

چالش‌های اولویت‌دار آموزش منابع انسانی در حوزه مهندسی، در دوره انقلاب صنعتی چهارم

فاطمه خاکزاد^۱، فرید احمدی^{۲*} و سعید جعفرزاده قوشچی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۳

DOI: 10.22047/ijee.2024.472725.2104

DOR: 20.1001.1.16072316.1404.27.105.1.1

چکیده: تغییرات فناورانه سریع انقلاب صنعتی چهارم به تحولات اجتماعی و اقتصادی انجامیده و دنیای کار را به شدت تغییر داده است. ماهیت متحول‌کننده آن پیامدهایی برای دانشگاه‌ها، قابلیت اشتغال فارغ‌التحصیلان و همچنین محیط کار داشته است و منجر به شکاف بین آنچه در دانشگاه‌ها مطالعه می‌شود و مجموعه مهارت‌های موردنیاز محیط کار شده است.

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر آموزش در حوزه مهندسی بوده است. برای تحقق این هدف، روش سوارا فازی، برای وزن‌دهی و تعیین میزان اهمیت مشکلات آموزشی، و روش آراس فازی، به منظور اولویت‌بندی مشکلات شناسایی شده، به کار رفته است. نتایج برتری روش پیشنهادی را بر روش‌های دیگر نشان داد. ضعف طراحی محتوای آموزشی و انطباق نداشتن دانشگاه‌ها چالش‌های پُرخطر و نیازمند اقدام فوری شناسایی شدند. علاوه بر این، راهکارهایی، مانند بهبود کیفیت برنامه درسی، ترویج برنامه‌های تبادل دانشجو با دانشگاه‌های پیشرو، و تولید بومی فناوری، برای رفع مشکلات پیشنهاد شد. یافته‌های مطالعه حاضر به توسعه شیوه‌های بهتر، برای پُرکردن شکاف مهارتی و تجهیز دانشجویان به مهارت‌های موردنیاز در نقش‌های فعلی و آتی، کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: انقلاب صنعتی چهارم، روش سوارا، روش آراس فازی، بازنگری در برنامه درسی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، گروه مهندسی فناوری اطلاعات دانشکده فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. Fa.khakzad89@gmail.com

۲- * نویسنده مسئول. دانشیار گروه مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. f.ahmadi@uut.ac.ir

۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. s.jafarzadeh@uut.ac.ir

۱. مقدمه

اصطلاح انقلاب صنعتی چهارم را اولین بار دولت آلمان در جامعه علمی و صنعتی رواج داد که مجموعه‌ای از تغییرات فناورانه را در تولید توصیف و اولویت‌های چارچوب سیاست منسجم را برای حفظ رقابت‌پذیری جهانی صنعت آلمان معرفی می‌کرد. به‌طور کلی، انقلاب صنعتی چهارم به ابزارهای خودکارسازی و تبادل داده در فناوری‌های تولیدی، از جمله سیستم‌های سایبر فیزیکی، اینترنت اشیا، داده‌های بزرگ و تحلیل آنها، واقعیت افزوده، ساخت افزودنی، شبیه‌سازی، یکپارچه‌سازی سیستم افقی و عمودی، ربات‌های مستقل و همچنین پردازش ابری، اطلاق می‌شود. ادغام این فناوری‌ها و تعامل آنها را در حوزه‌های دیجیتالی، زیستی و فیزیکی می‌بینیم که انقلاب صنعتی چهارم را اساساً با انقلاب‌های قبلی متفاوت می‌کند. انقلاب صنعتی چهارم و فناوری‌های مهم مرتبط با آن به سرعت بر سازمان‌ها و توانایی فنی آنها تأثیر عمیق می‌گذارد (Ahmadi & Mansouri, 2021a). ویژگی‌های اصلی انقلاب صنعتی چهارم، از جمله قابلیت سرعت، همکاری و یکپارچگی افقی و عمودی سیستم‌های تولیدی از طریق سیستم‌های فناوری اطلاعات، پاسخ به چالش‌هایی هستند که شرکت‌ها با تشدید رقابت و در وضعیت جهانی شدن، نوسانات تقاضای بازار، کاهش نوآوری و چرخه عمر محصول و افزایش پیچیدگی محصولات و فرایندها، با آنها مواجه‌اند (Arnold et al., 2017).

انقلاب صنعتی چهارم به برخی چالش‌ها، مانند اثربخشی منابع و انرژی، تولید شهری و تغییرات جمعیتی، که امروزه جهان با آنها روبه‌روست می‌پردازد و آنها را حل می‌کند (Kagermann et al., 2013). انقلاب صنعتی چهارم تلاشی برای کنترل آینده است که مملو از بی‌اطمینانی و تداوم‌نداشتن هاست (Pfeiffer, 2017) و چشم‌اندازی به فرایند ساخت آینده است؛ چشم‌اندازی رقابتی که سیستم‌های تولید انبوه سنتی را که از نظر بوم‌شناختی و اجتماعی ناپایدارند مغلوب خواهد کرد (Michelsen, 2020). به‌طور کلی، در ده سال اخیر، کشورها سیاست‌هایی تدوین کرده‌اند تا از انقلاب صنعتی چهارم و حکمرانی بهینه آن بهره‌گیرند. براساس مطالعه‌ای کمی، کشورها در سه خوشه، به لحاظ آمادگی در برابر انقلاب صنعتی چهارم، قرار گرفته‌اند (Hosseinizadeh et al., 2024). شایان ذکر است که تمام کشورها آمادگی انتقال مستقیم به انقلاب صنعتی چهارم نبوده‌اند. در نتیجه، برای مدیریت تأثیرات اجتماعی-اقتصادی بالقوه مخمل چنین انتقالی، انقلاب صنعتی ۳/۵ به عنوان راهبردی ترکیبی بین انقلاب صنعتی و چهارم پیشنهاد شد (Chein et al., 2021). انقلاب مذکور، با مدرن‌سازی زیرساخت‌ها و فرایندهای موجود با فناوری به‌روزرسانی شده، پلی به سوی اجرای کامل انقلاب صنعتی چهارم خلق کرد. در حالی که انقلاب صنعتی چهارم اُترپیوندی به واسطه ابزار هوشمند است، انقلاب صنعتی پنجم این پیوند را با جایگزینی ابزار هوشمند قدیم با اتصال‌های مغز-کامپیوتر که تحولی در فناوری است تقویت کرده است (Noack, 2021). انقلاب صنعتی چهارم شاهد تعامل رقابتی انسان و ماشین‌هاست در حالی که انقلاب صنعتی پنجم گسترش ارتباط همیارانه و متناسب و متوازن بین آنها را هدف قرار داده است

(Noble et al., 2022). بشر منتظر فناوری‌های پیشرفته برای پرداختن به چالش‌های جهانی پیچیده، توسعه اقتصادی با تأثیر محیطی پایدار، تحول نیروی کار و کار مشارکتی تر انسان‌ها و ماشین‌ها، پیوند جهانی با شبکه‌های نسل پنجم، شهرهای هوشمند و توسعه زیرساخت است (Ziatdinov, 2024).

انقلاب صنعتی چهارم آینده کار حرفه‌ای را تغییر خواهد داد. پژوهشگران معتقدند حرفه‌ها تحت دو مجموعه تغییر موازی قرار خواهند گرفت: نخست، غلبه خودکارسازی به واسطه کاربرد فناوری و، دوم، غلبه نوآوری است (Susskind & Susskind, 2015). بدیهی است که چنین تغییری موجب افزایش درخور توجه اثربخشی و انعطاف‌پذیری فرایندهای تولید و افزایش ارزش افزوده محصولات و خدمات خواهد شد. گذار به کارخانه‌هایی که کاملاً هوشمند و خودکار عمل می‌کنند پیش از این چالش مهم صنعت و سیاست‌گذاران این حوزه در اروپا شناخته می‌شد؛ عاملی که موجب شد سازمان‌دهی فناوری‌ها و پروژه‌های مرتبط با این حوزه، اعم از وسایط نقلیه خودران، شبکه‌های هوشمند انرژی، به طور جدی در دستورکار متولیان و تصمیم‌گیران قرار گیرد (Martínez-Costa et al., 2018). هم‌زمان که پیشرفت فناوری مرز بین وظایف کاری انسان‌ها، ماشین‌ها و الگوریتم‌ها را به سرعت جابه‌جا می‌کند، بازار جهانی کار دچار دگرگونی‌های عمده‌ای می‌شود. این دگرگونی‌ها اگر خردمندانه مدیریت شوند عصری جدید را آغاز می‌کنند که در آن همه از کار خوب، شغل خوب و بهبود کیفیت زندگی بهره خواهند برد. در مقابل، مدیریت نادرست به گسترش شکاف مهارتی، افزایش نابرابری و تضاد طبقاتی منجر می‌شود (Sudana et al., 2019). مطالعات نشان می‌دهند با شتاب گرفتن تحولات نیروی کار پنجره فرصت‌های مدیریت فعال آنها به سرعت در حال بسته شدن است و کسب و کارها، دولت‌ها و کارمندان می‌بایست کنشگرانه برای بازار نیروی کار عمل و چشم‌اندازی جدید طراحی و اجرا کنند (Mantok et al., 2019). یکی از حوزه‌هایی که انقلاب صنعتی چهارم در آن اختلال ایجاد می‌کند حوزه آموزش است. برای پاسخ‌گویی به تغییرات انقلاب صنعتی چهارم، مجموعه مهارت‌های جدیدی نیاز است که نقش‌هایی بدیع برای حوزه آموزش در پی دارند.

