چالش‌های اولویت‌دار آموزش منابع انسانی در حوزهٔ مهندسی، در دورهٔ انقلاب صنعتی چهارم

فاطمه خاکزاد[۱]، فرید احمدی*[۲] و سعید جعفرزادهٔ 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 فناورانهٔ سریع انقلاب صنعتی چهارم به تحولات اجتماعی و اقتصادی انجامیده و دنیای کار را به‌شدت تغییر داده است. ماهیت متحول‌کنندهٔ آن پیامدهایی برای دانشگاه‌ها، قابلیت اشتغال فارغ‌التحصیلان و همچنین محیط کار داشته است و منجر به شکاف بین آنچه در دانشگاه‌ها مطالعه می‌شود و مجموعهٔ مهارت‌های موردنیاز محیط کار شده است.

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر آموزش در حوزهٔ مهندسی بوده است. برای تحقق این هدف، روش سوارا فازی، برای وزن‌دهی و تعیین میزان اهمیت مشکلات آموزشی، و روش آراس فازی، به‌منظور اولویت‌بندی مشکلات شناسایی‌شده، به‌کار رفته است. نتایج برتری روش پیشنهادی را بر روش‌های دیگر نشان داد. ضعف طراحی محتوای آموزشی و انطباق‌نداشتن دانشگاه‌ها چالش‌های پُرخطر و نیازمند اقدام فوری شناسایی شدند. علاوه‌براین، راهکارهایی، مانند بهبود کیفیت برنامهٔ درسی، ترویج برنامه‌های تبادل دانشجو با دانشگاه‌های پیشرو، و تولید بومی فناوری، برای رفع مشکلات پیشنهاد شد. یافته‌های مطالعهٔ حاضر به توسعهٔ 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 برنامهٔ درسی

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد مهندسی فناوری اطلاعات، گروه مهندسی فناوری اطلاعات دانشکدهٔ فناوری‌های صنعتی، دانشگاه صنعتی ارومیه، ارومیه، ایران. Fa.khakzad89@gmail.com

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

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

۱. مقدمه

اصطلاح انقلاب صنعتی چهارم را اولین بار دولت آلمان در جامعهٔ علمی و صنعتی رواج داد که مجموعه‌ای از تغییرات فناورانه را در تولیدْ توصیف و اولویت‌های چارچوب سیاست منسجم را برای حفظ رقابت‌پذیری جهانی صنعت آلمان معرفی می‌کرد. به‌طورِکلی، انقلاب صنعتی چهارم به ابزارهای خودکارسازی و تبادل داده در فناوری‌های تولیدی، ازجمله 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 به‌سرعت بر سازمان‌ها و توانایی فنی آنها تأثیر عمیق می‌گذارند (Ahmadi & Mansouri, 2021a). ویژگی‌های اصلی انقلاب صنعتی چهارم، ازجمله قابلیت سرعت، همکاری و یکپارچگی افقی و عمودی سیستم‌های تولیدی ازطریقِ سیستم‌های فناوری اطلاعات، پاسخ به چالش‌هایی هستند که شرکت‌ها با تشدید رقابت و در وضعیت جهانی‌شدن، نوسانات تقاضای بازار، کاهش نوآوری و چرخهٔ 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 تداوم‌نداشتن‌هاست (Pfeiffer, 2017) و چشم‌اندازی به فرایند ساخت آینده است؛ چشم‌اندازی رقابتی که سیستم‌های تولید انبوه سنتی را که ازنظرِ بوم‌شناختی و اجتماعی ناپایدارند مغلوب خواهد کرد (Michelsen, 2020).

به‌طورِکلی، در ده سال اخیر، کشورها سیاست‌هایی تدوین کرده‌اند تا از انقلاب صنعتی چهارم و حکمرانی بهینهٔ آن بهره گیرند. براساس مطالعه‌ای کمّی، کشورها در سه خوشه، به‌لحاظ آمادگی در برابر انقلاب صنعتی چهارم، قرار گرفته‌اند (Hosseinzadeh et al., 2024). شایان ذکر است که تمام کشورها آمادهٔ انتقال مستقیم به انقلاب صنعتی چهارم نبوده‌اند. درنتیجه، برای مدیریت تأثیرات اجتماعی‌ـاقتصادیِ بالقوه‌مخل چنین انتقالی، انقلاب صنعتی ۳/۵ به‌عنوان راهبردی ترکیبی بین انقلاب صنعتی و چهارم پیشنهاد شد (Chein et al., 2021). انقلاب مذکور، با مدرن‌سازی زیرساخت‌ها و فرایندهای موجود با فناوری به‌روزرسانی‌شده، پلی به سوی اجرای کامل انقلاب صنعتی چهارم خلق کرد. درحالی‌که انقلاب صنعتی چهارم ابَرپیوندی به‌واسطهٔ ابزار هوشمند است، انقلاب صنعتی پنجم این پیوند را با جایگزینیِ ابزار هوشمند قدیم با اتصال‌های مغز‌ـکامپیوتر که تحولی در فناوری است تقویت کرده است (Noack, 2021). انقلاب صنعتی چهارم شاهد تعامل رقابتی انسان و ماشین‌هاست درحالی‌که 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، توسعهٔ اقتصادی با تأثیر محیطی پایدار، تحول نیروی کار و کار مشارکتی‌تر انسان‌ها و ماشین‌ها، پیوند جهانی با شبکه‌های نسل پنجم، شهرهای هوشمند و توسعهٔ زیرساخت است (Ziatdinov, 2024).

انقلاب صنعتی چهارم آیندهٔ کار حرفه‌ای را تغییر خواهد داد. پژوهشگران معتقدند حرفه‌ها تحت دو مجموعهٔ تغییر موازی قرار خواهند گرفت: نخست، غلبهٔ خودکارسازی به‌واسطهٔ کاربرد فناوری و، دوم، غلبهٔ نوآوری است (Susskind & Susskind, 2015). بدیهی است که چنین تغییری موجب افزایش درخورتوجه اثربخشی و انعطاف‌پذیری فرایندهای تولید و افزایش ارزش‌افزودهٔ محصولات و خدمات خواهد شد. گذار به کارخانه‌هایی که کاملاً هوشمند و خودکار عمل می‌کنند پیش‌ازاین 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 نقلیهٔ خودران، شبکه‌های هوشمند انرژی ، به‌طور 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 به‌سرعت جابه‌جا می‌کند، بازار جهانیِ 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 شتاب‌گرفتن تحولات نیروی کار پنجرهٔ فرصت‌های مدیریت فعال آنها به‌سرعت در حال بسته‌شدن است و کسب‌وکارها، 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 حوزهٔ آموزش است. برای پاسخ‌گویی به تغییرات انقلاب صنعتی چهارم، مجموعهٔ مهارت‌های جدیدی نیاز است که نقش‌هایی بدیع برای حوزهٔ آموزش در پی دارند.

آموزش ۴/۰ که «آموزش نسل ۴» و متأثر از انقلاب صنعتی معرفی شده است به‌طریقی یکپارچه‌سازی دیجیتال را در زندگی روزمرهٔ افراد متبلور می‌سازد. در آموزش ۴/۰، اطلاعات همه‌جا در دسترس است و فرایند یادگیری و تدریس پویاست. آموزش ۴/۰ استفادهٔ اقتصادی از اطلاعات را به‌طور درخورتوجهی 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 تجربهٔ یادگیری دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد. اینترنت اشیا، به‌طور ویژه با افزایش محبوبیت ابزارهای موبایل، تأثیر زیادی بر آیندهٔ

تحصیلات خواهد داشت. این فناوری به ایجاد ارتباط سریع و تعامل بیشتر بین دانش‌آموزان و معلمان در خارج از کلاس کمک خواهد کرد. آیندهٔ یادگیری در دانشگاه‌ها متفاوت خواهد بود چراکه هر واحد یا موضوع درسی براساس خودارزیابی شخصی‌سازی خواهد شد (Halili et al., 2020).

همان‌گونه‌که ذکر کردیم، انقلاب صنعتی چهارم بر نیروی کار و نظام‌های آموزشی تأثیر داشته است. همچنان‌که محل کار به‌سرعت تغییر می‌کند شایستگی‌های جدیدی ظاهر و مهارت‌هایی ضروری برای رقابت و اشتغال دانش‌آموزان در آیندهٔ نزدیک ایجاد می‌شود. مطالعهٔ حاضر با درنظرگرفتن اهمیت این موضوع و با هدف شناسایی مسائل آموزش بر اثر انقلاب صنعتی چهارم، و رتبه‌بندی و شناسایی راهکارهای مناسب هریك از آنها صورت گرفته است.

۲. پیشینهٔ 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 آموزشِ عالی تأثیر خواهد داشت.

نظام تأثیرگذاری وسیع انقلاب صنعتی چهارم موجب تحقیقاتی روی عوامل مؤثر بر انقلاب صنعتی چهارم، آموزش‌های موردنظر برای این انقلاب و نحوهٔ تغییر آموزش شده است. برای نمونه، ایلوری و آجاگونا (Ilori & Ajagunna, 2020) درخصوص تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر سطوح گوناگون یادگیری پژوهش کردند و نتیجه گرفتند که انقلاب صنعتی بر اصول یادگیری، از ابتدایی تا آموزشِ عالی، تأثیرگذار بوده است. آنان خاطرنشان کردند که برنامهٔ درسی می‌بایست پویا باشد و همپا با پیشرفت‌های فناوری و مهارت‌های موردنیاز قرن بیست و یکم تغییر یابد. همچنین پژوهش‌هایی درزمینهٔ مشکلات انقلاب صنعتی چهارم، دگرگونی بازار کار و نیاز به مهارت‌های جدید شده است. مؤسسهٔ جهانی مك‌کینسکی (Mckinsy 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 درزمینهٔ تغییر برنامهٔ درسی و آموزش شده است. برای مثال، آموزشِ عالی در عصر انقلاب صنعتی چهارم چگونگی پاسخ‌گویی آموزشِ عالی را به تقاضاهای اقتصاد اتوماسیون بررسی کرده است (Gleason, 2018). یک شرکت آموزشِ عالی جهانی، در ۲۰۱۹، همایشی بین‌المللی را با عنوان «انقلاب صنعتی ۴/۰ و جوامع پیر: نقش‌های درحال‌تغییر 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، به‌دلیل 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؛ به‌عبارت 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 • هماهنگی اعتبارنامه‌های خُرد با استانداردها و چارچوب‌های صلاحیت ملی	یکنواخت نبودن
(Grenčiková, Kordoš, & Navickas, 2021)	تأثیر صنعت ۴/۰ بر محتوای آموزشی	نیاز به آموزش با دیدی بسیار گسترده‌تر، نیاز به آموزش‌هایی درزمینهٔ 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 مرتبط 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 ارائهٔ پایهٔ پیشبرد تحقیقات IS	آمیخته (کمّی و کیفی)	• مفهوم‌سازی و تعریفی جدید از خودکارسازی هوشمند • ارائهٔ الگوی مبتنی‌بر 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 دراین‌زمینه محدود است و شکاف‌های درخورتوجهی در دانش دارد. مطالعات درمورد این موضوع کم است.
(David et al., 2022)	ادغام فناوری‌های چهارمین انقلاب صنعتی (IR4) در پیوند فناوری کار و مهارت	بررسی رابطهٔ فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم و رابطهٔ کار و مهارت، با ارزیابی کاربردهای فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم بر پیوند آموزش	تحلیل محتوا	• بیشتر فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم با پیوند WEF ادغام نشده‌اند. • نتایج تحلیل کتاب‌سنجی نشان می‌دهد ادغام چهارمین انقلاب صنعتی با پیوند IR0/4 منجر به شیوه‌های تولید دانش بهتر می‌شود.	آزمایش‌پذیری: میزانی است تا فناوری بهره‌برداری‌شده به‌صورت محدود آزمایش کند.
(Maresova et al., 2018)	پیامدهای صنعت ۴/۰ در آموزش	برای کمک به مجموعهٔ دانش Industry 0/4 که مربوط به آموزش است.	مرور محدوده	توصیف روشن توسعهٔ سرمایهٔ انسانی، پذیرش فناوری هوشمند، تولید هوشمند و دیجیتالی‌شدن	مراحل روش‌شناختی ندارد.
(Tri et al., 2021)	تأثیر انقلاب صنعتی ۴/۰ بر آموزشِ عالی ویتنام: چالش‌ها و فرصت‌ها	تأثیر انقلاب صنعتی ۴/۰ بر آموزشِ 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	• فزایش آگاهی و تجدید تفکر دربارهٔ توسعهٔ آموزشِ عالی در راهبرد کلی توسعهٔ کشور • روند تحول دیجیتال تسریع شود و در به‌کارگیری موارد جدید پیش‌گام شوند.	تحلیل تجربی ندارد.
(International Labour Organization, 2021)	چارچوب جهانی دربارهٔ مهارت‌های اصلی برای زندگی و کار در قرن بیست و یکم	نحوهٔ توانمندسازی کارگران در دستیابی به کار شایسته و بهبود استانداردهای زندگی	مروری	• توسعهٔ یک دورهٔ گستردهٔ آنلاین باز (MOOC) درخصوص مهارت‌های اصلی، برای ظرفیت‌سازی سیاست‌گذاران، معلمان، ارزیابان و یادگیری • عرضهٔ جعبه‌ابزار دیجیتال 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 انتخاب‌شده دارای چندین محدودیت هستند: • انسجام‌نداشتن در تعریف و دسته‌بندی مهارت‌های اصلی • تفاوت در اصطلاح و نداشتن تعریف مفهومی برای هر مهارت اصلی • نبودِ بحث درمورد توسعهٔ مهارت‌های اصلی، نه‌تنها برای جوانان بلکه برای کارگران مسن‌تر و گروه‌های محروم

ادامه جدول ۱

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 آموزش‌وپرورش	نظرسنجی با گوگل	• مدیریت می‌بایست بودجهٔ بیشتری را به معرفی شیوهٔ دیجیتالی نظام آموزشی در سطح مؤسسه تخصیص دهد. • مؤسسه و صنایع، هر دو، می‌بایست با استفاده از روش یادگیری مبتنی‌بر پروژه در محیط مشارکتی کار کنند.	• پاسخ‌های نامرتبط • 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، خلاق‌بودن و ارتباطی‌بودن، با استفاده از فناوری و مشارکت‌دادن 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	مطالعهٔ توصیفی پرسش‌نامهٔ مبتنی‌بر مقیاس لیکرت	• باید تلاش بیشتری، مانند سازماندهی سمینارها، دوره‌ها و انجمن‌های مرتبط با چالش‌های IR 0/4، برای دانشجویان شود. • برای تشویق دانش‌آموزان به ارتقای مهارت‌های خود در فناوری اطلاعات و دانش IR0/4، توصیه می‌شود همهٔ دانش‌آموزان موضوع مربوط به IR0/4 خود را برای پروژهٔ سال آخر انتخاب کنند.	تعداد اندک جامعهٔ آماری
(Majid & Zamin, 2019)	انقلاب صنعتی چهارم: تأثیر بر برنامهٔ درسی و مفهوم ضمنی آن در مؤسسات آموزشِ عالی مالزی	بازنگری مؤسسات آموزشِ عالی مالزی در برنامهٔ درسی، در واکنش به انقلاب صنعتی چهارم	• مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته • تحلیل محتوا	نیاز به بازنگری در برنامهٔ درسی موجود، برای تکمیل نیازهای آموزشی مهارت‌های IR0/4، مهارت مجدد استادان در رویکردهای آموزشی و بررسی اجرای iCGPA به‌عنوان زمینهٔ نشان‌دادن مهارت‌های IR0/4 و ارتقای دانش‌آموختگان	درک مبهم شرکت‌کنندگان از IR0/4

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

دول ۲ مشکلات حوزهٔ 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 کسب‌وکار، برای شناسایی بهتر نیازمندی‌های آن	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۲	انطباق‌ناپذیری و نبودِ راهبرد راه‌اندازی برنامه‌های کسب‌وکار و هماهنگی فعالیت‌ها در مؤسسات و دانشگاه‌ها	ایجاد ارتباط بین دانشگاه و صنعت	(Benešová & Hirman, 2018)
		شناسایی درست نیازمندی‌های کسب‌وکار برنامه‌های آموزشی دانشگاه‌ها را برای راه‌اندازی برنامه‌های کسب‌وکار و هماهنگی فعالیت‌ها در محیط کار ارتقا می‌دهد.	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۳	نبودِ برنامه‌ریزی و آموزش فناوری‌های نوین به نیروی متخصص؛ کمبود افراد ماهر	استفاده از تجربهٔ کشورهای پیشرو در صنعت ۴/۰	(Vân et al., 2020)
		استفاده از مربیان مشاغل در دانشگاه‌ها	(Aulbur & Bigghe, 2016)
		سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آموزشی، برای برآوردن نیازهای مهارتی شرکت‌ها و سازمان‌ها	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۴	کیفیت پایین کار معلمان	جذب معلم، فقط از ورودی‌های دانشگاه فرهنگیان	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		برگزاری کارگاه به‌روزرسانی دانش فناورانه معلمان	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
		اجرای سیاست جذب دانشمندان واجدشرایط به تدریس در مؤسسات آموزشِ عالی	(Ahmadi & Mansouri, 2021a)
۵	جذب‌نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی	تخصص در استفاده از فناوری	(Buchanan et al., 2016)
		علاقه و ابتکار در استفاده از فناوری	(Buchanan et al., 2016)
		ادغام خلاقانهٔ فناوری: ایجاد محصولات جدید	(Buchanan et al., 2016)
۶	پشتیبانی مالی اندک دولت	اجرای سیاست‌های حمایت‌کننده و تأمین مالی متناسب با نیازمندی‌های ۴/۰	(Benešová et al., 2018)
		تجدیدنظر در اختصاص بودجه به زیرساخت‌های آموزشی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
		اجرای سیاست‌های حمایت‌کننده و تأمین مالی برای توسعهٔ مهارت‌ها	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
۷	گران‌بودن فناوری‌ها	تولید بومی فناوری‌های جدید با پژوهش در دانشگاه‌ها و مراکز علمی	(Ustundag et al., 2018)
		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 فناوری‌های موجود	مشارکت فعال دولت و صنعت در تأمین منابع مالی فناوری‌های جدید	(Ustundag et al., 2018)
		تجدیدنظر در اختصاص بودجه به زیرساخت‌های آموزشی	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
۹	محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی و زمینه‌های موردنیاز 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 زیرساخت‌های مناسب و توسعهٔ مراکز نوآوری	(Industry 0/4 India Inc. Gearing up for Change, 2018)
۱۰	بازنویسی‌نکردن منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی	هم‌تراز کردن برنامه‌های درسی با نیازمندی‌های ۴/۰	(Rizal, et al., 2020)
		استفاده از نظرسنجی از فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، پس از گذشت یک دوره، درخصوص نحوهٔ جذب در بازار کار و بازنگری در رشته‌های تحصیلی	(Ahmadi & Mansoori , 2021b)
۱۱	ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر	رویکرد یادگیری بزرگسالان	(Archanya, 2021)

توسعهٔ شایستگی‌های اساسی دانشجویان امروزی به‌منظور پاسخ به چالش‌های آینده مستلزم رشد فنی، فناورانه و تحلیلی آنان است (Shahrestani et al., 2024). در سطح جهانی، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی با همکاری نزدیک‌تر با صنایع و به‌روزرسانی برنامه‌های درسی خود به تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم پاسخ می‌دهند. برای مثال، دانشگاهMIT در ایالات متحد، با تمرکز بر فناوری‌های نوین و ایجاد مراکز تحقیقاتی برای تعامل با صنعت، برنامه‌های آموزشی خود را به‌روز کرده است. دانشگاه‌های آکسفورد و کمبریج در بریتانیا نیز، با طراحی دوره‌های تخصصی در زمینه‌های هوش مصنوعی و داده‌های کلان، به تربیت افراد مؤثر در این حوزه پرداخته‌اند. دانشگاه ملی سنگاپور، با تأکید بر نوآوری و کارآفرینی، تسهیلات جالبی برای پژوهش و توسعهٔ فناوری‌های جدید فراهم کرده است. همچنین دانشگاه‌های کانادا، مانند بریتیش‌کلمبیا، روی تحقیق درزمینهٔ پایداری و فناوری‌های سبز تمرکز دارند. این تجارب نشان می‌دهند که دانشگاه‌های جهانی در حال پذیرش تغییر الگوهای فکری و ادغام فناوری‌های نوین، به‌منظور ارتقای کیفیت آموزش و پاسخ‌گویی به نیازهای بازار کار، هستند.

در ایران، دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی، برای انطباق با تحولات ناشی از انقلاب صنعتی چهارم، در حال تغییر و به‌روزرسانی برنامه‌های تحصیلی خود هستند. دانشگاه تهران با راه‌اندازی دوره‌های جدید درزمینهٔ فناوری اطلاعات و هوش مصنوعی، دانشگاه صنعتی شریف با معرفی رشته‌های رباتیک

و یادگیری ماشین، و دانشگاه علم‌وصنعت ایران با برگزاری دوره‌های کارشناسی‌ارشد و دکتری در حوزهٔ اینترنت اشیا و داده‌های کلان، به تربیت نیروی انسانی متخصص پرداخته‌اند (Ahmadi, 2019).

بررسی ادبیات تحقیق نشان می‌دهد درخصوص اولویت‌بندی مشکلات حوزهٔ 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 شناسایی‌شدهٔ IR0/4 در آموزش نیروی انسانی، به‌کار رفته که بهره‌گیری از آن جزو نوآوری‌های این پژوهش است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر انقلاب صنعتی چهارم بر آموزش مبتنی‌بر انقلاب صنعتی چهارم در حوزهٔ مهندسی بوده است.

ابتدا، مطالعات کتابخانه‌ای، به‌منظور کسب اطلاعات دربارهٔ تأثیر انقلاب صنعتی بر آموزش، انجام گرفت.

- جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ استادان خبرهٔ دانشگاه صنعتی ارومیه (۱۵ نفر) درزمینهٔ انقلاب صنعتی چهارم بود.
- روش‌های پژوهشْ FMEA و F-SWAR، برای تشخیص اولویت‌بندی سناریوهای شکست، با توجه به رویکرد توسعه‌یافتهٔ سوارا فازی، در سه مرحله است. در گام اول، ضمن شناسایی مشکلات توسط گروه FMEA در محدودهٔ ارزیابی ریسک، معیارهای سه‌گانه مقداردهی می‌شوند. در گام دوم، برای سنجش معیارهای سه‌گانه، از روش F-SWARA استفاده می‌شود. F-SWARA، برخلاف روش معمول SWARA، قابلیت اطمینان هریک از سه عامل را در مطالعهٔ حاضر در نظر می‌گیرد.
- در این روش، مشکلات ازطریقِ مصاحبه با افراد خبره شناسایی و از روش F-SWARA برای تعیین وزن معیارهای سه‌گانه استفاده می‌شود. همچنین سعی کردیم موانع را، با توجه به اهمیت معیارها، با استفاده از روش F-SWARA اولویت‌بندی کنیم.
- به‌منظور شناسایی آموزش‌های موردنیاز و منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم، از ابزار FMEA و پرسش‌نامه استفاده شد که ابزار تعیین و ازبین‌بردن ریسک‌ها و مشکلات احتمالی است. مشکلات، با توجه به مصاحبهٔ نیمه‌ساختارمند 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 گام‌به‌گام اوزان) امکان ارزیابی نظر خبرگان دربارهٔ اهمیت معیارها در فرایند تعیین وزن است.

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

گام اول) مرتب‌کردن شاخص‌ها (معیارها)

گام دوم) تعیین اهمیت نسبی ( )

در این مرحله، اهمیت نسبی هرکدام از شاخص‌ها در برابر شاخص مهم‌تر قبلی مشخص می‌شود که با نشان داده شده است.

گام سوم) محاسبهٔ ضریب k_j

$$K_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (۱)$$

گام چهارم) محاسبهٔ وزن اولیهٔ هر شاخص (q_j)

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \dfrac{k_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (۲)$$

گام پنجم) محاسبهٔ وزن نهایی

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^{n} q_k} \quad (۳)$$

۳-۱. روش SWARA-FUZZY

روش سوارا فازی نیز همانند روش سوارا کار می‌کند، یعنی به‌کمک این روش می‌توان وزن معیارها را محاسبه کرد و وزن‌های این روش فازی هستند. تعدادی عامل، مانند اطلاعات دسترسی‌ناپذیر، اطلاعات ناقص، اطلاعات تصورناپذیر و جهل جزئی، باعث بی‌دقتی در تصمیم‌گیری می‌شوند. ابتدا، با توجه به هدف مسئله، خبرگان معیارهای ارزیابی را به‌صورت نزولی طبقه‌بندی می‌کنند. مقیاس‌های فازی را در جدول ۳ نشان داده‌ایم.

جدول ۳ تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی

متغیرهای زبان‌شناختی	مقیاس‌های پاسخ
به‌یک اندازه مهم	(۱،۱،۱)
نسبتاً کم‌اهمیت	(۳/۲ ،۱ ،۲/۳)
کم‌اهمیت	(۲/۳ ،۱/۲ ،۲/۵)
کم‌اهمیت‌تر	(۲/۵ ،۱/۳ ،۲/۷)
بسیار کم‌اهمیت	(۲/۷ ،۱/۴ ،۲/۹)

سپس، خبرگان نمره‌ای را بین ۱ و ۰، درخصوص معیار قبلی، به شاخص j مقدار(1-j) اختصاص می‌دهند و این کار برای هر معیار تکرار می‌شود که همان تعیین اهمیت نسبی $\tilde{S}_j$ است. آنگاه ضریب $\tilde{k}_j$ با رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\tilde{K}_j = 1 \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \tilde{S}_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (۴)$$

و وزن اولیهٔ با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{q}_j = \begin{cases} \tilde{1} & j = 1 \\ \frac{\tilde{\tilde{k}}_{j-1}}{\tilde{k}_j} & j > 1 \end{cases} \quad (۵)$$

و در آخر، وزن نهایی w_j شاخص‌ها ازطریقِ رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{w}_j = \frac{\tilde{q}_j}{\sum_{k=1}^{n} \tilde{q}_k} \quad (۶)$$

۳-۲. روش آراس

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

گام اول) تشکیل ماتریس تصمیم: اولین گامِ این روش تشکیل ماتریس تصمیم است. ماتریس تصمیم‌گیری ماتریس ارزیابی تعدادی گزینه (m) برپایهٔ تعدادی معیار (n) است، یعنی در آن هر گزینه براساس تعدادی معیار امتیازدهی شده است. ماتریس تصمیم با X و هر درایهٔ آن با X IJ نشان داده می‌شود.

$$X = (xmn) \qquad i=0, m; j=1, n \quad (۷)$$

گام دوم) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال: نرمال‌سازی یا بی‌مقیاس‌سازی دومین گام در حل تمامی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ مبتنی‌بر ماتریس تصمیم است. در روش‌هایMCDM ، بهتر است از واژهٔ «بی‌مقیاس‌سازی» استفاده شود و سپس به‌روش خطی نرمال شوند.

$$N = ( ) \qquad i=0, m; j=1, n \quad (۸)$$

گام سوم) تشکیل ماتریس تصمیم نرمال موزون: در گام سوم روش آراس ARAS، می‌بایست ماتریس تصمیم نرمال ایجادشده موزون شود. بدین‌منظور، وزن هر معیار در همهٔ درایه‌های زیر معیار ضرب می‌شود. وزن معیارها می‌بایست از قبل مشخص شود.

$$V = (vmn) \qquad i=0, m; j=1, n \quad (۹)$$

گام چهارم) محاسبهٔ مقدار مطلوبیت: در گام چهارم روش آراس، مقدار مطلوبیت هر گزینه به‌وسیلهٔ تابع مطلوبیت محاسبه می‌شود. بهترین گزینه آن است که مطلوبیت بزرگ‌تری دارد. همچنین، در پایان، می‌بایست درجهٔ مطلوبیت محاسبه شود. مقدار مطلوبیت هر گزینه با Si با رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$(Si = \sum(Vij \quad (۱۰)$$

که Si تابع مطلوبیت برای گزینهٔ 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) درجهٔ مطلوبیت گزینه و اولویت‌بندی گزینه‌ها: درجهٔ مطلوبیت گزینه برپایهٔ مقایسه با یک

مقدار بهینه محاسبه می‌شود. مقدار بهینه برپایهٔ دیدگاه خبرگان و بهترین مقادیر ماتریس موزون‌شده به دست می‌آید.

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

که Si تابع مطلوبیت هر گزینه و S0 مقدار بهینهٔ تابع مطلوبیت است که در پژوهش حاضر از بهترین مقدار ماتریس موزون‌شده 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 معیار و گزینه است.

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

(mتعداد گزینه‌ها، n تعداد معیار معیّن هر گزینه)

Xij ارزش فازی مقدار کارایی گزینهٔ i را در وضعیت معیار j بیان می‌کند، مقدار X0j نیز نشان دهنده مقدار بهینهٔ معیار .j است. علامت "õ" نیز که در بالای نمادها قرار دارد نشان‌دهندهٔ مجموعه‌های فازی است.

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

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^{m2} \tilde{x}_{ij}}$$
$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^*}; \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^{m} \tilde{x}_{ij}} \quad (13)$$

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 سطریِ 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 رابطهٔ زیر مشخص شده است:

$$s_i = \frac{1}{3}\left(s_{i\alpha} + s_{i\beta} + s_{i\gamma}\right) \quad (۱۴)$$

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

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

۳-۴. نتایج

الف) پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی: چارچوب توسعه‌یافتهٔ F-SWARA برای اولویت‌بندی موانع آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی استفاده شد. بدین‌منظور، مسئلهٔ تصمیم‌گیری و رتبه‌بندیِ ۲۷ مانع آموزش‌های منطبق بر انقلاب صنعتی چهارم را انتخاب کردیم که r1، r2، r27،... هستند.

- پرسش‌نامهٔ 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 مسئلهٔ 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 عدم‌اطمینان 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 همهٔ معیارها را، براساس درک ضمنی، اطلاعات و تجربیات خود، رتبه‌بندی می‌کند. در مرحلهٔ بعد، با هدف اولویت‌بندی ریسک‌ها و موانع، از روش آراس در وضعیت فازی استفاده شد که در آن ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل‌شده در جدول ۴ را نرمال می‌کنیم. در گام بعدی، با استفاده از روش سوارا فازی ، معیارها ، وزن دهی می شوند. سپس، با اجرای روش آراس فازی، ریسک‌ها و موانع اولویت‌بندی می‌شوند.

جدول ۴ مشکلات شناسایی‌شده، همراه با مقادیر معیارهای سه‌گانه

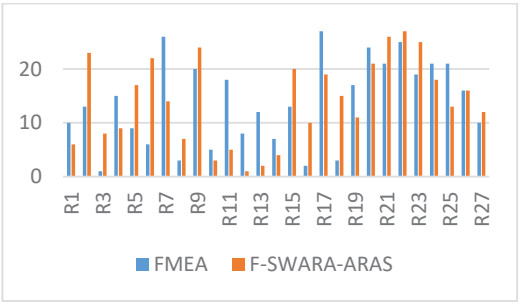
عنوان مشکل	ردیف			
کمبود پشتیبانی مالی دولت	R_1	۹	۹	۷
ضعف شبکهٔ اینترنت و مشکلات پهنای‌باند در برخی از مناطق	R_2	۷	۷	۸
فناوری ناکافی	R_3	۹	۹	۶
محدودیت دسترسی به نرم‌افزارهای تخصصی و بسترهای موردنیاز و مسائل فنی	R_4	۹	۹	۶
نبودِ مدارس فناوری و توسعه‌نیافتگی مراکز نوآوری و آموزش نمونه	R_5	۸	۸	۷
پیچیدگی بسترهای یادگیری	R_6	۷	۵	۵
نبودِ استفادهٔ مؤثر و درست از زیرساخت دیجیتالی	R_7	۷	۵	۵
گران‌بودن فناوری‌ها	R_8	۹	۸	۷
تنش‌ها و نگرانی‌های ناشی از عدم‌قطعیت‌ها	R_9	۷	۵	۷
نبودِ برنامه‌ریزی و آموزش‌های تربیت نیروی متخصص درزمینهٔ فناوری‌های نوین، و کمبود افراد ماهر	R_{10}	۹	۹	۹
کیفیت پایین کار معلمان	R_{11}	۹	۹	۹
ضعف طراحی محتوای آموزشی	R_{12}	۹	۱۰	۹
انطباق‌ناپذیری و راهبردنداشتن مؤسسات و دانشگاه‌ها برای راه‌اندازی برنامه‌های کسب‌وکار و هماهنگی فعالیت‌ها	R_{13}	۱۰	۹	۹
جذب‌نکردن افراد توانمند در رشته‌های فنی	R_{14}	۹	۸	۸
نبودِ همکاری بین بخش‌ها و تقسیم‌نشدن درست نظام آموزش الکترونیك	R_{15}	۹	۷	۵
بازنویسی‌نکردن منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی	R_{16}	۹	۹	۶
تهیه‌نکردن برنامه‌های آموزش الکترونیك و هم‌ترازنبودن برنامه‌های درسی با نیازمندی‌های IR۰/۴	R_{17}	۶	۴	۴
ارتقا نیافتن فرهنگ پژوهش در حوزهٔ IR۰/۴	R_{18}	۹	۹	۵
کمبود راهبردهای مناسب	R_{19}	۸	۸	۵
تمرکزنداشتن دانشگاه‌ها بر دانش عملی و نتیجه‌محوری	R_{20}	۷	۵	۶
نارضایتی افراد	R_{21}	۶	۵	۸
کمبود امنیت داده‌ها	R_{22}	۵	۵	۶
ناکافی‌بودن آموزش پایه	R_{23}	۶	۶	۷
کمبود استانداردها	R_{24}	۸	۶	۵
ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر	R_{25}	۹	۶	۵
شجاع‌نبودن در ایجاد تحول بنیادین	R_{26}	۸	۶	۶
حواس‌پرتی، ضعف مدیریت زمان و تعامل با دیگران	R_{27}	۹	۷	۵

د) **تحلیل حساسیت و مقایسه:** برای نشان‌دادن قابلیت‌ها و برتری‌های روش توسعه‌یافته بر روش‌های مرسوم، به مقایسهٔ 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

ردیف	مقایسه	
	FMEA	F-SWARA-ARAS
$R_{۱}$	۱۰	۶
$R_{۲}$	۱۳	۲۳
$R_{۳}$	۱	۸
$R_{۴}$	۱۵	۹
$R_{۵}$	۹	۱۷
$R_{۶}$	۶	۲۲
$R_{۷}$	۲۶	۱۴
$R_{۸}$	۳	۷
$R_{۹}$	۲۰	۲۴
$R_{۱۰}$	۵	۳
$R_{۱۱}$	۱۸	۵
$R_{۱۲}$	۸	۱
$R_{۱۳}$	۱۲	۲
$R_{۱۴}$	۷	۴
$R_{۱۵}$	۱۳	۲۰
$R_{۱۶}$	۲	۱۰
$R_{۱۷}$	۲۷	۱۹
$R_{۱۸}$	۳	۱۵
$R_{۱۹}$	۱۷	۱۱
$R_{۲۰}$	۲۴	۲۱
$R_{۲۱}$	۲۱	۲۶
$R_{۲۲}$	۲۵	۲۷
$R_{۲۳}$	۱۹	۲۵
$R_{۲۴}$	۲۱	۱۸
$R_{۲۵}$	۲۱	۱۳
$R_{۲۶}$	۱۶	۱۶
$R_{۲۷}$	۱۰	۱۲

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 شناسایی‌شدهٔ 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 به‌ترتیبِ اهمیت رتبه‌بندی شدند. در پایان، روش پیشنهادی این پژوهش، برای نشان‌دادن قابلیت‌ها و اثربخشی، با روش FMEA مقایسه شد که نتایجْ برتری روش پیشنهادی را نشان داد.

هـ) **تحلیل ریسک‌ها:** با بررسی جدول ۵ نتیجه می‌گیریم که ریسک ۱۲ و ریسک ۱۳، با کسب بیشترین امتیاز، ریسک‌های بحرانی و نیازمند اقدامات اصلاحیِ فوری هستند. دراین‌میان، 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 برطرف‌کردن نیازهای بازار کار، منابع درسی می‌بایست متناسب با نیازمندی‌های محیط کار باشند (Aulbur & Bigghe, 2016). این نیازمندی‌ها به‌واسطهٔ 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 برنامهٔ درسی دانشگاه‌ها را، برای راه‌اندازی برنامه‌های کسب‌وکار و هماهنگی محتوا با محیط کار، تدوین کرد.

- **نبودِ برنامه‌ریزی درست و کمبود افراد؛ کم‌کارآمدی معلمان؛ جذب‌نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی:** در سال‌های اخیر، در جهان و نیز کشور ما، استقبال کمتری از رشته‌های مهندسی و علوم‌پایه شده و تعداد دانش‌آموزان دبیرستانی‌ای که شاخهٔ ریاضی و علوم را انتخاب می‌کنند به‌صورت فزاینده‌ای در حال کاهش است (Faiz, 2024). برای رفع این مشکل، می‌توان از تجربهٔ کشورهای پیشرو درزمینهٔ صنعت ۴/۰ استفاده (Vâ 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 فناور برای استادان؛ بهره‌گیری از استادان مهارتی صنایع در دانشگاه‌ها؛ رسمی‌کردن مربیان مشاغل به‌منظور استفاده در دانشگاه‌ها؛ طراحی دوره‌های آموزشی تخصصی به‌درخواست شرکت‌ها؛ سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های آموزشی به‌منظور برآوردن نیازهای شرکت‌ها؛ بهبود کیفیت هیئت‌علمی، مدرسان و مدیران؛ تضمین استقلال مؤسسات آموزشِ عالی در انتخاب و تأیید استادان؛ کنترل مراحل پذیرش و ارزیابی پایان‌نامه‌ها؛ همکاری‌های تحقیقاتیِ علمی فراملی، و بهبود کیفیت به‌منظور نزدیک‌شدن به استانداردهای منطقه‌ای و بین‌المللی مدیریت از راهکارهای مشکل ضعف طراحی محتوای آموزشی است.
- **حمایت مالی ناکافی دولت از توسعهٔ زیرساخت‌ها:** با امتیاز(گرنت)های صنعت چهارم، بودجهٔ 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.
- **گران‌بودن فناوری؛ کافی‌نبودن فناوری‌ها:** با پژوهش در دانشگاه‌ها، می‌توان فناوری را به‌صورت بومی تولید و استفاده کرد که از هزینهٔ گزاف خرید فناوری به‌شدت می‌کاهد و به‌مرور زمان باعث غنی‌ترشدن فناوری‌های دردسترس و رفع مشکل نبودِ فناوری‌های کافی می‌شود.
- **بازنگری‌نکردن در منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی:** تغییرات سریع فناوری ماهیت کارها را به‌سرعت تغییر داده است. ازاین‌رو، برنامه‌های درسی می‌بایست مرتب به‌روزرسانی شوند تا نیروی متخصص، با توجه به نیازمندی‌های انقلاب صنعتی چهارم (Rizal et al., 2020) وبازار کار، تربیت شود. برای به‌روزرسانی محتوای درسی، می‌توان از فارغ‌التحصیلان دانشگاهی، پس از گذشت یک دورهٔ زمانی از فارغ‌التحصیلی‌شان، نظرسنجی کرد تا چالش‌های محتوای درسی شناسایی شود (Ahmadi & Mansouri, 2021).
- **ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر:** رابطهٔ نزدیک انقلاب صنعتی چهارم با فناوری‌های اطلاعاتی-ارتباطی و زیرساخت‌های فنی اهمیت آموزش فنی و حرفه‌ای را افزایش می‌دهد. با توجه به سرعت توسعهٔ فناوری، مفهوم یادگیری به دوره‌ای خاص محدود نمی‌شود و «یادگیری مادام‌العمر»

معنا می‌یابد. دراین‌زمینه، 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 کارِ سازگار با صنعت ۴/۰، می‌بایست محتوای برنامه‌های کارشناسی و کارشناسی‌ارشد بازنگری و کارآفرینی، نوآوری و فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات تقویت شود. علاوه‌براین،می‌بایست دانشگاه‌ها و دیگر مؤسسات آموزشی، با تعیین حوزهٔ 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 حوزهٔ مهندسی در دوران انقلاب صنعتی چهارم، ابتدا به شناسایی مشکلات مطالعهٔ 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 بهره گرفتیم. در ادامه، با استفاده از روش پیشنهادی، مشکلات اولویت‌دار را شناسایی کردیم که عبارت‌اند از: ضعف طراحی محتوای آموزشی؛ نبودِ برنامه‌ریزی درست و کمبود افراد؛ کم‌کارآمدی معلمان؛ جذب‌نکردن افراد توانمند به رشته‌های فنی؛ حمایت ناکافی دولت از توسعهٔ زیرساخت‌ها؛ گران‌بودن فناوری یا کافی‌نبودن فناوری‌ها؛ بازنگری‌نکردن در منابع آموزشی و رشته‌های تحصیلی، و ضعف فرهنگ‌سازی برای یادگیری مادام‌العمر.

برای نشان‌دادن 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, AustriaVolume: 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.
- Grenčiková, 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. *Utopía 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. *Economies*. 6. 46. 10.3390/economies6030046.
- 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.
- 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/ijoaser.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/ijee.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 2016-201.7.
- Ziatdinov, R., Atteraya, M.S., Nabiyev, 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 رشتهٔ مهندسی فناوری اطلاعات از دانشگاه صنعتی ارومیه است. مقالهٔ حاضر از پایان‌نامهٔ ایشان، تحت راهنمایی دکتر فرید احمدی و مشاورهٔ دکتر سعید جعفرزاده، استخراج شده است. وی دبیر وزارت آموزش‌وپرورش 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 باسابقهٔ حوزه‌های اقتصاد، فناوری اطلاعات و بانکداری، با تجربه‌های متعدد در بخش‌های دولتی و خصوصی، است.

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