

بررسی تحلیلی مولفه‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران

■ روح اله ارجمندی^۱

دانشجوی دکتری مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و
حسابداری، دانشکده‌گان فارابی دانشگاه تهران

■ محمدرضا فتحی⁺*

دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکده‌گان فارابی
دانشگاه تهران، ایران

■ منوچهر منطقی^۲


دکتری تخصصی، مدیریت سیستم‌ها و روش‌ها، هیئت
علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، ایران

■ میثم شهبازی^۳

دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکده‌گان فارابی
دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۹/۲۵ و تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸

صفحات: ۶۳-۷۲

10.22034/jtd.2023.701955 

چکیده

با انقلاب‌های صنعتی، تغییرات اساسی در فناوری و الگوهای تولید بوجود آمده است. معرفی فرآیندهای اتوماسیون، الکترونیک و فناوری اطلاعات در دگرگونی‌های کار ماشینی و دستی به انقلاب صنعتی چهارم منجر شد. این توسعه که از آن به‌عنوان انقلاب صنعتی چهارم یاد می‌شود، منجر به ظهور مفاهیمی مانند اینترنت اشیاء، داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی شده است. پژوهش حاضر از نظر بعد محیط، از نوع کتابخانه‌ای و میدانی است. براساس کاربردی بودن نتایج، این پژوهش، کاربردی است. همچنین با توجه به موضوع، ماهیت آن توصیفی و از نوع همبستگی است. جامعه آماری این پژوهش را، معاونان و مدیران صنعت خودرو تشکیل می‌دهند. برای روایی پرسشنامه از روایی صوری و برای پایایی از ضریب پایایی اشتراکی و ترکیبی استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، با به‌کارگیری نرم‌افزارهای SPSS و Expert Choice، از ضریب همبستگی، تحلیل سلسله‌مراتبی و آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شد. یافته‌های حاصل از آزمون روش تحلیل سلسله‌مراتبی در خصوص میزان اهمیت مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو نشان می‌دهد، عوامل قانونی و حمایتی با وزن ۰/۱۹۰ رتبه اول، منابع با ۰/۱۶۹ در رتبه دوم، عوامل سازمانی با ۰/۱۵۷ در رتبه سوم، محیط نهادی با ۰/۱۴۵ در رتبه چهارم، سیاست‌های دولت با ۰/۱۲۰ در رتبه پنجم، بازار با وزن ۰/۱۱۷ در رتبه ششم و در نهایت عوامل فرهنگی با ۰/۱۰۲ در رتبه هفتم قرار دارد. توجه به شاخص‌های اساسی در اهمیت فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو کمک خواهد کرد تا این صنعت بهتر از قبل در جهت اهداف از پیش تعیین شده حرکت نمایند.

کلید واژگان: فناوری، انقلاب صنعتی چهارم، صنعت خودرو، ایران.

۱ شماره نامبر: ۰۲۵-۳۶۱۶۶۱۰۰ و آدرس پست الکترونیکی: Arjmandi.rouhalle@ut.ac.ir

* عهده دار مکاتبات

+ شماره نامبر: ۰۲۵-۳۶۱۶۶۵۱۹ و آدرس پست الکترونیکی: Reza.fathi@ut.ac.ir

۲ شماره نامبر: ۰۲۱-۸۶۰۵۱۴۶۴ و آدرس پست الکترونیکی: Manteghi@guest.ut.ac.ir

۳ شماره نامبر: ۰۲۵-۳۶۶۴۴۰۸۱ و آدرس پست الکترونیکی: Meisamshahbazi@ut.ac.ir

۱- مقدمه

افزوده بالاتر در صنعت و نیز افزایش رقابت‌پذیری در بازارهای پرقابته جهانی، رفتن و استفاده کردن از فناوری‌های جدید در ساخت است؛ چراکه در کمترین میزان اثربخشی، موجب استقبال از آینده با چشمانی باز می‌شود و البته بین دیدن و ندیدن و حتی بین زودتر یا دیرتر دیدن، تفاوت بسیار است. پس با جمع‌بندی از مطالب عنوان شده بالا، امروزه فناوری یکی از موضوعات کلیدی و اصلی سازمان‌ها و شرکت‌ها بوده و مدیریت موثر آن نیازمند توجه جدی و دقیق به جنبه‌های مختلف مدیریت فناوری است. در مدیریت فناوری چندین فرآیند مهم و اساسی مطرح هستند که یکی از مهمترین آنها، فرآیند اکتساب فناوری است. اگر به بهترین شیوه، فرآیندهای شناسایی و انتخاب فناوری انجام شده باشند، تا زمانی که بنگاه و سازمان به فناوری دست پیدا نموده و آن را در اختیار نگیرد کار جدی و واقعی صورت نگرفته است. در فرایند اکتساب فناوری نیز موضوعات و چالش‌های گوناگونی مطرح هستند که یکی از اصلی‌ترین آنها تعیین روش مناسب اکتساب فناوری است. اکتساب فناوری به‌عنوان ابزاری حیاتی در جهت دستیابی به رقابت‌پذیری بین‌المللی و حرکت پایدار به سوی توسعه، از اهمیت روزافزونی در فرایند توسعه کشورها برخوردار است. بدون دستیابی به دانش، مهارت و فناوری‌های رو به رشد نمی‌توان از آینده و حیات بلندمدت سازمان‌ها اطمینان حاصل نمود. شناسایی فرایند اکتساب فناوری و عوامل موثر بر آن و همچنین ایجاد زیرساخت‌های لازم برای جذب فناوری اکتساب داده شده، از اهمیت اساسی برخوردار است. از این رو، لازم است که با ایجاد یک ساختار مشخص و هدفمند برای اکتساب فناوری و در نظر گرفتن همه عوامل و جنبه‌های مختلف آن، از اثربخش بودن اکتساب فناوری انجام شده اطمینان حاصل نمود. از آنجا که یکی از سریع‌ترین راه‌ها متحول‌سازی صنعت خودرو کشور استفاده از خط تولید هوشمند جهت بالا بردن کیفیت و بهره‌وری محصولات است، بنابراین این پژوهش در پی ارائه الگوی فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران است.

۲- ادبیات پژوهش

۲-۱- صنعت ۴,۰

مفهوم صنعت ۴,۰ که در سال ۲۰۱۱ در نمایشگاه هانوفر معرفی شد، نه تنها در بین تولیدکنندگان، بلکه در میان محققان نیز مورد توجه قرار گرفت. اجرای مفهوم صنعت ۴,۰ در بخش تولید به معنای استفاده از حداکثر ظرفیت از قدرت فناوری ارتباطات و اختراعات نوآورانه برای تحریک توسعه فناوری‌های

در قرن بیست و یکم، تغییرات اساسی در جوامع و همچنین در صنایع و اقتصادها در حال رخ دادن است. از نظر تولید، این تغییرات به‌طور عمده خود را در اتصال ماشین‌ها و دستگاه‌های دیجیتال مبتنی بر تجزیه و تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها و ادغام نه تنها کارخانه‌ها، بلکه شبکه‌های شرکتی و کل اقتصاد ملی در یک سیستم اطلاعات هوشمند نشان می‌دهد. فرآیندهایی که امروزه در حال وقوع هستند، به‌عنوان چهارمین انقلاب صنعتی تعریف می‌شوند. این فرآیند در درجه اول به کاربرد صنعتی فناوری اطلاعات و ارتباطات مربوط می‌شود. سیستم‌های تولید که قبلاً با محاسبات گسترش یافته بودند، اکنون با اتصال شبکه‌ای تکمیل شده‌اند که به سیستم‌ها اجازه می‌دهد با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و اطلاعات مربوط به عملیات خود را به اشتراک بگذارند که گام بعدی در اتوماسیون تولید است. سیستم‌های شبکه‌سازی در حال حاضر مفهوم کارخانه‌های هوشمند را ایجاد می‌کنند که در آن سیستم‌های تولیدی، قطعات و افراد از طریق یک شبکه با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و تولید تقریباً به‌طور خودکار و بدون نیروی انسانی انجام می‌شود. توسعه مستمر فناوری اطلاعات، مانند سیستم‌های فیزیک سایبری، اینترنت اشیا، اینترنت خدمات، رباتیک، رایانش ابری و شناختی، داده‌های بزرگ و واقعیت افزوده، منجر به تغییرات قابل توجهی در سیستم‌های تولید می‌شود [۱]. تحول دیجیتال بر کل زنجیره ارزش خودرو، از جمله طراحی، تولید، توزیع و خرده‌فروشی تأثیر می‌گذارد و مدل کسب و کار سنتی خودرو را تغییر می‌دهد. ظهور پلتفرم‌های پیشرو در صنعت، انفجار در وسعت و عمق داده‌های موجود، تأثیر فناوری‌های دیجیتال را تسریع و تقویت می‌کند. این تغییرات مدل‌های کسب و کار را برای بازیگران موجود مختل می‌کند و زنجیره ارزش آنها را متحول می‌کند. صنعت خودرو با تغییرات سریع و مخرب غریبه نیست و تحول دیجیتال محل بزرگ بعدی است. افزایش اتصال، مقررات زیست محیطی، اینترنت اشیا، راه‌حل‌های بی‌سیم و افزایش انتظارات مشتریان بر دیجیتالی شدن در صنعت خودرو تأثیر می‌گذارد. صنعت خودرو به‌عنوان یکی از صنایع پرپتانسیل در شتاب بخشی به توسعه کشورمان باید نسبت به تغییرات وسیع و البته سریع جهان در ابعاد مختلف، حساس و در تلاش برای تطبیق خود با دنیای آینده باشد. یکی از اقدامات موثر در ایجاد این نوع حساسیت، آمادگی در مواجهه با آینده جهان و آشنایی با شیوه‌های نوین کسب و کار در جهان به منظور دستیابی به ارزش

می‌توانند برای برنامه‌ریزی، پیش‌بینی، تنظیم و کنترل نتایج کسب‌وکار مورد استفاده قرار گیرند تا منجر به بهینه‌سازی زنجیره ارزش شوند. نتیجه یک جریان تولید پویاتر است [۱۰]. از سوی دیگر، یک اثر منفی مهم، اختلال در بازار کار است [۱۱]. توسعه پیچیده و یکپارچه علم و فناوری مربوط به مرحله صنعت ۴,۰ نه تنها تجارت، فرهنگ و جامعه، بلکه زیست‌شناسی و اخلاق ما را نیز باطراحی می‌کند [۱۲]. شوماچر و همکاران [۴] مفهوم صنعت ۴,۰ را به‌عنوان ترکیبی از فناوری‌های پیشرفته ترکیب می‌کنند که از اینترنت به‌طور گسترده برای پشتیبانی از فناوری‌های خاص استفاده می‌کنند. آنها از سیستم‌های تعبیه شده برای ادغام و ترکیب ماشین‌های هوشمند با بازیگران انسانی در فرآیندهای تولیدی استفاده می‌کنند که به انواع جدیدی از داده‌های فنی نیاز دارد و زنجیره‌های ارزش چابکی بالا تولید می‌کند. با خلاصه کردن تعاریف فوق، چندین مزیت انقلاب صنعتی ۴,۰ را می‌توان شناسایی کرد. به‌عنوان مثال: افزایش کارایی اقتصادی، افزایش بهره‌وری نیروی کار، انعطاف‌پذیری و هوشمندی، کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بازده سرمایه‌گذاری. با توجه به افزایش کارایی اقتصادی، اصلاح رابطه بین سرمایه انسانی و سرمایه قومی که اکنون خودکار شده است، قابل توجه است. با سرمایه اجتماعی کمتر و سرمایه فنی بیشتر، شرکت‌ها سریع‌تر تصمیم می‌گیرند. اتوماسیون سرمایه فنی منجر به کیفیت بالای محصولات و خدمات شده است. افزایش بهره‌وری نیروی کار از آنجایی حاصل می‌شود که زمان توقف خطوط تولید کاهش یافته است و اکنون تصمیمات به‌صورت خودکار یا نیمه خودکار اتخاذ می‌شوند. تولید نظارت می‌شود و معرفی محصولات جدید در خط تولید و ایجاد فرصتهایی برای یک عملیات تولیدی بسیار آسان‌تر است. تولید انعطاف پذیر است و کارخانه هوشمند است. کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری ناشی از معرفی فناوری‌های پیشرفته است. هزینه‌های تولید به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد اما در طول زمان. در ابتدا، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اجرای آنها بسیار بالا خواهد بود، اما به مرور زمان مستهلک می‌شود. مزایای صنعت و بازگشت بالقوه سرمایه‌گذاری مهم است. انقلاب صنعتی ۴,۰ دارای معایبی است. کاهش خلاقیت می‌تواند به دلیل اتوماسیون ماشین‌ها و ناپدید شدن سرمایه انسانی از فناوری تولید اتفاق بیفتد. سرمایه انسانی می‌تواند با خلاقیت خود بحث و جدل ایجاد کند، در حالی که دستگاه‌ها علیرغم خطاهایی که ممکن است رخ دهد، بهینه‌سازی، راه‌اندازی و برنامه‌ریزی شده‌اند. افزایش نرخ بیکاری، حداقل در برخی مناطق، می‌تواند یکی دیگر از پیامدهای

تولید است [۲]. کوین و همکاران [۳] بیان کرد که صنعت ۴,۰ می‌تواند توسعه واقعی شرکت‌ها را با ایجاد یک محیط تولید قابل اعتماد تضمین کند. جمع‌آوری و تفسیر هوشمند داده‌ها، تصمیم‌گیری صحیح و اجرای به‌موقع آنها در نتیجه استفاده از پیشرفته‌ترین فناوری‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند که امکان جمع‌آوری و تفسیر سریع‌تر داده‌ها را فراهم می‌کند [۳]. شوماچر و همکاران بر شبکه فناوری‌های پیشرفته در زنجیره ارزش تاکید کرد. خدمات، اتوماسیون، رباتیک، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و تولید مواد افزودنی عناصری هستند که کسب و کارها را در صنایع مختلف تغییر می‌دهند. موج جدید دگرگونی‌ها در سیستم‌های تولید، مرزهای بین دنیای واقعی و واقعیت مجازی را محو می‌کند و باعث ایجاد پدیده سیستم‌های تولید فیزیکی سایبری می‌شود [۴]. در سناریوی صنعت ۴,۰ سیستم فیزیکی-سایبری با معرفی ماشین‌های مستقل و ایجاد یک کارخانه هوشمند مدولار، به تمرکززدایی فرآیند تصمیم‌گیری عملیاتی کمک می‌کند [۵]. هدف صنعت ۴,۰ ایجاد پلتفرم‌های تولیدی باز و هوشمند برای کاربرد اطلاعات در شبکه‌های صنعتی است که نوآوری را در مدل‌های تجاری به ارمغان می‌آورد [۶]. یک سیستم تولید هوشمند نیاز به استقلال و قابلیت‌های اجتماعی بیشتری دارد که عوامل اصلی سیستم‌های خود سازماندهی هستند. چندین ویژگی صنعت ۴,۰، یعنی دنیای فیزیکی، دیجیتالی و بیولوژیکی، به‌طور قابل توجهی به بهبود محیط صنعتی کمک می‌کند و اثرات مثبتی بر اقتصاد و برنامه‌های توسعه دولت‌ها ایجاد می‌کند. شواهد تاکید کرد که صنعت ۴,۰ یکی از مهم‌ترین جهش‌ها در صنعت و اقتصاد جهانی است. وانگ و همکاران تاکید کرده‌اند که صنعت ۴,۰ از فناوری‌های نوظهور و توسعه سریع ماشین‌آلات و ابزارها برای رویارویی با چالش‌های جهانی با بهبود فرآیندهای صنعتی استفاده کامل می‌کند. مفهوم اصلی صنعت ۴,۰ استفاده از فناوری اطلاعات پیشرفته برای پیاده‌سازی اینترنت اشیا با ادغام دانش مهندسی است [۷]. تأثیرات مربوط به تولید است که شامل افزایش سرعت فرآیندها، بهبود کارایی سیستم‌های تولید و کاهش تعداد مشکلات و زمان توقف است که در نهایت منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود [۸]. نتایج روی محصول نهایی ظاهر می‌شود که کیفیت بالاتری دارد و استفاده و نگهداری راحت‌تر و ارزان‌تر است. ویرویکا و همکاران [۹] نشان داده‌اند که حرکت به صنعت ۴,۰ یک مزیت برای رقابتی ماندن در هر صنعتی است. از این نظر، ماشین‌ها و ابزارهای مدرن که از نرم‌افزارهای پیچیده و حسگرهای شبکه استفاده می‌کنند،

۴- چارچوب نظری و مدل مفهومی پژوهش

مؤلفه‌های به‌کارگیری فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران کدامند؟
الگوی پژوهشی گذار فناورانه به نسل چهارم انقلاب صنعتی خروجی تحلیل فراترکیب در شکل شماره ۱ ارائه گردیده است؛ الگوی ارائه شده در این پژوهش در حقیقت اجماع نظریات ارائه شده در قالب یک مجموعه واحد است که دیدگاه جامع و کلی‌گرایانه‌ای به صنعت خودرو ارائه می‌دهد.

۵- روش‌شناسی پژوهش

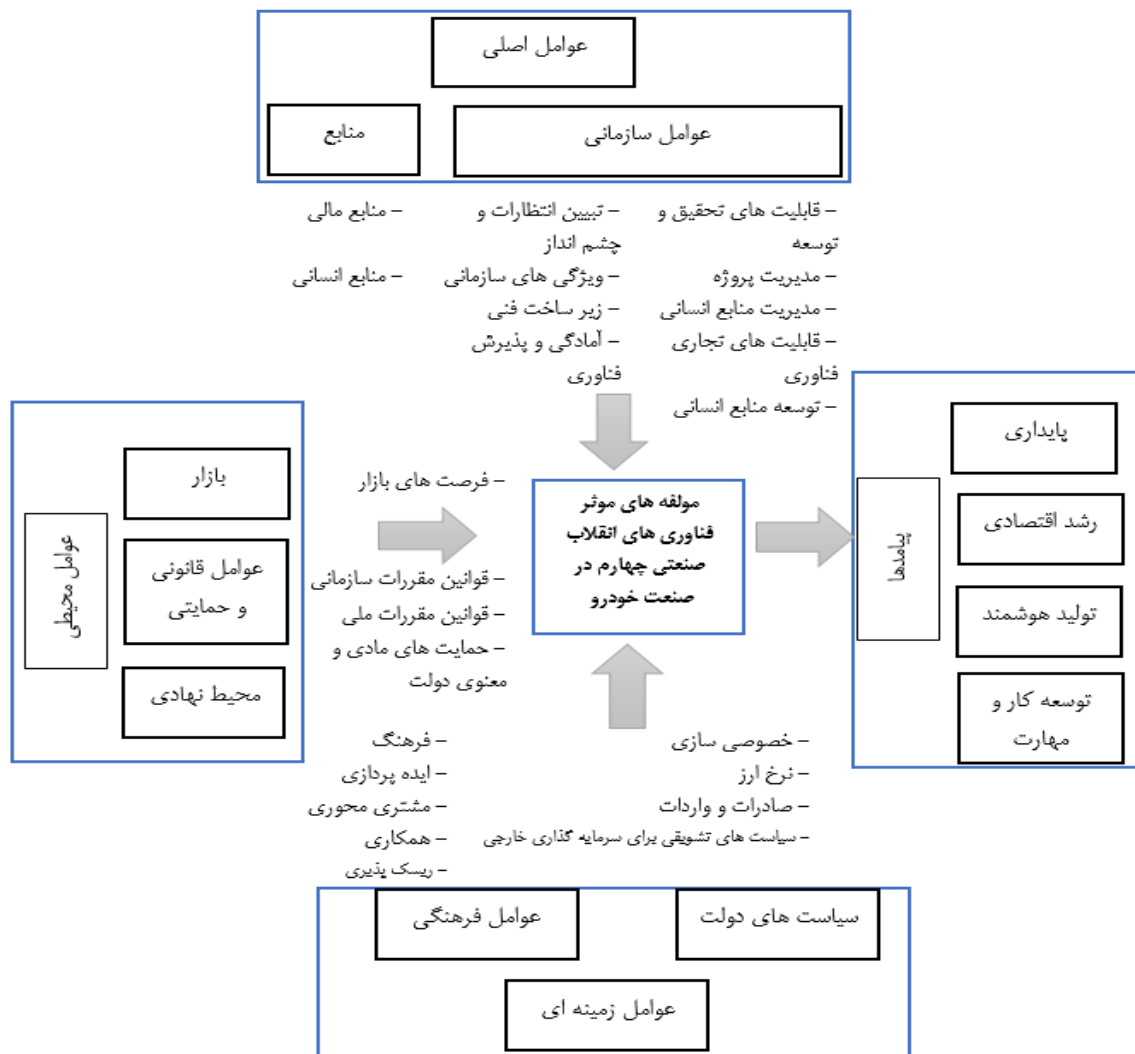
پژوهش حاضر از نظر بعد محیط، از نوع کتابخانه‌ای و میدانی است. از نظر هدف، کاربردی و از نظر زمان از نوع مقطعی است. همچنین با توجه به موضوع، ماهیت پژوهش حاضر توصیفی از نوع همبستگی است. جامعه آماری این پژوهش را معاونان و مدیران صنعت خودرو ایران تشکیل می‌دهند. در این پژوهش برای انتخاب نمونه‌های آماری از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای و نسبی و تصادفی استفاده شد. برای روایی پرسشنامه از روایی صوری، روایی واگرا (تشخیصی) با استفاده از آزمون فورنل و لارکر و برای پایایی از ضریب میانگین واریانس استخراج شده و ضریب پایایی اشتراکی و ترکیبی استفاده گردید و میزان AVE همه متغیرها بالای ۵ و ضریب پایایی ترکیبی در هر یک از متغیرها بزرگتر از میانگین واریانس استخراج شده (بالای ۰/۷) در همان متغیر نشان داده شد. با توجه به سؤال‌های پژوهش، از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی نظیر ضریب همبستگی تحلیل سلسله مراتبی و آزمون تی تک نمونه‌ای و با استفاده از نرم‌افزار SPSS و همچنین Expert Choice بهره گرفته شده است.

توصیف آماری پاسخ‌دهندگان: آمارهای جمعیت شناختی مرتبط با این پژوهش به‌اختصار در جدول شماره ۱ نشان داده شده است:

منفی باشد. بین درجه اتوماسیون تولید و نرخ بیکاری رابطه مستقیمی وجود دارد: هر چه درجه اتوماسیون تولید بیشتر باشد، نرخ بیکاری نیز بالاتر است [۱۲]. اتوماسیون فناوری‌های تولید و رایانه‌سازی مشاغل، بسیاری از سرمایه‌های انسانی را جابجا کرده و باعث پیکربندی مجدد آن شده است. از سوی دیگر، با این حال، آخرین فناوری‌ها منجر به ایجاد مشاغل جدید و ایجاد مناطق جدید تولید خواهد شد. تأثیر آن بر حفاظت از محیط زیست نیز قابل توجه است. فناوری‌ها و تجهیزات خاصی که در تأسیسات تولید صنعت ۴,۰ گنجانده شده‌اند، تأثیر قابل توجهی بر محیط زیست دارند. به‌عنوان یک اثر منفی، نقض امنیت داده ممکن است رخ دهد. اینترنت اشیا یک سیستم ارتباط متقابل هوش مصنوعی است و شرکت‌ها همچنان در تلاش هستند تا شکاف‌های موجود در امنیت آن را پر کنند. پیچیدگی کارها توانایی‌های آن را کاهش می‌دهد. اگرچه فناوری‌های تولید صنعت ۴,۰ منجر به افزایش کیفیت محصول می‌شود، اما هنوز نتوانسته‌اند مشکل تولید پیچیده را حل کنند. سرمایه انسانی در حال حاضر تنها نوعی است که قادر به انجام وظایف تولیدی پیچیده و سفارشی است. آموزش با کارکنان برای فناوری‌های جدید ضروری است. جدای از تعمیر و نگهداری ارائه شده به فناوری‌های تولید صنعت ۴,۰ سرمایه انسانی باید برای پیاده‌سازی، بهره‌برداری و نگهداری صحیح سیستم‌های خودکار و اطمینان از عملکرد مداوم آنها آموزش ببیند. چارچوب زمانی برای اجرای صنعت ۴,۰ نسبتاً بزرگ است و نیاز به اقداماتی در سراسر صنعت دارد. هزینه‌های اولیه نیز بالاست [۱۳].

۳- پرسش‌های پژوهش

- پرسش اصلی پژوهش به این شرح است که: چه الگویی را می‌توان برای فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران ارائه کرد؟ و پرسش‌های فرعی به قرار زیر است:
- مؤلفه‌های به‌کارگیری فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران کدامند؟
 - وضعیت موجود استفاده از فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران چگونه است؟
 - آیا بین وضعیت موجود و مطلوب فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو تفاوت وجود دارد؟
 - ترتیب اهمیت (اثر) مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران چگونه است؟



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش [۱۴]

بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده از اعضای نمونه گویای این مطلب است که بیشتر اعضای نمونه از تعداد ۱۵ نفر مورد بررسی ۱۱ نفر متاهل و ۴ نفر مجرد است. تفکیک اطلاعات جمع‌آوری شده اعضای نمونه برحسب میزان تحصیلات نشان از این مطلب داشت که از ۱۵ نفر شرکت‌کننده در پژوهش فوق ۵ نفر فوق لیسانس و ۱۰ نفر دارای مدرک دکتری و بالاتر بودند. نتایج حاصل از بررسی اطلاعات جمع‌آوری شده گویای این مطلب است که از ۱۵ نفر مشارکت‌کننده در پژوهش فوق، ۲ نفر زیر ۱۰ سال، ۴ نفر ۱۰ تا ۲۰ سال و ۹ نفر دارای سابقه کاری بالای ۲۰ سال هستند.

توصیف آماری متغیرهای پژوهش: در این بخش با استفاده از جداول توزیع فراوانی، شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی متغیرهای پژوهش توصیف می‌شوند.

جدول ۱: آمار توصیفی پاسخگویان

متغیر	فراوانی هر طبقه	درصد فراوانی داده‌های هر طبقه
جنسیت		
مرد	۱۳	۸۶,۷
زن	۲	۱۳,۳
تاهل		
متاهل	۱۱	۷۳,۳
مجرد	۴	۲۶,۶
تحصیلات		
فوق لیسانس	۵	۳۳,۳
دکتری	۱۰	۶۶,۷

جدول شماره ۱، توزیع فراوانی متغیر جنسیت را نشان می‌دهد. براساس نتایج بدست آمده از این جدول، بیشترین تعداد اعضای نمونه مردان با درصد فراوانی ۸۶,۷ است. نتایج حاصل از

منابع	۱۱,۸۹۸	۲,۶۱۳	۰,۰۰۰	۰,۳۸۶	۰,۴۵۰	۰,۳۲۳
عوامل سازمانی	-۷,۱۳۰	۲,۷۲۰	۰,۰۰۰	۰,۲۷۹	۰,۳۵۶	۰,۲۰۲
سیاست‌های دولت	-۶,۲۷۷	۲,۷۹۳	۰,۰۰۰	۰,۲۰۶	۰,۲۷۰	۰,۱۴۱
عوامل فرهنگی	-۳,۱۱۷	۲,۸۸۲	۰,۰۰۰	۰,۱۱۷	۰,۱۹۲	۰,۰۴۳
بازار	-۱,۵۷۶	۲,۹۳۷	۰,۱۱۶	۰,۰۶۲	۰,۱۴۰	۰,۱۵۰
عوامل قانونی-حمایتی	-۶,۶۵۱	۲,۷۲۳	۰,۰۰۰	۰,۲۷۶	۰,۳۵۸	۰,۱۹۴
محیط نهادی	-۶,۰۴۰	۲,۷۳۵	۰,۰۰۰	۰,۲۶۴	۰,۳۵۰	۰,۱۷۸

همان‌طور که در جداول شماره ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، سطح معناداری برای تمامی مولفه‌های پژوهش به جز متغیر بازار در کمتر از ۰,۰۵ است که نشان می‌دهد میزان میانگین این متغیرها با نمره آزمون تفاوت معناداری دارد. با توجه به اینکه حد بالا و پایین هر دو منفی بدست آمده و همچنین آماره تی نیز منفی کسب شده مشخص می‌شود که وضعیت این متغیرها در جامعه آماری مورد نظر مناسب نبوده و در حد ضعیفی قرار دارد.

۶-۲- آیا بین وضعیت موجود و مطلوب فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو تفاوت وجود دارد؟

برای بررسی سوال فوق با توجه به اینکه مقیاس اندازه‌گیری فاصله‌ای در نظر گرفته شد و توزیع داده‌ها نرمال بود، از آزمون تی مستقل استفاده شد. برای انجام این آزمون، فرض H_0 به این صورت تنظیم می‌شود که تفاوتی بین انتظارات و ادراکات پاسخ‌دهندگان در بعد عوامل مورد بررسی وجود ندارد. فرض مخالف یا H_1 نشان می‌دهد اختلاف انتظارات و ادراکات آنان معنی دار است. بیان آماری فرض‌های آزمون به صورت زیر است:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

که در این رابطه μ_1 میانگین ادراکات (وضعیت موجود) و μ_2 میانگین انتظارات (وضعیت مطلوب) در رابطه با هر بعد است.

همان‌طور که در جدول شماره ۵ قابل مشاهده است، بین وضعیت موجود و مطلوب در سطح اطمینان ۰,۹۹ دارای تفاوت معناداری است و براساس مقادیر حد بالا و پایین، وضعیت مطلوب نسبت به وضعیت موجود دارای سطح بالاتری است.

جدول ۲: میانگین و انحراف استاندارد مولفه‌ها

مولفه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	کمینه	بیشینه
منابع	۲,۶۱۳	۰,۶۳۷	۱,۰۰	۴,۲۰
عوامل سازمانی	۲,۷۲۰	۰,۷۶۷	۱,۰۰	۴,۶۰
سیاست‌های دولت	۲,۷۹۳	۰,۶۴۳	۱,۰۰	۴,۴۰
عوامل فرهنگی	۲,۸۸۲	۰,۷۴۰	۱,۰۰	۴,۸۰
بازار	۲,۹۳۷	۰,۷۷۶	۱,۰۰	۵,۰۰
عوامل قانونی-حمایتی	۲,۷۲۳	۰,۸۱۴	۱,۰۰	۵,۰۰
محیط نهادی	۲,۷۳۵	۰,۸۵۸	۱,۰۰	۵,۰۰

نتایج جدول شماره ۲ نشان می‌دهد که گستره نمره آزمون‌ها برای تمام مولفه‌ها بین ۱,۰۰ تا ۵,۰۰ است. به طور کلی پایین بودن انحراف استاندارد در تمام مولفه‌ها نشان‌گر پراکندگی کم پاسخ‌ها و معتبر بودن داده‌های گردآوری شده است. همچنین برای نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون چولگی و کشیدگی برای نرمال بودن توزیع داده‌ها استفاده گردید. نتایج این آزمون نشان داد که شکل توزیع داده‌ها برای تمام مولفه‌ها نرمال است.

۶- تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها

۶-۱- وضعیت موجود استفاده از فناوری‌های انقلاب

صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران چگونه است؟

برای بررسی سوال فوق با توجه به اینکه مقیاس اندازه‌گیری فاصله‌ای در نظر گرفته شد و توزیع داده‌ها نرمال بود، از آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده شد. در این قسمت با توجه به اینکه مقیاس پنج درجه‌ای است، ارزش عددی برای مقایسه با آماره تی عدد ۳ در نظر گرفته شده است. نتیجه آزمون تی تک نمونه‌ای در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول ۳: بررسی توزیع داده‌ها

مولفه‌ها	کشیدگی	چولگی	وضعیت
منابع	-۰,۳۱۷	-۰,۰۵۹	نرمال
عوامل سازمانی	-۰,۴۸۵	-۰,۰۲۳	نرمال
سیاست‌های دولت	-۰,۰۰۱	۰,۳۹۰	نرمال
عوامل فرهنگی	-۰,۳۸۴	-۰,۱۹۹	نرمال
بازار	-۰,۲۳۲	-۰,۳۹۹	نرمال
عوامل قانونی-حمایتی	-۰,۶۰۳	-۰,۰۸۹	نرمال
محیط نهادی	-۰,۵۹۰	۰,۰۷۹	نرمال

جدول ۴: آزمون تی تک نمونه‌ای برای بررسی وضعیت مولفه‌ها

مولفه	مقدار تی	میانگی ن	سطح معنادار	اختلاف میانگی	فاصله اطمینان ۹۵ درصد از اختلاف
		ن	ی	ن	حد بالا / حد پایین

جدول ۵: مقوله‌بندی یافته‌ها

تفاوت های زوجی					موجود- مطلوب	جفت
حد بالا	حد پایین	آمار t	انحراف استاندارد	میانگین		
۰,۷۲۰	۰,۴۷۷	۹,۷۰۲	۱,۲۱۰	۰,۵۹۹	منابع	جفت ۱
۰,۶۲۴	۰,۳۸۷	۸,۳۷۹	۱,۱۸۲	۰,۵۰۵	عوامل سازمانی	جفت ۲
۰,۷۲۱	۰,۵۱۸	۱۲,۰۰۵	۱,۰۱۱	۰,۶۱۹	سیاست‌های دولت	جفت ۳
۰,۳۸۶	۰,۱۶۸	۴,۹۹۵	۱,۰۸۶	۰,۲۷۷	عوامل فرهنگی	جفت ۴
۰,۶۷۸	۰,۴۵۲	۹,۸۴۸	۱,۱۲۵	۰,۵۶۵	بازار	جفت ۵
۰,۸۶۷	۰,۶۳۹	۱۲,۹۸۹	۱,۱۳۶	۰,۷۵۳	عوامل قانونی- حمایتی	جفت ۶
۰,۴۷۸	۰,۲۱۳	۵,۱۴۵	۱,۳۱۷	۰,۳۴۵	محیط نهادی	جفت ۷

و چون کمتر از ۰/۱ است، نشان از سازگاری قابل قبول است.

جدول ۷: مقایسات زوجی معیارهای اصلی

معیار	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1		۰,۹۷۶	۱,۵۱۵	۰,۹۴۴	۱,۲۴	۱,۱۰۷	۱,۲۰۱
C2			۱,۷۴	۱,۱۴۸	۱,۱۴	۱,۰۸	۱,۴۹
C3				۰,۶۲۲	۰,۶۴۴	۰,۸۷۰	۰,۸۷۰
C4					۱,۶۴	۲,۰۴	۱,۶۴
C5						۱,۶۴	۱,۱۴
C6							۱,۱۴
C7	Incon: 0.01						

مقایسات زوجی جدول شماره ۷، را در نرم افزار Expert choice وارد کرده که اوزان معیارها محاسبه می‌شود و در شکل شماره ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول شماره ۸، عوامل قانونی و حمایتی با وزن ۰/۱۹۰ رتبه اول، منابع با ۰,۱۶۹ در رتبه دوم، عوامل سازمانی با ۰,۱۵۷ در رتبه سوم، محیط نهادی با ۰,۱۴۵ در رتبه چهارم، سیاست‌های دولت با ۰,۱۲۰ در رتبه پنجم، بازار با وزن ۰,۱۱۷ در رتبه ششم و در نهایت عوامل فرهنگی با ۰,۱۰۲ در رتبه هفتم قرار دارد.

جدول ۸: وزن و رتبه معیارها

رتبه	وزن	کد	نام معیار
سوم	۰,۱۵۷	C1	عوامل سازمانی
دوم	۰,۱۶۹	C2	منابع
ششم	۰,۱۱۷	C3	بازار
اول	۰,۱۹۰	C4	عوامل قانونی و حمایتی
چهارم	۰,۱۴۵	C5	محیط نهادی
پنجم	۰,۱۲۰	C6	سیاست‌های دولت
هفتم	۰,۱۰۲	C7	عوامل فرهنگی

۳-۶- ترتیب اهمیت (اثر) مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو ایران چگونه است؟

برای پاسخ به این سوال و بررسی میزان تاثیر و یا اهمیت هر مولفه از آزمون رتبه بندی با روش AHP استفاده شده است. شاخص‌های تایید شده به صورت کد بندی در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

جدول ۶: معیارهای پژوهش

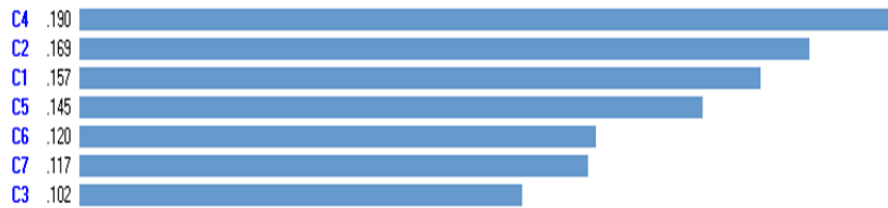
کد معیار	معیار	هدف
C1	عوامل سازمانی	گذار فناورانه به نسل چهارم
C2	منابع	
C3	بازار	
C4	عوامل قانونی و حمایتی	
C5	محیط نهادی	
C6	سیاست‌های دولت	
C7	عوامل فرهنگی	

۴-۶- نتایج روش AHP

در مراحل قبل عوامل پژوهش معرفی شدند در این گام نیز جهت تعیین اهمیت و وزن آن‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP استفاده می‌شود. بعد از تکمیل ماتریس‌های مقایسات زوجی، نرخ ناسازگاری هر کدام محاسبه شد که همگی کمتر از ۰/۱ بود که نشان از ثبات و سازگار بودن ماتریس‌ها هست. سپس مقایسات زوجی خبرگان، توسط روش میانگین هندسی ادغام شدند و سپس جهت تعیین وزن، وارد نرم افزار ExpertChoice شد. در ادامه نتایج مقایسات زوجی و اوزان ارائه شده است. در این بخش مقایسات زوجی ۷ معیار اصلی در جدول شماره ۷ ارائه شده است. نرخ ناسازگاری این مقایسه زوجی برابر با ۰/۰۱ است

Combined instance – Synthesis with respect to: Goal: gozar fanafaraneh

Overall Inconsistency = .01



شکل ۲: اوزان معیارهای اصلی

۷- نتیجه‌گیری

عوامل اصلی شناسایی شده در این پژوهش تحت عنوان منابع و عوامل سازمانی بیان شده است که در اکثر مدل‌های گذار فناوریانه حضور دارد و بیانگر اهمیت آن در سطح سازمانی و در فعالیت‌های صنعت ۴,۰ در صنعت خودرو است. نتایج این متاسنتز نشان می‌دهد که عناصر مشخصی در گذار فناوریانه به نسل چهارم انقلاب صنعتی مؤثر هستند؛ لکن برخی عناصر نقش برتری در حرکت گذار فناوریانه به صنعت ۴,۰ ایفا می‌کنند. عوامل زمینه‌ای در این مطالعه، سیاست‌های دولت و عوامل فرهنگی را شامل می‌شود که فراهم‌کننده زیرساخت‌ها و زمینه‌های لازم برای تحقق صنعت ۴,۰ است. این موارد به‌عنوان عوامل افزون‌کننده یا بازدارنده گذار فناوریانه به صنعت ۴,۰ در صنعت خودرو محسوب می‌شود و زمینه ساز ایجاد کارخانه‌های هوشمند است. عامل محیطی به میزان تعامل و استفاده از فناوری‌های صنعت ۴,۰ در صنعت خودرو اشاره دارد و شامل بازار، عوامل قانونی-حمایتی و محیط نهادی است که بیانگر توجه صنعت به فرصت‌های بازار، قوانین مقررات سازمانی و ملی و تعامل آن با دانشگاه است. نتیجه آزمون تی تک نمونه‌ای و همچنین منفی بودن حد بالا و پایین فاصله اطمینان هر دو بیانگر این است که مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو، در شرایط حاضر در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. اما نتایج حاصل از آزمون تی تک نمونه‌ای در مورد تفاوت وضعیت موجود و وضعیت مطلوب بیانگر این است وضعیت مطلوب نسبت به وضعیت موجود دارای سطح بالاتری است. نتایج حاصل از اهمیت (اثر) مولفه‌های فناوری‌های انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو نشان می‌دهد که عوامل قانونی و حمایتی با وزن ۰,۱۹۰، رتبه اول، منابع با ۰,۱۶۹ در رتبه

دوم، عوامل سازمانی با ۰,۱۵۷ در رتبه سوم، محیط نهادی با ۰,۱۴۵ در رتبه چهارم، سیاست‌های دولت با ۰,۱۲۰ در رتبه پنجم، بازار با وزن ۰,۱۱۷ در رتبه ششم و در نهایت عوامل فرهنگی با ۰,۱۰۲ در رتبه هفتم قرار دارد. مدیران صنعت خودرو، قبل از گذار فناوری، استراتژی مناسبی را در سطح بنگاه، تدوین نمایند تا زمینه‌های گذار فناوری به خوبی فراهم گردد. همچنین دوره‌های آموزشی مناسبی را برای کارکنان و تمام افراد مرتبط، فراهم نمایند تا پتانسیل یادگیری و پذیرش فناوری، ارتقاء یابد و زمینه‌های لازم برای آشنایی با فناوری و بازار را داشته باشند و فناوری‌ای را بکارگیرند که پاسخگویی نیاز واقعی بازار باشد. این تحقیق می‌تواند بینش‌های ارزشمندی جهت انجام پژوهش آتی در این زمینه ارائه نماید. در تحقیقات آتی با تکرار این تحقیق در تعداد مناسبی از صنایع مشابه می‌توان در خصوص امکان دسته‌بندی صنایع در این حوزه اظهار نظر کرد. در ضمن اگر امکان تحقیق روی گذار فناوری خاصی توسط سازمان‌های مختلف باشد، این مورد نیز قابل بررسی خواهد بود. عملکرد اجتماعی پایداری در این ادبیات فناوری نوآورانه کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین، مطالعات آینده باید به نقش این فناوری‌های نوآورانه در عملکرد اجتماعی شرکت‌های تولیدی بپردازد. چالش‌ها و عوامل تعیین‌کننده استفاده از این فناوری‌های نوآورانه برای ارتقای توسعه پایدار کمتر مورد توجه ادبیات قرار گرفته است و برای رفع این شکاف به مطالعات بیشتری نیاز است. پژوهشگران آینده ادبیات بیشتری را در مورد عملکرد گذار فناوری بررسی خواهند کرد. این امر آنها را قادر می‌سازد تا عوامل گذار فناوری بیشتری را که در این مطالعه پوشش داده نشده است و عمق مشکلی را که مانع گذار فناوری به شرکت‌ها می‌شود، شناسایی کنند.

- [1] Pereira, A.; Romero, F.; "A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept", *Procedia Manufacturing*. Vol. 13, pp. 1206–1214, 2017.
https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032.
- [2] Kagermann, H.; Helbig, J.; Hellinger, A.; Wahlster, W.; *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry*, Final Report of the Industrie 4.0 Working Group; Forschungsunion: Berlin, Germany, 19–26, 2013.
- [3] Qin, J.; Liu, Y.; Grosvenor, R.; "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond", *Procedia CIRP*, No. 52, pp. 173–178, 2016.
- [4] Schumacher A.; Erol S.; Sihni, W.; "A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises", *Procedia CIRP*, No. 52, pp. 161–166, 2016.
- [5] Nagy, J.; Oláh, J.; Erdei, E.; Máté, D.; Popp, J.; "The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain—The Case of Hungary", *Sustainability*, No. 10, 3491, 2018.
- [6] Vaidya, S.; Ambad, P.; Bhosle, S.; "Industry 4.0—A Glimpse", *Procedia Manuf*, No. 20, pp. 233–238, 2018.
- [7] Wang, S.; Wan, J.; Li, D.; Zhang, C.; "Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook", *Int. J. Distrib. Sens. Netw*, No. 12, pp. 3159805–3159810, 2016.
- [8] Miller, A.; Miller, M.; "Study of the problems of technological integration in the manufacturing industry in Russia", *Strat. Manag.*, No. 24, pp. 33–42, 2019.
- [9] Wyrwicka, M.; Mrugalska, B.; "Industry 4.0—Towards Opportunities and Challenges of Implementation", In *Proceedings of the 24th International Conference on Production Research*, Poznan, Poland, DEStech Publications: Lancaster, PA, USA, pp. 382–387, 2017.
- [10] Dragicević, Z.; Bošnjak, S.; "Agile architecture in the digital era: Trends and practices", *Strat. Manag*, No. 24, pp. 12–33, 2019.
- [11] Vochozka, M.; Klieštík, T.; Klieštíková, J.; Sion, G.; "Participating in a highly automated society: How artificial intelligence disrupts the job market. *Econ. Manag. Financ. Mark*, No. 13, pp. 57–62, 2018.
- [12] Leonhard, G.; *Technology vs. Humanity*, Fast Future Publishing: Tonbridge, UK, 2017.
- [13] Sima, V.; Gheorghe, I.; Subić, J.; Nancu, D.; "Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: A Systematic Review", *Sustainability*, No. 12, 4035, 2020.
doi:10.3390/su12104035
- [14] Arjmandi, R.; Fathi, M. R.; Manteghi, M.; Shahbazi, M.; "Providing a model of technological transition to the fourth generation of the industrial revolution in the automobile industry", *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, Vol. 21, No. 52, pp. 80-96, 2023.
doi: 10.22034/jtd.2022.1972025.1808.