آموزش ۴/۰ که «آموزش نسل ۴» و متأثر از انقلاب صنعتی معرفی شده است به طریقی یکپارچه‌سازی دیجیتال را در زندگی روزمره افراد متبلور می‌سازد. در آموزش ۴/۰، اطلاعات همه‌جا در دسترس است و فرایند یادگیری و تدریس پویاست. آموزش ۴/۰ استفاده اقتصادی از اطلاعات را به طور درخور توجهی تغییر خواهد داد. برای پاسخ‌گویی به نیازهای انقلاب صنعتی چهارم در آموزش، باید مؤسسات آموزش عالی به ادغام روش‌های نوآوری برای ارتقای فرایندهای آموزش و یادگیری ادامه دهند. انتظار می‌رود کاربست فناوری‌های جدید در آموزش ۴/۰ نقش مهمی در مؤسسات آموزشی داشته باشد. بهره‌گیری از این فناوری‌ها منجر به افزایش کارایی فرایندهای یادگیری و تدریس خواهد شد. فناوری هوش مصنوعی باعث افزایش سرعت فرایندهای یادگیری و آموزش می‌شود و تجربه یادگیری دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد. اینترنت اشیا، به طور ویژه با افزایش محبوبیت ابزارهای موبایل، تأثیر زیادی بر آینده

تحصیلات خواهد داشت. این فناوری به ایجاد ارتباط سریع و تعامل بیشتر بین دانش‌آموزان و معلمان در خارج از کلاس کمک خواهد کرد. آینده یادگیری در دانشگاه‌ها متفاوت خواهد بود چراکه هر واحد با موضوع درسی براساس خودارزیابی شخصی‌سازی خواهد شد (Halili et al., 2020). همان‌گونه که ذکر کردیم، انقلاب صنعتی چهارم بر نیروی کار و نظام‌های آموزشی تأثیر داشته است. همچنان که محل کار به سرعت تغییر می‌کند شایستگی‌های جدیدی ظاهر و مهارت‌هایی ضروری برای رقابت و اشتغال دانش‌آموزان در آینده نزدیک ایجاد می‌شود. مطالعه حاضر با در نظر گرفتن اهمیت این موضوع و با هدف شناسایی مسائل آموزش بر اثر انقلاب صنعتی چهارم، و رتبه‌بندی و شناسایی راهکارهای مناسب هریک از آنها صورت گرفته است.

۲. پیشینه پژوهش

مجمع جهانی اقتصاد تخمین زده است که بیش از ۵۰ درصد از کودکانی که امروزه وارد دبستان می‌شوند شغل‌هایی خواهند داشت که هنوز وجود ندارند (World Economic Forum, 2016). این تحولات سازمان‌ها را ملزم می‌کند مهارت‌ها را بهبود بخشند و دانش جدید کسب کنند. نیاز به مهارت‌ها و دانش اضافی بر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی تأثیر خواهد داشت.

نظام تأثیرگذاری وسیع انقلاب صنعتی چهارم موجب تحقیقاتی روی عوامل مؤثر بر انقلاب صنعتی چهارم، آموزش‌های مورد نظر برای این انقلاب و نحوه تغییر آموزش شده است. برای نمونه، ایلوری و آجاگونا (Ilori & Ajagunna, 2020) در خصوص تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر سطوح گوناگون یادگیری پژوهش کردند و نتیجه گرفتند که انقلاب صنعتی بر اصول یادگیری، از ابتدایی تا آموزش عالی، تأثیرگذار بوده است. آنان خاطرنشان کردند که برنامه درسی می‌بایست پویا باشد و همپا با پیشرفت‌های فناوری و مهارت‌های مورد نیاز قرن بیست و یکم تغییر یابد. همچنین پژوهش‌هایی در زمینه مشکلات انقلاب صنعتی چهارم، دگرگونی بازار کار و نیاز به مهارت‌های جدید شده است. مؤسسه جهانی مک‌کینسکی (McKinsey global surveys, 2021) اعلام کرده است که بیش از ۲۰ درصد از نیروی کار جهانی می‌توانند بیشتر ساعات کاری را خارج از اداره کار کنند و مؤثر نیز باشند. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی در زمینه تغییر برنامه درسی و آموزش شده است. برای مثال، آموزش عالی در عصر انقلاب صنعتی چهارم چگونگی پاسخ‌گویی آموزش عالی را به تقاضاهای اقتصاد اتوماسیون بررسی کرده است (Gleason, 2018). یک شرکت آموزش عالی جهانی، در ۲۰۱۹، همایشی بین‌المللی را با عنوان «انقلاب صنعتی ۴/۰ و جوامع پیر: نقش‌های در حال تغییر دانشگاه‌ها در آسیا و اقیانوسیه» در ژاپن برگزار کرد تا به چالش‌ها و فرصت‌های موجود در این زمینه بپردازد. مجمع جهانی اقتصاد، از مدافعان اصلی انقلاب صنعتی چهارم، نیز بیان می‌کند که الگوهای آموزشی می‌بایست تقاضای یادگیری مادام‌العمر را بازتاب دهند تا با تغییرات فناورانه و اجتماعی مقابله کنند (World Economic Forum, 2019).

پژوهشگران بررسی کرده‌اند که در دورهٔ انقلاب صنعتی ۴/۰ چه اتفاقی برای نظام آموزشی خواهد افتاد و نتیجه گرفته‌اند که، به دلیل تغییر اقتصادی و اجتماعی سریع، مدارس و دانشگاه‌ها می‌بایست دانش‌آموزان و دانشجویان را آمادهٔ شغل‌هایی کنند که هنوز خلق نشده‌اند، فناوری‌هایی که هنوز اختراع نشده و مسائلی که هنوز ظاهر نشده‌اند؛ بنابراین، انقلاب سریع در نوآوری الگویی دیگر از آموزش در آینده را با نام آموزش ۴/۰ ارائه کرده است (Shahroom & Hussin, 2018).

از دیدگاه باتلر (Butler, 2018)، یکی از پیامدهای انقلاب صنعتی ۴/۰ در بخش آموزش به برنامه‌های درسی، آموزش و یادگیری مربوط می‌شود؛ به عبارت دیگر، باید به آموزش و یادگیری نگاه فرابخشی داشت و دانش‌آموزان و آموزگاران رشته‌ها می‌بایست عوامل دخیل در اجرای موفقیت‌آمیز انقلاب صنعتی ۴/۰ را یاد بگیرند. او توضیح می‌دهد که دانش‌آموزان علوم پایه و کاربردی می‌بایست ماهیت سیاسی و اجتماعی دنیایی را که در آن زندگی می‌کنند درک کنند و دانش‌آموزان علوم انسانی و علوم اجتماعی می‌بایست دست‌کم پایه‌هایی را که هوش مصنوعی بر آن استوار است و چگونگی عملکرد آن را درک کنند.

نمونه‌هایی از پژوهش‌ها دربارهٔ تأثیر انقلاب صنعتی ۴/۰ و نتایج آنها را در جدول ۱ مشاهده می‌کنید.

