فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هفدهم/ شماره ۶۱ / پاییز ۱۴۰۱

طراحی مدل توسعه پایدار در صنعت خودرو ایران با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۱۵ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۱/۰۷/۱۸

چکیده

انقلاب صنعتی چهارم در حال دگرگونی صنایع تولیدی و خدماتی در سطح دنیا و به ویژه کشورهای پیشرو در این زمینه می باشد. این پدیده می‌تواند همزمان فرصتها و تهدیدهای گسترده‌ای برای صنایع کشورمان به همراه داشته باشد. با تدوین برنامه‌های راهبردی متناسب با اتکا به توان و مزیتهای رقابتی ایران، می‌توان ضمن حفظ و ارتقای سطح رقابت‌پذیری صنایع کشور از این فضای در حال شکل‌گیری در جهت بهینه‌سازی فرآیندهای توسعه صنعتی استفاده بهینه نمود. در مقاله حاضر به ارائه الگوی توسعه پایدار با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم در صنعت خودرو پرداخته شده است. در این مطالعه سعی شد تا موانع توسعه پایدار و همچنین فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم توسط روش AHP فازی،رتبه‌بندی گردید. در نهایت، با استفاده از نظر خبرگان صنعت خودرو، پیشنهاداتی جهت تخصیص، فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم برای رفع موانع پایداری ارائه گردید. نتایج بدست آمده نشان داد: ۱) بیشترین تاثیر را به ترتیب موانع سیاسی،فنی و اقتصادی بر پایداری و توسعه پایدار در صنعت دارند؛ ۲) ابعاد محیطی و اجتماعی به ترتیب بیشترین تاثیر را از موانع سیاسی و فنی می‌پذیرند؛ ۳) در بین فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم فرصتهای اطلاعاتی و تکنولوژیکی انقلاب صنعتی چهارم دارای بالاترین رتبه و مدیریت زنجیره تامین دارای کمترین رتبه می‌باشد.

کلمات 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 گرفته شده است که بر حمایت یا دوام بلند مدت دلالت می‌کند(Haase, 2020). پایداری در معنای وسیع خود به توانایی جامعه، اکوسیستم یا هرسیستم جاری برای تداوم کارکرد در آینده نامحدود اطلاق می‌شود، بدون اینکه به طور اجبار در نتیجه تحلیل رفتن منابعی که سیستم به آن وابسته است یا به دلیل تحمیل بار بیش از حد روی آنها،به ضعف کشیده شود. از طرف دیگر توانایی سیستم برای استقامت و پایایی به گونه‌ای اجتناب‌ناپذیر وابسته به موفقیتی است که سیستم در ایجاد ارتباط با محیط بیرونی کسب می‌کند؛ به عبارت دیگر پایداری سیستم به طور کامل وابسته به قابلیت سیستم برای سازگاری و انطباق، تغییر و تحول و پاسخگویی به محیط است و از آنجا که محیط به نوبه خود همواره در حال تغییر است،این فرایند سازگاری و انطباق سیستم باید یک فرایند پویا و حساس باشد(Asrul Mustapha, Abdul Manan & Alwi, 2017).

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(Petrakis & Kostis, 2020). از طرفی، جهان تنها با چالش‌های حفظ محیط زیست و پایداری مواجه نیست،بلکه با پیشرفتهای تکنولوژیکی در دیجیتالیزاسیون و اتوماسیون هم مواجه است (Murugesan, Sudarsanam & Shanmugasundaram, 2018). 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(Marr, 2016).

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(Pezenatto, Coti-Zelati & Araujo, 2020). در حال حاضر، ایجاد ارزش صنعتی در کشورهای صنعتی اولیه با پیشرفت در مرحله چهارم صنعتی سازی،اصطلاحاً صنعت چهارم شکل گرفته است. این پیشرفت فرصتهای بی‌نظیری را برای تحقق توسعه پایدار فراهم می‌کند (Stock & Seliger, 2016). در واقع فناوریهای انقلاب صنعتی ۴، توانایی تأثیرگذاری چشمگیر در توسعه پایدار اجتماعی و محیطی را دارند. سازمانها باید سهم فناوری چهارم در پایداری را در نظر بگیرند(Iubel, Pinheiro de Lima, Goncalves Machado & Gouvea da Costa, 2020).

