فصلنامه مهندسی مدیریت نوین
سال یازدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۴

طراحی مدل شایستگی‌های نیروی کار با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی

علی میرزائی اسلاملو[۱]، مجید باقرزاده خواجه[۲]، مرتضی محمودزاده[۳]، مجتبی رمضانی[۴]

چکیده

آخرین پیشرفت فناوری به نام انقلاب صنعتی چهارم، مانند انقلاب‌های صنعتی قبلی، چالش جدیدی را برای افراد به‌عنوان نیروی کار ایجاد کرده است، زیرا فناوری‌های جدید به مهارت‌ها و شایستگی‌های جدید نیاز دارند. بر همین اساس هدف این پژوهش مدل‌سازی شایستگی‌های نیروی کار در صنایع تولیدی انقلاب صنعتی چهارم بوده و روش تحقیق آن توصیفی- مدل‌سازی و جامعه آماری آن شامل دو بخش خبرگان و مدیران شرکت‌های تولیدی در استان آذربایجان شرقی است. در این پژوهش ۱۷ نفر از خبرگان در بخش اول مشارکت داشته و ۱۷۵ نفر از مدیران شرکت‌های تولیدی بزرگ در بخش دوم پژوهش به پرسشنامه‌ها پاسخ داده‌اند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از مدل‌سازی ساختاری- تفسیری و مدل‌سازی مسیری- ساختاری بر اساس رویکرد حداقل مربعات جزئی بهره گرفته می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل شایستگی‌های نسل چهارم نیروی کار در صنایع تولیدی در پنج سطح قرار می‌گیرند. شایستگی مهارت‌های فکری بیشترین تأثیرگذاری و مهارت‌های فنی بیشترین تأثیرپذیری را در مدل شایستگی‌های نیروی کار در صنایع تولیدی دارند. آزمون مدل تدوین‌شده در بین شرکت‌ها نشان‌دهنده روایی و پایایی مناسب مدل تبیین شده است. بررسی ضرایب مسیر نشان‌دهنده تأیید روابط مستقیم و غیرمستقیم مؤلفه‌های اصلی شایستگی‌های نسل چهارم نیروی کار و تأیید معنی‌داری این روابط در شرکت‌های تولیدی است.

واژگان کلیدی: شایستگی‌های نیروی کار، انقلاب صنعتی چهارم، مهارت‌های فکری، مهارت‌های فنی

---

۱. دانشجوی دکتری گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

۲. استادیار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نویسنده مسئول)

bagherzadeh@iaut.ac.ir

۳. استادیار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۴. دانشیار گروه مدیریت، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

تاریخ وصول ۱۴۰۳/۱/۶ تاریخ پذیرش ۱۴۰۳/۶/۱۱

۱- مقدمه

انقلاب‌های صنعتی همیشه با پیشرفت‌های تکنولوژیک در تاریخ آغاز می‌شوند. ابتدا استفاده از بخار و نیروی آب در صنعت و سپس استفاده از برق و انتقال به سمت تولید انبوه و پس‌ازآن استفاده از فناوری اطلاعات و اتوماسیون. همه این تحولات در صنعت، مفاهیم کلیدی سه انقلاب صنعتی اول بودند. در دهه گذشته، فناوری‌هایی مانند سیستم‌های فیزیکی-سایبری[1] (CPS) و اینترنت اشیا[2]، انقلاب صنعتی جدیدی را رهبری کردند که در سال ۲۰۱۱ به‌عنوان نسل چهارم صنعتی و یا صنعت ۴/۰ نام‌گذاری شد. نسل چهارم صنعتی شروع به تغییر محیط تولید در کشورهای توسعه‌یافته کرده و انتظار می‌رود طی دهه‌های آینده در سراسر جهان گسترش یابد (Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018). توسعه دیجیتالی شدن و رباتیک منجر به ظهور نسل چهارم صنعتی در محیط تولید شده است (Matt et al, 2020). این پدیده به‌عنوان ارتباط متقابل محیط‌های فیزیکی و سایبرنتیک از طریق استفاده از فناوری‌های دیجیتال شناخته می‌شود (Liu & Xu, 2017). این فرآیند دگرگونی نه‌تنها بر سیستم‌های تولیدی تأثیر می‌گذارد، بلکه تأثیر قابل‌توجهی بر ماهیت کار دارد که انتظارات کارکنان در صنعت را نیز تغییر می‌دهد (Kazancoglu & Ozkan-Ozen, 2018). استفاده از فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی، سیستم‌های فیزیکی سایبری، داده‌های بزرگ و ابرها، تغییرات مخربی را برای نیروی کار ایجاد کرده‌اند و به‌عنوان یک انقلاب اجتماعی و فنی شناخته‌شده‌اند (Fareri et al, 2020; Sony et al, 2020). با سرعت گرفتن تحول دیجیتال در سراسر صنایع، تقاضا برای متخصصان ماهر در جهت‌یابی این تغییرات افزایش یافته است (Ajayi & Udeh, 2024).

افزایش هوشمندی در سیستم فناورانه و تولید داده‌های پیچیده به کارگران واجد شرایط بیشتری نیاز دارد تا در زمینه‌های بسیار متفاوت کاری تصمیم بگیرند (Cagliano et al, 2019; Jerman et al, 2020). بر همین اساس نیز مطالعات مربوط به جنبه انسانی صنعت ۴/۰ بخش اساسی از ادبیات نسل چهارم صنعتی را پوشش می‌دهد (Singh & Alhabbas, 2024; Obermayer et al, 2022).

نیاز به نیروی انسانی با مهارت‌های قدیمی و بروز نشده، به دلیل ماشین‌های پیشرفته‌ای که می‌توانند بین یکدیگر ارتباط برقرار کرده و خود را کنترل کنند، کاهش می‌یابد.

[1]- Cyber-physical systems
[2]- Internet of Things

این وضعیت منجر به تحول قابل‌توجهی در شرح شغلی نیروی کار می‌شود. نسل چهارم صنعتی یک نوع تحول و انقلاب صنعتی جدید است که انواع جدیدی از تعاملات بین کارکنان و ماشین‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد (Moore et al, 2024). بر اساس گزارش لورنز و همکاران (Lorenz et al, 2015)، کنترل کیفیت مبتنی بر داده‌های بزرگ، تولید به کمک ربات، وسایل نقلیه لجستیکی خودران، شبیه‌سازی خط تولید، شبکه تأمین هوشمند، خودسازمان‌دهی تولید و ... از نمونه‌هایی هستند که به لطف نسل چهارم صنعتی در حال حاضر در محیط تولید استفاده می‌شوند. همه این تغییرات انتظارات را نسبت به نیروی کار تغییر می‌دهد.

با توجه به تنوع بالای وظایف نیروی کار در نسل چهارم صنعتی، برای بسیاری از مهارت‌های جدید و نوظهور الزاماتی وجود خواهد داشت که ممکن است در آموزش-های قبلی به کارکنان آموزش داده نشود و حتی برخی از این مهارت‌های قبلی منسوخ شوند (Judijanto et al, 2024)؛ بنابراین، تمرکز بر مهارت‌های مناسب برای نقش‌های جدید در نیروی کار نسل چهارم صنعتی مهم است (Liu et al, 2015).

برررسی‌ها نشان می‌دهد که در رابطه با شایستگی‌های نسل چهارم نیروی کار، تابه‌حال الگو و یا مدل‌های خاصی ارائه نشده است (Miah et al, 2024). بیشتر مطالعات انجام‌گرفته در این حوزه به بررسی چالش‌ها و نیازمندی‌های نیروی کار در نسل چهارم صنعتی توجه نموده‌اند و در آنها مدلی و یا الگوی خاصی برای مشخص نمودن شایستگی‌های نسل چهارم نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم ارائه نشده است. از طرفی نیز بیشتر تحقیقات انجام شده در این حوزه، نگرشی محدود به شایستگی‌های نیروی کار در نسل چهارم صنعتی داشته و این شایستگی‌ها را در چارچوب محدودی بررسی کرده‌اند (Alhloul & Kiss, 2022). به نظر می‌رسد برای شناخت بهتر شایستگی‌ها و مهارت‌های مورد نیاز نیروی کار متخصص در نسل چهارم صنعتی، نیاز به یک نگرش جامع وجود دارد که این تحقیق به دنبال این موضوع است. علاوه بر این با توجه به جایگاه استان آذربایجان شرقی به‌عنوان یکی از قطب‌های صنعتی کشور، حفظ این جایگاه و توسعه آن نیازمند استفاده از فناوری‌های جدید در تولید است که در قالب نسل چهارم صنعتی مشخص می‌گردد؛ بنابراین صنایع تولیدی این استان دیر یا زود بایستی الزامات نسل چهارم صنعتی را مورد پذیرش قرار داده و از ابزار و فناوری‌های آن

در شرکت‌های خود بهره‌گیری نمایند. بر همین اساس با توجه به تأثیر قابل‌توجه فناوری-های نسل چهارم صنعتی بر ماهیت شغل، شایستگی‌ها و مهارت‌های جدیدی نیز برای نیروی کار متخصص این صنایع نیاز خواهد بود. ازاین‌رو مشخص نمودن این شایستگی‌ها در قالب یک مدل می‌تواند به مدیران صنایع تولیدی در جهت نگرش بهتر به پیاده‌سازی الزامات نسل چهارم صنعتی کمک نماید. بر همین اساس هدف این پژوهش طراحی مدل شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی است.

۲- مروری بر ادبیات تحقیق

۲-۱- مفهوم انقلاب صنعتی چهارم

اصطلاح «انقلاب صنعتی» به دوره‌ای از رشد سریع صنعتی، اقتصادی و تغییرات اجتماعی اشاره دارد. انقلاب صنعتی چهارم شیوه زندگی، کار و تعامل افراد با یکدیگر را به‌شدت متحول کرده و درعین‌حال تغییرات عمده‌ای را در دنیای اطراف ایجاد کرده است (Agbaji et al, 2023). پیشرفت‌های علم و فناوری به‌طور مداوم از توسعه صنعتی شدن در سراسر جهان حمایت کرده که تا کنون چهار مرحله کلی از منظر تکامل فناوری شناسایی شده است (Liao et al, 2018).

انقلاب صنعتی اول به‌عنوان یکی از پیشرفت‌های مهم بشری به شمار می‌رود که از اواخر قرن هجدهم با استفاده از تأسیسات تولید مکانیکی با نیروی آب و بخار آغاز شد (Akyazi et al, 2024). انقلاب صنعتی اول با گذار از کار یدی به تولید مکانیزه مشخص شد. جوامع کشاورزی را به جوامع صنعتی تغییر داد زیرا ماشین ها با کمک آب و بخار ساخته می‌شدند (Schwab, 2016). بعدها، در آغاز قرن بیستم، استفاده از فناوری‌های تولید انبوه با نیروی الکتریکی، از طریق تقسیم کار، به‌عنوان دومین انقلاب صنعتی مشخص گردید (Liao et al, 2018). انقلاب صنعتی دوم توسعه صنعتی سریعی را تجربه کرد که بسیار پیشرفته تر از انقلاب صنعتی اول بود که منجر به پیشرفت های قابل توجهی در طیف گسترده‌ای از صنایع، ازجمله تولید، کشاورزی و حمل‌ونقل شد (Fomunyam, 2019). علاوه بر این، دومی تولید انبوه را با کمک برق ممکن کرد. ازاین‌رو این انقلاب را انقلاب تکنولوژیک نیز نامیدند (Agbaji et al, 2023). پس‌ازآن، برای حمایت از اتوماسیون بیشتر تولید، انقلاب صنعتی سوم در حدود اواسط دهه ۱۹۷۰ با رواج الکترونیک و فناوری اطلاعات در کارخانه‌ها آغاز شد (Liao et al, 2018).

برخی از محققان استدلال می‌کنند که انقلاب سوم با استفاده از رایانه انجام شد. اغلب از آن به‌عنوان انقلاب دیجیتال یاد می‌شود و شامل گذار به فناوری‌های مخابراتی، اتوماسیون تولید و توسعه سریع خدمات می‌شود (Fomunyam, 2019).

در چند سال گذشته، همراه با افزایش توجه تحقیقاتی بر روی اینترنت اشیاء و سیستم‌های فیزیکی–سایبری (Azofeifa et al, 2024)، صنعت، دولت‌ها و جامعه به روند «انقلاب صنعتی چهارم» توجه و برای بهره‌مندی ازآنچه می‌تواند ارائه دهد عمل کرده‌اند (Siemieniuch et al, 2015). عصر حاضر، چهارمین انقلاب صنعتی است که بر دیجیتالی شدن صنعت تمرکز دارد (Ertz et al, 2022; Malik et al, 2024). انقلاب صنعتی چهارم بر اساس پیشرفت‌های انقلاب صنعتی سوم ساخته شده که از اواسط قرن گذشته ادامه دارد و تماماً در مورد فناوری دیجیتال است. اصطلاح انقلاب صنعتی چهارم که صنعت ۴/۰ یا نسل چهارم صنعتی نیز نامیده می‌شود توسط کلاوس شواب ابداع شد (Xu et al, 2018). نسل چهارم صنعتی از ترکیب فناوری‌ها تشکیل شده است که خطوط بین دنیای واقعی، دیجیتال و زنده را محو می‌کند (Schwab, 2016). استفاده از محاسبات کوانتومی، هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، اینترنت اشیاء، بیوتکنولوژی، چاپ سه بعدی و وسایل نقلیه خودران ازجمله اجزای ضروری هستند. اگرچه هر انقلاب صنعتی اغلب به‌عنوان یک رویداد مستقل در نظر گرفته می‌شود، اما آن‌ها به‌عنوان مجموعه‌ای از رویدادها بهتر درک می‌شوند که بر اساس ایده‌های انقلاب قبلی ساخته می‌شوند، جایی که هر انقلاب بر اساس اختراعات انقلاب قبل از خود است و منجر به نوآوری‌های پیشرفته‌تر می‌شود (Agbaji et al, 2023).

۲-۲- مجموعه شایستگی‌های نیروی انسانی در نسل چهارم صنعتی

برای رقابت با دنیای جهانی شده در نسل چهارم صنعتی، نیاز به داشتن یک مدل نیروی کار شایسته برای کسب مزیت استراتژیک نسبت به رقبا وجود دارد (Khang et al, 2023). گروهی از محققان از طریق مروری بر ادبیات، شایستگی‌هایی را شناسایی کردند که تازه‌واردان به نیروی کار باید برای اجرای صنعت ۴.۰ این شایستگی‌ها را داشته باشند (Hecklau et al, 2016; Miah et al, 2024;).

دلویت (Deloitte, 2018) و آدا و همکاران (Ada et al, 2021) چهار شایستگی اصلی را برای مدیران منابع انسانی پیشنهاد می‌دهند. این شایستگی‌ها را می‌توان به‌صورت زیر دسته‌بندی کرد؛ اولی، مهارت‌های آمادگی نیروی کار که توانایی‌های اساسی را نشان می‌دهد. این مهارت‌های اساسی هم شامل مهارت‌های شناختی و هم مهارت‌های غیرشناختی می‌شود. مهارت‌های غیرشناختی با مهارت‌های رفتاری مرتبط هستند که عملکرد شغلی، تعاملات و نظم کاری فرد را افزایش می‌دهند (Short & Keller-Bell, 2019). ازنظر رابینز و جاج (Robbins & Judge, 2015) مهارت‌های شناختی توانایی-هایی مانند مهارت‌های حل مسئله و تفکر انتقادی هستند.

گروه دوم شامل مهارت‌های ضروری انسانی است که معمولاً به‌عنوان مهارت‌های نرم ازجمله رهبری، ارتباط، همکاری و همدلی نامیده می‌شود. داشتن کارکنانی با مهارت‌های بین فردی خوب احتمالاً محیط کار را دل‌پذیرتر می‌کند (Robbins & Judge, 2015). گروه سوم، مهارت‌های فنی مانند برنامه‌نویسی کامپیوتر، کدنویسی و مدیریت پروژه و غیره از طراحی‌های شغلی جدید دسته‌بندی می‌شوند. سیستم‌های هوشمند خود مدیریتی نسل چهارم صنعتی، با ویژگی‌های خودمختار، اکوسیستم‌های تولیدی جدیدی را ارائه خواهند داد؛ بنابراین، فرآیندهای تولیدی و صنعتی پیشرفته با سیستم‌های فیزیکی– سایبری در «کارخانه‌های هوشمند» مدولار، همکاری ماشین– انسان و محصول همزیستی را ایجاد می‌کنند (Thames & Schaefer, 2016). گروه چهارم شامل مهارت‌های کارآفرینی ازجمله فرصت‌های جستجو و ایجاد راه‌حل‌های مختلف در محیط کار در مورد وظایف مرتبط با شغل مانند نوآوری، خلاقیت، سخت‌کوشی و ریسک‌پذیری است. شایستگی‌های عرضی شامل مهارت‌های حل مسئله، شایستگی‌های نرم (شخصی)، تفکر سیستمی، تفکر تجاری و سواد تکنولوژیکی است (Xu et al, 2018). شایستگی‌های عرضی را می‌توان در حوزه‌های مختلف اعمال کرد. آنها را می‌توان به‌عنوان شایستگی‌های اولیه، متوسط (ساخته‌شده بر اساس پایه) و بالا (ساخته‌شده بر اساس متوسط) طبقه‌بندی کرد. همه این شایستگی‌ها به هم مرتبط و همراه هستند.

جاکوب (Jacob, 2017) معتقد است که صنایع تولیدی برای شایستگی‌های دیجیتالی مانند تجزیه‌وتحلیل و تشخیص دیجیتال، مهارت‌های ساخت افزودنی و توانایی‌های برنامه‌نویسی/کدگذاری ارزش زیادی قائل است. قابل ذکر است که در آینده، این بخش به افرادی با مهارت‌های ترکیبی نیاز خواهد داشت که بتوانند مهارت‌ها و دانش

فنی، دیجیتالی و شخصی را در طیف وسیعی از زمینه‌ها و کاربردها به‌کارگیرند. شایستگی‌های تعریف‌شده مورد نیاز برای انطباق با صنعت ۴.۰ که توسط پروژه‌های تحقیقاتی مختلف و نظرسنجی‌های مختلف بخش صنعتی گزارش‌شده تا حدی متفاوت بوده است. بااین‌حال، موارد مشترک عمدتاً به توانایی استفاده و تعامل با فن‌آوری‌های نسل چهارم صنعتی (به‌عنوان مثال، ربات‌ها و هوش مصنوعی)، انجام تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، استفاده از دانش فنی و استفاده از مهارت‌های نرم مربوط می‌شوند. فهرست شایستگی‌ها و مهارت‌ها می‌تواند جامع باشد و برای هیچ حرفه‌ای شاید ممکن نباشد که همه آنها را به دست آورد. بااین‌حال، شایستگی حیاتی برای همه کارکنان آینده صنعت ۴.۰، توانایی به‌کارگیری دانشی است که به‌صورت مشترک در حوزه‌های مختلف هر رشته‌ای ارزش می‌افزاید (Hernandez-de-Menendez et al, 2020).

برای اینکه بتوان یک مجموعه منسجم از شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم را استخراج نمود، در این مقاله از تحلیل محتوای متنی استفاده شده است. بر اساس مسئله پژوهش، سؤال اصلی در رابطه بااینکه شایستگی‌های مورد نیاز نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم، چه شایستگی‌هایی می‌باشند؟ مقالات مرتبط در ده سال اخیر بررسی‌شده و هر یک از شایستگی‌ها در قالب کلیدواژه مهارت، توانایی یا شایستگی استخراج شده است. در انتخاب مقالات، دقت شده تا مقالاتی برای تحلیل انتخاب شوند که به شکل مستقیم در متن یا عنوان مقاله به شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم پرداخته بودند. به عبارتی مقالاتی که خارج از این چارچوب بوده‌اند، از تحلیل حذف شده‌اند. پس از استخراج هر یک از شایستگی‌ها، فراوانی هر کدام از آنها استخراج شده که جمع‌بندی انجام‌گرفته نشان می‌دهد ۳۷ شایستگی مختلف برای نیروی کار در مقالات مختلف بیشترین تکرار را داشته که در جدول (۱) به‌صورت خلاصه نشان داده شده است.

جدول (۱): شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی

مؤلفه اصلی	معرف	محققان
مهارت‌های نرم	تطبیق‌پذیری و سازگاری	Caratozzolo et al, (2024); Ada et al.(2021); Ahuett-Garza & Kurfess(2018); Carter(2017); Hecklau et al.(2016)
	هوش تجاری	Caratozzolo et al, (2024); Kipper et al(2021); Akyazi et al.(2020)

	اعتمادبه‌نفس	Ada et al.(2021); Dahlmann & Kunkel(2017); Hecklau et al.(2016)
	تاب‌آوری	Ada et al.(2021); Islam(2022); Hecklau et al.(2016)
	ریسک‌پذیری	Caratozzolo et al, (2024); Ada et al.(2021); Kipper et al(2021); Hecklau et al.(2016)
	دانش روز	Alhloul & Kiss(2022); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Hecklau et al.(2016)
مهارت‌های فنی	برنامه‌نویسی رایانه‌ای	Rao & Prasad(2018); Hecklau et al.(2016)
	مدیریت منابع	Caratozzolo et al, (2024); Adebayo et al, (2024); Ada et al.(2021); Hecklau et al.(2016); Schwab & Samans(2016)
	مهارت‌های کار با ابزارهای دیجیتال	Caratozzolo et al, (2024); Alhloul & Kiss(2022); Blayone& VanOostveen(2021)
	درک و شناخت فرآیند	Adebayo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Nyikes(2018); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های رسانه‌ای	Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Mourtzis(2018); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های کدگذاری	Caratozzolo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Hecklau et al.(2016)
	درک امنیت فناوری اطلاعات	Caratozzolo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Rao & Prasad(2018); Hecklau et al.(2016)
شایستگی‌های روش‌شناختی	حل مسئله	Caratozzolo et al, (2024); Islam(2022); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Baena et al(2017); Wang et al(2016); Hecklau et al.(2016); Schwab & Samans(2016)
	حل تعارض	Adebayo et al, (2024); Alhloul & Kiss(2022); Blayone & VanOostveen(2021); Gökalp et al(2017)
	تصمیم‌گیری	Caratozzolo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Ahuett-Garza & Kurfess(2018); Hecklau et al.(2016); Schwab & Samans(2016)
	مهارت‌های تحقیق و پژوهش	Caratozzolo et al, (2024); Alhloul & Kiss(2022); Blayone & VanOostveen(2021); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Erol et al(2016); Hecklau et al.(2016)
	جهت‌گیری کارایی	Garbie(2017); Gehrke et al.(2015)
شایستگی‌های اجتماعی	مهارت‌های بین فرهنگی	Kipper et al(2021); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های ارتباطی	Adebayo et al, (2024); Angrisani et al(2018); Gitelman & Kozhevnikov(2018), Motyl et al,(2017); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های شبکه‌سازی	Adebayo et al, (2024); Angrisani et

		al(2018); Motyl et al(2017); Vila et al(2017)
	توانایی کار تیمی	Adebayo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Xu & Hua(2017); Motyl et al(2017); Gehrke et al.(2015)
	توانایی انتقال دانش	Caratozzolo et al, (2024); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Wahl(2015); Gehrke et al.(2015)
	مهارت‌های رهبری	Caratozzolo et al, (2024); Adebayo et al, (2024); Ada et al.(2021); Hernandez-de-Menendez et al.(2020); Carter(2017); Garbie(2017)
توانایی‌های شناختی	خلاقیت	Miah et al, (2024); Islam(2022); Ada et al.(2021); Sharp et al(2018); Kergroach(2017); Carter(2017); Garbie(2017); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های تحلیلی	Caratozzolo et al, (2024); Alhloul & Kiss(2022); Ada et al.(2021); Blayone & VanOostveen(2021)
	استدلال منطقی	Miah et al, (2024); Islam(2022); Hecklau et al.(2016)
	حسگری و حساسیت به مشکل	Islam(2022); Hecklau et al.(2016); Schwab & Samans(2016)
	ذهنیت رشد	Ada et al.(2021); Hecklau et al.(2016)
مهارت‌های محتوا	سواد پایه دیجیتالی	Caratozzolo et al, (2024); Miah et al, (2024); Rao & Prasad(2018); Schwab & Samans(2016)
	رزومه نویسی	Miah et al, (2024); Alhloul & Kiss(2022); Hecklau et al.(2016)
	رفتار حرفه‌ای	Kipper et al(2021); Hecklau et al.(2016)
	مهارت‌های زبانی	Alhloul & Kiss(2022); Blayone & VanOostveen(2021); Hecklau et al.(2016)
مهارت‌های فکری	تفکر سیستمی	Caratozzolo et al, (2024); Adebayo et al, (2024); Ada et al.(2021); Islam(2022); Schwab & Samans(2016)
	تفکر کارآفرینی	Miah et al, (2024); Caratozzolo et al, (2024); Ada et al.(2021); Islam(2022)
	یادگیری فعال	Miah et al, (2024); Caratozzolo et al, (2024); Rao & Prasad(2018); Nyikes(2018); Schwab & Samans(2016)
	تفکر انتقادی	Islam(2022); Caruso(2018); Schwab & Samans(2016)

۳۷ شایستگی نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم بر اساس بـار معنـایی و مطالعـات هکلائو و همکاران (Hecklau et al, 2016)، شواب و سامانز (Schwab & Samans,

2016)، هرنانـدز–دی‌منـدز و همکـاران (Hernandez-de-Menendez et al, 2020)، آدا و همکـاران (Ada et al, 2021) و اسـلام (Islam, 2022) در هفـت مؤلفـه اصـلی طبقه‌بندی‌شده است.

۳- روش پژوهش

این تحقیق از منظر هدف کاربردی و بر اساس روش انجام پژوهش از نوع توصیفی- علی است. این پژوهش در دو مرحله انجام‌گرفته است. در مرحله اول مدل مفهومی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی طراحی‌شده و در مرحله دوم، مدل تدوین‌شده بر اساس داده‌های تجربی آزمون شده است.

جامعه آماری این پژوهش، بر اساس مراحل تحقیق به دو بخش تقسیم شده است. در بخش اول از خبرگان آشنا به موضوع پژوهش در جهت طراحی مدل مفهومی پژوهش استفاده شده است. این خبرگان دارای ویژگی‌های زیر بوده‌اند.

۱- مدیران عامل صنایع تولیدی با سابقه مدیریت بالای ۲۰ سال و آشنا به مباحث نسل چهارم صنعتی با مدرک کارشناسی ارشد مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی

۲- اساتید دانشگاه با سابقه تدریس و تدوین مقاله در زمینه نسل چهارم صنعتی

برای انتخاب این افراد با مراجعات مکرر و تهیه مشخصـات افـراد از منـابع مختلـف، فهرستی اولیه از خبرگان این حوزه تهیه گردید. بر اساس بررسی‌های انجام‌گرفته مطابق با ویژگی‌های خبرگان، در این پژوهش از هفده خبره استفاده شده که ۶ نفر استاد دانشگاه و ۱۱ نفر مدیر صنایع تولیدی بوده است.

در بخش دوم که به آزمون مدل مفهومی بـر اسـاس داده‌هـای تجربـی پرداختـه شـده است؛ جامعه آماری این پژوهش شامل مدیران عامل شرکت‌های تولیـدی بـزرگ (بـالای ۵۰ نفر شاغل بر اساس تعریف سازمان صنعت، معـدن و تجـارت) در اسـتان آذربایجـان شرقی بوده است. بر اساس آمارهای موجود در استان تعـداد ۳۰۲ واحـد تولیـدی بـزرگ وجود دارد. برای تعیین حجم نمونه از جدول کرجسی و مورگـان اسـتفاده شـده کـه بـر اساس این جدول نمونه مناسب برای جامعه ۳۰۲ نفری، ۱۷۰ نفر تعیین گردید کـه بـرای اطمینان بیشتر ۱۷۵ پرسشنامه بین جامعه آماری توزیع شده است. روش نمونـه‌گیـری در این پژوهش نیز تصادفی نسبی است.

به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها از دو پرسشنامه استفاده گردید. در بخش اول از پرسشـنامه مقایسات زوجی مبتنی بر روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری بهره گرفته شده است. بـا

توجه به اینکه روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری مبتنی بر قضاوت‌های خبرگان است. خبرگان در این پرسشنامه بر اساس مقایسات زوجی، اثرگذاری هر عامل بر عوامل دیگر الگو را مشخص نموده‌اند.

در بخش دوم از پرسشنامه محقق ساخته استفاده شده است. این پرسشنامه دارای سه بخش اصلی است. در بخش اول توضیح مختصری در رابطه با شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم برای پاسخ‌دهندگان ارائه‌شده، در بخش دوم مشخصات جمعیت شناختی پاسخ‌دهندگان آورده شده و در بخش سوم، سؤالات اختصاصی پرسشنامه نشان داده شده است. در سؤالات بخش سوم، میزان موافقت هر یک از پاسخ-دهندگان بر اساس طیف لیکرت پنج‌تایی از کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم سؤال شده است. روایی پرسشنامه ابتدا به‌صورت ظاهری بررسی‌شده و پس از توزیع و جمع‌آوری داده‌ها، روایی هر یک از سازه‌ها با استفاده از متوسط واریانس تبیین شده بررسی و تأیید گردیده است. برای بررسی پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ به تفکیک مؤلفه‌های اصلی بهره گرفته شده که نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است. بر اساس مقدار آلفای کرونباخ به‌دست‌آمده برای هر یک از ابعاد، پایایی پرسشنامه تأیید شده است.

جدول (۲): مقدار ضریب آلفای کرونباخ مؤلفه‌های اصلی

مؤلفه اصلی	ضریب آلفای کرونباخ
مهارت‌های نرم	۰/۹۷۹
مهارت‌های فنی	۰/۹۷۸
شایستگی‌های روش‌شناختی	۰/۹۷۵
شایستگی‌های اجتماعی	۰/۹۷۸
توانایی‌های شناختی	۰/۹۷۹
مهارت‌های محتوا	۰/۹۵۱
مهارت‌های فکری	۰/۹۶۷

۴- یافته‌ها

٤-۱- مدل‌سازی ساختاری- تفسیری

در این بخش بر اساس مؤلفه‌های اصلی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم مدل مفهومی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی در صنایع تولیدی بر اساس مدل‌سازی ساختاری- تفسیری طراحی‌شده است.

بر این اساس پرسشنامه‌های مقایسات زوجی بین مؤلفه‌های اصلی در اختیار خبرگان قرار گرفته است. در گام ابتدایی، بر اساس نظر اکثریت، ابتدا ماتریس دستیابی اولیه ایجادشده، سپس ماتریس دستیابی نهایی محاسبه شده است. برای این منظور ابتدا ماتریس دستیابی اولیه با یک ماتریس هم‌اندازه یکه جمع شده و سپس روابط غیرمستقیم محاسبه شده است. نتایج مربوط به ماتریس دستیابی نهایی در جدول (۳) نشان داده شده است. ماتریس دستیابی نهایی به‌منظور نشان دادن قابلیت انتقال‌پذیری بین مؤلفه‌های اصلی محاسبه شده است.

جدول (۳): ماتریس دستیابی نهایی برای تعیین روابط بین تم‌های اصلی

شایستگی	نماد	SfC	TeC	MeC	ScC	CoC	CnC	TiC
مهارت‌های نرم	SfC	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰
مهارت‌های فنی	TeC	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰
روش‌شناختی	MeC	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰
اجتماعی	ScC	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰
توانایی‌های شناختی	CoC	۱	۱*	۱*	۱	۱	۰	۰
مهارت‌های محتوا	CnC	۰	۱*	۱	۰	۰	۱	۰
مهارت‌های فکری	TiC	۱	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱

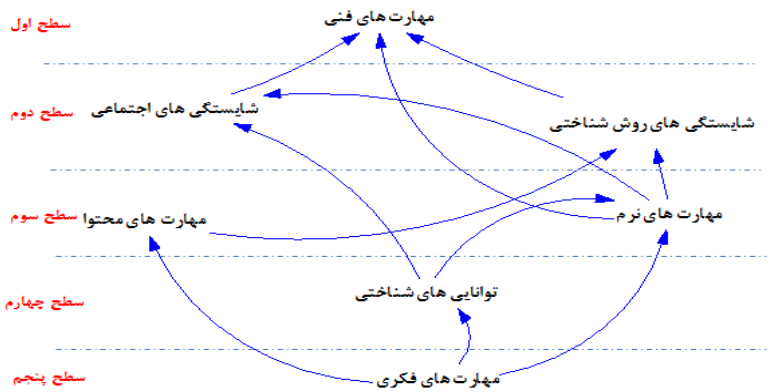
پس از محاسبه ماتریس دستیابی نهایی، در مرحله بعدی سطح سلسله مراتبی هر عامل بر اساس گام‌های روش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری، تعیین شده است. مجموعه پیش-نیاز، مجموعه دسترسی برای هر متغیر از طریق ماتریس دستیابی نهایی ایجادشده و اشتراک عضوهای مجموعه قابلیت دسترسی و پیشین محاسبه شده است. در نهایت خروجی هر مرحله (سطح) به‌دست‌آمده است. پس از هر مرحله سطح‌بندی و شناسایی خروجی، آن متغیر از کل مجموعه حذف شده و دوباره مجموعه پیشین، مجموعه دسترسی، اشتراک مجموعه پیشین و دسترسی و خروجی محاسبه می‌گردد. این کار تا

سطح‌بندی آخرین متغیر سیستم ادامه می‌یابد. نتایج نهایی برای سطح‌بندی تمامی مؤلفه‌ها (شایستگی‌های نیروی کار) در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (٤): نتایج نهایی سطح‌بندی مؤلفه‌ها (شایستگی‌های نیروی کار)

مرحله	شایستگی	نماد	دستیابی	پیش‌نیاز	فصل مشترک	خروجی
اول	مهارت‌های فنی	TeC	TeC	SfC, TeC, MeC, ScC, CoC, CnC, TiC	TeC	TeC
دوم	شایستگی‌های روش‌شناختی	MeC	MeC	SfC, MeC, CoC, CnC, TiC	MeC	MeC
	شایستگی‌های اجتماعی	ScC	ScC	SfC, ScC, CoC, TiC	ScC	ScC
سوم	مهارت‌های نرم	SfC	SfC	SfC, CoC, TiC	SfC	SfC
	مهارت‌های محتوا	CnC	CnC	CnC, TiC	CnC	CnC
چهارم	توانایی‌های شناختی	CoC	CoC	CoC, TiC	CoC	CoC
پنجم	مهارت‌های فکری	TiC	TiC	TiC	TiC	TiC

در نهایت با حذف روابط انتقال‌پذیری مربوط به همبستگی متغیرهای موجود در ماتریس دستیابی نهایی، مدل شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم به‌صورت شکل (۱) تدوین‌شده‌است. این مدل بر اساس روابط مستقیم و بر اساس ماتریس دستیابی اولیه ایجادشده است.



شکل (۱): مدل شایستگی‌های نیروی‌کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی

نتایج شکل (۱) نشان می‌دهد که شایستگی مهارت‌های فکری در سطح پنجم و پایین‌ترین سطح الگوی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع

تولیدی قرار گرفته است. این سطح نشان‌دهنده شایستگی‌های تأثیرگذار و عنصر اصلی یک سیستم است که باعث تقویت سایر شایستگی‌ها در سیستم خواهد بود. مؤلفه‌های شایستگی مهارت‌های فکری، تأثیرگذارترین مؤلفه الگوی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی تلقی می‌گردد. این شایستگی ضمن اینکه به شکل غیرمستقیم بر سایر شایستگی‌های سیستم اثرگذار است، به شکل مستقیم بر سه شایستگی، توانایی‌های شناختی، مهارت‌های نرم و مهارت‌های محتوا تأثیر مستقیم دارد. هر چقدر از پایین الگو (سطح پنجم) به سمت بالا حرکت شود، از میزان تأثیرگذاری شایستگی‌ها کم شده و بر میزان تأثیرپذیری آن‌ها اضافه می‌گردد. در سطح چهارم، شایستگی توانایی‌های شناختی قرارگرفته که در سطح بالاتر از مهارت‌های فکری قرار دارد. به عبارتی نتایج نشان می‌دهد که مهارت‌های فکری باعث تقویت توانایی‌های شناختی کارکنان می‌گردد. توانایی‌های شناختی بر دو شایستگی مهارت‌های نرم در سطح سوم و شایستگی‌های اجتماعی در سطح دوم به شکل مستقیم تأثیرگذار بوده و باعث تقویت آن‌ها می‌شود. در سطح سوم دو شایستگی مهارت‌های نرم و مهارت‌های محتوا قرار گرفته است. مهارت‌های نرم، مهارت‌های خاص افراد است که به شکل مستقیم بر سه شایستگی روش‌شناختی و اجتماعی در سطح دوم و مهارت‌های فنی در سطح اول تأثیرگذار بوده و خود از دو شایستگی مهارت‌های فکری و توانایی‌های شناختی اثر می‌گیرد. مهارت‌های محتوا نشان‌دهنده آمادگی نیروی کار هستند که به شکل مستقیم بر شایستگی‌های روش‌شناختی در سطح دوم اثرگذار می‌باشند. شایستگی‌های روش‌شناختی و شایستگی‌های اجتماعی در سطح دوم قرار گرفته‌اند که هر دو به شکل مستقیم بر مهارت‌های فنی تأثیر داشته و باعث تقویت آن می‌گردند. این دو شایستگی به شکل مستقیم و غیرمستقیم از سایر شایستگی‌ها تأثیر می‌گیرند. در نهایت در سطح اول شایستگی مهارت‌های فنی قرار دارد که تأثیرپذیرترین شایستگی سیستم تلقی شده و به‌نوعی نتیجه کار است. در واقع شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی بر اساس مهارت‌های فنی تکمیل می‌شود.

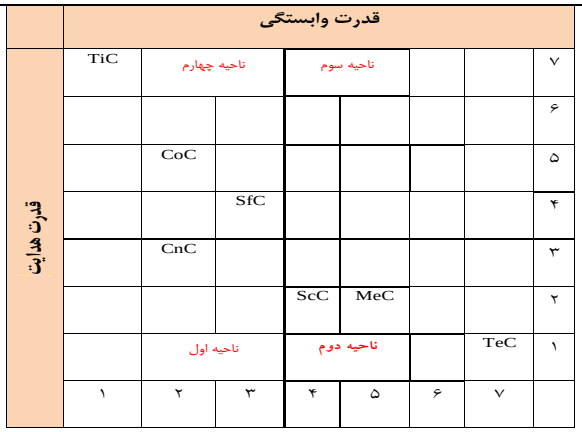
در ادامه با هدف شناسایی میزان قدرت هدایت و قدرت وابستگی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم از تحلیل MIC MAC استفاده شده است. برای انجام این تحلیل لازم است تا مقدار عددی شاخص هدایت (تأثیرگذاری) و شاخص

وابستگی (پیش‌نیاز) برای هر یک از شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم استخراج شود. لذا نتایج در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول (۵): میزان قدرت هدایت و وابستگی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم

نماد	شایستگی	قدرت هدایت	قدرت وابستگی
SfC	مهارت‌های نرم	۴	۳
TeC	مهارت‌های فنی	۱	۷
MeC	شایستگی‌های روش‌شناختی	۲	۵
ScC	شایستگی‌های اجتماعی	۲	۴
CoC	توانایی‌های شناختی	۵	۲
CnC	مهارت‌های محتوا	۳	۲
TiC	مهارت‌های فکری	۷	۱

پس از تعیین قدرت هدایت یا اثرگذاری و قدرت وابستگی شایستگی‌ها، می‌توان تمامی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم را در یکی از خوشه‌های چهارگانه ماتریس اثر متغیرها طبقه‌بندی کرد. نخستین گروه شامل متغیرهای مستقل (خودمختار) می‌شود که قدرت نفوذ و وابستگی ضعیفی دارند. این متغیرها تا حدودی از سایر متغیرها مجزاست و ارتباطات کمی دارند. گروه دوم متغیرهای وابسته که از قدرت نفوذ ضعیف، ولی وابستگی بالایی برخوردار هستند. گروه سوم متغیرهای پیوندی که قدرت نفوذ و وابستگی بالایی دارند. در واقع هر گونه عملی بر این دسته عوامل سبب تغییر سایر عوامل می‌شود. گروه چهارم متغیرهای مستقل را در بر می‌گیرد. این متغیرها دارای قدرت افزایش پیوستگی و تعلق مکانی یعنی نفوذ بالا و وابستگی پایینی است. نتایج در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲): تجزیه‌وتحلیل سیستمی قدرت هدایت- وابستگی

٤-۲- مدل‌سازی مسیری- ساختاری برای آزمون مدل مفهومی

در این بخش مدل مفهومی برآمده از مدل‌سازی ساختاری- تفسیری با استفاده از مدل‌سازی مسیری- ساختاری در نرم‌افزار PLS آزمون شده است. در مدل‌های مسیری- ساختاری، قبل از بررسی مدل ساختاری، بایستی از روایی و پایایی مدل‌های اندازه‌گیری اطمینان نمود. در رویکرد حداقل مربعات جزئی برای بررسی روایی و پایایی مدل‌های اندازه‌گیری از بارهای عاملی و معنی‌داری آن‌ها، ضریب آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و متوسط واریانس تبیین شده، استفاده شده است. نتایج مربوط به بارهای عاملی و معنی‌داری آن‌ها بر اساس آماره t در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول (٦): بارهای عاملی و معنی‌داری آن‌ها برای مدل‌های اندازه‌گیری

مدل اندازه‌گیری	نماد مسیر	بار عاملی	انحراف معیار	مقدار t	سطح معنی‌داری
مهارت‌های محتوا	CnC1 <- CnC	0.959	0.010	93.426	۰/۰۰۰
	CnC2 <- CnC	0.924	0.030	31.300	۰/۰۰۰
	CnC3 <- CnC	0.904	0.042	21.354	۰/۰۰۰
	CnC4 <- CnC	0.949	0.016	59.216	۰/۰۰۰
توانایی‌های شناختی	CoC1 <- CoC	0.955	0.020	47.029	۰/۰۰۰
	CoC2 <- CoC	0.939	0.027	35.004	۰/۰۰۰
	CoC3 <- CoC	0.966	0.011	88.748	۰/۰۰۰
	CoC4 <- CoC	0.978	0.006	157.634	۰/۰۰۰
	CoC5 <- CoC	0.963	0.014	68.308	۰/۰۰۰
شایستگی‌های روش‌شناختی	MeC1 <- MeC	0.946	0.021	44.476	۰/۰۰۰
	MeC2 <- MeC	0.956	0.017	56.592	۰/۰۰۰
	MeC3 <- MeC	0.968	0.010	95.789	۰/۰۰۰
	MeC4 <- MeC	0.943	0.020	47.057	۰/۰۰۰

	MeC5 <- MeC	0.951	0.025	37.833	۰/۰۰۰
شایستگی‌های اجتماعی	ScC1 <- ScC	0.928	0.031	29.626	۰/۰۰۰
	ScC2 <- ScC	0.918	0.036	25.328	۰/۰۰۰
	ScC3 <- ScC	0.960	0.017	57.484	۰/۰۰۰
	ScC4 <- ScC	0.974	0.009	111.829	۰/۰۰۰
	ScC5 <- ScC	0.957	0.023	42.181	۰/۰۰۰
	ScC6 <- ScC	0.953	0.021	45.943	۰/۰۰۰
مهارت‌های نرم	SfC1 <- SfC	0.952	0.019	50.160	۰/۰۰۰
	SfC2 <- SfC	0.971	0.009	111.542	۰/۰۰۰
	SfC3 <- SfC	0.932	0.029	32.109	۰/۰۰۰
	SfC4 <- SfC	0.931	0.032	29.202	۰/۰۰۰
	SfC5 <- SfC	0.956	0.016	59.595	۰/۰۰۰
	SfC6 <- SfC	0.952	0.017	54.401	۰/۰۰۰
مهارت‌های فنی	TeC1 <- TeC	0.954	0.014	66.882	۰/۰۰۰
	TeC2 <- TeC	0.965	0.011	86.629	۰/۰۰۰
	TeC3 <- TeC	0.903	0.043	21.109	۰/۰۰۰
	TeC4 <- TeC	0.883	0.048	18.256	۰/۰۰۰
	TeC5 <- TeC	0.949	0.020	47.666	۰/۰۰۰
	TeC6 <- TeC	0.948	0.021	44.552	۰/۰۰۰
	TeC7 <- TeC	0.972	0.009	109.287	۰/۰۰۰
مهارت‌های فکری	TiC1 <- TiC	0.964	0.013	75.321	۰/۰۰۰
	TiC2 <- TiC	0.949	0.017	55.399	۰/۰۰۰
	TiC3 <- TiC	0.947	0.018	52.377	۰/۰۰۰
	TiC4 <- TiC	0.955	0.016	58.983	۰/۰۰۰

به‌صورت تجربی، در بررسی بارهای عاملی مقادیر کمتر از ۰/۳ به‌عنوان بارهای عاملی ضعیف و غیرقابل‌قبول، بارهای عاملی بین ۰/۳ تا ۰/۵ به‌عنوان بارهای عاملی ضعیف ولی قابل‌قبول و بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ به‌عنوان بارهای عاملی مناسب و خوب شناخته می‌شوند. بار عاملی نشان‌دهنده ارتباط بین معرف (متغیر آشکار) و مؤلفه اصلی (متغیر پنهان) است. نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که تمامی بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ محاسبه شده‌اند که نشان‌دهنده ارتباط مناسب بین مؤلفه اصلی با معرف-های متناظر خود است. از نظر آماری، مقدار t هر بار عاملی در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد بایستی بزرگ‌تر از ۱/۹۶ محاسبه گردد. نتایج جدول (۶) نشان می‌دهد که مقدار t تمامی بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۱/۹۶ محاسبه شده‌اند که نشان‌دهنده معنی‌داری تمامی

بارهای عاملی از نظر آماری است. بر همین اساس نیز ارتباط بین معرف‌ها و مؤلفه‌های اصلی متناظر آن‌ها در مدل‌های اندازه‌گیری تأیید می‌گردد. در جدول (۷) مقادیر ضریب آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و متوسط واریانس تبیین شده نشان داده شده است.

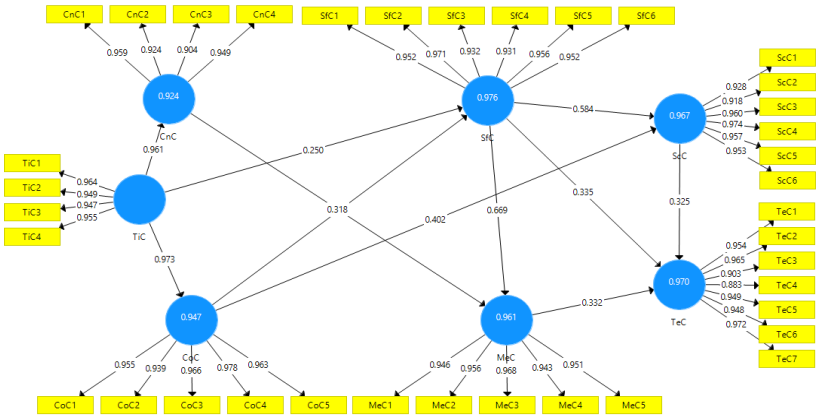
جدول (۷): نتایج مربوط مقادیر ضریب آلفای کرونباخ، پایایی ترکیبی و متوسط واریانس تبیین شده

مؤلفه اصلی	ضریب آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی	متوسط واریانس تبیین شده
مهارت‌های نرم	۰/۹۷۹	۰/۹۸۳	۰/۹۰۱
مهارت‌های فنی	۰/۹۷۸	۰/۹۸۱	۰/۸۸۳
شایستگی‌های روش‌شناختی	۰/۹۷۵	۰/۹۸۰	۰/۹۰۸
شایستگی‌های اجتماعی	۰/۹۷۸	۰/۹۸۲	۰/۸۹۹
توانایی‌های شناختی	۰/۹۷۹	۰/۹۸۳	۰/۹۲۲
مهارت‌های محتوا	۰/۹۵۱	۰/۹۶۵	۰/۸۷۳
مهارت‌های فکری	۰/۹۶۷	۰/۹۷۶	۰/۹۱۰

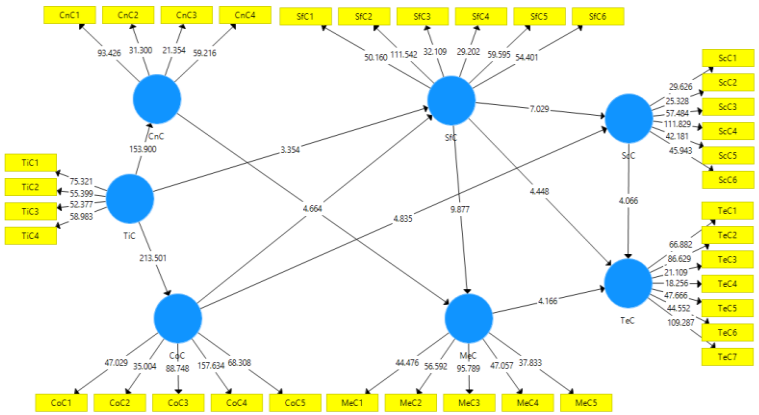
ضریب آلفای کرونباخ یک شاخص سنتی برای بررسی سازگاری درونی بین معرف‌های یک مؤلفه اصلی است. حداقل مقدار قابل‌قبول برای این شاخص ۰/۷ بایستی محاسبه گردد. نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که مقدار ضریب آلفای کرونباخ برای تمامی مؤلفه‌های اصلی بزرگ‌تر از ۰/۷ محاسبه شده که نشان‌دهنده سازگاری درونی بین معرف‌های هر یک از مؤلفه‌های اصلی است. پایایی ترکیبی شاخصی جدیدتر نسبت به آلفای کرونباخ بوده که مانند آلفای کرونباخ سازگاری درونی بین معرف‌ها را بررسی می‌کند؛ با این تفاوت که در بررسی سازگاری از بار عاملی معرف‌ها در جهت وزن‌دهی به معرف‌ها و محاسبه سازگاری درونی آنها استفاده می‌کند. حداقل مقدار قابل‌قبول برای این شاخص نیز ۰/۷ است. نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که مقدار پایایی ترکیبی برای تمامی مؤلفه‌های اصلی بزرگ‌تر از ۰/۷ محاسبه شده که سازگاری درونی بین معرف‌های هر یک از مؤلفه‌های اصلی را تأیید می‌کند. متوسط واریانس تبیین شده به دنبال بررسی این موضوع است که هر یک از مؤلفه‌های اصلی بایستی بتواند حداقل ۵۰ درصد از پراکندگی معرف‌های خود را توضیح دهد. بر همین اساس نیز حداقل مقدار متوسط واریانس تبیین شده بایستی ۰/۵ محاسبه گردد. نتایج جدول (۷) نشان می‌دهد که مقدار

متوسط واریانس تبیین شده برای تمامی مؤلفه‌های اصلی بزرگ‌تر از ۰/۵ محاسبه شده که نشان‌دهنده مناسب بودن روایی همگرای مدل‌های اندازه‌گیری است.

پس از اطمینان از روایی و پایایی مدل‌های اندازه‌گیری، می‌توان ضرایب مسیر مربوط به اثرات شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم را در مدل بررسی نمود. شکل (۳) نشان‌دهنده ضرایب مسیر در قالب مدل مسیری- ساختاری بوده و شکل (۴) نشان‌دهنده مقدار t متناظر ضرایب مسیر است.



شکل(۳): ضرایب مسیر مربوط به اثرات مدل شایستگی‌های نیروی‌کار در انقلاب صنعتی چهارم



شکل(٤): مقادیر t ضرایب مسیر مربوط به اثرات مدل شایستگی‌های نیروی‌کار در انقلاب صنعتی چهارم

جدول (۸): خلاصه نتایج مربوط به ضرایب مسیر مدل ساختاری (روابط بین شایستگی‌های نیروی کار)

مسیر	نماد مسیر	ضریب مسیر	انحراف معیار	مقدار t	سطح معنی‌داری
ش. روش‌شناختی <-مهارت‌های محتوا	CnC -> MeC	۰/۳۱۸	۰/۰۶۸	۴/۶۶۴	۰/۰۰۰

ش. اجتماعی <-توانایی‌های شناختی	CoC -> ScC	۰/۴۰۲	۰/۰۸۳	۴/۸۳۵	۰/۰۰۰
مهارت‌های نرم <-توانایی‌های شناختی	CoC -> SfC	۰/۷۴۳	۰/۰۷۵	۹/۹۰۹	۰/۰۰۰
مهارت‌های فنی <-ش. روش‌شناختی	MeC -> TeC	۰/۳۳۲	۰/۰۸۰	۴/۱۶۶	۰/۰۰۰
مهارت‌های فنی <-ش. اجتماعی	ScC -> TeC	۰/۳۲۵	۰/۰۸۰	۴/۰۶۶	۰/۰۰۰
ش. روش‌شناختی <-مهارت‌های نرم	SfC -> MeC	۰/۶۶۹	۰/۰۶۸	۹/۸۷۷	۰/۰۰۰
ش. اجتماعی <-مهارت‌های نرم	SfC -> ScC	۰/۵۸۴	۰/۰۸۳	۷/۰۲۹	۰/۰۰۰
مهارت‌های فنی <-مهارت‌های نرم	SfC -> TeC	۰/۳۳۵	۰/۰۷۵	۴/۴۴۸	۰/۰۰۰
ش. روش‌شناختی <-مهارت‌های فکری	TiC -> CnC	۰/۹۶۱	۰/۰۰۶	۱۵۳/۹۰۰	۰/۰۰۰
توانایی‌های شناختی <- مهارت‌های فکری	TiC -> CoC	۰/۹۷۳	۰/۰۰۵	۲۱۳/۵۰۱	۰/۰۰۰
مهارت‌های نرم <- مهارت‌های فکری	TiC -> SfC	۰/۲۵۰	۰/۰۷۵	۳/۳۵۴	۰/۰۰۱

خلاصه نتایج مربوط به ضرایب مسیر در جدول (۸) نشان داده شده است. نتایج مربوط به ضرایب مسیر و مقدار t متناظر آن‌ها در جدول (۸) نشان می‌دهد که مقدار t تمامی ضرایب مسیر بزرگ‌تر از ۱/۹۶ به‌دست‌آمده است؛ بر همین اساس می‌توان روابط به‌دست‌آمده از بخش مدل‌سازی ساختاری- تفسیری و تأثیر هر یک از مؤلفه‌های اصلی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم را در صنایع تولیدی در سطح اطمینان ۹۵ درصد مورد تأیید قرار داد.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش به دنبال مدل‌سازی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی استان آذربایجان شرقی بوده است. بر اساس یافته‌های پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری نمود که شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی ابتدا بر اساس مهارت‌های فکری پایه‌گذاری می‌گردد. هرناندز-دی‌مندز و همکاران (Hernandez-de-Menendez, 2020) و برمودز و خوارز (۲۰۱۷) مهارت‌های فکری را به‌عنوان شایستگی‌هایی می‌دانند که باعث افزایش مهارت‌هایی مانند خلاقیت، رفتار حرفه‌ای و تطبیق‌پذیری می‌گردند. شایستگی مهارت‌های فکری، تأثیرگذارترین مؤلفه الگوی شایستگی‌های نیروی کار در انقلاب صنعتی چهارم در صنایع تولیدی تلقی می‌گردد. مهارت‌های فکری بر اساس تفکر سیستمی و یادگیری فعال باعث تقویت و بهبود سایر شایستگی‌ها در سطوح دیگر مدل می‌شوند و از این منظر به‌عنوان تأثیرگذارترین مؤلفه الگوی شایستگی‌های نیروی کار در سطح آخر الگو قرار گرفته‌اند. در سطح چهارم الگوی ارائه شده، شایستگی توانایی‌های شناختی قرار گرفته که در سطح

بالاتر از مهارت‌های فکری قرار دارد. مهارت‌های فکری از طریق انواع تفکر و بر اساس تحلیل و یادگیری باعث افزایش خلاقیت، حسگری و حساسیت به مشکل و در نهایت استدلال منطقی می‌گردد. توانایی‌های شناختی بر اساس نظر دلویت (Deloitte, 2018) می‌تواند شامل مهارت‌های تحلیلی باشد که باعث تقویت قوه ادراک کارکنان در سازمان می‌گردد. توانایی‌های شناختی می‌تواند در افزایش هوش تجاری و دانش روز بر اساس مهارت‌های تحلیلی مؤثر باشد. از این منظر نیز در سطح چهارم پایه‌ای برای تطبیق‌پذیری و سازگاری، اعتمادبه‌نفس و تاب‌آوری است که ازجمله مهارت‌های نرم تلقی می‌گردند. همچنین توانایی‌های شناختی چون با خلاقیت و استدلال منطقی همراه هستند می‌توانند به بهبود شایستگی‌های اجتماعی در سطح دوم همچون مهارت‌های کار تیمی و مهارت‌های رهبری کمک نمایند. مهارت‌های نرم ازجمله دیگر شایستگی‌هایی هستند که به‌عنوان حلقه ارتباطی در الگوی ارائه‌شده تلقی می‌گردند. آدا و همکاران (Ada, 2021) این مهارت‌ها را به‌عنوان مهارت‌های ضروری انسانی می‌دانند که معمولاً به‌عنوان مهارت‌های نرم نامیده می‌شود. داشتن کارکنانی با مهارت‌های نرم باعث می‌گردد تا ارتباطات و تصمیم‌گیری کارکنان تقویت شده و مسائل مختلف سریع‌تر در سازمان حل گردد. طبق گفته بوریس (Burris, 2012) کارمندانی که دارای مهارت‌های نرم قوی‌تری هستند، می‌دانند چگونه با گفتگوی حمایتی و فعالانه با دیگران به‌خوبی ارتباط برقرار کنند، ایده‌های خود را بیشتر مورد تأیید قرار می‌دهند و باعث رضایت در محل کار می‌شوند؛ از این منظر این مهارت‌ها هم به افزایش ارتباطات در مهارت‌های فرهنگی منجر شده و هم شایستگی‌های روش‌شناختی مانند حل مسئله، حل تعارض و تصمیم-گیری را بهبود می‌دهد. مهارت‌های محتوا به‌عنوان مهارت‌های آمادگی نیروی کار تلقی می‌گردد، بسیاری از محققان این مهارت‌ها را به‌عنوان مهارت‌های ضروری در محیط کاری می‌دانند. به گفته شورت و کلر–بل (Short & Keller-Bell, 2019) مهارت‌های محتوا را می‌توان به‌عنوان مهارت‌های رفتاری مرتبط دانست که عملکرد شغلی، تعاملات و نظم کاری فرد را افزایش می‌دهند. مهارت‌های محتوا در الگوی ارائه‌شده به شکل مستقیم بر شایستگی‌های روش‌شناختی در سطح دوم الگو تأثیرگذار می‌باشند. شایستگی-های روش‌شناختی و شایستگی‌های اجتماعی دو مؤلفه اصلی دیگر سیستم شایستگی‌ها در الگوی ارائه‌شده است. براساس عقیده هکلائو و همکاران (Hecklau, 2016)

شایستگی‌های روش‌شناختی شامل تمامی مهارت‌ها و توانایی‌ها برای حل مسئله و تصمیم‌گیری عمومی می‌شود. همچنین، شایستگی‌های اجتماعی شامل همه مهارت‌ها و توانایی‌ها و همچنین نگرش به همکاری و برقراری ارتباط با دیگران است. به اعتقاد وون‌سولگا و همکاران (۲۰۱۱) این شایستگی‌ها در سازمان باعث می‌گردد تا نیروی کار سازمان به‌راحتی بر سایر توانمندی‌ها و مهارت‌های فنی تسلط یابد. بر همین اساس نیز این دو شایستگی در سطح دوم الگو قرار گرفته و به شکل مستقیم بر مهارت‌های فنی تأثیر داشته و باعث تقویت آن می‌گردند. در نهایت شایستگی مهارت‌های فنی است که در الگوی ارائه‌شده در سطح اول قرار گرفته و تأثیرپذیرترین شایستگی سیستم تلقی می‌شود. به عقیده هکلائو و همکاران (Hecklau, 2016) شایستگی‌های فنی شامل تمام مهارت‌های مرتبط با نسل چهارم صنعتی می‌گردد. این مهارت‌ها، شامل شایستگی‌هایی است که هسته اصلی وظایف نیروی کار در نسل چهارم صنعتی تلقی می‌گردد.

به شکل کلی نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که شایستگی‌های نیروی کار در نسل چهارم صنعتی شامل مهارت‌هایی است که سال‌ها در عرصه سازمان‌ها مطرح بوده و همچنان سازمان‌ها برای موفقیت در محیط رقابتی به آنها نیاز دارند؛ در این حوزه می‌توان به مهارت‌هایی مانند تصمیم‌گیری و تطبیق‌پذیری افراد با سازمان اشاره نمود. همچنین نیروی کار بایستی برای تطبیق با شرایط و ویژگی‌های محیط جدید رقابتی، مسلط به مهارت‌های کار با ابزارهای دیجیتال مانند برنامه‌نویسی، مهارت‌های کدگذاری و غیره باشند. در این خصوص به مدیران صنایع تولیدی پیشنهاد می‌گردد تا برای نیروی کار فعلی خود، آموزش‌های مرتبط با ابزارهای دیجیتال را به‌طور جدی مورد توجه قرار داده و در استخدام نیروی کار جدید، توانمندی مهارت‌های آنها را در حوزه ابزارهای دیجیتال مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند. پیشنهاد می‌گردد تا مدیران برای افزاش مهارت‌های فکری و توانایی‌های شناختی صرفاً روی بهره‌وری نیروی انسانی تمرکز نکرده و اشتباهات کارکنان را به‌عنوان مقدمه یادگیری پذیرا باشند. برای این منظور ایجاد قوانین ارتباطی برای مدیریت تعارض و فرهنگ بازخورد دوطرفه می‌تواند با افزایش امنیت روانی کارکنان به توسعه مهارت‌های فکری و توانایی‌های شناختی آنها کمک نماید. برای افزایش مهارت‌های فکری کارکنان، مدیران بایستی ابتدا ارزیابی کلی از سطح مهارتی آنها داشته و بر اساس این سطح مهارتی نسبت به ارائه آموزش‌های مورد نیاز اقدام نمایند. همچنین پیشنهاد می‌گردد تا سازمان ضمن ایجاد یک پایگاه ثبت و ذخیره-

سازی دانش، تمامی داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در رابطه با محصول، مشتریان و بازخوردهای گرفته شده از مشتریان را در اختیار کارکنان بخش‌های مرتبط قرار داده تا کارکنان بتوانند از طریق دسترسی به داده‌های تاریخی و دانش موجود در سازمان، نسبت به تحلیل عمیق موضوعات، استفاده از داده‌های تاریخی و مواجهه با واقعیات، تحلیل‌های درستی داشته باشند.

در نهایت بایستی توجه داشت که برای هر یک از کارکنانی که از قبل در سازمان استخدام شده‌اند و سال‌ها تجربه دارند، بایستی برنامه‌ریزی آموزشی، متناسب با هر یک از مهارت‌های نیروی کار در مواجهه با الزامات نسل چهارم صنعتی انجام گیرد تا در طول زمان سازمان‌ها بتوانند نیروی کار متناسب با تحولات فناوری در سازمان داشته و از تجارب کارکنان موجود نیز استفاده نمایند.

References:

Ada, N., Ilic, D., & Sagnak, M. (2021). A framework for new workforce skills in the era of industry 4.0. International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences, 6(3), 771.

Adebayo, V. I., Paul, P. O., Jane Osareme, O., & Eyo-Udo, N. L. (2024). Skill development for the future supply chain workforce: Identifying key areas. International Journal of Applied Research in Social Sciences, 6(7), 1346-1354.

Agbaji, D., Lund, B., & Mannuru, N. R. (2023). Perceptions of the Fourth Industrial Revolution and Artificial Intelligence Impact on Society. arXiv preprint arXiv:2308.02030.

Ahuett-Garza, H., & Kurfess, T. (2018). A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing. Manufacturing letters, 15, 60-63.

Ajayi, F. A., & Udeh, C. A. (2024). Review of workforce upskilling initiatives for emerging technologies in IT. International Journal of Management & Entrepreneurship Research, 6(4), 1119-1137.

Akyazi, T., Goti, A., & Báyon, F. (2024). The Effects of Industry 4.0 on Steel Workforce: Identifying the Current and Future Skills Requirements of the Steel Sector and Developing a Sectorial Database. In Industry 4.0 and the Road to Sustainable Steelmaking in Europe: Recasting the Future (pp. 183-201). Cham: Springer International Publishing.

Akyazi, T., Goti, A., Oyarbide, A., Alberdi, E., & Bayon, F. (2020). A guide for the food industry to meet the future skills requirements emerging with industry 4.0. Foods, 9(4), 492.

Alhloul, A., & Kiss, E. (2022). Industry 4.0 as a challenge for the skills and competencies of the labor force: A bibliometric review and a survey. Sci, 4(3), 34.

Angrisani, L., Arpaia, P., Bonavolonta, F., & Moriello, R. S. L. (2018). Academic fablabs for industry 4.0: Experience at University of naples federico II. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 21(1), 6-13.

Azofeifa, J. D., Rueda-Castro, V., Camacho-Zuñiga, C., Chans, G. M., Membrillo-Hernández, J., & Caratozzolo, P. (2024, July). Future skills for Industry 4.0 integration and innovative learning for continuing engineering education. In Frontiers in Education (Vol. 9, p. 1412018). Frontiers Media SA.

Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J., & Retat, S. (2017). Learning factory: The path to industry 4.0. Procedia manufacturing, 9, 73-80.

Blayone, T. J., & VanOostveen, R. (2021). Prepared for work in Industry 4.0? Modelling the target activity system and five dimensions of worker readiness. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 34(1), 1-19.

Burris, E. R. (2012). The risks and rewards of speaking up: Managerial responses to employee voice. Academy of management journal, 55(4), 851-875.

Cagliano, R., Canterino, F., Longoni, A., & Bartezzaghi, E. (2019). The interplay between smart manufacturing technologies and work organization: The role of technological complexity. International Journal of Operations and Production Management, 39, 913–934.

Caratozzolo, P., Cukierman, U., Nørgaard, B., Schrey-Niemenmaa, K., Azofeifa, J. D., & Rueda-Castro, V. (2024, May). Future Skills Forecasting: Ensuring Quality Learning for Every Segment of the Workforce. In 2024 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1-5). IEEE.

Carter, D. (2017). Creativity in action–the information professional is poised to exploit the fourth industrial revolution: The business information survey 2017. Business Information Review, 34(3), 122-137.

Caruso, L. (2018). Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes. Ai & Society, 33(3), 379-392.

Dahlmann, P., & Kunkel, M. (2017). Human factor as a base for competitive metallurgical industry in Germany. Chernye metally, (2), 65-66.

Deloitte, A. E. (2018). Preparing Tomorrow's Workforce For The Fourth Industrial Revolution. For business: A framework for action. Recuperado em, 13.

Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. Procedia CiRp, 54, 13-18.

Ertz, M., Centobelli, P., & Cerchione, R. (2022). Shaping the future of cold chain 4.0 through the lenses of digital transition and sustainability. IEEE Transactions on Engineering Management, 71, 2812-2828.

Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E., & Binda, A. (2020). Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. *Computers in industry*, *118*, 103222.

Fomunyam, K. G. (2019). Education and the Fourth Industrial Revolution: Challenges and possibilities for engineering education. International Journal of Mechanical Engineering and Technology, 10(8), 271-284.

Garbie, I. H. (2017). Incorporating sustainability/sustainable development concepts in teaching industrial systems design courses. Procedia Manufacturing, 8, 417-423.

Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., ... & Standley, M. (2015). Industry 4.0. A discussion of qualifications and skills in the factory of the future: A German and American perspective. *Titelbild: VDI-Haus Düsseldorf*.

Gitelman, L. D., & Kozhevnikov, M. V. (2018). Paradigm of managerial education for a technological breakthrough in the economy.

Gökalp, E., Şener, U., & Eren, P. E. (2017). Development of an assessment model for industry 4.0: industry 4.0-MM. In Software Process Improvement and Capability Determination: 17th International Conference, SPICE 2017, Palma de Mallorca, Spain, October 4–5, 2017, Proceedings (pp. 128-142). Springer International Publishing.

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. Procedia Cirp, 54, 1-6.

Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for industry 4.0. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM), 14, 1511-1524.

Islam, M. A. (2022). Industry 4.0: Skill set for employability. Social Sciences & Humanities Open, 6(1), 100280.

Jerman, A., Peji´c Bach, M., & Aleksi´c, A. (2020). Transformation towards smart factory system: Examining new job profiles and competencies. Systems Research and Behavioral Science, 37(2), 388–402.

Judijanto, L., Endrawati, T., & Ibrahim, E. (2024). Talent Management in Industry 4.0: A Bibliometric Review of Required Skills and Competencies. West Science Interdisciplinary Studies, 2(06), 1189-1198.

Kazancoglu, Y., & Ozkan-Ozen, Y. D. (2018). Analyzing Workforce 4.0 in the Fourth Industrial Revolution and proposing a road map from operations management perspective with fuzzy DEMATEL. *Journal of enterprise information management*.

Kergroach, S. (2017). Industry 4.0: New challenges and opportunities for the labour market. Форсайт, 11(4 (eng)), 6-8.

Khaitan, S. K., & McCalley, J. D. (2014). Design techniques and applications of cyberphysical systems: A survey. IEEE systems journal, 9(2), 350-365.

Khang, A., Jadhav, B., & Birajdar, S. (2023). Industry revolution 4.0: workforce competency models and designs. In Designing workforce management systems for industry 4.0 (pp. 11-34). CRC Press.

Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. Technology in Society, 64, 101454.

Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G., & Venâncio, A. (2018). The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. Production, 28.

Liu, H. C., Qin, J. T., Mao, L. X., & Zhang, Z. Y. (2015). Personnel selection using interval 2-tuple linguistic VIKOR

Liu, Y., & Xu, X. (2017). Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, *139*(3).

Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025. *The Boston Consulting Group*, *2*.

Malik, A., Sharma, S., Batra, I., Sharma, C., Kaswan, M. S., & Garza-Reyes, J. A. (2024). Industrial revolution and environmental sustainability: an analytical interpretation of research constituents in Industry 4.0. International Journal of Lean Six Sigma, 15(1), 22-49.

Matt, D. T., Orzes, G., Rauch, E., & Dallasega, P. (2020). Urban production – A socially sustainable factory concept to overcome shortcomings of qualified workers in smart SMEs. Computers and Industrial Engineering, 139

Maynard, A. D. (2015). Navigating the fourth industrial revolution. Nature nanotechnology, 10(12), 1005-1006.

Miah, M. T., Erdei-Gally, S., Dancs, A., & Fekete-Farkas, M. (2024). A Systematic Review of Industry 4.0 Technology on Workforce Employability and Skills: Driving Success Factors and Challenges in South Asia. Economies, 12(2), 35.

Moore, E. A., Field, F. R., & Kirchain, R. (2024). Occupation Clustering Methodology for Training In-Demand Engineering Middle-Skilled Workers in the Advanced Manufacturing Industry. ENGINEERING TECHNOLOGY, 36.

Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., & Filippi, S. (2017). How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. Procedia manufacturing, 11, 1501-1509.

Mourtzis, D. (2018). Development of skills and competences in manufacturing towards education 4.0: A teaching factory approach. In Proceedings of 3rd International Conference on the Industry 4.0 Model for Advanced Manufacturing: AMP 2018 3 (pp. 194-210). Springer International Publishing.

Nyikes, Z. (2018). Contemporary digital competency review. Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS, 16(1), 124-131.

Obermayer, N., Csizmadia, T., & Hargitai, D. M. (2022). Influence of Industry 4.0 technologies on corporate operation and performance management from human aspects. Meditari accountancy research, 30(4), 1027-1049.

Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. Journal of intelligent manufacturing, 31, 127-182.

Perini, S., Luglietti, R., Margoudi, M., Oliveira, M., & Taisch, M. (2017). Training advanced skills for sustainable manufacturing: A digital serious game. Procedia Manufacturing, 11, 1536-1543.

Rao, S. K., & Prasad, R. (2018). Impact of 5G technologies on industry 4.0. Wireless personal communications, 100, 145-159.

Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond, Foreign. Switzerland:(WEF) in Davos.

Schwab, K., & Samans, R. (2016, January). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. In World Economic Forum (pp. 1-32).

Sharp, M., Ak, R., & Hedberg Jr, T. (2018). A survey of the advancing use and development of machine learning in smart manufacturing. Journal of manufacturing systems, 48, 170-179.

Short, M. N., & Keller-Bell, Y. (2019). Essential skills for the 21st century workforce. In Handbook of research on promoting higher-order skills and global competencies in life and work (pp. 134-147). IGI Global.

Siemieniuch, C. E., Sinclair, M. A., & Henshaw, M. D. (2015). Global drivers, sustainable manufacturing and systems ergonomics. Applied ergonomics, 51, 104-119.

Singh, A., & Alhabbas, N. (2024). Transforming KSA's local workforce into global talent: An Industry 4.0 and 5.0 initiative leading to vision 2030. Int. J. Adv. Appl. Sci, 11, 94-106.

Sony, M., Antony, J., & Douglas, J. A. (2020). Essential ingredients for the implementation of Quality 4.0: A narrative review of literature and future directions for research. TQM Journal, 32(4), 779–793.

Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. Procedia manufacturing, 13, 1269-1276.

Wahl, M. (2015). Strategic factor analysis for industry 4.0. Journal of security and sustainability issues, 5(2), 241-247.

Wang, J., Sun, Y., Zhang, W., Thomas, I., Duan, S., & Shi, Y. (2016). Large-scale online multitask learning and decision making for flexible manufacturing. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 12(6), 2139-2147.

Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. International journal of financial research, 9(2), 90-95.

Xu, X., & Hua, Q. (2017). Industrial big data analysis in smart factory: Current status and research strategies. Ieee Access, 5, 17543-17551.

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Licensee Advances in Finance and Investment Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).