جدول ۱ مطالعات درخصوص تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر آموزش

مطالعه (نویسنده/ نویسندگان)	عنوان	هدف	روش	مهم‌ترین یافته	محدودیت مطالعه
(Mudgil, 2021)	چالش‌ها و اجرای آموزش ۴/۰ در بخش آموزش	ایجاد الگوی چارچوب تجاری، برای استفاده در دنیای واقعی	نظرسنجی	رویارویی با چالش‌ها نیازمند راهبردی سنجیده است.	کم‌دقتی در پاسخ‌گویی
(OECD, 2018)	آیندهٔ آموزش و مهارت‌ها در ۲۰۳۰	نحوهٔ تغییر آموزش	پرسش‌نامه	- ایجاد چارچوب بررسی و به‌روزرسانی مداوم برنامه‌های درسی - همانگی اعتبارنامه‌های خرد با استانداردها و چارچوب‌های صلاحیت ملی	یکنواخت نبودن
(Grenčíková, Kordoš, & Navickas, 2021)	تأثیر صنعت ۴/۰ بر محتوای آموزشی	نیاز به آموزش با دیدی بسیار گسترده‌تر، نیاز به آموزش‌هایی در زمینهٔ تفکر سیستمی و بین‌رشته‌ای	پرسش‌نامه، همراه با روش‌های آماری	ایجاد تغییرات مثبت در اجرای آموزش حرفه‌ای در شرکت‌ها و تغییرات ساختاری در نظام آموزشی	برخی از پاسخ‌ها مرتبط نبودند؛ داده‌های آماری با منبع استفاده‌شده متفاوت بودند؛ هر سازمان رویکردی متفاوت به پردازش داده‌ها داشت.
(Oke et al., 2020)	نوآوری در آموزش و یادگیری: بررسی ادراکات بخش آموزش در انقلاب صنعتی چهارم	بررسی میزان آمادگی دولت برای فناوری‌های IR0/4 در بخش آموزش	- مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته - رویکرد تفسیری کیفی	- کمینه‌کردن تأثیر اختلالات با تحولات - ایجاد بینش اکتشافی بیشتر درخصوص ادراک سهام‌داران کلیدی در آموزش	بررسی در آفریقا

ادامه جدول ۱

مطالعه (نویسنده/ نویسندگان)	عنوان	هدف	روش	مهم‌ترین یافته	محدودیت مطالعه
(Coombs et al., 2020)	تأثیرات راهبردی خودکارسازی هوشمند بر دانش و کار خدماتی: بررسی بین‌رشته‌ای	شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی و ارائه پایه پیشبرد تحقیقات IS	آمیخته (کفی و کیفی)	- مفهوم‌سازی و تعریفی جدید از خودکارسازی هوشمند - ارائه الگوی مبتنی بر ارزش تجاری از خودکارسازی هوشمند برای کاردانش و خدمات - دستورکار تحقیقاتی برای رسیدگی به شکاف‌ها و درک بیشتر خود از تأثیرات راهبردی خودکارسازی هوشمند برای کاردانش و خدمات	تحقیقات در این زمینه محدود است و شکاف‌های درخور توجهی در دانش دارد. مطالعات در مورد این موضوع کم است.
(David et al., 2022)	ادغام فناوری‌های چهارمین انقلاب صنعتی (IR4) در پیوند فناوری کار و مهارت	بررسی رابطه فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم و رابطه کار و مهارت، با ارزیابی کاربردهای فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم بر پیوند آموزش	تحلیل محتوا	- بیشتر فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم با پیوند WEF ادغام شده‌اند. - نتایج تحلیل کتاب‌سنجی نشان می‌دهد ادغام چهارمین انقلاب صنعتی با پیوند IR0/4 منجر به شیوه‌های تولید دانش بهتر می‌شود.	آزمایش پذیری: میزانی است تا فناوری بهره‌بردار شده به صورت محدود آزمایش کند.
(Maresova et al., 2018)	پیامدهای صنعت ۴/۰ در آموزش	برای کمک به مجموعه دانش Industry 0/4 که مربوط به آموزش است.	مرور محدوده	توصیف روشن توسعه سرمایه انسانی، پذیرش فناوری هوشمند، تولید هوشمند و دیجیتالی شدن	مراحل روش شناختی ندارد.
(Tri et al., 2021)	تأثیر انقلاب صنعتی ۴/۰ بر آموزش عالی ویتنام: چالش‌ها و فرصت‌ها	تأثیر انقلاب صنعتی ۴/۰ بر آموزش عالی ویتنام	ترکیبی از روش‌های تحقیق، مانند روش‌های تاریخی و منطقی، گردآوری و مقایسه، تحلیل و ترکیب، استقرایی و تفسیر، روش‌های آماری از منابع مرجع	- افزایش آگاهی و تجدید تفکر درباره توسعه آموزش عالی در راهبرد کلی توسعه کشور - روند تحول دیجیتال تسریع شود و در به‌کارگیری موارد جدید پیش‌گام شوند.	تحلیل تجربی ندارد.
(International Labour Organization, 2021)	چارچوب جهانی درباره مهارت‌های اصلی برای زندگی و کار در قرن بیست و یکم	نحوه توانمندسازی کارگران در دستیابی به کار شایسته و بهبود استانداردهای زندگی	مروری	- توسعه یک دوره گسترده آنلاین باز (MOOC) درخصوص مهارت‌های اصلی، برای ظرفیت‌سازی سیاست‌گذاران، مصلحان، ارزیابان و یادگیری - عرضه جعبه ابزار دیجیتالی برای مهارت‌های اصلی که راهبردهای ادغام مهارت‌های اصلی را در نظام‌های آموزشی و آموزش ملی، مدارک تحصیلی و برنامه‌های درسی مطرح می‌کند.	- چارچوب‌های مهارت‌های اصلی انتخاب شده دارای چندین محدودیت هستند: - انسجام‌نداشتن در تعریف و دسته‌بندی مهارت‌های اصلی - تفاوت در اصطلاح و نداشتن تعریف مفهومی برای هر مهارت اصلی - نبود بحث در مورد توسعه مهارت‌های اصلی، نه تنها برای جوانان بلکه برای کارگران مسن‌تر و گروه‌های محروم

مطالعه (نویسنده/ نویسندگان)	عنوان	هدف	روش	مهم‌ترین یافته	محدودیت مطالعه
(Sivasankaran & Kartikian, 2021)	چالش‌های صنعت ۴/۰ و اجرای آن در بخش آموزش، در هند	بررسی وضعیت فعلی آموزش و پرورش	نظرسنجی با گوگل	- مدیریت می‌بایست بودجه بیشتری را به معرفی شیوه دیجیتال نظام آموزشی در سطح مؤسسه تخصیص دهد. - مؤسسه و صنایع، هر دو، می‌بایست با استفاده از روش یادگیری مبتنی بر پروژه در محیط مشارکتی کار کنند.	- پاسخ‌های نامرتب - کم‌دقتی در پاسخ‌گویی
(Heriyanto et al., 2019)	آموزش در عصر انقلاب صنعتی ۴/۰ و ارتباط آن با فرایند تحول یادگیری دبیرستانی	بررسی موانع برنامه‌های آموزشی	- مرور مطالعات پیشین - مصاحبه با معلمان	- اهمیت احیای آموزش، تازه‌بودن، خلاق بودن و ارتباطی بودن، با استفاده از فناوری و مشارکت دادن والدین - تعادل بین استفاده از فناوری و شخصیت نسلی رقابتی و باوقار را به وجود خواهد آورد.	بررسی اندک ادبیات
(Ismail et al., 2020)	آمادگی دانشجویان آموزش معلمان فنی در مواجهه با انقلاب صنعتی ۴/۰	شناسایی دانش، نگرش، علایق و آمادگی دانشجویان در رویارویی با چالش‌های انقلاب صنعتی ۴/۰	مطالعه توصیفی پرسش‌نامه مبتنی بر مقیاس لیکرت	- باید تلاش بیشتری، مانند سازماندهی سمینارها، دوره‌ها و انجمن‌های مرتبط با چالش‌های IR0/4، برای دانشجویان شود. - برای تشویق دانش‌آموزان به ارتقای مهارت‌های خود در فناوری اطلاعات و دانش IR0/4، توصیه می‌شود همه دانش‌آموزان موضوع مربوط به IR0/4 خود را برای پروژه سال آخر انتخاب کنند.	تعداد اندک جامعه آماری
(Majid & Zamin, 2019)	انقلاب صنعتی چهارم: تأثیر بر برنامه درسی و مفهوم ضمنی آن در مؤسسات آموزش عالی مالزی	بازنگری مؤسسات آموزش عالی مالزی در برنامه درسی، در واکنش به انقلاب صنعتی چهارم	- مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته - تحلیل محتوا	نیاز به بازنگری در برنامه درسی موجود، برای تکمیل نیازهای آموزشی مهارت‌های IR0/4، مهارت مجدد استادان در رویکردهای آموزشی و بررسی اجرای iCGPA به عنوان زمینه نشان دادن مهارت‌های IR0/4 و ارتقای دانش آموختگان	درک مبهم شرکت‌کنندگان از IR0/4

همچنین، در جدول ۲، مشکلات حوزه آموزشی و راهکارهای محققان مطرح شده است.

دول ۲ مشکلات حوزه آموزش در دوران انقلاب صنعتی چهارم

#	موانع	راهکارها	مرجع
۱	ضعف طراحی محتوای آموزشی	محتوای آموزشی می‌بایست نیاز فراگیران را در ۴/IR۰ برطرف سازد.	(Aulbur & Bigghe, 2016)
		محتوای آموزشی می‌بایست متناسب با نیازمندی‌های محیط کار باشد.	(Aulbur & Bigghe, 2016)
		ارتباط تدوینگران منابع درسی با محیط کسب و کار، برای شناسایی بهتر نیازمندی‌های آن	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۲	انطباق ناپذیری و نبود راهبرد راه اندازی برنامه‌های کسب و کار و هماهنگی فعالیت‌ها در مؤسسات و دانشگاه‌ها	ایجاد ارتباط بین دانشگاه و صنعت	(Benešová & Hirman, 2018)
		شناسایی درست نیازمندی‌های کسب و کار برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌ها را برای راه اندازی برنامه‌های کسب و کار و هماهنگی فعالیت‌ها در محیط کار ارتقا می‌دهد.	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		استفاده از تجربه کشورهای پیشرو در صنعت ۴/۰	(Vân et al., 2020)
۳	آموزش فناوری‌های نوین به نیروی متخصص؛ کمبود افراد ماهر	استفاده از مربیان مشاغل در دانشگاه‌ها	(Aulbur & Bigghe, 2016)
		سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آموزشی، برای برآورد نیازهای مهارتی شرکت‌ها و سازمان‌ها	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		جذب معلم، فقط از ورودی‌های دانشگاه فرهنگیان	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۴	کیفیت پایین کار معلمان	برگزاری کارگاه به روزرسانی دانش فناوریانه معلمان	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		اجرای سیاست جذب دانشمندان واجد شرایط به تدریس در مؤسسات آموزش عالی	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		تخصص در استفاده از فناوری	(Buchanan et al., 2016)
۵	جذب نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی	علاقه و ابتکار در استفاده از فناوری	(Buchanan et al., 2016)
		ادغام خلاقانه فناوری؛ ایجاد محصولات جدید	(Buchanan et al., 2016)
		اجرای سیاست‌های حمایت‌کننده و تأمین مالی متناسب با نیازمندی‌های ۴/۰	(Benešová et al., 2018)
۶	پشتیبانی مالی اندک دولت	تجدید نظر در اختصاص بودجه به زیرساخت‌های آموزشی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
		اجرای سیاست‌های حمایت‌کننده و تأمین مالی برای توسعه مهارت‌ها	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
		تولید بومی فناوری‌های جدید با پژوهش در دانشگاه‌ها و مراکز علمی	(Ustundag et al., 2018)
۷	گران بودن فناوری‌ها	همکاری متقابل صنعت، دولت و بخش خصوصی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)

ادامه جدول ۲

#	موانع	راهکارها	مرجع
۸	کمبود فناوری های موجود	مشارکت فعال دولت و صنعت در تأمین منابع مالی فناوری های جدید	(Ustundag et al., 2018)
		تجدیدنظر در اختصاص بودجه به زیرساخت های آموزشی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
۹	محدودیت دسترسی به نرم افزارهای تخصصی و زمینه های مورد نیاز و مسائل فنی	همکاری مؤسسات آموزشی با یکدیگر	(Ahmadi & Mansoori 2021b)
		همکاری متقابل صنعت، دولت و بخش خصوصی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
		ایجاد زیرساخت های مناسب و توسعه مراکز نوآوری	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
۱۰	بازنویسی نکردن منابع آموزشی و رشته های تحصیلی	همتراز کردن برنامه های درسی با نیازمندی های ۴/۰	(Rizal, et al., 2020)
		استفاده از نظرسنجی از فارغ التحصیلان دانشگاهی، پس از گذشت یک دوره، درخصوص نحوه جذب در بازار کار و بازنگری در رشته های تحصیلی	(Ahmadi & Mansoori, 2021b)
۱۱	ضعف فرهنگ سازی برای یادگیری مادام العمر	رویکرد یادگیری بزرگسالان	(Archanya, 2021)

توسعه شایستگی های اساسی دانشجویان امروزی به منظور پاسخ به چالش های آینده مستلزم رشد فنی، فناورانه و تحلیلی آنان است (Shahrestani et al., 2024). در سطح جهانی، دانشگاه ها و مؤسسات آموزشی با همکاری نزدیک تر با صنایع و به روزرسانی برنامه های درسی خود به تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم پاسخ می دهند. برای مثال، دانشگاه MIT در ایالات متحد، با تمرکز بر فناوری های نوین و ایجاد مراکز تحقیقاتی برای تعامل با صنعت، برنامه های آموزشی خود را به روز کرده است. دانشگاه های آکسفورد و کمبریج در بریتانیا نیز، با طراحی دوره های تخصصی در زمینه های هوش مصنوعی و داده های کلان، به تربیت افراد مؤثر در این حوزه پرداخته اند. دانشگاه ملی سنگاپور، با تأکید بر نوآوری و کارآفرینی، تسهیلات جالبی برای پژوهش و توسعه فناوری های جدید فراهم کرده است. همچنین دانشگاه های کانادا، مانند بریتیش کلمبیا، روی تحقیق در زمینه پایداری و فناوری های سبز تمرکز دارند. این تجارب نشان می دهند که دانشگاه های جهانی در حال پذیرش تغییر الگوهای فکری و ادغام فناوری های نوین، به منظور ارتقای کیفیت آموزش و پاسخ گویی به نیازهای بازار کار، هستند.

در ایران، دانشگاه ها و مؤسسات آموزشی، برای انطباق با تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، در حال تغییر و به روزرسانی برنامه های تحصیلی خود هستند. دانشگاه تهران با راه اندازی دوره های جدید در زمینه فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی، دانشگاه صنعتی شریف با معرفی رشته های رباتیک

و یادگیری ماشین، و دانشگاه علم و صنعت ایران با برگزاری دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری در حوزه اینترنت اشیا و داده‌های کلان، به تربیت نیروی انسانی متخصص پرداخته‌اند (Ahmadi, 2019). بررسی ادبیات تحقیق نشان می‌دهد در خصوص اولویت‌بندی مشکلات حوزه آموزش مهندسی در دوران انقلاب صنعتی چهارم پژوهش نشده و موضوعی است که ضرورت تحقیق دارد. در پژوهش حاضر، رویکرد جدید SWARA-ARAS در وضعیت فازی، برای رتبه‌بندی ریسک‌های شناسایی شده IR0/4 در آموزش نیروی انسانی، به کار رفته که بهره‌گیری از آن جزو نوآوری‌های این پژوهش است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر آموزش مبتنی بر انقلاب صنعتی چهارم در حوزه مهندسی بوده است.

ابتدا، مطالعات کتابخانه‌ای، به منظور کسب اطلاعات درباره تأثیر انقلاب صنعتی بر آموزش، انجام گرفت.

- جامعه آماری پژوهش شامل همه استادان خبره دانشگاه صنعتی ارومیه (۱۵ نفر) در زمینه انقلاب صنعتی چهارم بود.

- روش‌های پژوهش FMEA و F-SWAR، برای تشخیص اولویت‌بندی سناریوهای شکست، با توجه به رویکرد توسعه یافته سوارا فازی، در سه مرحله است. در گام اول، ضمن شناسایی مشکلات توسط گروه FMEA در محدوده ارزیابی ریسک، معیارهای سه‌گانه مقداردهی می‌شوند. در گام دوم، برای سنجش معیارهای سه‌گانه، از روش F-SWAR استفاده می‌شود. F-SWAR، برخلاف روش معمول SWARA، قابلیت اطمینان هریک از سه عامل را در مطالعه حاضر در نظر می‌گیرد.

- در این روش، مشکلات از طریق مصاحبه با افراد خبره شناسایی و از روش F-SWAR برای تعیین وزن معیارهای سه‌گانه استفاده می‌شود. همچنین سعی کردیم موانع را، با توجه به اهمیت معیارها، با استفاده از روش F-SWAR اولویت‌بندی کنیم.

- به منظور شناسایی آموزش‌های مورد نیاز و منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم، از ابزار FMEA و پرسش‌نامه استفاده شد که ابزار تعیین و از بین بردن ریسک‌ها و مشکلات احتمالی است. مشکلات، با توجه به مصاحبه نیمه ساختارمند و پرسش‌نامه از افراد خبره، تشخیص داده و رتبه‌بندی شد. این سنجه دارای ۲۷ گویه است که براساس یافته‌های پرسشنامه و ادبیات تحقیق تنظیم شده است و افراد خبره آن را ارزیابی و نمره‌دهی کرده‌اند.

ویژگی اصلی روش سوارا (تحلیل ارزیابی گام به گام اوزان) امکان ارزیابی نظر خبرگان درباره اهمیت معیارها در فرایند تعیین وزن است.

