فصلنامه علمی پژوهشی
دانش حسابداری و حسابرسی مدیریت
دوره ۱٤/ شماره ۲ (پیاپی ٥٤)/ تابستان ۱٤۰٤
صفحه ۲۲۱ تا ۲۳۷

شناسایی الگوی مدیریتی روابط علی و اولویت بندی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال

فاطمه غیاثی طبری
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی –تولید در عملیات، گروه مدیریت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران
fatemeh.gheyasi2021@gmail.com

سید علیرضا میر عرب بایگی
استادیار گروه مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران. (نویسنده مسئول)
mirarab_alireza@yahoo.com

صابر خندان علمداری
استادیار گروه مدیریت و حسابداری ، دانشگاه آزاد اسلامی رودهن ، ایران
sabersum@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۹

چکیده

هدف این پژوهش شناسایی الگوی مدیریتی روابط علی و اولویت بندی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال، است. جهت دستیابی به اهداف تحقیق با استفاده از روش گلوله برفی، ازنظرات ۲۰ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت ایران خودرو، مستقر در استان تهران و همچنین اساتید دانشگاه ، تا مرحلهٔ اشباع نظری، استفاده شد. فرایند تجزیه و تحلیل داده‌ها در دو مرحله انجام شد. شناسایی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال از طریق مصاحبه و با استفاده از روش تحلیل مضمون؛ تعیین اثرگذاری، اثرپذیری و نیز درجه اهمیت مولفه‌ها از طریق پرسشنامه و روش دیمتل. نتایج تحقیق نشان داد، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو از بیشترین تاثیرگذاری برخوردار است. همچنین، صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز، بالاترین اولویت را در میان تمامی مولفه به خود اختصاص داده است.

واژه‌های کلیدی: تولید سبز، تولید هوشمند، تحول دیجیتال، تحلیل تم، دیمتل.

۱- مقدمه

در جهان امروز، اثرات تحول دیجیتال بر رشد بخش صنعتی مشهود است و به طور کلی مزایای زیادی برای تولیدکنندگان صنعتی، مصرف کنندگان و جامعه به همراه دارد. در عین حال، مسائل زیست محیطی وجود دارد که باید مورد توجه قرار گیرد (پالوچ و دیگران[۱]، ۲۰۱۹). چراکه وقتی بخش صنعتی رشد می‌کند، برخی از مشکلات نیز افزایش می‌یابد. از جمله کاهش سریع منابع طبیعی، آلودگی هوا، آب، زمین و همچنین خطرات سلامتی قابل‌توجه برای مردم. به همین دلیل یک الگوی تولیدی جدید به نام تولید سبز (GM)[۲] با هدف دستیابی به رفاه اقتصادی بالاتر و در عین حال به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی در طول سال‌های اخیر توسعه یافته است(راتهی و دیگران[۳]، ۲۰۲۲). از سویی دیگر، اکوسیستم تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال شامل ابزارهای تولید، کالاهای تولیدشده، روش‌های عملیاتی، کارگران، تأمین کنندگان و مصرف کنندگان است. تولید هوشمند، فن‌آوری‌های فیزیکی و دیجیتالی را با هم ترکیب می‌کند و پیچیدگی و دقت تکنولوژی را افزایش می‌دهد(هو و دیگران[۴]، ۲۰۲۰). در این شیوه، تولید کنندگان باید هم به صورت افقی و هم عمودی هم‌کاری کنند. مدیریت چرخه عمر محصول، به اشتراک گذاری اطلاعات و همکوشی کسب‌وکار در میان تولیدکنندگان همگی برای تولید هوشمند ضروری هستند. چراکه تولید کالاهای با کیفیت بالا و قیمت مناسب، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا به سرعت به تغییر انتظارات مشتری پاسخ دهند، در حالی که سازگاری، قابلیت اعتماد و انعطاف‌پذیری خود را نیز بهبود بخشند(راجپوت و سنق[۵]، ۲۰۲۰). این درحالی است که ترکیب استراتژی‌های تولید سبز و تولید هوشمند در هر صنعتی هم‌افزاست(آگاروال[۶] و دیگران، ۲۰۲۲). تولید هوشمند سبز (GSM)[۷] که ترکیبی از استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند مبتنی بر فناوری دیجیتال است، مصرف انرژی، آب و مواد خام را کاهش می‌دهد. هزینه‌های مصرف انرژی را کاهش می‌دهد، انتشار دی‌اکسیدکربن را کاهش می‌دهد، هزینه‌های مرتبط با ایمنی شغلی و زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و به طور کلی کارایی شرکت‌های تولیدی را بهبود می‌بخشد (آگاروال[۸] و دیگران، ۲۰۲۲). با این حال و علی‌رغم مزایای و نقش‌های مطروحه، تنها تعداد معدودی از شرکت‌ها مسئولیت‌های خود را برای ارائه محصولات، خدمات و عملیات پایدار زیست‌محیطی درک می‌کنند. در عین حال، بسیاری از کسب و کارها تاثیر زیست‌محیطی خود را ناچیز می‌دانند و اساسا به آن نمی‌پردازند(لنا و دیگران[۹]، ۲۰۲۲).

از سویی دیگر و از آنجایی‌که تولیدکنندگان خودرو اغلب به عنوان آلوده‌کننده اصلی محیط زیست در نظر گرفته می‌شوند، آن‌ها سرمایه‌گذاری‌های عظیمی را در توسعه تولید سبز، برنامه‌ریزی می‌کنند. اما در بیشتر موارد، خود محصول سبز برای بازارها اهمیت بسیاری دارد. سازندگان خودرو باید توجه خود را بر پیچیدگی تمام فعالیت‌هایی که انجام می‌دهند متمرکز کنند. آن‌ها باید به عنوان تولیدکننده سبز عمل کنند، راه‌حل‌های سبز را در خرید منابع سبز بپذیرند، تولید و تدارکات سبز را سازمان دهند و منابع طبیعی را در هر زمان و مکانی حفظ کنند. میلیون‌ها اتومبیل در سراسر دنیا مواد خطرناکی وارد جو و محیط زیست می‌کنند(جادرنا و پریکریلووا[۱۰]، ۲۰۱۸). لذا، در پاسخ به فشار جامعه بین‌المللی و مصرف کنندگان، صنعت خودرو به کاهش آلودگی و اجرای مدیریت زیست‌محیطی سالم‌تر تشویق شده‌است (ژگلو و دیگران[۱۱]، ۲۰۱۸). بنابراین، نه تنها مجبور به تولید وسایل نقلیه سبز و در نتیجه آلودگی کم‌تر، بلکه همچنین کاهش تولید ضایعات در طول فرآیند تولید وسیله نقلیه شده‌است(کشوها و شارما[۱۲]، ۲۰۱۶). در همین زمینه، شرکت‌های خودروسازی مجبور به بررسی استراتژی‌های تولید خود شده‌اند و شروع به توسعه فرآیندهای مختلف براساس استراتژی‌های سبز کرده‌اند(لین و دیگران[۱۳]، ۲۰۱۴). این تحولات شامل در نظر گرفتن اهداف حفاظت از محیط‌زیست در بخش‌های مختلف شرکت‌های خودروسازی به منظور مطابقت با مقررات و بهبود عملکرد زیست‌محیطی است، در حالی که از استراتژی محیطی نوآورانه یا تکنولوژی‌های سبز استفاده می‌کنند. به طور خاص، استراتژی سبز را می توان به عنوان یک رویکرد سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری در نظر گرفت که به تولید محصولات سبز مرتبط است(چن و دیگران[۱۴]، ۲۰۰۶). این موارد شامل راهبردهایی است که در مدیریت حفاظت از انرژی، پیش‌گیری از آلودگی، احیا قطعات ضایعاتی، طراحی محصول سبز و در نهایت مدیریت شرکتی محیط‌زیست نقش دارند. با این حال، تدوین و اجرای استراتژی سبز در صنعت خودرو، کار

[1] Paluch et al
[2] Green Manufacturing
[3] Rathi et al
[4] Huo et al
[5] Rajput & Singh
[6] Agarwal
[7] green smart manufacturing(GSM)
[8] Agarwal
[9] Lena et al
[10] Jaderna & Prikrylova
[11] Zhgulev et al
[12] Kushwaha & Sharma
[13] Lin et al
[14] Chen et al

پیچیده و دشواری است که نیاز به مشارکت بسیاری از ذینفعان دارد(سیلوا و دیگران[1]، ۲۰۱۸).

حال با توجه به طرح مسئله ارائه شده در فوق، می‌توان اظهار داشت، یک قطع ارتباط قابل‌توجه بین نظریه و عمل یکپارچه‌سازی استراتژی‌های سازگار با محیط‌زیست، تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال در این صنعت وجود دارد. به عبارت دیگر، علی‌رغم اهتمام فزاینده به تولید سبز هوشمند مبتنی بر تحولات دیجیتال در شرکت ایران‌خودرو، تلاش‌های بیشتری برای توسعه استراتژی‌های سبز در این حوزه، مورد نیاز است. بنابراین، نیاز به شناسایی الگوی روابط علی و اولویتبندی استراتژی های سبز در سیستمهای تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال هم برای متخصصان و هم محققان در این زمینه وجود دارد. با این وجود، به طرز شگفت آوری توجه محدودی به این امر در تحقیقات داخلی و به‌خصوص صنعت خودروسازی کشور و به طور خاص شرکت ایران خودرو شده است. با توجه به آن چه بیان شد، سوالی که به‌طور طبیعی ظهور می‌کند این است که شناسایی الگوی روابط علی و اولویتبندی ا عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال به چه صورت است؟. این سوالی است که پاسخی به آن در تحقیقات داخلی داده نشده است.

این مقاله به صورت زیر سازماندهی شده‌است. ابتدا، پیشینه نظری و تجربی را مورد بررسی قرار می‌دهد و ادبیات مربوط به فناوری مالی، صنعت بانکداری و رابطه بین فناوری مالی و صنعت بانکداری را مستند به مطالعات قبلی، ارائه می‌دهد. دوم، روش-شناسی مورد استفاده در این تحقیق، به صورتی خلاصه بیان می‌گردد. سپس یافته‌ها را ارائه داده و در نهایت نتایج و پیامدهای عملی این تحقیق را مورد بحث قرار می‌دهد.

مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحول دیجیتال ناشی از صنعت ۴.۰، که اغلب به عنوان چهارمین انقلاب صنعتی شناخته می‌شود، به تازگی به یک موضوع تحقیقاتی محبوب تبدیل شده‌است. ساختارهای فیزیکی سایبری، یادگیری ماشین، داده‌های بزرگ، هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، سنسورهای هوشمند، تولید انبوه، محاسبات ابری، رباتیک، سنسورهای هوشمند، تبدیل دیجیتال، چاپ سه‌بعدی و غیره نمونه‌هایی از فن‌آوری‌های مدرن هستند که یکپارچه شده‌اند(ماجمدار و دیگران[2]، ۲۰۲۱).

با توجه به تحقیق لی و همکاران[3] (۲۰۱۵) و مونواستوری و همکاران[4] (۲۰۱۶)، تولید هوشمند یک سیستم سایبری - فیزیکی مبتنی بر تحول دیجیتال، است که سیستم‌های تولید، انبارها، تدارکات و حتی الزامات محیطی و اجتماعی را برای ایجاد دیجیتال سازی محیط تولید خودکار ادغام می‌کند (استرریچ و توتبرگ[5]، ۲۰۱۶). هدف نهایی، ایجاد شبکه‌های خلق ارزش جهانی است که کسب و کارها را در طول تمام زنجیره‌های ارزش قادر به عملکرد موثرتر و کارآمدتر کند. برخی از فن‌آوری‌هایی که این امر را ممکن می‌سازند عبارتند از: رایانش ابری، سیستم‌های مبتنی بر عامل، داده‌های بزرگ، یادگیری ماشین، ربات‌های مستقل، تولید افزایشی و واقعیت مجازی(ویدیا و دیگران[6]، ۲۰۱۸).

از جمله مفاهیم دگر مطرح در این تحقیق، سرمایه‌گذاری در تولید سبز است. تولید سبز ایده ای جدیدی نیست اما پس از گسترش تبعات منفی انقلاب صنعتی در جهان و بروز خسارت های مادی و معنوی ناشی از جنگ های جهانی و منطقه ای، تلاش ها برای تولید سازگار با محیط زیست، محبوبیت بیشتری پیدا کرده است. به طور کلی تولید سبز دو مسیر مکمل را مورد بررسی قرار می دهد؛ نخست تولید محصولات "سبز"، به ویژه آنهایی که در سیستم های انرژی تجدید پذیر و تجهیزات فناوری پاک مورد استفاده قرار می گیرند. دوم "سبزسازی یا کاهش آلودگی در روند تولید و به عبارتی" تولید - کاهش آلودگی و زباله با به حداقل رساندن استفاده از منابع طبیعی، بازیافت و استفاده مجدد از زباله، و کاهش انتشار رادر بر می گیرد. واقعیت این است که، مشارکت در شیوه‌های تولید سازگار با محیط زیست نه تنها از تلاش‌های زیست‌محیطی حمایت می‌کند، بلکه می‌تواند نتیجه مورد انتظار تولیدکننده را بهبود بخشیده، انگیزه‌های کارکنان را تقویت کند و دلیلی باشد برای پذیرش مسئولیت اجتماعی شرکت ها در جوامع و نزد مشتری های بالقوه و بالفعل(تقی تبار ملکشاه و دیگران، ۱۳۹۶). در همین رابطه و در کشورهای توسعه یافته و نیز در حال توسعه، صنایع در تمام سطوح در حال پیاده‌سازی فرآیندهای تولید هوشمند سبز، برای کاهش اثرات زیست‌محیطی خود هستند. مسائل مختلفی در حین اجرای روش‌های تولید هوشمند سبز بوجود می‌آیند و کسب و کارها هنوز قادر به شناسایی راه‌های توسعه نیستند. علاوه بر این، موانعی بر سر راه به‌کارگیری تولید هوشمند سبز در خودروسازان وجود دارد، از جمله عدم علاقه مدیریت سطح بالا به اتخاذ فن‌آوری‌های جدید، عدم بهبود عوامل

[1] Silva et al
[2] Majumdar et al
[3] Lee et al
[4] Monostori et al
[5] Oesterreich & Teuteberg
[6] Vaidya et al

مرتبط با قانون، ناتوانی در درک تولید هوشمند سبز و همچنین نبود مداخلات بالقوه بالادستی برای ادغام تولید سبز و هوشمند(آگاروال[1] و دیگران، ۲۰۲۲). در همین ارتباط، هنریک‌ها و کاتارینو[2] (۲۰۱۶)، نشان دادند، اهداف تولید هوشمند سبز برای افزایش بهره‌وری تنظیم می‌شود در حالی که هزینه‌های انرژی و تعامل انسانی را کاهش و سودآوری را افزایش می‌دهند. از جمله تحقیقات دیگر انجام شده در این حوزه، تحقیق گووندان و همکاران[3] (۲۰۱۴) است که در مجموع ۴۷ مورد را برای رسیدن به اهداف مورد در این زمینه کشف کردند. گزینه دیگر، کاهش هزینه‌های انرژی و استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر است که می‌توانند در حالی که ویژگی‌های مهم تولید سبز را در نظر می‌گیرند، به کار گرفته شوند(اسلام و دیگران[4]، ۲۰۱۶). پارکر و همکاران[5] (۲۰۰۹)نیز پیشنهاد کردند که محرک‌های مهم به دسته‌های داخلی و خارجی تفکیک شوند. در همین رابطه موانع مختلفی دیگری هم شناسایی شدند. به عنوان مثال، برخی از محققان ادعا می‌کنند که هزینه‌های پیاده‌سازی (راج و دیگران[6]، ۲۰۲۰)، کمبود نیروی کار با استعداد و ماهر، نگرانی‌های امنیتی، ناتوانی در یکپارچه‌سازی یکپارچه و سازگار بودن با فن‌آوری‌های مختلف و عدم وجود استانداردهای بین‌المللی برای صنعت ۴(مقتدر و دیگران[7]، ۲۰۱۸) با هم و معمولا از نقطه‌نظر تکنولوژیکی باید مورد توجه قرار گیرند. با توجه به هوروات و زابو[8] (۲۰۱۹)، پذیرش تحول دیجیتال در صنعت ۴.۰، نیز یک چارچوب پویا در رفع موانع ایجاد خواهد نمود. لذا، مشارکت مدیریت ارشد و تاثیر شرکای داخلی سازمان، مانند دفاتر میان رشته‌ای و نمایندگانی از هر سطح توسعه، به اتخاذ مفهوم صنعت ۴.۰ کمک خواهد کرد(کیل و دیگران[9]، ۲۰۱۷). طبق گفته گوناسکاران و همکاران[10] (۲۰۱۱)، پشتیبانی مدیریت ارشد برای اجرای فن‌آوری‌های جدید در سازمان مورد نیاز است اما به طور شگفت انگیزی، نه کارشناسان و نه دانشگاهیان درک خوبی از پیامدهای تحول دیجیتال ندارند. در ادامه، تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط با حوزه فناوری مالی و بانک، خلاصه و ذکر شده است:

آگاروال[11] و دیگران (۲۰۲۲)، در پژوهشی به اولویت‌بندی موانع تولید هوشمند سبز با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی در پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که محدودیت‌های مالی، مهم‌ترین مانع است؛ و به‌دنبال آن کمبود تأمین‌کنندگان اختصاصی، نگرانی از امنیت داده‌ها، عدم درک محیط پیرامون، تعهد ناکافی مدیریت ارشد، مدیریت صحیح رابطهای داده‌ها عدم حمایت دولت، عدم آموزش کارکنان، نگرانی از امنیت داده‌ها، عدم دانش محیطی، ترس از تغییر/مقاومت و محدودیت‌های تکنولوژی موانع بالقوه در تولید هوشمند سبز هستند. سینگ[12] و دیگران (۲۰۲۲)، در پژوهشی عوامل حیاتی پایداری تولید سبز در صنعت خودرو شناسایی و تحلیل نمودند. به‌این‌منظور، ابتدا عوامل حیاتی موفقیت تولید سبز از مرور ادبیات گسترده مشتق شدند. پایایی این عوامل از محاسبه آلفای کرونباخ به‌دست آمد. همچنین مقایسه زوجی این عوامل با فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شده؛ سپس این عوامل الویت‌بندی شدند. با کمک نتایج این مطالعه، عوامل حیاتی موفقیت تولید سبز شناسایی شده و همچنین وزن هرکدام در صنعت خودروسازی مشخص شد. بیات و دیگران (۱۴۰۱)، در پژوهشی به شناسایی عوامل اصلی بهبود مدیریت فرآیند تجارت (BPM)[13] با تمرکز بر تعامل سیستم‌های تولید هوشمند (SPS)[14]، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ (BDA)[15] و سیستم‌های فیزیکی سایبری (CPS)[16]" در بازار خودروی ایران پرداختند. به‌این‌منظور از روش آمیخته، از ترکیب دو مجموعه رویکردهای کیفی و کمی استفاده شد. در این مطالعه، پژوهشگران با استفاده از روش‌های اسنادی، کتابخانه‌ای و مرور ادبیات موضوع، شاخص‌ها و مؤلفه‌های بازیابی تعاملی اطلاعات و همچنین عوامل اصلی نظریه بهبود مدیریت فرآیند تجارت یا (مدیریت فرآیند کسب‌وکار) با تمرکز بر تعامل سیستم‌های تولید هوشمند (SPS)، تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ و سیستم‌های فیزیکی سایبری برای ارائه یک مدل مفهومی شناسایی و مؤلفه-های اصلی و فرعی را در این خصوص استخراج کردند. همچنین به منظور بهبود مستمر کارایی کسب‌وکار پیشنهاداتی ارائه شد. گورکی[17] و دیگران (۲۰۲۰)، در پژوهشی یک چارچوب توزیع شده چند جزئی برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم تولید هوشمند در صنعت خودرو ارائه دادند. در این مطالعه، یک اتصال

[1] Agarwal
[2] Henriques & Catarino
[3] Govindan et al
[4] Islam et al
[5] Parker et al
[6] Raj et al
[7] Moktadir et al
[8] Horvath & Szabo
[9] Kiel et al
[10] Gunasekaran et al
[11] Agarwal
[12] Singh
[13] Business Process Management
[14] Smart Production System
[15] Big Data Analytics
[16] Cyber-Physical Systems
[17] Gorecki

این پلتفرم با دستگاه‌های خارجی اینترنت اشیا (IoT)[1] پیاده-سازی شده است. علاوه بر این، هماهنگ‌سازی اجزا و خدمات مختلف تولید هوشمند، از طریق مدل‌های تجاری قابل تنظیم به‌دست می‌آید. در ادامه، یک مطالعه موردی صنعت خودرو با موفقیت آزمایش شد؛ تا پایداری زنجیره‌های تأمین هوشمند و کارخانه‌های تولیدی را نشان دهد که امکان اتصال بهتر با محیط واقعی آن‌ها را فراهم می‌کند. علویان[2] و دیگران (۲۰۲۰)، در پژوهشی به بررسی سیستم‌های تولید هوشمند: خودکارسازی تصمیم‌گیری در محیط تولیدپرداختند. در این مطالعه، معماری سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تولید قابل برنامه‌ریزی با مدیریت حلقه توصیف شد، مبانی نظری/تحلیلی تولید قابل برنامه‌ریزی تشریح شده، و پیاده‌سازی نرم‌افزار/سخت‌افزار آن توضیح داده شد، و همچنین نمایش‌هایی از عملکرد سیستم تولید هوشمند مبتنی بر تولید قابل برنامه‌ریزی در دو سیستم تولید: مونتاژ زیر بدنه خودرو (تولید با حجم زیاد) و کارخانه گالوانیزه گرم نشان داده شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تولید قابل برنامه‌ریزی می‌تواند به طور سودمندی برای خودکارسازی تصمیم‌گیری در محیط تولید استفاده شود. با استفاده از فناوری سنجش، محاسبات و ارتباطات صنعت ۴.۰، سیستم تولید هوشمند مبتنی بر تولید قابل برنامه‌ریزی عناصر هوش مصنوعی را به کارخانه می‌آورد و در نتیجه سیستم‌های تولید را هوشمند می‌کند. محمدی (۱۳۹۹)، در پژوهشی به ارائه مدیریت استراتژی زیست‌محیطی صنایع با استفاده از روش AHP و SWAT" پرداختند. با توجه به نتایج، مدل تحقیق دارای ۴ سطح می‌باشد شامل هدف (ارائه مدیریت استراتژی زیست محیطی صنایع) ۵ معیار (عوامل اقلیمی، عوامل ژئومرفولوژیکی، عوامل زیست‌محیطی، عوامل فرهنگی و اجتماعی، عوامل اقتصادی)، سطح زیر معیارها و در نهایت سه گزینه انتخابی (مدیریت پایش صنایع و کنترل آلودگی، مدیریت جلوگیری از آلودگی صنایع، مدیریت رفع آلودگی در صنایع). پس از تحلیل نهایی نظر کارشناسان در نرم‌افزار Expert Choice این نتیجه حاصل شد که مدیریت پایش صنایع و کنترل آلودگی بهترین گزینه دراین منطقه است؛ زیرا علاوه بر اینکه آسیب خاصی به منطقه وارد نمی‌شود؛ صرفه اقتصادی نیز به دنبال دارد. سپس در تحلیل SWOT منطقه مهم‌ترین نقاط قوت و ضعف و تهدیدات و فرصت‌های پیش‌روی مدیریت استراتژی صنایع در منطقه شناسایی شده و راهکارهایی جهت اعمال مدیریتی مناسب در منطقه ارائه شد. رحیم نیا و دیگران (۱۳۹۷)، در پژوهشی به بررسی نقش واسط استراتژی تولید سبز در رابطه بین نگرانی‌های زیست‌محیطی و شدت رقابت با مزیت رقابتی تمایز" پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد نگرانی‌های زیست‌محیطی و شدت رقابت بر استراتژی تولید دوستدار محیط‌زیست تأثیر مثبت و معناداری دارد و همچنین نقش میانجی استراتژی تولید سبز نیز مورد تأیید قرار گرفت.

روش‌شناسی

تحقیق حاضر به لحاظ هدف، کاربردی، به لحاظ روش گردآوری داده ها، اکتشافی و به لحاظ ماهیت داده‌ها، کیفی و کمی (آمیخته) است. روش گردآوری داده‌ها و تحلیل در بخش کیفی، مصاحبه و تحلیل تم و در بخش کمی، پرسشنامه و تکنیک دیمتل است. مشارکت کنندگان در تحقیق برای انجام مصاحبه های عمیق و نیز پاسخ به پرسشنامه، شامل مدیران و کارشناسان شرکت‌های ایران خودرو، مستقر در استان تهران و همچنین اساتید دانشگاه، بودند. این مطالعه از اسفند ۱۴۰۰ تا آبان ۱۴۰۱ به مدت هشت ماه طول کشید. نمونه گیری به روش غیر احتمالی گلوله برفی انجام شد. به منظور انتخاب هدفمند مصاحبه‌شونده‌ها، ابتدا فهرستی از افراد توانمند در حوزه‌های تولید سبز و فناوری دیجیتال توسط محقق تهیه و سپس با مراجعه به آنان در صورت تمایل مصاحبه انجام گرفت. در فرآیند مصاحبه با افراد مورد نظر در صورتی که آنان، فرد مورد نظر دیگری را که تخصصی در زمینه تولید سبز و فناوری دیجیتال داشت، معرفی می‌کردند در صورت لزوم با وی نیز مصاحبه صورت می‌گرفت. شایان ذکر است که مطابق فرایند تحقیق کیفی به منظور پربارتر شدن داده‌ها سعی شد، گروه‌های متنوعی شامل خبرگان صنعتی و دانشگاهی مورد مصاحبه قرار گیرند تا از سوگیری داده‌ها جلوگیری شود. نمونه گیری و مصاحبه تا جایی تداوم یافت که کفایت و اشباع داده ها صورت گرفت و محقق با دریافت اطلاعات متمایزی مواجه نگردید. براین اساس و به طور کلی تعداد نمونه‌ها در تحقیق حاضر ۲۰ نفر بود و زمان مصاحبه ها بین ۳۰ تا ۶۰ دقیقه به طول انجامید. روش تحلیل داده ها در بخش کیفی، بر مبنای روش تحلیل تم بود. تحلیل تم نوعی تحلیل محتوای داده‌هاست. همچنین، به منظور اطمینان از پایایی نتایج مصاحبه‌ها، کدگذاری اولیه انجام و در فاصله زمانی کوتاهی، کدگذاری‌ها بازبینی شد. افزون براین، از یکی دانشجویان دکتری مدیریت صنعتی درخواست شد تا به عنوان همکار پژوهش (کدگذار دوم) در پژوهش مشارکت کرده و در بازبینی کدگذاری‌ها کمک کند. به منظور اطمینان از اعتبار و روایی مصاحبه‌ها تلاش شد تا پیش از مصاحبه، ادبیات موضوعی همکاری بانک و فینتک، بررسی شود تا سؤالات مصاحبه بر مبنای

[1] Internet of Things

[2] Alavian

مطالعات نظری قبلی ارائه شود. علاوه بر، این پس از تحلیل و تم بندی داده‌ها نتایج مجددا به مشارکت کنندگان ارائه شد و نظرهای تکمیلی آنها دریافت گردید. علاوه‌براین، جهت تعیین روابط علی- معلولی و اولویت‌بندی عوامل، از ابزار پرسشنامه و تکنیک دیمتل استفاده شده است.

یافته‌ها

شناسایی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال

همانگونه که در بخش روش تحقیق ذکر شد، در تحقیق حاضر به منظور جمع‌آوری داده‌ها در بخش کیفی، از مصاحبه و جهت تحلیل از روش تحلیل تم(مضمون)، استفاده گردید. بر همین اساس و باهدف جمع‌آوری داده‌های کیفی، پس از بررسی ادبیات مرتبط با مبحث تحقیق، چارچوبی برای طرح پرسش‌های مصاحبه‌ها با خبرگان تدوین گردید. در ادامه، ۲۰ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت¬های ایران خودرو، مستقر در استان تهران و همچنین اساتید دانشگاه، از طریق روش نمونه‌گیری گلوله برفی، انتخاب شدند. در فاز دوم، مصاحبه‌های انجام‌شده با روش تحلیل تم استقرایی شش مرحله‌ای براون و کلارک[1] (۲۰۰۶)، کدگذاری گردید. بر این اساس و در طی مرحله آشنایی با داده‌ها، شواهد گفتاری شناسایی شده(۶۸ مورد) از متن مصاحبه ها در قالب ۲۳ کد اولیه برچسب‌زنی شد. در ادامه نمونه ای از چگونگی انجام مراحل آشنا شدن و برچسب زنی داده‌ها، ارائه شده است.

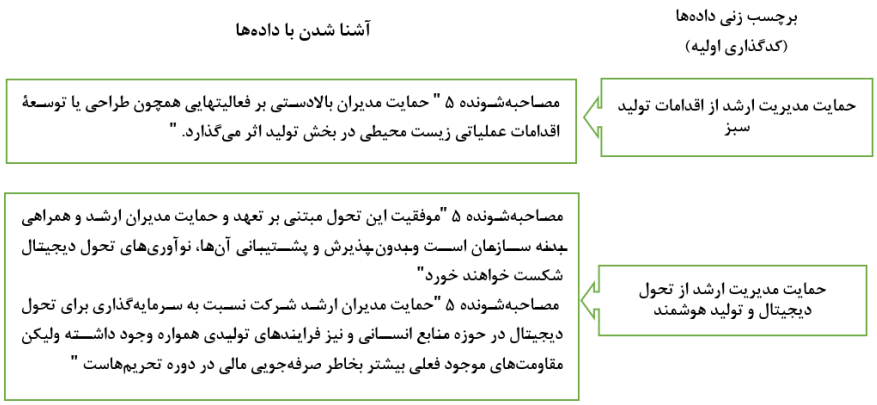
مشارکت کننده ۵ :"... اتخاذ تحول دیجیتال اجتناب ناپذیر است. صنعت خودرو و به طور مشخص شرکت ایران خودرو باید به چالش‌های جهانی شدن و شهرنشینی مبتنی بر فناوری دیجیتال پاسخ دهد. باید با ادغام فعالیت‌های خود با یک اکوسیستم دیجیتال جدید مدرن شود. در همین رابطه تحول دیجیتال فرصتی برای توسعه راه حل‌هایی برای غلبه بر مشکلات پیچیده موجود فراهم آورده است. بنابراین، ایران خودرو هرگز نباید روند تحول دیجیتال را نادیده بگیرد. این شرکت می‌تواند برای قدم برداشتن در مسیر تحول دیجیتال، از تجربیات شرکت‌هایی مطرح خودروسازی استفاده کند. استفاده از تجربه دیگران می‌تواند مسیر سفر دیجیتال را هموار کند. تحول دیجیتال، مزایای زیادی برای شرکت ایران خودرو دارد. امکان راه اندازی خدمات دیجیتالی جدید، طراحی محصولات مشتری محور، بهینه سازی زنجیره تأمین و نهایتاً دستیابی کامل به تولید هوشمند و محوریت مسائل زیستمحیطی. با این حال، برای موفقیت در تحول دیجیتال، علاوه بر اعمال چارچوب مناسب، باید موانع موجود هم شناسایی و رفع گردد. که این مهم با حمایت مدیران ارشد قابل دستیابی است. حمایت مدیران بالادستی بر فعالیتهایی همچون طراحی یا توسعهٔ اقدامات عملیاتی زیست محیطی اثر می‌گذارد. حقیقت این است که مقاومت در مقابل تغییر و تحول، زمینه‌ساز ورود به مسیر انقراض است. عدم همکاری و همگامی تمامی سطوح سازمان با رویکرد تحول دیجیتال از دیگر عوامل شکست تحول دیجیتال و هوشمندسازی تولید است. اصولاً موفقیت این تحول مبتنی بر تعهد و حمایت مدیران ارشد و همراهی بدنه سازمان است و بدون پذیرش و پشتیبانی آن‌ها، نوآوری‌های تحول دیجیتال شکست خواهند خورد. از همین روی، حمایت مدیران ارشد شرکت نسبت به حمایت از سرمایه‌گذاری برای تحول دیجیتال در حوزه منابع انسانی و نیز فرایندهای تولیدی همواره وجود داشته ولیکن مقاومت‌های موجود فعلی بیشتر بخاطر صرفه‌جویی مالی در دوره تحریم‌هاست. ..."

نمونه ای از چگونگی انجام مراحل آشناشدن و برچسب زنی داده‌ها در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است.

در ادامه، کدهای اولیه بدست آمده مورد بررسی قرار گرفته و سپس پژوهشگر کدهایی که از نظر معنی و مفهوم به یکدیگر نزدیک هستند و به اصطلاح قرابت معنایی با یکدیگر دارند را در یک گروه قراد داده و به خلق معانی و واژه‌های جدید می‌پردازد. در حقیقت پژوهشگر کدها را در قالب تم‌های فرعی دسته بندی می‌شوند. برای آشنایی بیشتر با چگونگی این دسته‌بندی‌ها، یک نمونه در جدول ۱ آورده شده است.

با توجه به جدول ۱، مواردی از حمایت مدیریت ارشد از اقدامات تولید سبز و نیز حمایت مدیریت ارشد از تحول دیجیتال و تولید هوشمند، در یک دسته تحت عنوان تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، قرار می‌گیرند. با توجه به نمونه ارائه شده، نتایج نهایی حاصل از این دسته بندی و یا به عبارت دیگر احصای تم‌های فرعی و نیز تم اصلی پژوهش، به جهت رعایت اختصار در جدول ۲، ارائه شده است.

[1] Braun & Clarke



شکل ۱. نمونه ای از چگونگی انجام مراحل آشناشدن و برچسب زنی داده‌ها

جدول ۱.نمونه ای از چگونگی انجام مرحله طبقه بندی کدهای اولیه و تشکیل تم فرعی

تم فرعی	کد اولیه	شواهد گفتاری (عدد داخل پرانتز نشان‌دهنده کد مصاحبه شونده است)
تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند	حمایت مدیریت ارشد از اقدامات تولید سبز	ـ مصاحبه‌شونده ۳ "مدیران و مقامات ارشد باید خودشان علاقه‌مند به فعالیت‌های مرتبط با تولید سبز باشند" مصاحبه‌شونده ۵ "حمایت مدیریت بالادستی بر فعالیتهایی همچون طراحی یا توسعهٔ اقدامات عملیاتی زیست محیطی در حوزه تولید سبز اثر می‌گذارد"
	حمایت مدیریت ارشد از تحول دیجیتال و تولید هوشمند	ـ "مصاحبه‌شونده ۵ "موفقیت این تحول [دیجیتال] مبتنی بر تعهد و حمایت مدیران ارشد و همراهی بدنه سازمان است و بدون پذیرش و پشتیبانی آن‌ها، نوآوری‌های تحول دیجیتال شکست خواهند خورد" مصاحبه‌شونده ۵ " حمایت مدیران ارشد شرکت نسبت به سرمایه‌گذاری برای تحول دیجیتال در حوزه منابع انسانی و نیز فرایندهای تولیدی همواره وجود داشته ولیکن مقاومت‌های موجود فعلی بیشتر بخاطر صرفه‌جویی مالی در دوره تحریم‌هاست "

جدول ۲. خلاصه نتایج پژوهش حاضر در بخش تحلیل تم

تم اصلی	تم فرعی	علامت اختصاری	کدگذاری اولیه
عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال	دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند	C1	لزوم تحول صنعت خودرو در عصر دیجیتال
			دستیابی به ماشین‌آلات و خطوط تولید هوشمند سبز
	تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز	C2	تسهیل قوانین و سیاست‌های ملی
			تدوین سیاست‌های تولید سبز با توجه به شرایط و سیاست‌های بازار هدف
	تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند	C3	حمایت مدیریت ارشد از اقدامات تولید سبز
			حمایت مدیریت ارشد از تحول دیجیتال و تولید هوشمند
	طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو	C4	بازیافت قطعات مصرفی خودرو با اهداف زیست محیطی
			بازیافت قطعات مصرفی خودرو با اهداف اقتصادی
	تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز	C5	بکارگیری کارکنان با سطح مهارت بالا
			آموزش مهارت‌های لازم به کارکنان

تم اصلی	تم فرعی	علامت اختصاری	کدگذاری اولیه
	هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز	C6	تشویق بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در تولید محصولات سبز هوشمند
			بهبود فضای تولید و کسب و کار و ارتقا سطح رقابت پذیری و پیش بینی پذیری صنعت خودرو
	صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز	C7	صیانت از تولیدات ملی
			صیانت از نیروی انسانی خلاق و ماهر
	توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز	C8	فراهم سازی محیطی برای ارائهٔ پیشنهادها
			حمایت از تحقیقات تجربی مرتبط
	تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک)	C9	برندسازی
			بومی‌سازی
			مونتاژکاری یا تولید مشترک
	تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند	C10	عدم قطعیت در تأمین مواد اولیه و قطعات مورد نیاز
			رفع بحران نقدینگی صنعت خودرو
	تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند	C11	آگاهی سبز در مصرف‌کنندگان
			جلب اعتماد مشتری به محصول تولیدی

تعیین روابط متقابل و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل

تکنیک دیمتل ازانواع روش‌های تصمیم‌گیری بر پایه مقایسات زوجی می‌باشد. این تکنیک جهت شناسائی الگوی روابط علی میان مجموعه‌ای از متغیرها استفاده می‌شود. این روش روابط علی و معلولی و اثرپذیری و اثرگذاری عامل ها را نشان می‌دهد و متخصصان قادرند با کمک این روش با تسلط بیشتری به بیان نظرات خود در رابطه با اثرات (جهت و شدت اثرات) میان عوامل بپردازند. در این پژوهش به منظور تعیین معیارهای اثرگذار و اثر پذیر و همچنین برای رسم الگوی تحقیق، از روش دیمتل استفاده شد.

گام ۱: تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم(M)

برای شناسائی الگوی روابط میان n معیار ابتدا یک ماتریس n×n تشکیل می‌شود. تأثیر عنصر مندرج در هر سطر بر عناصر مندرج در ستون در این ماتریس درج می‌شود. اگر از دیدگاه بیش از یک نفر استفاده شود، هریک از خبرگان باید ماتریس موجود را تکمیل کنند. سپس از میانگین ساده نظرات استفاده می‌شود و ماتریس ارتباط مستقیم X تشکیل داده می شود.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & x_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

جدول ۳، ماتریس ارتباط مستقیم که همان مقایسات زوجی خبرگان هست را نشان می‌دهد

جدول ۳. جدول ماتریس ارتباط مستقیم

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	0	1	2	2	2/33	2/33	2/33	1/66	2/33	1/33	1
C2	1	0	1/66	1	1/66	1/66	1/66	1/33	1	2/66	1
C3	1/66	1	0	1	2	2/66	2/66	1	1/66	1	1/33
C4	3	1	1/33	0	2/33	2/66	1/33	2/33	2/66	2/66	1/66
C5	3	1/33	2/66	1/66	0	2	2/33	1/66	1/66	1	2
C6	1/66	1/33	2	1/33	1/33	0	2/33	1/33	1	1/33	1
C7	2	1/33	1/33	2/33	1/33	2/33	0	2/33	2/66	1/66	1/33
C8	1/33	1/33	2/33	2/33	2	2/33	2	0	1/66	1/33	1
C9	2/66	2	2/33	1/66	1/33	2	2/33	2/33	0	1/66	1/33
C10	2	1	2	2/33	1	2/33	1/66	2/33	2/33	0	1
C11	1	1/33	1/66	1/33	1/66	2	2	2	2	1/66	0

گام ۲: نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم

برای نرمال سازی ابتدا جمع تمامی سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط مستقیم محاسبه می‌شود. بزرگترین عدد مجموع سطرها و ستون‌ها با k نمایش داده خواهد شد. برای نرمال سازی باید تک‌تک درایه‌های ماتریس ارتباط مستقیم بر k تقسیم شود.

$$k = max\left\{max\sum_{j=1}^{n} x_{ij}, \sum_{i=1}^{n} x_{ij}\right\}$$

$$N = \frac{1}{k} * X$$

گام ۳: محاسبه ماتریس ارتباط کامل

بعد از محاسبه ماتریس های نرمال، ماتریس روابط کل فازی با توجه به رابطه زیر به‌دست می‌آید .

$$T = \lim_{k\to+\infty}(N^1 + N^2 + \cdots + N^k)$$

به عبارتی دیگر ابتدا یک ماتریس همانی n×n تشکیل می‌دهیم، سپس این ماتریس همانی را منهای ماتریس نرمال کرده و ماتریس حاصل را معکوس می‌کنیم. ماتریس نرمال در ماتریس حاصل ضرب می‌شود تا ماتریس ارتباط کامل بدست آید.

$$\mathrm{T} = \mathrm{N} \times (I - N)^{-1}$$

ماتریس همانی یا یکه ماتریسی است که تمامی درایه‌های آن غیر از قطر اصلی صفر است. جدول ۵ ماتریس ارتباط کامل را نشان می‌دهد.

گام ۴: محاسبه ماتریس ارتباط داخلی

برای محاسبه ماتریس روابط داخلی باید ارزش آستانه محاسبه شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف‌نظر کرده و شبکه روابط قابل اعتنا یا و همان نقشه شبکه روابط (NRM)را ترسیم کرد. تنها روابطی که مقادیر آنها در ماتریس T از مقدار آستانه بزرگتر باشد در NRM نمایش داده خواهد شد. برای محاسبه مقدار آستانه روابط کافی است تا میانگین مقادیر ماتریس T محاسبه شود. بعد از آنکه شدت آستانه تعیین شد، تمامی مقادیر ماتریس T که کوچکتر از آستانه باشد صفر شده یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود.

جدول ۴. جدول ماتریس ارتباط مستقیم نرمال شده

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	0	0/05	0/09	0/09	0/1	0/1	0/1	0/07	0/1	0/06	0/05
C2	0/05	0	0/07	0/05	0/07	0/07	0/07	0/06	0/05	0/12	0/05
C3	0/07	0/05	0	0/05	0/09	0/12	0/12	0/05	0/07	0/05	0/06
C4	0/14	0/05	0/06	0	0/1	0/12	0/06	0/1	0/12	0/12	0/07
C5	0/14	0/06	0/12	0/07	0	0/09	0/1	0/07	0/07	0/05	0/09
C6	0/07	0/06	0/09	0/06	0/06	0	0/1	0/06	0/05	0/06	0/05
C7	0/09	0/06	0/06	0/1	0/06	0/1	0	0/1	0/12	0/07	0/06
C8	0/06	0/06	0/1	0/1	0/09	0/1	0/09	0	0/07	0/06	0/05
C9	0/12	0/09	0/1	0/07	0/06	0/09	0/1	0/1	0	0/07	0/06
C10	0/09	0/05	0/09	0/1	0/05	0/1	0/07	0/1	0/1	0	0/05
C11	0/05	0/06	0/07	0/06	0/07	0/09	0/09	0/09	0/09	0/07	0

جدول ۵. جدول ماتریس ارتباط کامل

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	0/33	0/26	0/4	0/37	0/38	0/46	0/44	0/37	0/41	0/32	0/26
C2	0/3	0/17	0/33	0/27	0/29	0/36	0/34	0/3	0/3	0/32	0/21
C3	0/35	0/23	0/28	0/29	0/33	0/43	0/41	0/31	0/34	0/27	0/24
C4	0/49	0/29	0/42	0/33	0/42	0/52	0/45	0/44	0/46	0/41	0/31
C5	0/46	0/28	0/44	0/37	0/3	0/47	0/45	0/38	0/4	0/32	0/31
C6	0/33	0/23	0/34	0/29	0/28	0/3	0/37	0/3	0/3	0/27	0/22
C7	0/41	0/28	0/38	0/39	0/34	0/47	0/35	0/4	0/43	0/34	0/27
C8	0/37	0/26	0/4	0/37	0/35	0/45	0/41	0/29	0/37	0/31	0/25
C9	0/45	0/31	0/43	0/37	0/36	0/47	0/46	0/41	0/33	0/35	0/28
C10	0/4	0/26	0/4	0/38	0/32	0/46	0/41	0/39	0/4	0/26	0/25
C11	0/34	0/25	0/36	0/32	0/32	0/41	0/39	0/36	0/37	0/31	0/19

مقدار آستانه در این تحقیق برابر ۰/۳۴۹ است. تمامی مقادیر ماتریس T که کوچکتر از ۰/۳۴۹ باشند، یعنی آن رابطه علی در نظر گرفته نمی‌شود. به طور مثال و با توجه به جدول ۶، مولفه دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند- C1 بر مولفه های تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند- C3، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو- C4، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز- C5، هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز- C6، صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز- C7، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز- C8، تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک) – C9، اثر می‌گذارد. در حالی که هیچ‌کدام از چالش‌های و راهبردها، اثر می‌گذارد. بنابراین الگوی روابط معنی دار به صورت جدول ۶ است.

گام ۵: خروجی نهایی و ایجاد نمودار علی

گام بعدی به‌دست آوردن مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس T است. مجموع سطرها (D) و ستون‌ها (R) با توجه به فرمول‌های زیر به‌دست می‌آورده می شود.

$$D = \sum_{j=1}^{n} T_{ij}$$
$$R = \sum_{i=1}^{n} T_{ij}$$

سپس با توجه به D و R ، مقادیر D+R و D-R را به دست می آورده می شود که به ترتیب نشان دهنده میزان تعامل و قدرت تأثیرگذاری عوامل هستند. خروجی نهائی در جدول ۷، آمده است.

شکل ۱ نیز الگوی روابط معنی‌دار(متقابل) را نشان می‌دهد. این الگو در قالب یک نمودار هست که در آن محور طولی مقادیر D + R و محور عرضی براساس D - R می‌باشد. موقعیت و روابط هر عامل با نقطه‌ای به مختصات (D + R, D - R) در دستگاه معین می‌شود.

در ادامه، با توجه به روابط زیر، مولفه های توسعه استراتژی-های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال در شرکت ایران خودرو اولویت‌بندی شدند.

$$\omega_i = ((D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2)^{\frac{1}{2}}$$
$$W_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^{n} \omega_i}$$

با توجه به نتایج جدول ۸، صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز، بالاترین اولویت را در میان تمامی مولفه به خود اختصاص داده است و مولفه‌های تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک) ، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو، دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند، هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز، تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند، تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند، تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز، به ترتیب در اولویت دوم تا یازدهم قرار گرفتند.

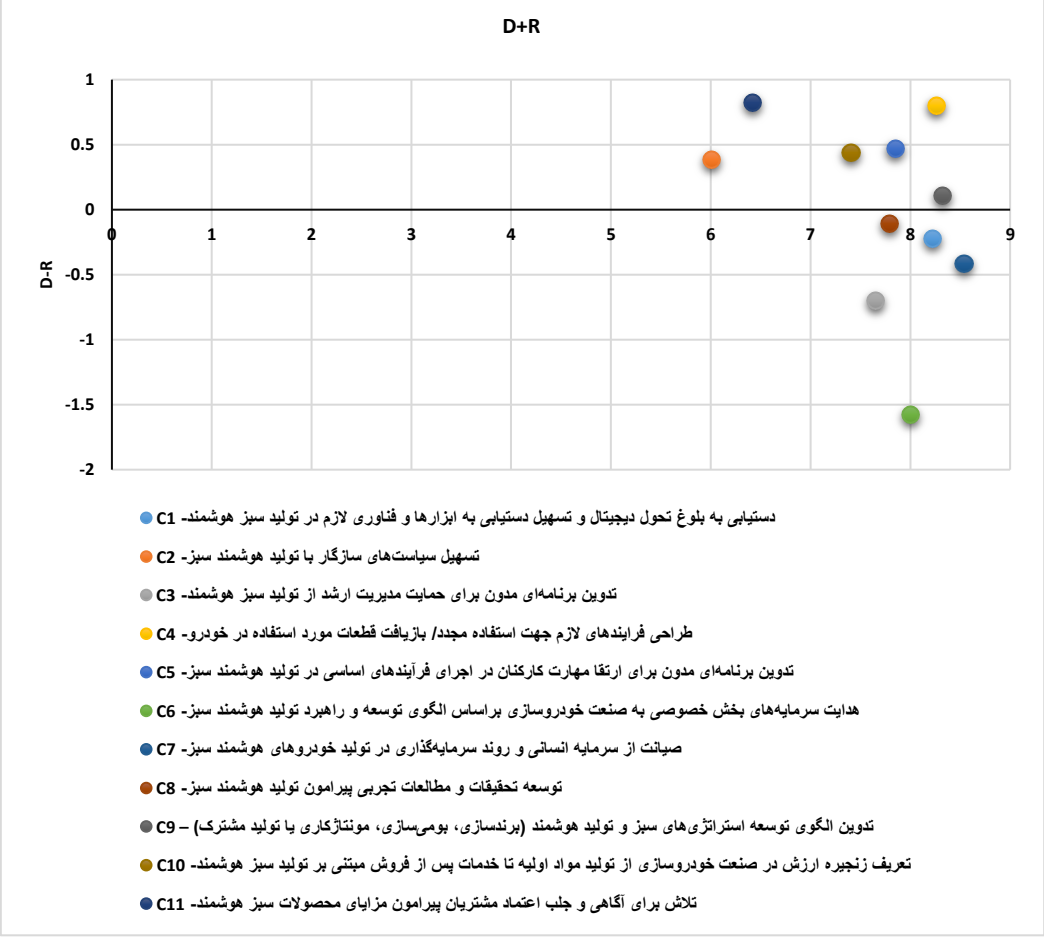
جدول ۶. جدول روابط معنی دار(متقابل)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
C1	0	0	0/4	0/37	0/38	0/46	0/44	0/37	0/41	0	0
C2	0	0	0	0	0	0/36	0	0	0	0	0
C3	0/35	0	0	0	0	0/43	0/41	0	0	0	0
C4	0/49	0	0/42	0	0/42	0/52	0/45	0/44	0/46	0/41	0
C5	0/46	0	0/44	0/37	0	0/47	0/45	0/38	0/4	0	0
C6	0	0	0	0	0	0	0/37	0	0	0	0
C7	0/41	0	0/38	0/39	0	0/47	0	0/4	0/43	0	0
C8	0/37	0	0/4	0/37	0/35	0/45	0/41	0	0/37	0	0
C9	0/45	0	0/43	0/37	0/36	0/47	0/46	0/41	0	0/35	0
C10	0/4	0	0/4	0/38	0	0/46	0/41	0/39	0/4	0	0

C11	0	0	0/36	0	0	0/41	0/39	0/36	0/37	0	0

جدول ۷. خروجی نهایی

D-R	D+R	D	R	
-0/223	8/224	4	4/223	دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند- C1
0/386	6/009	3/197	2/811	تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز- C2
-0/697	7/656	3/479	4/176	تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند- C3
0/8	8/262	4/531	3/731	طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو- C4
0/467	7/852	4/16	3/693	تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز- C5
-1/575	8/003	3/214	4/789	هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز- C6
-0/415	8/539	4/062	4/477	صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز- C7
-0/112	7/793	3/841	3/952	توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز- C8
0/109	8/322	4/215	4/107	تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک) – C9
0/438	7/407	3/923	3/484	تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند- C10
0/821	6/423	3/622	2/801	تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند- C11



شکل ۱-مختصات مولفه ها با توجه به *D-R*،*D+R*

جدول ۸-اولویت بندی مولفه ها

شاخص	ωi	Wi	اولویت
صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز- C7	8/549	0/101	1
تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک) – C9	8/323	0/098	2
طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو- C4	8/301	0/098	3
دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند- C1	8/226	0/097	4
هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز- C6	8/157	0/096	5
تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز- C5	7/867	0/093	6
توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز- C8	7/794	0/092	7
تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند- C3	7/687	0/091	8
تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند- C10	7/420	0/087	9
تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند- C11	6/475	0/076	10
تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز- C2	6/020	0/071	11

نتیجه‌گیری و بحث

هر تحقیقی باهدف دستیابی به نتایجی جهت افزایش آگاهی و با کمک به تصمیم‌گیری در مورد مسئله‌های خاص صورت می‌گیرد و ارزش یک تحقیق به میزان کمکی که در این راستا به پژوهشگر یا تصمیم گیرنده می کند، بستگی دارد. در همین رابطه، تحقیق حاضر شناسایی الگوی مدیریتی روابط علی و اولویت بندی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال مد نظر قرار داد. با توجه به اهمیت مسئله پژوهش و همچنین مروری بر ادبیات و پیشینه تحقیق، ضرورت انجام تحقیق مذکور احساس گردید. محقق در گام‌های ابتدایی تحقیق و با توجه به مطالعات اولیه خود در زمینه موضوع پژوهش، به این نکته رسید که محققان گذشته اجماع قابل توجهی در خصوص تعریف، انواع و ابعاد مختلف توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال در شرکت ایران خودرو ندارند. بررسی‌ها نشان می‌داد که از دید برخی از صاحب‌نظران، دلیل اصلی تحقق نیافتن چنین اجماعی، عدم توجه مناسب به ماهیت چند وجهی و چالش‌های موجود در توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند بود. لذا، با توجه به معدود بودن تحقیقات در این خصوص، احتمال طراحی مدل مذکور، ضعیف جلوه می‌داد. بنابراین، اتخاذ روش‌های آمیخته که بتواند نتایج تحقیق را به صورت نظام‌مند در بیاورد و به پژوهشگران در دست یافتن به مدلی منظم یاری رساند، ضروری به نظر رسید. بر این اساس رویکرد تحلیل تم که هنوز به طور گسترده در این حوزه استفاده نشده و می‌توانست ابزار ارزشمندی برای تسهیل در رویه شناسایی مولفه‌ها باشد؛ برای پاسخ به سوال اول تحقیق مبنی بر شناسایی مولفه های موثر بر توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال در شرکت ایران خودرو انتخاب گردید.

با توجه به نتایج پژوهش (**Error! Reference source not found.**)، در تحقیق حاضر و در بخش کیفی، به منظور جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، از مصاحبه و جهت تحلیل از روش تحلیل تم (مضمون)، استفاده شد. بر همین اساس و باهدف جمع‌آوری داده‌های کیفی، پس از بررسی ادبیات مرتبط با مبحث تحقیق، چارچوبی برای طرح پرسش‌های مصاحبه‌ها با خبرگان تدوین گردید. در ادامه، ۲۰ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت-های ایران خودرو، مستقر در استان تهران و همچنین اساتید دانشگاه، از طریق روش نمونه‌گیری هدفمند قضاوتی انتخاب شدند. در فاز دوم، مصاحبه‌های انجام‌شده با روش تحلیل تم استقرایی شش مرحله‌ای کلارک و براون، کدگذاری گردید. بر این اساس و در طی مرحله آشنایی با داده‌ها، شواهد گفتاری (۶۸ مورد) شناسایی شده ازمتن مصاحبه ها در قالب ۳۳ کد اولیه برچسب‌زنی شد. سپس، کدهای اولیه در قالب ۱۱ تم فرعی و سپس، یک تم اصلی دسته‌بندی شدند. در ادامه به جهت تعیین

روابط متقابل(اثرگذاری و اثرپذیری)(جدول ۶) و نیز اولویت‌بندی مولفه‌ها تحقیق(جدول ۸) با روش دیمتل انجام شد. در همین رابطه، هر یک از مولفه های مرتبط با توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال در شرکت ایران خودرو ، براساس خروجی نهایی بخش دیمتل (جدول ۷)، با توجه به مختصات مولفه‌ها براساس D-R،D+R (**Error! Reference source not found.**) را می‌توان از چهار جنبه بررسی نمود که در ادامه به آن پرداخته شده است. همچنین پیرامون میزان تاثیر گذاری متغیرها؛ جمع عناصر هر سطر (D) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرگذاری آن عامل بر سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو، از بیشترین تاثیر گذاری برخوردار است و تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک) ، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز، صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز-، دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند، تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز، تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند، تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز و تسهیل دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز در درجات بعدی تاثیرگذاری قرار دارند. افزون براین و پیرامون میزان تاثیرپذیری متغیرها؛ جمع عناصر ستون (R) برای هر عامل نشانگر میزان تاثیرپذیری آن عامل از سایر عامل‌های سیستم است. در این تحقیق هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز از بیشترین تاثیر پذیری برخوردار است و صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز، دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند، تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک)، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز، تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند، تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز و تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند در درجات بعدی تاثیرپذیری قرار دارند. این در حالی است که بردار افقی (D + R) میزان تاثیر و تاثر عامل مورد نظر در سیستم را نشان می دهد. به عبارت دیگر هرچه مقدار D + R عاملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد. در این تحقیق صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز از بیشترین تاثیر گذاری برخوردار است و تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک)، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو، دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند-، هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز، تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند، تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند و تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز در درجات بعدی تاثیرگذاری قرار دارند. علاوه براین، بردار عمودی (D - R) قدرت تاثیرگذاری هر عامل را نشان می‌دهد. بطور کلی اگر D - R مثبت باشد، متغیر یک متغیر علی محسوب می‌شود و اگر منفی باشد، معلول محسوب می‌شود. در این تحقیق تسهیل سیاست‌های سازگار با تولید هوشمند سبز، طراحی فرایندهای لازم جهت استفاده مجدد/ بازیافت قطعات مورد استفاده در خودرو، تدوین برنامه‌ای مدون برای ارتقا مهارت کارکنان در اجرای فرآیندهای اساسی در تولید هوشمند سبز، تدوین الگوی توسعه استراتژی‌های سبز و تولید هوشمند (برندسازی، بومی‌سازی، مونتاژکاری یا تولید مشترک)، تعریف زنجیره ارزش در صنعت خودروسازی از تولید مواد اولیه تا خدمات پس از فروش مبتنی بر تولید سبز هوشمند، تلاش برای آگاهی و جلب اعتماد مشتریان پیرامون مزایای محصولات سبز هوشمند علی بوده و

دستیابی به بلوغ تحول دیجیتال و تسهیل دستیابی به ابزارها و فناوری لازم در تولید سبز هوشمند، تدوین برنامه‌ای مدون برای حمایت مدیریت ارشد از تولید سبز هوشمند، هدایت سرمایه‌های بخش خصوصی به صنعت خودروسازی براساس الگوی توسعه و راهبرد تولید هوشمند سبز، صیانت از سرمایه انسانی و روند سرمایه‌گذاری در تولید خودروهای هوشمند سبز، توسعه تحقیقات و مطالعات تجربی پیرامون تولید هوشمند سبز معلول به حساب می آیند.

در همین رابطه، بررسی پیشینه تحقیقات داخلی و خارجی نشان داد، تحقیقی که به شناسایی الگوی مدیریتی روابط علی و اولویت بندی عوامل موثر بر تولید سبز در سیستم های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال، بپردازد، یافت نمی‌شود. در مجموع آنچه از جمع‌بندی پژوهش‌های موجود در این زمینه برمی‌آید این است که با توجه به اینکه هیچ کدام از پژوهش‌های قبلی، چه پژوهش‌های داخلی و چه پژوهش‌های خارجی به شکلی که در این پژوهش به توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال نگاه شده است، توجه نگردیده است؛ بنابراین این پژوهش از لحاظ هدف-گذاری و جنبه جدید بودن گزاره‌های خود به مانند پژوهش‌های قبلی نیست. با این وجود و به طور کلی، تحقیق حاضر به جهت پرداختن به مباحث تولید سبز، تولید هوشمند، تحول دیجیتال و صنعت خودرو با تحقیقات آگاروال[1] و دیگران (۲۰۲۲)، سینگ[2] و دیگران (۲۰۲۲)، بیات و دیگران (۱۴۰۱)، گورکی[3] و دیگران (۲۰۲۰)، علویان[4] و دیگران (۲۰۲۰)، محمدی (۱۳۹۹) و نیز تحقیق رحیم نیا و دیگران (۱۳۹۷) که بصورت مبسوط در بخش پیشینه تحقیق بررسی گردیدند، همسو است.

اهمیت تحقیق حاضر برای صنعت از این نظر است که میتوانند با درک صحیح از عوامل موثر در بلوغ تحول دیجیتال خود ضمن ارزیابی وضعیت جاری(اقدام به تدوین نقشه راه تحول دیجیتال صنعت خود نموده ودر برنامه ریزی های آتی)افق ۱۰۲۰ و بکار بردن الزامات مدیریتی مناسب در این خصوص موفقتر عمل نماید. نتایج این تحقیق نشان داد توجه به زیر ساخت های مدیریتی و زیر ساخت های فرهنگی در حدود ۸۰ درصد در تحول دیجیتال نقش داشته و بیشترین اولویت را در بلوغ تحول دیجیتال صنعت دفاعی مورد مطالعه دارد. همچنین مولفه های عملیات وفرآیندها و همچنین راهبرد دیجیتال در زیر ساخت مدیریتی، مولفه های فرهنگ دیجیتال و تعاون در زیر ساخت فرهنگی، مولفه های فناوری و اکوسیستم دیجیتال در زیر ساخت فناوری و مولفه های مهارت دیجیتال و بینش مشتری در زیر ساخت انسانی حائز بیشترین اهمیت بوده و باید محور تمرکز مدیران صنعت مورد مطالعه در تحول دیجیتال باشد. در ادامه پیشنهادات کاربردی زیر این زمینه قابل تامل است:

- ایجاد ساختار مناسب جهت مرکز تعالی صنعت مورد مطالعه به منظور راهبری هوشمند سازی وتحول دیجیتال با هدف کاهش هزینه، کیفی سازی و رقابت پذیر نمودن تولیدات در بازار های صادراتی.
- تاکید بر رویکرد همه جانبه به بیان دیگر اکوسیستم دیجیتال در تمامی مطالعات مرور شده حاکی از اهمیت بالای توجه همزمان مدیران صنعت مورد مطالعه به زیر ساختهای چهارگانه بلوغ تحول دیجیتال مطرح شده در این پژوهش است. همانطور که در پژوهش بووات و دیگران(۲۰۱۷) نیز تاکید گردیده، توجه به یک بعد و غفلت از ابعاد دیگر در صنایع منجر به رشد نامتوازن و عدم موفقیت در رسیدن به اهداف تحول دیجیتال خواهد شد.
- تهیه نقشه راه تحول دیجیتال بومی صنعت مورد مطالعه با کمک مراکز دانشگاهی و صنعت پیشرو کشور به منظور اطمینان یافتن از توسعه متوازن اکو سیستم دیجیتال ضرورت دارد.
- با توجه به تاکید خبرگان و نگاه صادرات محور در افق ۲۰ ساله صنعت موردمطالعه الزامی است، فناوری های از رده خارج بروز شده، با مهندسی مجدد فرآیندهای تولید و کیفی سازی تولیدات، امکان رقابت در بازار های منطقه ای جهانی فراهم آید.
- مدیران صنعت مورد مطالعه به این مهم توجه داشته باشند که برگزاری دوره های آموزشی حین خدمت جهت کارکنان به ویژه کارکنان فنی و آشنایی هر چه بیشتر آنها با فناوری های جدید باعث کاهش مقاومت در برابر ورود فناوری های جدید و انطباق پذیری کارکنان و فرآیند ها با هزینه کمتر می گردد.
- ایجاد سیستم ارتباط با مشتریان و کاربران محصولات تولیدی و دریافت نظرات و پیشنهادات آنها در جهت بهبود طراحی و کیفی سازی محصول نقش کلیدی دارد.
- انقلاب صنعتی چهارم، با ترکیب فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته (ICT) و فرآیندهای صنعتی سنتی، فرصت های زیادی را برای صنایع علی الخصوص صنعت

[1] Agarwal
[2] Singh
[3] Gorecki
[4] Alavian

خودرو فراهم میکند . توجه به این مهم می تواند ضمن تامین نیاز داخلی با بالاترین کیفیت و کمترین هزینه نگاهی بلند پروازانه به صادرات و کسب منافع اقتصادی بلند مدت از این صنایع برای کشور عزیزمان شود. شایسته است، صنعت خوروی کشور و شرکت های وابسته سرمایه گذاری بیشتری در حوزه تحول دیجیتال داشته باشند. افزایش بودجه توسعه فناوری اطلاعات و استفاده از فناوری های به روز در صنایع مذکور نیزبایستی مد نظر مسئولین امرباشد.

به طور کلی، می‌توان اظهار کرد که بازار پویای امروز، صنعت خودرو را به سمت بهبود استراتژی‌های رشد شرکت و کارایی سبز هوشمند مبتنی بر تحول دیجیتال سوق می‌دهد. صنایع خودرو سازی ایران و بطور خاص شرکت ایران خودرو، باید بجای حفاظت از آلودگی صِرف، با بکارگیری قابلیتهای دیجیتال به سوی توسعه استراتژی‌های سبز در سیستم‌های تولید هوشمند حرکت کنند. چراکه تقاضای زیادی برای تولیدات هوشمند جهت مطابقت با استانداردهای ملی و جهانی محیط‌زیست وجود دارد.

فهرست منابع

* بیات، علی؛ کاظمی بیدگلی، سید عباس؛ و خبیری، نوید. (۱۴۰۱). شناسایی عوامل اصلی بهبود مدیریت فرآیند تجارت (BPM) با تمرکز بر تعامل سیستم‌های تولید هوشمند (SPS)، تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ (BDA) و سیستم‌های فیزیکی سایبری (CPS) (مطالعه موردی: بازار خودروی ایران). *پژوهشهای جدید در مدیریت و حسابداری*، ۸۰(۸)، ۳۲۷-۳۳۷.
* پاینده، رضا؛ منطقی، منوچهر؛ و شهبازی، میثم. (۱۴۰۰). واکاوی و کشف الگوهای همکاری بانک‌های ایران با فین‌تک‌ها. *مدیریت نوآوری*، ۳۵(۱۰)، ۱۶۱-۱۸۸.
* تقی تبار ملکشاه، مهری. (۱۳۹۶). *ارزیابی روش‌های تولید سبز با استفاده از ترکیب مدل‌های DANP ،PROMETHEE (موردمطالعه: شرکت نفت و گاز پارس)* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد). دانشکده دانشگاه مازندران، دانشکده علوم اقتصادی و اداری.
* حسینی، مهدی صحاف. (۱۳۹۷). *شناسایی و رتبه بندی عوامل موثر بر استقرار فین تک در بانکداری (مطالعه موردی: بانک ملی ایران)* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه موسسه آموزش عالی اسرار.
* رحیم نیا، فریبرز؛ قادری، فرشاد؛ و اسلامی، قاسم. (۱۳۹۷). *بررسی نقش واسط استراتژی تولید سبز در رابطه بین نگرانی های زیست محیطی و شدت رقابت با مزیت رقابتی تمایز*. مقاله ارائه شده در دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و کسب و کار.
* محمدی، محمد سعید. (۱۳۹۹). *ارائه مدیریت استراتژی زیست محیطی صنایع با استفاده از روش AHP و SWAT (مطالعه موردی شهرک صنعتی لیا)*. مقاله ارائه شده در هشتمین همایش ملی پژوهش های مدیریت و علوم انسانی در ایران.
* Agarwal, Sucheta; Saxena, Kuldeep Kumar; Agrawal, Vivek; Dixit, Jitendra Kumar; Prakash, Chander; Buddhi, Dharam; & Mohammed, Kahtan A. (2022). Prioritizing the barriers of green smart manufacturing using AHP in implementing Industry 4.0: a case from Indian automotive industry. *The TQM Journal*, (ahead-of-print).
* Alavian, Pooya; Eun, Yongsoon; Meerkov, Semyon M.; & Zhang, Liang. (2020). Smart production systems: automating decision-making in manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, *58*(3), 828-845. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1600765
* Braun, Virginia; & Clarke, Victoria. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, *3*(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706QP063OA
* Chen, Yu-Shan; Lai, Shyh-Bao; & Wen, Chao-Tung. (2006). The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. *Journal of business ethics*, *67*(4), 331-339.
* Gorecki, Simon; Possik, Jalal; Zacharewicz, Gregory; Ducq, Yves; & Perry, Nicolas. (2020). A Multicomponent Distributed Framework for Smart Production System Modeling and Simulation. *Sustainability*, *12*(17). https://doi.org/10.3390/su12176969
* Govindan, Kannan; Kaliyan, Mathiyazhagan; Kannan, Devika; & Haq, A Noorul. (2014). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International journal of production economics*, *147*, 555-568.
* Gunasekaran, Angappa; Rai, Bharatendra K; & Griffin, Michael. (2011). Resilience and competitiveness of small and medium size enterprises: an empirical research. *International journal of production research*, *49*(18), 5489-5509.
* Henriques, João; & Catarino, Justina. (2016). Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises. *Journal of Cleaner Production*, *139*, 42-50.
* Horvath, Dóra; & Szabo, Roland Zs. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological forecasting and social change*, *146*, 119-132.
* Huo, Jiage; Zhang, Jianghua; & Chan, Felix TS. (2020). A fuzzy control system for assembly line balancing with a three-state degradation process in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *58*(23), 7112-7129.

policy, *27*(2), 279-301.
* Raj, Alok; Dwivedi, Gourav; Sharma, Ankit; de Sousa Jabbour, Ana Beatriz Lopes; & Rajak, Sonu. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, *224*, 107546.
* Rajput, Shubhangini; & Singh, Surya Prakash. (2020). Industry 4.0 Model for circular economy and cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 123853.
* Rathi, Rajeev; Kaswan, Mahender Singh; Garza-Reyes, Jose Arturo; Antony, Jiju; & Cross, Jennifer. (2022). Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework development and validation. *Journal of Cleaner Production*, *345*, 131130.
* Silva, FLÁVIA CRISTINA DA; Shibao, Fabio Ytoshi; Barbieri, José Carlos; Librantz, Andre Felipe Henriques; & SANTOS, MARIO ROBERTO DOS. (2018). Barreiras à gestão da cadeia de suprimentos verde na indústria automotiva. *Revista de Administração de Empresas*, *58*, 149-162.
* Singh, Punj Lata; Sindhwani, Rahul; Sharma, Bhupendra Prakash; Srivastava, Priyank; Rajpoot, Praveen; & Kumar, Rajender. (2022). Analyse the Critical Success Factor of Green Manufacturing for Achieving Sustainability in Automotive Sector. In *Recent Trends in Industrial and Production Engineering* (pp. 79-94). Springer.
* Vaidya, Saurabh; Ambad, Prashant; & Bhosle, Santosh. (2018). Industry 4.0–a glimpse. *Procedia manufacturing*, *20*, 233-238.
* Zhgulev, Evgenii; Bozhuk, Svetlana; Evdokimov, Konstantin; & Pletneva, Natalia. (2018). Analysis of barriers to promotion of electric cars on Russian market. *Engineering for rural development*, *17*, 2110-2117.
* Islam, Samantha; Ponnambalam, SG; & Lam, Hon Loong. (2016). Energy management strategy for industries integrating small scale waste-to-energy and energy storage system under variable electricity pricing. *Journal of Cleaner Production*, *127*, 352-362.
* Jaderna, Eva; & Prikrylova, Jana. (2018). Green Solutions in Automotive Industry. *Marketing Science & Inspirations*, *13*(1).
* Kiel, Daniel; Müller, Julian M; Arnold, Christian; & Voigt, Kai-Ingo. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International journal of innovation management*, *21*(8), 1740015.
* Kushwaha, Gyaneshwar Singh; & Sharma, Nagendra Kumar. (2016). Green initiatives: a step towards sustainable development and firm's performance in the automobile industry. *Journal of cleaner production*, *121*, 116-129.
* Lee, Jay; Bagheri, Behrad; & Kao, Hung-An. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, *3*, 18-23.
* Lena, Daniela; Pasurka, Carl A; & Cucculelli, Marco. (2022). Environmental regulation and green productivity growth: Evidence from Italian manufacturing industries. *Technological Forecasting and Social Change*, *184*, 121993.
* Lin, Ru-Jen; Chen, Rong-Huei; & Huang, Fei-Hsin. (2014). Green innovation in the automobile industry. *Industrial Management & Data Systems*.
* Majumdar, Abhijit; Garg, Himanshu; & Jain, Rohan. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, *125*, 103372.
* Moktadir, Md Abdul; Ali, Syed Mithun; Kusi-Sarpong, Simonov; & Shaikh, Md Aftab Ali. (2018). Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. *Process safety and environmental protection*, *117*, 730-741.
* Monostori, László; Kadar, Botond; Bauernhansl, Thomas; Kondoh, Shinsuke; Kumara, Soundar; Reinhart, Gunther; Sauer, Olaf; Schuh, Gunther; Sihn, Wilfried; & Ueda, Kenichi. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, *65*(2), 621-641.
* Oesterreich, Thuy Duong; & Teuteberg, Frank. (2016). Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in industry*, *83*, 121-139.
* Paluch, Stefanie; Antons, David; Brettel, Malte; Hopp, Christian; Salge, Torsten-Oliver; Piller, Frank; & Wentzel, Daniel. (2019). Stage-gate and agile development in the digital age: Promises, perils, and boundary conditions. *Journal of Business Research*, *110*, 495-501.
* Parker, Craig M; Redmond, Janice; & Simpson, Mike. (2009). A review of interventions to encourage SMEs to make environmental improvements. *Environment and planning C: Government and*

Accounting Knowledge & Management Auditing
Vol. 14/ No. 54/ Summer 2024

Identifying the managerial pattern of causal relationships and prioritizing factors affecting green production in smart production systems based on digital transformation

Fatemeh Gheyasi Tabari
Doctoral student of Industrial Management - Production in Operations, Department of Management, Roudhen Branch, Islamic Azad University, Roudhen, Iran
Fatemeh.gheyasi2021@gmail.com

Seyyed Alireza Mir Arab Baighi
Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Islamic Azad University, Rodhan, Iran
(Corresponding Author)
Mirarab_alireza@yahoo.com

Saber Khandan Alamdari
Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Islamic Azad University of Roudhen, Iran
sabersum@yahoo.com

Abstract
The purpose of this research is to identify the managerial pattern of causal relationships and prioritize the factors affecting green production in smart production systems based on digital transformation. In order to achieve the objectives of the research using the snowball method, the opinions of 20 managers and experts of Iran Khodro Company, located in Tehran province, as well as university professors, were used until the theoretical saturation stage. The process of data analysis was done in two stages. Identifying factors affecting green production in smart production systems based on digital transformation through interviews and using thematic analysis method; Determining the effectiveness, effectiveness and importance of the components through a questionnaire and Dimtel method. The results of the research showed that the design of the necessary processes for the reuse/recycling of the parts used in the car is the most effective. Also, the protection of human capital and the process of investing in the production of green smart cars have been assigned the highest priority among all components.
Key words: green production, smart production, digital transformation, theme analysis, Dimtel.