

## آینده پژوهشی و شناسایی پیشران و روندهای تولید پایدار و تاب آور در صنعت سیمان با تاکید بر تحولات فناورانه

اسحق جمال امیدی<sup>۱</sup>

[eshaghjo@yahoo.com](mailto:eshaghjo@yahoo.com)

### چکیده

پژوهش حاضر باهدف شناسایی آینده پژوهشی و شناسایی پیشران و روندهای تولید پایدار و تاب آور در صنعت سیمان با تاکید بر تحولات فناورانه انجام شد. مشارکت کنندگان این پژوهش، مدیران صنعت سیمان با سابقه حداقل ۵ سال و دارای مدرک کارشناسی ارشد و بالاتر بوده‌اند. انتخاب افراد به روش نمونه‌گیری هدفمند انجام گردید. نمونه‌گیری با مشارکت ۳۲ نفر از صاحب‌نظران و خبرگان صورت گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی از روش تحلیل مضمون استفاده شد. به منظور حصول اطمینان از روایی، سوالات مصاحبه مورد تأیید ۳ نفر از صاحب‌نظران با تجربه مدیریت و برنامه ریزی تولید که ۱ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۲ نفر دارای مدرک دکتری بودند قرار گرفت. و به منظور سنجش پایایی از ضریب آلفای کربندورف استفاده گردید که ضریب کلی آن ۸۴٪ بود. در قسمت تحلیل مضمون از نرم افزار ATLASTI استفاده شده است. در ادامه به منظور شناسایی سناریوهای آینده پژوهشی و شناسایی پیشران و روندهای تولید پایدار و تاب آور در صنعت سیمان با تاکید بر تحولات فناورانه، از نرم افزار SCENARIOWIZARD استفاده شده است. مضامین شناسایی شده عبارتند از هوشمندی تولید (۱A)، لجستیک دیجیتال تولید (۲A)، فناوری تولید (۳A)، نوآوری تاب آورانه (۱B)، ابزار هوشمند سازی و دیجیتال (۱C)، همگرایی IOT, AI, DLT (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) (۲C)، تلفیق BIG DATA (بیگ دیتا) و بحران (۳C)، مدیریت ارزش ذی نفعان و افراد (۱E) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند (۲E). براساس تحلیل ۴ دسته ۹ معیار، ۲ سناریو شناسایی شد. سناریوی یک شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، ابزار هوشمند سازی و دیجیتال و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است. سناریوی دو شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، همگرایی IOT, AI, DLT (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است.

**واژگان کلیدی:** آینده پژوهشی، تولید پایدار، تولید تاب آور، صنعت سیمان، تحولات فناورانه

<sup>۱</sup> مدیرعامل و نائب رئیس هیئت مدیره شرکت سیمان خزر (سهامی عام)، دکتری تخصصی مدیریت صنعتی

**مقدمه**

پایداری به عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در دنیای امروز، نه تنها به معنای حفظ محیط زیست و منابع طبیعی است، بلکه به ابعاد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نیز ارتباط دارد. در دنیای صنعتی و تجاری، تولید پایدار یکی از مهم ترین عواملی است که به طور فزاینده ای در روندهای جهانی و محلی توجه را به خود جلب کرده است. این مفهوم نه تنها با حفاظت از محیط زیست در ارتباط است، بلکه می تواند به بهبود بهره وری، کاهش هزینه ها و حتی افزایش رضایت مشتریان نیز منجر شود. در این میان، آینده پژوهی در حوزه تولید پایدار به عنوان یک ابزار حیاتی برای شناسایی پیشران ها و روندهای کلیدی آینده، برای شرکت ها و سازمان ها اهمیت ویژه ای دارد. تولید پایدار به مجموعه ای از استراتژی ها، فرآیندها و شیوه های تولید اشاره دارد که تأثیرات منفی بر محیط زیست و منابع طبیعی را به حداقل می رساند و در عین حال، به رشد اقتصادی و ایجاد ارزش افزوده کمک می کند. در دنیای کنونی، با توجه به مشکلات زیست محیطی مانند تغییرات اقلیمی، کاهش منابع طبیعی، آلودگی ها و از دست رفتن تنوع زیستی، نیاز به رویکردهای پایدار در صنایع مختلف بیش از پیش احساس می شود (جعفری و همکاران، ۱۴۰۳). از سوی دیگر، تولید پایدار فقط به بهبود وضعیت محیط زیستی محدود نمی شود، بلکه به طور مستقیم به مسئولیت اجتماعی، کارآفرینی و بهبود شرایط اقتصادی نیز مربوط است. تولید پایدار به گونه ای است که به نیازهای حال حاضر پاسخ می دهد بدون آنکه توانایی نسل های آینده را برای برآوردن نیازهای خود به خطر بیندازد. به عبارت دیگر، رویکرد پایداری به تولید نیازمند مدیریت صحیح منابع، کاهش اثرات زیست محیطی، افزایش بهره وری و کاهش ضایعات است. همچنین، استفاده از فناوری های نوین، بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر و توجه به مسئولیت های اجتماعی در این فرآیندها از اهمیت بالایی برخوردار است. آینده پژوهی، فرآیندی است که به تحلیل و پیش بینی تغییرات و روندهای احتمالی در آینده می پردازد (موسوی و همکاران، ۱۴۰۳). در زمینه تولید پایدار، آینده پژوهی به ویژه به شناسایی پیشران ها و عوامل کلیدی که می توانند آینده این صنعت را شکل دهند، اهمیت دارد. این پیشران ها می توانند از جنبه های مختلفی نظیر تغییرات اقلیمی، تحولات اقتصادی، تغییرات اجتماعی، نوآوری های فناوری و فشارهای قانونی و مقرراتی تاثیر بگیرند. برای مثال، بحران های اقلیمی و اجتماعی که هم اکنون در سطح جهانی به چشم می خورند، می توانند تغییرات عمده ای را در روش ها و استراتژی های تولید ایجاد کنند. در دنیای امروز، سازمان ها و شرکت ها نیازمند پیش بینی روندها و تحولات آینده هستند تا بتوانند به طور مؤثر در برابر چالش های جدید واکنش نشان دهند و از فرصت های موجود بهره برداری کنند (میرزایی و همکاران، ۱۴۰۳). در این راستا، شناسایی روندهای کلیدی که ممکن است در آینده تأثیرگذار باشند، امری ضروری است. به عنوان مثال، روندهایی مانند دیجیتالی سازی، استفاده از

فناوری‌های سبز، تغییرات در رفتار مصرف‌کنندگان و توجه به مسئولیت اجتماعی می‌توانند تأثیرات عمیقی بر نحوه تولید و مصرف داشته باشند. آینده تولید پایدار تحت تأثیر چندین پیشران کلیدی قرار دارد که از آن جمله می‌توان به تغییرات اقلیمی و بحران‌های زیست‌محیطی، تحولات اجتماعی و نیازهای مصرف‌کنندگان، نوآوری‌های فناوری، و تغییرات قوانین و مقررات اشاره کرد. بحران‌های اقلیمی و تغییرات محیط‌زیستی، به‌ویژه در زمینه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش بهره‌وری انرژی، و استفاده از منابع تجدیدپذیر، از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که آینده تولید پایدار را تحت تأثیر قرار خواهند داد (شریفی و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین، تغییرات در رفتار مصرف‌کنندگان که بیشتر به سمت تقاضا برای محصولات سبز و پایدار حرکت می‌کند، می‌تواند به عنوان یک پیشران قوی در جهت ایجاد تغییرات ساختاری در فرآیندهای تولید و مصرف مورد توجه قرار گیرد. در این راستا، نوآوری‌های فناوری و به‌ویژه استفاده از فناوری‌های سبز مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و چاپ سه‌بعدی، نقشی حیاتی در تحقق اهداف تولید پایدار خواهند داشت. علاوه بر این، قوانین و مقررات سخت‌گیرانه‌تری که به‌طور مداوم در حال تغییر هستند، می‌تواند شرکت‌ها را مجبور به تطابق با الزامات جدید کند و این خود باعث تسریع در پذیرش فرآیندهای پایدار خواهد شد (حشمدار و همکاران، ۱۴۰۱). آینده‌پژوهی در صنعت تولید پایدار، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا نه تنها برای چالش‌های پیش رو آمادگی داشته باشند، بلکه از فرصت‌های نوآورانه‌ای که ممکن است در آینده به‌وجود آیند نیز بهره‌برداری کنند. به عنوان مثال، با توجه به پیشرفت‌های سریع در زمینه فناوری‌های انرژی پاک و ذخیره‌سازی انرژی، شرکت‌ها می‌توانند به‌طور مؤثر از منابع انرژی تجدیدپذیر استفاده کرده و اثرات زیست‌محیطی خود را کاهش دهند. از سوی دیگر، به‌واسطه تحلیل پیشران‌ها و روندهای احتمالی در آینده، شرکت‌ها قادر خواهند بود که استراتژی‌های خود را به‌طور مؤثر و کارآمد به‌روز کنند و با تغییرات غیرمنتظره اقتصادی یا اجتماعی به‌طور مؤثر مقابله نمایند. به‌طور کلی، آینده‌پژوهی در تولید پایدار به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که نه تنها در راستای تحقق اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی خود گام بردارند، بلکه موقعیت رقابتی خود را در بازار جهانی تقویت کنند. در سرتاسر جهان، پژوهش‌های روزافزونی درباره‌ی تاب‌آوری سازمانی انجام می‌شود؛ زیرا همواره مخاطرات محیطی، بحران‌های شخصی، روانی و روحیه نامناسب مدیران و کارکنان در حین فعالیت‌های بسیاری از سازمان‌ها به وجود می‌آید. این مفهوم در رشته‌های مختلف علمی مخصوصاً روانشناسی، مدیریت و مدیریت بحران بررسی شد. با توجه به اینکه بحران‌ها و مخاطرات، نه تنها کاهش نیافته است با تغییرات محیطی و اخراج کارکنان افزایش یافته است، نیاز به تاب‌آوری احساس می‌شود (ملکی و همکاران، ۱۴۰۲). در این میان که محیط بی‌ثبات و نامطمئن وجود دارد، سازمانها باید خود را برای مقابله با آن آماده سازند تا باعث نشود کارکنان، مدیران و سازمان نتوانند به فعالیت خود ادامه دهند. آمادگی سازمان‌ها در برابر بحران‌ها، در ابتدا نیاز به پذیرش این موضوع توسط مدیران و

کارکنان دارد که سازمان ها به این آمادگی به صورت کاربردی نیاز دارند. برخی از مدیران به دلیل مطلع نبودن از پیامدهای مثبت تابآوری هنوز به درکی از موضوع تابآوری و آمادگی در برابر مشکلات نرسیدند و تمایلی برای آماده کردن خود در برابر مخاطرات ندارند (هاشمی و همکاران، ۱۴۰۱). انعطاف پذیری و سازگاری برای همه ی کسب و کارها به یک ضرورت مهم در محیط سریعاً متغیر امروزی تبدیل شده و نیاز به ایجاد نگرشی قوی نسبت به آن برای همه ی کسب و کارها شدیداً احساس می شود، ازاینرو تابآوری سازمانی به معنای ظرفیت سازمان در پیشبینی بحران، کاهش اثرات و مقاومت در برابر آسیب های آن، پاسخ و واکنش مناسب و نهایتاً بازبایی از شرایط بحرانی، اخیراً تبدیل به یک موضوع مهم در تحقیقات سازمانی شده است (کرمی و همکاران، ۱۴۰۱).

تولید هوشمند (SM) در سال های اخیر از پیشرفت چشمگیری در صنعت و دانشگاه برخوردار بوده است. تولید هوشمند مجموعه ای از شیوه هایی است که از داده های شبکه ای و فناوری اطلاعات ۱ و ۲ برای معماری سیستم های تولید آینده استفاده می کند (بلهادی و کامل، ۲۰۲۲). بسیاری از سیستم های تولیدی خود را به عنوان سیستم های تولید هوشمند معرفی می کنند. با این وجود هنوز درک کاملی وجود ندارد که یک سیستم تولید "هوشمند" را توصیف کند. چه جنبه هایی باعث می شود که یک سیستم تولید هوشمند شود؟ ادبیات پیشنهاد می کند که این جنبه ها را در قالب ویژگی ها و فناوری های سیستم تولید هوشمند در نظر بگیریم. تولید هوشمند شامل طیف گسترده ای از سیستم ها در یک سیستم تولیدی از جمله تولید، مدیریت طراحی و عملکردهای مهندسی است. مجموعه اجزای سخت افزاری مولفه های نرم افزاری مربوط به آنها و برنامه های حمایتی که یک شرکت تولیدی را تشکیل میدهد همان چیزی است که ما آن را اکوسیستم تولید هوشمند می نامیم (باتیستی و اگرال، ۲۰۲۲). در حال حاضر پیشرفت های فناوری های اطلاعات و ارتباطات بارها و بارها در زمینه های مختلف از جمله سخت افزار و نرم افزار پیشرفت کرده و ممکن است یک رنسانس یا یک انقلاب جدید را برای صنعت تولید به ارمغان آورد تولید هوشمند ممکن است نیروی محرکه این انقلاب جدید باشد تولید هوشمند یک موتور رشد آینده است که با هدف مدیریت رشد و بهبود عوامل اصلی تولید از قبیل بهره وری کیفیت، تحویل و انعطاف پذیری رشد پایدار را بر اساس همگرایی فناوری و عناصر مختلف در جوامع انسانها و محیط زیست در نظر دارد. در صنعت، تمرکز توسعه پایدار بر خلق طرح هایی است که بتواند تعامل میان اهداف کوتاه مدت پروژه و اهداف بلند مدت سیستم های عملیاتی با حفظ منابع طبیعی، محیط زیست و نیازهای بشری را تضمین کند. در این فرآیند، استفاده بهینه از انواع منابع به عنوان محورهای اصلی تصمیم گیری مورد توجه قرار می گیرد. اجرای مصرف و تولید پایدار کمک می کند تا هزینه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی آینده، کاهش یابد و به طور همزمان موجبات تقویت رقابت اقتصادی و کاهش فقر، افزایش بهره وری، کاهش آلودگی در طول کل چرخه حیات و افزایش کیفیت

زندگی گردد. بدین گونه، شرکت ها، به خصوص شرکت های بزرگ و فراملیتی را تشویق می شوند تا شیوه های پایدار را اتخاذ کرده و اطلاعات پایداری را در چرخه گزارش خود قرار دهند. چرا که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۳۰، شیوه های پایدار در برنامه اولویت های ملی کشورها قرار می گیرد. سیستم های تولیدی که همزمان با توجه به ترکیب محصولات و خدمات، کاهش اثرات زیست محیطی و ایجاد فرصت های تجاری برای صنعت را ضمن در نظر گرفتن ابعاد اجتماعی به طور همزمان در نظر گرفته اند (آپولونی و همکاران، ۲۰۲۲)، در عصر کنونی توجه ویژه ای را به خود جلب کرده اند تقاضای افزایش یافته در محصولات و خدمات پایدار، سازمان را هدایت می کند تا مفاهیم نوآورانه ای را که به طور مستقیم بر چرخه زندگی تاثیر می گذارند، بپذیرند و به سوی آن گام بردارند در دنیای امروز که با چالش های زیست محیطی و اجتماعی فزاینده ای روبرو هستیم، تولید پایدار و تاب آور به عنوان دو اصل اساسی در رشد و توسعه صنعت و اقتصاد مطرح شده اند. این مفاهیم به ویژه در فرآیندهای تولید و مدیریت منابع صنعتی اهمیت بالایی پیدا کرده اند و به طور فزاینده ای به یکی از موضوعات کلیدی برای سازمان ها، سیاست گذاران و کارشناسان تبدیل شده اند. به ویژه در سال های اخیر که بحران های محیط زیستی مانند تغییرات اقلیمی، آلودگی های محیط زیستی و کاهش منابع طبیعی، تأثیرات منفی گسترده ای بر جوامع و اقتصاد جهانی داشته است، نیاز به رویکردهای جدید برای تولید و مصرف به طور چشم گیری افزایش یافته است (چن و همکاران، ۲۰۲۲). در این راستا، مفهوم تولید پایدار به عنوان روشی برای تولید کالاها و خدمات با کمترین تأثیرات منفی بر محیط زیست و با توجه به نیازهای نسل های آینده، به شدت مورد توجه قرار گرفته است. تولید پایدار، از طریق استفاده بهینه از منابع، کاهش آلودگی ها و ضایعات، افزایش بهره وری انرژی، و ایجاد فرصت های شغلی پایدار، می تواند به محافظت از محیط زیست و اقتصاد کمک کند. به همین ترتیب، مفهوم تولید تاب آور به عنوان توانایی یک سیستم تولید برای مواجهه با بحران ها و تغییرات ناگهانی مانند بحران های اقتصادی، اجتماعی یا زیست محیطی نیز از اهمیت ویژه ای برخوردار است. صنایع و شرکت ها به ویژه در شرایط نامشخص و در مواجهه با چالش های غیرمنتظره، نیاز دارند که فرآیندهای تولید خود را به گونه ای طراحی کنند که در برابر بحران ها انعطاف پذیر باشند و بتوانند سریعاً به شرایط جدید واکنش نشان دهند. تولید پایدار به فرآیندهایی اطلاق می شود که با هدف استفاده بهینه از منابع، کاهش آسیب های زیست محیطی، کاهش ضایعات و مصرف انرژی کمتر، به نیازهای انسانی و اجتماعی پاسخ می دهد (دآدامو و همکاران، ۲۰۲۲). این مفهوم از چندین زاویه به توسعه و پیشرفت کمک می کند: اولین و مهم ترین زاویه، حفاظت از محیط زیست است. از آنجایی که صنعت یکی از بزرگ ترین عوامل ایجاد آلودگی و مصرف منابع است، حرکت به سمت فرآیندهای پایدار می تواند تأثیرات منفی آن را کاهش دهد و به حفظ محیط زیست کمک کند. علاوه بر این، توجه به تولید پایدار به طور مستقیم به بهبود بهره وری، کاهش هزینه ها و افزایش رقابت پذیری در بازارهای جهانی منجر خواهد شد. در تولید

پایدار، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، بازیافت مواد اولیه، و بهینه‌سازی مصرف منابع، از اهمیت بالایی برخوردار است. این فرآیند نه تنها به حفاظت از محیط‌زیست کمک می‌کند، بلکه هزینه‌های تولید را نیز کاهش می‌دهد و موجب ایجاد مزایای اقتصادی برای تولیدکنندگان می‌شود. به علاوه، مصرف‌کنندگان به‌طور فزاینده‌ای به دنبال محصولات پایدار و سبز هستند و این موضوع خود به‌عنوان یک عامل مهم در تقاضای بازار تأثیرگذار است (ایجاز احمد و همکاران، ۲۰۲۳). در دنیای امروز که با بحران‌ها و چالش‌های متعددی روبه‌رو هستیم، نیاز به تولید تاب‌آور به‌طور فزاینده‌ای احساس می‌شود. تولید تاب‌آور به معنای طراحی فرآیندهای تولید است که بتوانند در برابر بحران‌ها، تغییرات اقلیمی، تحولات اقتصادی و تهدیدات غیرمنتظره مقاوم باشند. این مفهوم نه تنها بر انعطاف‌پذیری تأکید دارد، بلکه بر توانایی بازسازی و بازگشت به وضعیت طبیعی در کمترین زمان ممکن پس از وقوع بحران‌ها اشاره دارد. تولید تاب‌آور می‌تواند شامل استراتژی‌هایی مانند تنوع منابع تأمین، ایجاد انبارهای راهبردی، توسعه فناوری‌های نوین، و مدیریت ریسک‌های ناشی از بحران‌های طبیعی یا اقتصادی باشد. به عنوان مثال، در شرایط بحران مانند شیوع بیماری‌ها یا بحران‌های اقتصادی، تولید تاب‌آور می‌تواند به کسب‌وکارها کمک کند تا با تغییرات در تقاضا، اختلالات در زنجیره تأمین و کمبود منابع، به‌طور مؤثر مقابله کنند. یکی از ابزارهای مؤثر در شناسایی پیشران‌ها و روندهای تأثیرگذار در آینده تولید پایدار و تاب‌آور، آینده‌پژوهی است (اقرام حسین و همکاران، ۲۰۲۴). آینده‌پژوهی با تحلیل روندهای موجود و شناسایی عوامل و پیشران‌های کلیدی که ممکن است در آینده بر فرآیندهای تولید تأثیرگذار باشند، به سازمان‌ها کمک می‌کند تا استراتژی‌های بهینه و کارآمدی برای مواجهه با چالش‌ها و بهره‌برداری از فرصت‌ها طراحی کنند. پیشران‌های کلیدی که در آینده می‌توانند بر تولید پایدار و تاب‌آور تأثیر بگذارند شامل مواردی مانند تغییرات اقلیمی، نوآوری‌های فناوری، تغییرات در رفتار مصرف‌کنندگان، تحولات اجتماعی و اقتصادی، و تغییرات در قوانین و سیاست‌های جهانی هستند. از سوی دیگر، فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، و انرژی‌های تجدیدپذیر می‌توانند به تولیدکنندگان کمک کنند تا فرآیندهای تولید خود را به‌طور مؤثر بهینه کرده و هزینه‌ها را کاهش دهند. همچنین، استفاده از اقتصاد دایره‌ای به‌عنوان یک مدل پایدار برای تولید و مصرف منابع، روندی است که به‌طور چشم‌گیری در آینده تولید پایدار و تاب‌آور تأثیر خواهد گذاشت (ایجاز احمد و همکاران، ۲۰۲۴).