پس از تنظیم فهرستی از معیارهای درگیر در تصمیم‌گیری، روش SWARA به صورت مراحل زیر عمل می‌کند:

گام اول) مرتب کردن شاخص ها (معیارها)

گام دوم) تعیین اهمیت نسبی ()

در این مرحله، اهمیت نسبی هر کدام از شاخص ها در برابر شاخص مهم تر قبلی مشخص می شود که با نشان داده شده است.

گام سوم) محاسبه ضریب k_j

$$K_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

گام چهارم) محاسبه وزن اولیه هر شاخص (q_j)

$$q_j = \begin{cases} 1 & j=1 \\ \frac{k_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

گام پنجم) محاسبه وزن نهایی

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

۳-۱. روش SWARA-FUZZY

روش سوارا فازی نیز همانند روش سوارا کار می کند، یعنی به کمک این روش می توان وزن معیارها را محاسبه کرد و وزن های این روش فازی هستند. تعدادی عامل، مانند اطلاعات دسترسی ناپذیر، اطلاعات ناقص، اطلاعات تصوراتناپذیر و جهل جزئی، باعث بی دقتی در تصمیم گیری می شوند. ابتدا، با توجه به هدف مسئله، خبرگان معیارهای ارزیابی را به صورت نزولی طبقه بندی می کنند. مقیاس های فازی را در جدول ۳ نشان داده ایم.

جدول ۳ تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی

متغیرهای زبان شناختی	مقیاس های پاسخ
به یک اندازه مهم	(۱، ۱، ۱)
نسبتاً کم اهمیت	(۳/۲، ۱، ۲/۳)
کم اهمیت	(۲/۳، ۱/۲، ۲/۵)
کم اهمیت تر	(۲/۵، ۱/۳، ۲/۷)
بسیار کم اهمیت	(۲/۷، ۱/۴، ۲/۹)

سپس، خبرگان نمره ای را بین ۱ و ۰، در خصوص معیار قبلی، به شاخص z مقدار ($z-1$) اختصاص می دهند و این کار برای هر معیار تکرار می شود که همان تعیین اهمیت نسبی $\tilde{S}_j$ است. آنگاه ضریب

$\tilde{k}_j$ با رابطه زیر به دست می آید:

$$\tilde{K}_j = 1 \begin{cases} \tilde{1} & j=1 \\ \tilde{S}_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\tilde{q}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j=1 \\ \frac{\tilde{k}_{j-1}}{\tilde{k}_j} & j>1 \end{cases} \quad \text{و وزن اولیه با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:} \quad (5)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^n \tilde{q}_k} \quad \text{و در آخر، وزن نهایی } w_j \text{ شاخص‌ها از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:} \quad (6)$$

۳-۲. روش آراس

روش ARAS ارزیابی نسبت افزایشی است که در مطالعات داخلی به عنوان ارزیابی مجموع نسبت‌ها نیز به کار رفته و از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انتخاب بهترین گزینه است.

گام اول) تشکیل ماتریس تصمیم: اولین گام این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم‌گیری ماتریس ارزیابی تعدادی گزینه (m) برپایه تعدادی معیار (n) است، یعنی در آن هر گزینه براساس تعدادی معیار امتیازدهی شده است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با X_{ij} نشان داده می‌شود.

$$X = (x_{mn}) \quad i=0, m; j=1, n \quad (7)$$

گام دوم) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال: نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی دومین گام در حل تمامی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر ماتریس تصمیم است. در روش‌های MCDM، بهتر است از واژه «بی‌مقیاس‌سازی» استفاده شود و سپس به روش خطی نرمال شوند.

$$N = () \quad i=0, m; j=1, n \quad (8)$$

گام سوم) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون: در گام سوم روش آراس ARAS، می‌بایست ماتریس تصمیم نرمال ایجاد شده موزون شود. بدین منظور، وزن هر معیار در همه درایه‌های زیر معیار ضرب می‌شود. وزن معیارها می‌بایست از قبل مشخص شود.

$$V = (v_{mn}) \quad i=0, m; j=1, n \quad (9)$$

گام چهارم) محاسبه مقدار مطلوبیت: در گام چهارم روش آراس، مقدار مطلوبیت هر گزینه به وسیله تابع مطلوبیت محاسبه می‌شود. بهترین گزینه آن است که مطلوبیت بزرگ‌تری دارد. همچنین، در پایان، می‌بایست درجه مطلوبیت محاسبه شود. مقدار مطلوبیت هر گزینه با S_i با رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(S_i = \sum(V_{ij} \quad (10)$$

که S_i تابع مطلوبیت برای گزینه i است. بهترین گزینه گزینه‌ای است که بیشترین ارزش تابع مطلوبیت را داشته باشد و بدترین گزینه آن است که کمترین ارزش تابع مطلوبیت را داشته باشد.

گام پنجم) درجه مطلوبیت گزینه و اولویت‌بندی گزینه‌ها: درجه مطلوبیت گزینه برپایه مقایسه با یک

مقدار بهینه محاسبه می‌شود. مقدار بهینه برپایه دیدگاه خبرگان و بهترین مقادیر ماتریس موزون شده به دست می‌آید.

$$Ki = Si/S_0 \quad (11)$$

که Si تابع مطلوبیت هر گزینه و S_0 مقدار بهینه تابع مطلوبیت است که در پژوهش حاضر از بهترین مقدار ماتریس موزون شده استفاده کردیم.

۳-۳. روش آراس فازی

روش آراس فازی (Fuzzy ARAS) در تصمیم‌گیری‌های راهبردی کاربرد دارد.

۳-۳-۱. گام‌های روش آراس فازی

۱. تشکیل ماتریس تصمیم: در این گام، ماتریس تصمیم فازی خبرگان را تشکیل می‌دهیم که شامل

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \cdots & \tilde{x}_{0j} & \cdots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \cdots & \tilde{x}_{ij} & \cdots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mj} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}; i = \overline{0, m}; j = \overline{1, n}. \quad (12)$$

معیار و گزینه است.

(m تعداد گزینه‌ها، n تعداد معیار معین هر گزینه)

X_{ij} ارزش فازی مقدار کارایی گزینه i را در وضعیت معیار j بیان می‌کند، مقدار X_{0j} نیز نشان دهنده مقدار بهینه معیار j است. علامت "0" نیز که در بالای نمادها قرار دارد نشان دهنده مجموعه‌های فازی است.

۲. نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: معمولاً معیارها ابعاد گوناگونی دارند. هدف گام دوم این است که از معیارهای نسبی به مقادیر ارزش‌های وزن‌دهی شده برسد. به منظور جلوگیری از مشکلات ابعاد گوناگون معیارها، نسبت (نرخ) ارزش بهینه به کار می‌رود. در این گام، به منظور نرمال‌سازی، از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}} \quad (13)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^*}; \tilde{x}_{ij}^* = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}}$$

۳. تشکیل ماتریس وزن نرمال: در این گام، وزن معیارها را می‌بایست در ماتریس نرمال ضرب کرد.

۴. تعیین مقدار تابع بهینگی (Si): می‌بایست مجموع سطری هر گزینه را محاسبه کرد که به هر مجموع سطر Si می‌گویند.

۵. **دیفازی‌سازی Si:** در این گام، با استفاده از روش میانگین اعداد فازی، Si را دیفازی می‌کنیم که در

رابطه زیر مشخص شده است:

$$s_i = \frac{1}{3}(s_{ia} + s_{ib} + s_{iy}) \quad (14)$$

۶. **محاسبه مقدار Ki:** در این گام، می‌بایست هر Si را تقسیم بر S0 و مقدار Kiها را محاسبه کرد.

۷. **رتبه‌بندی گزینه‌ها:** با توجه به مقدار Ki، هر گزینه که عدد ki آن بزرگ‌تر باشد رتبه اول را دارد.

۳-۴. نتایج

الف) پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی: چارچوب توسعه‌یافته F-SWARA برای اولویت‌بندی موانع آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی استفاده شد. بدین منظور، مسئله تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی ۲۷ مانع آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم را انتخاب کردیم که $r1, r2, \dots, r27$ هستند.

• پرسش‌نامه سنجش مشکلات آموزش‌های منطبق بر IR0/4

برای سنجش میزان مشکلات IR0/4 در آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم، از پرسش‌نامه‌ای، شامل ۲۷ گویه، استفاده شد که افراد خبره در فناوری اطلاعات به آن پاسخ دادند. **ب) شناسایی موانع:** گروهی برای پردازش مسئله شناسایی موانع انتخاب شد. با همکاری گروه چندتخصصی CFT، موانع موجود براساس روش FMEA بررسی شدند. موانع را همراه با مقادیر معیارهای سه‌گانه در جدول ۴ نشان داده‌ایم.