صنعت چهارم یکی از مهمترین مباحث دانشگاهیان و تجارت در سالهای اخیر در نتیجه نقاط عطف دیجیتالی در حوزه نوآوری است. تأثیر فن آوری های صنعت چهارم بر توسعه پایداری مبتنی بر جنبه‌های اقتصادی،زیست محیطی و اجتماعی در حال جلب توجه روزافزون محققان است. با توجه به اهمیت توسعه پایدار و همچنین تاکید بسیاری از تحقیقات بر تاثیر انقلاب صنعتی چهارم بر توسعه پایدار،در این مقاله به ارائه الگوی توسعه پایدار با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم جهت رفع موانع و ایجاد توسعه پایدار شناسایی شده و در نهایت از رویکرد تلفیقی مدلسازی ساختاری تفسیری و روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره فازی جهت ارائه الگوی نهایی استفاده می‌گردد.

۲- روش شناسی

الف)پیشینه تحقیقاتی

تاکنون در زمینه توسعه پایدار و ارائه مدل پایداری تحقیقات زیادی انجام شده است، از جمله، در پژوهش پالمر (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(Palmer, 2009). استیو (۲۰۱۰) در پژوهشی به مدل‌سازی سیستم دینامیکی مشارکتی برای مدیریت توسعه پایدار زیست‌محیطی پرداخته است. در این پژوهش چهار مدل با ابعاد «اقتصادی»،«سیاسی» و «زیست محیطی» ارائه گردید (Stave, 2010).

حسین، خان و ال آمور (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[1] و پردازش تحلیلی شبکه[2] استفاده کرده-اند(Hussain, Khan & Al-Aomar, 2015).

استوک و سیلیگر(۲۰۱۶) به بررسی فرصتهای توسعه پایدار صنایع تولیدی با تاکید بر انقلاب صنعتی چهارم پرداخته‌اند. در این مقاله به مرور انقلاب صنعتی چهارم بر اساس تحولات اخیر و مروری بر فرصتهای مختلف تولید پایدار در صنعت چهارم پرداخته شده است (Stock & Seliger, 2016).

رن، هانوی و لیانگ (۲۰۱۷) در پژوهشی به ارائه مدل توسعه پایدار و رتبه‌بندی شاخص‌های آن پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد شاخص‌های تحولات زیست‌محیطی، تنوع کاربری، نیروی انسانی خلاق به ترتیب اهمیت از اول تا سوم در مدل می‌باشد(Ren, Hanwei & Liang, 2017).

بکاری و خاتوری (۲۰۱۷) به بررسی انقلاب صنعتی چهارم بعنوان یک استراتژی برای توسعه پایدار بیشتر در صنایع پرداخته‌اند. هدف این مقاله تأکید بر اهمیت چشم انداز استراتژیک کشورهای صنعتی نسبت به افق ۲۰۳۰ و رابطه بین صنعت چهارم و توسعه پایدار به منظور اطمینان از پایداری منابع و منافع آن برای نسل های آینده است(Bakkari & Khatory, 2017).

جابور، فروپون و فیلو(۲۰۱۸) به بررسی نقش عوامل مهم بر این مسئله که آیا صنعت چهارم می تواند انقلابی در موج تولید سازگار با محیط زیست ایجاد کند،پرداخته‌اند. این مقاله،مجال ادغام دو موج صنعتی را که الگوهای فعلی تولید و مصرف را دوباره شکل می دهند، نوید می دهد (Jabbour, Foropon & Filho, 2018).

کاروالهو، چایم و کازارینی (۲۰۱۸) به بررسی چشم انداز مثبت توسعه پایدار تولید تحت شرایط انقلاب صنعتی چهارم پرداخته‌اند (Carvalho, Chaim & Cazarini, 2018). وان ارپ، اوبناس وکونز(۲۰۱۸) نشان دادند، انقلاب صنعتی چهارم یکی از مهمترین توانمندسازهای توسعه پایدار در همه کشورها است (van Erp, Obenaus & Kunz, 2018).

بانیلا، سیلوا و گونکالویس(۲۰۱۸) به بررسی انقلاب صنعتی چهارم و پیامدهای پایداری با استفاده از تجزیه و تحلیل مبتنی بر سناریو از تأثیرات و چالش ها پرداخته‌اند. در این راستا چهار سناریو استقرار، بهره برداری و فن آوری ها، ادغام و انطباق با اهداف توسعه پایدار تحلیل شد. نتایج نشان داد، فقط از طریق تلفیق انقلاب صنعتی چهارم با اهداف توسعه پایدار در یک سیستم نوآوری در محیط زیست می توان عملکرد محیطی را تضمین کرد(Bonilla, Silva & Goncalves, 2018).

