فصلنامه آینده پژوهی مدیریت
سال سی و پنجم/ شماره ۱۳۷/ تابستان۱۴۰۳

ارائه الگوی توسعه پایدار با رویکرد انقلاب صنعتی ۴ در صنعت خودرو ایران

سالار امینی
دانشجوی دکترای تخصصی مدیریت دولتی مدیریت منابع انسانی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
مجتبی رمضانی (نویسنده مسؤول)
گروه مدیریت دولتی مدیریت منابع انسانی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
Email: dmramazani@gmail.com
جعفر بیک زاد
گروه مدیریت دولتی مدیریت منابع انسانی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
عباسقلی سنگی نور پور
گروه مدیریت دولتی مدیریت منابع انسانی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۸/۶**

چکیده

با ظهور فناوری های نوین، انقلاب صنعتی چهارم باعث تحول و دگرگونی در صنایع تولیدی و خدماتی کشورهای پیشرو شده است. این پدیده می‌تواند همزمان فرصتها و تهدیدهای گسترده‌ای برای توسعه پایدار صنعت خودرو به همراه داشته باشد.
هدف: این پژوهش به دنبال ارائه الگوی مناسب دستیابی به توسعه پایدار، همچنین شناسایی عوامل موثر بر توسعه پایدار با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم است.
در این مطالعه سعی شد تا موانع توسعه پایدار و همچنین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ در جهت ایجاد توسعه پایدار، با بررسی ادبیات موضوع و نظر خبرگان طی اجرای تکنیک دلفی، شناسایی و دسته‌بندی گردد. سپس از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری جهت سطح بندی و تعیین روابط بین موانع پایداری استفاده شد. در گام بعد، فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ توسط روش AHP فازی، رتبه‌بندی گردید.
در مدل پیشنهادی این پژوهش موانع پایداری در پنج بعد اقتصادی، اجتماعی، محیطی، فنی و سیاسی و فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم در پنج بعد تکنولوژی و اطلاعات، محیطی، مدیریتی و اقتصادی، اجتماعی و سازمانی و مدیریت زنجیره تامین استخراج گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین تاثیر را به ترتیب موانع سیاسی، فنی و اقتصادی بر پایداری و توسعه پایدار در صنعت دارند و ابعاد محیطی و اجتماعی به ترتیب بیشترین تاثیر را از موانع سیاسی و فنی می‌پذیرند. همچنین، در بین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴، فرصتهای اطلاعاتی و تکنولوژیکی انقلاب صنعتی ۴,۰ دارای بالاترین رتبه و مدیریت زنجیره تامین دارای کمترین رتبه می‌باشد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار؛ انقلاب صنعتی ۴,۰، مدلسازی ساختاری تفسیری، AHP فازی

۱- مقدمه

پایداری به عنوان وجه وصفی توسعه ، وضعیتی است که در آن مطلوب بودن و امکانات موجود در طول زمان کاهش پیدا نمی‌کند و از کلمه Sustainer به معنای زنده نگهداشتن یا نگهداشتن گرفته شده است که بر حمایت یا دوام بلند مدت دلالت می‌کند(هاس، ۲۰۲۰).
مفهوم توسعه پایدار ناظر بر این واقعیت انکارناپذیر است که ملاحظات مربوط به اکولوژی میتواند و باید در فعالیتهای اقتصادی به کار گرفته شود . این ملاحظات شامل ایده‌های ایجاد محیطی منطقی است که در آن ادعای توسعه به منظور پیشبرد کیفیت همه جنبه‌های زندگی مورد چالش قرار میگیرد(پتراکاس و همکاران، ۲۰۲۰).از طرفی، جهان تنها با چالش های حفظ محیط زیست و پایداری مواجه نیست، بلکه با پیشرفتهای تکنولوژیکی در دیجیتالیزاسیون و اتوماسیون هم مواجه است(مارگسان و همکاران، ۲۰۱۸). انقلاب صنعتی چهارم را می‌توان با گستره‌ای از فناوریهای نوین تعریف نمود. این انقلاب، جهان‌های فیزیکی، دیجیتالی و زیستی را به یکدیگر جوش داده و بر همهٔ رشته‌ها، اثر خود را فرود می‌آورد. از این رو، مقولات انقلاب صنعتی چهارم، نه تنها در صنایع و فناوری‌های آینده بازتاب دارد بلکه بر ماهیت فرد، اقتصاد و جهان کسب و کار نیز اثرات مثبت از خود نشان خواهد داد. پارادایم انقلاب صنعتی چهارم ارتباطات اقلام فیزیکی مانند سنسورها، دستگاه‌ها و اتصال دارایی‌های سازمانی را به یکدیگر و به اینترنت ترویج می‌دهد. فرایند تولید به واحدهای کوچک ارزش محور تقسیم می‌شود که تنها اطلاعات مراحل فرایند متوالی را به اشتراک می‌گذارد که به افزایش انعطاف‌پذیری کمک می کند و احتمالا موجب کاهش پیچیدگی هماهنگی می‌شود(مارر، ۲۰۱۶).
جهانی‌سازی کنونی با تأمین همزمان تحول پایدار وجود انسان در ابعاد اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی خود، با چالشی روبرو شده است که به طور مداوم در حال افزایش تقاضای جهانی برای سرمایه و کالاهای مصرفی است. برای مقابله با این چالش، ایجاد ارزش صنعتی باید در جهت پایداری باشد(پزناتو و همکاران، ۲۰۲۰). در حال حاضر، ایجاد ارزش صنعتی در کشورهای صنعتی اولیه با پیشرفت در مرحله چهارم صنعتی سازی، اصطلاحاً صنعت ۴,۰,۰ شکل گرفته است. این پیشرفت فرصتهای بی‌نظیری را برای تحقق توسعه پایدار فراهم می‌کند (استوک و سلیگر، ۲۰۱۶). در واقع فناوریهای انقلاب صنعتی ۴,۰، توانایی تأثیرگذاری چشمگیر در توسعه پایدار اجتماعی و محیطی را دارند. سازمانها باید سهم فناوری ۴,۰,۰ در پایداری را در نظر بگیرند (لوبل و همکاران، ۲۰۲۰). در این مقاله به ارائه الگوی توسعه پایدار با رویکرد انقلاب صنعتی ۴,۰ در صنعت خودرو ایران پرداخته می‌شود. در این راستا با استفاده از تکنیک دلفی، موانع، مولفه‌های توسعه پایدار و همچنین فرصتها و راهکارهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت رفع موانع و ایجاد توسعه پایدار شناسایی شده و در نهایت از رویکرد تلفیقی ISM و روشهای تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی جهت ارائه الگوی نهایی استفاده می‌گردد.

۲- پیشینه پژوهش

تاکنون در زمینه توسعه پایدار و ارائه مدل پایداری تحقیقات زیادی انجام شده است، از جمله، در پژوهش پالمردر سال ۲۰۰۹ با هدف ارائه الگویی جهت تحلیل مهارت‌های توسعه پایدار؛ اشتغال و چالش‌های رشد اقتصادی پایدار، بررسی شد که حرکت به سوی توسعه پایدار می‌تواند برای کشورهای در حال توسعه نوعی جایگاه ویژه محسوب شود. استیو (۲۰۱۰) در پژوهشی به مدل‌سازی سیستم دینامیکی مشارکتی برای مدیریت توسعه پایدار زیست‌محیطی پرداخته است. در این پژوهش چهار مدل با بهره‌برداری از روش دلفی مورد بررسی قرار داده شده است. سپس مدلی برای مدیریت توسعه پایدار زیست‌محیطی ارائه شده و توسط نرم‌افزار ونسیم شبیه‌سازی شده است. ابعاد مدل عبارتند از: ۱- بعد اقتصادی، ۲- بعد سیاسی و ۳- بعد زیست‌محیطی. هوسین و همکاران (۲۰۱۵) برای ارزیابی جایگزین‌های مناسب منابع ، زمان و پول در راستای ابعاد اقتصادی ، محیطی و اجتماعی در مدیریت پایدار

زنجیره تامین از ترکیب مدل‌سازی ساختار تفسیری {ISM}[1] و پردازش تحلیلی شبکه {ANP}[2] استفاده کرده‌اند.

رن و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به ارائه مدل توسعه پایدار و رتبه‌بندی شاخص‌های آن پرداخته‌اند. جهت ارائه مدل از تکنیک Dematel برای رتبه‌بندی شاخص‌ها بهره‌برداری شده است. نتایج پژوهش نشان داد شاخص‌های تحولات زیست‌محیطی، تنوع کاربری، نیروی انسانی خلاق به ترتیب اهمیت از اول تا سوم در مدل می‌باشد. جابور و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی نقش عوامل مهم بر این مسئله که آیا صنعت ۴,۰,۰ می تواند انقلابی در موج تولید سازگار با محیط زیست ایجاد کند، پرداخته‌اند. این مقاله، مجال ادغام دو موج صنعتی را می دهد که نوید می دهند الگوهای فعلی تولید و مصرف را دوباره شکل می دهند. در این مقاله نشان داده شد که اگرچه این دو گرایش را نمی توان یک انقلاب صنعتی در نظر گرفت ، با این وجود فناوری های مرتبط با صنعت ۴,۰,۰ از پتانسیل منحصر به فردی برای باز کردن قفل تولید پایدار با محیط زیست برخوردار هستند. هم افزایی تولیدی بین صنعت ۴,۰,۰ و تولید پایدار از نظر محیط زیست متکی بر درک نقش یازده عامل مهم موفقیت است که سازمان ها هنگام اجرای همزمان صنعت ۴,۰,۰ و تولید پایدار از نظر محیط زیست باید آنها را به دقت مورد توجه قرار دهند. کاروالهو و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی چشم انداز مثبت توسعه پایدار تولید تحت شرایط انقلاب صنعتی ۴,۰ پرداخته‌اند. در این مقاله تاثیرات اصلی همکاری صنعت ۴,۰,۰ در رابطه با پایداری توصیف شده است. وان ارپ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند، انقلاب صنعتی ۴,۰ یکی از مهمترین توانمندسازهای توسعه پایدار در همه کشورها است. بانیلا و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی صنعت ۴,۰,۰ و پیامدهای پایداری با استفاده از تجزیه و تحلیل مبتنی بر سناریو از تأثیرات و چالش ها پرداخته‌اند. در این راستا ۴,۰ سناریو استقرار ، بهره برداری و فن آوری ها ، ادغام و انطباق با اهداف توسعه پایدار تحلیل شد. نتایج نشان داد، فقط از طریق تلفیق صنعت ۴,۰,۰ با اهداف توسعه پایدار در یک سیستم نوآوری در محیط زیست ، می توان عملکرد محیطی را تضمین کرد.

جنا و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی کاربرد انقلاب صنعتی ۴,۰ در راستای ایجاد توسعه پایدار پرداخته‌اند. در این مقاله، یک چارچوب کارخانه هوشمند با ادغام عمودی اجزای مختلف ارائه می شود که شامل شبکه های صنعتی ، ابر و پایانه های کنترل نظارتی با عملکردهای مختلف مانند تولید ، نگهداری ، مصرف انرژی ، مصرف آب و غیره در یک کارخانه برای بهینه سازی استفاده از منابع و حذف انواع ضایعات برای افزایش تولید پایدار است. دوگرال و سینیه (۲۰۱۹) از رویکرد خوشه‌بندی جهت تحلیل پیشرانها و محرکهای انقلاب صنعتی ۴,۰ پرداخته‌اند. هدف از این مطالعه گروه بندی کشورها در حوزه تأثیرات قابل توجه صنعت ۴,۰,۰ با استفاده از شاخص نوآوری جهانی ، شاخص اهداف توسعه پایدار ، شاخص عملکرد لجستیک و شاخص عملکرد محیطی است.

بای و همکاران (۲۰۲۰) چارچوبی برای پایداری براساس اهداف توسعه پایدار سازمان ملل معرفی گردیده است که شامل ابعاد مختلف اقتصادی ، زیست محیطی و اجتماعی است. نتایج تحقیق آنها نشان داد که فناوری موبایل بیشترین تأثیر را بر پایداری در کلیه صنایع دارد و فناوری نانو ، فناوری موبایل ، شبیه سازی و هواپیماهای بدون سرنشین به ترتیب بیشترین تأثیر را بر پایداری در صنعت خودرو ، الکترونیک ، غذا و نوشیدنی و نساجی ، پوشاک و کفش دارند. کومار و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی کاربرد انقلاب صنعتی ۴,۰ و تاثیرات تاکتیکی و پایداری در کسب کارها و تحلیل چالشهای آن با استفاده از تکنیک دیمتل پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که عدم انگیزه شرکا و مشتریان در استفاده از فناوری های I4.0.0 چالش اصلی است. ترس از شکست فناوری های انقلاب صنعتی 4.0.0 اصلی ترین چالش گروه اثر است. یاداو و همکاران (۲۰۲۰)به ارائه چارچوبی جهت دستیابی به پایداری در سازمان های تولیدی کشورهای در حال توسعه با استفاده از

[1] Interpretive Structure Modeling

[2] Analytical Network Nrocessing

توانمندسازی های فناوری انقلاب صنعتی ۴,۰,۰ پرداخته‌اند. بر اساس تجزیه و تحلیل تجربی، یک چارچوب در سازمانهای تولیدی هند توسعه و آزمایش شده است. سرانجام، از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره بدترین–بهترین برای شناسایی شدت تأثیر هر فعال کننده موجود در چارچوب استفاده شده است. یافته های این مطالعه نشان می دهد که توانمندی های مدیریتی و اقتصادی و زیست محیطی سهم زیادی در تصویب پایداری دارند. اجموست و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر انقلاب صنعتی ۴,۰ بر پایداری پرداخته‌اند. هدف این مقاله ارزیابی وضعیت هنر روابط بین پایداری و انقلاب صنعتی ۴,۰ است. این هدف با (۱) نقشه برداری و جمع بندی تلاش های تحقیقاتی موجود، (۲) شناسایی برنامه های تحقیق، (۳) بررسی شکافها و فرصتها برای تحقیقات بیشتر برآورده خواهد شد. باگ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی رابطه انقلاب صنعتی ۴,۰ و تولید پایدار و اقتصاد دایره‌ای پرداخته و یک چارچوب ارائه داده‌اند.. در مرحله اول، مروری بر ادبیات موجود برای شناسایی موانع، محرک ها، چالش ها و فرصت ها انجام شد و در مرحله دوم، یک چارچوب تحقیقاتی برای تلفیق فناوری صنعت ۴,۰ و تولید پایدار و قابلیت های اقتصاد دایره ای ارائه شده است. ادراج و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی فواید انقلاب صنعتی ۴,۰ در ایجاد توسعه پایدار در کشور مالزی پرداخته‌اند. این مقاله به بررسی گسترده ای در مورد صنعت ۴,۰,۰ در زمینه توسعه پایدار در سطح جهانی و در کشور در حال توسعه مالزی کمک می کند. اولاه و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر انقلاب صنعتی ۴,۰ بر پایداری محیطی پرداخته‌اند. نتایج نشان می دهد که رابطه منفی مربوط به جریان فرآیند تولید از ورودی ها به محصول نهایی وجود دارد ، از جمله مواد اولیه ، انرژی مورد نیاز ، اطلاعات و دفع مواد زائد و تأثیرات آنها بر محیط. با این حال ، ادغام صنعت ۴,۰,۰ و اهداف توسعه پایدار ، پایداری محیط زیست را برای ایجاد پشتیبانی زیست محیطی افزایش می دهد. بنیتز نارا و همکاران (۲۰۲۱)به بررسی تأثیر مورد انتظار فناوری ۴,۰,۰ صنعت در توسعه پایدار با مطالعه ای در زمینه صنعت پلاستیک برزیل پرداخته‌اند. در این مقاله، با استفاده از ابعاد سه‌گانه برای توسعه پایدار، این تأثیرات را بررسی شده و یک مدل مبتنی بر توسعه پایدار برای ارزیابی تأثیر فناوری های صنعت ۴,۰,۰ بر معیارهای پایدار پیشنهاد شده است. باگ و همکاران (۲۰۲۱) به مسئله پذیرش صنعت ۴,۰,۰ و قابلیت های تولید پیشرفته برای توسعه پایدار پرداخته‌اند. در این مقاله، تاثیر پذیرش صنعت ۴,۰,۰ بر توانایی تولید پیشرفته R ۱۰ و نتیجه آن بر توسعه پایدار با نقش تعدیل کننده سیستم تحویل صنعت ۴,۰ را بررسی می کند.

۳- روش شناسی تحقیق

این تحقیق از لحاظ هدف، از نوع تحقیقات کاربردی به شمار می‌رود. از منظر دیگر که تحقیقات برحسب روش گردآوری داده‌ها به توصیفی و آزمایشی تقسیم می‌شوند. تحقیق حاضر از لحاظ گردآوری داده‌ها از نوع توصیفی می‌باشد. تحقیقات را به لحاظ تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمی و کیفی طبقه‌بندی می‌کنند. تحقیق حاضر از این جنبه نیز از نوع کمی تلقی می‌گردد. جامعه آماری تحقیق حاضر شامل کلیه مدیران و کارشناسان صنعت خودرو ... است که دارای حداقل ۵ سال سابقه کار و حداقل مدرک کارشناسی هستند، می‌باشد.

جهت تعیین حجم نمونه نیز از فرمول کوکران استفاده شده است که اگر اصطلاح جامعه محدود را نتوان نادیده گرفت، در آن صورت فرول مناسب برای n چنین خواهد بود.

$$n = (N \times Z_(\alpha / 2)\text{^}2\ p(1-p))/(d\text{^}2\ (N-1) + Z_(\alpha / 2)\text{^}2\ P(1-P)) \quad (1)$$

که در آن:

n : حجم نمونه

N : حجم جامعه

Z : مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد، که در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می باشد.

P:مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است. اگر در اختیار نباشد می توان آن را ۰/۵ درنظر گرفت. در این حالت نقدار واریانس به حداکثر مقدار خود می رسد.

c

: درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند (q =1-p) .

d: مقدار اشتباه مجاز که برابر با ۰/۰۵در نظر گرفته شده است. که در تحقیق حاضر، تعداد افراد جامعه آماری برابر با ۲۰۰ گزارش شده است. با توجه به N=200، حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران برابر با ۱۳۱/۷۵۵ محاسبه شده است که برابر با ۱۳۲ در نظر گرفته شده است.

$$\frac{200\times1.96^2\times0.5\times0.5}{0.05^2\times199+1.96^2\times0.5\times0.5}=131.755$$

در این تحقیق، جهت گردآوری داده‌ها، ابتدا به مرور ادبیات موضوع پرداخته شده و براساس تحقیقات پیشین، موانع توسعه پایدار و فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ استخراج گردید. سپس از طریق نظرسنجی از خبرگان با استفاده از پرسشنامه و تکنیک دلفی لیست نهایی آنها تهیه شد. در گام بعد، از رویکردهای AHP فازی و ISMجهت ارائه الگوی نهایی استفاده گردید.

۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج

همانطور که پیشتر گفته شد، در این مقاله جهت تجزیه وتحلیل داده‌ها، از تکنیک های دلفی، AHP فازی و ISM استفاده می‌گردد. در راستای انجام پژوهش، ابتدا با مرور جامع ادبیات مربوط به توسعه پایدار و انقلاب صنعتی ۴,۰ ، به تعیین لیست اولیه معیارهای تعیین ابعاد، موانع توسعه پایدار و تعیین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ پرداخته شد. سپس جلسات متعدد با خبرگان حوزه تحقیق جهت گرداوری داده‌های مربوط به میزان اهمیت عوامل در قالب تکنیک دلفی برگزار شده و لیست نهایی تعیین گردید. پس از تعیین لیست موانع پایداری و فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰، از رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM) جهت تعیین روابط بین موانع و سطح بندی آنها استفاده گردید. در نهایت از رویکرد AHP فازی برای رتبه‌بندی فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت ایجاد توسعه پایدار استفاده شد و براساس نتایج سطح بندی موانع و رتبه-های فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰، به تخصیص فرصتها به عنوان راهکار، کاهش موانع پایداری پرداخته شده است.

۱,۴- نتایج تکنیک دلفی

پرسشنامه دلفی با مقیاس ۵ گزینه‌ای طیف لیکرت براساس مولفه‌های شناسایی شده در ادبیات موضوع شامل ۳۸ مانع و ۴۲ فرصت انقلاب صنعتی ۴,۰، تهیه و در اختیار کارشناسان و خبرگان قرار داده شد و از آنها درخواست شد، نظرات خود را در رابطه با میزان اهمیت هر کدام از معیارهای مربوطه را مطابق نظر و میزان تجربه خود لیست نمایند. همچنین در قالب یک سئوال باز، از خبرگان درخواست شد، در صورت داشتن ایده جهت اضافه کردن یا اصلاح معیارها آن را بیان نمایند. جهت افزایش میزان بازگشت پرسشنامه‌ها، از طریق تماس تلفنی، پیگیریهای لازم صورت گرفت. از بین پرسشنامه‌های توزیع شده، کلیه پرسشنامه‌ها تکمیل و گردآوری شد. در هر مرحله تکنیک دلفی، از آزمون t استیودنت جهت بررسی معنادار بودن میانگین پاسخها استفاده شد. پس از جمع آوری پرسشنامه‌های هر مرحله، تک تک شاخصهای ذکر شده مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله اول، معیارهای با میانگین بالاتر از ۳ انتخاب و به عنوان معیارهای نهایی مرحله اول وارد مرحله دوم شدند. این روند برای مراحل دوم و سوم نیز تکرار گردید و لیست نهایی تهیه شد.

همچنین در مراحل تکنیک دلفی، پس از گردآوری پرسشنامه-ها، میانگین نظر خبرگان و همچنین مقدار ضریب کندال جهت بررسی اجماع نظر خبرگان محاسبه شد.

جدول (۱): موانع پایداری انتخاب شده نهایی تکنیک دلفی

دسته اصلی	مانع
اقتصادی	هزینه پیاده سازی استراتژی های پایداری
	عدم تعهد مدیریت ارشد به تخصیص مناسب منابع پولی
	وضعیت اقتصادی کشور
	هزینه حضور و رقابت در بازارهای جهانی
محیطی	عدم وجود اهداف و برنامه استراتژیک زیست محیطی در سازمان
	عدم تمایل صنایع به اقدامات مؤثر زیست محیطی
	مشکل در تبدیل نگرش مثبت زیست محیطی به عمل در بین کارکنان
	کمبود متخصصان سبز و پایدار
	صنعت برق و محیط زیست
اجتماعی	کمبود انگیزه در بین کارکنان
	عدم آگاهی مشتریان از محصولات سبز و پایدار
	عدم توجه مدیریت و سازمان به مسائل و کمکهای بشردوستانه
	عدم توجه سازمان به ایجاد اشتغال و توسعه محلی
	عدم وجود سیستم مدیریت ایمنی مناسب
فنی	عدم توانمندی تأمین کنندگان (از نظر دانش و تکنولوژی فنی) جهت اخذ استاندارد ایزو ۱۴۰۰۰
	نبود زیرساختهای فناوری اطلاعات
	عدم تخصص فنی و طراحی جایگزین برای محصولات مطابق با الزامات زیست محیطی
	پیچیدگی طراحی برای استفاده مجدد / بازیافت محصولات استفاده شده
	عدم دسترسی سازمان به تکنولوژی،فرآیند و مواد مناسب ودوستدار محیط زیست برای قبول کردن زنجیره تامین سبز و پایدار
	دشواری سازماندهی و هماهنگی واحدها در پیاده‌سازی زنجیره تأمین
سیاسی	عدم وجود چارچوب قانونی
	عدم وجود محرکها و مشوقهای کافی از سوی دولت جهت دستیابی به مدیریت زنجیره تأمین
	عدم ثبات سیاسی
	تحریم و روابط نامناسب بین المللی

جدول (۲): فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ انتخاب شده توسط تکنیک دلفی

بعد	فرصت ایجاد شده در دوره انقلاب صنعتی ۴,۰
اطلاعات و تکنولوژی	سیستمهای یادگیری ماشین
	رویکردهای جدید CPS (فیزیکی–سایبری)
	انفجار اطلاعات و وجود داده‌های کلان
	قابلیت های پردازش اطلاعات و داده های دینامیک
	دسترسی به اطلاعات موجود و اشتراک گذاری آنها در همه زمان ها با استفاده از تکنولوژی ابر
	قابلیت ردیابی داده ها و چیزها با استفاده از اینترنت اشیاء
	تکنیکهای هوشمند بهینه سازی فرایند
	تکنیکهای هوشمند ردیابی بهبود در تولید
محیطی	حل مسائل زیست محیطی با استفاده از مدیریت داده‌های هوشمند
	استفاده از تکنولوژی های انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت مدیریت پسماند

	جمع آوری داده ها از منابع مختلف در مورد انرژی ، آلودگی با استفاده از اینترنت اشیاء
	مانیتور کردن کاهش انتشار گازهای آلاینده
	مدیریت هوشمند منابع انرژی پایدار
مدیریتی و اقتصادی	سیستم مدیریت منابع انسانی هوشمند
	اجزای کارخانه هوشمند
	تخصیص بودجه هوشمند
	استفاده از فناوری های جدید ICT برای اجرای مفاهیم بازی گونه‌سازی[1] به منظور پشتیبانی از تصمیم گیری غیرمتمرکز
	ارتقا سطح دانش کارکنان به دلیل استفاده از فناوریهای نوین مبتنی بر انقلاب صنعتی۴,۰
	افزایش کارایی آموزش کارگران با ترکیب فن آوری های جدید ICT
	قراردادهای هوشمند
	سیستم مدیریت اطلاعات مناسب و استفاده از داده‌های کلان در راستای کسب مزیتهای رقابتی
	رفع محدودیتهای نقل و انتقالات مالی و پولی با استفاده از فناوریهای انقلاب صنعتی ۴,۰
مدیریت زنجیره تامین	استفاده از فناوریهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت قرارداد هوشمند
	استفاده از تکنولوژی ابر در جهت ایجاد شفافیت و پاسخگویی زنجیره های تأمین
	دیجیتال سازی زنجیره تامین (استفاده از فناوریهای انقلاب صنعتی ۴,۰ در راستای تامین، طراحی پایدار محصولات، تولید، توزیع، کنترل موجودی، ردیابی محصول)
	سیستم حمل و نقل هوشمند و مسیریابی وسائل نقلیه
	تکنولوژی تولید انعطاف‌پذیر
	غلبه بر ناهمگنی تجهیزات در کارخانه ها با استفاده از سیستم های حسگر و محرک
اجتماعی و سازمانی	تعامل انسانی–کاربر پسند برای عملیات پایدار با استفاده از سیستم سایبری–فیزیکی
	تصمیم گیری خودمختار با استفاده از سیستم سایبری–فیزیکی
	کاهش نیاز به نیروی کار دستی
	مدیریت تغییرات محیطی سریعتر و اتخاذ راه حل
	امکان همکاری در تولید محصولات و خدمات مشترک
	حل مسائل اجتماعی با استفاده از مدیریت داده‌های هوشمند
	ارتباط متقابل شبکه های ارزش آفرینی در صنعت ۴,۰ جهت ایجاد فرصت های جدیدی برای تحقق چرخه های عمر محصولات حلقه بسته و همزیستی صنعتی
	مدلهای کسب و کار جدید با استفاده از قابلیتهای انقلاب صنعتی ۴,۰
	در نظر گرفتن داده های هوشمند در چرخه عمر محصول برای ارائه مکانیسم های بازخورد فردی

در ادامه ضریب کندال مراحل سه گانه تکنیک دلفی و همچنین مقایسه میزان اجماع مراحل تکنیک دلفی ارائه شده است.

جدول(۳): ضریب کندال مراحل تکنیک دلفی

عامل	مرحله اول	مرحله دوم	میزان بهبود مرحله دوم نسبت به مرحله اول	مرحله سوم	میزان بهبود مرحله سوم نسبت به مرحله دوم
موانع پایداری	۰/۶۱۸	۰/۶۵۰	۰/۰۳۲	۰/۶۶۵	۰/۰۱۵
فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰	۰/۷۳۸	۰/۷۹۵	۰/۰۲۱	۰/۸۰۵	۰/۰۱

[1] gamification

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، در مرحله دوم، میزان اجماع بهتر از مرحله اول بوده و همچنین میزان اجماع مرحله سوم نیز از مرحله دوم قوی تر است که این بهبود به دلیل تعاملات بیشتر بین محقق و کارشناسان و ارائه توضیحات بیشتر به کارشناسان است. همچنین میزان اجماع نظر در مرحله سوم بسیار قوی و در در مراحل اول و دوم نیز قوی است که این نشان دهنده اعتبار داده‌های مراحل تکنیک دلفی می‌باشد.

۲,۴- نتایج مدلسازی ساختاری تفسیری

در این مرحله از رویکرد مدلسازی معادلات ساختاری جهت تعیین روابط بین ابعاد مختلف پایداری، پرداخته شده است.

مراحل مختلف ISM به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱: تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری (SSIM[1])

در این مرحله عوامل شناسایی شده وارد ماتریس خود تعاملی ساختاری می‌شوند. این ماتریس یک ماتریس، به ابعاد عوامل می‌باشد که در سطر و ستون اول آن عوامل به ترتیب ذکر می‌شوند. به عبارتی این ماتریس برای تجزیه‌وتحلیل ارتباط بین عناصر تشکیل و برای نشان دادن ارتباطات بین آن‌ها از چهار نماد زیر استفاده می‌شود:

V: عامل سطر i می‌تواند زمینه‌ساز رسیدن به عامل ستون jباشد (ارتباط یک‌طرفه از i به j).

A: عامل ستون j میتواند زمینه‌ساز رسیدن به عامل سطرi باشد (ارتباط یک‌طرفه از j به i).

X: بین عامل سطر و ستون ارتباط دوجانبه وجود دارد. به عبارتی هر دو می‌توانند زمینه‌ساز رسیدن به همدیگر شوند (ارتباط دوطرفه از i به j و برعکس).

این ماتریس با انجام مقایسات زوجی بین ابعاد پایداری توسط خبرگان و کارشناسان حاصل شده است که پس از نظر خواهی در رابطه با ارتباطات درونی، میان ابعاد پایداری، ماتریس خودتعاملی ساختاری بصورت زیر حاصل شد:

جدول (۴): ارتباطات درونی میان ابعاد پایداری

بعد پایداری	اقتصادی	محیطی	اجتماعی	فنی	سیاسی
اقتصادی	X	V	V	X	A
محیطی	A	X	A	A	O
اجتماعی	A	V	X	O	O
فنی	X	V	O	X	A
سیاسی	V	O	O	V	X

گام ۲: تشکیل ماتریس دستیابی اولیه[2]

در این مرحله با تبدیل نمادهای ماتریس SSIM به اعداد صفر و یک بر حسب قواعد زیر می‌توان به ماتریس به RM دست پیدا کرد. این قواعد به صورت زیر است:

الف) اگر خانه (i,j) در ماتریس SSIM نماد V گرفته است، خانه‌ی مربوط در ماتریس دستیابی عدد ۱ می‌گیرد و خانه قرینه آن عدد صفر می‌گیرد.

ب) اگر خانه (i,j) در ماتریس SSIM نماد A گرفته است، خانه‌ی مربوط در ماتریس دستیابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن عدد ۱ می‌گیرد.

ج) اگر خانه (i,j) در ماتریس SSIM نماد X گرفته است، خانه‌ی مربوط در ماتریس دستیابی عدد ۱ می‌گیرد و خانه قرینه آن عدد ۱ می‌گیرد.

[1] Structural Self-Interaction Matrix

[2] Reachability Matrix (RM)

۳۱ د) اگر خانه (i,j) در ماتریسSSIM نماد O گرفته شود، خانه مربوطه در ماتریس دستیابی عدد صفر می‌گیرد و خانه قرینه آن عدد صفر می‌گیرد.

جدول (۵): ماتریس دستیابی اولیه

بعد پایداری	اقتصادی	محیطی	اجتماعی	فنی	سیاسی
اقتصادی	۱	۱	۱	۱	۰
محیطی	۰	۱	۰	۰	۰
اجتماعی	۰	۱	۱	۰	۰
فنی	۱	۱	۰	۱	۰
سیاسی	۱	۰	۰	۱	۱

گام ۳: تشکیل ماتریس دستیابی نهایی

پس از اینکه ماتریس دستیابی اولیه بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. به‌عنوان نمونه اگر عامل ۱ منجر به عامل ۲ شود و عامل ۲ هم منجر به عامل ۳ شود، باید عامل ۱ نیز منجر به عامل ۳ شود و اگر در ماتریس دستیابی این حالت برقرار نبود، باید ماتریس اصلاح‌شده و روابطی که از قلم افتاده جایگزین شوند. برای سازگار کردن ماتریس روش‌های مختلفی پیشنهادشده است که در اینجا دوباره پرسشنامه به‌وسیله خبرگان پر شده و آنگاه دوباره سازگاری ماتریس دستیابی چک گردید. این کار آن‌قدر باید ادامه پیدا کرد تا اینکه سازگاری برقرار شد.

جدول (۶): ماتریس دستیابی نهایی

بعد پایداری	اقتصادی	محیطی	اجتماعی	فنی	سیاسی
اقتصادی	۱	۱	۱	۱	۰
محیطی	۰	۱	۰	۰	۰
اجتماعی	۰	۱	۱	۰	۰
فنی	۱	۱	۱	۱	۰
سیاسی	۱	۱	۱	۱	۱

گام ۴: تعیین سطح و اولویت متغیرها

برای تعیین سطح و اولویت متغیرها، مجموعه‌ی دستیابی و مجموعه‌ی پیش‌نیاز برای هر عامل تعیین می‌شود. مجموعه‌ی دستیابی هر عامل شامل عواملی می‌شود که از طریق این عامل می‌توان به آن رسید و مجموعه‌ی پیش‌نیاز شامل عواملی می‌شود که از طریق آن‌ها می‌توان به این عوامل رسید. این کار با استفاده از ماتریس دستیابی انجام می‌شود. بعد از تعیین ماتریس دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عامل، عناصر مشترک در مجموعه‌ی دستیابی و پیش‌نیاز برای هر عامل شناسایی می‌شوند. پس از تعیین این مجموعه‌ها نوبت به تعیین سطح عوامل (عناصر) می‌رسد. منظور از سطح عناصر این است که عامل‌ها بر سایر عوامل تأثیر گذارند یا از سایر عوامل تأثیر می‌پذیرند. عواملی که در بالاترین سطح (سطح۱)قرار می‌گیرند تحت تأثیر سایر عوامل بوده و عامل دیگری را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند. در اولین جدول عاملی داری بالاترین سطح می‌باشد که مجموعه خروجی و عناصر مشترک آن کاملاً یکسان باشند. پس از تعیین این عامل یا عوامل، آن‌ها از جدول حذف می‌شوند و با سایر عوامل باقی‌مانده جدول بعدی تشکیل می‌شود. در جدول دوم نیز همانند جدول اول عامل سطح دوم مشخص می‌شود. این عوامل سطح یک را تحت تأثیر قرار می‌دهند و

خود تحت تأثیر عوامل سطح سه هستند. این کار تا تعیین سطح تمام عوامل ادامه می‌یابد.

جهت تسهیل کار به هر کدام از ابعاد به ترتیب از اقتصادی تا سیاسی، شماره ۱ تا ۵ را اختصاص می‌دهیم. بنابراین، نتایج سطح بندی به شرح جدول زیر است:

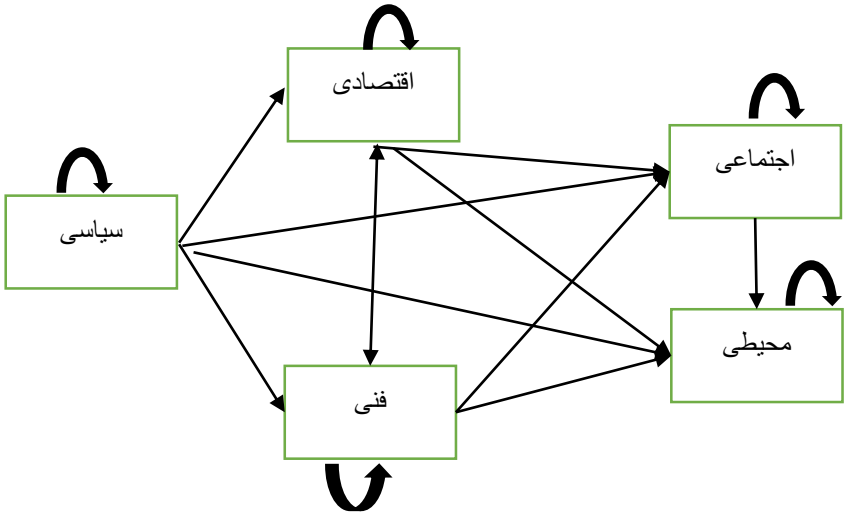
جدول (۷): سطح بندی موانع پایداری

سطح	مجموعه مشترک	مجموعه ورودی	مجموعه خروجی	بعد پایداری	شماره
۳	۱،۴	۱،۴،۵	۱،۲،۳،۴	اقتصادی	۱
۱	۲	۱،۲،۳،۴،۵	۲	محیطی	۲
۲	۳	۱،۳،۴،۵	۲،۳	اجتماعی	۳
۳	۱،۴	۱،۴،۵	۱،۲،۳،۴	فنی	۴
۴	۵	۵	۱،۲،۳،۴،۵	سیاسی	۵

همانطور که در جدول بالا مشاهده میشود، در بین موانع پایداری، بعد محیطی در سطح اول، بعد اجتماعی در سطح دوم، بعد اقتصادی و فنی در سطح سوم و در نهایت بعد سیاسی در سطح چهارم، سطح بندی شده است. ابعادی که در سطح پایین تر قرار دارند، کمتر تاثیرگذار بوده و بیشتر تاثیر پذیر هستند. لذا، میتوان گفت، بیشترین تاثیر را به ترتیب موانع سیاسی، فنی و اقتصادی بر پایداری و توسعه پایدار در صنعت دارند. همچنین ابعاد محیطی و اجتماعی به ترتیب بیشترین تاثیر را از موانع سیاسی و فنی می‌پذیرند.

گام ۵: ترسیم مدل ساختاری تفسیری

در این مرحله بر اساس سطوح تعیین‌شده و ماتریس دستیابی نهایی، مدل ترسیم می‌شود.



شکل (۱): مدل ساختاری تفسیری موانع پایداری

گام ۶: تجزیه‌وتحلیل قدرت نفوذ- وابستگی

جمع سطری مقادیر در ماتریس دستیابی نهایی برای هر عنصر بیانگر میزان نفوذ و جمع ستونی نشانگر میزان وابستگی خواهد بود. عواملی که در سطوح پایین‌تر مدل قرار دارند به دلیل دارا بودن قدرت پیش برندگی بیشتر به‌عنوان عوامل هادی و عواملی که در سطوح بالاتر قرار دارند به دلیل وابستگی به عوامل هادی، پیرو محسوب می‌شوند. بر اساس قدرت نفوذ و وابستگی، چهار گروه از عناصر قابل‌شناسایی خواهند بود که عبارت‌اند از:

-

- خودمختار: عواملی که دارای قدرت نفوذ و وابستگی ضعیف می‌باشند.
- وابسته: عواملی که دارای قدرت نفوذ کم ولی وابستگی شدید می‌باشند.
- متصل(پیوندی): عواملی که دارای قدرت نفوذ و وابستگی زیاد هستند.
- مستقل: عواملی که دارای قدرت نفوذ قوی ولی وابستگی ضعیف می‌باشند.

جدول (۹): بررسی قدرت نفوذ و وابستگی موانع پایداری

قدرت نفوذ	سیاسی	فنی	اجتماعی	محیطی	اقتصادی	بعد پایداری
۴	۰	۱	۱	۱	۱	اقتصادی
۱	۰	۰	۰	۱	۰	محیطی
۲	۰	۰	۱	۱	۰	اجتماعی
۴	۰	۱	۱	۱	۱	فنی
۵	۱	۱	۱	۱	۱	سیاسی
	۱	۳	۴	۵	۳	وابستگی

در جدول بالا میتوان دید که عامل سیاسی یک متغیر مستقل است، عامل محیطی و اجتماعی، وابسته هستند، و در نهایت ابعاد فنی و اقتصادی، متصل یا پیوندی می‌باشند.

۳,۴- نتایج رویکرد AHP

در این بخش، پرسشنامه مقایسات زوجی بین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ را طراحی وفرصتها توسط AHP فازی، رتبه‌بندی شده‌اند.

در نهایت براساس سطوح موانع پایداری و روابط بین انها و همچنین اهمیت فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ به تخصیص فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ به موانع جهت رفع انها و ایجاد توسعه پایدار پرداخته شده است.

جهت اجرای رویکرد AHP فازی پس از گردآوری داده‌ها که بصورت اعداد ۱ تا ۵ می‌باشند، مقادیر بیانی با استفاده از مقادیر معادل به اعداد فازی نظیر تبدیل شده و میانگین مقادیر فازی جداول گردآوری شده با استفاده از قوانین اعداد فازی محاسبه می‌گردد. پس از آماده سازی ماتریس تصمیم‌گیری، مقدار Si برای هر سطر با استفاده از روابط (۱) تا (۵) محاسبه می‌گردد. پس از آماده سازی ماتریس تصمیم‌گیری، مقدار Si برای هر سطر با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردد.

اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشد و با (l_i, m_i, u_i) نشان داده می شود در این صورت:

$$s_i = \sum_{j=1}^{m} M_i^j \times [\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_i^j]^{-1} \qquad \text{رابطه}(1)$$

$$\sum_{j=1}^{m} M_i^j = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j , \sum_{j=1}^{m} m_j , \sum_{j=1}^{m} u_j\right) \qquad \text{رابطه}(2)$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_i^j = \left(\sum_{i=1}^{m} l_i , \sum_{i=1}^{m} m_i , \sum_{i=1}^{m} u_i\right) \qquad \text{رابطه } (3)$$

$$[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_i^j]^{-1} = \left(1/\sum_{i=1}^{m} l_i , 1/\sum_{i=1}^{m} m_i , 1/\sum_{i=1}^{m} u_i\right) \qquad \text{رابطه}(4)$$

مرحله بعد نوبت به محاسبه ی درجه بزرگی Siنسبت به همدیگر می‌رسد که براساس رابطه زیر صورت می‌گیرد:

$$V(M2 > M1) = hgr(M1 \cap M2) = \begin{cases} 1 & if\ m2 \geq m1 \\ 0 & if\ l1 \geq u2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases} \qquad \text{رابطه } (5)$$

پس از محاسبه بزرگی si ها نسبت به یکدیگر، وزن نهایی شاخصها از کمینه مقادیر مقایسه‌ها مشخص می‌شود.

جدول (۱۰): متغیرهای زبانی و اعداد فازی متناظر

متغیر زبانی	معادل قطعی	معادل فازی
خیلی کم	۱	(۰/۳ و ۰/۱و۰)
کم	۲	(۰/۵ و ۰/۳ و ۰/۱)
متوسط	۳	(۰/۷ و ۰/۵ و ۰/۳)
زیاد	۴	(۰/۹ و ۰/۷ و ۰/۵)
خیلی زیاد	۵	(۱و ۰/۹ و ۰/۷)

جهت مقایسات زوجی، پرسشنامه تهیه شده در اختیار ۱۰ خبره قرار گرفت و پس از گردآوری داده‌ها، معادل فازی نظرات خبرگان محاسبه شد. پس از تهیه ماتریس واحد (میانگین نظرات خبرگان)، نرخ ناسازگاری برای داده‌های گردآوری شده محاسبه گردید. پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط افراد نمونه با اعداد فازی معادل جایگزین می‌شوند که در جدول (۱۱) نشان داده شده‌اند.

جهت محاسبه نرخ ناسازگاری روش AHP فازی از روش گاگوس و بوچر (۱۹۹۸) استفاده شد و نتایج نشان داد، نرخ ناسازگاری برای فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ برای هر دو ماتریس کمتر از ۰/۱ بوده و مقایسات زوجی بین معیارها دارای سازگاری است. پس از محاسبه نرخ ناسازگاری، به وزن‌دهی و رتبه‌بندی فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ پرداخته شد.

جدول (۱۱) : وزن نهایی فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰

فرصتهای انقلاب صنعتی ۴	وزن	رتبه
اطلاعات و تکنولوژی	۰/۲۶۱	۱
محیطی	۰/۱۸۸	۳
مدیریتی و اقتصادی	۰/۲۳۰	۲
مدیریت زنجیره تامین	۰/۱۶۰	۵
سازمانی و اجتماعی	۰/۱۶۲	۴

همانطور که در جدول (۱۱) مشاهده می‌شود، در بین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ ، فرصتهای اطلاعاتی و تکنولوژیکی انقلاب صنعتی ۴,۰ دارای بالاترین رتبه و مدیریت زنجیره تامین دارای کمترین رتبه می‌باشد. همچنین، فرصتهای مدیریتی و اقتصادی، محیطی و سازمانی و اجتماعی به ترتیب در رتبه‌های دوم، سوم و چهارم می‌باشند.

۴,۴- استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت رفع موانع پایداری

حال براساس نتایج رویکرد AHP فازی و ISM و مطابق نظر خبرگان، به تخصیص فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ بعنوان راهکار جهت رفع موانع پرداخته شد. همانطور که در بخش سطح بندی موانع پایداری مشاهده شد، مانع سیاسی، بیشترین تاثیر را در عدم توسعه پایدار دارد. همچنین، بعد از آن دو مانع فنی و اقتصادی از اهمیت بالایی برخوردار هستند. از طرفی در بین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ ، فرصتهای ایجا شده در زمینه تکنولوژی و اطلاعات بیشترین رتبه را در برطرف سازی موانع پایداری و کمک به دستیابی توسعه پایدار دارد.

در این مقاله، نتایج حاصل از دو رویکرد ISM و AHPفازی در اختیار خبرگان و کارشناسان قرارداده شد. از آنها درخواست شد که در راستای ارائه راهکار رفع موانع پایداری با استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ ، نظر خود را اعلام نمایند. پس از گردآوری نظرات خبرگان، با جمع‌بندی نظرات، ارائه راهکارها بصورت جدول زیر صورت گرفت.

جدول (۱۲): استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ بعنوان راهکار رفع موانع پایداری

ردیف	راهکار
۱	استفاده از فناوریهای نوین انقلاب صنعتی ۴,۰ در سیستم بانکی و سایر ارگانهای اقتصادی جهت ارائه خدمات به مشتریان و حذف کاغذ و همچنین کاهش مرتجعه حضوری به مرکز
۲	استفاده از بلاکچین، قراردادهای هوشمند جهت رفع محدودیتهای نقل و انتقالات مالی و پولی
۳	آموز ش کارکنان بصورت آنلاین جهت افزایش سواد اطلاعاتی انها در زمینه تکنولوژیهای نوین و نحوه استفاده از انها، کاهش ریسک اجتماعی
۴	یکپارچه سازی انسان و ماشین با استفاده از فناوری اطلاعات و تعیین اینکه انسان چه کاری را با استفاده از چه تکنولوژی انجام دهد.
۵	استفاده از تکنولوژی ابر، رویکردهای تحلیل داده‌های کلان، اینترنت اشیاء جهت دیجیتال سازی در ابزارهایی مانند رباتهای هوشمند و هوش مصنوعی
۶	استفاده از تکنولوژی های انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت کاهش انتشار گازهای الاینده، پیگیری و ردیابی میزان آلاینده‌ها و بعبارتی یکپارچه سازی پایداری محیطی و تکنولوژیهای انقلاب صنعتی ۴,۰
۷	استفاده از تکنولوژی اینترنت اشیاء جهت دریافت بازخورد در همه مراحل تولید مانند تامین، طراحی، تولید، توزیع و ...
۸	استفاده از سیستم حمل و نقل هوشمند جهت ارسال کالاها
۹	طراحی و تولید محصولات دوستدار محیط زیست با استفاده از تکنولوژیهای انقلاب صنعتی ۴,۰ مانند پرینت سه بعدی
۱۰	استفاده از تکنولوژیهای نوین جهت مدیریت پسماندهای صنعتی و استفاده از بخشی از آنها در چرخه تولید
۱۱	استفاده از سیستم مدیریت منابع انسانی سبز با استفاده از فناوری اطلاعات
۱۲	ارائه خدمات هوشمند به مشتریان
۱۳	به اشتراک گذاری مدلهای کسب و کار دیجیتالی اقتصادی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به بررسی توسعه پایدار در دوره انقلاب صنعتی ۴,۰ پرداخته شد. در این راستا، موانع پایداری در پنج بعد اقتصادی، اجتماعی، محیطی، فنی و سیاسی تعیین گردید. همچنین فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ در پنج بعد اصلی تکنولوژی و اطلاعات، محیطی، مدیریتی و اقتصادی، اجتماعی و سازمانی و مدیریت زنجیره تامین براساس ادبیات موضوع و تکنیک دلفی، استخراج شد. موانع توسعه پایدار با استفاده از رویکرد ISM سطح بندی شده و نتایج نشان داد، موانع سیاسی بیشترین تاثیر را در عدم ایجاد توسعه پایدار داشته و پس از آن موانع اقتصادی و فنی در رتبه دوم هستند.
همچنین از رویکرد AHP فازی نیز جهت رتبه‌بندی فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ استفاده شد که نتایج نشان داد، فرصتهای ایجاد شده در بعد تکنولوژی و اطلاعات، اهمیت بیشتری در رفع موانع پایداری دارند. در نهایت نیز، مطابق نظر خبرگان، برخی راهکارها جهت استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت رفع موانع پایداری ارائه گردید. کلیه راهکارهای ارائه

کرده‌اند و این باید برای بسیاری دیگر الگو باشد. در این میان استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت ایجاد توسعه پایدار در صنعت خودرو اهمیت بسیار بالایی دارد، زیرا بخش این عناصر به صورت مختصر، صحیح و نوآورانه داشته باشد، یکی از بهترین نمونه‌های سازگاری محسوب می‌شود.
علاوه بر این، پیشرفت استفاده از فناوری در زمینه‌های صنعتی در حال حاضر واقعیتی است که سالهاست توسط بخش خودرو پذیرفته شده و باید به دلایل رقابت برای ارائه محصولات با کیفیت به جامعه یا برای ایجاد نوآوری، همیشه در بهترین موقعیت ممکن باشد. در سالهای اخیر با پیشرفت تکنولوژیها، گفته بانزاتو (۲۰۱۷ ، ص ۱) ، کسانی که می‌توانند صنعت ۴,۰,۰ را به طور موثرتری پیاده‌سازی کنند، مزایای رقابتی بزرگی خواهند داشت، همانطور که امروزه در شرکتهای شده، بر استفاده از تکنولوژیهای مختلف انقلاب صنعتی ۴,۰ جهت رفع موانع اقتصادی، محیطی، فنی و اجتماعی هستند.
فناوری های جدید، مفاهیم جدید و روش های جدید انجام وظایف در صنعت یا در زندگی روزمره، با ظهور انقلاب صنعتی ۴,۰، بوجود آمده و نقش انها روبه روز، پررنگ‌تر می‌گردد. انقلاب صنعتی ۴,۰,۰ هنوز در مراحل اولیه توسعه خود است و در آینده واقعیتی را به وجود می‌آورد که تصور آن در حال حاضر، بخوبی ممکن نیست. قابلیتهای ادغام و ذخیره اطلاعات، امنیت سایبری، فناوری نانو، چاپ سه بعدی و واقعیت مجازی تنها تعدادی از عناصر انقلاب صنعتی ۴,۰ هستند که در زندگی روزمره اجتماعی وجود داشته و در مدت زمان نه چندان طولانی، حتی بزرگتر و پیچیده‌تر خواهند شد.
این یک واقعیت است که برخی از کشورها از نظر آماده سازی صنعتی، ساختاری، اجتماعی و اقتصادی لازم برای صنعت ۴,۰,۰ از سایر کشورها جلوتر هستند. اهمیت حمایت بخش دولتی و خصوصی در قالب سرمایه گذاری برای صنعت و کارکنان نیز برجسته شده است. برخی از شرکتها در حال حاضر برنامه‌های آموزشی برای ارزش‌گذاری کارکنان خود تهیه
خودرو با در نظر گرفتن اهمیت آن برای جامعه، تقاضا برای محصولات آن و سطح بالای فناوری که باید برای تأمین همه

در صنعت خودرو، نیروی انسانی با تجهیزات الکترونیکی جایگزین شده است که یکی از موضوعات اساسی مورد بحث در مورد نقش کارگر نیز است. مسئولیت برابر کردن چنین رابطه‌ای، اهمیت کار ماهر و سرمایه‌گذاری در کارکنان خوب، چه از طریق انتقال دانش و چه از نظر مالی، قابل درک و توجیه است، زیرا بخشهایی که این امر را دوست دارند، هر دو طرف (نیروی انسانی و تجهیزات الکترونیکی) را توسعه می دهند. به برجسته‌ای مانند گوگل، مایکروسافت، اپل و غیره مشاهده می-شود.

منابع

1. Bag, Surajit & Gupta, Shivam & Kumar, Sameer. (2021). Industry 4.0.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*. 231, doi:10.1016/j.ijpe.2020.10784.04.0.
2. Bag, Surajit & Pretorius, Jan-Harm. (2020). Relationships between Industry 4.0.0, Sustainable Manufacturing and Circular Economy: proposal of a research framework. *International Journal of Organizational Analysis*.doi: 10.1108/IJOA-04.0-2020-2120.
3. Bai, Chunguang & Dallasega, Patrick & Orzes, Guido & Sarkis, Joseph. (2020). Industry 4.0.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*. 229,doi: 107776. 10.1016/j.ijpe.2020.107776.
4. Beier, Grischa & Ullrich, Andre & Niehoff, Silke & Reibig, Malte & Habich, Matthias. (2020). Industry 4.0.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Cleaner Production*. 259. doi:120856. 10.1016/j.jclepro.2020.120856.
5. Bonilla, S. & Silva, Helton & Silva, Marcia & Gonçalves, Rodrigo & Sacomano, Jose. (2018). Industry 4.0.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. *Sustainability*.doi: 10. 374.00. 10.3390/su1010374.00.
6. Bongomin, Ocident & Oyondi Nganyi, Eric & Ramadhani, Abswaidi & Hitiyise, Emmanuel & Tumusiime, Godias. (2020). Sustainable and Dynamic Competitiveness towards Technological Leadership of Industry 4.0.0: *Implications for East African Community*. *Journal of Engineering*. 32(2),127-136.
7. Carvalho, Nubia & Chaim, Omar & Cazarini, Edson & Gerolamo, Mateus. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*. doi:21. 671-678. 10.1016/j.promfg.2018.02.170.
8. Dassisti, Michele & Semeraro, Concetta & Chimenti, Michela. (2019). Hybrid Exergetic Analysis-LCA approach and the Industry 4.0.0 paradigm: Assessing Manufacturing Sustainability in an Italian SME. *Procedia Manufacturing*. 33, 655-662.
9. Dogruel Anuşlu, Merve & Firat, Seniye. (2019). Clustering analysis application on Industry 4.0.0-driven global indexes. *Procedia Computer Science*. 158, 14.05-152.
10. Dossou, Paul-Eric. (2019). Development of a new framework for implementing industry 4.0.0 in companies. *Procedia Manufacturing*. 38, 573-580.
11. Etheraj, Patrick & Abdul Wahab, Prof Dr Sazali & M.Z, Nur. (2020). The benefits of Industry 4.0.0 on sustainable development and Malaysia's Vision. *2nd International Conference on Tropical Resources and Sustainable Sciences.*65(3),123-14.01.
12. Ejsmont, Krzysztof & Gladysz, Bartlomiej & Kluczek, Aldona. (2020). Impact of Industry 4.0.0 on Sustainability - Bibliometric Literature Review. *Sustainability*.doi:12.5650. 10.3390/su1214.05650.
13. Ghobakhloo, Morteza. (2019). Industry 4.0.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 252,76-90.
14. Haase, Hartwig. (2020). Sustainability and Sustainable Development. doi:10.1007/978-3-030-19357-7_5.
15. Hussain, M., Khan, M. & Al-Aomar, R. (2016).A framework for supply chain sustainability in service industry with Confirmatory Factor Analysis.

Renewable & Sustainable Energy Reviews. 55, 1301–1305.

16. Iubel, David & Pinheiro de Lima, Edson & Gonçalves Machado, Carla & Gouvea da Costa, Sergio. (2020). A Review Content Analysis Between Industry 4.0.0 and Sustainable Manufacturing. doi:10.1007/978-3-030-4.03616-2_2.
17. Jabbour, Ana Beatriz & Jabbour, Charbel & Foropon, Cyril & Filho, Moacir. (2018). When titans meet – Can industry 4.0.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*. 132,94.05-978.
18. Jena, Madhab & Mishra, Sarat & Moharana, Himanshu. (2019). Application of Industry 4.0.0 to enhance sustainable manufacturing. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. doi:39. 10.1002/ep.13360.
19. Kumar, Ravinder & Singh, Rajesh & Dwivedi, Yogesh. (2020). Application of Industry 4.0.0 technologies in Indian SMEs for sustainable growth: Analysis of challenges. Journal of cleaner production. doi:275. 124.0063. 10.1016/j.jclepro.2020.124.0063.
20. Manavalan, E., Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 925-953.
21. Marr, Bernard. "Why Everyone Must Get Ready For The 4.0th Industrial Revolution". Forbes (blog). *Retrieved 2016-12-12*.
22. Murugesan, Rajkumar & S.K., Sudarsanam & Shanmugasundaram, Sivarajan. (2018). Industry 4.0.0 for Sustainable Development. *Annual Technical Volume of the Institution of Engineers*, 111,234.0-24.06.
23. Nara, Elpidio & Costa, Matheus & Baierle, Ismael & Schaefer, Jones & Benitez, Guilherme & Santos, Leonardo & Benitez, Lisianne. (2020). Expected Impact of Industry 4.0.0 Technologies on Sustainable Development: A study in the context of Brazil's Plastic Industry. *Sustainable Production and Consumption*. doi:10.1016/j.spc.2020.07.018.
24. Olah, Judit & Aburumman, Nemer & Popp, Jozsef & Khan, Muhammad & Haddad, Hossam & Kitukutha, Nicodemus & Popp, Jozsef & Jammu, Azad & Kashmir. (2020). Impact of Industry 4.0.0 on Environmental Sustainability.doi 4.0674.0. 21. 10.3390/su12114.0674.0.
25. Palmer, Robert. (2009). Skills development, employment and sustained growth in Ghana: Sustainability challenges. *International Journal of Educational Development* . 29.133-139.
26. Petrakis, Panagiotis & Kostis, Pantelis. (2020). *Sustainable Development*.doi: 10.1007/978-3-030-4.07210-8_5.
27. Pezenatto, Leonardo & Coti-Zelati, Paolo & Araujo, Davi. (2020). Industry 4.0.0 and sustainable development in the automotive sector industria 4.0.0. 10, 26-54.0.
28. Ren, Jingzheng, Hanwei, Liang, Liang, Dong, Zhiqiu, Gao, Chang He, Ming, Pan & Lu, Sun (2017). Sustainable development of sewage sludge-to-energy in China: *Barriers identification & technologies prioritization*, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 67, 384.0-396.
29. Rozario, M. Especialista fala sobre Industria 4.0.0 e reinserçao no mercado de trabalho (2017). From http://economia.ig.com.br.
30. Stave, Krystyna (2010). Participatory System Dynamics Modeling for Sustainable Environmental Management: Observations from Four Cases, Sustainability, 2, 2762-2784.0.
31. T. Stock & Seliger, G.. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0.0.

Procedia CIRP.doi: 4.00. 536-54.01. 10.1016/j.procir.2016.01.129.

32. van Erp, Tim & Obenaus, Michael & Kunz, Sascha & Kohl, Holger. (2018). Industry 4.0.0 as Enabler for a Sustainable Development: A Qualitative Assessment of its Ecological and Social Potential. *Process Safety and Environmental Protection*.36(4.0),236-252.
33. Yadav, Gunjan & Kumar, Anil & Luthra, Sunil & Garza-Reyes, Jose Arturo & Kumar, Vikas & Batista, Luciano. (2020). A Framework to Achieve Sustainability in Manufacturing Organisations of Developing Economies using Industry 4.0.0 Technologies' Enablers. *Computers in Industry*. doi:122. 10.1016/j.compind.2020.103280.

Presenting a Model of Sustainable Development with the Approach of the Industrial Revolution 4.0 in the Iranian Automotive Industry

Abstract

With the advent of new technologies, the fourth industrial revolution has caused change and transformation in the manufacturing and service industries of leading countries. This phenomenon can simultaneously bring wide opportunities and threats for the sustainable development of the automotive industry.

This study seeks to provide an appropriate model for achieving sustainable development, as well as identifying the factors affecting sustainable development with the approach of the Fourth Industrial Revolution.

In this study, we tried to identify and categorize the obstacles to sustainable development as well as the opportunities of the Industrial Revolution 4.0 in order to create sustainable development by examining the literature and the opinion of experts during the Delphi technique. Then, the interpretive structural modeling approach was used to level and determine the relationships between stability barriers. In the next step, the opportunities of the Industrial Revolution 4.0 were ranked by the fuzzy AHP method.

In the proposed model of this study, barriers to sustainability in five dimensions of economic, social, environmental, technical and political and opportunities of the fourth industrial revolution in five dimensions of technology and information, environmental, managerial and economic, social and organizational and supply chain management were extracted.

The results of this study showed that political, technical and economic barriers have the greatest impact on sustainability and sustainable development in industry, respectively, and environmental and social dimensions have the greatest impact on political and technical barriers, respectively. Also, among the opportunities of the Industrial Revolution 4.0, the information and technological opportunities of the Industrial Revolution 4.0 have the highest rank and the supply chain management has the lowest rank.

Keywords: Sustainable Development; Industrial Revolution 4.0; Interpretive Structural Modeling; Fuzzy AHP.