ج) اولویت‌بندی موانع: هدف این بخش اولویت‌بندی موانع آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم است. با توجه به عدم اطمینان در فاکتورها، از تئوری فازی بهره گرفته شد. در ادامه و با توجه به فاز دوم رویکرد پیشنهادی، وزن عوامل پنج‌گانه با استفاده از روش PF-SWARA تعیین شد. در رویکرد SWARA، نقش DEها بخش مهمی از فرایند ارزیابی و وزن‌دهی به معیارهاست. هر DE اهمیت هر معیار را تعیین می‌کند. سپس، DE همه معیارها را، براساس درک ضمنی، اطلاعات و تجربیات خود، رتبه‌بندی می‌کند. در مرحله بعد، با هدف اولویت‌بندی ریسک‌ها و موانع، از روش آراس در وضعیت فازی استفاده شد که در آن ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل شده در جدول ۴ را نرمال می‌کنیم. در گام بعدی، با استفاده از روش سوارا فازی، معیارها، وزن دهی می‌شوند. سپس، با اجرای روش آراس فازی، ریسک‌ها و موانع اولویت‌بندی می‌شوند.

جدول ۴ مشکلات شناسایی شده، همراه با مقادیر معیارهای سه گانه

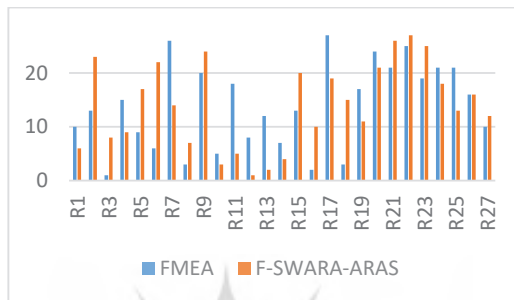
ردیف				عنوان مشکل
۷	۹	۹	R _۱	کمبود پشتیبانی مالی دولت
۸	۷	۷	R _۲	ضعف شبکه اینترنت و مشکلات پهنای باند در برخی از مناطق
۶	۹	۹	R _۳	فناوری ناکافی
۶	۹	۹	R _۴	محدودیت دسترسی به نرم افزارهای تخصصی و بسترهای مورد نیاز و مسائل فنی
۷	۸	۸	R _۵	نبود مدارس فناوری و توسعه نیافتگی مراکز نوآوری و آموزش نمونه
۵	۵	۷	R _۶	پیچیدگی بسترهای یادگیری
۵	۵	۷	R _۷	نبود استفاده مؤثر و درست از زیرساخت دیجیتالی
۷	۸	۹	R _۸	گران بودن فناوری ها
۷	۵	۷	R _۹	تنش ها و نگرانی های ناشی از عدم قطعیت ها
۹	۹	۹	R _{۱۰}	نبود برنامه ریزی و آموزش های تربیت نیروی متخصص در زمینه فناوری های نوین، و کمبود افراد ماهر
۹	۹	۹	R _{۱۱}	کیفیت پایین کار معلمان
۹	۱۰	۹	R _{۱۲}	ضعف طراحی محتوای آموزشی
۹	۹	۱۰	R _{۱۳}	انطباق ناپذیری و راهبردها نداشتن مؤسسات و دانشگاه ها برای راه اندازی برنامه های کسب و کار و هماهنگی فعالیت ها
۸	۸	۹	R _{۱۴}	جذب نکردن افراد توانمند در رشته های فنی
۵	۷	۹	R _{۱۵}	نبود همکاری بین بخش ها و تقسیم نشدن درست نظام آموزش الکترونیک
۶	۹	۹	R _{۱۶}	بازنویسی نکردن منابع آموزشی و رشته های تحصیلی
۴	۴	۶	R _{۱۷}	تهیه نکردن برنامه های آموزش الکترونیک و هم ترازی نبودن برنامه های درسی با نیازمندی های ۴/IR۰
۵	۹	۹	R _{۱۸}	ارتقا نیافتن فرهنگ پژوهش در حوزه ۴/IR۰
۵	۸	۸	R _{۱۹}	کمبود راهبردهای مناسب
۶	۵	۷	R _{۲۰}	تمرکز نداشتن دانشگاه ها بر دانش عملی و نتیجه محوری
۸	۵	۶	R _{۲۱}	نارضایتی افراد
۶	۵	۵	R _{۲۲}	کمبود امتیاز داده ها
۷	۶	۶	R _{۲۳}	ناکافی بودن آموزش پایه
۵	۶	۸	R _{۲۴}	کمبود استانداردها
۵	۶	۹	R _{۲۵}	ضعف فرهنگ سازی برای یادگیری مادام العمر
۶	۶	۸	R _{۲۶}	شجاع نبودن در ایجاد تحول بنیادین
۵	۷	۹	R _{۲۷}	حواس پرتی، ضعف مدیریت زمان و تعامل با دیگران

د) تحلیل حساسیت و مقایسه: برای نشان دادن قابلیت‌ها و برتری‌های روش توسعه‌یافته بر روش‌های مرسوم، به مقایسه نتایج روش پیشنهادی با روش FMEA مرسوم و تحلیل آن پرداختیم. جدول ۵ نتایج اجرای روش پیشنهادی و روش FMEA را نشان می‌دهد. با بررسی نتایج این دو روش، مشاهده می‌کنیم که اجرای روش F-SWARA-ARAS برخی از معایب روش FMEA را، نظیر رتبه‌بندی ناقص، برطرف کرده است.

جدول ۵ رتبه‌بندی ریسک‌ها با استفاده از روش FMEA و روش‌های پیشنهادی

مقایسه		ردیف
F-SWARA-ARAS	FMEA	
۶	۱۰	R _۱
۲۳	۱۳	R _۲
۸	۱	R _۳
۹	۱۵	R _۴
۱۷	۹	R _۵
۲۲	۶	R _۶
۱۴	۲۶	R _۷
۷	۳	R _۸
۲۴	۲۰	R _۹
۳	۵	R _{۱۰}
۵	۱۸	R _{۱۱}
۱	۸	R _{۱۲}
۲	۱۲	R _{۱۳}
۴	۷	R _{۱۴}
۲۰	۱۳	R _{۱۵}
۱۰	۲	R _{۱۶}
۱۹	۲۷	R _{۱۷}
۱۵	۳	R _{۱۸}
۱۱	۱۷	R _{۱۹}
۲۱	۲۴	R _{۲۰}
۲۶	۲۱	R _{۲۱}
۲۷	۲۵	R _{۲۲}
۲۵	۱۹	R _{۲۳}
۱۸	۲۱	R _{۲۴}
۱۳	۲۱	R _{۲۵}
۱۶	۱۶	R _{۲۶}
۱۲	۱۰	R _{۲۷}

با بررسی نتایج روش FMEA، مشاهده می‌کنیم که برخی از ریسک‌ها در برخی رتبه‌ها مشترک هستند؛ برای مثال، ریسک ۸ و ۱۸ به‌طور مشترک در جایگاه سوم قرار دارند که باعث سردرگمی تصمیم‌گیرنده و مدیرمسئول می‌شود اما اجرای روش F-SWARA-ARAS این مشکل را برطرف کرده و ریسک‌ها را در رتبه‌های منحصربه‌فرد قرار داده است. (به شکل ۱ مراجعه کنید).



شکل ۱ رتبه‌بندی FMEA و روش توسعه‌یافته.

در این بخش، ابتدا مشکلات شناسایی شده‌ی افراد خبره، با استفاده از روش سوارا فازی، وزن‌دهی شدند و سپس میزان اهمیت مشکلات آموزشی (شدت، احتمال وقوع و احتمال کشف) تعیین شد. آنگاه، برای اولویت‌بندی ریسک‌ها، از روش آراس فازی استفاده شد که مشکلات به‌ترتیب اهمیت رتبه‌بندی شدند. در پایان، روش پیشنهادی این پژوهش، برای نشان دادن قابلیت‌ها و اثربخشی، با روش FMEA مقایسه شد که نتایج برتری روش پیشنهادی را نشان داد.

۴. تحلیل ریسک‌ها: با بررسی جدول ۵ نتیجه می‌گیریم که ریسک ۱۲ و ریسک ۱۳، با کسب بیشترین امتیاز، ریسک‌های بحرانی و نیازمند اقدامات اصلاحی فوری هستند. در این میان، ریسک‌های ۲۲ و ۲۱، به‌ترتیب، با قرارگرفتن در رتبه‌های ۲۷ و ۲۶ در اولویت رسیدگی تصمیم‌گیرنده و مدیران و نیازمند اقدامات اصلاحی نیستند.

۴. بحث و بررسی

در این بخش، راهکارهای رفع مشکلات مهم آموزش مهندسی را در دوران انقلاب صنعتی چهارم مطرح کرده‌ایم.

- **ضعف طراحی محتوای آموزشی:** برای برطرف کردن نیازهای بازار کار، منابع درسی می‌بایست متناسب با نیازمندی‌های محیط کار باشند (Aulbur & Bigghe, 2016). این نیازمندی‌ها به‌واسطه ارتباط نویسندگان منابع درسی با محیط کار بهتر شناسایی و برطرف می‌شوند. بنابراین، یکی از راهکارهای رفع مشکل یادشده ارتباط دانشگاه و صنعت است (Ahmadi & Mansouri, 2021). با ایجاد ارتباط

بین دانشگاه و صنعت می‌توان نیازمندی‌های محیط کار را شناسایی و برنامه درسی دانشگاه‌ها را، برای راه‌اندازی برنامه‌های کسب‌وکار و هماهنگی محتوا با محیط کار، تدوین کرد.

• **نبود برنامه‌ریزی درست و کمبود افراد؛ کم‌کارآمدی معلمان؛ جذب نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی؛**

در سال‌های اخیر، در جهان و نیز کشور ما، استقبال کمتری از رشته‌های مهندسی و علوم پایه شده و تعداد دانش‌آموزان دبیرستانی‌ای که شاخه ریاضی و علوم را انتخاب می‌کنند به صورت فزاینده‌ای در حال کاهش است (Faiz, 2024). برای رفع این مشکل، می‌توان از تجربه کشورهای پیشرو در زمینه صنعت ۴/۰ استفاده (Và et al., 2020) و حتی دانشجویان و استادان را، برای فراگیری فناوری‌های مربوط به صنعت ۴/۰، به سایر کشورها اعزام کرد. برگزاری دوره‌های ارتباط با صنایع فناوری برای استادان؛ بهره‌گیری از استادان مهارتی صنایع در دانشگاه‌ها؛ رسمی کردن مربیان مشاغل به منظور استفاده در دانشگاه‌ها؛ طراحی دوره‌های آموزشی تخصصی به درخواست شرکت‌ها؛ سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آموزشی به منظور برآوردن نیازهای شرکت‌ها؛ بهبود کیفیت هیئت علمی، مدرسان و مدیران؛ تضمین استقلال مؤسسات آموزش عالی در انتخاب و تأیید استادان؛ کنترل مراحل پذیرش و ارزیابی پایان‌نامه‌ها؛ همکاری‌های تحقیقاتی علمی فراملی، و بهبود کیفیت به منظور نزدیک شدن به استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی مدیریت از راهکارهای مشکل ضعف طراحی محتوای آموزشی است.

• **حمایت مالی ناکافی دولت از توسعه زیرساخت‌ها؛ با امتیاز (گرت)‌های صنعت چهارم، بودجه**

زیرساخت‌های آموزشی و پژوهشی دانشگاه‌ها و سایر مراکز مرتبط فراهم خواهد شد. همچنین، با استفاده از افراد خبره در صنعت چهارم، می‌توان توسعه و تبلیغ آن را آموزش داد.

• **گران بودن فناوری؛ کافی نبودن فناوری‌ها؛ با پژوهش در دانشگاه‌ها، می‌توان فناوری را به صورت**

بومی تولید و استفاده کرد که از هزینه گزاف خرید فناوری به شدت می‌کاهد و به مرور زمان باعث غنی‌تر شدن فناوری‌های در دسترس و رفع مشکل نبود فناوری‌های کافی می‌شود.

• **بازنگری نکردن در منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی؛ تغییرات سریع فناوری ماهیت کارها را به سرعت**

تغییر داده است. از این رو، برنامه‌های درسی می‌بایست مرتب به روزرسانی شوند تا نیروی متخصص، با توجه به نیازمندی‌های انقلاب صنعتی چهارم (Rizal et al., 2020) و بازار کار، تربیت شود. برای به‌روزرسانی محتوای درسی، می‌توان از فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، پس از گذشت یک دوره زمانی از فارغ‌التحصیلی‌شان، نظرسنجی کرد تا چالش‌های محتوای درسی شناسایی شود (Ahmadi & Mansouri, 2021).

• **ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر؛ رابطه نزدیک انقلاب صنعتی چهارم با فناوری‌های**

اطلاعاتی-ارتباطی و زیرساخت‌های فنی اهمیت آموزش فنی و حرفه‌ای را افزایش می‌دهد. با توجه به سرعت توسعه فناوری، مفهوم یادگیری به دوره‌ای خاص محدود نمی‌شود و «یادگیری مادام‌العمر»

معنا می‌یابد. در این زمینه، افراد می‌بایست تشویق شوند تا در برنامه‌های آموزشی شرکت کنند و برنامه‌هایی را، متناسب با علایق و نیازهای خود، توسعه دهند (Archaynya, 2021).

نتیجه می‌گیریم که، به‌منظور آموزش نیروی کار سازگار با صنعت ۴/۰، می‌بایست محتوای برنامه‌های کارشناسی و کارشناسی‌ارشد بازننگری و کارآفرینی، نوآوری و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات تقویت شود. علاوه بر این، می‌بایست دانشگاه‌ها و دیگر مؤسسات آموزشی، با تعیین حوزه تخصصی، در فعالیت‌های پژوهش و توسعه مشارکت فعال داشته باشند و آموزش از راه دور و آموزش بزرگسالان تقویت شود تا یادگیری مادام‌العمر ارتقا یابد و آموزش بدون محدودیت زمانی-مکانی امکان‌پذیر شود.

۵. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با هدف شناسایی و اولویت‌بندی مشکلات آموزشی حوزه مهندسی در دوران انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا به شناسایی مشکلات مطالعه کتابخانه‌ای و میدانی پرداختیم. سپس، از روش سوارا فازی برای وزن‌دهی و تعیین میزان اهمیت مشکلات آموزشی (شدت، احتمال وقوع و احتمال کشف) و از روش آراس فازی به‌منظور اولویت‌بندی مشکلات شناسایی‌شده بهره‌گرفتیم. در ادامه، با استفاده از روش پیشنهادی، مشکلات اولویت‌دار را شناسایی کردیم که عبارت‌اند از: ضعف طراحی محتوای آموزشی؛ نبود برنامه‌ریزی درست و کمبود افراد؛ کم‌کارآمدی معلمان؛ جذب نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی؛ حمایت ناکافی دولت از توسعه زیرساخت‌ها؛ گران بودن فناوری یا کافی نبودن فناوری‌ها؛ بازننگری نکردن در منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی، و ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر.

برای نشان دادن اثربخشی الگوی ارائه‌شده، روش پیشنهادی را با روش FMEA مقایسه و نتایج برتری روش پیشنهادی را نشان دادیم. در ادامه، براساس دیدگاه‌ها و تحقیقات پیشین، راهکارهای مقابله با ریسک‌های اولویت‌دار را مطرح کردیم.

References

- Adekunle, O. & Fatima, F. (2020). Innovations in teaching and learning: exploring the perceptions of the education sector on the 4th industrial revolution (4IR). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 6. 31. 10.3390/joitmc6020031.
- Ahmadi, F. (2019). "Developing a governance structure document for entrepreneurship 4.0 and proposing policies and operational programs in the country". Research project, Ministry of Cooperatives, Labor, and Social Welfare.
- Ahmadi, F., & Mansouri, I. (2021a). 4.0 governance: foresight of job, skills, and entrepreneurship (Vol. 2). Urmia: Urmia University of Technology.
- Ahmadi, F., & Mansouri, I. (2021b). 4.0 governance: precise understanding of the fourth industrial revolution and proactive governance under related transformations. Urmia: Urmia University of Technology..
- Archanya, Ratana-Ubol (2021). Lifelong learning in the era of industry 4.0: workplace learning perspective.

10.2991/assehr.k.210508.029.

- Arnold, Christian & Kiel, Daniel & Voigt, Kai-Ingo. (2017). Innovative business models for the industrial internet of things. *International Association for Management of Technology (IAMOT)* Vienna, Austria Volume: 26 .
- Aulbur, W., Arvind, C., & Bigghe, R. (2016). Skill development for industry 0/4. *BRICS Council Report*.
- Benešová, A., Hirman, M., Steiner, F., & Tupa, J. (2018). Analysis of education requirements for electronics manufacturing within concept industry 0/4. *1st International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)*, 1-5.
- Buchanan, J., Kelley, B., Hatch, A. (2016). Digital workplace and culture: how digital technologies are changing the workforce and how enterprises can adapt and evolve. *Deloitte Digital*, 1-12.
- Butler-Adam, J. (2018). The fourth industrial revolution and education. *South African Journal of Science*, 114(5/6), 1.
- Chien C.F., Tseng M.L., Tan R.G., Tan K., Velek O. (2021). Industry 3.5 for sustainable migration and total resource management. *Resources, Conservation & Recycling*, 169 (105505), pp. 1-2.
- Coombs, C. & Hislop, D. & Taneva, S. & Barnard, S. (2020). The strategic impacts of intelligent automation for knowledge and service work: an interdisciplinary review. *The Journal of Strategic Information Systems*. 29. 10.1016/j.jsis.2020.101600.
- David, L.O., Nwulu, N.I., Aigbavboa, C.O., Adepoju, O.O (2022) Integrating fourth industrial revolution (4IR) technologies into the water, energy & food nexus for sustainable security: A bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, Volume 363.
- Faiz, J. (2024). Challenges of higher education in engineering fields. *Iranian Journal of Engineering Education*, 25(100), 129-143. doi: 10.22047/ijee.2024.410688.2001.
- Gleason, N. W. (2018). Higher education in the era of the fourth industrial revolution. Springer.
- Grenčíková, Adriana & Kordoš, Marcel & Navickas, Valentinas. (2021). The impact of Industry 4.0 on education contents. *Business: Theory and Practice*. 22. 29-38. 10.3846/btp.2021.13166.
- Halili, S. H., Shukri, S., Hamidah, S., Rafiza, R. (2020). Embracing industrial revolution 4.0 in universities. *Annual Conference on Computer Science and Engineering Technology (AC2SET) 2020*. IOP Publishing.
- Heriyanto, H., , Satori, D. , A Komariah, A., Suryana, A. (2019). Character education in the era of industrial revolution 4.0 and its relevance to the high school learning transformation process. *Utopia Y Praxis. Latinoamericana*, 24(1), 327-340. Recuperado a partir de. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/utopia/article/view/29966>.
- Hosseinzadeh, J., Ahmadi, F., & Kalbkhani, H. (2024). An integrated framework for evaluating nations' preparedness for Industry 0/4 adoption. *Defensive Future Studies*.
- Ilori, M.O. and Ajagunna, I. (2020). Re-imagining the future of education in the era of the fourth industrial revolution. *Worldwide Hospitality and Tourism Themes*, Vol. 12 No. 1, pp. 3-12. <https://doi.org/10.1108/WHATT-10-2019-0066>.
- Industry 4.0 India Inc. Gearing up for change (2018). *All India Management Association (AIMA) and KPMG*.
- Industrial revolution 4.0 and ageing societies: The changing roles of universities in the Asia-Pacific. Japan.
- Ismail, Hassan, W., Ahmad, Affan., Z., & Harun (2020). Students' readiness in facing industrial revolution 4.0 among students of technical teacher's education. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9, 300-305 .
- Kagermann, H., et al. (2013). Securing the future of german manufacturing industry. recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the industrie 4.0 working group," *Plattform industrie 4.0*, Frankfurt am Main, Germany 2013.
- Faizah, M. & Zamin, Md., Ainul. (2019). The 4th Industrial revolution: contemplations on curriculum review and its implementation in the Malaysian higher education institutes. *Global Journal Al-Thaqafah*. 9. 10.7187/GJAT122019-1.
- Mantok, S., Sekhon, H., Sahi, G.K. and Jones, P. (2019). Entrepreneurial orientation and the mediating role of organisational learning amongst Indian S-SMEs. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, Vol. 26

- No. 5, pp. 641–660. <https://doi.org/10.1108/JSBED-07-2018-0215>.
- Petra M., Soukal I., Libuše S., Martina H., Ehsan J., Ali S., Ondrej K., (2018). Consequences of industry 4.0 in business and economics. *Economics*. 6. 46. 10.3390/economics6030046.
 - Martínez-Costa, M., Jiménez-Jiménez, D., & Dine Rabeh, H. A. (2018). The effect of organisational learning on interorganisational collaborations in innovation: an empirical study in SMEs. *Knowledge Management Research & Practice*, 17(2), 137–150. <https://doi.org/10.1080/14778238.2018.1538601>.
 - McKinsey global surveys, (2021): A year in review.
 - Michelsen, KE. (2020). Industry 4.0 in retrospect and in context. In: Collan, M., Michelsen, KE. (eds) technical, economic and societal effects of manufacturing 4.0. *Palgrave Macmillan*, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46103-4_1.
 - Shuchita, M. (2021). Challenges and implications of education 4.0 in the education sector. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 3 (10).
 - Noack, P. (2021). The fifth industrial revolution: where mind meets machine. available online: <https://www.thenationalnews.com/opinion/comment/the-fifth-industrial-revolution-where-mind-meets-machine-1.1061280> (accessed on 1 November 2023).
 - Noble, S.M.; Mende, M.; Grewal, D.; Parasuraman, A. The fifth industrial revolution: how harmonious human-machine collaboration is triggering a retail and service revolution. *J. Retail*. 2022, 98, 199–208 .
 - OECD (2018). The future of education and skills education 2030: the future we want. *E2030 Position Paper*. [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdfO](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdfO).
 - Pfeiffer, S. (2017). The vision of “industrie 4.0” in the making—a case of future told, tamed, and traded. *NanoEthics*, vol. 11, pp. 107–121.
 - Rizal & Misnasanti, Misnasanti & Shaddiq, Syahrial & Ramadhani, & Wagiono, Feri. (2020). Learning media in indonesia higher education in industry 4.0: case study. *International Journal on Advanced Science Education and Religion*. 3. 127–134. 10.33648/ijeoaser.v3i3.62.
 - Shahroom, A. A., & Hussin, N. (2018). Industrial revolution 4.0 and education. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(9), 314–319.
 - Shahrestani, M., Vahidi, H., & Alipur pijani, A. (2024). Identification and ranking of drivers for the implementation of the forth generation education system. *Iranian Journal of Engineering Education*, 26(102), 21–42. doi: 10.22047/ijec.2024.456763.2080.
 - Sivasankaran, P., Karthikeyan, R. (2021). Industry 4.0 challenges and implementation in education sector in india. *International Journal of Research -granthaalayah*, 9(5), 74. doi: 10.29121/granthaalayah.v9.i5.2021.3911.
 - Sudana, I.M & Apriyani, D. & Nurmasitah, S. (2019). Revitalization of vocational high school roadmap to encounter the 4.0 industrial revolution. *The Journal of Social Sciences Research*. 338–342. 10.32861/jssr.52.338.342.
 - Susskind, R. & Susskind, D. (2015). The future of the professions: How technology will transform the work of human experts. Oxford, UK: Oxford University Press.
 - Tri, N. M., Hoang, P. D., & Dung, N. T. (2021). Impact of the industrial revolution 4.0 on higher education in vietnam: challenges and opportunities. *Linguistics and Culture Review* 5(S3):1–15.
 - Ustundag, A., Kadaifci, Ç., & Oztaysi, B. (2018). The Changing role of engineering education in industry 4.0 era. Springer, Cham.
 - Trần, V. & Doãn, Q. & Nguyen, P. (2020). Industrial revolution 4.0 in some countries experiences and lessons for vietnam. *Journal of Mechanics Engineering and Automation*. 10. 10.17265/2159-5275/2020.06.004.
 - World Economic Forum (2019). Global Competitiveness Report.
 - World Economic Forum. Annual Report 2016–2017.
 - Ziatdinov, R., Atteraya, M.S., Nabiye, R. (2024). The fifth industrial revolution as a transformative step towards society 5.0. *Societies*, 14(2), 19. <https://doi.org/10.3390/soc14020019> .



◀ **فاطمه خاکزاد:** فارغ‌التحصیل رشته مهندسی فناوری اطلاعات از دانشگاه صنعتی ارومیه است. مقاله حاضر از پایان‌نامه ایشان، تحت راهنمایی دکتر فرید احمدی و مشاوره دکتر سعید جعفرزاده، استخراج شده است. وی دبیر وزارت آموزش و پرورش است.



◀ **دکتر فرید احمدی:** دانشیار گروه مهندسی فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی ارومیه است. حوزه‌های تخصصی ایشان مدیریت فناوری اطلاعات، تحول دیجیتال و سایبر فیزیکال، اقتصاد دیجیتال و بانکداری دیجیتال است. همچنین ایشان از مدیران باسابقه حوزه‌های اقتصاد، فناوری اطلاعات و بانکداری، با تجربه‌های متعدد در بخش‌های دولتی و خصوصی، است.



◀ **دکتر سعید جعفرزاده قوشچی:** دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی ارومیه است. ایشان از استادان شناخته‌شده بین‌المللی در حوزه مدیریت ریسک و دارای تألیفات متعدد و معتبر علمی در این حوزه است.

پروژه نگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی