

توسعه مدل قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت گذار راهبردی به‌سوی تولید هوشمند در صنایع پشتیبان زنجیره تأمین صنعت لاستیک: مطالعه کیفی در شرکت کربن ایران

D

Designing a Model for Developing New Technologies in the Automotive Industry

چکیده

گذار به تولید هوشمند در صنایع پشتیبان زنجیره تأمین، زمانی پایدار می‌شود که سرمایه‌گذاری دیجیتال با قابلیت‌های سازمانی لازم برای هدایت، جذب و بهره‌برداری از فناوری همراه باشد. این پژوهش باهدف توسعه مدلی از قابلیت‌های سازمانی موردنیاز برای مدیریت گذار راهبردی به تولید هوشمند در شرکت کربن ایران، به‌عنوان یکی از تأمین‌کنندگان راهبردی مواد اولیه صنعت لاستیک، انجام شد. مطالعه از نظر هدف توسعه‌ای و از نظر رویکرد کیفی بود و داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ مدیر و خبره منتخب به روش نمونه‌گیری هدفمند گردآوری شد. داده‌ها با تحلیل مضمون انعکاسی و نرم‌افزار MAXQDA تحلیل شدند. مسیر تحلیل از ۲۸۶ کد اولیه به ۴۷ مفهوم فرعی، ۲۴ مضمون پایه، پنج مضمون سازمان‌دهنده و یک مضمون فراگیر انجامید. برای پالایش مدل، ۱۲ خبره مستقل مؤلفه‌ها را از نظر ضرورت، تناسب و اهمیت ارزیابی کردند؛ میانگین اهمیت ۴۰۶۶ از ۵، نسبت روایی محتوای ۰،۸۰، شاخص روایی محتوای ۰،۹۳ و توافق کلی ۹۲،۳ درصد به دست آمد. مدل نهایی پنج حوزه قابلیت را شامل رهبری و جهت‌گیری راهبردی تحول، قابلیت‌های انسانی و فرهنگی، قابلیت‌های داده‌محور و فناوری، قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی، و یادگیری و انطباق سازمانی یکپارچه می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد هوشمندسازی در صنعت کربن بلک، بیش از آنکه پروژه‌های فناوری باشد، فرایندی سازمانی و پویاست؛ به‌گونه‌ای که فناوری تنها در صورت هم‌راستایی با راهبرد، سرمایه انسانی، داده، فرایند و سازوکارهای یادگیری می‌تواند به کنترل بهتر فرایند، ثبات کیفیت، قابلیت اطمینان تولید و پایداری تأمین در زنجیره ارزش صنعت لاستیک منجر شود. این چارچوب همچنین مبنایی عملی برای سنجش شکاف قابلیت‌ها، اولویت‌بندی مداخلات و طراحی نقشه راه مرحله‌ای تحول هوشمند فراهم می‌کند.

کلمات کلیدی: تولید هوشمند؛ قابلیت‌های سازمانی؛ تحول دیجیتال؛ صنعت لاستیک؛ کربن بلک

نوع مقاله: پژوهشی

اصغر رشنودی^۱، افشار فتح الهی^۲، بختیار رازانی^۳

۱- گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

۲- دکتری روابط بین الملل، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دکتری اقتصاد نفت و گاز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Asghar.rashnoodi@gmail.com

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۴

مدیریت: توسعه مدل قابلیت‌های سازمانی ...

۱. مقدمه

تولید هوشمند در دهه اخیر از یک موضوع فناورانه به یک دستور کار راهبردی برای بازطراحی نظام‌های تولیدی تبدیل شده است. پیوند تجهیزات و فرایندها با داده‌های بلادرنگ، تحلیل پیش‌بینانه و سامانه‌های متصل، امکان کنترل دقیق‌تر عملیات، کاهش اتلاف و واکنش سریع‌تر به تغییرات را فراهم کرده است (Wang et al., 2016; Frank et al., 2019). با این حال، شواهد نشان می‌دهد فاصله معناداری میان «دسترسی به فناوری» و «توانایی سازمان برای خلق ارزش از فناوری» وجود دارد. سازمان‌هایی که هوشمندسازی را به خرید تجهیزات یا استقرار نرم‌افزار تقلیل می‌دهند، اغلب با پراکندگی پروژه‌ها، مقاومت کارکنان، ضعف در استفاده از داده و ناتوانی در ادغام فناوری با فرایندهای واقعی مواجه می‌شوند (Sony & Naik, 2020; Vial, 2019).

از این منظر، تحول دیجیتال (Digital Transformation) و تولید هوشمند (Smart Manufacturing) را باید دو مفهوم مرتبط اما متمایز دانست: تحول دیجیتال به بازآرایی سازمان در اثر فناوری‌های دیجیتال اشاره دارد و تولید هوشمند، نمود عملی این تحول در محیط تولید است. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا (Internet of Things (IoT)، سامانه‌های سایبر فیزیکی (Cyber-Physical Systems (CPS)، تحلیل کلان‌داده، رایانش ابری و دوقلوهای دیجیتال زیرساخت فنی این گذار را فراهم می‌کنند؛ اما میزان ارزش‌آفرینی آن‌ها به قابلیت سازمان در جذب، هماهنگ‌سازی و بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها وابسته است.

این مسئله در صنایع پشتیبان زنجیره تأمین اهمیت بیشتری دارد. چنین صنایعی افزون بر اهداف داخلی، باید کیفیت،

قابلیت اطمینان، زمان تحویل و پایداری تأمین را برای حلقه‌های پایین‌دست تضمین کنند. صنعت کربن‌بلک از این منظر جایگاهی راهبردی در صنعت لاستیک دارد؛ زیرا تغییرپذیری کیفیت ماده اولیه، انحراف عامل‌های فرایندی یا توقف تولید می‌تواند بر عملکرد آمیزه‌های لاستیکی، دوام محصول و ثبات تأمین اثر بگذارد. ماهیت پیوسته فرایند تولید کربن‌بلک، مصرف انرژی، حساسیت کنترل کیفیت و نیاز به پایش لحظه‌ای، این صنعت را به بستری مناسب برای بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند تبدیل کرده است؛ اما تحقق این ظرفیت بدون توسعه قابلیت‌های مدیریتی، انسانی، داده‌ای و عملیاتی امکان‌پذیر نیست.

مبنای نظری این پژوهش، پیوند مفهوم قابلیت‌های سازمانی (Organizational Capabilities) با قابلیت‌های پویا (Dy-namic Capabilities) است. دیدگاه قابلیت‌های پویا توضیح می‌دهد که سازمان در محیط متغیر چگونه فرصت‌های فناورانه را شناسایی، منابع را بسیج و ساختارها و فرایندهای خود را بازپیکربندی می‌کند (Teece et al., 1997; Teece, 2018). در نتیجه، مسئله اصلی هوشمندسازی صرفاً «چه فناوری‌ای خریداری شود؟» نیست؛ بلکه «سازمان چه قابلیت‌هایی باید توسعه دهد تا فناوری را به عملکرد پایدار تبدیل کند؟» است. مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد بخش بزرگی از ادبیات بر فناوری‌های صنعت ۴۰، معماری کارخانه هوشمند و مدل‌های آمادگی و بلوغ متمرکز بوده است (Lee et al., 2015; Schumacher et al., 2016; Mittal et al., 2018). جریان دیگری نیز نقش فرهنگ، رهبری و قابلیت‌های تحول دیجیتال را برجسته کرده است (Warner and Wäger, 2019; Tortorella et al., 2021). با وجود این، سه خلأ همچنان باقی است: نخست، قابلیت‌های سازمانی موردنیاز

تأکید کرده‌اند (Sony and Naik, 2020 Gökalp and Mar-tinez, 2021).

۲-۲ قابلیت‌های پویا و منطق گذار

نظریه قابلیت‌های پویا، گذار فناورانه را فرایندی از شناسایی فرصت، بهره‌برداری و بازپیکربندی منابع می‌داند. این منطق برای تولید هوشمند مناسب است؛ زیرا سازمان باید ابتدا فرصت‌ها و ریسک‌های فناوری را تشخیص دهد، سپس منابع انسانی و مالی را برای اجرای تحول بسیج کند و در نهایت ساختارها، فرایندها و شیوه‌های یادگیری را متناسب با شرایط جدید بازآرایی کند (Teece, 2018). در این چارچوب، رهبری تحول، حکمرانی داده، یادگیری سازمانی و مدیریت تغییر، صرفاً عوامل پشتیبان نیستند، بلکه سازوکارهای تبدیل فناوری به مزیت سازمانی‌اند.

۲-۳ جمع‌بندی انتقادی مطالعات پیشین

مطالعات فناوری‌محور، تصویری نسبتاً دقیق از اجزای فنی کارخانه هوشمند ارائه کرده‌اند، اما درباره توانایی سازمان برای استفاده مؤثر از آن‌ها توضیح کمتری می‌دهند. مدل‌های بلوغ نیز برای تعیین موقعیت فعلی سازمان مفیدند، ولی الزاماً نشان نمی‌دهند که قابلیت‌های لازم چگونه ایجاد و نهادینه می‌شوند. مطالعات تحول دیجیتال، نقش رهبری و فرهنگ را برجسته می‌کنند، اما معمولاً در سطح عمومی سازمان باقی می‌مانند؛ بنابراین، نیاز به مدلی احساس می‌شود که قابلیت‌های راهبردی، انسانی، داده‌ای، عملیاتی و یادگیری را در یک ساختار واحد و متناسب با ویژگی‌های صنعت فرایندی کربن بلک ترکیب کند.

غالباً به‌صورت پراکنده بررسی شده‌اند؛ دوم، شواهد درباره صنایع تأمین‌کننده مواد اولیه و محیط‌های فرایندی محدود است؛ و سوم، بسیاری از مدل‌های موجود بر سنجش آمادگی تمرکز دارند و فرایند واقعی شکل‌گیری قابلیت‌ها را از منظر خبرگان صنعتی توضیح نمی‌دهند.

براین‌اساس، هدف پژوهش حاضر توسعه مدلی زمینه‌مند از قابلیت‌های سازمانی موردنیاز برای مدیریت گذار راهبردی به تولید هوشمند در شرکت کربن ایران است. پرسش‌محوری آن است که چه قابلیت‌هایی برای هدایت، اجرا و پایداری این گذار لازم‌اند و این قابلیت‌ها چگونه می‌توانند در یک معماری منسجم سازماندهی شوند. ارزش افزوده پژوهش در تغییر کانون تحلیل از «بلوغ فناوری» به «ظرفیت سازمان برای خلق ارزش از فناوری» و آزمون این منطق در یکی از حلقه‌های پشتیبان زنجیره تأمین صنعت لاستیک است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱ از فناوری هوشمند تا قابلیت سازمانی

ادبیات تولید هوشمند بر اتصال فیزیکی و دیجیتال محیط تولید، تبادل داده در زمان واقعی و تصمیم‌گیری مبتنی بر اطلاعات تأکید دارد. معماری‌های سایبر فیزیکی و شبکه‌ای می‌توانند دیدپذیری فرایند، پیش‌بینی خرابی و انعطاف‌پذیری عملیات را افزایش دهند (Lee et al., 2015; Wang et al., 2016). بااین‌حال، فناوری زمانی به پیامد عملکردی تبدیل می‌شود که سازمان بتواند آن را در جریان کار، نظام تصمیم‌گیری و سازوکارهای هماهنگی خود نهادینه کند. ازاین‌رو، پژوهش‌های جدیدتر بر عوامل مکمل نظیر راهبرد، سرمایه انسانی، فرهنگ، مدیریت داده و بازطراحی فرایندها

جدول ۱. جمع‌بندی انتقادی جریان‌های اصلی پژوهش و جایگاه مطالعه حاضر

شکاف مرتبط	دست‌آورد غالب	نمونه منابع	جریان پژوهشی
غلبه نگاه فنی و توجه محدود به قابلیت‌های سازمانی	تشریح فناوری‌ها و سازوکارهای اتصال و تحلیل داده	Wang ;2015 ,al et Lee al et Frank ;2016 ,al et 2019	فناوری و معماری تولید هوشمند
اندازه‌گیری وضعیت بیش از توضیح فرایند توسعه قابلیت	سنجش سطح بلوغ و آمادگی سازمان	;2016 ,al et Schumacher 2018 ,al et Mittal	مدل‌های آمادگی و بلوغ
سطح تحلیل عمومی و محدودیت در زمینه صنایع فرایندی	برجسته‌سازی رهبری، فرهنگ و بازپیکربندی منابع	& Warner ;2019 ,Vial 2019 ,Wäger	تحول دیجیتال و قابلیت‌های پویا
نبود معماری یکپارچه برای صنایع پشتیبان زنجیره تأمین	شناسایی موانع انسانی، فرهنگی و مدیریتی	;2020 ,Naik & Sony 2021 ,al et Tortorella	عوامل انسانی و مدیریتی صنعت ۴/۰
یکپارچه‌سازی پنج حوزه قابلیت و پیوند آن‌ها با پایداری تحول و زنجیره تأمین	توسعه مدل زمینه‌مند قابلیت‌های سازمانی	شرکت کرین ایران	پژوهش حاضر

۳. روش تحقیق

۳-۱ طرح و محیط پژوهش

رهبری تحول، آمادگی کارکنان، مدیریت داده، یکپارچه‌سازی فناوری با تولید، بازطراحی فرایندها و یادگیری سازمانی را پوشش داد. گردآوری داده تا زمانی ادامه یافت که مصاحبه‌های جدید، تنوع مفهومی مضامین را به طور معناداری گسترش ندادند.

۳-۳ تحلیل داده و توسعه مدل

متن مصاحبه‌ها پس از پیاده‌سازی کامل، در MAXQDA تحلیل شد. ابتدا پژوهشگر با چندباره خواندن متن‌ها با داده‌ها آشنا شد؛ سپس واحدهای معنایی مرتبط کدگذاری و کدهای نزدیک از نظر معنا و کارکرد جمع شدند. در مرحله بعد، مفاهیم فرعی در مضامین پایه و مضامین پایه در سطوح سازمان‌دهنده سامان یافتند. تحلیل با منطق ترکیبی استقرایی و قیاسی پیش رفت: شکل‌گیری کدها تا حد امکان از داده‌ها آغاز شد، اما تفسیر و نام‌گذاری نهایی با ادبیات تحول دیجیتال و قابلیت‌های پویا گفت‌وگو داشت. در پایان، روابط میان مضامین برای تدوین مدل مفهومی تفسیر شد. این فرایند ۲۸۶ کد اولیه، ۴۷ مفهوم فرعی، ۲۴ مضمون پایه، پنج مضمون سازمان‌دهنده و یک مضمون فراگیر ایجاد کرد.

پژوهش از نظر هدف توسعه‌ای و از نظر رویکرد کیفی است. برای کشف الگوهای معنایی موجود در تجربه مدیران و خبرگان، از تحلیل مضمون انعکاسی^۱ استفاده شد (Braun and Clarke, 2021). محیط مطالعه، شرکت کرین ایران بود که به دلیل فرایند تولید پیوسته، حساسیت کیفیت، اهمیت کنترل عامل‌های عملیاتی و نقش آن در تأمین مواد اولیه صنعت لاستیک، زمینه مناسبی برای مطالعه گذار هوشمند فراهم می‌کند.

۳-۲ مشارکت‌کنندگان و گردآوری داده

مشارکت‌کنندگان مرحله کیفی ۱۵ نفر از مدیران و خبرگان دارای تجربه در تولید، فناوری اطلاعات، نگهداری و تعمیرات، کنترل فرایند، مدیریت پروژه، راهبرد و توسعه سازمانی بودند. انتخاب افراد با نمونه‌گیری هدفمند انجام شد و معیار اصلی، برخورداری از تجربه مستقیم و دانش مرتبط با تحول تولیدی و دیجیتال بود. مصاحبه‌ها به صورت نیمه‌ساختاریافته انجام شد و محورهای مانند

1. Reflexive Thematic Analysis

جدول ۲. ساختار نهایی تحلیل مضمون و توسعه مدل قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند

مضمون فراگیر	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه	نمونه کدهای اولیه استخراج‌شده
قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند	قابلیت‌های راهبردی و رهبری تحول	چشم‌انداز و جهت‌گیری راهبردی تحول هوشمند	تدوین نقشه راه تحول، تعیین اولویت‌های هوشمندسازی، تعریف اهداف بلندمدت، هم‌راستاسازی تحول با راهبرد سازمان
		تعهد و حمایت مدیریت ارشد	حمایت مدیران ارشد، تخصیص منابع، پشتیبانی از پروژه‌های تحول، ایجاد انگیزه سازمانی
		مدیریت تغییر سازمانی	کاهش مقاومت کارکنان، ارتباط مؤثر تغییر، آماده‌سازی سازمان، مدیریت پیامدهای تغییر
		حکمرانی و راهبری تحول دیجیتال	تعیین مسئولیت‌ها، ایجاد ساختار راهبری، هماهنگی واحدها، پایش پیشرفت تحول
	قابلیت‌های انسانی و فرهنگی	توسعه سرمایه انسانی دیجیتال	آموزش کارکنان، توسعه مهارت‌های دیجیتال، ارتقای دانش فناوری، تربیت نیروهای متخصص
		فرهنگ‌پذیرش فناوری و نوآوری	نگرش مثبت نسبت به فناوری، پذیرش تغییر، حمایت از نوآوری، فرهنگ یادگیری
		مشارکت و همکاری سازمانی	همکاری بین واحدها، ارتباط تولید و فناوری اطلاعات، کار تیمی، تعامل میان تخصص‌ها
		توانمندسازی کارکنان	مشارکت کارکنان در تحول، استفاده از تجربه عملیاتی، افزایش مسئولیت‌پذیری، اختیاردی
قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند	قابلیت‌های داده‌محور و فناورانه	مدیریت و حکمرانی داده	کیفیت داده، استانداردسازی اطلاعات، دسترسی به داده‌های معتبر، مالکیت داده
		تصمیم‌گیری مبتنی بر داده	تحلیل اطلاعات، استفاده از شاخص‌های عملکرد، تصمیم‌گیری سریع و دقیق
		شناخت و بهره‌برداری از فناوری‌های هوشمند	اینترنت اشیاء، سامانه‌های پایش هوشمند، تحلیل داده، فناوری‌های دیجیتال تولید
		یکپارچه‌سازی سامانه‌های اطلاعاتی و تولیدی	اتصال تجهیزات، ارتباط سامانه‌های تولید و اطلاعات، تبادل داده بین سامانه‌ها
	قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی	بازطراحی و بهبود فرایندها	اصلاح فرایندهای موجود، حذف فعالیت‌های ناکارآمد، بهینه‌سازی عملیات تولید
		مدیریت عملکرد هوشمند	پایش لحظه‌ای عملکرد، توسعه شاخص‌های هوشمند، کنترل فرایند مبتنی بر داده
		انعطاف‌پذیری عملیاتی	پاسخ سریع به تغییرات، سازگاری فرایند تولید، مدیریت شرایط پیش‌بینی‌نشده
		استانداردسازی فرایندهای تولید	مستندسازی فرایندها، کنترل انحرافات، کاهش تغییرپذیری عملکرد
	قابلیت‌های یادگیری و انطباق سازمانی	یادگیری سازمانی	یادگیری از تجربیات، بهبود مستمر، توسعه دانش سازمانی
		مدیریت دانش	ثبت تجربیات، انتقال دانش، اشتراک‌گذاری اطلاعات، حفظ دانش سازمانی
		تفکر سیستمی	درک ارتباطات سازمانی، نگاه کل‌نگر، تحلیل اثرات تصمیمات
		سازگاری با تغییرات محیطی	انطباق مستمر، انعطاف سازمانی، توسعه ظرفیت پاسخگویی به تغییر

تحول به‌سوی تولید هوشمند» در پنج حوزه سازمان‌دهنده شکل گرفت. این حوزه‌ها مستقل از یکدیگر نیستند و اثربخشی هر کدام به کیفیت تعامل با سایر حوزه‌ها وابسته است.

۴-۱-۱ قابلیت‌های راهبردی و رهبری تحول

نخستین حوزه به توان سازمان در جهت‌دهی تحول مربوط است. صاحب‌ه‌شوندگان بر ضرورت چشم‌انداز روشن، تعهد مدیریت ارشد، تعیین اولویت‌های سرمایه‌گذاری، مدیریت تغییر و ایجاد سازوکار مشخص برای حکمرانی تحول تأکید داشتند. در نبود این ظرفیت‌ها، پروژه‌های دیجیتال ممکن است به اقدامات پراکنده و فاقد پیوند با مسائل واقعی تولید تبدیل شوند. در نتیجه، رهبری تحول نقش ایجاد هم‌راستایی میان نیازهای کسب‌وکار، محدودیت‌های عملیاتی و انتخاب‌های فناورانه را بر عهده دارد.

۴-۱-۲ قابلیت‌های انسانی و فرهنگی

دومین حوزه نشان می‌دهد پذیرش فناوری و کیفیت استفاده از آن به مهارت و نگرش کارکنان وابسته است. توسعه شایستگی‌های دیجیتال، آموزش مستمر، مشارکت کارکنان، مدیریت مقاومت و همکاری میان واحدهای تولید و فناوری اطلاعات از مضامین محوری این بعد بود. در محیط کربن‌بلک، دانش تجربی کارورها و متخصصان فرایند یک منبع مهم است؛ بنابراین هوشمندسازی باید این دانش را با قابلیت تحلیل داده ترکیب کند، نه اینکه آن را جایگزین‌پذیر تلقی کند.

۴-۱-۳ قابلیت‌های داده‌محور و فناورانه

سومین حوزه بر ظرفیت سازمان برای تبدیل داده به تصمیم تمرکز دارد. کیفیت و مالکیت داده، یکپارچه‌سازی سامانه‌های اطلاعاتی و تولیدی، قابلیت تحلیل داده‌های عملیاتی و شناخت فناوری‌های هوشمند، اجزای اصلی این بعد بودند. یافته‌ها نشان

بر اساس جدول ۲، ساختار نهایی مدل نشان می‌دهد که قابلیت‌های سازمانی موردنیاز برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند، ماهیتی چندبعدی و درهم‌تنیده دارند. در سطح نخست، کدهای اولیه منعکس‌کننده تجربیات مستقیم مشارکت‌کنندگان از چالش‌ها، نیازها و الزامات تحول هوشمند بودند. این کدها در فرایند تحلیل، از طریق مقایسه مفهومی و پالایش نظری، به مضامین پایه و سپس مضامین سازمان‌دهنده ارتقا یافتند.

۴-۳ اعتمادپذیری و اعتباربخشی مدل

برای تقویت اعتمادپذیری، مسیر تحلیل، تصمیم‌های کدگذاری و بازنگری مضامین مستندسازی شد و مضامین به طور مستمر با داده‌های خام تطبیق داده شدند. تنوع تخصصی مشارکت‌کنندگان و بازبینی چندمرحله‌ای ساختار مضامین نیز برای افزایش اعتبار تفسیری به کار رفت (Nowell et al., 2017). پس از تدوین مدل اولیه، ۱۲ خبره در حوزه‌های مدیریت صنعتی، تولید، فناوری اطلاعات، مهندسی فرایند و تحول دیجیتال، مؤلفه‌ها را از نظر اهمیت، ضرورت و ارتباط مفهومی ارزیابی کردند.

برای سنجش روایی محتوایی از نسبت روایی محتوا (Content Validity Ratio (CVR)) و شاخص روایی محتوا (Content Validity Index (CVI)) استفاده شد (Polit and Lawshe, 1975). همچنین میانگین اهمیت و درصد توافق خبرگان محاسبه شد. این شاخص‌ها برای پالایش مفهومی مدل به کار رفتند و به‌عنوان آزمون آماری روابط علی تفسیر نشدند.

۴. یافته‌ها

۴-۱ معماری قابلیت‌های سازمانی

تحلیل داده‌ها نشان داد مسئله اصلی در گذار هوشمند، کمبود یک فناوری خاص نیست؛ بلکه توانایی سازمان برای هم‌راستا کردن تصمیم‌های راهبردی، رفتار کارکنان، داده، فناوری و فرایند است. مضمون فراگیر «قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت

داد دسترسی به داده بدون استانداردسازی، اعتمادپذیری و سازوکار روشن استفاده در تصمیم‌گیری، ارزش محدودی دارد. در مقابل، داده منسجم می‌تواند پایش فرایند، تشخیص انحراف و تصمیم‌گیری سریع‌تر را تقویت کند.

۴-۱-۴ قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی

چهارمین حوزه، حلقه اتصال فناوری با عملکرد واقعی تولید است. بازطراحی و استانداردسازی فرایندها، مدیریت عملکرد، پایش لحظه‌ای، بهبود مستمر و انعطاف‌پذیری عملیاتی از مضامین اصلی این بعد بودند. در یک فرایند پیوسته، دیجیتالی کردن فعالیت‌های ناکارآمد الزاماً عملکرد را بهبود نمی‌دهد؛

جدول ۳. ساختار نهایی مضامین و قابلیت‌های سازمانی شناسایی شده

مضمون سازمان‌دهنده	مضامین پایه منتخب	نقش در گذار هوشمند
راهبردی و رهبری تحول	چشم‌انداز تحول؛ حمایت مدیریت ارشد؛ مدیریت تغییر؛ حکمرانی تحول؛ پایش پیشرفت	جهت‌دهی و هم‌راستاسازی تحول با اهداف سازمان
انسانی و فرهنگی	شایستگی دیجیتال؛ آموزش؛ فرهنگ‌پذیرش فناوری؛ مشارکت؛ همکاری بین واحدی	ایجاد آمادگی انسانی و کاهش اصطکاک تغییر
داده‌محور و فناورانه	حکمرانی داده؛ تصمیم‌گیری مبتنی بر داده؛ یکپارچه‌سازی سامانه‌ها؛ فناوری‌های هوشمند	تبدیل داده و فناوری به قابلیت تصمیم و کنترل
فرایندی و عملیاتی	بازطراحی فرایند؛ استانداردسازی؛ مدیریت عملکرد؛ انعطاف‌پذیری؛ بهبود مستمر	نهادینه‌سازی فناوری در عملیات واقعی تولید
یادگیری و انطباق سازمانی	یادگیری سازمانی؛ مدیریت دانش؛ انتقال تجربه؛ تفکر سیستمی؛ سازگاری	حفظ پویایی و تداوم توسعه قابلیت‌ها

۴-۲ اعتبارسنجی و پالایش مدل

ارزیابی خبرگان نشان داد هر پنج حوزه قابلیت از اهمیت و تناسب مطلوب برخوردارند. میانگین کلی اهمیت مؤلفه‌ها ۴٫۶۶ از ۵ بود. میانگین CVR برابر ۰٫۸۰، CVI برابر ۰٫۹۳ و توافق کلی خبرگان ۹۲٫۳ درصد به دست آمد. در میان ابعاد،

از این‌رو، اصلاح منطق عملیاتی و کنترل تغییرپذیری باید هم‌زمان با توسعه زیرساخت هوشمند پایش رود.

۴-۱-۵ قابلیت‌های یادگیری و انطباق سازمانی

پنجمین حوزه، پایداری تحول را توضیح می‌دهد. یادگیری از پروژه‌های اجراشده، مدیریت و انتقال دانش، تفکر سیستمی، بازخوردگیری و سازگاری با تغییرات فناوری و بازار، سازمان را قادر می‌کند مسیر تحول را به‌صورت مستمر اصلاح کند. این بعد نشان می‌دهد تولید هوشمند یک وضعیت نهایی نیست؛ بلکه مسیری تکرارشونده از تجربه، یادگیری و بازپیکربندی قابلیت‌هاست.

قابلیت‌های داده‌محور و فناورانه بالاترین میانگین اهمیت را کسب کردند، اما اختلاف امتیازها به معنای کفایت این بعد به‌تنهایی نیست؛ زیرا خبرگان بر وابستگی متقابل قابلیت‌ها تأکید داشتند. پیشنهادها، اصلاحی عمدتاً به شفاف‌سازی تعاریف، کاهش هم‌پوشانی مفهومی و بهبود ارتباط میان اجزای مدل مربوط بود و هیچ‌یک از پنج بعد اصلی حذف نشد

جدول ۴. خلاصه نتایج اعتبارسنجی مدل

توافق خبرگان (%)	CVI	CVR	میانگین اهمیت	بعد مدل
۹۳/۳	۰/۹۴	۰/۸۳	۴/۷۲	قابلیت‌های راهبردی و رهبری تحول
۹۱/۷	۰/۹۲	۰/۷۸	۴/۶۵	قابلیت‌های انسانی و فرهنگی
۹۵/۰	۰/۹۵	۰/۸۶	۴/۷۶	قابلیت‌های داده‌محور و فناورانه
۹۰/۰	۰/۹۰	۰/۷۵	۴/۵۸	قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی
۹۱/۷	۰/۹۳	۰/۸۰	۴/۶۱	قابلیت‌های یادگیری و انطباق سازمانی
۹۲/۳	۰/۹۳	۰/۸۰	۴/۶۶	کل مدل

۴-۳ منطق یکپارچه مدل نهایی

مدل نهایی نشان می‌دهد گذار هوشمند با جهت‌دهی راهبردی آغاز می‌شود، از طریق آمادگی انسانی و قابلیت داده‌ای امکان اجرا پیدا می‌کند، در فرایندهای تولید نهادینه می‌شود و با یادگیری و انطباق سازمانی تداوم می‌یابد. این توالی یک مسیر خطی و بسته نیست؛ بلکه میان حوزه‌ها روابط بازخوردی برقرار است. برای مثال، تجربه حاصل از اجرای پروژه‌های هوشمند می‌تواند برداشت مدیران از اولویت‌های راهبردی را اصلاح کند و کیفیت داده‌های جدید نیز زمینه بازطراحی مجدد فرایند را فراهم سازد؛ بنابراین، بلوغ هوشمند نتیجه انباشت فناوری نیست؛ بلکه پیامد هماهنگی و بازپیکربندی مستمر قابلیت‌های مکمل است.

۴-۴ مدل نهایی قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند

بر اساس فرایند تحلیل مضمون انعکاسی و ساختار نهایی مضامین استخراج‌شده، مدل قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند در شرکت کربن ایران توسعه یافت. این مدل نشان می‌دهد که گذار به تولید هوشمند، حاصل توسعه و تعامل مجموعه‌ای از قابلیت‌های سازمانی مکمل است و نمی‌توان آن را صرفاً به استقرار

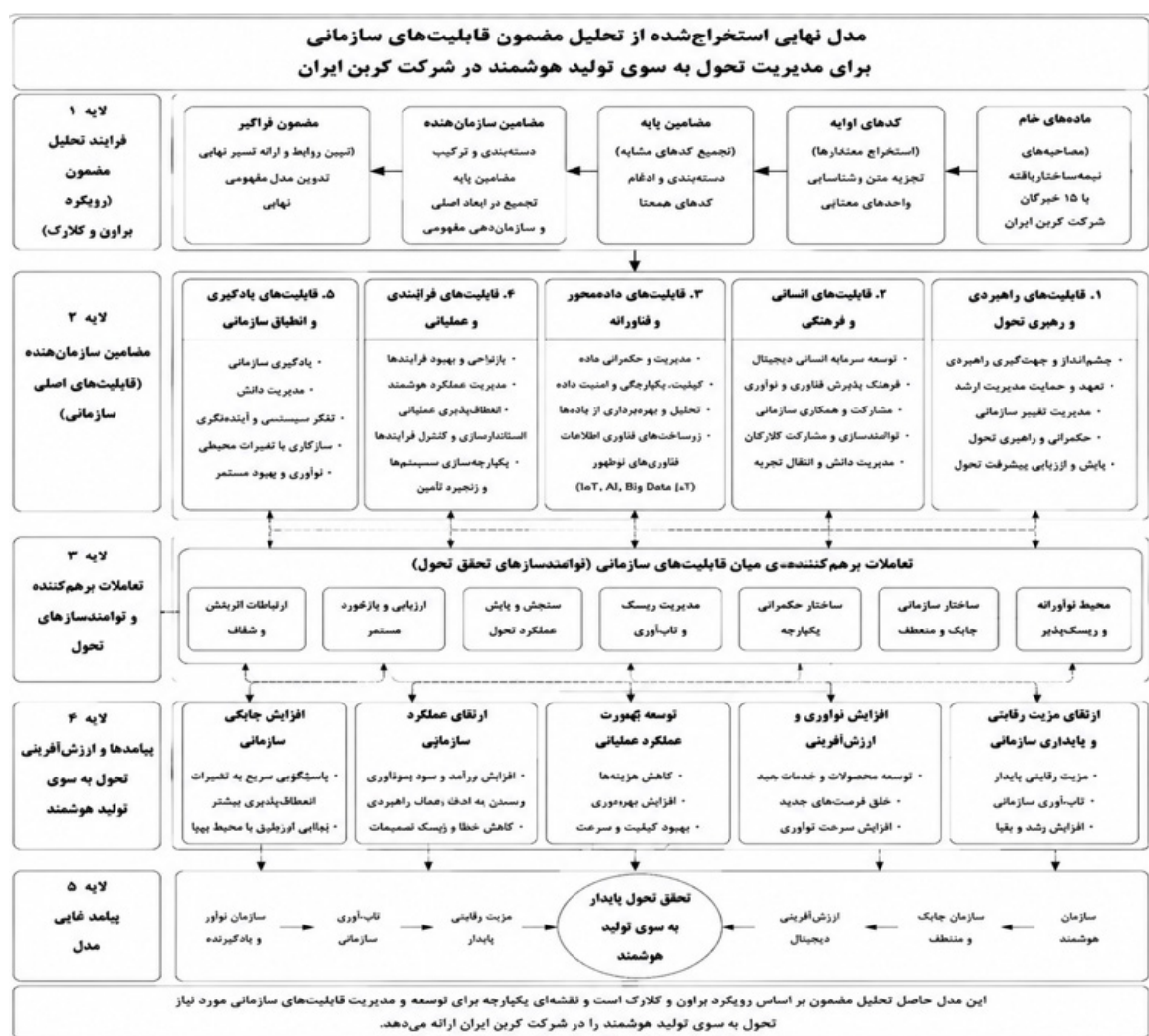
فناوری‌های جدید یا دیجیتالی‌سازی تجهیزات محدود کرد. یافته‌های پژوهش نشان داد که قابلیت‌های سازمانی موردنیاز برای مدیریت تحول هوشمند در پنج حوزه اصلی قابل تبیین هستند. «قابلیت‌های راهبردی و رهبری تحول» به‌عنوان قابلیت جهت‌دهنده، نقش تعیین چشم‌انداز، ایجاد هم‌راستایی سازمانی، حمایت مدیریتی و هدایت فرایند تغییر را ایفا می‌کند. «قابلیت‌های انسانی و فرهنگی» بستر پذیرش تحول، توسعه شایستگی‌های موردنیاز، مشارکت کارکنان و شکل‌گیری فرهنگ نوآوری را فراهم می‌سازد. «قابلیت‌های داده‌محور و فناورانه» امکان بهره‌برداری اثربخش از فناوری‌های هوشمند، مدیریت داده، یکپارچه‌سازی اطلاعات و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را ایجاد می‌کند. «قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی» موجب پیوند فناوری‌های هوشمند با فرایندهای واقعی تولید، بهبود عملکرد عملیاتی و تبدیل ظرفیت‌های فناورانه به ارزش سازمانی می‌شود. در نهایت، «قابلیت‌های یادگیری و انطباق سازمانی» به‌عنوان سازوکار پایداری تحول، امکان یادگیری مستمر، مدیریت دانش، اصلاح مسیر تحول و سازگاری با تغییرات محیطی را فراهم می‌کند.

براین‌اساس، مدل نهایی پژوهش بیانگر آن است که تولید هوشمند یک پروژه فناورانه مستقل نیست، بلکه یک قابلیت سازمانی چندسطحی و پویا است که از تعامل میان راهبرد

به سمت یک مضمون فراگیر است و نشان می‌دهد که مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند نیازمند توسعه هم‌زمان قابلیت‌های سازمانی در سطوح راهبردی، انسانی، فناورانه، عملیاتی و یادگیرنده است. از این منظر، مدل پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای ارزیابی وضعیت قابلیت‌های سازمانی، شناسایی شکاف‌های تحول و طراحی برنامه‌های توسعه‌ای در صنایع تولیدی مشابه مورد استفاده قرار گیرد.

سازمان، سرمایه انسانی، ظرفیت‌های فناورانه، فرایندهای عملیاتی و یادگیری سازمانی شکل می‌گیرد. در این چارچوب، فناوری‌های هوشمند نقش توانمندساز دارند، اما قابلیت‌های سازمانی تعیین می‌کنند که سازمان چگونه این فناوری‌ها را جذب، یکپارچه و به بهبود عملکرد و مزیت رقابتی پایدار تبدیل کند.

مدل ارائه‌شده حاصل حرکت نظام‌مند از داده‌های خام مصاحبه‌ها، کدهای اولیه، مضامین پایه و مضامین سازمان‌دهنده



شکل ۱. مدل مفهومی توسعه‌یافته قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت گذار راهبردی به‌سوی تولید هوشمند در شرکت کرین ایران

۴-۵ تحلیل کمی فرایند کدگذاری و توسعه ساختار مفهومی مدل

برای مستندسازی دقیق‌تر روند شکل‌گیری مدل و فراهم کردن امکان ردیابی مراحل تحلیل، تعداد واحدهای حاصل در هر سطح از فرایند کدگذاری به صورت توصیفی ثبت و ارائه شد. این مقادیر صرفاً برای نمایش چگونگی فشرده‌سازی، تجمیع و انتزاع تدریجی داده‌های مصاحبه‌ای از سطح کدهای اولیه تا شکل‌گیری ساختار مفهومی نهایی گزارش شده‌اند و نباید به عنوان شاخصی برای وزن، اهمیت یا برتری آماری مضامین تفسیر شوند. چنین گزارشی، منطق حرکت از داده‌های اولیه به سطوح بالاتر مفهوم‌پردازی را آشکارتر ساخته و قابلیت

ردیابی فرایند تحلیل کیفی را تقویت می‌کند (Braun and Clarke, 2021; Nowell et al., 2017).

در فرایند تحلیل ۱۵ مصاحبه انجام شده با خبرگان، ابتدا تعداد ۲۸۶ کد اولیه از متن خام مصاحبه‌ها استخراج شد. پس از بررسی شباهت مفهومی، حذف موارد تکراری و ادغام کدهای هم‌معنا، این کدها در قالب ۴۷ مفهوم فرعی سازمان‌دهی شدند. در مرحله بعد، مفاهیم فرعی بر اساس ارتباط معنایی و نقش آن‌ها در مدیریت تحول تولید هوشمند، در قالب ۲۴ مضمون پایه و سپس ۵ مضمون سازمان‌دهنده تجمیع شدند. در نهایت، تعامل مفهومی میان این پنج مضمون سازمان‌دهنده منجر به شکل‌گیری یک مضمون فراگیر با عنوان «قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند» شد.

جدول ۵. خلاصه کمی فرایند کدگذاری و توسعه مدل پژوهش

توضیح	تعداد	سطح تحلیل
مصاحبه با مدیران و خبرگان شرکت کربن ایران	۱۵	مصاحبه‌های تحلیل‌شده
مفاهیم مستقیم استخراج‌شده از اظهارات مشارکت‌کنندگان	۲۸۶	کدهای اولیه استخراج‌شده
دسته‌بندی کدهای مشابه بر اساس شباهت مفهومی	۴۷	مفاهیم فرعی
مفاهیم انتزاعی‌تر نمایانگر ابعاد مشخص قابلیت سازمانی	۲۴	مضامین پایه
ابعاد اصلی مدل قابلیت‌های سازمانی	۵	مضامین سازمان‌دهنده
قابلیت‌های سازمانی برای مدیریت تحول به‌سوی تولید هوشمند	۱	مضمون فراگیر

بررسی مسیر کاهش و انتزاع مفاهیم نشان می‌دهد که فرایند تحلیل از سطح تجربیات جزئی مشارکت‌کنندگان آغاز شده و به یک چارچوب مفهومی منسجم در سطح سازمانی منتهی شده است. به عبارت دیگر، ۲۸۶ کد اولیه بیانگر تنوع تجربیات و دیدگاه‌های خبرگان بوده که پس از فرایند پالایش و ترکیب مفهومی، به پنج حوزه قابلیت کلیدی موردنیاز برای مدیریت تحول هوشمند کاهش یافته‌اند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش، گذار به تولید هوشمند را به‌مثابه

مسئله‌ای سازمانی تبیین می‌کند. این برداشت با مطالعاتی همسو است که نشان می‌دهند ارزش فناوری‌های صنعت ۴۰۰ تنها در حضور سازوکارهای مدیریتی و سازمانی مناسب تحقق می‌یابد (Vial, 2019; Warner and Wäger 2019). تفاوت اصلی مطالعه حاضر در آن است که این منطق را در یک صنعت فرایندی و پشتیبان زنجیره تأمین صورت‌بندی کرده و نشان می‌دهد قابلیت‌های سازمانی باید به طور هم‌زمان نیازهای داخلی تولید و الزامات کیفیت و پایداری تأمین را پاسخ دهند. در بعد راهبردی، نقش چشم‌انداز، حمایت مدیریت ارشد و حکمرانی تحول با مطالعات صنعت ۴۰۰ همخوانی دارد

(Müller et al., 2018; Sony & Naik, 2020). با این حال، در شرکت کربن ایران، راهبری تحول علاوه بر تعیین مسیر فناوریانه، وظیفه هماهنگ‌سازی واحدهایی با منطق‌های متفاوت، از تولید و نگهداری تا فناوری اطلاعات و کنترل کیفیت را نیز بر عهده دارد؛ بنابراین، کیفیت سازوکارهای بین واحدی بخشی از ظرفیت راهبردی تحول است.

در بعد انسانی، یافته‌ها تأیید می‌کند که کمبود مهارت دیجیتال و مقاومت در برابر تغییر می‌تواند مزایای فناوری را محدود کند. نکته زمینه‌ای مطالعه حاضر این است که شایستگی مطلوب در صنعت کربن بلک، ترکیبی از سواد داده و دانش عمیق فرایند است. این نتیجه نگاه ساده‌انگارانه «جایگزینی انسان با فناوری» را کنار می‌گذارد و بر تقویت تصمیم‌انسانی از طریق فناوری تأکید می‌کند. چنین برداشتی با ادبیات سامانه‌های اجتماعی - فنی و مطالعات موفقیت پیاده‌سازی صنعت ۴۰۰ سازگار است (Sony et al., 2021).

برجسته‌شدن قابلیت‌های داده‌محور نیز با مطالعات معماری کارخانه هوشمند سازگار است (Wang et al., 2016; Frank et al., 2019)، اما مدل حاضر نشان می‌دهد ارزش داده از سه شرط ناشی می‌شود: قابل اعتماد بودن داده، اتصال میان سامانه‌ها و قرارگرفتن تحلیل در نقطه تصمیم. از این رو، افزایش تعداد حسگرها یا داشبوردها بدون حکمرانی داده و تعریف کاربرد تصمیمی، لزوماً به هوشمندی سازمان منجر نمی‌شود. اهمیت قابلیت‌های فرایندی و عملیاتی نیز تأکید می‌کند که دیجیتال‌سازی باید پس از شناخت و اصلاح منطق فرایند انجام شود. این نتیجه با پژوهش‌هایی که پیوند میان تولید ناب و فناوری‌های صنعت ۴۰۰ را بررسی کرده‌اند همسو است (Buer et al., 2018). در صنعت کربن بلک، ثبات عامل‌های تولید، کنترل انحراف و قابلیت اطمینان تجهیزات از نقاطی هستند که اتصال داده و فرایند می‌تواند ارزش ملموس ایجاد کند. در نهایت، بعد یادگیری و انطباق، منطق قابلیت‌های پویا را تکمیل می‌کند: سازمان هوشمند باید از پروژه‌های خود یاد

بگیرد و توانایی بازپیکربندی قابلیت‌ها را در برابر فناوری‌ها و الزامات جدید حفظ کند (Teece, 2018).

سهام نظری پژوهش در سه سطح قابل جمع‌بندی است. نخست، مدل ارائه‌شده فاصله میان نگاه فناوری‌محور و نگاه قابلیت‌ی را کاهش می‌دهد و نشان می‌دهد فناوری نقش توانمندساز دارد، درحالی‌که قابلیت‌های سازمانی سازوکار تبدیل آن به عملکردند. دوم، نظریه قابلیت‌های پویا در زمینه یک صنعت فرایندی و پشتیبان زنجیره تأمین عملیاتی شده و پنج حوزه قابلیت به‌عنوان تجلی‌های سازمانی شناسایی، بهره‌برداری و بازپیکربندی منابع صورت‌بندی شده‌اند. سوم، مدل زمینه‌ای پژوهش نشان می‌دهد پایداری تحول در تأمین‌کنندگان مواد اولیه، باید علاوه بر بهره‌وری داخلی، باثبات کیفیت، قابلیت اطمینان تولید و استمرار تأمین سنجیده شود.

۵- ۱ پیامدهای مدیریتی

برای مدیران، پیام اصلی این است که نقطه شروع هوشمندسازی «انتخاب فناوری» نیست، بلکه «تشخیص شکاف قابلیت» است. پیش از سرمایه‌گذاری، سازمان باید وضعیت خود را در پنج حوزه مدل ارزیابی و نقشه راهی تدوین کند که پروژه‌های فناوریانه را با اهداف تولید و نیازهای زنجیره تأمین پیوند دهد. ایجاد ساختار حکمرانی تحول، توسعه آموزش‌های ترکیبی فرایند و داده، استانداردسازی داده‌های تولید و کیفیت، بازطراحی فرایندهای ناکارآمد و ایجاد حلقه‌های بازخورد برای یادگیری از پروژه‌ها، اقداماتی هستند که مستقیماً از مدل استخراج می‌شوند.

در شرکت‌های کربن بلک، توسعه معماری داده یکپارچه می‌تواند پایه کیفیت، نگهداری پیش‌بینانه و تحلیل انحرافات فرایندی را تقویت کند؛ اما این اقدامات باید با مشارکت کارکنان تولید و کنترل کیفیت طراحی شوند تا داده‌ها به تصمیم‌های قابل‌اجرا تبدیل شوند. همچنین، ایجاد تیم یا

کارگروه راهبری تحول می‌تواند از اجرای جزیره‌ای پروژه‌های دیجیتال جلوگیری کرده و تخصیص منابع را بر اساس ارزش عملیاتی و راهبردی هدایت کند.

۵-۲ محدودیت‌ها و مسیر پژوهش‌های آینده

این پژوهش یک مطالعه کیفی زمینه‌مند در یک شرکت است؛ بنابراین هدف آن تعمیم آماری نیست. ساختار قابلیت‌های شناسایی شده می‌تواند برای صنایع مشابه قابل استفاده تحلیلی باشد، اما وزن و اولویت اجزا ممکن است در محیط‌های دیگر متفاوت باشد. همچنین، روابط میان ابعاد مدل در این مطالعه به صورت علی آزمون نشده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، مقیاس سنجش بلوغ قابلیت‌های مدل توسعه یابد، روابط میان ابعاد با مدل‌سازی معادلات ساختاری آزمون شود و مدل در صنایعی مانند پتروشیمی، فولاد، سیمان و سایر تأمین‌کنندگان صنعت لاستیک مورد مقایسه قرار گیرد. بررسی اثر قابلیت‌های مدل بر شاخص‌هایی مانند کیفیت، توقفات، بهره‌وری انرژی، انعطاف‌پذیری و پایداری تأمین نیز می‌تواند ارزش پیش‌بینی مدل را روشن‌تر کند.

۵-۳ جمع‌بندی

پژوهش حاضر نشان داد گذار راهبردی به تولید هوشمند در صنعت کربن‌بلک، از مسیر توسعه هم‌زمان پنج قابلیت سازمانی می‌گذرد: جهت‌دهی و رهبری تحول، آمادگی انسانی و فرهنگی، ظرفیت داده‌محور و فناورانه، توان فرایندی و عملیاتی، و یادگیری و انطباق سازمانی. این قابلیت‌ها یک سیستم مکمل می‌سازند و ضعف هر یک می‌تواند ارزش‌آفرینی سایر ابعاد را محدود کند. مدل توسعه‌یافته، هوشمندسازی را از یک پروژه فناوری اطلاعات به یک برنامه بلندمدت توسعه سازمانی بازتعریف می‌کند. برای صنایع پشتیبان زنجیره تأمین صنعت لاستیک، چنین رویکردی می‌تواند زمینه تبدیل داده و فناوری به کنترل فرایند بهتر، ثبات کیفیت، قابلیت اطمینان تولید و پایداری تأمین را فراهم سازد؛ بنابراین، مزیت پایدار تولید هوشمند نه از میزان تجهیزات دیجیتال، بلکه از ظرفیت سازمان برای یادگیری، هماهنگی و بازپیکربندی مستمر فناوری، انسان و فرایند ناشی می‌شود.

منابع

- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and sustainable development: A systematic literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120406. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120406>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, 18(3), 328–352. <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238>
- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924–2940.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26.
- Gökalp, E., & Martinez, V. (2021). Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(5), 999–1020.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing and Industry 4.0 maturity models. *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? *Sustainability*, 10(1), 247.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16, 1–13.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 31(10), 799–815.
- Sony, M., Antony, J., McDermott, O., & Garza-Reyes, J. A. (2021). An empirical examination of benefits,

- challenges, and critical success factors of Industry 4.0 implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(7–8), 741–767.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & van Dun, D. H. (2021). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(6), 860–886.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industry 4.0: An outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.
- Warner, K. S. R., & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation. *Long Range Planning*, 52(3), 326–349.
- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and sustainable development: A systematic literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120406. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120406>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, 18(3), 328–352. <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238>
- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924–2940.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26.
- Gökalp, E., & Martinez, V. (2021). Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(5), 999–1020.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing and Industry 4.0 maturity models. *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214.

- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? Sustainability, 10(1), 247.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16, 1–13.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 31(10), 799–815.
- Sony, M., Antony, J., McDermott, O., & Garza-Reyes, J. A. (2021). An empirical examination of benefits, challenges, and critical success factors of Industry 4.0 implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(7–8), 741–767.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & van Dun, D. H. (2021). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(6), 860–886.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industry 4.0: An outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.
- Warner, K. S. R., & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation. *Long Range Planning*, 52(3), 326–349.
- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and sustainable development: A systematic literature review and future research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120406. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120406>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, 18(3), 328–352. <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238>
- Buer, S. V., Strandhagen, J. O., & Chan, F. T. S. (2018). The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2924–2940.

- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26.
- Gökalp, E., & Martinez, V. (2021). Digital transformation capability maturity model enabling the assessment of industrial manufacturers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(5), 999–1020.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing and Industry 4.0 maturity models. *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214.
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? Sustainability, 10(1), 247.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis: Striving to meet trustworthiness criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16, 1–13.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0. *Production Planning & Control*, 31(10), 799–815.
- Sony, M., Antony, J., McDermott, O., & Garza-Reyes, J. A. (2021). An empirical examination of benefits, challenges, and critical success factors of Industry 4.0 implementation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 32(7–8), 741–767.
- Teece, D. J. (2018). Business models and dynamic capabilities. *Long Range Planning*, 51(1), 40–49.
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.
- Tortorella, G. L., Giglio, R., & van Dun, D. H. (2021). Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(6), 860–886.
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of Industry 4.0: An outlook. *Inter-*

national Journal of Distributed Sensor Networks, 12(1), 3159805.

Warner, K. S. R., & Wäger, M. (2019). Building dynamic capabilities for digital transformation. Long Range Planning, 52(3), 326–349.

Developing an Organizational Capability Model for Managing the Strategic Transition to Smart Manufacturing in Rubber-Industry Supply-Chain Supporting Industries: A Qualitative Study of Iran Carbon Company

Asghar Rashnoodi*1 , Afshar Fatolahi2, Bakhtiar Razani 3

Department of Business Management, Faculty of Economics and Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

PhD, in International Relations, Islamic Azad University, Tehran, Iran

PhD in Oil and Gas Economics, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Corresponding Author: Email:Asghar.rashnoodi@gmail.com

IRM

D

Developing an Organizational Capability Model for Managing the Strategic Transition to Smart Manufacturing in Rubber-Industry Supply-Chain Supporting Industries: A Qualitative Study of Iran Carbon Company

Asghar Rashnoodi^{*1}, Afshar Fatolahi², Bakhtiar Razani³

1- Department of Business Management, Faculty of Economics and Management, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

2- PhD, in International Relations, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3- PhD in Oil and Gas Economics, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: Asghar.rashnoodi@gmail.com

Abstract

Smart manufacturing in supply-chain supporting industries requires more than the deployment of digital technologies; it depends on organizational capabilities that enable firms to direct, absorb, integrate, and sustain technological change. This study developed an organizational capability model for managing the strategic transition toward smart manufacturing in Iran Carbon Company, a strategic raw-material supplier to the rubber industry. A developmental qualitative design was adopted. Semi-structured interviews were conducted with 15 managers and experts selected purposively from production, information technology, process control, project management, and organizational development functions. Data were analyzed using reflexive thematic analysis in MAXQDA. The analytical process moved from 286 initial codes to 47 sub-concepts, 24 basic themes, five organizing themes, and one overarching theme. The preliminary model was subsequently reviewed by 12 independent experts. The overall mean importance score was 4.66 out of 5; the mean content validity ratio was 0.80, the content validity index was 0.93, and overall expert agreement reached 92.3%. The final model integrates five capability domains: strategic and transformational leadership, human and cultural capabilities, data-driven and technological capabilities, process and operational capabilities, and organizational learning and adaptation. The findings indicate that smart manufacturing in the carbon black industry is best understood as a dynamic organizational transformation rather than a stand-alone technology project. Digital technologies create operational value only when aligned with strategy, workforce capabilities, trustworthy data, redesigned processes, and continuous learning mechanisms. For rubber-industry supply chains, developing these capabilities can support more reliable process control, product consistency, production reliability, and supply continuity. The model offers a context-sensitive basis for capability-gap assessment and for designing phased smart-manufacturing roadmaps in process industries supplying critical materials to downstream manufacturers.

Keywords : Smart Manufacturing; Organizational Capabilities; Digital Transformation; Rubber Industry; Carbon Black