#### ادبیات موضوع:

در دنیای امروز، مفهوم تولید پایدار و تاب‌آور به‌عنوان دو اصل اساسی در عرصه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی اهمیت روزافزونی پیدا کرده‌اند (جمیل احمد و همکاران، ۲۰۲۴). با توجه به تحولات سریع فناوری و چالش‌های جهانی نظیر تغییرات اقلیمی، بحران‌های اقتصادی و اجتماعی، و کاهش منابع طبیعی، تولید پایدار و تاب‌آور به‌عنوان راهکارهایی اساسی برای مواجهه با این چالش‌ها در نظر گرفته می‌شوند. این

مفاهیم نه تنها به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها کمک می‌کنند بلکه در بلندمدت موجب حفظ منابع طبیعی و ارتقاء رفاه عمومی خواهند شد (حسام حسیکی و همکاران، ۲۰۲۴). تولید پایدار به فرآیندهایی اطلاق می‌شود که با کمترین تأثیرات منفی بر محیط‌زیست و با در نظر گرفتن نیازهای نسل‌های آینده، به تولید کالاها و خدمات می‌پردازد. این مفهوم بر کاهش مصرف منابع طبیعی، کاهش تولید ضایعات و آلودگی‌ها و بهره‌برداری بهینه از انرژی و منابع تأکید دارد. در دنیای امروز که بحران‌های زیست‌محیطی نظیر گرم شدن کره زمین، کاهش تنوع زیستی و آلودگی محیط‌زیست به تهدیدات جدی تبدیل شده‌اند، حرکت به سمت تولید پایدار می‌تواند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های اساسی در کاهش این مشکلات در نظر گرفته شود. در کنار تولید پایدار، مفهوم تولید تاب‌آور یا همان توانایی سیستم‌های تولید در مواجهه با بحران‌ها و تحولات غیرمنتظره، مطرح می‌شود. تولید تاب‌آور به معنای توانایی یک سیستم تولیدی برای ادامه عملیات و حفظ کارایی خود در شرایط بحرانی یا پس از وقوع اختلالات بزرگ است. این اختلالات می‌توانند ناشی از بحران‌های طبیعی مانند سیل یا زلزله، بحران‌های اقتصادی جهانی یا حتی بیماری‌ها و بحران‌های اجتماعی باشند (ونهایونگ و همکاران، ۲۰۲۴). در چنین شرایطی، یک سیستم تولید تاب‌آور قادر است سریعاً به شرایط جدید واکنش نشان داده و از بروز خسارات بیشتر جلوگیری کند. در چند دهه اخیر، تحولات فناورانه در عرصه‌های مختلف نظیر هوش مصنوعی (AI)، اینترنت اشیاء، چاپ سه‌بعدی و انرژی‌های تجدیدپذیر باعث تغییرات عمده‌ای در فرآیندهای تولید شده است. این تحولات نه تنها بهره‌وری و کارایی فرآیندهای تولید را افزایش داده‌اند، بلکه به صنایع این امکان را داده‌اند که به‌طور مؤثری به سوی تولید پایدار و تاب‌آور حرکت کنند. از جمله تحولاتی که در دنیای فناوری رخ داده است، می‌توان به هوش مصنوعی اشاره کرد که با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده قادر است پیش‌بینی‌های دقیقی در مورد تقاضای بازار، اختلالات در زنجیره تأمین و عملکرد فرآیندهای تولید داشته باشد. این پیش‌بینی‌ها به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای مدیریت منابع و کاهش ضایعات داشته باشند و از سوی دیگر، در برابر بحران‌ها و چالش‌های احتمالی واکنش سریع‌تری نشان دهند. اینترنت اشیاء نیز با ایجاد ارتباط میان دستگاه‌ها و سیستم‌ها به‌طور مستقیم با مصرف منابع انرژی و مواد اولیه در فرآیند تولید مرتبط است (راهن و همکاران، ۲۰۲۴). با استفاده از سنسورها و دستگاه‌های متصل، اطلاعات دقیق‌تری از وضعیت تجهیزات و منابع به‌دست آمده و می‌توان به بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، کاهش مصرف انرژی و کاهش ضایعات دست یافت. این تکنولوژی همچنین می‌تواند به تاب‌آوری تولید کمک کند چرا که امکان شناسایی مشکلات و اختلالات به‌طور آنی وجود دارد و می‌توان اقدامات لازم برای رفع آن‌ها را به‌سرعت انجام داد. عوامل و پیشران‌های متعددی در آینده تولید پایدار و تاب‌آور نقش دارند. این پیشران‌ها ممکن است شامل تحولات اجتماعی، تغییرات در رفتار مصرف‌کنندگان، تغییرات اقلیمی و بحران‌های جهانی، نوآوری‌های فناورانه، و تغییرات در سیاست‌ها و قوانین جهانی باشند.

آینده پژوهی به عنوان یک ابزار استراتژیک برای شناسایی این پیشران‌ها و روندهای مؤثر، به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا برای چالش‌های پیش‌رو آماده شوند و فرآیندهای خود را به گونه‌ای طراحی کنند که بتوانند در برابر بحران‌ها مقاوم باشند. برای مثال، در آینده، تغییرات در تقاضای مصرف‌کنندگان به سمت محصولات سبز و پایدار احتمالاً بر روند تولید تأثیرگذار خواهد بود. (عبدالباسط و همکاران، ۲۰۲۴) مصرف‌کنندگان به‌طور فزاینده‌ای به دنبال کالاهایی هستند که دارای ویژگی‌های زیست‌محیطی بهتری باشند و تولیدکنندگان مجبور به تغییر فرآیندهای خود به‌منظور برآورده ساختن این تقاضا خواهند شد. این روند می‌تواند در نهایت به تولید محصولات پایدار و کاهش تأثیرات منفی زیست‌محیطی منجر شود. همچنین، تغییرات اقلیمی و بحران‌های زیست‌محیطی در آینده می‌توانند تأثیرات زیادی بر فرآیندهای تولید داشته باشند. در مواجهه با بحران‌های زیست‌محیطی و تغییرات آب‌وهوایی، تولیدکنندگان باید قادر باشند سیستم‌های تولید خود را به گونه‌ای طراحی کنند که بتوانند از منابع به‌طور بهینه استفاده کرده و در برابر اختلالات محیطی مقاوم باشند. این امر نه تنها باعث افزایش تاب‌آوری تولید می‌شود بلکه به حفاظت از محیط‌زیست نیز کمک می‌کند. آینده پژوهی یکی از ابزارهای اساسی برای شناسایی پیشران‌ها و روندهای آینده تولید پایدار و تاب‌آور است. این ابزار با تحلیل روندهای موجود و پیش‌بینی تحولات آینده، به سازمان‌ها کمک می‌کند تا استراتژی‌های بهینه‌تری برای مقابله با چالش‌ها و استفاده از فرصت‌ها طراحی کنند. این رویکرد به‌ویژه در صنایعی که در معرض تغییرات سریع فناوری و محیطی قرار دارند، مانند صنعت خودروسازی، انرژی، و صنایع تولیدی پیشرفته، اهمیت ویژه‌ای دارد. در این راستا، آینده پژوهی به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا با درک بهتر از روندهای جهانی و تحولات فناورانه، تصمیمات استراتژیک بهتری اتخاذ کنند و خود را برای بحران‌ها و چالش‌های آینده آماده سازند. این امر در نهایت می‌تواند به بهبود رقابت‌پذیری، کاهش ریسک‌ها و افزایش تاب‌آوری سازمان‌ها در برابر بحران‌ها منجر شود (عادل و همکاران، ۲۰۲۴).

پیشینه پژوهش

پیشینه داخلی

احمدی، رضا؛ موسوی، مهدی. (۱۴۰۳) در این مقاله، روندهای تولید هوشمند و تأثیر آن بر بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها در صنایع کوچک و متوسط مورد بررسی قرار گرفته است. نویسندگان بیان می‌کنند که یکی از موانع اصلی در پیاده‌سازی این فناوری، نبود دانش کافی و زیرساخت‌های فنی مناسب است. در عین حال، مقاله نشان می‌دهد که با توجه به مزایای تولید هوشمند، از جمله کاهش ضایعات، بهینه‌سازی انرژی، و تحلیل داده‌ها، این فناوری می‌تواند تحولی بنیادین در صنایع کوچک و متوسط ایجاد کند.

صادقی، ناصر؛ تقوی، علی. (۱۴۰۳) در این مقاله به بررسی سیستم‌های تولید هوشمند می‌پردازد. در بخش اول مقاله، مفاهیم پایه‌ای تولید هوشمند، شامل اتوماسیون پیشرفته، استفاده از هوش مصنوعی، و ارتباطات ماشین

به ماشین (M2M) تشریح شده است. در ادامه، چندین نمونه کاربردی از پیاده‌سازی این سیستم‌ها در صنایع مختلف، از جمله خودروسازی، صنایع الکترونیک، و تولید مواد غذایی ارائه می‌شود. نویسندگان همچنین به بررسی الزامات زیرساختی، از جمله سرمایه‌گذاری در شبکه‌های اینترنت اشیا (IoT) و امنیت سایبری پرداخته و راهکارهایی برای غلبه بر موانع اجرایی پیشنهاد می‌کنند.

نخلی و باستانی (۱۴۰۲)، در مطالعه خود به بررسی و محاسبه تاب آوری تولید محصولات کشاورزی با تأکید بر امنیت غذایی ایران پرداختند. مطالعه حاضر تالش میکند ضمن تعریف تاب آوری بلندمدت و کوتاه‌مدت تولید، روشی برای سنجش میزان آن مشخص نماید. برای این منظور، از انواع روشهای فیلتر هودریک پرسکات، برآورد الگوی اقتصادسنجی و تجزیه و تحلیل اکتشافی اطلاعات استفاده شده است. نتایج تحلیل های نموداری و تخمین ضرایب نشان میدهد که ذرت علوفه ای بعنوان یکی از نهاده های مهم کشاورزی در بخش تولید گوشت کشور بیشترین و پنبه به عنوان یکی از نهاده ها در تولید روغن، کمترین میزان تابآوری بلندمدت تولید را داشته است. همچنین، نتایج نشان داد که محصولات تخم مرغ، شیر، گوشت مرغ، ذرت علوفه ای، یونجه و گوشت قرمز، ۶ محصول برتر به لحاظ وضعیت تابآوری تولید در کوتاه مدت هستند. علاوه براین، در مقایسه رویکردهای مختلف محاسبه تابآوری کوتاه مدت، رویکرد سوم اطلاعات مفیدتری را نسبت به دو رویکرد دیگر در اختیار قرار میدهد.

هورشاد و همکاران (۱۴۰۲)، در مطالعه خود به بررسی توسعه مدل مدیریت زنجیره تأمین هوشمند در صنعت کالاهای تند مصرف پرداختند. از آنجا که این پژوهش از نوع آمیخته اکتشافی است، در بخش کیفی پس از مرور مطالعات موجود و جمع آوری ادبیات موضوعی پژوهش، مقالات مرتبط شناسایی و خروجی های به دست آمده با استفاده از روش مالتی گراند تئوری تحلیل گردید. پس از انجام روش فراترکیب، مقالات منتخب استخراج شدند. همچنین، پس از برگزاری مصاحبه با ۱۵ نفر از خبرگان حوزه مورد بررسی، به کدگذاری مقوله ها پرداخته و نتیجه به استخراج مدل منتج شد. در بخش کمی به منظور پالایه نمودن شاخص ها از روش پشتیبان اجماع گسسته استفاده شد. در ادامه به منظور نوع شناسی مدل از روش تحلیل مقایسه ای کیفی فازی با استفاده از نرم افزار FsQCA استفاده شد. داده های بخش کمی از بین ۲۰ نفر از مدیران و خبرگان زنجیره تأمین در شرکتهای فعال در صنعت کالاهای تند مصرف شهر تهران گردآوری شدند. بر اساس نتایج کیفی پژوهش، مشخص گردید مدل مذکور دارای ۶ مقوله اصلی، ۲۱ مقوله فرعی و ۱۱۳ کد شاخص می باشد. همچنین بر اساس نتایج بخش کمی تعداد ۹۲ شاخص به عنوان مناسب ترین شاخص های هوشمندسازی زنجیره تامین صنعت کالاهای تند مصرف تعیین و در ادامه مناسب ترین ترکیب بین شاخص های مدل پارادایمی تعیین شدند.

حسن ملکی و همکاران (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان سناریونگاری صنعت سیمان در ایران با رویکرد آمیخته ارائه نمودند. صنعت سیمان یکی از بخش‌های صنعتی راهبردی و مهم در کشور از نظر تأمین نیازهای حوزه‌هایی چون مسکن، ساخت و ساز و بسیاری از پروژه‌های عمرانی است. در حال حاضر این صنعت با مشکلاتی چون مزاد عرضه، فرسودگی تجهیزات و جانمایی نادرست کارخانه‌ها روبروست. پژوهش حاضر به دنبال شناسایی سناریوهای آینده این صنعت در میان مدت است. این پژوهش از منظر جهت‌گیری، کاربردی و از منظر بنیان پارادایمی، دارای رویکرد عملگراست. جامعه آماری پژوهش، خبرگان صنعت سیمان هستند که با روش نمونه‌گیری قضاوتی انتخاب شده‌اند. در گام اول از طریق مرور پیشینه و مصاحبه با خبرگان این صنعت، پیشران‌های عام و اختصاصی شناسایی شدند. سپس با به کارگیری غربال تئوریک و استنتاج‌محور پیشران‌های نهایی انتخاب شدند. در ادامه پیشران‌های باقیمانده با تکنیک ساختاری دیمتل تحلیل شدند. با توجه به بیشترین خالص اثر، دو پیشران قیمت‌گذاری و تقاضای بازار برای شکل‌دهی سناریوها در نظر گرفته شده و برای توسعه سناریوها رویکرد آزمون و گزینش فرضیات راهبردی فردی استفاده گردید. سناریوهای پیشنهادی پژوهش عبارتند از: سناریو تلاش برای بقا، سناریو مرهمی بر زخم، سناریو دنیای رو به رشد و سناریو احتضار. سناریو احتضار و سناریو دنیای رو به رشد به ترتیب بدترین و بهترین وضعیت را توصیف می‌کنند. در نهایت برای تعیین سناریوی محتمل، تکنیک اولویت‌ترتیبی به کار گرفته شد و مشخص گردید که سناریو مرهمی بر زخم محتمل‌ترین سناریو است. برای ارائه پیشنهادی پژوهش رویکرد شوینهاوری به کار گرفته شد. به این صورت که وجوه اشتراک سناریو محتمل و بدبینانه مبنای پیشنهاد قرار گرفت.

ضیائی (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان مدیریت کردن نوآوری در قرن ۲۱ با استفاده از هوش مصنوعی ارائه نمود. هوش مصنوعی (AI) شرکت‌ها و نحوه سازمان‌دهی مدیریت نوآوری را تغییر می‌دهد. مطابق با توسعه سریع فناوری و جایگزینی سازمان‌های انسانی، هوش مصنوعی ممکن است درواقع مدیریت را وادار کند که در کل فرآیند نوآوری یک شرکت تجدید نظر کند. در پاسخ، ما پیامدهای مدیریت نوآوری آینده را بررسی می‌کنیم. با استفاده از ایده‌های مکتب کارنگی و نظریه رفتاری این شرکت، پیامدهای مدیریت نوآوری فناوری‌های هوش مصنوعی و سیستم‌های هوش مصنوعی مبتنی بر یادگیری ماشینی را بررسی می‌کنیم. ما چارچوبی را ترسیم می‌کنیم که نشان می‌دهد تا چه حد هوش مصنوعی می‌تواند جایگزین انسان‌ها شود و توضیح می‌دهیم که چه چیزی در ایجاد تحول به سازمان دیجیتال نوآوری باید در نظر گرفته شود.

کرباسی و همکاران (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان مدلی برای تدوین نقشه راه فناوری صنعت نسل ۰.۴ با رویکرد مدیریت هوشمند در صنایع تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی ارائه نمودند. امروزه صنعت ۰.۴ با پیشرفت‌های فناورانه در قالب هوشمندسازی و دیجیتال سازی، منجر به افزایش بهره‌وری در سازمان‌های تولیدی شده است. از منظر راهبردی و فناوری، نقشه راه فناوری صنعت ۰.۴ علاوه بر همسوسازی راهبردهای اصلی سازمان

با برنامه‌های حوزه فناوری، سازمان‌های تولیدی را به سمت سیستم‌های تولید هوشمند سوق داده و امکان به کارگیری فناوری‌های هوشمند و دیجیتال مانند: کلان داده‌ها، اینترنت اشیا، رایانش ابری و ربات‌ها را برای آن‌ها فراهم کرده است. هدف از این پژوهش ارائه مدل تدوین نقشه راه فناوری صنعت ۰.۴ در صنایع تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی است. در این پژوهش با مطالعه ادبیات موضوع، مصاحبه و استفاده از ابزار مدل سازی معادلات ساختاری، ۰۴ شاخص در قالب ۴۰ مؤلفه در ۴ بعد (پیشران‌ها/محرک‌ها، بازار، محصول، تکنولوژی، تحقیق و توسعه، منابع وزیرساخت‌ها) شناسایی شده است. نتایج حاصل از معادلات ساختاری نشان دهنده تأثیر مؤلفه‌ها و ابعاد به دست آمده بر تدوین نقشه راه در صنعت ۰.۴ با برازش قوی بوده است.

کرمی و همکاران (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان مدل ادراک کارکنان از هوش مصنوعی در کار با استفاده از فن داده بنیاد ارائه نمودند. این پژوهش، به دنبال ارائه مدلی تجربی برای ادراک کارکنان از هوش مصنوعی در کار با استفاده از فن داده بنیاد است. روش پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی، از لحاظ روش‌شناسی در دسته پژوهش‌های اکتشافی و بر حسب داده‌ها، کیفی است. ابزار مورد استفاده نیز، مصاحبه نیمه ساختاریافته با اساتید و مدیران اداری دانشگاه علوم انتظامی امین است که تعداد آن‌ها با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله برفی تا اشباع نظری، ۱۲ نفر است. در این پژوهش از روایی محتوایی و آزمون پایایی بازآزمون استفاده شده است. همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، از فن داده بنیاد نظام‌مند پنج عاملی، بهره گرفته شد. یافته‌ها حاکی از آن است که در مجموع، تعداد ۴۳ مقوله و ۴۴۳ کد احصا و در قالب پنج مقوله علی، زمینه‌ای، مداخله‌ای، راهکارها و پیامدها تنظیم شد. نتایج معیارهای جدید برای این پژوهش، ایجاد شد که نشان می‌دهد احساس کارکنان نسبت به جایگزینی شغل شان با فناوری‌های هوشمند، چگونه است و چطور می‌توانند پیشرفت شغلی و دانش فناوری را در پرتو هوش مصنوعی، درک و استفاده کنند.

حشمدار و همکاران (۱۴۰۱)، پژوهشی با عنوان بررسی اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی در کارکردهای منابع انسانی ارائه نمودند. هوش مصنوعی شاخه‌ای از علم و فناوری است که طی دهه‌ها در زمینه‌های مختلف به‌طور مؤثر مورد استفاده قرار گرفته است و اکنون به‌عنوان یکی از فناوری‌های پیشرو در عصر کنونی به بخشی ضروری از شیوه‌های سازمانی تبدیل شده است. روند نوظهور استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در مشاغل. ضرورت اصلی مدیریت منابع انسانی نیز عمده‌تاً مبتنی بر رویکردهای فناورانه است، زیرا به یک نیاز بالقوه برای هر بخش منابع انسانی برای ایفای نقش خود در توسعه کل سازمان تبدیل شده است. فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، سیستم هوشمند آینده هستند و خواهند بود و همچنین با وابستگی بیشتر به فناوری‌های پیشرفته، فرآیندهای مدیریت منابع انسانی را تغییر می‌دهند. از طریق این مقاله، محقق با فناوری‌های مصنوعی مورد استفاده در فعالیت‌های منابع انسانی آشنا می‌شود و احتمال و پتانسیل فنی بودن هوش مصنوعی در

مدیریت منابع انسانی و همچنین چالش‌های مرتبط با هوش مصنوعی در مدیریت منابع انسانی و احتمالات آینده آن را بررسی می‌کند.

#### پیشینه خارجی

نایر و همکاران (۲۰۲۳)، پژوهشی با عنوان یک مدل داده محور برای انتخاب تأمین کننده پایدار و تاب آور و مشکل تخصیص سفارش در یک زنجیره تأمین پاسخگو، مطالعه موردی سیستم مراقبت‌های بهداشتی ارائه نمودند. این تحقیق تلاش می‌کند تا مشکل انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش را با در نظر گرفتن سه مفهوم حیاتی، یعنی پاسخ گویی، پایداری و انعطاف پذیری مورد مطالعه قرار دهد. برای انجام این کار، تحقیق حاضر یک چارچوب تصمیم گیری چند مرحله‌ای را برای انتخاب تأمین کنندگان بالقوه و تعیین مقدار سفارشات ایجاد می‌کند. مرحله اول با هدف محاسبه امتیازات تأمین کنندگان بر اساس چندین شاخص است. برای انجام این کار، یک رویکرد تصمیم گیری جدید به نام روش فازی تصادفی بهترین - بدترین توسعه داده شده است. سپس در مرحله دوم، یک مدل چند هدفه برای پرداختن به تصمیمات انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش پیشنهاد می‌شود. در مرحله بعد، یک رویکرد بهینه سازی فازی مستحکم مبتنی بر داده‌ها، بر اساس روش تصادفی قوی فازی و روش‌های میانگین متحرک یکپارچه رگرسیون فصلی، برای درمان مؤثر عدم قطعیت ترکیبی مسئله استفاده می‌شود. پس از آن، یک روش راه حل جدید به نام برنامه نویسی چند انتخابی چیشف توسعه یافته با عملکرد مفید برای به دست آوردن راه حل بهینه توسعه یافته است. علاوه بر این، با توجه به نقش حیاتی صنعت تجهیزات پزشکی در سلامت جامعه، به ویژه در طول بیماری اخیر کرونا، این صنعت مهم مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مرحله اول نشان می‌دهد که چابکی، هزینه، انتشار گازهای گلخانه‌ای، کیفیت، استحکام و مدیریت پسماند به ترتیب مهم ترین معیارها هستند. نتایج مرحله دوم تأمین کنندگان منتخب، سیستم‌های حمل و نقل مورد استفاده و سایت‌های تأسیس شده را تعیین می‌کند. همچنین مشخص شد که تقاضا به طور مستقیم بر تمام توابع هدف تأثیر می‌گذارد در حالی که افزایش نرخ اختلالات تأثیر منفی بر اقدامات پایداری دارد.

کازانکوگلو و همکاران (۲۰۲۳)، پژوهشی با عنوان استفاده از فناوری‌های نوظهور برای بهبود پایداری و انعطاف پذیری زنجیره‌های تأمین در یک محیط فازی در زمینه کووید ۱۹ ارائه نمودند. در این زمینه، این تحقیق با هدف شناسایی حوزه‌های مشکل آفرینی که در ایجاد یک زنجیره تأمین انعطاف پذیر و پایدار در دوران پیش از کووید-۱۹ و در دوران کووید-۱۹ با آن مواجه شده‌اند، و ارائه راه حل‌هایی برای آن حوزه‌های مشکل ساز که با یک فناوری نوظهور مناسب مقابله می‌شوند، است. این تحقیق در صنعت خودروسازی زمینه سازی شده است. این صنعت ساختار زنجیره تأمین پیچیده‌ای دارد و یکی از بخش‌هایی است که بیشتر تحت تأثیر کووید ۱۹ قرار گرفته است. بر اساس یافته‌ها، مهم ترین حوزه‌های مشکل آفرینی که در پایداری و

انعطاف‌پذیری زنجیره‌های تأمین پیش از کووید ۱۹ با آن مواجه شده‌اند، ردیابی زنجیره تأمین، برنامه‌ریزی تقاضا و مدیریت تولید و همچنین برنامه‌ریزی فرآیند خرید بر اساس گروه‌های علت و معلولی تعیین می‌شوند. مهم‌ترین مسائلی که در طول کووید ۱۹ باید مورد توجه قرار گیرد، به ترتیب پشتیبانی مدیریت ارشد، برنامه‌ریزی فرآیند خرید و قابلیت ردیابی زنجیره تأمین است.

لئو (۲۰۲۳)، پژوهشی با عنوان تحلیل اثر محرکه مشارکتی هوش مصنوعی بر مدیریت نوآوری دانش ارائه نمودند. هوش مصنوعی در دانش فرامرزی و شناسایی عامل مدیریت نوآوری نقش محرکه ایفا می‌کند. این مطالعه به بررسی اثرات محرک مشترک و عوامل تأثیرگذار هوش مصنوعی بر مدیریت نوآوری دانش می‌پردازد. بر اساس داده‌های کاربرد هوش مصنوعی در مدیریت نوآوری دانش از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰، این مقاله مدل هم افزایی و حذف آدیاباتیک را برای آزمایش تجربی مکانیسم تأثیر و عوامل کلیدی هوش مصنوعی برای مدیریت نوآوری دانش اتخاذ می‌کند. نتایج نشان داد که هوش مصنوعی بر عناصر پویا، عناصر ظرفیت، عناصر محیطی جریان دانش و مدیریت سهام تأثیر معناداری دارد. هوش مصنوعی تأثیرات درون‌زا بر ارتقای توانایی جریان دانش و انتشار شبکه گذاشت. فناوری هوش مصنوعی شکل‌گیری مزیت‌های اصلی فن‌آوری نوآوری را ترویج کرد و دارای عملکرد تشخیص خودکار آشکار برای دانش جدید بود که قدرت انتقال داخلی اصلی نوآوری دانش را تحریک کرد. علاوه بر این، هوش مصنوعی سطح انرژی نوآوری اصلی و دستاوردهای متری فناوری پیشرفته را که عمدتاً از دانش رواناب عمیق سیستم نوآوری ناشی می‌شد، تحریک کرد. شبکه دانش بر راندمان انتقال و نسبت نگهداری دانش رواناب عمیق تأثیر گذاشت. نسبت نفوذ هوش مصنوعی فضای همکاری صنعت هوشمند و جهت کاربرد دانش یکپارچه را تعیین کرد.

پریفانیز و همکاران (۲۰۲۳)، پژوهشی با عنوان بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر ارزش تجاری در عصر دیجیتال استراتژی مرووری بر ادبیات ارائه نمودند. برای سازمان‌ها، توسعه مدل‌های تجاری جدید و مزیت‌های رقابتی از طریق ادغام هوش مصنوعی در استراتژی‌های کسب‌وکار و فناوری اطلاعات، نوید قابل توجهی است. اکثر کسب‌وکارها استفاده از فرصت‌های ایجاد ارزش را دشوار می‌دانند درحالی‌که سایر پیشگامان با موفقیت از هوش مصنوعی استفاده می‌کنند. بر اساس روش تحقیق وبستر و واتسون (۲۰۲۰)، ۱۳۹ مقاله بررسی شده مورد بحث قرار گرفت. با توجه به ادبیات، مزایای عملکرد، معیارهای موفقیت، و مشکلات اتخاذ هوش مصنوعی در تحقیقات قبلی مورد تأکید قرار گرفته است. نتایج این بررسی موضوعات باز را نشان داد که به تحقیق/بررسی بیشتر به‌منظور توسعه قابلیت‌های هوش مصنوعی و ادغام آن‌ها در استراتژی‌های کسب‌وکار/فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌منظور افزایش جریان‌های ارزش کسب‌وکار مختلف نیاز دارند. سازمان‌ها تنها با بکارگیری و اجرای دقیق این فناوری‌های جدید و پیشرفته، در همسویی تحول دیجیتال عصر حاضر موفق خواهند شد. علیرغم مزایای بالقوه انقلابی که قابلیت‌های هوش مصنوعی ممکن است ترویج کنند،

هماهنگ‌سازی منابع، همراه با حکمرانی در این محیط پویا، هنوز به اندازه کافی پیچیده است و در مراحل اولیه تحقیق در مورد پیاده‌سازی استراتژیک هوش مصنوعی در سازمان‌ها است، که موضوعی است که این بررسی با هدف آن می‌خواهد. برای رسیدگی و در نتیجه کمک به سازمان‌های فعلی و آینده به‌طور موثری نتایج ارزش کسب و کار مختلف را افزایش دهند.

تیان و همکاران (۲۰۲۳)، پژوهشی با عنوان تأثیر ظرفیت‌های فناوری اطلاعات بر مدیریت موجودی یک مطالعه تجربی ارائه نمودند. علیرغم استفاده وسیع از فناوری در مدیریت موجودی، تحقیقات تجربی در مورد بررسی تأثیر این فناوری‌ها، اندک هستند. آیا واقعاً ظرفیت فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مثبتی بر مدیریت موجودی دارد؟ این مقاله استفاده از فناوری اطلاعات را از طریق تعریف ظرفیت فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌طور تجربی مورد مطالعه قرار می‌دهد. با استفاده از مجموعه داده‌های پانلی منحصربه‌فرد، رابطه بین استفاده از فناوری و مدیریت موجودی را بررسی می‌کنیم. نتایج ما نشان می‌دهد که ظرفیت فناوری اطلاعات و ارتباطات بر استراتژی موجودی و فرآیند عملیات موجودی اثر مثبت و بر سطح اتمام موجودی تأثیر منفی دارد. تحقیقات ما برتری استفاده از فناوری را نشان می‌دهد.

ریتا و همکاران (۲۰۲۲)، پژوهشی با عنوان سیستم پیش‌بینی تقاضای بلندمدت برای تولید مبتنی بر تقاضا ارائه نمودند. تولید مبتنی بر تقاضا راه حلی است که اکثر شرکت‌ها به سمت آن می‌روند. اگرچه این استراتژی شامل تولید کالا بر اساس تقاضای مصرف‌کنندگان است، اما شرکت‌ها نیز باید با اتکا به سیستم‌های پیش‌بینی دقیق زنجیره تولید خود را برای چنین عملیاتی با تأمین مواد اولیه کافی، افزایش ظرفیت تولید متناسب با تقاضای مورد نظر و غیره آماده کنند. با توجه به این واقعیت که اکثر شرکت‌ها به تولید انبوه متکی بوده‌اند، اکثر سیستم‌های پیش‌بینی فروش که معمولاً استفاده می‌شوند به داده‌های فروش سال‌های گذشته متکی هستند که نه تنها حاوی تقاضای واقعی هستند، بلکه اثرات استراتژی بازاریابی مانند تبلیغات گسترده را در نظر می‌گیرند. بنابراین، پیش‌بینی‌های حاصل عمدتاً تقاضای مصرف‌کنندگان را منعکس نمی‌کنند. به همین دلیل، تغییر به پیش‌بینی تقاضا، به‌جای پیش‌بینی فروش، برای اطمینان از انتقال خوب به تولید مبتنی بر تقاضا ضروری است. مقاله مذکور یک سیستم پیش‌بینی تقاضا مبتنی بر هوش مصنوعی را پیشنهاد می‌کند که هدف آن تعیین «فروش بالقوه» است که عمدتاً منعکس‌کننده تقاضای مصرف‌کنندگان است، با تصحیح داده‌های فروش تاریخی از اثرات متغیرهای خارجی. مقایسه با سایر مدل‌های پیش‌بینی فروش بر روی داده‌های واقعی یک خرده‌فروش مدل فرانسوی انجام و تأیید می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی هم قوی و هم دقیق است و از نظر خطاهای پیش‌بینی از همه مدل‌های دیگر بهتر عمل می‌کند.

**ابزار و روش ها**

پژوهش حاضر باهدف شناسایی ابعاد آینده پژوهشی و شناسایی پیشران و روندهای تولید پایدار و تاب آور در صنعت سیمان با تاکید بر تحولات فناورانه انجام شد. مشارکت کنندگان این پژوهش، مدیران صنعت سیمان باسابقه حداقل ۵ سال و دارای مدرک کارشناسی ارشد و بالاتر بوده اند. انتخاب افراد به روش نمونه گیری هدفمند با ملاک سابقه انجام گردید. نمونه گیری با مشارکت ۳۲ نفر از صاحب نظران و خبرگان صورت گرفت. ابزار جمع آوری داده ها، شامل دو بخش، ۱- بررسی و کنکاش اسناد بالادستی، اسناد صنعت سیمان در بخش کتابخانه ای، ۲- مصاحبه نیمه ساختاریافته در بخش میدانی بود که مصاحبه نیمه ساختاریافته با مشارکت کنندگان تا مرحله اشباع نظری ادامه یافت. برای تجزیه و تحلیل داده های کیفی از روش تحلیل مضمون استفاده شد. به منظور حصول اطمینان از روایی، سوالات مصاحبه مورد تأیید ۳ نفر از صاحب نظران با تجربه مدیریت صنعت که ۱ نفر دارای مدرک کارشناسی ارشد و ۲ نفر دارای مدرک دکتری بودند قرار گرفت. و به منظور سنجش پایایی از ضریب آلفای کرپندورف استفاده گردید که ضریب کلی آن ۸۴٪ بود. در قسمت تحلیل مضمون از نرم افزار ATLASTI استفاده شده است. در ادامه به منظور شناسایی سناریوهای آینده پژوهشی از نرم افزار SCENARIOWIZARD استفاده شده است.

**یافته ها**

بخش کیفی این مطالعه بر اساس دیدگاه ۳۲ از مدیران و خبرگان که سابقه مدیریتی و تخصص مرتبط با صنعت سیمان داشته اند، انجام شده است. در جدول ۱، ویژگی های جمعیت شناختی ۳۲ نفر از افراد پاسخ گو آورده شده است:

جدول ۱: ویژگی های جمعیت شناختی

| متغیر   | طبقه             | فراوانی | درصد فراوانی |
|---------|------------------|---------|--------------|
| جنسیت   | زن               | ۷       | ۲۸٪          |
|         | مرد              | ۲۵      | ۷۲٪          |
| تحصیلات | کمتر از کارشناسی | ۰       | ۰            |
|         | کارشناسی         | ۰       | ۰            |
|         | کارشناسی ارشد    | ۳       | ۹٪           |
|         | دکتری تخصصی      | ۱۶      | ۵۰٪          |
|         | موارد دیگر       | ۱۳      | ۴۱٪          |

| سابقه کار        |    |     |
|------------------|----|-----|
| کمتر از ۵ سال    | ۰  | ۰   |
| بین ۶ تا ۱۰ سال  | ۴  | ۱۲٪ |
| بین ۱۱ تا ۱۵ سال | ۸  | ۲۵٪ |
| بین ۱۶ تا ۲۰ سال | ۱۲ | ۳۸٪ |
| ۲۱ سال و بالاتر  | ۸  | ۲۵٪ |
| سن               |    |     |
| کمتر از ۲۵ سال   | ۰  | ۰   |
| ۲۶ تا ۳۰ سال     | ۰  | ۰   |
| ۳۱ تا ۳۵ سال     | ۱  | ۳٪  |
| ۳۶ تا ۴۰ سال     | ۱۰ | ۳۱٪ |
| ۴۱ سال و بالاتر  | ۲۱ | ۶۶٪ |

در پژوهش حاضر برای تحلیل داده‌های کیفی و برای شناسایی شاخص‌های آینده پژوهشی از روش تحلیل مضمون ۲ استفاده شده است. فرایند تحلیل داده‌های کیفی زمانی آغاز می‌شود که محقق گزاره‌ها و عبارات معنی‌دار مرتبط با موضوع را شناسایی و مدنظر قرار می‌دهد. این تحلیل، با بررسی و مطالعه مکرر بین داده‌ها آغاز و پس از مشخص شدن گزاره‌های معنی‌دار مرتبط با موضوع پژوهش کدگذاری می‌شود. فرایند عملی انجام تحلیل داده، شامل چهار مرحله می‌باشد: آماده‌سازی، آشنا شدن، کدگذاری و حصول مقولات اصلی. برای اینکه محقق با عمق و گستره محتوایی داده‌ها آشنا شود لازم است که خود را در آن‌ها تا اندازه‌ای غوطه‌ور سازد. غوطه‌ور شدن در داده‌ها معمولاً شامل "بازخوانی مکرر داده‌ها" و خواندن داده‌ها به صورت فعال (یعنی جستجوی معانی و الگوها) است. در شکل ۱ نمایی از فراوانی کدهای استخراج شده نشان داده شده است.

جدول ۲: بررسی متن مصاحبه ها و کدگذاری

| مصاحبه                           | کد                                                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تولید بدون کاغذ                  | حذف فرآیندهای مبتنی بر کاغذ و جایگزینی آن با سیستم‌های دیجیتال و خودکار برای کاهش مصرف منابع، افزایش سرعت پردازش داده‌ها، بهبود دسترسی به اطلاعات و کاهش خطای انسانی در زنجیره تولید و تأمین.                       |
| نظارت بر تولید هوشمند            | استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا (IoT)، تحلیل داده‌های کلان (Big Data) و هوش مصنوعی (AI) برای پایش لحظه‌ای و خودکار فرآیندهای تولید، پیش‌بینی مشکلات و کاهش ضایعات، به‌منظور بهینه‌سازی عملکرد کارخانه.              |
| زیست تولید هوشمند                | بهره‌گیری از فناوری‌های پایدار برای کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید سیمان، شامل بازیافت مواد اولیه، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و بهینه‌سازی فرآیندهای تولید برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و مدیریت بهینه منابع. |
| هوشمندسازی فرآیندهای سیستم تولید | یکپارچه‌سازی فناوری‌های دیجیتال در فرآیندهای تولید، شامل رباتیک، اینترنت اشیا، یادگیری ماشین و سیستم‌های تصمیم‌گیری هوشمند برای افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصول.                                   |
| اتوماتیک سازی سفارش محصولات      | توسعه سیستم‌های خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی تقاضای بازار، تنظیم خط تولید بر اساس نیاز مشتریان و بهینه‌سازی زمان تحویل محصولات با استفاده از داده‌های بلادرنگ.                          |
| مدیریت پروژه                     | پیاده‌سازی ابزارهای مدیریت دیجیتال پروژه برای برنامه‌ریزی، کنترل و بهینه‌سازی منابع، کاهش تأخیرات در پروژه‌های توسعه‌ای، مدیریت کارآمد نیروی انسانی و افزایش هماهنگی بین واحدهای عملیاتی.                           |
| نظارت بر تولید                   | ایجاد یک سیستم جامع نظارت هوشمند که با استفاده از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و فناوری‌های ابری، امکان کنترل کیفیت، بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، پایش مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری.                                     |

در این پژوهش کدگذاری‌ها به صورت نرم افزاری انجام شد. در ادامه به برخی از مصاحبه اشاره شده است:

جدول ۳: شناسایی مضمون فراگیر

| مضمون فراگیر                         | مضمون سازنده                                  | مضمون اولیه                            |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| مدیریت تولید (A)                     | هوشمندی تولید (A <sup>۱</sup> )               | تولید بدون کاغذ                        |
|                                      |                                               | نظارت بر تولید هوشمند                  |
|                                      |                                               | زیست تولید هوشمند                      |
|                                      |                                               | هوشمندسازی فرآیندهای سیستم تولید       |
|                                      | لجستیک دیجیتال تولید (A <sup>۲</sup> )        | اتوماتیک سازی سفارش محصولات            |
|                                      |                                               | مدیریت پروژه                           |
|                                      |                                               | ردیابی کالا                            |
|                                      |                                               | لجستیک الکتریکی                        |
|                                      |                                               | زنجیره تأمین چابک                      |
|                                      |                                               | نظارت بر تولید                         |
|                                      |                                               | فناوری تولید (A <sup>۳</sup> )         |
|                                      | سریال سازی محصولات                            |                                        |
|                                      | شناسه خودکار                                  |                                        |
|                                      | ژنومیک محاسباتی                               |                                        |
|                                      | آزمایشات استاندارد جهانی                      |                                        |
|                                      | زنجیره نگهداری استاندارد                      |                                        |
| زنجیره تحقیقات و توسعه در صنعت سیمان |                                               |                                        |
| نوآوری (B)                           | نوآوری تاب آورانه (B <sup>۱</sup> )           | استراتژی نوآوری                        |
|                                      |                                               | نوآوری در توسعه محصول جدید             |
|                                      |                                               | نوآوری در جهت ایجاد مزیت رقابتی پایدار |
|                                      |                                               | نوآوری همراه با تغییرات محیطی          |
|                                      |                                               | نوآوری یکپارچه                         |
| مدیریت داده (C)                      | ابزار هوشمند سازی و دیجیتال (C <sup>۱</sup> ) | اینترنت اشیاء                          |
|                                      |                                               | برنامه ریزی سیستم تولیدی               |
|                                      |                                               | رایانش ابری                            |
|                                      |                                               | شبیه سازی پیشرفته                      |
|                                      |                                               | دوقلوهای دیجیتال                       |
|                                      |                                               | هوش مصنوعی و رایانش شناختی             |
|                                      |                                               | بلاک چین                               |
|                                      |                                               | حس گرهای هوشمند                        |
|                                      |                                               | واقعیت مجازی و افزوده                  |

| مضمون فراگیر    | مضمون سازنده                                                                              | مضمون اولیه                                                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                 | همگرایی IOT, AI, DLT<br>(اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) (C <sup>۲</sup> ) | داده بزرگ، رایانش ابری                                                         |
|                 |                                                                                           | زمینه سازی هوش مصنوعی با اینترنت اشیاء                                         |
|                 |                                                                                           | پایگاه توزیع داده‌ها، زیرساخت اصلی اینترنت اشیاء                               |
|                 |                                                                                           | فراهم کردن داده هوش مصنوعی از طریق اینترنت اشیاء                               |
|                 |                                                                                           | تصمیم گیری براساس اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی                                   |
|                 |                                                                                           | هوش مصنوعی زمینه ساز خودکارایی اینترنت اشیاء                                   |
|                 |                                                                                           | تلفیق اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده برای افزایش هوشمندی سیستم |
|                 |                                                                                           | تمرکززدایی سیستم هوش مصنوعی براساس پایگاه توزیع داده                           |
|                 |                                                                                           | بازنگری الگوریتم هوش مصنوعی براساس پایگاه توزیع داده                           |
|                 |                                                                                           | مدلسازی مجازی فروش سیمان                                                       |
|                 | تلفیق BIG DATA (بیگ دیتا) و بحران (C <sup>۳</sup> )                                       | رصد داده‌های جغرافیایی                                                         |
|                 |                                                                                           | نیازسنجی شرایط بحرانی                                                          |
|                 |                                                                                           | تسهیل محصول رسانی براساس شرایط خاص                                             |
|                 |                                                                                           | مجازی سازی سیستم بازاریابی                                                     |
|                 |                                                                                           | الکترونیکی سازی سیستم حمل و نقل                                                |
|                 |                                                                                           | مدیریت مشتریان                                                                 |
|                 |                                                                                           | مهندسی ارزش تکنولوژیکی                                                         |
|                 |                                                                                           | مدیریت بحران                                                                   |
|                 |                                                                                           | مدیریت اجتماعی                                                                 |
|                 |                                                                                           | مدیریت تأمین کننده                                                             |
| مدیریت ارزش (E) | مدیریت ارزش ذی نفعان و افراد (E <sup>۱</sup> )                                            | مدیریت مشتریان                                                                 |
|                 |                                                                                           | مهندسی ارزش تکنولوژیکی                                                         |
|                 |                                                                                           | مدیریت بحران                                                                   |
|                 |                                                                                           | مدیریت اجتماعی                                                                 |
|                 |                                                                                           | مدیریت تأمین کننده                                                             |
|                 | مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند (E <sup>۲</sup> )                                           | نیازسنجی مشتری                                                                 |
|                 |                                                                                           | ارتباط با مشتری دیجیتال                                                        |
|                 |                                                                                           | اومنی چنل                                                                      |
|                 |                                                                                           | خلق ارزش برای مشتری                                                            |
|                 |                                                                                           | ایجاد مزیت رقابتی هوشمند برای مشتری                                            |
|                 |                                                                                           | مشتری مداری براساس شرایط بحران                                                 |

در این مرحله براساس ۴ معیار و ۹ زیرمعیار به شناسایی سناریوی مناسب براساس تحلیل نرم افزار سناریو ویزارد پرداخته می شود. ابتدا ماتریس ساختار متقاطع تشکیل می شود. ماتریس CIB برای استخراج نظر خبرگان در مورد اثر احتمال وقوع یک حالت از یک توصیف گر بر روی حالتی از توصیف گر دیگر در قالب عبارت های کلامی مورد استفاده قرار می گیرد.

جدول ۴: ماتریس متقاطع ورودی سناریو ویزارد

|                | A <sup>۱</sup> :<br>D <sup>۲۱</sup> | A <sup>۲</sup> :<br>D <sup>۴</sup> | A <sup>۳</sup> :<br>D <sup>۳</sup> |    | B <sup>۱</sup> :<br>D <sup>۲۷</sup> |   | C <sup>۱</sup> :<br>D <sup>۸</sup> | C <sup>۲</sup> :<br>D <sup>۱۱</sup> | C <sup>۳</sup> :<br>D <sup>۲۶</sup> |    | E <sup>۱</sup> :<br>D <sup>۶</sup> | E <sup>۲</sup> :<br>D <sup>۱۰</sup> |   |   |   |   |   |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----|-------------------------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----|------------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|
| A              |                                     |                                    |                                    |    |                                     |   |                                    |                                     |                                     |    |                                    |                                     |   |   |   |   |   |
| A <sup>۱</sup> |                                     |                                    |                                    |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     | -۳ |                                    |                                     | + | + |   | + | + |
| A <sup>۲</sup> |                                     |                                    |                                    |    | .                                   |   |                                    |                                     |                                     | -۲ |                                    |                                     | + | + |   | + | + |
| A <sup>۳</sup> |                                     |                                    |                                    |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     | -۳ |                                    |                                     | + | + |   | . | + |
| B              |                                     |                                    |                                    |    |                                     |   |                                    |                                     |                                     |    |                                    |                                     |   |   |   |   |   |
| B <sup>۱</sup> |                                     |                                    |                                    | -۲ | .                                   | + |                                    |                                     |                                     |    |                                    |                                     | + | . | . |   | + |
| C              |                                     |                                    |                                    |    |                                     |   |                                    |                                     |                                     |    |                                    |                                     |   |   |   |   |   |
| C <sup>۱</sup> | +                                   | +                                  | +                                  |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     |    | +                                  | +                                   |   |   |   |   |   |
| C <sup>۲</sup> | .                                   | -۱                                 | -۲                                 |    | .                                   |   |                                    |                                     |                                     |    | .                                  | .                                   |   |   |   |   |   |
| C <sup>۳</sup> | +                                   | +                                  | +                                  |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     |    | .                                  | .                                   |   |   |   |   |   |
| D              |                                     |                                    |                                    |    |                                     |   |                                    |                                     |                                     |    |                                    |                                     |   |   |   |   |   |
| E <sup>۱</sup> | +                                   | +                                  | .                                  |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     | +  |                                    |                                     | . | . |   |   |   |
| E <sup>۲</sup> | +                                   | +                                  | +                                  |    | +                                   |   |                                    |                                     |                                     | +  |                                    |                                     | + | + |   |   |   |

| Descriptors: | variant [ 1 ] | variant [ 2 ] | variant [ 3 ] |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| A            | A1            | A2            | A3            |
| B            | B1            |               |               |
| C            | C1            | C2            | C3            |
| E            | E1            | E2            |               |

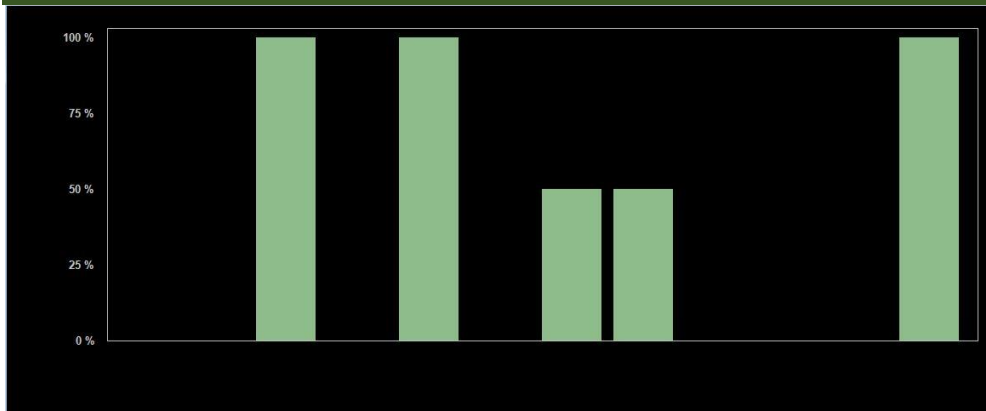
شکل ۱: ساختار بندی ماتریس متقاطع

در ادامه براساس امتیاز ۳ تا -۳ به ماتریس متقاطع وزن داده شده است.

| Cross-Impact-Matrix |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
|---------------------|----|----|----|---|----|---|---|---|---|---|---|--|
| S...                |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
| A:                  |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
| A1                  |    |    |    | 1 | -3 | 2 | 2 |   | 1 | 1 |   |  |
| A2                  |    |    |    | 0 | -2 | 1 | 1 |   | 1 | 2 |   |  |
| A3                  |    |    |    | 1 | -3 | 3 | 2 |   | 0 | 2 |   |  |
| B:                  |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
| B1                  | -3 | 1  | 1  |   |    | 1 | 0 | 0 |   | 2 | 3 |  |
| C:                  |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
| C1                  | 2  | 1  | 2  | 1 |    |   |   |   |   | 2 | 2 |  |
| C2                  | 0  | -1 | -2 | 0 |    |   |   |   |   | 0 | 0 |  |
| C3                  | 2  | 2  | 3  | 1 |    |   |   |   |   | 0 | 0 |  |
| E:                  |    |    |    |   |    |   |   |   |   |   |   |  |
| E1                  | 1  | 1  | 0  | 1 |    | 1 | 0 | 0 |   |   |   |  |
| E2                  | 1  | 1  | 3  | 3 |    | 2 | 2 | 1 |   |   |   |  |

شکل ۲: تکمیل ماتریس متقاطع

به منظور کسب سناریو با بالاترین سازگاری، ماتریس متقاطع، همگن شد.



شکل ۳: تعادل مولفه های تحلیلی در استراتژی های سناریویزارد

| Impact balances |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|-----------------|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| Selection:      | x |    |   |   | x |   | x |   |   |   | x  |   |
| Balance:        | 7 | 6  | 7 |   | 3 |   | 5 | 7 | 7 |   | 8  | 5 |
| A:              |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| A1              |   |    |   |   | 1 |   | 3 | 2 | 2 |   | 3  | 1 |
| A2              |   |    |   |   | 2 |   | 2 | 3 | 2 |   | 1  | 2 |
| A3              |   |    |   |   | 3 |   | 3 | 3 | 2 |   | -2 | 2 |
| B:              |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| B1              |   | 3  | 2 | 2 |   |   |   | 1 | 2 | 3 |    | 3 |
| C:              |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| C1              |   | 2  | 1 | 2 |   | 1 |   |   |   |   | 2  | 2 |
| C2              |   | 3  | 3 | 2 |   | 2 |   |   |   |   | -2 | 3 |
| C3              |   | 2  | 2 | 3 |   | 1 |   |   |   |   | 1  | 3 |
| E:              |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
| E1              |   | 2  | 3 | 3 |   | 1 |   | 1 | 3 | 2 |    |   |
| E2              |   | -2 | 1 | 3 |   | 3 |   | 3 | 2 | 1 |    |   |

شکل ۴: همگن سازی ماتریس متقاطع براساس فراوانی

در نهایت با توجه به اهمیت هر ۹ مولفه، ۲ سناریو در نرم افزار سناریوویزارد شناسایی شد.



شکل ۵: سناریوهای شناسایی شده

سناریوی یک شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، ابزار هوشمند سازی و دیجیتال و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است. سناریوی دو شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، همگرایی IOT, AI, DLT (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است.

### نتیجه گیری

آینده پژوهشی و شناسایی پیشران و روندهای تولید پایدار و تاب آور در صنعت سیمان با تاکید بر تحولات فناورانه براساس تکنیک تحلیل مضمون، ۵۹ مضمون اولیه، ۹ مضمون سازنده و ۴ مضمون فراگیر مشخص شده است. مضامین شناسایی شده عبارتند از هوشمندی تولید (۱A)، لجستیک دیجیتال تولید (۲A)، فناوری تولید (۳A)، نوآوری تاب آورانه (۱B)، ابزار هوشمند سازی و دیجیتال (۱C)، همگرایی IOT, AI, DLT (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) (۲C)، تلفیق BIG DATA (بیگ دیتا) و بحران (۳C)، مدیریت ارزش ذی نفعان و افراد (۱E) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند (۲E).

مضامین شناسایی شده شامل سه حوزه اصلی تولید، فناوری و مدیریت ارتباطات است. در بخش تولید، هوشمندی تولید (۱A) و لجستیک دیجیتال تولید (۲A) بر بهینه سازی فرآیندهای تولید و زنجیره تأمین تأکید دارند. فناوری تولید (۳A) به نوآوری های فنی در بهبود کیفیت و کاهش آلاینده ها پرداخته و نوآوری تاب آورانه (۱B) نیز به راهکارهایی برای افزایش انعطاف پذیری و مقاومت صنعت در برابر نوسانات محیطی

اشاره دارد. از منظر فناوری، ابزارهای هوشمندسازی و دیجیتالی نظیر ابزار هوشمندسازی و دیجیتال (۱C) و همگرایی (IoT، AI و DLT) (۲) نقشی اساسی در تحول صنعت ایفا می کنند. همچنین، تلفیق بیگ دیتا و بحران (۳C) بر استفاده از داده های کلان برای مدیریت ریسک و افزایش دقت تصمیم گیری تأکید دارد. در بخش مدیریت، دو مضمون کلیدی شامل مدیریت ارزش ذی نفعان و افراد (۱E) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند (۲E) بر اهمیت تعاملات هوشمند و ارتقای تجربه مشتری در صنعت سیمان تمرکز دارند. این مضامین نشان دهنده نقش مدیریت داده و فناوری های دیجیتال در بهینه سازی فرآیندهای تصمیم گیری، ایجاد ارزش برای ذی نفعان و افزایش رضایت مشتریان هستند. در مجموع، این یافته ها نشان می دهد که آینده صنعت سیمان در گرو تلفیق فناوری های نوین با مدیریت هوشمند و پایداری تولید است که می تواند تاب آوری و رقابت پذیری این صنعت را در برابر چالش های آتی تضمین کند.

براساس تحلیل ۴ دسته ۹ معیار، ۲ سناریو شناسایی شد. سناریوی یک شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، ابزار هوشمندسازی و دیجیتال و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است. در این سناریو، صنعت سیمان با تکیه بر فناوری های نوین تولید، به سمت بهینه سازی فرآیندها و کاهش اثرات زیست محیطی حرکت می کند. بهره گیری از فناوری های تولید پیشرفته مانند فرآیندهای استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، و توسعه مواد جایگزین، به افزایش کارایی و پایداری تولید کمک می کند. نوآوری تاب آورانه در این صنعت با ایجاد زیرساخت های انعطاف پذیر و توسعه فناوری های باز یافت انرژی و کاهش ضایعات عادی، به کاهش وابستگی به منابع سنتی و افزایش تاب آوری زنجیره تأمین منجر می شود.

ابزارهای هوشمندسازی و دیجیتالی در این سناریو نقش کلیدی در بهبود عملکرد تولید و مدیریت زنجیره تأمین ایفا می کنند. استفاده از هوش مصنوعی، اینترنت اشیا (IoT)، و تحلیل داده های کلان، امکان پیش بینی و پیشگیری از مشکلات عملیاتی و بهینه سازی مصرف انرژی را فراهم می سازد. مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند نیز با بهره گیری از پلتفرم های دیجیتالی، تحلیل رفتار مشتریان و ارائه راهکارهای سفارشی، به بهبود تعاملات و افزایش رضایت مشتریان کمک می کند. در نتیجه، این سناریو به ایجاد یک صنعت سیمان پایدار، رقابت پذیر و تاب آور در برابر تحولات محیطی و اقتصادی منجر می شود.

سناریوی دو شامل مولفه های فناوری تولید، نوآوری تاب آورانه، همگرایی IOT, AI, DLT (اینترنت اشیا، هوش مصنوعی و پایگاه توزیع داده) و مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند است. در این سناریو، صنعت سیمان با ترکیب فناوری های پیشرفته تولید و نوآوری های تاب آورانه، به سمت توسعه پایدار و بهره وری بالا حرکت می کند. فناوری های تولید مدرن شامل بهینه سازی فرآیندهای حرارتی، استفاده از مواد افزودنی و غیرمستقیم جایگزین و بهره گیری از انرژی های تجدیدپذیر، به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش بهره وری منجر

می‌شود. نوآوری تاب‌آورانه نیز با طراحی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر و مقاوم در برابر بحران‌ها، امکان تطبیق سریع صنعت با تغییرات محیطی و اقتصادی را فراهم می‌کند.

همگرایی اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI) و پایگاه‌های توزیع داده (DLT) در این سناریو، یک اکوسیستم دیجیتال هوشمند برای نظارت و مدیریت بهینه زنجیره تأمین و تولید ایجاد می‌کنند. امکان جمع‌آوری و پردازش داده‌های لحظه‌ای از تجهیزات و فرآیندهای تولید را فراهم کرده، درحالی‌که هوش مصنوعی با تحلیل این داده‌ها به بهینه‌سازی عملکرد و پیش‌بینی خرابی‌های احتمالی کمک می‌کند. فناوری DLT نیز شفافیت و امنیت در تبادل داده‌ها و مدیریت زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد. در کنار این تحولات، مدیریت ارتباط با مشتری هوشمند با بهره‌گیری از داده‌های کلان و تحلیل رفتار مشتریان، امکان ارائه خدمات سفارشی و بهینه را فراهم کرده و رقابت‌پذیری صنعت سیمان را افزایش می‌دهد. بر اساس تحلیل مضمون و شناسایی پیشران‌ها و روندهای تولید پایدار و تاب‌آور در صنعت سیمان، می‌توان پیشنهادهای کاربردی زیر را ارائه داد:

- توسعه و استفاده از تجهیزات خودکار و هوشمند برای بهینه‌سازی فرآیندهای تولید سیمان، کاهش مصرف انرژی و بهره‌برداری حداکثری از مواد اولیه مستقیم و غیرمستقیم.
- به کارگیری فناوری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین، پیش‌بینی نیازهای بازار و بهینه‌سازی حمل‌ونقل مواد اولیه و محصول نهایی.
- سرمایه‌گذاری در فناوری‌های تولید، نظیر استفاده از سوخت‌های جایگزین و مواد افزودنی زیست‌سازگار برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.
- طراحی سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر و مقاوم در برابر نوسانات بازار، بحران‌های زیست‌محیطی و تغییرات قانونی با تمرکز بر بازیافت انرژی و کاهش ضایعات عادی.
- بهره‌گیری از حسگرهای هوشمند، فناوری‌های مبتنی بر کلان‌داده و سیستم‌های نظارتی پیشرفته برای افزایش دقت و سرعت تصمیم‌گیری در واحدهای تولیدی.
- پیاده‌سازی اکوسیستم دیجیتال متصل برای پایش مداوم عملکرد تجهیزات، پیش‌بینی تعمیر و نگهداری و افزایش بهره‌وری خطوط تولید.
- ایجاد سیستم‌های پیش‌بینی و مقابله با بحران‌های احتمالی (مانند نوسانات قیمت اقلام مصرفی و تجهیزات یا تغییرات زیست‌محیطی) با استفاده از تحلیل داده‌های کلان.
- طراحی مدل‌های مدیریت مشارکتی برای افزایش تعامل بین کارکنان، سهامداران، تأمین‌کنندگان و مشتریان در راستای توسعه پایدار.

- توسعه پلتفرم‌های دیجیتالی و سیستم‌های شخصی سازی شده برای ارائه خدمات بهتر، بهینه سازی پیشنهادات فروش و افزایش رضایت مشتریان.

- برگزاری دوره‌های آموزشی برای کارکنان در حوزه‌های فناوری‌های نوین، تحلیل داده و مدیریت دیجیتال به منظور افزایش بهره‌وری و رقابت پذیری.

این پیشنهادات می‌توانند مسیر صنعت سیمان را به سمت پایداری، مدیریت هزینه‌ها، افزایش تاب‌آوری و بهره‌گیری مؤثر از فناوری‌های نوین هموار کنند.

### منابع

- جعفری، محمد؛ حسین‌پور، رضا. (۱۴۰۳). آینده پژوهی و شناسایی پیشران‌های تولید پایدار در عصر دیجیتال. فصلنامه مدیریت و تکنولوژی صنعتی، ۲۱(۴۳)، ۵۵-۶۸.
- حشمدار، اکرم. کردی، مراد. (۱۴۰۱). بررسی اثربخشی سیستم‌های هوش مصنوعی در کارکردهای منابع انسانی. پژوهش‌های معاصر در علوم مدیریت و حسابداری، ۱۲: ۱-۶.
- سید رضا نخلی، مهدی باستانی (۱۴۰۲). بررسی و محاسبه تاب‌آوری تولید محصولات کشاورزی با تأکید بر امنیت غذایی ایران. فصلنامه اقتصاد دفاع و توسعه پایدار انجمن علمی اقتصاد دفاع ایران. اقتصاد دفاع و توسعه پایدار، سال هشتم شماره ۲۹/ صص ۷۵-۱۰۱.
- شریفی، مهدی؛ مرادی، ناصر. (۱۴۰۳). آینده پژوهی در تولید پایدار: تاثیر فناوری‌های نوین بر تاب‌آوری صنایع. فصلنامه توسعه صنایع و فناوری، ۲۲(۴۶)، ۷۰-۸۴.
- علی هورشاد، حسین صفری، روح اله قاسمی (۱۴۰۲). توسعه مدل مدیریت زنجیره تأمین هوشمند در صنعت کالاهای تندمصرف. چشم‌انداز مدیریت صنعتی. دوره ۱۳، شماره ۴، صص ۱۰۸-۱۴۸.
- کرباسی، شیرین، هاشم زاده خوراسگانی، غلامرضا، خمسه، عباس فتحی هفشجانی، کیامرث. (۱۴۰۱). مدلی برای تدوین نقشه راه فناوری صنعت نسل ۰.۴ با رویکرد مدیریت هوشمند در صنایع تجهیزات نیروگاهی و تأمین انرژی. مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند، ۱۱-۱۸۹-۲۲۰.
- کرمی، ذبیح الله. حسینی، سیدروح الله. دامغانیان، تقی. (۱۴۰۱). مدل ادراک کارکنان از هوش مصنوعی در کار با استفاده از فن داده بنیاد. توسعه مدیریت منابع انسانی و پشتیبانی، ۶۵: ۵۳-۹۰.
- موسوی، سید حسین؛ نیکزاد، علی. (۱۴۰۳). تحلیل روندهای آینده تولید پایدار و تاب‌آور: رویکردهای نوین در فناوری‌های صنعتی. مجله پیشرفت‌های صنعتی، ۱۹(۳۷)، ۱۲-۲۵.
- میرزایی، امیر؛ فلاحتی، حسن. (۱۴۰۳). پیشران‌های تحولات فناورانه در تولید تاب‌آور و پایدار. فصلنامه مدیریت و نوآوری صنعتی، ۲۳(۵۱)، ۳۴-۴۷.

ملکی، محمد حسن، میرزایی، مونا، رحیمیان اصل، محمد مهدی. (۱۴۰۱). سناریونگاری صنعت سیمان در ایران با رویکرد آمیخته. بهبود مدیریت، ۱۶(۳)، ۶۰-۸۸.

Abdul Basit, Muhammad Tufail, Muhammad Rehan, Waqas Ahmed, Ayman Radwan, Ijaz Ahmed, Event-based secure filtering under two-channel stochastic attacks and switching topologies over wireless sensor networks, IEEE Trans. Netw. Sci. Eng. (۲۰۲۴).

Appolloni, A., Jabbour, C.J.C., D'Adamo, I., Gastaldi, M. & Settembre-Blundo, D. (۲۰۲۲). Green recovery in the mature manufacturing industry: the role of the green-circular premium and sustainability certification in innovative efforts. Ecological Economics, ۱۹۳, ۱-۹.

Battisti, S., Agarwal, N. & Brem, A. (۲۰۲۲). Creating new tech entrepreneurs with digital platforms: Meta-organizations for shared value in data-driven retail ecosystems. Technological Forecasting Social Change, ۱۷۵, ۱۲۱۳۹۲.

Belhadi, A., Kamble, S., Fosso Wamba, S. & Queiroz, M.M. (۲۰۲۲). Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. International Journal of Production Research, ۶۰(۱۴), ۴۴۸۷-۴۵۰۷.

Chen, C., Feng, Y. & Shen, B. (۲۰۲۲). Managing labor sustainability in digitalized supply chains: a systematic literature review. Sustainability, ۱۴(۷), ۱-۱۹.

D'Adamo, I. (۲۰۲۲). The analytic hierarchy process as an innovative way to enable stakeholder engagement for sustainability reporting in the food industry. Environment Development Sustainability, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, doi: ۱۰/۱۰۰۷/s.۱۰۶۶۸-۰۲۲-۰۲۷۰۰-۰.

Hasan, Adel A. Nasser, Akashdeep Negi, An internet of things-integrated home automation with smart security system, Autom. Secure Comput. Next-Gener. Syst. (۲۰۲۴) ۲۴۳-۲۷۳.

Hussam Hseiki, Ahmad El-Hajj, Youssef Ajra, Fathelalem Hija, Ali Haidar, A secure and resilient smart energy meter, IEEE Access.(۲۰۲۴)

Ijaz Ahmed, Muhammad Rehan, Abdul Basit, Muhammad Tufail, Keum-Shik Hong, A dynamic optimal scheduling strategy for multi-charging scenarios of plug-in-electric vehicles over a smart grid, IEEE Access ۱۱ (۲۰۲۳) ۲۸۹۹۲-۲۹۰۰۸.

Ijaz Ahmed, Muhammad Rehan, Abdul Basit, Muhammad Tufail, Keum-Shik Hong, Neuro-fuzzy and networks-based data driven model for multi-charging scenarios of plug-in-electric vehicles, IEEE Access. (۲۰۲۳)

Iqram Hussain, Secure, sustainable smart cities and the internet of things: Perspectives, challenges, and future directions, Sustainability ۱۶(۴) (۲۰۲۴) ۱۳۹۰.

Jameel Ahmad, Muhammad Umer Zia, Ijaz Haider Naqvi, Jawwad Nasar Chattha, Faran Awais Butt, Tao Huang, Wei Xiang, Machine learning and blockchain technologies for cybersecurity in connected vehicles, Wiley Interdiscip. Rev.: Data Min. Knowl. Discov. ۱۴(۱) (۲۰۲۴) e.۱۵۱۵

Muhammad Rehan, Waqas Ahmed, Abdul Basit, Ijaz Ahmed, A novel output feedback consensus control approach for generic linear multi-agent systems under input saturation over a directed graph topology, ISA Trans. ۱۴۸(۲۰۲۴) ۱۲۸-۱۳۹

Ravi Sharma, Balázs Villányi, Safe and secure oil and gas pipeline transportation system based on Industrial Internet of Things, IEEE Sens. J. (۲۰۲۴)

Wenhao Yang, Xiwen Dengxiong, Xueting Wang, Yidan Hu, Yunbo Zhang, “I can see your password”: A case study about cybersecurity risks in midair interactions of mixed reality-based smart manufacturing applications, J. Comput. Inf. Sci. Eng. ۲۴(۳) (۲۰۲۴) .۰۳۱۰۰۴