قوباخلو (۲۰۱۹) به بررسی انقلاب صنعتی چهارم، دیجیتال‌سازی بعنوان یک فرصت جهت توسعه پایدار پرداخته‌اند. این مقاله،با شناسایی سیستماتیک توابع پایداری انقلاب صنعتی چهارم به ادبیات پایداری کمک می کند(Ghobakhloo, 2019). جنا، میشرا و موهارانا (۲۰۱۹) به بررسی کاربرد انقلاب صنعتی چهارم در راستای ایجاد توسعه پایدار پرداخته‌اند. در مقاله ی آنها،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 (Jena, Mishra & Moharana, 2019).

[1] Interpretive Structure Modeling (ISM)
[2] Analytical Network Nrocessing (ANP)

دوگرال و سینیه (۲۰۱۹) به رویکرد خوشه‌بندی جهت تحلیل پیشرانه ها و محرکهای انقلاب صنعتی چهارم پرداخته‌اند (Dogruel & Seniye, 2019). دوسو (۲۰۱۹) به ارائه یک چارچوب برای پیاده‌سازی انقلاب صنعتی چهارم در شرکتها بر اساس ابعاد پایداری (ابعاد اجتماعی،اقتصادی و زیست محیطی) پرداخته است (Dossou, 2019).

ماناوالان و جایاکریشنا (۲۰۱۹) به مرور کاربرد اینترنت اشیاء در زنجیره تامین پایدار برای نیازهای صنایع براساس انقلاب صنعتی چهارم پرداخته‌اند (Manavalan& Jayakrishna, 2019). داسیستی (۲۰۱۹) از روش ارزیابی چرخه حیات[3] و الگوی انقلاب صنعتی چهارم جهت ارزیابی پایداری تولید در یک شرکت متوسط ایتالیایی استفاده کرده‌اند (Dassisti, 2019). بای، دالاسیگا و اورزیس(۲۰۲۰) چارچوبی برای پایداری براساس اهداف توسعه پایدار سازمان ملل معرفی کرده اند 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 (Bai, Dallasega & Orzes, 2020). بویر، اولریچ و نیهوف (۲۰۲۰) به بررسی انقلاب صنعتی چهارم و مرور ادبیات دیدگاه فنی آن و چگونگی تاثیر آن بر پایداری پرداخته-اند. در این مقاله تعریف واقعی مفهوم «صنعت چهارم» از منظر اجتماعی–فنی بر اساس ویژگیهای کلیدی و همچنین بررسی کاملی از مفهوم پایداری ارائه شده است (Beier, Ullrich & Niehoff, 2020)

کومار، سینق و دیویدی(۲۰۲۰) به بررسی کاربرد انقلاب صنعتی چهارم 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 انقلاب صنعتی چهارم چالش اصلی است. ترس از شکست فناوری های انقلاب صنعتی چهارم اصلی ترین چالش گروه اثر است (Kumar, Singh & Dwivedi,2020).

یاداو،کومار و لوترا (۲۰۲۰) به ارائه چارچوبی جهت دستیابی به پایداری در سازمان های تولیدی کشورهای در حال توسعه با استفاده از توانمندسازی های فناوری انقلاب صنعتی چهارم پرداخته‌اند. یافته های این مطالعه نشان می دهد که توانمندی های مدیریتی و اقتصادی و زیست محیطی سهم زیادی در تصویب پایداری دارند (Yadav, Kumar & Luthra, 2020). اجموست، گلادیز و کلوزیک (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر انقلاب صنعتی چهارم بر پایداری پرداخته‌اند. هدف این مقاله ارزیابی وضعیت هنر روابط بین پایداری و انقلاب صنعتی چهارم 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 (Ejsmont, Gladysz & Kluczek,2020).

باگ و پریتوریوس (۲۰۲۰) به بررسی رابطه انقلاب صنعتی چهارم 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 انقلاب صنعتی چهارم و تولید پایدار و قابلیت های اقتصاد دایره ای ارائه شده است. (Bag & Pretorius, 2020).

راج و عبدالوهاب (۲۰۲۰) به بررسی فواید انقلاب صنعتی چهارم در ایجاد توسعه پایدار در کشور مالزی پرداخته‌اند. این مقاله به بررسی گسترده ای در مورد انقلاب صنعتی چهارم در زمینه توسعه پایدار در سطح جهانی و در کشور در حال توسعه مالزی کمک میکند (Raj & abdolvahab, 2020).

