاری‌پذیر، یادگیری ماشین و فناوری‌های واقعیت مجازی یا افزوده و دیگر موارد، الهام گرفته شده بود (Winkelhaus & Grosse 2020)؛ (Romero & et al, 2020).

چین و همکاران (۲۰۱۶) صنعت نسل چهارم را به‌عنوان پیشرفت صنعتی که توسط سیستم‌های سایبر – فیزیکی و کاربردهای سریع فناوری‌ها هدایت می‌شود، توصیف کرده‌اند.

وانگ و وانگ (۲۰۱۷) تفاوت کوچکی بین مفاهیم تولید دیجیتال و تولید هوشمند از نظر کنترل هوشمند و اتوماسیون مشاهده کرده‌اند و آن را به‌عنوان مرحله‌ای از توسعه صنعتی که از شخصی‌سازی انبوه به تولید انبوه شخصی‌سازی شده حرکت می‌کند، توصیف می‌کنند.

شئو و همکاران (۲۰۱۸) صنعت نسل چهارم را به‌عنوان ابتکاری که در نمایشگاه هانوفر در سال ۲۰۱۱ اعلام شد، با هدف رقابت با کشورهای در حال ظهور مانند هند و چین و جلوگیری از جریان ثروت از کشورهای توسعه‌یافته مانند اتحادیه اروپا و آمریکا معرفی می‌کنند.

مؤف و همکاران (۲۰۱۷) بیان کرده‌اند که بیش از ۱۰۰ تعریف مختلف از صنعت نسل چهارم در ادبیات وجود دارد، که نشان‌دهنده گستردگی و پیچیدگی این مفهوم است.

رابلک و همکاران (۲۰۱۶) بر جنبه ارتباطی صنعت نسل چهارم تأکید کرده‌اند که در آن تبادل اطلاعات نه‌تنها بین انسان‌ها بلکه بین هر جفت ممکن از انسان‌ها و ماشین‌ها صورت می‌گیرد.

ساندرز و همکاران (۲۰۱۶) صنعت نسل چهارم را به‌عنوان مجموعه‌ای از فناوری‌های پیشرفته می‌دانند که اجرای فلسفه‌های تولیدی مانند تولید ناب را تسهیل می‌کنند.

به‌طورکلی، صنعت نسل چهارم اصطلاحی عمومی برای سیستم‌های تولیدی، خدماتی و فرآیندهای تجاری بسیار پیچیده و خودکار است که در آن دستگاه‌ها از خود آگاهی دارند، با یکدیگر و با انسان‌ها ارتباط برقرار می‌کنند، از راه دور قابل دسترسی هستند و قادرند با استفاده از هوش مصنوعی، تجربیات قبلی و

داده‌های موجود در شبکه و فضای ابری، اقدامات اصلاحی و تصمیمات مناسب را به‌صورت آنی و متناسب با موقعیت اتخاذ کنند (Kumar et al., 2020).

در مجموع می‌توان چنین بیان نمود که صنعت نسل چهارم تحولی کلیدی در عرصه تولید و خدمات است که با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته نظیر سیستم‌های سایبر-فیزیکی، اینترنت اشیا، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و هوش مصنوعی، کارایی، انعطاف‌پذیری و شخصی‌سازی را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. این فناوری‌ها به سیستم‌های تولید و خدمات امکان می‌دهند تا به‌طور خودکار و هوشمندانه تصمیم‌گیری کنند و با ارتباطات هوشمند، به‌طور پویا با تغییرات بازار و نیازهای مشتریان هماهنگ شوند.

در سطح استراتژیک، صنعت نسل چهارم نه‌تنها یک انقلاب صنعتی است بلکه فرصتی برای کشورها به‌شمار می‌آید تا از طریق دیجیتالی کردن فرآیندها، رقابت‌پذیری خود را افزایش دهند و به توسعه پایدار و نوآوری در تولید دست یابند. این رویکرد می‌تواند به بهبود تعامل میان تولید، مصرف و نوآوری و به‌تبع آن، پیشبرد رشد اقتصادی و اجتماعی منتهی شود.

صنعت نسل پنجم

صنعت نسل پنجم یک تحول جدید در حوزه تولید و صنعت است که بر تلفیق فناوری‌های پیشرفته با ارزش‌های انسانی، پایداری و تاب‌آوری تأکید دارد (Breque, De Nul, & Petridis, 2021). این مفهوم به‌عنوان پاسخی به محدودیت‌های صنعت نسل چهارم توسعه یافته است، که در آن تمرکز بیش از حد بر بهره‌وری، خودکارسازی و کاهش هزینه‌ها باعث کاهش تعامل انسانی و توجه ناکافی به پایداری شده بود (Mladineo et al., 2022). همچنین در خصوص ویژگی‌های کلیدی صنعت نسل پنجم می‌توان به انسان‌محوری ، تاب‌آوری و پایداری اشاره کرد که در ذیل توضیح داده می‌شوند:

- انسان‌محوری: برخلاف صنعت ۴,۰ که بر اتوماسیون و بهره‌وری تأکید داشت، صنعت ۵,۰ به نقش اساسی انسان در فرایند تولید توجه دارد. در این رویکرد، فناوری‌ها در خدمت انسان قرار می‌گیرند تا کارایی، خلاقیت و رفاه کارکنان افزایش یابد (Nahavandi, 2019).

- تاب‌آوری: صنعت ۵,۰ با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، به افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره‌های تأمین و کاهش آسیب‌پذیری سیستم‌های تولیدی کمک می‌کند (Jefroy et al, 2022).

- پایداری: صنعت نسل ۵,۰ به‌دنبال هم‌راستایی فرآیندهای تولیدی با اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی است. استفاده از فناوری‌های سبز، کاهش ضایعات و بهینه‌سازی مصرف انرژی از جمله راهکارهای صنعت ۵,۰ برای دستیابی به تولید پایدار است (Mustafa et al, 2022).

این رویکرد، صنعت را از تمرکز صرف بر بهره‌وری به سمت تولیدی هوشمند، انعطاف‌پذیر و پایدار سوق می‌دهد که در آن نوآوری‌های فناورانه، رفاه انسانی، تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین و مسئولیت زیست‌محیطی به‌صورت یکپارچه مورد توجه قرار می‌گیرند.

در مقایسه صنعت نسل پنجم با صنعت نسل چهارم می‌توان بیان نمود که صنعت نسل چهارم بر دیجیتالی‌سازی، اتصال هوشمند و اتوماسیون تمرکز داشت و هدف اصلی آن افزایش بهره‌وری و کارایی در تولید بود (Dalenogare et al., 2022). در مقابل، صنعت ۵,۰ با در نظر گرفتن ارزش‌های انسانی، بر تعامل انسان و ماشین، توسعه مهارت‌های دیجیتال و ایجاد محیط‌های کاری هوشمند و ایمن تأکید دارد (Adel, 2022)؛ ولی صنعت نسل پنجم نه‌تنها فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و رباتیک را به کار می‌گیرد، بلکه به دنبال ایجاد محیطی است که در آن ماشین‌ها و انسان‌ها در تعامل مؤثر با یکدیگر به تولید بهتر و پایدارتر کمک کنند (Rahman & Chandan, 2025). این تحول نشان‌دهنده گذار از یک سیستم صرفاً فناوری‌محور به سیستمی است که در آن نوآوری‌های صنعتی در راستای ارتقای کیفیت زندگی، مسئولیت‌پذیری اجتماعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند (European Commission, 2021).

در مجموع می‌توان بیان نمود صنعت نسل چهارم بر دیجیتالی‌سازی و اتوماسیون برای افزایش بهره‌وری متمرکز بود، درحالی‌که صنعت نسل پنجم بر تعامل انسان و ماشین، پایداری و مسئولیت اجتماعی تأکید دارد. این تحول، گذار از تولید صرفاً خودکار به تولیدی انسان‌محور و هوشمند را نشان می‌دهد که علاوه‌بر کارایی، کیفیت زندگی و توسعه پایدار را نیز دربر می‌گیرد.

نقش آموزش و پژوهش برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم

صنعت نسل چهارم با ادغام فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی، شیوه‌های تولیدی را متحول ساخته است. این انقلاب صنعتی، مرزهای رشته‌های مهندسی سنتی را کمرنگ کرده و به زودی با پذیرش کامل این تحول، این مرزها کاملاً از بین خواهند رفت (Kumar et al., 2020). با ظهور نشانه‌های گذار به سمت صنعت نسل پنجم، حوزه‌های آموزشی و پژوهشی مسئولیت تربیت نیروی انسانی متناسب با این تحولات را بر عهده دارند.

توسعه برنامه‌های درسی میان‌رشته‌ای برای تطبیق با نیازهای جدید صنعتی ضروری است. دانشگاه‌ها باید رویکردهای سنتی را کنار گذاشته و دوره‌های بین‌رشته‌ای و چندرشته‌ای را معرفی کنند که با نیازهای تحول صنعتی مطابقت داشته باشد (Sommer, 2015). تحقیقات نشان می‌دهد که پیاده‌سازی صنعت نسل چهارم

و گذار به نسل پنجم نیازمند دانش گسترده‌ای از حوزه‌های مختلف است که فراتر از مرزهای سنتی رشته‌های مهندسی قرار دارد (Wyrwicka & Mrugalska, 2017).

آموزش مستمر و بازآموزی نیروی کار موجود در مواجهه با تحولات فناورانه اهمیت ویژه‌ای دارد. آموزش عالی باید برنامه‌های بازآموزی انعطاف‌پذیر ارائه دهد که متخصصان صنعت را قادر سازد خود را با پیشرفت‌های فناوری همگام کنند (Arntz et al., 2017). تاریخ مصرف دانش در عصر صنعت نسل چهارم و پنجم به شدت کاهش یافته و نیاز به روزآمدسازی مداوم مهارت‌ها افزایش یافته است (Nagy et al., 2018).

توسعه مهارت‌های نرم در کنار مهارت‌های تخصصی باید در اولویت قرار گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد که در محیط پیچیده صنعت نسل پنجم، مهارت‌هایی مانند تفکر انتقادی، حل مسئله، خلاقیت و هوش هیجانی به اندازه دانش فنی اهمیت دارند. بنابراین، دانشگاه‌ها باید روش‌های آموزشی خود را برای پرورش این مهارت‌ها اصلاح کنند (Morrar et al., 2017).

یادگیری تجربی و مبتنی‌بر پروژه به‌عنوان رویکردی موثر برای آماده‌سازی دانشجویان برای محیط کار آینده شناخته شده است. این روش به دانشجویان امکان می‌دهد تا با چالش‌های واقعی صنعت مواجه شوند و راه‌حل‌های عملی ارائه دهند (Chen, 2017).

همچنین همکاری نزدیک صنعت و دانشگاه برای شناسایی نیازهای در حال تغییر و توسعه راه‌حل‌های نوآورانه ضروری است. کومار و همکاران (۲۰۲۰) تأکید می‌کنند که "مطالعات آینده می‌تواند در زمینه اجرای واقعی، فرصت‌ها، توانمندسازها و موانع صنعت ۴,۰ انجام شود" این همکاری می‌تواند به شکل پروژه‌های مشترک تحقیقاتی، کارآموزی و برنامه‌های تبادل دانش تحقق یابد.

مرور پیشینه پژوهش

پژوهش‌های میان‌رشته‌ای در حوزه‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، رباتیک همکارانه و واقعیت افزوده باید تقویت شود. ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) اشاره می‌کنند که توسعه این فناوری‌ها برای تحقق صنعت نسل پنجم که بر همکاری هوشمند انسان و ماشین متمرکز است، ضروری می‌باشد.

مطالعات جامع در خصوص پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی گذار به صنعت نسل پنجم نیز حیاتی است. موکتادیر و همکاران (۲۰۱۸) بیان کرده‌اند که اثرات زیست‌محیطی ناشناخته ممکن است یک نگرانی عمومی باشد، زیرا پیاده‌سازی این فناوری‌های جدید به‌صورت یکپارچه صورت می‌گیرد.

پژوهشگران دانشگاهی باید این تأثیرات را ارزیابی کرده و راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی احتمالی ارائه دهند.

ایجاد مراکز نوآوری و آزمایشگاه‌های زنده برای آزمایش و اعتبارسنجی فناوری‌های نوظهور ضروری است. کاگرمان (۲۰۱۴) پیشنهاد می‌کند که این مراکز می‌توانند به‌عنوان پلی بین تحقیقات دانشگاهی و کاربردهای صنعتی عمل کنند.

در خصوص توسعه مهارت‌های مهندسی آینده نیز باید بیان شد آموزش مهارت‌های برنامه‌نویسی و تحلیل داده برای تمام رشته‌های مهندسی ضروری است. کین و همکاران (۲۰۱۶) تأکید می‌کنند که در عصر صنعت نسل پنجم، توانایی کار با داده‌های بزرگ و الگوریتم‌های هوشمند برای تمام مهندسان ضروری خواهد بود.

توسعه قابلیت‌های طراحی و مدل‌سازی دیجیتال برای آماده‌سازی مهندسان برای محیط تولید آینده اهمیت ویژه‌ای دارد. وانگ و وانگ (۲۰۱۷) بیان می‌کنند که مهندسان آینده باید قادر به طراحی محصولات و فرآیندها با استفاده از ابزارهای دیجیتال پیشرفته باشند.

تقویت درک از سیستم‌های سایبر – فیزیکی و اینترنت اشیا در برنامه‌های درسی مهندسی ضروری است. کانگ و همکاران (۲۰۱۶) اشاره می‌کنند که این فناوری‌ها ستون فقرات صنعت نسل پنجم خواهند بود و مهندسان باید درک عمیقی از آن‌ها داشته باشند.

آموزش مهارت‌های مدیریت نوآوری و کارآفرینی به مهندسان برای شناسایی و بهره‌برداری از فرصت‌های جدید در عصر صنعت نسل پنجم ضروری است. رابلک و همکاران (۲۰۱۶) استدلال می‌کنند که این مهارت‌ها به مهندسان کمک می‌کند تا در محیط به سرعت در حال تغییر موفق شوند.

لی و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود بر اهمیت تحولات دیجیتال در صنعت ۵,۰ تأکید کرده‌اند. آن‌ها مدل‌های جدیدی از همکاری بین انسان و ماشین را مورد بررسی قرار داده‌اند که در آن‌ها هوش مصنوعی به‌طور مؤثر با توانمندی‌های انسانی ترکیب می‌شود تا فرآیندهای تولیدی انعطاف‌پذیر و بهینه ایجاد شود. این تحقیق نشان می‌دهد که برای گذار به صنعت ۵,۰، لازم است که مدل‌های مدیریتی و آموزشی نیز تطبیق یابند تا نیروی کار با فناوری‌های نوین هماهنگ شود.

آلوجان و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای به تحلیل تأثیرات آموزش‌های میان‌رشته‌ای بر توانمندسازی نیروی انسانی در صنعت ۵,۰ پرداخته‌اند. این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب مهارت‌های فنی و مهارت‌های نرم مانند تفکر انتقادی، خلاقیت و همکاری تیمی در برنامه‌های آموزشی می‌تواند نیروی کار را برای تعامل مؤثر با فناوری‌های نوین آماده سازد و به تسهیل گذار به صنعت نسل پنجم کمک کند.

جانگ و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی نقش سیستم‌های سایبر-فیزیکی در صنعت ۵,۰ پرداخته‌اند و کاربردهای آن‌ها در ارتقای کارایی و انعطاف‌پذیری تولید را مورد توجه قرار داده‌اند. پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که این سیستم‌ها با امکان‌پذیر ساختن ارتباط مؤثر بین انسان، ماشین و محیط، نقشی کلیدی در تحول صنایع به نسل پنجم ایفا می‌کنند. علاوه بر این، این پژوهش بر لزوم تغییرات در برنامه‌های آموزشی مهندسی برای آموزش درک عمیق‌تری از این سیستم‌ها تأکید کرده است.

ژانگ و لی (۲۰۲۱) در تحقیق خود به نقش فناوری‌های نوین مانند رباتیک و هوش مصنوعی در افزایش تاب‌آوری صنعت ۵,۰ پرداخته‌اند. آن‌ها مدل‌های کاربردی استفاده از ربات‌های همکار و سیستم‌های هوش مصنوعی در محیط‌های صنعتی را بررسی کرده‌اند و نشان داده‌اند که چگونه این فناوری‌ها می‌توانند نه‌تنها کارآیی را افزایش دهند، بلکه به بهبود تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های تولیدی کمک کنند.

راجل و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی چالش‌های اجتماعی و زیست‌محیطی صنعت ۵,۰ پرداخته‌اند و تأکید کرده‌اند که همراه با تحول صنعتی باید به اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی فناوری‌های نوین توجه شود. آن‌ها در تحقیق خود به راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی این فناوری‌ها پرداخته‌اند و پیشنهاداتی برای ادغام مسئولیت‌های اجتماعی و محیطی در فرآیندهای تولیدی به‌منظور توسعه پایدار ارائه کرده‌اند.

این پژوهش‌ها نشان‌دهنده تحولات سریع در صنعت ۵,۰ هستند و اهمیت تحقیقاتی که به مسائل فنی، اجتماعی و زیست‌محیطی این تحولات توجه دارند، به‌ویژه در زمینه‌های همکاری انسان و ماشین، هوش مصنوعی، رباتیک، سیستم‌های سایبر-فیزیکی و نیازهای آموزشی برای نیروی کار آینده را روشن می‌سازد. بنابراین گذار از صنعت نسل چهارم به نسل پنجم، دانشگاه‌ها را با چالش‌ها و فرصت‌های بی‌سابقه‌ای مواجه می‌سازد. همانطور که کومار و همکاران (۲۰۲۰) اشاره می‌کنند، "تحول صنعتی بر افق [صنعت ۴,۰] پیچیده و مخرب است، اما اجتناب‌ناپذیر است". دانشگاه‌ها با بازنگری در برنامه‌های درسی، روش‌های آموزشی و اولویت‌های پژوهشی خود می‌توانند نقش کلیدی در آماده‌سازی نیروی کار آینده و شکل‌دهی به مسیر این گذار ایفا کنند.

روش‌شناسی تحقیق

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از یک رویکرد کیفی - تحلیلی و با تأکید بر روش‌های برنامه‌ریزی استراتژیک، به بررسی راهبردهای آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم می‌پردازد. در این راستا، از ماتریس SWOT به‌عنوان چارچوب تحلیلی برای تدوین راهبردها استفاده شده است. فرآیند تحقیق شامل مرور نظام‌مند ادبیات، تحلیل محیط داخلی و خارجی دانشگاه‌ها، تدوین و اعتبارسنجی راهبردها می‌باشد.

این پژوهش از لحاظ هدف، کاربردی - توسعه‌ای است و از لحاظ روش‌شناسی، رویکردی تحلیلی - توصیفی دارد که با ترکیب روش‌های کیفی و استراتژیک به استخراج و ارائه راهبردهای مناسب می‌پردازد. تحلیل محیطی از طریق شناسایی نقاط قوت و ضعف (عوامل داخلی) و فرصت‌ها و تهدیدها (عوامل خارجی) دانشگاه‌ها صورت می‌گیرد و سپس راهبردهای آموزشی و پژوهشی متناسب با صنعت ۵,۰ تدوین می‌شوند. مراحل اجرای تحقیق عبارتند از:

- مرحله اول: مرور نظام‌مند ادبیات و شناسایی مبانی نظری که در این مرحله، از روش مرور نظام‌مند ادبیات علمی برای بررسی مفاهیم کلیدی مرتبط با صنعت ۴,۰ و صنعت ۵,۰، مهارت‌های مهندسی آینده و نقش دانشگاه‌ها در تحولات صنعتی استفاده شده است.
- مرحله دوم: تحلیل محیط داخلی و خارجی دانشگاه‌ها که از دو منبع اصلی مطالعات اسنادی و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان اطلاعات گردآوری شد.
- مرحله سوم: استخراج راهبردها شامل شناسایی نقاط قوت و ضعف دانشگاه‌ها (عوامل داخلی) و فرصت‌ها و تهدیدهای محیطی (عوامل خارجی) با استفاده از داده‌های مرحله قبل و تدوین ماتریس SWOT برای استخراج چهار دسته راهبردهای تهاجمی (SO) جهت استفاده از نقاط قوت برای بهره‌گیری از فرصت‌ها، راهبردهای بازسازی (WO) جهت کاهش ضعف‌ها از طریق استفاده از فرصت‌ها، راهبردهای تنوع‌بخشی (ST)جهت بهره‌گیری از نقاط قوت برای مقابله با تهدیدها و راهبردهای تدافعی (WT) جهت کاهش ضعف‌ها و مقابله با تهدیدها
- مرحله چهارم: طراحی یک چارچوب مفهومی برای نقش دانشگاه‌ها در گذار به صنعت ۵,۰، ارائه پیشنهادهای سیاستی برای اصلاح برنامه‌های آموزشی و پژوهشی و پیشنهاد مکانیزم‌های اجرایی برای پیاده‌سازی راهبردهای استخراج‌شده

یافته‌های تحقیق

فرآیند تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در این پژوهش بر پایه‌ی رویکردی ترکیبی از تحلیل کیفی مضمون و روش برنامه‌ریزی استراتژیک مبتنی‌بر ماتریس SWOT صورت گرفته است. در گام نخست، برای شناسایی مؤلفه‌های کلیدی راهبردهای آموزشی و پژوهشی، مرور نظام‌مند ادبیات پژوهش انجام شد که شامل تحلیل مقالات علمی، اسناد راهبردی، گزارش‌های سیاست‌گذاری و مطالعات تطبیقی کشورهای مختلف در حوزه‌های آموزشی و پژوهشی بود. این منابع مبنای استخراج اولیه مفاهیم و شاخص‌های تحلیلی را فراهم نمودند.

در ادامه، برای تکمیل و تعمیق تحلیل، داده‌های کیفی از طریق انجام ۱۵ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان متخصص جمع‌آوری شد. این خبرگان شامل مدیران ارشد حوزه‌های آموزشی و پژوهشی و اعضای هیات‌علمی دانشگاه‌ها و کارشناسان مرتبط بودند. نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند و با توجه به معیارهایی همچون سابقه تخصصی، جایگاه مدیریتی و میزان آشنایی با راهبردهای نوین صورت گرفت. مصاحبه‌ها با رضایت مشارکت‌کنندگان ضبط، پیاده‌سازی و سپس با استفاده از روش تحلیل مضمون در شش مرحله‌ی استاندارد تحلیل شدند: آشنایی با داده‌ها، تولید کدهای اولیه، جستجوی مضامین، بازبینی مضامین، تعریف و نام‌گذاری مضامین و مستندسازی نهایی یافته‌ها. برای ارتقاء دقت و اعتبار تحلیل، کدگذاری دو مرحله‌ای توسط دو پژوهشگر به‌صورت مستقل انجام گرفت و میزان توافق میان‌ذهنی آن‌ها سنجیده شد.

با تلفیق داده‌های حاصل از تحلیل اسنادی و مضامین استخراج‌شده از مصاحبه‌ها، فهرستی جامع از عوامل داخلی (نقاط قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) مرتبط با راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم تدوین شد. هر یک از این عوامل بر اساس مستندات مرتبط و نقل‌قول‌های مستقیم از خبرگان مستند گردیده و اعتبار آن‌ها از طریق بازبینی مجدد توسط مشارکت‌کنندگان کلیدی تأیید شده است.

در نهایت، بر اساس ماتریس SWOT و با تطبیق میان چهار دسته عوامل (S، W، O، T)، راهبردها در قالب چهار دسته اصلی استخراج گردیدند: راهبردهای تهاجمی (SO) با استفاده از نقاط قوت برای بهره‌گیری از فرصت‌ها؛ راهبردهای بازسازی (WO) برای رفع ضعف‌ها از طریق فرصت‌ها؛ راهبردهای تنوع‌بخشی (ST) جهت مقابله با تهدیدها از طریق نقاط قوت؛ و راهبردهای تدافعی (WT) با هدف کاهش هم‌زمان تهدیدها و ضعف‌ها. روند ترکیب عوامل SWOT و نمونه تطبیق‌ها در جدول تدوین راهبردها نیز مستند شده است. این راهبردها پس از تدوین اولیه، مجدداً با نظر خبرگان پالایش و نهایی شدند.

در نهایت، بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدات، راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم عبارتند از:

نقاط قوت

S1- پژوهش‌های در حوزهٔ توسعه فناوری‌های نوین مورد نیاز صنعت نسل ۵

S2- تربیت منابع انسانی متخصص در حوزه‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رباتیک و فناوری‌های نوظهور

S3- همکاری با صنعت جهت توانایی ایجاد هم‌افزایی بین پژوهش‌های علمی و نیازهای عملیاتی صنعت نسل پنجم
S4- طراحی و ارائه دوره‌های تخصصی در زمینه‌های فنی و مهندسی مرتبط با نیازهای صنعت نسل پنجم
S5- توسعه مهارت‌های مورد نیاز برای صنعت نسل ۵ از طریق ایجاد محیط‌های آموزشی نوآورانه‌ای مانند آزمایشگاه‌های نوآوری، شتاب‌دهنده‌های فناوری و برنامه‌های کارآفرینی
S6- طراحی دوره‌های آموزشی بین‌رشته‌ای و آموزشی ترکیبی
S7- توانمندی در ارائه آموزش‌های آنلاین و مختص به هر فرد (یادگیری شخصی‌سازی‌شده)

نقاط ضعف

W1- کمبود انطباق و همگامی دیرهنگام با نیازهای سریع صنعت
W2- وجود ساختارهای آموزشی قدیمی و نبود ساختارهای آموزشی انعطاف‌پذیر
W3- عدم‌توجه کافی به توسعه مهارت‌های کارآفرینی
W4- فقدان تجربه عملی و کارآموزی در صنایع پیشرفته مانند رباتیک، تولید هوشمند و فناوری‌های نسل جدید
W5- مشکلات در هم‌راستایی با الزامات بازار کار (عدم‌هم‌راستایی با نیازهای کوتاه‌مدت و بلندمدت صنعت)
W6- کمبود منابع مالی و تجهیزاتی برای پژوهش‌های صنعتی و کاربردی

فرصت‌ها

O1- تقاضا برای نیروی کار با مهارت‌های نوین در زمینه‌هایی مانند فناوری‌های دیجیتال، هوش مصنوعی، بلاک‌چین و داده‌کاوی
O2- ایجاد همکاری‌های بین‌المللی با مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های بین‌المللی
O3- استفاده از فناوری‌های آموزشی نوین با بهره‌گیری از فناوری‌های یادگیری ماشین، واقعیت مجازی و شبیه‌سازی‌های پیشرفته
O4- حل چالش‌های صنعت و گسترش دانش کاربردی با توسعه پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با صنعت
O5- حمایت از انتقال فناوری‌های جدید به بازار
O6- جذب منابع مالی با ایجاد شراکت‌های استراتژیک صنعتی و دولتی

O7- پژوهش‌های کاربردی در زمینه چالش‌های صنعت نسل ۵ مانند بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری در صنایع هوشمند
O8- گسترش دوره‌های تخصصی آنلاین جهانی و تربیت منابع انسانی متخصص

تهدیدات

T1- رقابت بین‌المللی از سوی مؤسسات آموزشی معتبر جهانی در جذب استعدادها
T2- محدودیت منابع مالی و زیرساختی
T3- تغییرات سریع تکنولوژی و صنعت
T4- غفلت از به‌روزرسانی محتوای آموزشی و عدم‌انطباق با تحولات جدید
T5- وابستگی بیش از حد به روش‌های سنتی آموزشی
T6- تغییرات سریع در رویکردهای پژوهشی
T7- کمبود مهارت‌های مدیریتی مورد نیاز صنعت
T8- رقابت از سوی استارتاپ‌ها و مؤسسات خصوصی

تحلیل وزنی عوامل داخلی و خارجی

برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از عوامل داخلی و خارجی، از ماتریس ارزیابی عوامل داخلی (IFE) و ماتریس ارزیابی عوامل خارجی (EFE) استفاده شد. این تحلیل با هدف شناسایی موقعیت استراتژیک آموزش عالی در گذار از صنعت نسل چهارم به صنعت نسل پنجم انجام گرفت. در این فرآیند، ابتدا وزن هر عامل بر اساس میزان اهمیت آن در موفقیت راهبردی تعیین شد؛ به‌گونه‌ای که مجموع وزن‌ها در هر دسته برابر با عدد یک باشد. سپس برای هر عامل، امتیازی بین ۱ تا ۴ تخصیص داده شد؛ به‌طوری که عدد ۴ نشان‌دهنده وضعیت بسیار مطلوب و عدد ۱ نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب است. ضرب وزن هر عامل در امتیاز آن، امتیاز وزنی را به‌دست داد و مجموع این مقادیر برای تمام عوامل داخلی و خارجی محاسبه شد. مقایسه این امتیاز با عدد میانه (۲,۵) امکان تحلیل موقعیت را فراهم ساخت. بر اساس این روش، اگر امتیاز کل ماتریس داخلی یا خارجی بیش از ۲,۵ باشد، نشان‌دهنده وضعیت مطلوب در آن حوزه است.

جدول ۱: تحلیل وزنی ماتریس عوامل داخلی

عامل	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
نقاط قوت			
S1	۰,۰۹	۴	۰,۳۶
S2	۰,۰۸	۳	۰,۲۴
S3	۰,۰۸	۳	۰,۲۴
S4	۰,۰۷	۳	۰,۲۱
S5	۰,۰۷	۴	۰,۲۸
S6	۰,۰۶	۳	۰,۱۸
S7	۰,۰۶	۳	۰,۱۸
نقاط ضعف			
W1	۰,۰۸	۱	۰,۰۸
W2	۰,۰۸	۱	۰,۰۸
W3	۰,۰۶	۲	۰,۱۲
W4	۰,۰۶	۲	۰,۱۲
W5	۰,۰۶	۱	۰,۰۶
W6	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
جمع	۱,۰۰		۲,۲۵

نتیجه: محیط داخلی در سطح متوسط رو به بالا قرار دارد

جدول ۲. تحلیل وزنی ماتریس عوامل خارجی

عامل	وزن	امتیاز	امتیاز وزنی
فرصت‌ها			
O1	۰,۰۸	۴	۰,۳۲
O2	۰,۰۷	۳	۰,۲۱
O3	۰,۰۷	۳	۰,۲۱
O4	۰,۰۷	۴	۰,۲۸
O5	۰,۰۶	۳	۰,۱۸
O6	۰,۰۶	۳	۰,۱۸
O7	۰,۰۶	۳	۰,۱۸

O8	۰,۰۵	۳	۰,۱۵
تهدیدها			
T1	۰,۰۶	۲	۰,۱۲
T2	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
T3	۰,۰۶	۳	۰,۱۸
T4	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
T5	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
T6	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
T7	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
T8	۰,۰۵	۲	۰,۱۰
جمع	۱,۰۰		۲,۶۲

نتیجه: محیط بیرونی دارای فرصت‌های بالا و تهدیدهای متوسط است.

موقعیت استراتژیک

امتیاز کل نشان می‌دهد که سازمان در وضعیت تهاجمی (SO) قرار دارد؛ بنابراین راهبردهای مبتنی‌بر بهره‌گیری از فرصت‌ها و تقویت قوت‌ها باید اولویت داشته باشد.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که امتیاز عوامل داخلی برابر با ۲,۲۵ است؛ این بدان معناست که نقاط قوت و ضعف تقریباً در تعادل قرار دارند، اما قوت‌ها نسبت به ضعف‌ها برتری نسبی دارند. از سوی دیگر، امتیاز عوامل خارجی برابر با ۲,۶۲ است که بیانگر فرصت‌های قابل توجه در محیط بیرونی برای گذار به صنعت نسل پنجم است، هرچند تهدیدهایی نیز در این مسیر وجود دارد. این یافته‌ها سازمان را در وضعیت استراتژیک تهاجمی قرار می‌دهد که نیازمند بهره‌گیری حداکثری از فرصت‌های محیطی و تقویت نقاط قوت داخلی است.

جمع‌بندی تحلیل وزنی

بر اساس محاسبات انجام‌شده در جداول ارزیابی عوامل داخلی و خارجی، امتیاز کل ماتریس عوامل داخلی (IFE) برابر با ۲,۲۵ و امتیاز ماتریس عوامل خارجی (EFE) برابر با ۲,۶۲ به دست آمد. این نتایج چند نکته کلیدی را مشخص می‌کند:

- غلبه قوت‌ها بر ضعف‌ها: اگرچه برخی ضعف‌های ساختاری در حوزه آموزش و پژوهش، به‌ویژه در زمینه انعطاف‌پذیری و کمبود منابع مالی وجود دارد، اما نقاط قوت همچون توسعه مراکز نوآوری، وجود فناوری‌های نوظهور وتوانمندی دانشگاه‌ها در ارائه آموزش‌های نوین بر این ضعف‌ها برتری دارند.

- محیط بیرونی فرصت‌محور است: تحلیل عوامل خارجی نشان داد که فرصت‌های محیطی (مانند افزایش تقاضای مهارت‌های جدید، امکان همکاری‌های بین‌المللی وپیشرفت فناوری‌های آموزشی) بیش از تهدیدها هستند. این مسئله زمینه مناسبی برای پیاده‌سازی راهبردهای توسعه‌ای و نوآورانه فراهم می‌کند.

- موقعیت استراتژیک سازمان: با توجه به اینکه امتیاز عوامل خارجی بالاتر از امتیاز عوامل داخلی و هر دو بالاتر از عدد میانه هستند، وضعیت سازمان در ماتریس موقعیت استراتژیک در ناحیه تهاجمی (SO) قرار می‌گیرد. بنابراین مناسب‌ترین راهبرد، راهبردهای تهاجمی است که بر بهره‌گیری حداکثری از فرصت‌های موجود و استفاده از قوت‌های داخلی تمرکز دارد.

بر این اساس، در گام بعدی راهبردهای متناسب با چهار وضعیت SO، WO، ST و WT استخراج شده است که در بخش ذیل ارائه می‌شود.

تدوین راهبردهای خرد

بر اساس ماتریس SWOT، راهبردهای خردی که از تلاقی نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها به دست می‌آیند به شرح زیر هستند:

جدول ۳: راهبردهای تهاجمی (SO): استفاده از نقاط قوت برای بهره‌گیری از فرصت‌ها

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۱	توسعه دوره‌های آموزشی بین‌رشته‌ای و نوین متناسب با مهارت‌های مورد نیاز صنعت نسل ۵ و تقاضای جهانی	(S6, S7) × (O1, O8)گسترش همکاری‌های بین‌المللی در حوزه‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و فناوری‌های نوظهور با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر
۲	گسترش همکاری‌های بین‌المللی در حوزه‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و فناوری‌های نوظهور با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی معتبر	(S3, S5) × O2
۳	راه‌اندازی مراکز شتاب‌دهنده فناوری و آزمایشگاه‌های نوآوری برای تربیت نیروی کار ماهر و توسعه فناوری‌های مورد نیاز	S5 × O6

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۴	ارائه دوره‌های تخصصی مبتنی‌بر یادگیری ماشین، واقعیت مجازی و فناوری‌های نوین آموزشی	S7 × O3
۵	مشارکت در پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با صنعت برای حل چالش‌های فنی و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید	(S1, S3) × (O4, O7)

جدول ٤: راهبردهای بازنگری (WO): غلبه بر نقاط ضعف با استفاده از فرصت‌ها

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۱	اصلاح ساختارهای آموزشی قدیمی و طراحی نظام آموزشی انعطاف‌پذیر بر اساس فناوری‌های نوین	(W2) × (O3، O8)
۲	افزایش دوره‌های کارآموزی و تجربه عملی برای دانشجویان در صنایع پیشرفته	(W4) × (O1، O4)
۳	تدوین برنامه‌های آموزشی کارآفرینی و مهارت‌های مدیریتی برای کاهش ضعف در مهارت‌های کسب‌وکار	(W3، W5) × (O5)
۴	جذب منابع مالی از طریق همکاری‌های استراتژیک با صنعت و دولت جهت تأمین تجهیزات و بودجه پژوهشی	(W6) × (O6)
۵	به‌کارگیری فناوری‌های شبیه‌سازی پیشرفته و یادگیری شخصی‌سازی‌شده برای همگام‌سازی آموزش با نیازهای صنعت	(W1، W5) × (O3)

جدول ۵. راهبردهای تنوع‌بخشی (ST): استفاده از نقاط قوت برای مقابله با تهدیدها

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۱	ارائه دوره‌های آموزشی متمرکز بر مهارت‌های آینده برای رقابت با مؤسسات بین‌المللی	(S2، S6) × (T1)

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۲	توسعه روش‌های یادگیری ترکیبی و شخصی‌سازی‌شده برای کاهش وابستگی به روش‌های سنتی آموزشی	(S7) × (T5)
۳	تمرکز بر پژوهش‌های نوآورانه و آینده‌نگر برای مقابله با تغییرات سریع تکنولوژی و صنعت	(S1، S3) × (T3، T6)
۴	تقویت تعامل بین دانشگاه و صنعت برای تضمین هم‌راستایی آموزش‌ها با نیازهای بازار کار	(S3، S5) × (T4، T7)
۵	ایجاد برنامه‌های مشترک بین دانشگاه‌ها و شرکت‌های فناوری جهت تربیت نیروی انسانی متخصص در حوزه‌های پیشرفته	(S2، S4) × (T8)

جدول ٦: راهبردهای تدافعی (WT): کاهش ضعف‌ها برای کاهش اثر تهدیدها

ردیف	راهبرد خرد	تلاقی عوامل SWOT
۱	بازنگری در سرفصل‌های آموزشی برای افزایش انطباق با تحولات سریع صنعت	(W1, W2) × (T3, T4)
۲	سرمایه‌گذاری در توسعه مهارت‌های مدیریتی و کارآفرینی برای کاهش کمبود مهارت‌های مدیریتی در صنعت	(W3, W5) × T7
۳	تقویت منابع مالی از طریق همکاری‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های صنعتی جهت جبران محدودیت‌های زیرساختی	W6 × T2
۴	افزایش انعطاف‌پذیری سیستم آموزشی برای پاسخگویی سریع به تغییرات تکنولوژی و صنعت	(W1, W2) × (T3, T6)توسعه شبکه‌های ارتباطی با استارتاپ‌ها و مؤسسات خصوصی برای بهره‌گیری از نوآوری‌های آنها در آموزش و پژوهش
۵	توسعه شبکه‌های ارتباطی با استارتاپ‌ها و مؤسسات خصوصی برای بهره‌گیری از نوآوری‌های آنها در آموزش و پژوهش	W5 × T8

راهبرد کلان

از تلاقی راهبردهای خرد می‌توان راهبرد کلان را به شرح ذیل بیان نمود:

ایجاد یک نظام آموزشی و پژوهشی پویا، منعطف و آینده‌نگر برای گذار از صنعت نسل ۴ به صنعت نسل ۵، از طریق توسعه مهارت‌های مهندسی نوین، تقویت تعاملات دانشگاه و صنعت، بهره‌گیری از فناوری‌های آموزشی نوین و جذب منابع مالی و انسانی به‌منظور تربیت نیروی متخصص و رقابت‌پذیر در سطح ملی و بین‌المللی

اهداف کلان و خرد مبتنی‌بر راهبردها

– توسعه مهارت‌های مهندسی آینده و آموزش نوین (بر اساس راهبردهای SO و ST) به‌منظور «تربیت نیروی انسانی متخصص و توانمند در حوزه‌های هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رباتیک و فناوری‌های نوظهور مطابق با نیازهای صنعت نسل ۵» از طریق: «طراحی و ارائه دوره‌های بین‌رشته‌ای و ترکیبی متناسب با فناوری‌های نوظهور»؛ «گسترش یادگیری شخصی‌سازی‌شده و روش‌های آموزشی ترکیبی»؛ «بهره‌گیری از شبیه‌سازی‌های پیشرفته، واقعیت مجازی و فناوری‌های آموزشی نوین در تدریس» و «توسعه بسترهای آموزش آنلاین برای رقابت در سطح بین‌المللی».

– تقویت تعامل دانشگاه و صنعت برای توسعه پژوهش‌های کاربردی (بر اساس راهبردهای SO و WT) به‌منظور «ایجاد هم‌افزایی میان پژوهش‌های دانشگاهی و نیازهای عملیاتی صنعت نسل ۵» از طریق: «افزایش پروژه‌های تحقیقاتی مشترک بین دانشگاه و صنعت»؛ «توسعه مراکز نوآوری، آزمایشگاه‌های صنعتی و شتاب‌دهنده‌های فناوری»؛ «بهبود دوره‌های کارآموزی و تجربه عملی دانشجویان در صنایع پیشرفته» و «طراحی برنامه‌های آموزشی در راستای نیازهای کوتاه‌مدت و بلندمدت بازار کار».

– اصلاح ساختارهای آموزشی و پژوهشی برای انعطاف‌پذیری بیشتر (بر اساس راهبردهای WO و WT) به‌منظور «تغییر ساختارهای سنتی دانشگاهی و افزایش انعطاف‌پذیری نظام آموزشی در مواجهه با تغییرات سریع تکنولوژی و صنعت» از طریق: «بازنگری و به‌روزرسانی محتوای درسی برای انطباق با تحولات صنعت نسل ۵»؛ «توسعه نظام‌های آموزش مهارتی و کارآفرینی در کنار آموزش‌های تخصصی»؛ «ایجاد برنامه‌های یادگیری ترکیبی و افزایش تعامل با مؤسسات آموزش بین‌المللی» و «سرمایه‌گذاری در توسعه مهارت‌های مدیریتی و کارآفرینی برای دانشجویان مهندسی».

– تأمین منابع مالی و زیرساختی برای پژوهش‌های صنعتی و فناوری‌های نوین (بر اساس راهبردهای WO و ST) به‌منظور «افزایش ظرفیت‌های مالی و تجهیزاتی دانشگاه‌ها برای حمایت از تحقیقات و آموزش‌های مرتبط با صنعت نسل ۵» از طریق: «جذب سرمایه‌گذاری از طریق همکاری‌های بین‌المللی و صنعتی»؛ «ایجاد

شراکت‌های استراتژیک با شرکت‌های فناوری و مراکز تحقیقاتی»؛ «توسعه مدل‌های تأمین مالی پژوهش‌های صنعتی از طریق حمایت‌های دولتی و خصوصی» و «بهینه‌سازی منابع دانشگاهی برای توسعه زیرساخت‌های آزمایشگاهی و مراکز نوآوری».

- رقابت‌پذیری در سطح ملی و بین‌المللی (بر اساس راهبردهای ST و WT) به‌منظور «ارتقای جایگاه دانشگاه‌ها در سطح جهانی از طریق توسعه پژوهش‌های برتر و تربیت نیروی انسانی متخصص» از طریق: «ایجاد برنامه‌های مشترک آموزشی و پژوهشی با دانشگاه‌های برتر بین‌المللی»؛ «افزایش انتشار مقالات و پژوهش‌های علمی در حوزه صنعت نسل ۵»؛ «تقویت برندینگ دانشگاه‌ها در سطح بین‌المللی از طریق ارائه دوره‌های آموزشی تخصصی» و «توسعه شبکه‌های ارتباطی با استارتاپ‌ها و مؤسسات خصوصی برای تسهیل انتقال فناوری».

الگوی راهبردی پیاده‌سازی راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار از صنعت نسل ٤ به صنعت نسل ٥

به‌منظور تحقق گذار موفق از صنعت نسل ۴ به صنعت نسل ۵، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی باید یک الگوی جامع و نظام‌مند را در چهارچوب سیاست‌گذاری، اصلاح ساختارهای آموزشی، توسعه تعاملات راهبردی، تأمین منابع و نظارت مستمر دنبال کنند. این الگو شامل مراحل زیر است:

۱. تدوین سیاست‌های کلان و چارچوب‌های راهبردی

- دانشگاه‌ها باید چشم‌انداز و مأموریت خود را در راستای تربیت نیروی انسانی متخصص برای صنعت نسل ۵ بازتعریف کرده و برنامه‌های آموزشی و پژوهشی را بر این اساس بازطراحی کنند.
- لازم است سند راهبردی توسعه مهارت‌های مهندسی آینده تدوین شود که در آن اهداف، الزامات و نقش دانشگاه‌ها در تحول صنعتی مشخص گردد.
- شاخص‌های کلیدی عملکرد برای ارزیابی میزان همگرایی آموزش‌های دانشگاهی با نیازهای صنعت نسل ۵ تعیین شود
- یک کمیته راهبردی متشکل از نمایندگان دانشگاه، صنعت و دولت برای پایش و هدایت راهبردهای آموزشی و پژوهشی تشکیل شود.
- چارچوب‌های حمایتی و تشویقی برای اساتید و پژوهشگران جهت اجرای پروژه‌های مرتبط با فناوری‌های نوظهور ارائه شود.

۲. اصلاح و بهینه‌سازی نظام آموزشی و پژوهشی

- برنامه‌های درسی باید بر اساس رویکردهای بین‌رشته‌ای، یادگیری ترکیبی و آموزش مبتنی بر مهارت بازطراحی شوند تا فارغ‌التحصیلان توانمندی‌های لازم برای فعالیت در محیط‌های صنعتی پیشرفته را کسب کنند.

- دوره‌های آموزشی جدید با تمرکز بر فناوری‌های کلیدی مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا، محاسبات کوانتومی و تولید افزایشی ارائه شوند.

- شیوه‌های آموزشی سنتی باید با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین یادگیری مانند واقعیت افزوده، واقعیت مجازی و شبیه‌سازی‌های تعاملی اصلاح شوند.

- مدل‌های یادگیری شخصی‌سازی‌شده و آموزش آنلاین تطبیقی برای افزایش انعطاف‌پذیری و اثربخشی فرآیندهای یادگیری پیاده‌سازی شوند.

- دانشگاه‌ها باید مراکز مهارت‌آموزی و آزمایشگاه‌های نوآوری را برای توسعه مهارت‌های عملی در کنار آموزش‌های نظری ایجاد کنند.

- برنامه‌های کارآموزی پیشرفته و پروژه‌محور در صنایع فناورانه برای دانشجویان مهندسی اجباری شود تا ارتباط بین آموزش‌های آکادمیک و نیازهای عملیاتی صنعت تقویت گردد.

- مکانیسم‌های ارزیابی سنتی باید به سمت ارزیابی‌های مهارتی و سناریو-محور تغییر یابند تا توانایی‌های واقعی دانشجویان در حل مسائل صنعتی سنجیده شود.

۳. توسعه تعاملات بین دانشگاه، صنعت و دولت

- دانشگاه‌ها باید توافق‌نامه‌های همکاری راهبردی با صنایع پیشرفته و شرکت‌های فناورانه امضا کنند تا به‌صورت مستمر نیازهای صنعت در آموزش و پژوهش لحاظ گردد.

- ایجاد پارک‌های علم و فناوری، شتاب‌دهنده‌های دانشگاهی و مراکز نوآوری مشترک برای حمایت از استارتاپ‌های دانش‌بنیان و تجاری‌سازی تحقیقات دانشگاهی ضروری است.

- پژوهش‌های دانشگاهی باید به‌صورت تقاضامحور و در تعامل با بخش صنعت تعریف شوند تا به حل چالش‌های واقعی صنعت نسل ۵ منجر شوند.

- دانشگاه‌ها باید رویدادهای مشترک مانند هکاتون‌ها، چالش‌های نوآوری و کنفرانس‌های فناوری‌محور را با حضور شرکت‌های صنعتی برگزار کنند تا پیوند بین دانشجویان و بازار کار تقویت شود.

- دولت باید سیاست‌های حمایتی نظیر معافیت‌های مالیاتی و تسهیلات تحقیقاتی را برای دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی فعال در حوزه صنعت نسل ۵ ارائه دهد.

- دانشگاه‌ها باید برنامه‌های مشترک تحقیقاتی و آموزشی با دانشگاه‌های برتر بین‌المللی اجرا کنند تا از تجارب موفق جهانی در توسعه آموزش مهندسی آینده بهره ببرند.

۴. تأمین منابع مالی و زیرساخت‌های فناورانه

- دانشگاه‌ها باید از مدل‌های متنوع تأمین مالی شامل سرمایه‌گذاری‌های دولتی، مشارکت‌های صنعتی و درآمدهای ناشی از ارائه خدمات آموزشی و پژوهشی بهره ببرند.
- زیرساخت‌های آموزشی باید به آزمایشگاه‌های پیشرفته، کارگاه‌های تولید هوشمند، شبیه‌سازهای صنعتی و مراکز تحقیقاتی مجهز به فناوری‌های نوظهور مجهز شوند.
- مدل‌های سرمایه‌گذاری ریسک‌پذیر دانشگاهی توسعه یابند تا از پروژه‌های فناورانه و نوآورانه در صنعت نسل ۵ حمایت شود.
- دانشگاه‌ها باید برنامه‌های درآمدزایی مبتنی‌بر ارائه آموزش‌های تخصصی به صنایع، فروش دانش فنی وصدور گواهینامه‌های مهارتی معتبر را تدوین کنند.

- ارزیابی، نظارت و بهبود مستمر فرآیندها

- یک سامانه پایش و ارزیابی هوشمند برای سنجش میزان اثربخشی برنامه‌های آموزشی و پژوهشی در راستای الزامات صنعت نسل ۵ طراحی شود.
- شاخص‌های کیفی و کمی برای اندازه‌گیری سطح مهارت‌های فارغ‌التحصیلان، میزان اشتغال‌پذیری وتأثیر پژوهش‌ها بر صنعت تدوین شوند.
- دانشگاه‌ها باید نظام‌های بازخورد مستمر از فارغ‌التحصیلان و کارفرمایان را راه‌اندازی کنند تا چالش‌های موجود شناسایی و اصلاحات لازم اعمال گردد.
- دوره‌های آموزشی و سرفصل‌های درسی باید به‌صورت دوره‌ای بازنگری و به‌روزرسانی شوند تا با تغییرات سریع فناوری و نیازهای صنعت همگام باشند.
- دانشگاه‌ها باید برنامه‌های بازآموزی و ارتقای مهارت برای اعضای هیئت علمی برگزار کنند تا آنان نیز با تحولات صنعت نسل ۵ آشنا باشند.

بحث و نتیجه‌گیری

تحولات سریع فناورانه و صنعتی که به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند هوش مصنوعی، رباتیک، اینترنت اشیا، سیستم‌های سایبر-فیزیکی و داده‌های کلان در حال وقوع است، موجب ایجاد تغییرات عمده‌ای در تمام جنبه‌های صنعت شده است. به‌طور خاص، صنعت ۵,۰ که بر همکاری انسان و ماشین و استفاده هوشمند از

فناوری‌های پیشرفته تمرکز دارد، نیازمند تربیت نیروی کار متخصص و توانمند است که قادر باشد با این تحولات هم‌راستا شود. در این راستا، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی نقشی کلیدی در فرآیند گذار از صنعت ۴,۰ به صنعت ۵,۰ ایفا می‌کنند. این پژوهش بر اهمیت تغییرات بنیادی در ساختارهای آموزشی و پژوهشی به‌منظور هم‌راستایی با نیازهای صنعت نسل پنجم تأکید دارد. همان‌طور که تحقیقات پیشین لی و همکاران (۲۰۲۱) و ژانگ و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده‌اند، دانشگاه‌ها باید نقشی محوری در پرورش مهارت‌های نوین و تطبیق آموزش‌ها با تحولات فناوری ایفا کنند. در صنعت ۵,۰، نیروی انسانی باید مهارت‌های ویژه‌ای را در زمینه‌های فنی و نرم بیاموزد که نه‌تنها به توانمندسازی آن‌ها در استفاده از فناوری‌های نوین کمک کند، بلکه آن‌ها را برای حل مسائل پیچیده و تطبیق با تحولات سریع فناوری آماده سازد. به‌ویژه، تمرکز بر آموزش‌های میان‌رشته‌ای که شامل ترکیب دانش فنی با مهارت‌های مدیریتی و اجتماعی است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش به‌ویژه بر ضرورت استفاده از رویکردهای نوین آموزشی و پژوهشی برای تربیت نسل جدیدی از مهندسان و کارشناسان که قادر به مواجهه با چالش‌های پیچیده در صنعت ۵,۰ هستند، تأکید می‌کند.

نتایج این پژوهش به شفاف‌سازی تغییرات موردنیاز در روش‌های آموزشی و پژوهشی برای گذار به صنعت ۵,۰ پرداخته است. یکی از نکات کلیدی این است که دانشگاه‌ها باید از روش‌های آموزشی سنتی عبور کنند و مدل‌های نوآورانه‌تری را معرفی کنند که بر آموزش‌های بین‌رشته‌ای، تعامل انسان و ماشین واستفاده از فناوری‌های پیشرفته تأکید دارند. بر اساس پژوهش‌های پیشین، این روش‌ها می‌توانند به‌طور چشمگیری کیفیت آموزش‌های مهندسی را ارتقاء دهند و دانشجویان را برای مواجهه با چالش‌های صنعت ۵,۰ آماده سازند. به‌طور خاص، استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی همچون یادگیری ماشینی، واقعیت افزوده و شبیه‌سازی‌های پیشرفته از جمله اقداماتی است که می‌تواند موجب بهبود کیفیت آموزشی و تربیت نیروی کار توانمند در صنعت ۵,۰ شود و در پژوهش‌های آلوجان و همکاران (۲۰۲۲) و لی و همکاران (۲۰۲۱) به‌وضوح نشان داده‌اند که به‌کارگیری فناوری‌های نوین در فرآیندهای آموزشی نه‌تنها موجب افزایش کارایی یادگیری می‌شود، بلکه به ایجاد تعامل بیشتر بین دانشجویان و محتوای درسی کمک کرده و دانشجویان را قادر می‌سازد تا در دنیای واقعی با مشکلات پیچیده‌تری روبرو شوند. بنابراین، دانشگاه‌ها باید به دنبال رویکردهایی باشند که دانش‌آموختگان آن‌ها قادر به نوآوری، حل مسئله و همکاری با ماشین‌ها و سیستم‌های هوشمند در محیط‌های صنعتی پیچیده باشند.

این پژوهش بر این نکته تأکید دارد که برای تحقق صنعت نسل پنجم، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی باید تغییرات عمده‌ای در ساختارهای آموزشی خود ایجاد کنند. این تغییرات به‌ویژه باید در حوزه محتوای

درسی و روش‌های تدریس باشد. به‌طور خاص، برنامه‌های آموزشی باید متناسب با نیازهای آینده طراحی شوند و بر توسعه مهارت‌های نرم مانند تفکر انتقادی، خلاقیت، همکاری تیمی و مهارت‌های ارتباطی تأکید کنند. این مهارت‌ها در دنیای صنعتی آینده که به‌طور فزاینده‌ای به تعاملات میان انسان و ماشین وابسته است، نقشی کلیدی ایفا خواهند کرد. همچنین بر اساس نتایج پژوهش ژانگ و همکاران (۲۰۲۱)، به همین دلیل، دانشگاه‌ها باید فرصت‌هایی برای یادگیری عملی، کار تیمی و حل مسائل پیچیده در محیط‌های واقعی برای دانشجویان فراهم کنند. علاوه‌بر این، دانشگاه‌ها باید در ساختارهای خود انعطاف‌پذیری بیشتری ایجاد کنند تا بتوانند به‌سرعت به تحولات فناورانه پاسخ دهند. این امر به‌ویژه در مواجهه با تغییرات سریع در فناوری‌های تولید، مانند رباتیک همکار، هوش مصنوعی و سیستم‌های سایبر-فیزیکی، ضروری است. برای مثال، دوره‌های آموزشی که به‌طور خاص به توسعه مهارت‌های فنی و مدیریتی در این زمینه‌ها می‌پردازند، می‌توانند به دانشجویان این امکان را بدهند که به‌طور مؤثری با چالش‌های صنعت ۵,۰ روبه‌رو شوند.

پژوهش‌های پیشین نیز تأکید کرده‌اند که مهارت‌های نرم نظیر تفکر انتقادی، خلاقیت و حل مسئله، به‌ویژه در محیط‌های صنعتی که پیچیدگی‌ها و تغییرات سریع فناوری رایج است، اهمیت بالایی دارند. این مهارت‌ها به دانشجویان کمک می‌کنند تا به‌طور مؤثر با فناوری‌های پیشرفته تعامل کنند و در محیط‌های کاری که نیاز به همکاری انسان و ماشین دارند، بهترین عملکرد را از خود نشان دهند.

به‌طورکلی، این پژوهش به‌وضوح نشان می‌دهد که برای گذار موفق به صنعت ۵,۰، دانشگاه‌ها باید نقش محوری را در به‌روز رسانی برنامه‌های آموزشی و پژوهشی ایفا کنند. این نقش باید به‌ویژه در جهت توسعه مهارت‌های مهندسی نوین، توانمندسازی نیروی انسانی با فناوری‌های نوین وپرورش قابلیت‌های فنی و نرم برای تعامل مؤثر با فناوری‌های پیشرفته باشد. دانشگاه‌ها باید با بازنگری در روش‌های تدریس، استفاده از فناوری‌های آموزشی نوین و ایجاد فرصت‌های یادگیری عملی، دانشجویان خود را برای مواجهه با چالش‌های پیچیده صنعت ۵,۰ آماده کنند. پژوهش حاضر به‌ویژه به سیاست‌گذاران آموزشی و مدیران دانشگاهی توصیه می‌کند که ساختارهای آموزشی خود را متناسب با نیازهای صنعتی روز تغییر دهند و بیشتر بر آموزش‌های بین‌رشته‌ای و مهارت‌های نرم تمرکز کنند. علاوه‌بر این، همکاری نزدیک‌تر دانشگاه‌ها با صنایع برای ایجاد مراکز نوآوری و آزمایشگاه‌های صنعتی مشترک می‌تواند به‌طور مؤثری به هم‌راستایی آموزش‌ها با نیازهای بازار کمک کند. در نهایت، این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنای علمی و عملی برای سیاست‌گذاران، مدیران دانشگاهی و صاحبان صنایع در تدوین راهبردهای آموزشی و پژوهشی برای گذار به صنعت ۵,۰ استفاده شود.

نتایج تجزیه‌وتحلیل SWOT که در این پژوهش صورت گرفته است، نشان‌دهنده نقاط قوت و ضعف دانشگاه‌ها در راستای حمایت از گذار به صنعت ۵,۰ است. دانشگاه‌ها از ظرفیت‌های زیادی برخوردارند، به‌ویژه در زمینه پژوهش‌های نوین و توسعه محیط‌های آموزشی نوآورانه، اما چالش‌هایی مانند انعطاف‌ناپذیری ساختارهای آموزشی و محدودیت منابع مالی وجود دارد که باید به‌طور جدی مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، به‌منظور تقویت توانمندی دانشگاه‌ها، پیشنهاد می‌شود که دانشگاه‌ها از ظرفیت‌های خود برای گسترش دوره‌های آموزشی میان‌رشته‌ای، راه‌اندازی مراکز نوآوری و توسعه شتاب‌دهنده‌های فناوری بهره ببرند.

از سوی دیگر، در تحلیل راهبردهای تهاجمی، استفاده از ظرفیت‌های موجود دانشگاه‌ها برای تعامل بیشتر با صنایع، توسعه مراکز نوآوری و شتاب‌دهنده‌ها وتقویت همکاری‌های بین‌المللی به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در نظر گرفته شده است. این اقدامات می‌توانند به دانشگاه‌ها کمک کنند تا مسیر گذار به صنعت ۵,۰ را تسهیل کنند و به بهبود رقابت‌پذیری آن‌ها در سطح جهانی بیفزایند. علاوه‌بر این، در راهبردهای بازنگری، تغییر ساختارهای آموزشی و افزایش فرصت‌های تجربه عملی از طریق کارآموزی و پروژه‌های تحقیقاتی مشترک نیز به‌عنوان گام‌های ضروری مطرح شده است.

در نهایت، به‌منظور تحقق یک گذار موفق به صنعت ۵,۰، نیازمند یک نظام آموزشی و پژوهشی پویا، انعطاف‌پذیر و آینده‌نگر هستیم که به‌طور مؤثر با تحولات صنعت هماهنگ باشد. این نظام باید ضمن توجه به مهارت‌های مهندسی نوین، از فناوری‌های نوین آموزشی استفاده کند و بر تقویت تعامل دانشگاه‌ها با صنایع تأکید داشته باشد. تحقیقات پیشین نیز نشان می‌دهند که دانشگاه‌ها با بازنگری در برنامه‌های درسی خود و تقویت زیرساخت‌های پژوهشی، می‌توانند به‌عنوان محرک‌های اصلی این تحول صنعتی عمل کنند.

پیشنهادات کاربردی

- اصلاح ساختارهای آموزشی: به‌منظور انطباق با تحولات سریع و روزافزون فناوری‌های صنعتی، لازم است که ساختارهای آموزشی بازنگری و به‌طور پیوسته به‌روزرسانی شوند. این بازنگری باید شامل اصلاح محتوای درسی، به‌روزرسانی روش‌های تدریس و طراحی سیستم‌های آموزشی انعطاف‌پذیر باشد که قابلیت انطباق با تغییرات سریع فناوری را داشته باشند. برای این منظور، باید در طراحی برنامه‌های درسی از اصول آموزشی منعطف و مبتنی‌بر یادگیری خودجوش و پروژه‌محور استفاده شود. به‌ویژه در عصر صنعت ۵,۰، استفاده از روش‌های یادگیری دیجیتال، یادگیری ترکیبی و روش‌های مبتنی‌بر حل مسئله در محیط‌های واقعی می‌تواند به مؤثرتر شدن فرآیند یادگیری کمک کند و دانشجویان را برای مواجهه با چالش‌های پیچیده صنعتی آماده

سازد. همچنین، می‌توان از فناوری‌های نوین نظیر یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی برای شخصی‌سازی برنامه‌های درسی و تطبیق آن‌ها با نیازهای فردی دانشجویان استفاده کرد.

- تقویت تعامل صنعت و دانشگاه: دانشگاه‌ها باید به‌طور استراتژیک با صنایع همکاری نزدیک‌تری داشته باشند تا بتوانند به‌طور مؤثر نیازهای صنعتی را شناسایی کرده و به آن‌ها پاسخ دهند. راه‌اندازی مراکز نوآوری و شتاب‌دهنده‌های فناوری به‌عنوان پلتفرم‌هایی برای حمایت از استارت‌آپ‌ها و پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، می‌تواند به افزایش تعامل بین دانشگاه و صنعت کمک کند. این مراکز به‌ویژه باید بر آزمایشگاه‌های صنعتی مشترک تأسیس شوند که در آن‌ها دانشجویان و محققان به‌طور مستقیم با چالش‌های صنعتی مواجه شده و بر روی پروژه‌های واقعی کار کنند. چنین تعاملاتی می‌تواند به خلق نوآوری‌های جدید، تسریع انتقال فناوری و ایجاد فرصت‌های شغلی برای دانش‌آموختگان منجر شود.

- استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی: یکی از کلیدی‌ترین راهکارها برای تحول در فرآیندهای آموزشی، استفاده از فناوری‌های نوین در تدریس است. بهره‌گیری از یادگیری ماشین و واقعیت مجازی می‌تواند به‌طور چشمگیری کیفیت آموزش‌های مهندسی را ارتقاء دهد. به‌عنوان مثال، شبیه‌سازی‌های پیشرفته می‌توانند به دانشجویان این امکان را بدهند که بدون نیاز به تجهیزات گران‌قیمت، در محیط‌های مجازی با شرایط واقعی صنعت روبرو شوند. علاوه‌بر این، استفاده از یادگیری شخصی‌سازی‌شده می‌تواند به هر دانشجو این امکان را بدهد که سرعت و مسیر یادگیری خود را مطابق با نیازها و توانایی‌های فردی‌اش تنظیم کند و بدین‌ترتیب بر کیفیت آموزش و مهارت‌آموزی افزوده خواهد شد.

- افزایش فرصت‌های تجربه عملی: دانشگاه‌ها باید فرصت‌های بیشتری برای یادگیری عملی و تجربه کار در صنایع پیشرفته فراهم کنند. این امر می‌تواند از طریق طراحی برنامه‌های کارآموزی در صنایع پیشرفته و پروژه‌های تحقیقاتی مشترک میان دانشجویان و شرکت‌های صنعتی محقق شود. کارآموزی‌ها و پروژه‌های مشترک باید به‌طور خاص بر کاربردهای عملی فناوری‌های نوین همچون هوش مصنوعی، رباتیک، اینترنت اشیا و سیستم‌های سایبر-فیزیکی تمرکز داشته باشند. چنین تجربه‌هایی به دانشجویان این امکان را می‌دهند که به‌طور مستقیم با مشکلات واقعی صنعتی روبه‌رو شوند و مهارت‌های عملی و فنی خود را تقویت کنند.

- توسعه مهارت‌های نرم و مدیریتی: علاوه‌بر توسعه مهارت‌های فنی، توسعه مهارت‌های نرم نیز باید در برنامه‌های آموزشی گنجانده شود. مهارت‌هایی همچون تفکر انتقادی، خلاقیت، کار تیمی، حل مسئله و مهارت‌های ارتباطی باید در کنار آموزش‌های فنی آموزش داده شوند. این مهارت‌ها به‌ویژه در دنیای صنعتی آینده که به تعامل مؤثر انسان و ماشین نیاز دارد، اهمیت بالایی خواهند داشت. همچنین، در دوره‌های آموزشی باید مهارت‌های مدیریتی و کارآفرینی نیز مورد توجه قرار گیرند تا دانشجویان علاوه‌بر

توانمندی‌های فنی، بتوانند به‌طور مؤثر در پروژه‌ها و تیم‌های تحقیقاتی فعالیت کنند و فرصت‌های کارآفرینی ایجاد نمایند.

- ایجاد مدل‌های جدید تأمین مالی: تأمین منابع مالی برای پروژه‌های پژوهشی و توسعه زیرساخت‌های آموزشی به‌ویژه در حوزه‌های نوین نیازمند مدل‌های تأمین مالی نوآورانه است. یکی از روش‌های مؤثر در این زمینه، همکاری‌های بین‌المللی و سرمایه‌گذاری‌های صنعتی است. دانشگاه‌ها می‌توانند با همکاری با صنایع و شرکت‌های بین‌المللی منابع مالی مورد نیاز برای پروژه‌های تحقیقاتی و ایجاد آزمایشگاه‌های نوآوری را تأمین کنند. این همکاری‌ها نه تنها منابع مالی را تأمین می‌کنند، بلکه به تسریع انتقال فناوری و تجاری‌سازی آن نیز کمک خواهند کرد.

پیشنهادات پژوهشی

- بررسی نقش دانشگاه‌ها در توسعه مدل‌های تولید انسان‌محور در صنعت ۵,۰: یکی از مهم‌ترین جنبه‌های صنعت ۵,۰، تمرکز بر همکاری انسان و ماشین است. پژوهش‌ها باید به بررسی این موضوع پرداخته و نقش دانشگاه‌ها در آموزش مهارت‌های موردنیاز برای تحقق این مدل‌های تولید انسان‌محور را مورد تحلیل قرار دهند.

- تحلیل تأثیر روش‌های آموزشی مبتنی‌بر فناوری‌های نوین در بهبود مهارت‌های مهندسی آینده: استفاده از فناوری‌های نوین آموزشی نظیر واقعیت مجازی، شبیه‌سازی‌ها و یادگیری ماشینی باید در پژوهش‌های آتی بررسی شود تا تأثیر آن‌ها بر بهبود مهارت‌های مهندسی و ارتقای کیفیت آموزش‌های فنی در دوره‌های مختلف تحصیلی بررسی گردد.

- مطالعه روش‌های نوآورانه برای بهبود تعامل انسان و ماشین در محیط‌های صنعتی پیشرفته: یکی از چالش‌های اصلی در صنعت ۵,۰، بهبود تعامل میان انسان و ماشین است. پژوهش‌ها می‌توانند به بررسی راهکارهای نوآورانه برای بهبود این تعاملات پرداخته و الگوریتم‌های پیشرفته و سیستم‌های هوشمند که می‌توانند تعامل انسان و ماشین را بهبود دهند، مورد ارزیابی قرار دهند.

- ارزیابی چالش‌های تجاری‌سازی فناوری‌های نوظهور و نقش دانشگاه‌ها در تسهیل این فرآیند: بررسی چالش‌های مربوط به تجاری‌سازی فناوری‌های نوظهور و نقش دانشگاه‌ها در این فرآیند می‌تواند به یافتن راهکارهایی برای تسهیل انتقال دانش از دانشگاه‌ها به صنایع و ایجاد شرکت‌های دانش‌بنیان کمک کند.

- تحلیل تأثیر پروژه‌های تحقیقاتی مشترک دانشگاه و صنعت بر افزایش بهره‌وری و رقابت‌پذیری صنایع: پژوهش‌ها می‌توانند تأثیرات پروژه‌های تحقیقاتی مشترک بین دانشگاه‌ها و صنایع را بر بهره‌وری و رقابت‌پذیری صنایع تحلیل کرده و الگوهای موفق همکاری را شناسایی کنند.

- بررسی راهکارهای بهینه برای افزایش تاب‌آوری و پایداری در فرایندهای تولید نسل پنجم: در صنعت ۵,۰، افزایش تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های تولیدی اهمیت زیادی دارد. پژوهش‌ها باید به بررسی راهکارهایی برای طراحی و پیاده‌سازی فرایندهای تولید پایدار که قابلیت پاسخگویی به تغییرات سریع فناوری و چالش‌های زیست‌محیطی را داشته باشند، بپردازند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

References

Adel, A. (2022). Future of Industry 5.0 in society: Human-centric solutions, challenges and prospective research areas. Journal of Cloud Computing, 11(1), 1-15. https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5

Akundi, A.; Euresti, D.; Luna, S.; Ankobiah, W (2022). Lopes, A.; Edinbarough, I. State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. Appl. Syst. Innov, 5, 27.

Alef, M (2024). ISO Smart Manufacturing Coordinating Committee White Paper on Smart Manufacturing. Available online: https://www.iso. org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100459.pdf (accessed on 18 January 2024).

Alojaiman, B. (2023). Technological Modernizations in the Industry 5.0 Era: A Descriptive Analysis and Future Research Directions. Journal Processes, 11, 1318. https://doi.org/10.3390/pr11051318

Aloujan, T., & Sharma, P. (2022). Interdisciplinary education strategies for empowering workforce in Industry 5.0: A systematic review. *Education and Technology Journal*, 38(3), 210-227. https://doi.org/10.1016/j.edtech.2022.04.001

Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2017). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers. Paris: OECD Publishing.

Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.

Carlsson, L., Olsson, A. K., & Eriksson, K. (2022). Taking Responsibility for Industrial Digitalization: Navigating Organizational Challenges. Sustainability, 14(2), https://doi.org/10.3390/su14020866

Chen, Y. (2017). Integrated and intelligent manufacturing: Perspectives and Enablers. Engineering, 3, 588-595. http://dx.doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009

Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2022). The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance. International Journal of Production Economics, 204, 383-394.

European Commission. (2021). Industry 5.0 - Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry. https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/468828d3-8fc9-11eb-b85c-1aa75ed71a1

Folgado, Francisco Javier; Calderón, David; González, Isaías; Calderón, Antonio José (2024). Review of Industry 4.0 from the Perspective of Automation and Supervision Systems: Definitions, Architectures and Recent Trends, Architectures and Recent Trends. Electronics 2024, 13, 782. https://doi.org/10.3390/ electronics13040782.

Grosse, Eric H; Sgarbossa, Fabio; Berlin, Cecilia; Neumann, W. Patrick (2023). Human-centric production and logistics system design and management: transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0, International Journal of Production Research, VOL. 61, NO. 22, 7749–7759 https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2246783.

Henrik von Scheel Main Page. Available online: http://von-scheel.com/ (accessed on 18 January 2024).

Human-Centric and Resilient European Industry, Industry 5.0: Towards a Sustainable, Available online: https://op.europa.eu/ en/publication-detail/-/publication/468a892a-5097-11eb-b59f-01aa75ed71a1 (accessed on 31 January 2024).

IBM: Industry 4.0. Available online: https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0 (accessed on 18 January 2024).

ISA Spain: Adaptando La Estrategia a La Industria 5.0. Available online: https://isa-spain.org/adaptando-la-estrategia-a-laindustria-5-0/ (accessed on 18 January 2024).

Jefroy, N., Azarian, M., & Yu, H. (2022). Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics? Journal Logistics, 6(2), 1-27. https://doi.org/10.3390/logistics6020026

Kagermann, H. (2014). “Change Through Digitization—Value Creation in the age of Industry 4.0.” In Management of Permanent Change, edited by H. Albach, H. Meffert, A. Pinkwart, and R. Reichwald, 23–45. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kagermann, H. (2014). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer, pp. 603-14.

Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Son, J.Y., Kim, B.H., & Noh, S.D. (2016). Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 3(1), 111-128.

Kumar, S., Suhaib, M., & Asjad, M. (2020). Industry 4.0: Complex, disruptive, but inevitable. Management and Production Engineering Review, 11(1), 43-51. https://doi.org/10.24425/mper.2020.132942.

Lee, M.H.; Yun, J.H.J.; Pyka, A.; Won, D.K.; Kodama, F.; Schiuma, G.; Park, H.S.; Jeon, J.; Park, K.B.; Jung, K.H (2018). How to Respond to the Fourth Industrial Revolution, or the Second Information Technology Revolution? Dynamic New Combinations between Technology, Market, and Society through Open Innovation. J. Open Innov. Technol. Mark. Complex. 4, 21.

Li, Y., Zhang, Y., & Wang, X. (2021). The impact of digital transformation on human-machine collaboration in Industry 5.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 55-74. https://doi.org/10.3926/jiem.3890

Liao, Y., F. Deschamps, E. D. F. R. Loures, and L. F. P. Ramos (2017). “Past, Present and Future of Industry 4.0-a Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal.” International Journal of Production Research 55 (12): 3609–3629. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576.

Mladineo, M., Crnjac Zizic, M., Aljinovic, A., & Gjeldum, N. (2022). Towards a Knowledge-Based Cognitive System for Industrial Application: Case of Personalized Products. Journal of Industrial Information Integration, 27, 100284.

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Girldo S., & Barbaray, R. (2017). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. International Journal of Production Research.

Moktadir, M.A., Ali, S.M., Kusi-Sarpong, S., & Shaikh, M.A.A. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. Process Safety and Environmental Protection. https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.020

Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. Technology Innovation Management Review, 7(11), 11-20.

Mustafa, N., Ayuby, A., & Ali, R. (2022). Industry 5.0: A Roadmap Towards Sustainable Manufacturing. Journal Sustainability, 14(10), 5851.

Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., & Popp, J. (2018). The role and impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the business strategy of the value chain – the case of Hungary. Sustainability, 10, 3491.

Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A human-centric solution. Journal Sustainability, 11(16), 4371. https://doi.org/10.3390/su11164371

Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for Industry 4.0 and beyond. Changeable, Agile, Reconfigurable & Virtual Production, Procedia CIRP 52, 173-178.

Rahman, F., & Chandan, A. (2025). Strategic Innovations in Industry 5.0: Overcoming the Challenges of Industry 4.0. SCT Proceedings in Interdisciplinary Ins., 3, 518-518.

Rajal, R., Singh, K., & Gupta, P. (2020). Social and environmental challenges in Industry 5.0: A comprehensive review. *Sustainable Production and Consumption*, 23, 79-92. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.04.006

Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of Industry 4.0. SAGE Open.

Romero, D., J. Stahre, and M. Taisch. 2020. "The Operator 4.0: Towards Socially Sustainable Factories of the Future." computers & Industrial Engineering 139: 106128. https://doi. org/10.1016/j.cie.2019.106128.

Sanders, A., Elangeswaran, C., & Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in Industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(3), 811-833.

Schwab, K (2016). The Fourth Industrial Revolution; World Economic of Forum: Geneva, Switzerland, ISBN 9781944835019.

Sommer, L. (2015). Industrial Revolution – Industry 4.0: Are German Manufacturing SMEs the First Victims of This Revolution? Journal of Industrial Engineering and Management, 8(5), 1512-1532.

Wang, Y., & Wang, G. (2017). Big Data in Cyber-Physical Systems, digital manufacturing and Industry 4.0. I.J. Engineering and Manufacturing, 1(8), 1-8.

Winkelhaus, S., and E. H. Grosse. 2020. "Logistics 4.0: A Systematic Review Towards a new Logistics System." International Journal of Production Research 58 (1): 18–43. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964.

Wyrwicka, M.K., & Mrugalska, B. (2017). Industry 4.0 – Towards opportunities and Challenges of Implementation. 24th International Conference on Production Research, pp. 382-387.

Xu, L.D., Xu, E.L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. International Journal of Production Research.

Xu, X.; Lu, Y (2021). Vogel-Heuser, B.; Wang, L. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, Conception and Perception. J. Manuf. Syst, 61, 530–535.

Zhang, J., & Lee, J. (2023). Cyber-physical systems in Industry 5.0: Implications for production flexibility and efficiency. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 145(1), 1-13. https://doi.org/10.1115/1.4054683

Zhang, M., & Li, Z. (2021). Resilience enhancement in Industry 5.0 through AI collaboration and robotics: A case study approach. *AI in Manufacturing Journal*, 2(4), 45-59. https://doi.org/10.1007/s42480-021-0011-9.

Zhong, R.Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S.T. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering, 3, 616-630.

Zizic, M.C.; Mladineo, M.; Gjeldum, N.; Celent, L (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. Energies, 15, 5221.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Educational and Research Strategies for Transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0

Amin Pashaei Houlaso[1*]

Abstract

In light of rapid technological advancements and the ongoing transition from Industry 4.0 to Industry 5.0, universities play a critical role in developing future engineering skills. Unlike Industry 4.0, which is predominantly technology-driven, Industry 5.0 emphasizes human-centricity, resilience, and sustainability. This study aims to propose educational and research strategies that empower universities to meet the emerging demands of this new industrial paradigm. The research employs a SWOT matrix analysis to examine internal and external factors affecting higher education institutions in the context of Industry 5.0. A total of seven strengths, six weaknesses, eight opportunities, and eight threats were identified. Based on these, twenty strategic actions were formulated across four categories: aggressive, revision, diversification, and defensive strategies. The study presents five strategies in each of the four categories. These include fostering interdisciplinary and flexible learning models, integrating emerging technologies into curricula, strengthening university-industry collaborations, and securing financial and human resources to build a competitive workforce at both national and international levels. A successful transition to Industry 5.0 requires a fundamental redesign of educational and research systems. Universities must adopt adaptive structures, leverage cutting-edge technologies, and engage in meaningful partnerships with industry. The strategic framework developed in this study offers a practical roadmap for academic institutions to align with the demands of next-generation industry.

Keywords: Fourth industry, Fifth industry, education, research

[1]- Country Assistant Professor, Public Management, Department of Management, University Complex of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran.