

شناسایی و توسعه مدل سنجش بلوغ سازمان برای صنعت نسل چهار با رویکرد جامع

غلامرضا توکلی

دانشیار، مجتمع دانشگاهی مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

gh_tavakoli@mut.ac.ir

مهدی زمانی مزده

گروه علمی مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (مسئول مکاتبات - ۰۹۱۹۱۳۰۸۰۴۱)

mahdi.zanimazdeh@gmail.com

چکیده

پدیده انقلاب صنعتی چهارم به صورت غیر قابل انکاری تمامی جوانب زندگی و دنیای پیرامون ما را دستخوش تغییر نموده است و آثار تحولات آن از مدل فکر کردن و نحوه انجام دادن کارها تا کلیه زیر سیستم‌های کسب و کارها، هم اکنون نیز آغاز گشته است. لذا هدف اصلی این پژوهش آن است تا با ایجاد حساسیت در بدنه صنعت و کسب و کار کشور یکوشیم تا زودتر به استقبال، بررسی و شناخت این تغییر پارادایم بزرگ برویم و با تبدیل تهدیدهای آن به فرصت‌ها همراه با اقتصادهای برتر دنیا بر این امواج سوار شویم و گامی در جهت تعالی صنعت کشور و افزایش بهره‌وری سازمان‌هایمان برداریم تا از غافله عقب نمانیم. در این پژوهش به منظور سنجش بلوغ سازمان‌ها برای صنعت ۴، ابتدا به مرور مدل‌های توسعه یافته تاکنون پرداخته شد. سپس در مرحله اول با استفاده از روش دلفی، با مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته با اعضای نخبه متشکل از اساتید دانشگاهی، پژوهشگران و صنعتگران متخصص و صاحب نظر در حوزه‌های مرتبط با پژوهش، مدل اولیه ارائه گردید که در مرحله دوم طی پژوهشی میدانی در قالب پرسشنامه بسته، مدل نهایی بهینه‌سازی شده بعد از اصلاحات ارائه گردید. این مدل که با شرایط داخلی، متناسب‌سازی شده است برای ارزیابی بلوغ ابعاد مختلف سازمان‌ها از نظرگاه صنعت نسل چهار مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص‌های سنجش، هریک از زیرسیستم‌های سازمان را در چهار سطح بلوغ ارزیابی می‌کند.

واژگان کلیدی: صنعت نسل چهار، انقلاب صنعتی چهارم، مدل سنجش بلوغ سازمان، بلوغ سازمان، سنجش بلوغ ابعاد سازمان، صنعت ۴،۰

۱. مقدمه

دنیا در حال گذر از انقلاب صنعتی چهارم است که می‌توان آن را با گستره‌ای از فناوری‌های نوین و مخرب^۱ تعریف نمود که جهان‌های فیزیکی، دیجیتالی و زیستی را به یکدیگر متصل نموده است و بر کلیه بخش‌های کلان صنعتی، اقتصادی، و اجتماعی تأثیر می‌گذارد. اما نکته‌ای که این تغییر و تحول را از انقلاب‌های پیشین صنعتی متمایز می‌کند، سرعت تغییر نمایی و عمق و گستره وسیعی است که پارادایم کل سیستم‌ها را در سطوح مختلف دگرگون می‌کند.

اکنون که در آغاز این تحول عظیم قرار داریم، سوالی که مطرح می‌شود آن است که تا چه اندازه ماهیت و خواستگاه این انقلاب را شناسایی کرده‌ایم و تأثیرات آن را بر ابعاد مختلف بررسی کرده‌ایم و تا چه میزان برای وفق‌پذیری با آن آماده هستیم. پژوهش پیرامون این موضوع می‌تواند در آینده‌نگری و تدوین چهارچوب‌های راهبردی در مسیر پیش رو، حرکت به سمت صنعت نسل چهارم را روشن سازد و کلیه ذینفعان را برای این تحول آماده سازد تا رشد پرشتاب ایران را غنا بخشند و با بهره‌گیری از استراتژی غالب بر این انقلاب، زمینه را برای توسعه فضای کسب و کار کشور هموار ساخته و سازمان‌ها

خود را آماده و منطبق سازند. لذا مطالعه انقلاب پیشرو منجر به: آماده سازی بخش های مختلف کشور و سازمان ها، تصمیم گیری اثربخش مدیران سازمانی، افزایش بهره وری سازمان ها و حفظ مزیت رقابتی در بازار های بین المللی، فراهم آمدن امکان برنامه ریزی راهبردی برای وفق پذیری بالا با شرایط این انقلاب و به طور کلی پیشرفت و ترقی بخش های مختلف صنعت کشور می گردد.

نیکخو و همکاران (۲۰۱۶) بیان می کنند که عبارت بلوغ به معنای قرار گرفتن در شرایط عالی است. همچنین، سندی از یک دستاورد است و یک راهنما برای اصلاحات لازم یا جلوگیری از مشکلات است. طبق ترهان و همکاران (۲۰۱۶)، یک مدل بلوغ، راه منطقی مطلوب برای فرآیندها در حوزه های مختلف کسب و کار را نشان می دهد که شامل سطوح مختلف بلوغ می شوند. مدل های بلوغ، سازمان ها را قادر می سازند تا به ممیزی و متناسب سازی براساس نتایج ارزیابی بپردازند تا پیشرفت در مسیر سطح مورد نظر را رصد نمایند و نقاط قوت، ضعف، فرصت ها و تهدیدها را به صورت دسته بندی شده بررسی کنند (پرونسه و بورینا، ۲۰۱۶).

با توجه به موضوعات بیان شده، در این پژوهش به ابعاد مختلف موضوع نسل چهارم صنعت از نظرگاه سازمان و مباحث مدیریتی پرداخته شده است و تأثیرات متقابل آن بر فضای کسب و کار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این پژوهش با رویکرد جامع و کلان به تجزیه و تحلیل مهم ترین ابعاد و حوزه های سازمانی در صنعت نسل چهارم می پردازد و مدلی برای ارزیابی و سنجش آمادگی و بلوغ که برای سازمان های کشور مناسب سازی شده است ارائه می دهد. در واقع هدف این پژوهش طراحی و تبیین یک چهارچوب و مدل جهت بررسی ابعاد مختلف سازمان در صنعت نسل چهارم است و این امر امکان پذیر نیست مگر با شناسایی مولفه های تشکیل دهنده پدیده انقلاب صنعتی چهارم و تأثیرات آن بر ابعاد مختلف سازمان. به این منظور کلیه داده های کیفی و کمی جمع آوری شده تحلیل و مورد بحث و بررسی قرار می گیرد و در کنار نظرات صاحب نظران این حوزه در کشور، پژوهش کاملی از موضوع در داخل کشور ارائه می گردد که می تواند سنگ بنای پژوهش های آتی و مطالعات سایرین در این حوزه باشد و صنعتگران، دانشگاهیان و سازمان ها را از ابعاد مختلف آن و نقاط ضعف و قوت موجود آگاه سازد.

۱.۲. مبانی نظری پژوهش؛ مدل های سنجش بلوغ سازمان

مدل های بلوغ معمولاً به عنوان ابزاری برای مجسم کردن و اندازه گیری بلوغ یک سازمان یا یک فرآیند به نسبت یک هدف خاص مورد استفاده قرار می گیرند. در این مقاله از اسناد و پژوهش های مربوط به مدل های توسعه یافته تاکنون استفاده شده است که در جدول ۱ فهرست شده اند. پس از مرور ادبیات، مطرح ترین مدل های توسعه یافته در سال های اخیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. در ادامه از میان مدل های جدول زیر به مرور ۵ مدل اصلی و کاربردی تر که ارجاعات بیشتر دارند پرداخته شد.

جدول ۱- مدل های توسعه یافته تاکنون برای سنجش بلوغ صنعت ۴,۰ در سازمان

ردیف	مدل	پدیدآورنده	سال	کشور
۱	IMPULS - Industrie 4.0	VDMA و RWTH	۲۰۱۵	آلمان
۲	SIMMI 4.0	TU Heilbronn و TU Dresden	۲۰۱۶	آلمان
۳	مدل بلوغ صنعت ۴,۰	Fraunhofer Austria Research GmbH و دانشگاه وین	۲۰۱۹	اتریش
۴	RAMI 4.0	ZVEI و BITCON VDI/VDE	۲۰۱۸	آلمان
۵	M2DDM	Weber, C. et. al	۲۰۱۷	تایوان
۶	نقشه راه صنعت ۴,۰	دانشگاه کاپنبرگ	۲۰۱۷	اتریش
۷	مدل ارزیابی بلوغ و آمادگی دیجیتال DREAMY	موسسه های confindustria, dreamy, Assoconsult و دانشگاه پلی تکنیک میلان	۲۰۱۷	ایتالیا
۸	مدل بلوغ دیجیتال	دانشگاه st. Gallen	۲۰۱۸	سوئیس
۹	مدل ارزیابی آمادگی صنعت برای شرکت های تولیدی	آکادمی علوم مجارستان	۲۰۱۶	مجارستان
۱۰	مدل بلوغ و ارزیابی صنعت ۴,۰	دانشگاه آنکارا	۲۰۱۷	ترکیه
۱۱	مدل ابزار ارزیابی آمادگی صنعت ۴,۰	دانشگاه وارویک	۲۰۱۸	انگلستان
۱۲	مدل خود ارزیابی آمادگی دیجیتال صنعت ۴,۰	موسسه Price Waterhouse Coopers	۲۰۱۶	آمریکا
۱۳	مدل بلوغ APM	موسسه Capgemini	۲۰۱۷	فرانسه

۱۴	مدل بلوغ Firma4.0	وزارت صنعت و تجارت جمهوری چک	۲۰۱۸	جمهوری چک
۱۵	مدل شاخص آمادگی صنعت هوشمند	هیات توسعه اقتصادی سنگاپور	۲۰۱۸	سنگاپور
۱۶	مدل سنجش بلوغ صنعت ۴,۰ سازمان‌های متصل	Rockwell Automation	۲۰۱۴	آمریکا

۲,۲. مقایسه مدل‌های سنجش بلوغ سازمان

هدف از این بخش، تحلیل و خلاصه شاخص‌های مدل‌های توسعه یافته سنجش بلوغ، مقایسه ویژگی‌های اساسی آن‌ها، و ترکیب آن‌ها در قالب یک مدل پیشنهادی است (جدول ۲). نتیجه‌ای که از مرور ادبیات نظام‌مند حاصل می‌گردد این است که یک جریان پژوهش در حال رشد در انقلاب صنعتی چهارم وجود دارد، اما هیچ یک از آن‌ها براساس یک چارچوب کاملاً پذیرفته‌شده برای ارزیابی و پیشرفت توسعه داده نشده‌اند و یک ساختار جامع تعریف‌شده از عمل‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها ندارند که انواع مختلف سازمان‌ها را با مدل‌های کسب‌وکار متفاوت در بر گیرد. مدل‌های بلوغ کمک می‌کنند که سازمان‌ها به دقت وضعیت خود را از نظر پیاده‌سازی صنعت ۴,۰ ارزیابی و رصد کنند (وندلر، ۲۰۱۲) لذا این امکان برای سازمان‌ها فراهم می‌شود تا موقعیت‌یابی کرده و مسیر تغییر مورد نیاز خود را بیابند. علی‌رغم اهمیت بسزای این موضوع، اغلب پژوهش‌های صورت گرفته صرفاً ابعاد تکنولوژیک این انقلاب را پوشش داده‌اند و از بین مدل‌های سنجش بلوغ صنعت ۴,۰ توسعه یافته تاکنون که بسیار اندک هستند؛ برخی از آن‌ها ابزاری جهت خودارزیابی سازمان‌ها توسعه یافته‌اند (گیس باور، ولسو، شراف، ۲۰۱۶؛ لیکت بلو، فولکر اشتیچ، بلوم، بلیدر، شروتز، ۲۰۱۵؛ شوماخر، ارول، سین، ۲۰۱۶)، برخی یک رویکرد کلی برای شناخت و درک ابعاد این پدیده دارند (راکول اتومیشن، ۲۰۱۴) و برخی دیگر به طور غالب بلوغ سازمان را از نظرگاه ابعاد تکنولوژیک بررسی می‌کنند (لیچ، شافر، بلی، فورشتن هاوزر، ۲۰۱۶)

جدول ۲ - مقایسه مدل‌های سنجش بلوغ صنعت ۴,۰ در سازمان

ردیف	مدل	مرجع/پدیدآورنده	ابعاد و سطوح مدل	کاربرد
۱	The Connected Enterprise Maturity Model (Rockwell Automation, 2014)	Rockwell Automation	۴ بعد مرتبط با آمادگی فناوری با ۵ سطح آمادگی (ارزیابی، شبکه امن و ارتقا یافته، سرمایه داده کاری، تجزیه و تحلیل و همکاری)	تمرکز بر توانایی‌های IT شرکت‌ها (فقدان سازمان و بعد عملیاتی حوزه عملیاتی)
۲	IMPULS - Industrie 4.0 Readiness (Lichtblau et al., 2015)	VDMA, RWTH Aachen, IW Consult	۱۸ شاخص بلوغ دسته بندی شده در ۶ بعد (استراتژی و سازمان، کارخانه هوشمند، کالای هوشمند، خدمات داده محور و کارمندان) که هر کدام در ۶ سطح ارزیابی می‌شوند	ابزار آنلاین خودارزیابی بلوغ انقلاب صنعتی چهارم که متمرکز بر صنایع تولیدی و مهندسی با حوزه‌ی عملیاتی محدود.

۳	Industry 4.0 Maturity Assessment Model (Schumacher et al., 2019)	Fraunhofer Austria Research GmbH	۶۲ مورد بلوغ دسته بندی شده در ۹ بعد شرکت. هر مورد بلوغ بین ۱ تا ۵، سپس هر بعد با استفاده از فرمول مناسب به دست می آید. ابعاد شامل شامل تکنولوژی، محصولات، مشتری، فرآیند، استراتژی، رهبری، فرهنگ، نیروی انسانی و قوانین و استانداردهای کار سازمان	مزیت اصلی آن گنجاندن جنبه های مختلف سازمانی است که منجر به یک مدل جامع تر شده که با بهره گیری از یک نرم افزار کاربردی تر نیز شده است که بیشتر برای سازمان های تولیدی توسعه یافته است.
۴	خودارزیابی سنجش بلوغ صنعت ۴,۰ (Geissbauer et al., 2016)	Price waterhouse Coopers (PWC)	این مدل بلوغ بر مبنای ۶ بعد بنا شده است، شامل "کسب و کار و پرتفولیو محصولات و خدمات"، "دسترسی بازار و مشتریان"، "یکپارچگی زنجیره ارزش و فرآیندها"، "معماری فناوری اطلاعات"، "ملاحظات قانونی، ریسک و مالیات" و سازمان و فرهنگ است و در هر یک از ابعاد، ۴ سطح بلوغ تعریف شده است.	به کمک ابزار خودکار آنلاین شامل ۳۳ پرسش مقیاس لیکرت یک ارزیابی کیفی از سازمان با هدف آگاهی سازمان از سطح بلوغ خود در صنعت ۴,۰ و ایجاد یک برنامه عملیاتی برای رسیدن به موفقیت می دهد.
۵	SIMMI 4.0 (Leyh et al., 2016)	University of Applied Sciences Heilbronn	۴ بعد (ادغام و یکپارچگی عمودی، ادغام و یکپارچگی افقی، توسعه محصولات دیجیتال و معیار سطح مقطعی تکنولوژی) از طریق ارزیابی کیفی به ۵ سطح دسته بندی می شود	طبقه بندی چشم انداز سیستم IT سازمان در چارچوب الزامات صنعت ۴,۰

۳. روش شناسی پژوهش

روش این پژوهش به لحاظ هدف، کاربردی است. پژوهش حاضر به دلیل بهره گیری از داده های کیفی و کمی (براساس ماهیت) از لحاظ نحوه گردآوری داده ها به شیوه آمیخته اکتشافی است که ابتدا داده های کیفی گردآوری شده و در مرحله بعد براساس کشفیات برگرفته از داده های کیفی، اطلاعات کمی جمع آوری می گردد. اطلاعات کیفی که در این نوع از پژوهش جمع آوری می شود کمک می کند تا پدیده مورد مطالعه شناسایی شده و ابعاد آن بومی سازی شده و مورد بررسی قرار گیرد و سپس با گردآوری اطلاعات کمی رابطه بین اجزای این پدیده تبیین شود. با این روش ابتدا می توان یک پدیده را شناسایی کرد، سپس ابعاد آن را تبیین نموده و آنگاه با استفاده از ابزاری مناسب آن را آزمون و اندازه گیری کرد.

بکر و سایرین (۲۰۰۹) یک راهنما و رویکرد برای توسعه و ارزیابی مدل های بلوغ را توسعه دادند که براساس هشت مرحله ارائه شده است: (۱) تعریف مشکل؛ (۲) مقایسه مدل های بلوغ موجود؛ (۳) تعیین استراتژی توسعه؛ (۴) توسعه مکرر مدل بلوغ؛ (۵) پیاده سازی تغییر و ارزیابی؛ (۶) پیاده سازی وسیله انتقال؛ (۷) ارزیابی مدل بلوغ؛ و (۸) رد مدل بلوغ.

جامعه آماری پژوهش در بخش کیفی (مرحله اول دلفی) شامل ۱۲ نفر از خبرگان صنعتی، دانشگاهی و پژوهشگران فعال در حوزه های مرتبط با ابعاد مختلف سازمان و انقلاب صنعتی چهارم است. جامعه آماری پژوهش در بخش کمی (مرحله دوم دلفی) شامل ۱۰۰ نفر از اعضای هیئت علمی دانشکده -

های مدیریت شهر تهران، کلیه پژوهشگران و صاحب‌نظران حوزه‌های مربوطه است. نمونه‌گیری از جامعه محدود است و نمونه‌گیری تا نیل به اشباع نظری یا همان تکرار تجربیات و نظرات مصاحبه‌شوندگان ادامه می‌یابد (گیون، ۲۰۰۸).

در بخش کیفی این پژوهش از مصاحبه‌های نیمه ساختاریافته استفاده شده است. گال و همکاران، ترجمه نصر و همکاران، ۱۳۸۶. در بخش کمی برای گردآوری اطلاعات از ابزار پرسش‌نامه استاندارد از نوع بسته استفاده شد. در پرسشنامه برای سنجش متغیرهای مستقل و وابسته پژوهش از ۵۷ سوال به شرح جدول ۳ استفاده شده است. در این پژوهش به منظور تعیین پایایی پرسشنامه و اندازه‌گیری قابلیت اعتماد، از روش آلفای کرونباخ با استفاده از نرم‌افزار SPSS 23 انجام شد و آلفای محاسبه شده برای کلیه متغیرهای پژوهش بالاتر از ۷۰٪ است.

جدول ۳ - پرسشنامه پژوهش و ضریب پایایی

متغیر	بعد	شاخص	گویه	آلفای کرونباخ
	استراتژی و سازمان	نقشه راه و استراتژی	۱ تا ۶	۰,۷۸
		سرمایه گذاری و همکاری استراتژیک	۷ تا ۱۱	۰,۸۴
		رهبری سازمانی	۱۲ تا ۱۷	۰,۹۱
		سیستم های مدیریتی سازمانی	۱۸ تا ۲۳	۰,۹۰
بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم	فرآیندها و زنجیره ارزش	کارخانه دیجیتال و خدمات داده محور	۲۴ تا ۲۹	۰,۸۸
		زنجیره تأمین	۳۰ تا ۳۴	۰,۸۹
		فروش و مشتری	۳۵ تا ۳۸	۰,۹۵
		محصول/خدمت هوشمند	۳۹ تا ۴۲	۰,۹۲
عملیات پشتیبان		نیروی انسانی و ساختار سازمانی	۴۳ تا ۴۸	۰,۸۶
		فناوری اطلاعات و فناوری داده	۴۹ تا ۵۳	۰,۹۲
		مدیریت مالی و مدل تجاری	۵۴ تا ۵۷	۰,۸۲

۴. تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

۴.۱. بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های پژوهش به کمک آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

به منظور بررسی ادعای نرمال بودن توزیع هر کدام از متغیرهای تحقیق، فرضیه آماری پژوهش به صورت زیر نوشته می‌شود:

H0: داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

H1: داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند.

نتیجه آزمون کولموگروف - اسمیرنوف برای هر کدام از متغیرهای پژوهش در جدول ۴ آمده است. از آنجایی که مقدار سطح معنی‌داری همه متغیرها بزرگتر از مقدار خطا ۰,۰۵ بوده، لذا توزیع داده‌های پژوهش نرمال است.

جدول ۴ - آزمون کولموگروف اسمیرنوف متغیرهای پژوهش

متغیر	میانگین	انحراف معیار	Sig (سطح معنی‌داری)	α (مقدار خطا)	نتیجه آزمون
استراتژی	۳,۰۲	۰,۶۵	۰,۲۰۰	۰/۰۵	نرمال
فرایندها و زنجیره ارزش	۲,۶۲	۰,۴۹	۰,۲۰۰	۰/۰۵	نرمال
عملیات پشتیبانی	۲,۶۶	۰,۵۳	۲۰۰,۰	۰/۰۵	نرمال

۴.۲. شاخص KMO و آزمون بارتلت

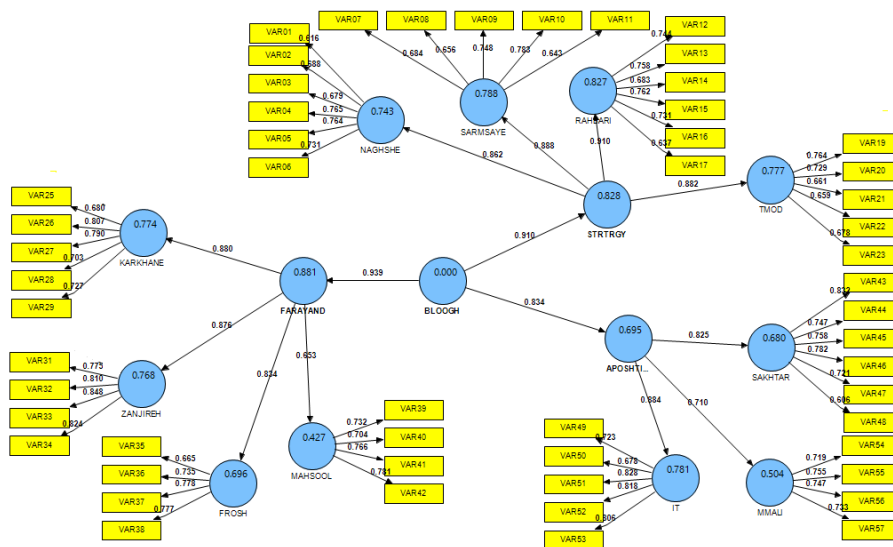
با توجه به جدول ۵، اندازه کفایت نمونه‌آ و همچنین آزمون معناداری کرویت نمونه بارتلت نیز در تحلیل عاملی توسط SPSS به ترتیب برابر با ۰,۸۲ و ۰,۰۰۰ است که نشان‌دهنده کفایت نمونه‌ها برای انجام تحلیل عاملی است.

جدول ۵ - خروجی آزمون KMO و بارتلت

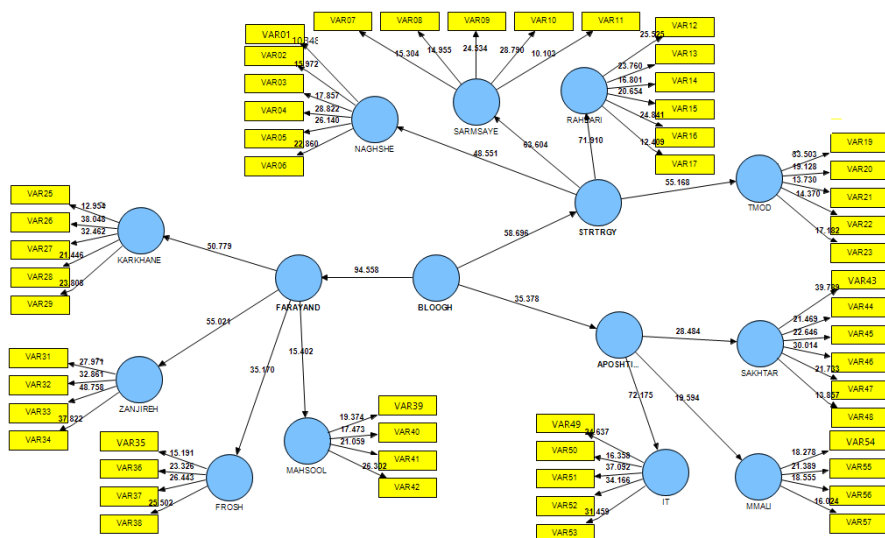
مقدار (KMO)	مقدار بارتلت	Sig (سطح معنی داری)	درجه آزادی	نتیجه آزمون
۰,۸۲	۶۱۴۸,۵۸۵	۰,۰۰۰	۱۸۹۱	تایید

۳,۴. تحلیل عاملی تاییدی متغیرهای پژوهش

نمودارهای ۱ و ۲ مدل اندازه‌گیری متغیرهای تحقیق را در حالت تخمین استاندارد و ضرایب معناداری نشان می‌دهند که توسط مدل‌سازی معادلات ساختاری و با استفاده از نرم افزار آماری PLS انجام شده است. با توجه به نمودارهای ۱ و ۲، بار عاملی سوالات ۱۸، ۲۴ و ۳۰ کوچکتر از ۰,۵ بود لذا از مدل حذف شد و مدل دوباره اجرا شد. بررسی بار عاملی بقیه سوالات نشان می‌دهد که همه سوالات بالاتر از ۰,۵ است و تمامی ضرایب بدست آمده معنادار شده اند (بزرگتر از ۱,۹۶ هستند). لذا سوالی از مدل حذف نشد که نشان دهنده معنی‌دار بودن همه بارهای عاملی مربوط به شاخص‌های مدل بعد از حذف سه سوال مذکور باشد.



نمودار ۱ - خروجی نرم افزار درباره ضرایب تخمین استاندارد مدل اندازه‌گیری متغیرها



نمودار ۲ - خروجی نرم افزار درباره ضرایب معناداری مدل اندازه‌گیری متغیرها

۴.۴. آزمون کیفیت مدل اندازه گیری و کیفیت مدل ساختاری (Q2)

به منظور سنجش کیفیت مدل اندازه گیری از شاخص CV Com استفاده شد که مقدار این شاخص بین ۰,۰۲ (ضعیف)، ۰,۱۵ (متوسط) و ۰,۳۵ (قوی) متغیر است (استون و گیزر، ۱۹۷۵). با توجه به جدول ۶ میانگین CV Com متغیرهای مدل اندازه گیری تحقیق برابر با ۰,۳۹ است که نشان می دهد قدرت پیشگویی مدل بالا است و مقادیر افزونگی یا ضریب تغییرات شاخص افزونگی؛ کیفیت مدل قوی است که در مورد شدت قدرت پیش بینی مدل در مورد سازه های درون زسا سه مقدار ۰,۰۲، ۰,۱۵ و ۰,۳۵ را تعیین شده است (هانس و همکاران، ۲۰۰۹). به این معنی که در این مدل، روابط بین سازه ها به درستی تعریف شده است و سازه ها قادر خواهند بود تا تاثیر کافی بر شاخص های یکدیگر گذاشته و از این راه فرضیه ها به درستی تایید شوند.

جدول ۶ - مقادیر CV Red و CV Com

متغیر	مقدار CV Red	مقدار CV Com
عملیات پشتیبان	۰,۲۶	۰,۳۸
فرایندها و زنجیره ارزش	۰,۳۴	۰,۳۹
استراتژی	۰,۳۱	۰,۳۹

۵.۴. آزمون GOF

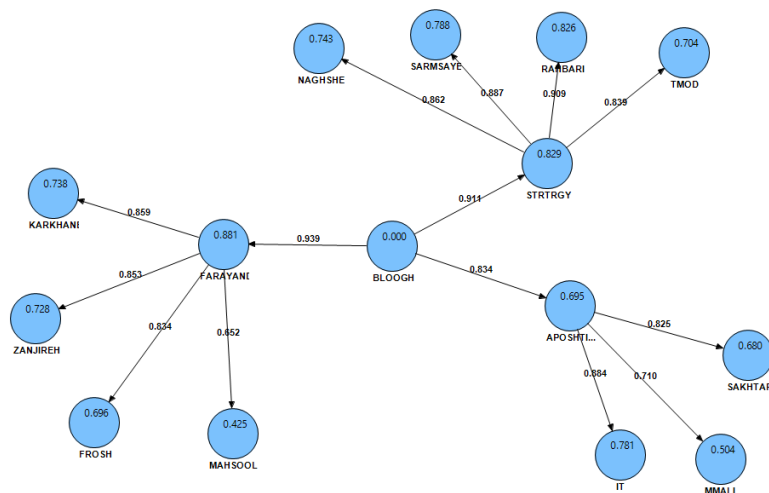
با توجه به جدول ۷ و سه مقدار ۰,۰۱، ۰,۲۵ و ۰,۳۵ به عنوان مقادیر ضعیف، متوسط و قوی برای GOF و حصول عدد ۰,۶۸۴ برای این مدل، نشان از برازش بسیار مناسب مدل تحقیق است (تننهاوس و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۷ - میزان Communalities و R^2 متغیرهای پژوهش

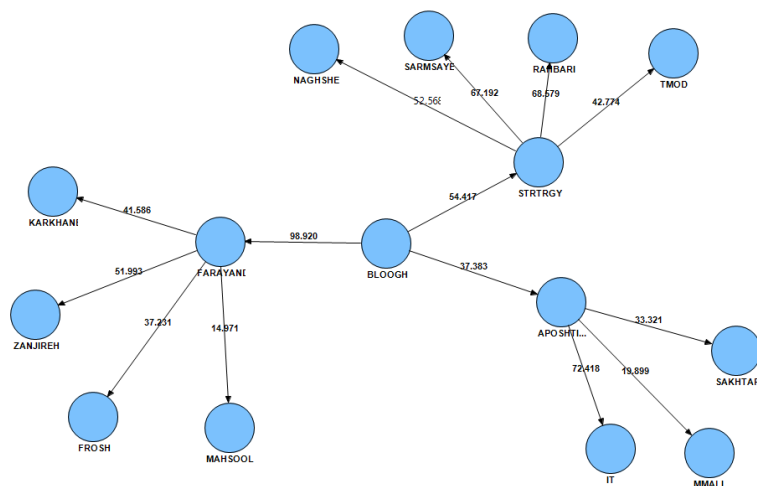
متغیر	Communalities	R^2
عملیات پشتیبان	۰,۵۷۷	۰,۶۹۵
فرایندها و زنجیره ارزش	۰,۵۸۹	۰,۸۸۱
استراتژی	۰,۵۸۶	۰,۸۲۹
میانگین	۰,۵۸۴	۸۰۱.۰
GOF	۰,۶۸۴	$\sqrt{AveR2 \times (Ave\ of\ communalities)}$

۶.۴. آزمون بررسی فرضیه های پژوهش توسط تحلیل مسیر

یکی از قوی ترین و مناسب ترین روش های تحلیل در پژوهش های علوم رفتاری، تجزیه و تحلیل چند متغیره است. از این رو، در این پژوهش برای تأیید یا رد فرضیه ها از مدل معادلات ساختاری و بطور اخص تحلیل مسیر استفاده شده است که روابط بین متغیرهای پژوهش (مستقل، میانجی و وابسته) را به طور همزمان نشان می دهد. در مدل ساختاری نمودارهای ۳ و ۴، روابط علی بین عملیات پشتیبان، فرایندها و زنجیره ارزش، استراتژی و بلوغ سازمانی ارائه شده است.



نمودار ۳ - مدل ساختاری تحقیق در حالت استاندارد



نمودار ۴ - مدل ساختاری تحقیق در حالت ضرایب معنی‌داری

فرضیه‌های پژوهش براساس مدل مفهومی پژوهش مطرح گردید که در این بخش نتایج حاصل از آزمون آن‌ها که با استفاده از روش تحلیل مسیر و به کمک نرم افزار اسمارت پی ال اس تحلیل شده‌اند، ارائه می‌گردد.

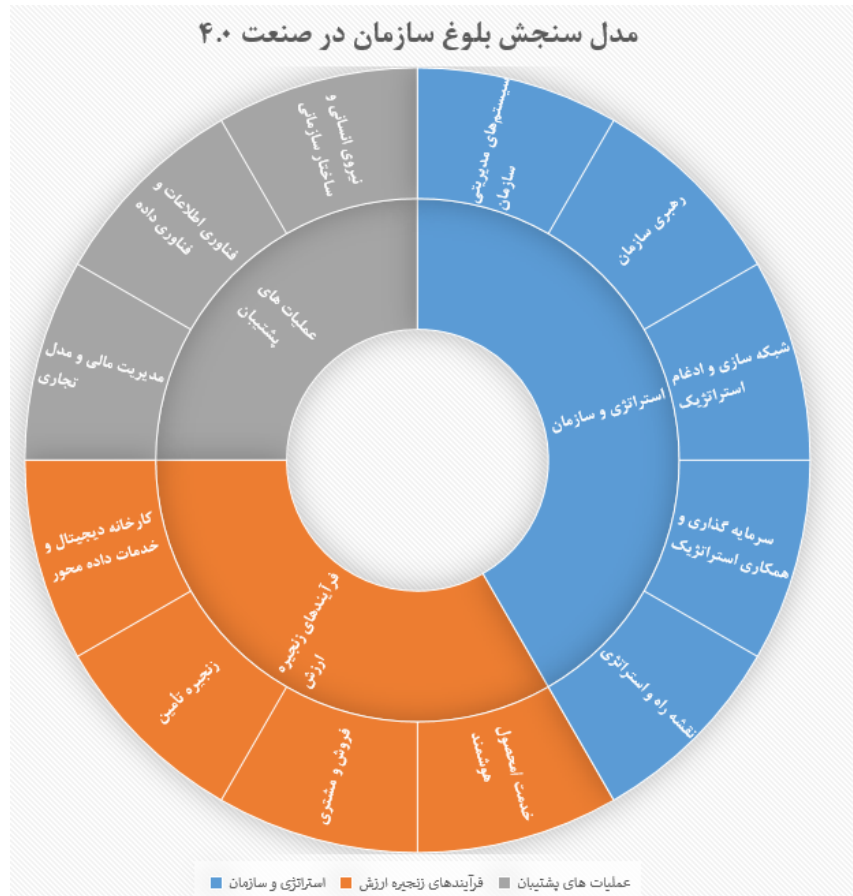
نمودارهای ۳ و ۴ ضرایب معنی‌داری و پارامترهای به دست آمده مدل ساختاری پژوهش را نشان می‌دهند. ضرایب به دست آمده زمانی معنادار هستند که مقدار آزمون معناداری آنها از عدد ۱,۹۶ بزرگتر و از عدد ۱,۹۶- کوچکتر باشند. همانطور که مشاهده می‌شود ضرایب معناداری تأثیر استراتژی و سازمان بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم برابر با ۵۴,۴۴۷ می‌باشد. بنابراین مدل ساختاری نشان می‌دهد که استراتژی و سازمان به عنوان متغیری اثرگذار بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم می‌باشد. بنابراین استراتژی و سازمان اثر مثبت و مستقیم (۰,۹۱۱) و معنادار (۵۴,۴۴۷) بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم دارد. لذا فرضیه اول پژوهش تایید می‌شود.

نمودارهای ۳ و ۴ نشان می‌دهد که ضرایب معناداری تأثیر فرایندها و زنجیره ارزش بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم برابر با ۹۸,۹۲۰ است. بنابراین مدل ساختاری نشان می‌دهد که فرایندها و زنجیره ارزش به عنوان متغیری اثرگذار بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم می‌باشد. بنابراین فرایندها و زنجیره ارزش اثر مثبت و مستقیم (۰,۹۳۹) و معنادار (۹۸,۹۲۰) بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم دارد لذا فرضیه دوم پژوهش تایید می‌شود.

براساس نمودارهای ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که ضرایب معناداری تأثیر عملیات پشتیبان بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم برابر با ۳۷,۳۸۴ می‌باشد. بنابراین مدل ساختاری نشان می‌دهد که عملیات پشتیبان به عنوان متغیری اثرگذار بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم می‌باشد. بنابراین عملیات پشتیبان، اثر مثبت و مستقیم (۰,۸۳۴) و معنادار (۳۷,۳۸۴) بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم دارد لذا فرضیه سوم پژوهش تایید می‌شود.

۵. تبیین مدل نهایی پژوهش

در این بخش، تبیین مدل سه بعدی بلوغ و آمادگی سازمان با شرح اقدامات تقویتی، به تفکیک هر بعد ارائه می‌گردد.



نمودار ۵ - مدل توسعه یافته پژوهش

۱.۵. استراتژی و سازمان

به منظور تقویت متغیر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم از طریق استراتژی و سازمان، اقدامات زیر باید صورت گیرد:

- (۱) برنامه ریزی جهت تغییرات در ساختارها، ارتباطات و ذهنیت های سازمان متناسب با تحول های "صنعت نسل چهارم"
- (۲) تعیین نقشه راه راهبردی جهت حرکت در مسیر "صنعت نسل چهارم"
- (۳) در نظر گرفتن و اعمال موضوع آمادگی سازمان برای صنعت در خط مشی و راهبرد سازمان
- (۴) پرداختن به اقدامات مرتبط با آمادگی برای حرکت در مسیر "صنعت نسل چهارم" در چشم انداز، مأموریت، ارزش ها، اهداف و برنامه توسعه سازمان
- (۵) استفاده از شاخص ها برای ردیابی وضعیت اجرای استراتژی "صنعت نسل چهارم"
- (۶) سرمایه گذاری در سازمان برای توسعه و بکارگیری فناوری های مرتبط با صنعت
- (۷) مشخص نمودن بخش هایی از سازمان برای سرمایه گذاری های مرتبط با "صنعت نسل چهارم"
- (۸) اختصاص بودجه ویژه برای اجرای راهبرد صنعت نسل چهارم و برنامه تغییرات در ساختارها، ارتباطات و ذهنیت های سازمان متناسب با تحول های "صنعت نسل چهارم"
- (۹) انجام همکاری های استراتژیک با ذینفعان از جمله همکاری با شرکا، تأمین کنندگان و مشتریان برای طراحی و توسعه محصولات/خدمات متناسب با استراتژی "صنعت نسل چهارم"
- (۱۰) همراه کردن ذینفعان خارجی و تعامل با آن ها در مسیر پیاده سازی برنامه های تدوین و اجرای راهبرد صنعت نسل چهارم.

- (۱۱) جلب پشتیبانی تیم رهبری از طریق تشریح اهمیت و الزام آمادگی برای صنعت نسل چهارم و درک اهمیت و ابعاد این انقلاب
- (۱۲) ترجمه برنامه و راهبرد صنعت نسل چهارم به برنامه اقدامات عملیاتی برای سطوح مختلف سازمان توسط تیم رهبری
- (۱۳) آماده سازی و مصمم نمودن تیم رهبری و مدیران ارشد سازمان جهت پیاده سازی راهبرد صنعت نسل چهارم و اجرای برنامه تغییرات در ساختارها، ارتباطات و ذهنیت های سازمان متناسب با تحول های "صنعت نسل چهارم"
- (۱۴) درگیر نمودن مدیران ارشد و مدیران میانی سازمان جهت آمادگی برای تحول صنعت چهارم
- (۱۵) بکارگیری و استفاده از نرم افزارهای مدیریت یکپارچه (به عنوان مثال SCM، ERP، PLM، PPS، PDA، MDC، SCM، CAD، CRM) و ...)
- (۱۶) به کارگیری و پیاده سازی سیستم مدیریت نوآوری باز، مدیریت ناب و سیستم های مدیریت سایبرنتیک خود کنترل کننده در دپارتمان های مختلف سازمان
- (۱۷) افزایش سرعت تصمیم گیری و چابکی در اعمال تغییرات و اقدامات در سازمان
- (۱۸) تقویت سطح گردش باز اطلاعات و اشتراک گذاری بین دپارتمانی و بین سازمانی آن در سازمان و دسترسی افراد به آن

۲.۵. فرایندها و زنجیره ارزش

به منظور تقویت متغیر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم از طریق فرایندها و زنجیره ارزش، اقدامات زیر باید صورت گیرد:

- (۱) افزایش قابلیت تولید محصول / ارائه خدمت متناسب با سفارش شخصی سازی شده توسط مشتریان
- (۲) تقویت سطح پیشرفتگی دیجیتالی تجهیزات، ابزار و ماشین آلات سازمان (سنسور، اینترنت اشیا، اتصال و اشتراک اطلاعات، کنترل از راه دور، مانیتورینگ، اتوماسیون و ...)
- (۳) افزایش قابلیت تغییر دینامیک به هنگام در برنامه تولید/ برنامه ارائه خدمت با توجه به تغییر وضعیت تقاضا
- (۴) افزایش قابلیت جمع آوری داده از بخش های مختلف فرآیند تولید/ ارائه خدمات (انبار، ظرفیت دستگاه ها، کنترل کیفیت، پسماند و ضایعات، بهره وری نیروی انسانی، مصرف منابع، حمل و نقل و جابجایی ها، حفاظت و نگهداری، تمهیدات پیشگیرانه، کنترل اتوماتیک، ضرایب خطا، زمان سنجی و ...) در سازمان از طریق توسعه زیرساخت های مورد نیاز
- (۵) افزایش سطح تبادل اطلاعات بخش های مختلف فرآیند ارائه خدمات/ فرآیند تولید (ماشین آلات خطوط تولید) با یکدیگر
- (۶) افزایش سطح پاسخگویی فرآیندهای اتوماسیون شده تولید/ ارائه خدمات، به تغییر در وضعیت و شرایط محیط و سازمان
- (۷) تقویت میزان قابلیت ردیابی به هنگام فرایندها و عملیات های سازمان در محیط دیجیتال
- (۸) دیجیتالی نمودن زنجیره ارزش افقی (مشتریان، لجستیک، تولید و تأمین کنندگان) و زنجیره ارزش عمودی سازمان (از توسعه محصول/خدمت تا تولید و ارائه آن به مشتری)
- (۹) تقویت میزان یکپارچگی در زنجیره تأمین و سطح اشتراک گذاری داده بین المان های آن
- (۱۰) افزایش سطح فرآیند برنامه ریزی و مدیریت end-to-end از پیش بینی فروش تا تولید، انبارداری و لجستیک
- (۱۱) افزایش میزان استفاده از کانال های فروش یکپارچه متعدد (فروشگاه، نیروی فروش سنتی، فروشگاه اینترنتی، پلتفرم فروش) برای فروش محصولات/خدمات
- (۱۲) افزایش میزان یکپارچه سازی و آمادگی کانال های ارتباطی (وب سایت، وبلاگ، تالار گفتگو، شبکه های اجتماعی، کال سنتر و غیره) را در تعامل با مشتری برای انتقال خبر، دریافت بازخورد و مدیریت اعتراضات و پیشنهاد ها
- (۱۳) افزایش سطح دسترسی پرسنل بخش فروش و بازاریابی به سیستم های اطلاعات فروش و قابلیت تنظیم سفارشات به صورت شخصی سازی شده
- (۱۴) تقویت میزان جمع آوری و آنالیز داده های بازار، مشتریان و سفارشات جهت افزایش بینش و بهینه سازی محصول/خدمت و فرآیند ها
- (۱۵) افزایش سطح توانایی محصول/خدمت در تجزیه و تحلیل داده (توصیفی، تشخیصی، پیش بینی کننده و تجویز کننده)
- (۱۶) افزایش سطح ارتباط و تعامل تیم های طراحی و پژوهش و توسعه با حلقه های فیدبک از ذینفعان خارجی
- (۱۷) میزان تطابق چرخه طول عمر محصول با وضعیت متغیر بازار از طریق مجهز نمودن محصولات/خدمت با تکنولوژی های صنعت نسل چهارم

۳.۵. عملیات پشتیبان

به منظور تقویت متغیر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم از طریق عملیات پشتیبان، اقدامات زیر باید صورت گیرد:

- (۱) افزایش سطح آشنایی و توانایی کارکنان با مهارت های مرتبط با صنعت چهارم (زیرساخت های فناوری اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده، تفکر سیستمی، درک فرآیند ها، نرم افزار های همکاری و تعامل، امنیت اطلاعات، توسعه و به کارگیری سیستم های مدیریتی و تکنولوژی اتوماسیون و ...) از طریق فرایندهای آموزش و بهسازی کارکنان
- (۲) افزایش سطح پیاده سازی توسعه عمودی نیروهای انسانی (بهبود قابلیت تفکر در شرایط بی ثبات و پیچیده) نیروی انسانی به جای توسعه افقی (کسب شایستگی و فراگیری دانش و مهارت)
- (۳) تقویت سطح تغییر ساختار سازمان از اکوسیستم های بروکراتیک و رسمی به ساختارهای اکوسیستم
- (۴) افزایش میزان انطباق ذهنیت نیروی انسانی مطابق با تحولات صنعت نسل چهارم
- (۵) تقویت ظرفیت بهره گیری سازمان از فضای اشتراک کاری، مدیریت اطلاعات و ذخیره سازی ابری در سازمان
- (۶) افزایش میزان راهکارهای امنیت فناوری اطلاعات در بخش های مختلف سازمان (ذخیره اطلاعات داخلی، ذخیره سازی اطلاعات بر بستر فضای ابری، اشتراک گذاری اطلاعات در بخش های داخلی سازمان و اشتراک گذاری اطلاعات با ذینفعان خارجی)
- (۷) تقویت سطح بلوغ و توانایی بخش فناوری اطلاعات سازمان در جمع آوری، دسته بندی، تفسیر و تجزیه تحلیل داده های بخش های مختلف سازمان و ذینفعان
- (۸) تقویت سطح دپارتمان فناوری اطلاعات (برون سپاری، داخلی مرکزی، داخلی مجزا برای هر سازمان و ...) و میزان پشتیبانی و انطباق سیستم های فناوری اطلاعات سازمان با فرآیند ها و عملیات های آن
- (۹) افزایش میزان بهره گیری از ابزارها و روشهای هوش مصنوعی مبتنی بر داده برای تصمیم گیری گروهی
- (۱۰) افزایش قابلیت سیستم قیمت گذاری دینامیک با توجه به داده های جمع آوری شده از محیط، سایر ذینفعان و ...
- (۱۱) تقویت قابلیت سازمان در خلق ارزش از داده و ارائه مدل تجاری مبتنی بر فناوری داده
- (۱۲) افزایش قدرت تجزیه و تحلیل داده ها (داده های مشتری، محصول یا داده های تولید شده توسط دستگاه) برای بهبود و تغییر مدل تجاری متناسب با شرایط بازار و مشتری
- (۱۳) افزایش سطح یکپارچگی سیستم های مالی و حسابداری با سایر سیستم ها و بخش های سازمان

به منظور مشخص نمودن سطح بلوغ سازمان، هر یک از شاخص های این مدل به وسیله پرسشنامه، امتیازی بین ۰ تا ۳ را می گیرد. سپس از طریق روابط زیر امتیاز ابعاد و کل سازمان محاسبه می شود: (n: تعداد سوال؛ O: سازمان؛ m: تعداد شاخص های یک بعد؛ M: سطح بلوغ؛ D: بعد؛ A: شاخص؛ Q: شماره سوال)

$$M_{DAi} = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{Aij}}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^m M_{DAi}}{m} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$M_O = \min(M_1, M_2, M_3) \quad \text{رابطه (۳)}$$

جدول ۱ - سطح‌های بلوغ مدل، و حدود بالا و پایین عددی آن

سطح	بلوغ	حد پایین	حد بالا
۰	عدم وجود (بیگانه)	۰,۰	۰,۹
۱	تازه واردها	۰,۹	۱,۸
۲	یادگیرنده	۱,۸	۲,۷
۳	رهبران بلوغ	۲,۷	۳,۰

۶. بحث پیرامون نتایج پژوهش

به منظور پاسخ به سوال اصلی پژوهش در خصوص ارائه مدل سنجش بلوغ سازمان برای صنعت نسل چهار با رویکرد جامع، پس از انجام مطالعات گسترده و با کمک روش دلفی یک مدل مناسب‌سازی شده با شرایط سازمان‌های کشور برای ارزیابی بلوغ سازمان‌ها از نظرگاه صنعت نسل چهار ارائه شد. در این پژوهش پس از انجام مصاحبه نیمه‌ساختار یافته با اعضای نخبه، به منظور بهینه‌سازی مدل اولیه، پرسشنامه‌ی بسته‌ای با طیف لیکرت در نمونه آماری متشکل از اساتید دانشگاهی، پژوهشگران با مطالعات و پژوهش‌های مرتبط در این حوزه توزیع شد و نتایج حاصل مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مدل نهایی پس از انجام اصلاحات به دست آمد.

در این پژوهش جامع تأثیرات نسل چهارم صنعت بر مهم‌ترین حوزه‌های سازمانی و فضای کسب و کار مورد بررسی قرار می‌گیرد که بر خلاف تحقیقات پیشین صورت گرفته که اغلب به بررسی تغییرات و تحولات تکنولوژیک یا حوزه‌ای خاص در مدیریت سازمان می‌پردازند، یا سطح بلوغ در نوعی خاص از سازمان‌ها را مورد بررسی قرار می‌دهند، می‌تواند موضوع را به صورت یکپارچه و به صورت کلی مورد بررسی قرار دهد. با توجه به اینکه در ابتدای این انقلاب و حرکت به سمت نسل چهارم صنعت هستیم این نوآوری (مدل) که برای انواع مختلفی از سازمان‌ها و صنعت‌ها توسعه یافته و به بررسی ابعاد مختلف سازمان و فضای کسب‌وکار در یک نگاه در صنعت نسل چهارم می‌پردازد اهمیت بسزایی می‌یابد.

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

از نتایج این پژوهش می‌توان به تجزیه و تحلیل ابعاد مختلف فضای کسب‌وکار و سازمان‌ها در صنعت نسل چهارم، خلق چهارچوبی برای تفکر پیرامون صنعت نسل چهارم که موارد مرکزی و ابعاد مختلف آن را مشخص می‌کند و پاسخ‌های احتمالی را پررنگ می‌سازد، بررسی اجزای مختلف صنعت نسل چهارم و تحلیل بستر و زمینه‌های حرکت به سمت صنعت نسل چهارم در کشور، افزایش آگاهی از جامعیت و سرعت انقلاب فناورانه نسل چهارم و اثرات و چالش‌های آن، ارزیابی سطح بلوغ سازمان‌ها در این زمینه، ارائه پیشنهادهای عملی برای پذیرفتن، شکل دادن و مهار نمودن پتانسیل این تحول عظیم به بهترین شکل ممکن و بهره‌گیری از نظرات صاحب نظران این حوزه در کشور به منظور متناسب سازی مدل و ایجاد یک بررسی کلان و گسترده از جوانب مختلف فضای کسب‌وکار و سازمان‌ها در این تحول عظیم انقلاب چهارم صنعتی اشاره نمود تا پایه و نقطه آغازی برای پژوهش‌های آتی و عمیق‌تر پیرامون این موضوع در حوزه‌های مختلف قرار گیرد.

۱,۷. پیشنهادات نظری

در این پژوهش تنها به یکی از ابعاد مختلف پدیده انقلاب صنعتی چهارم پرداخته شده است و همچنان راه بسیار زیادی برای پرداختن به ابعاد مختلف این تحول و پدیده عظیم وجود دارد که می‌تواند جامعه دانشگاهی، پژوهشگران و صنعتگران به آن‌ها بپردازند. همچنین می‌توان به بررسی موضوع تحقیق در سطح کلان کشوری و مقدمه سازی و مطالعه پیش‌نیازها جهت تنظیم سند راهبردی بالادستی در خصوص لزوم آگاهی جامعه علمی و صنعتی کشور و حرکت به سوی آماده‌سازی خود برای این تحول عظیم پرداخت. علاوه بر این به طور خاص می‌توان زمینه این پژوهش را در ابعاد زیر غنا بیشتر بخشید و مورد تجزیه و تحلیل قرار داد:

- شناخت عوامل مؤثر بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم با استفاده از روش‌های دیگر مانند مصاحبه و پانل‌های تخصصی.
- طراحی الگوی بهبود بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم.
- شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم در سازمان‌های مختلف کشور.

- بررسی مقایسه ای وضعیت موجود بلوغ و آمادگی سازمان برای صنعت نسل چهارم در شرکت‌های مختلف کشور با سایر کشورهای هم‌پراز منطقه.

۲,۷. پیشنهادات کاربردی

این پیشنهادها برای سازمان‌ها متناسب با سطحی از بلوغ که در صنعت ۴,۰ دارند (طبق موارد مطرح شده در بخش تبیین مدل)، در ۳ سطح قابل بررسی است:

۱. پیشنهادات عملی برای تازه‌واردان

- آغاز یکپارچه‌سازی اجزاء و سیستم‌ها
- توسعه پورتفولیوی محصولات و توسعه محصولات هوشمند
- ایجاد مهارت‌های پایه
- ایجاد آگاهی در مورد انقلاب صنعتی چهارم درون سازمان و شفاف سازی کامل مزایا و شرایط آن
- محقق کردن انقلاب صنعتی چهارم در فرهنگ و استراتژی سازمان
- ایجاد زیرساخت فنی برای ایجاد کارخانه هوشمند

۲. پیشنهادات عملی برای یادگیرنده‌ها

- توسعه مهارت‌های پایه
- شفافیت و در دسترس بودن اطلاعات
- ایجاد شبکه‌های ارتباطی داخل سازمان

۳. پیشنهادات عملی برای رهبران

- تامین مالی امن پروژه‌های انقلاب صنعتی چهارم
- توسعه کارخانه هوشمند
- تکاپو برای دیجیتالی کردن و استاندارد سازی کامل فرآیندها
- توسعه مدل کسب و کار داده محور بر اساس کالاهای هوشمند
- ادامه توسعه مهارت‌های انقلاب صنعتی چهارم
- ایجاد چارچوب حقوقی جدید
- اطمینان از امنیت داده‌ها
- توسعه شبکه‌های ارتباطی داخل سازمان

1. Agca, O.; Gibson, J.; Godsell, J.; Ignatius, J.; Davies, C.V.; Xu, O. (2018). An Industry 4.0 Readiness Assessment Tool, Warwick University, United Kingdom.
2. Akdil, kartal, Alp Ustundag, and Erme Cevikcan (2018). Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. Springer International Publishing. 16(3): 61-94.
3. Anderson Christine, and William Ellerby. 2018. Digital Maturity Model achieving digital maturity to drive growth. Deloitte development, 1-24.
4. Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2016, June). How industry 4.0 changes business models in different manufacturing industries. ISPIM Innovation Conference, 1–20.
5. Capgemini (2017). Asset Performance Management Maturity Model (APM Maturity Model)
6. Back, A.; Berghaus, S. (2018). Digital Maturity & Transformation Studie: Über das Digital Maturity.
7. Becker J., Monhof M., Barann B., and Dr. Bernd Welz. (2017). Maturity Model and Best Practice Skill Development for Digital Transformation. SAP SE or an SAP affiliate company, Technical University of Munich.
8. Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing Maturity Models for IT Management - A Procedure Model and its Application. Business & Information Systems Engineering, 1(3), 213–222. doi:10.1007/12599-009-0044-5
9. Berghaus, Sabine, Andrea Back. (2016). Stages in Digital Business Transformation: Results of an Empirical Maturity Study. Tenth Mediterranean Conference on Information Systems, pp. 1-8.
10. Boström Erik., and Can Celik O. (2017). Towards a Maturity Model for Digital Strategizing. Department of informatics IT Management Master Thesis, universitet UMEA, 1-36.
11. Bradley, Allen. (2016). The Connected Enterprise Maturity Model.
12. Carcary Martin., Eileen Doherty, and Clare Thornley. 2015. Business Innovation and Differentiation Maturing the IT Capability, ITprofessional, 17:46-53.
13. Carolis, Anna.D. (2017). A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. International Federation for Information Processing, Published by Springer International Publishing, 513: pp. 13-20.
14. De Bruin, T., Freeze, R., Kaulkarni, U., & Rosemann, M. (2005). Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model. Australasian Conference on Information Systems (ACIS), pp. 8–19.
15. De Carolis, A.; Macchi, M.; Negri, E.; Terzi, S. A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. In Proceedings of the APMS CONFERENCE 2017—Advances in Production Management Systems, Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2017; pp. 13–20.
16. Duffy J (2001) Maturity Models: Blueprints for Evolution. Strategy and Leadership 29(6):19–26
17. Dworschak, B., Helmut, B., & Achtenhagen, C. (2013). Future skills needed for the Internet of Things in industrial production as part of the early identification initiative of the German Federal Ministry of Education and Research. Frequenz (Bern).
18. El Said, G. R. (2015). Understanding Knowledge Management System antecedents of performance impact: Extending the Task-technology Fit Model with intention to share knowledge construct. Future Business Journal, 1(1–2), 75–87. doi: 10.1016/j.fbj.2015.11.003
19. Erol, S., Schumacher, A., & Sihn, W. (2016). Strategic Guidance towards Industry 4.0 - a Three-stage Process Model. International Conference on Competitive Manufacturing, 9, 495–501.
20. Faisal, M., Banwet, D.K. and Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modelling the enablers. Business Process Management, 12(4): 535-552.
21. Ministry of Indsutry & Commerce of Czech Republic, (2018). Firma 4.0 a Sebehodnocení Digitální Zralosti Firmy.
22. Ganzarain J, Errasti N (2016). Three Stage Maturity Model in SME's toward Industry 4.0. J Ind Eng Manag 9(5):1119
23. Geissbauer, R., Vedso, J. V., & Schrauf, S. (2016a). Industry 4.0: Building the Digital Enterprise Transportation and logistics key findings. PWC - 2016 Global Industry Survey.
24. Geissbauer, Reinhard, Stefan Schrauf, and Carsten Hentrich. 2016. The Industry 4.0/Digital Operations Self-Assessment.
25. Gill, Martin, and Shar VanBoskirk. (2016). The Digital Maturity Model 4.0.

26. Gokalp, E.; Sener, U.; Eren, E. (2017) Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. In Proceedings of the 17th International Conference Software Process Improvement and Capability Determination SPICE 2017, Palma de Mallorca, Spain, 4–5 October 2017; pp. 128–142
27. Halenár, I.; Juhasova, B.; Juhas, M. (2016). Design of Communication Scheme in a Modern Factory in accordance with the Standard of Industry 4.0. Res. Pap. Slovak University; 24, pp. 101–109.
28. Jodlbauer, H., Schagerl, M., & Brunner, M. (2016). Reifegradmodell Industrie 4.0. *Industrie 4.0 Management*, 5(32), 49–52.
29. Jung, K., Morris, K. C., Lyons, K. W., Leong, S., & Cho, H. (2015). Mapping strategic goals and operational performance metrics for smart manufacturing systems. *Procedia Computer Science*, 44(C), 184–193. doi: 10.1016/j.procs.2015.03.051
30. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (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. National Academy of Science and Engineering (ACATECH). Federal Ministry of Education and Research.
31. Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., ... Noh, S. D. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 3(1), 111–128.
32. Karsten Schweichhart, Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0), 2018
33. Khan, A., & Turowski, K. (2016). A Perspective on Industry 4.0: From Challenges to Opportunities in Production Systems. Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Big Data, 441–448. 10.5220/0005929704410448
34. Klötzer Christoph., Alexander Pflaum. (2017). Toward the Development of a Maturity Model for Digitalization within the Manufacturing Industry's Supply Chain. 50th Hawaii International Conference on System Sciences, 4210–4219.
35. Koch, V., & Kuge, S. (2014). Opportunities and challenges of the industrial internet. Strategy PwC.
36. Kohlegger, M., Maier, R., & Thalmann, S. (2009). Understanding maturity models results of a structured content analysis. Proceedings of IKNOW '09 and ISEMANTICS '09, 51–61.
37. Kozina, Melita, and Valentina Kirinić. (2018). Measuring Digital Capabilities of the Higher Education Institution Using Digital Capability Maturity Model. Maribor Press, 37: pp. 461- 480.
38. Lanza Gisela, Peter Nyhuis, Sarah Majid Ansari., Thorben Kuprat, Christoph Liebrecht. (2016). Empowerment and implementation strategies for industry 4.0. Hanser-elibrary, 111(1-2): pp. 76-79.
39. Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. doi: 10.1016/j.procir.2014.02.001
40. Leyh, C., Schäffer, T., Bley, K., & Forstenhäusler, S. (2016). SIMMI 4.0 – A Maturity Model for Classifying the Enterprise-wide IT and Software Landscape Focusing on Industry 4.0. Proceedings of the Federated Conference On Computer Science and Information Systems, 8, 1297–1302. 10.15439/2016F478
41. Leyh, Christian, Thomaas Schäffer, Katja Bley, and Lennart Bay. (2017). Assessing the IT and Software Landscapes of Industry 4.0-Enterprises: The Maturity Model SIMMI 4.0, Springer International Publishing; pp.1-10.
42. Lichtblau, Karl, Volker Stich, Roman Bertenrath, Matthias Blum, Martin Bleider, Agnes Millack, Katharina Schmitt, Edgar Schmitz, Moritz Schröter. (2015). IMPULS Industrie 4.0 Readiness Model.
43. Mettler T (2009) A Design Science Research Perspective on Maturity Models in Information Systems. Working Paper. Institute of Information Management, University of St. Gallen.
44. Michael, R., Markus, R., Philipp, G., Manuela, W., Jan, J., Pascal, E., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. The Boston Consulting Group.
45. Miragliotta, G., Macchi, M., & Terzi, S. (2016b). Smart Manufacturing in Italia: Stato dell'Arte e Stima di Mercato. Osservatorio Industria 4.0/Smart Manufacturing.
46. Mulpuru, Sucharita, and Martin Gill. (2015). Rank Yourself with The Digital Maturity Model. EBusiness & Channel Strategy Professionals, forrester:1-12.
47. Nikkhou S, Taghizadeh K, Hajiyakhchali., S. (2016) Designing a portfolio management maturity model (Elena). *Procedia-Social and Behavioral Sci* 226:318–325.
48. Pessl, E.; Romina, S.; Mayer, B. (2017). Roadmap Industry 4.0—Implementation Guideline for Enterprises. *Int. J. Sci. Technol*; 5, pp. 193–202.

49. Pöppelbuß, Jens, and Maximilian Röglinger. (2011). What makes a useful maturity model? a framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management.
50. Porter ME, Heppelmann JE (2015) How Smart, Connected Products Are Transforming Companies. *Harvard Bus Rev* 93(10): pp. 96–114.
51. Rennung, F., Luminosu, C. T., & Draghici, A. (2016). Service Provision in the Framework of Industry 4.0. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 221, pp. 372–377. doi: 10.1016/j.sbspro.2016.05.127
52. Rockwell Automation. (2014). The Connected Enterprise Maturity Model.
53. Schreiber B, Janssen R, Weaver S, Peintner S (2016) Procurement 4.0 in the digital world.
54. Schumacher, Andreas, Selim Erol, and Wilfried Sihm. 2016. A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing. *Procedia CIRP*, 52, 161-166.
55. Shahiduzzaman M., Kowalkiewicz M., Barrett R. and Matthew McNaughton (2017). digital business towards a value-centric maturity model.
56. Sniderman, B., Mahto, M., & Cotteleer, M. (2016). Industry 4.0 and manufacturing ecosystems: Exploring the world of connected enterprises. Deloitte University Press.
57. Tarhan A, Turetken O, Reijers HA (2016) Business process maturity models: A systematic literature review. *Inf Softw Technol* 75:122–134 D.
58. Ustundag, Alp, and Emre Cevilkan. 2018. Industry 4.0: Managing The Digital Transformation., Switzerland: Springer international publishing.
59. Valenti Jennifer. 2017. The Four Phases of Digital Transformation the Intelligent Automation Maturity Model, WorkFusion., New York, 1-13.
60. Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*.
61. Weber, C.; Kongsberger, J.; Kassner, L.; Mitschang, B. (2017). M2DDM, A Maturity Model for Data Driven Manufacturing. 50th CIRP conference on Manufacturing Systems, Taiwan; pp. 173–178.
62. Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 579–584. doi: 10.1016/j.ifacol.2015.06.143
63. Whalen, Meredith. (2015). A Digital Transformation Maturity Model and Your Digital Roadmap.
64. Zhou, K. (2015). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2147–2152. 10.1109/FSKD.2015.7382284

پینوشتها

¹ Disruptive

² KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) Measure of Sampling Adequacy

³ Bartlett's Test of Sphericity Sig

⁴ CV Red

Identifying and Developing a Maturity Assessment Model of Organizations for Industry 4.0 with Holistic Approach

Gholamreza Tavakoli

Associate Professor, Management and Industrial Engineering Department, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran

gh_tavakoli@mut.ac.ir

Mahdi Zamani Mazdeh

Management Department, Payam Nour University, Tehran, Iran (Corresponding Author)

mahdi.zamanimazdeh@gmail.com

Abstract

The phenomenon of the Fourth Industrial Revolution has undeniably changed all aspects of our life and the world around us, and the effects of its evolution, from the way of thinking and doing things to all business subsystems, have already begun. Therefore, the main purpose of this study is to scrutinize and recognize this big paradigm shift by means of creating sense of need and urgency in business and organization of the country and to ride alongside the world's top economies by transforming its threats into opportunities and also to take steps toward the increase of the productivity of our organizations so that we do not fall behind. In this study, in order to measure the maturity of organizations for industry 4.0, first, the so-far developed models are reviewed. Then, in the first stage, using the Delphi method, with semi-structured interviews with elite members consisting of university professors, researchers and experts specialized in fields in relation with this research, the initial model was presented. In the second stage, during a field research in the form of a closed questionnaire, the final optimized model was presented after necessary modifications. This benchmarked model is used to assess the maturity of different dimensions of organizations from the perspective of the fourth generation industry. Measurement indicators assess each of the organization's subsystems at four levels of maturity.

Keywords: Industry 4.0, Fourth Industrial Revolution, Organization Maturity, Maturity Assessment Model