اولها، ابورمان و پاپ (۲۰۲۰) به بررسی تاثیر انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم و اهداف توسعه پایدار، پایداری محیط زیست را برای ایجاد پشتیبانی زیست محیطی افزایش می دهد(Olah, Aburumman & Popp, 2020).

[3] Life Cycle Assessment (LCA)

نارا، کوستا و بایرل (۲۰۲۱) به بررسی تأثیر مورد انتظار فناوری صنعتی چهارم بر ابعاد سه‌گانه برای توسعه پایدار پرداخته و یک مدل مبتنی بر توسعه پایدار برای ارزیابی تأثیر فناوری های صنعتی چهارم بر معیارهای پایدار پیشنهاد شده است (Nara, Costa & Baierle, 2021).

باگ، گوپتا و کومار (۲۰۲۱) به مسئله پذیرش انقلاب صنعتی چهارم و قابلیت های تولید پیشرفته برای توسعه پایدار پرداخته‌اند. در این مقاله،تاثیر پذیرش انقلاب صنعتی چهارم بر توانایی تولید پیشرفته (R10) و نتیجه آن بر توسعه پایدار با نقش تعدیل کننده سیستم تحویل انقلاب صنعتی چهارم را بررسی می کند (Bag, Gupta & Kumar, 2021).

جدول شماره (۱): خلاصه تحقیقات پیشین

محقق	سال	توسعه پایدار	انقلاب صنعتی ۴	موانع توسعه پایدار	راهکارهاوفرصتهای مبتنی بر انقلاب صنعتی ۴	مدلسازی ساختاری تفسیری	رویکرد AHP	رویکرد دیمتل فازی
Hussain, Khan & Al-Aomar	۲۰۱۵	*				*		
Stock & Seliger	۲۰۱۶	*	*		*			
Bakkari& Khatory	۲۰۱۷	*	*					
Ren , Hanwei & Liang	۲۰۱۷	*						
Bonilla , Silva & Goncalves	۲۰۱۸	*	*					
Carvalho, Chaim & Cazarini	۲۰۱۸	*	*					
van Erp , Obenaus & Kunz	۲۰۱۸	*	*		*			
Ghobakhloo	۲۰۱۹	*	*					
Jena , Mishra & Moharana	۲۰۱۹	*	*					
Manavalan& Jayakrishna	۲۰۱۹	*	*					
Dassisti	۲۰۱۹	*	*					
Dogruel& Seniye	۲۰۱۹		*		*			
Dossou	۲۰۱۹	*	*					
Bai , Dallasega & Orzes	۲۰۲۰	*	*					
Beier , Ullrich & Niehoff	۲۰۲۰	*	*					
Kumar, Singh & Dwivedi	۲۰۲۰	*	*					*
Yadav, Kumar & Luthra	۲۰۲۰	*	*					
Ejsmont, Gladysz & Kluczek	۲۰۲۰	*	*					
Bag & Pretorius	۲۰۲۰	*	*					
Bongomin, Oyondi Nganyi & Ramadhani	۲۰۲۰	*	*					
Etheraj, Abdul Wahab & M.Z	۲۰۲۰	*	*					
Olah, Aburumman & Popp	۲۰۲۰	*	*					
Nara, Costa & Baierle	۲۰۲۱	*	*					
Bag, Gupta & Kumar,	۲۰۲۱	*	*					

محقق	سال	توسعه پایدار	انقلاب صنعتی ۴	موانع توسعه پایدار	راهکارهاوفرصتهای مبتنی بر انقلاب صنعتی ۴	مدلسازی ساختاری تفسیری	رویکرد AHP	رویکرد دیمتل فازی
تحقیق حاضر	۲۰۲۱	*	*	*	*	*	*	*

ب)روش کار

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 فرمول مناسب برای n چنین خواهد بود:

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

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.

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

d: مقدار اشتباه مجاز که برابر با ۰/۰۵ در 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 ۱۳۱/۷۷۵ محاسبه شده است که برابر با ۱۳۲ در نظر گرفته شده است.

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

۳- نتایج و بحث

در این مقاله جهت تجزیه وتحلیل داده‌ها،از تکنیک های دلفی، (AHP) فازی و (ISM) استفاده می‌گردد. در این راستا، ابتدا با مرور جامع ادبیات مربوط به توسعه پایدار و انقلاب صنعتی چهارم،به تعیین لیست اولیه معیارهای تعیین ابعاد،موانع توسعه پایدار و تعیین فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم پرداخته شد و سپس با استفاده از تکنیک دلفی، لیست نهایی عوامل تعیین گردید. سپس 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 چهارم جهت ایجاد توسعه پایدار استفاده شد و براساس نتایج سطح بندی موانع و رتبه‌های فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم، به تخصیص فرصتها به عنوان راهکار،کاهش موانع پایداری پرداخته شده است.

الف) 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 چهارم، 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، پیگیریهای لازم از طریق تماس تلفنی صورت گرفت. از بین پرسشنامه‌های توزیع شده، تمامی

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 پرسشنامه‌ها، میانگین نظر خبرگان و همچنین مقدار ضریب کندال جهت بررسی اجماع نظر خبرگان محاسبه شد.

جدول شماره (۲): 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 شماره (۳): فرصتهای انقلاب صنعتیچهارم انتخاب شده توسط تکنیک دلفی

بعد	فرصت ایجاد شده در دوره انقلاب صنعتی چهارم
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 چهارم 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[4] به منظور پشتیبانی از تصمیم گیری غیرمتمرکز
	ارتقا سطح دانش کارکنان به دلیل استفاده از فناوریهای نوین مبتنی بر انقلاب صنعتیچهارم
	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 چهارم
مدیریت زنجیره تامین	استفاده از فناوریهای انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم 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 چهارم 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 چهارم
	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 شماره(۴): 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 چهارم	۰/۷۳۸	۰/۷۹۵	۰/۰۲۱	۰/۸۰۵	۰/۰۱

[4] gamification

همانطور که در جدول (۴) 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.

ب) 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[5]

در این مرحله عوامل شناسایی شده وارد ماتریس خود تعاملی ساختاری می‌شوند. این ماتریس یک ماتریس،به ابعاد عوامل می-باشد 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 j باشد (ارتباط یک‌طرفه از i به j).

A: عامل ستون j میتواند زمینه‌ساز رسیدن به عامل سطر i 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 شماره(۵): 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[6]

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.

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 شماره(۶): ماتریس دستیابی اولیه

[5] Structural Self-Interaction Matrix (SSIM)
[6] Reachability Matrix (RM)

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 شماره (۷): 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 شماره (۸): سطح بندی موانع پایداری

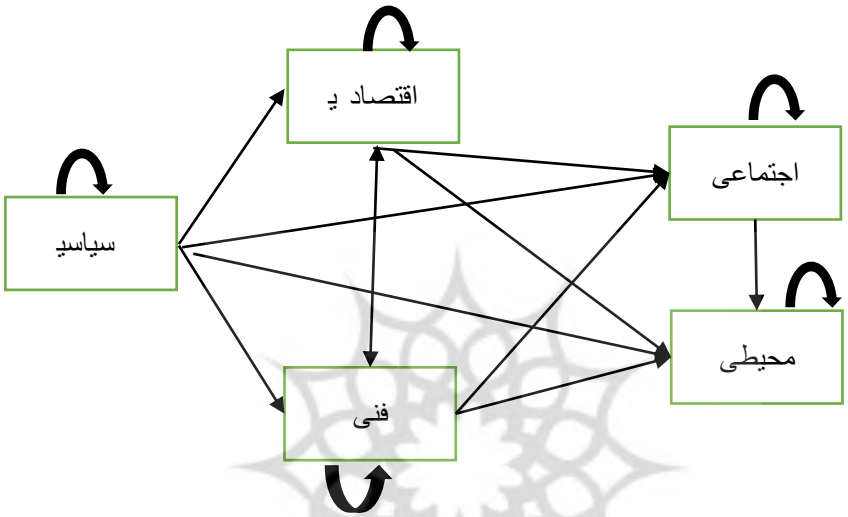
شماره	بعد پایداری	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه مشترک	سطح
۱	اقتصادی	۲،۳،۴،۱	۴،۵،۱	۴،۱	۳
۲	محیطی	۲	۲،۳،۴،۵،۱	۲	۱
۳	اجتماعی	۳،۲	۳،۴،۵،۱	۳	۲
۴	فنی	۲،۳،۴،۱	۴،۵،۱	۴،۱	۳

۵	سیاسی	۲،۳،۴،۵،۱	۵	۵	۴

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 می-پذیرند.

گام ۵: ترسیم مدل ساختاری تفسیری

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



شکل شماره (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 شماره (۹): بررسی قدرت نفوذ و وابستگی موانع پایداری

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

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.

ج) نتایج رویکرد (AHP)

در این بخش، پرسشنامه مقایسات زوجی بین فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم را طراحی وفرصتها توسط AHP فازی، رتبه‌بندی شده‌اند. در نهایت براساس سطوح موانع پایداری و روابط بین انها و همچنین اهمیت فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم به تخصیص فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم 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:

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

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

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

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

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

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

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

جدول شماره (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 استفاده شد و نتایج نشان داد، نرخ ناسازگاری برای فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم پرداخته شد.

جدول شماره (۱۱): وزن نهایی فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم

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 چهارم، فرصتهای اطلاعاتی و تکنولوژیکی انقلاب صنعتی چهارم 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.

د) استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم جهت رفع موانع پایداری

حال براساس نتایج رویکرد AHP فازی و ISM و مطابق نظر خبرگان، به تخصیص فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم، 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 AHP فازی در اختیار خبرگان و کارشناسان قرارداده شد. از انها درخواست شد که در راستای ارائه راهکار رفع موانع پایداری با استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم، نظر خود را اعلام نمایند. پس از گردآوری نظرات خبرگان، با جمع‌بندی نظرات، ارائه راهکارها بصورت جدول زیر صورت گرفت.

جدول شماره (۱۲): استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم بعنوان راهکار رفع موانع پایداری

ردیف	راهکار
۱	استفاده از فناوریهای نوین انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم جهت کاهش انتشار گازهای الاینده، پیگیری و ردیابی میزان آلاینده‌ها و بعبارتی یکپارچه سازی پایداری محیطی و تکنولوژیهای انقلاب صنعتی چهارم
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 چهارم 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

ه) نتیجه‌گیری کلی و بحث

در این مقاله به بررسی توسعه پایدار در دوره انقلاب صنعتی چهارم پرداخته شد. در این راستا،موانع پایداری در ۵ بعد اقتصادی،اجتماعی،محیطی،فنی و سیاسی تعیین گردید. همچنین فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم در ۵ 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 چهارم 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 چهارم جهت رفع موانع پایداری ارائه گردید. کلیه راهکارهای ارائه شده، بر استفاده از تکنولوژیهای مختلف انقلاب صنعتی چهارم جهت رفع موانع اقتصادی، محیطی، فنی و اجتماعی هستند.

انقلاب صنعتی چهارم هنوز در مراحل اولیه توسعه خود است و در آینده واقعیتی را به وجود می‌آورد که تصور آن در حال حاضر، به خوبی ممکن نیست. قابلیتهای ادغام و ذخیره اطلاعات، امنیت سایبری، فناوری نانو، چاپ سه بعدی و واقعیت مجازی تنها تعدادی از عناصر انقلاب صنعتی چهارم 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 چهارم از سایر کشورها جلوتر هستند. با این حال،با توجه به داده های به دست آمده،این کشورها،تنها کسانی نخواهند بود که بتوانند خود را در شیوه های جدید وارد کنند و نیاز به صلاحیت حرفه ای بیشتری داشته باشند. به گفته روزاریو (۲۰۱۷) این انقلاب باعث حذف برخی فعالیت در زمینه‌های مختلف و ایجاد مشاغل جدید بر اساس نیازهای نسل جدید شده است (Rozario, 2017).

مطابق نتایج تحقیق حاضر،موانع سیاسی بیشترین تاثیر را بر کند شدن و یا عدم توسعه پایدار دارند. در ایران با توجه به تحریمها و روابط ضعیف بین المللی،این مانع تا حدود زیادی ناگزیر است. اما با وجود این محدودیت،مدیران می‌توانند برنامه‌های آموزشی برای کارکنان خود ایجاد کرده و سبب افزایش سواد اطلاعاتی آنان گردند. سپس با استفاده از فرصت «تکنولوژی و اطلاعات»،وابستگی خود را به سایرین کمتر کرده و در راستای توسعه پایدار گام بردارند. مدیران صنعت خودرو باید بر استفاده از تکنولوژیهای جدید در تولید و برنامه‌ریزی تولید تاکید بیشتری داشته باشند،زیرا استفاده از فرصتهای انقلاب صنعتی چهارم جهت ایجاد توسعه پایدار در صنعت خودرو اهمیت بسیار بالایی دارد زیرا بخش خودرو با در نظر گرفتن اهمیت آن برای جامعه،تقاضا برای محصولات آن و سطح بالای فناوری که باید برای تأمین همه 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،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 گفته (Banzato, 2017)، کسانی که می‌توانند صنعت چهارم را به طور موثرتری پیاده‌سازی کنند، مزایای رقابتی بزرگی خواهند داشت. همانطور که امروزه در شرکتهای برجسته‌ای مانند گوگل، مایکروسافت، اپل و غیره مشاهده می‌شود.

در عین حال، آگاهی برای جهانی تمیزتر و پایدارتر آمده است. امروزه دولتها و شرکتها نیز مسئولیت دخالت چنین اصولی را در دستور کار خود برای مردم دارند که نه تنها به نفع کره زمین است، بلکه دیدگاهی است که شهروندان در مورد یک شرکت خاص دارند. شرکتهای بزرگ و موسسات مالی در جهان قبلاً به شرکتهای پایدار تبدیل شده‌اند. این موضع بسیار فراتر از یک فکر و ایده است و در دهه‌های آینده باید برای حفظ و توسعه اجتماعی در همه مناطق بسیار مورد توجه باشد. سیاستهای سبز، مشارکت با بازیگران داخلی و خارجی در زنجیره تامین، مدیریت پسماند و ضایعات محصول و آگاهی پایدار، برخی از مراحل انتخاب شده توسط شرکتها برای جلب توجه عموم مردم در مورد جهان است.

٤-منابع

1. Asrul Mustapha, M., & Abdul Manan, Z., & Alwi, SH-R-W. (2017). Sustainable Green Management System (SGMS) An integrated approach towards organisational sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 146, 158–172.
2. Bag, Surajit & Gupta, Shivam & Kumar, Sameer. (2021). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*. 231, 107844.
3. Bag, S. and Pretorius, J.H.C. (2022), "Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework", International Journal of Organizational Analysis, Vol. 30 No. 4, pp. 864-898.
4. Bai, Chunguang & Dallasega, Patrick & Orzes, Guido & Sarkis, Joseph. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*. 229,107776.
5. Bakkari, Mohammed & Khatory, Abdellah. (2017). Industry 4.0: Strategy for More Sustainable Industrial Development in SMEs. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1693-1701.
6. Beier, Grischa & Ullrich, Andre & Niehoff, Silke & Reibig, Malte & Habich, Matthias. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Cleaner Production*. 259,120856.
7. Bonilla, S. & Silva, Helton & Silva, Marcia & Goncalves, Rodrigo & Sacomano, Jose. (2018). Industry 4.0 and Sustainability Implications: A Scenario-Based Analysis of the Impacts and Challenges. *Sustainability*.10(10), 3740.
8. Bongomin, Ocident & Oyondi Nganyi, Eric & Ramadhani, Abswaidi & Hitiyise, Emmanuel & Tumusiime, Godias. (2020). Sustainable and Dynamic Competitiveness towards Technological Leadership of Industry 4.0: Implications for East African Community. *Journal of Engineering*.2020, 8545281.
9. Carvalho, Nubia & Chaim, Omar & Cazarini, Edson & Gerolamo, Mateus. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing. *Procedia Manufacturing*. 21, 671-678.
10. Dassisti, Michele & Semeraro, Concetta & Chimenti, Michela. (2019). Hybrid Exergetic Analysis-LCA approach and the Industry 4.0 paradigm: Assessing Manufacturing Sustainability in an Italian SME. *Procedia Manufacturing*. 33, 655-662.
11. Dogruel Anuşlu, ş erve & Firat, Seniye. (2019). Clustering analysis application on Industry 4.0 driven global indexes. *Procedia Computer Science*. 158, 145-152.
12. Dossou, Paul-Eric. (2019). Development of a new framework for implementing industry 4.0 in companies. *Procedia Manufacturing*. 38, 573-580.
13. Raj, P. E., Wahab, S. A., Zawawi, N. F. M., Awang, K. W & Ibrahim, W. S. A. A. W. (2020). The benefits of Industry 4.0 on Sustainable De.e lopment and Malaysia's Vision. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 549, 012080.
14. Ejsmont, Krzysztof & Gladysz, Bartlomiej & Kluczek, Aldona. (2020). Impact of Industry 4.0 on Sustainability - Bibliometric Literature Review. *Sustainability*.12(14),5650.
15. Ghobakhloo, Morteza. (2019). Industry 4.0, Digitization, and Opportunities for Sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 252,76-90.
16. Haase, Hartwig. (2020). Sustainability and Sustainable Development. Integrated Design Engineering . 163-220
17. 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, 1301–1312.

18. Iubel, David & Pinheiro de Lima, Edson & Gonçalves Machado, Carla & Gouvea da Costa, Sergio.(2020). *A Review Content Analysis Between Industry 4.0 and Sustainable Manufacturing.* 12-23
19. Jabbour, Ana Beatriz & Jabbour, Charbel & Foropon, Cyril & Filho, Moacir. (2018). When titans meet – Can industry 4.0. revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors. *Technological Forecasting and Social Change*. 132,945-978.
20. Jena, Madhab & Mishra, Sarat & Moharana, Himanshu. (2019). Application of Industry 4.0 to enhance sustainable manufacturing. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 39(1),13360.
21. Kumar, Ravinder & Singh, Rajesh & Dwivedi, Yogesh. (2020). Application of Industry 4.0 technologies in Indian SMEs for sustainable growth: Analysis of challenges. *Journal of cleaner production*.275,124063.
22. Manavalan, E., Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 925-953.
23. Murugesan, Rajkumar & S.K, Sudarsanam & Shanmugasundaram, Sivarajan. (2018). Industry 4.0 for Sustainable Development. *Annual Technical Volume of the Institution of Engineers*.
24. Nara, Elpidio & Costa, Matheus & Baierle, Ismael & Schaefer, Jones & Benitez, Guilherme & Santos, Leonardo & Benitez, Lisianne. (2020). Expected Impact of Industry 4.0 Technologies on Sustainable Development: A study in the context of Brazil's Plastic Industry. *Sustainable Production and Consumption*. 25,102-122.
25. Olah, Judit & Aburumman, Nemer & Popp, Jozsef & Khan, Muhammad & Haddad, Hossam & Kitukutha, Nicodemus & Popp, Jozsef & Jammu, Azad & Kashmir. (2020). Impact of Industry 4.0 on Environmental Sustainability.12(11),4674.
26. Palmer, Robert. (2009). Skills development, employment and sustained growth in Ghana: Sustainability challenges.International journal of Educational Development. 29(2),133-139.
27. Petrakis, Panagiotis & Kostis, Pantelis. (2020). *Sustainable Development*.The Evolution of the Greek Economy: Springer International Publishing.
28. Pezenatto, Leonardo & Coti-Zelati, Paolo & Araujo, Davi. (2020). *Industry 4.0 and sustainable development in the automotive sector industria 4.0*. 10(1), 26-54.
29. 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(c), 384-396.
30. Stave, Krystyna (2010). Participatory System Dynamics Modeling for Sustainable Environmental Management: Observations from Four Cases, *Sustainability*. 2(9), 2762-2784.
31. Stock ,T & Seliger, G.(2016). *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. Procedia CIRP*. 40(1),536-541.
32. Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as Enabler for a Sustainable Development: A Qualitative Assessment of its Ecological and Social Potential. *Process Safety and Environmental Protection*.118, 254-267.
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 Technologies' Enablers. *Computers in Industry*.122,103280.

Designing a Sustainable Development Model in the Iranian Automotive Industry Using the Fourth Industrial Revolution Approach

Salar Amini
PhD Student in Public Management, Human Resources Management, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
Mojtaba Ramezani (Corresponding Author)
Assistant Professor of Public Management Department of Human Resources Management, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
Email: dmramazani@gmail.com
Jafar Beykzad
Assistant Professor of Public Management Department of Human Resources Management, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran
Abbasgholi Sangi Noorpour
Assistant Professor of Public Management Department of Human Resources Management, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran

Abstract
The Fourth Industrial Revolution is transforming the manufacturing and service industries around the world, especially the leading countries in this field. This phenomenon can simultaneously bring wide opportunities and threats to our country's industries. By formulating strategic plans in accordance with the strength and competitive advantages of Iran, while maintaining and promoting the level of competitiveness of the country's industries, this emerging space can be used optimally to optimize industrial development processes. Using the Industrial Revolution 4, this paper presents a model of sustainable development with the approach of in the automotive industry. In this study, we tried to identify and categorize the obstacles to sustainable development as well as the opportunities of the Industrial Revolution 4 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 were ranked by the fuzzy (AHP) method. Finally, using the opinion of automotive industry experts, proposals were made to allocate the opportunities of the Industrial Revolution 4 to remove the obstacles to sustainability. The results showed: 1. Political, technical and economic barriers have the greatest impact on sustainability and sustainable development in industry, respectively; 2. Environmental and social dimensions are most affected by political and technical barriers, respectively; 3. Among the opportunities of the Industrial Revolution 4 the information and technological opportunities of the Industrial Revolution 4 have the highest rank and the supply chain management has the lowest rank.

Keywords: Sustainable Development, Industrial Revolution Opportunities 4, Interpretive Structural Modeling, Sustainability Barriers, Fuzzy (AHP).