

پژوهش‌های مدیریت در ایران

دوره ۲۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، صص ۴۱-۲۴

نوع مقاله: پژوهشی

## تحلیل عوامل مؤثر بر ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط (SME)

داود عندلیب اردکانی<sup>\*</sup>، مریم حسینی<sup>۲</sup>

۱. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۵

### چکیده

یکی از مشکلات اساسی در صنایع کوچک و متوسط عدم توجه به توسعه پایدار است. از مهم‌ترین دلایل عدم توجه به این موضوع، نبود روش جامع ارزیابی عملکرد توسعه پایدار است. این پژوهش عوامل مؤثر بر عملکرد توسعه پایدار در ۹ صنعت مختلف استان یزد را شناسایی و به اولویت‌بندی و ارزیابی این شاخص‌ها در این صنایع پرداخته است تا به کمک تعیین شاخص‌های مناسب برای هر صنعت، بتوان الگوی ارزیابی جامعی برای عملکرد توسعه پایدار در آن صنعت یافت. در این تحقیق با بهره‌گیری از سه روش میانگین داده‌ها، PCA (تحلیل مولفه اصلی) و RF (جنگل تصادفی)، به کمک نرم‌افزار R داده‌های به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و در نتیجه عوامل مهم در عملکرد توسعه پایدار برای هر یک از صنایع بررسی شده است. جامعه آماری در پژوهش حاضر، ۶۰۰ خیره صنایع کوچک و متوسط استان یزد است. یافته‌های مرتبط با تحلیل عوامل مؤثر بر ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در این پژوهش حاکی از آن است که در عمده صنایع کوچک و متوسط استان یزد، بهداشت و ایمنی، کیفیت و عدم استفاده از مواد خطرناک از عوامل با اهمیت می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی عملکرد، توسعه پایدار، صنایع کوچک و متوسط، تحلیل مولفه اصلی، جنگل‌های تصادفی

## ۱- مقدمه و بیان مسئله

با پیشرفت علم و فناوری، تقاضا برای کیفیت بالای زندگی به تدریج افزایش یافته است و در نتیجه، منجر به استفاده قابل توجهی از منابع برای تولید و مصرف می‌شود. با این حال، استفاده شدید منابع منجر به اثرات نامطلوب بر محیط زیست شده است. بدین صورت نیاز به بهبود پایداری و ایجاد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط برجسته شده است. از این رو، فناوری، مدیریت سازمان و رفتار سیستم تولید در صنایع نیاز به تعدیل و تغییر دارد. می‌توان تاکید کرد که صنایع کوچک و متوسط نقش کلیدی در توسعه اقتصادی ملی دارند و توسعه پایدار ممکن است مزیت رقابتی را نسبت به رقبا فراهم کند. مزایای مطالعات توسعه پایدار تنها در عملکرد مالی قابل اندازه‌گیری و منعکس نشده است، بلکه در دیگر شاخص‌های اقتصادی نیز، خود را نشان داده است. [۱] در دهه‌های اخیر، جامعه جهانی بر ضرورت رسیدگی به توسعه پایدار از طریق معاهدات بین‌المللی توافق کرده است. با ارائه ابزاری برای ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط، شکاف مهمی پر می‌شود و محققان و متخصصان در زمینه مطالعات پایداری اکنون ابزاری دارند که می‌توانند برای بررسی و ارزیابی درک افراد از انواع مختلف تلاش‌های مربوط به ارتقا و ارزیابی توسعه پایدار از طریق سیاست، ارتباط یا آموزش کمک کنند. [۲]

ده‌ها شاخص برای ارزیابی بهبود فرآیند تولید، محل صنایع یا یک شرکت پیشنهاد شده است، اما هیچ‌کدام از این تلاش‌ها برای ایجاد تدابیر، جامع نیستند که بتوانند مقابل مسائل پیچیده استفاده شوند. علی‌رغم تحولات، هنوز یک روش مفید برای ارزیابی توسعه پایداری در سطح صنایع وجود ندارد. برای مقابله با چالش‌های توسعه پایداری، یک رویکرد ارزیابی یکپارچه از عملکرد توسعه پایدار در صنایع، راهنمای خوبی برای تصمیم‌گیری فراهم می‌کند. [۳]

با وجود اقدامات بیشمار در سراسر جهان که خواستار اتخاذ استراتژی‌های توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط هستند، تاکنون اقدامات نسبتاً کمی در سطح علمی در ایران به بهانه اینکه مسئله بسیار پیچیده است و کاملاً درک نشده است، انجام شده است. محققان در این پژوهش معتقدند که ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط - هرچند ناقص - باید توسط تصمیم‌گیرندگان کشور انجام گیرد؛ زیرا نادیده گرفتن این موضوع ممکن است باعث تشدید مشکلات موجود برای نسل‌های آینده گردد.

با توجه به اینکه هدف اصلی پژوهش حاضر، تحلیل عوامل موثر بر ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط است، لذا این تحقیق به دنبال شناسایی شاخص‌های ارزیابی

عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط و نیز در ادامه تحلیل عوامل مؤثر بر الگوی ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط می‌باشد.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

امروزه توسعه پایدار<sup>۱</sup> به یک مفهوم مهم تبدیل شده است. سیاستمداران در سراسر جهان از زمانی که این مفهوم توسط کمیته جهانی محیط زیست و توسعه<sup>۲</sup> در سال ۱۸۹۰ در سطح بین‌المللی منتشر شد، به آن توجه ویژه نشان می‌دهند. گزارش کمیسیون برانتلند<sup>۳</sup> توسعه پایدار را به‌عنوان «توسعه‌ای برای برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون به خطر انداختن توان نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای خود» تعریف می‌کند.<sup>۴</sup> [۲] تعریف اساسی کمیسیون برانتلند از توسعه پایدار بر وابستگی متقابل میان ابعاد اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تأکید دارد. به‌طور مشابه نیاز به تجزیه و تحلیل تعامل پیچیده بین هر سه بُعد است. [۴] اهداف توسعه پایدار<sup>۵</sup> یک کانون اصلی هستند؛ این اهداف شامل ۱۷ هدف گسترده از کاهش فقر تا بهبود سلامت عمومی و حفاظت از محیط زیست است. [۵] در مواجهه با برخی از بعدهای توسعه پایدار، به دلیل محدودیت‌هایی که ناشی از مسائل اجتماعی، پیشرفت تکنولوژیکی و توانایی اکوسیستم به جذب ردپای کربن موجود است، بهتر است که برای هر کشوری یا منطقه یک طرح انحصاری توسعه پایدار در نظر گرفته شود. از این‌رو، هر کشوری نیاز دارد که سیاست و استانداردهای توسعه پایدار خود را با هدف جهانی که در ذهن دارد، توسعه دهد. [۶] تحقیقات حاکی از آن هستند که صنایع کوچک و متوسط نقشی حیاتی در اهداف اقتصادی آینده دارند. این صنایع به ۴ صورت ایجاد تغییرات در تکنولوژی، افزایش خلاقیت و نوآوری، بالابردن کارآفرینی و افزایش اشتغال و درآمد در اقتصاد صنایع گوناگون جهان تأثیر عمده‌ای دارند. [۷] در تحقیقی محققان به کمک یک مدل DFM کارایی و عملکرد کشور ایران و ۳۸ کشور OECD را ارزیابی نمودند. در مطالعات آنها نیروی کار شاغل، کل مصرف انرژی اولیه و تشکیل سرمایه ناخالص (GDP) به صورت خروجی مطلوب و گازهای گلخانه‌ای به صورت خروجی نامطلوب قرار گرفته است. نتایج بیان‌کننده این است که برای به کارا رسیدن کشورهای ناکارا نظیر ایران، باید تغییرات در مصرف انرژی و عملکرد ضعیف برای پایداری زیست محیطی، اعمال گردد. به علاوه تجزیه و تحلیل داده‌ها بیان می‌کنند که تصمیم‌گیرندگان

<sup>۱</sup> Sustainable Development

<sup>۲</sup> Brundtland Commission

<sup>۳</sup> World Commission on Environment and Development

<sup>۴</sup> Sustainable Development Goals

برای اصلاح پایداری در ایران باید به کم کردن مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، افزایش بهره‌وری نیروی کار و گسترش بهبود سرمایه‌گذاری و GDP بپردازند. [۸] محققان در تحقیقی دیگر با بهره‌گیری از روش ترکیبی کیفی- کمی و همراه تئوری فراترکیب عوامل مؤثر بر بهبود توسعه پایدار با استفاده از نوآوری، سیستم‌های اطلاعاتی را معرفی و رتبه‌بندی نمودند. به کمک این پژوهش ۴ بعد و ۴۲ محتوا و ۱۲ موضوع برای عوامل تاثیرگذار بر گسترش توسعه پایدار بیان گردیدند. نتایج نشان دهنده آن هستند که اقدامات دولتی، به اعمال سبز اقتصادی وابسته است و دولت قادر است که توسعه پایدار را در سطح ملی به کمک جمع‌آوری اطلاعات مربوط به قسمت‌های مختلف توسعه پایدار، کم کردن مالیات برای سازمان‌هایی که فرایندهای آن‌ها سبز است و انجام اصول و استانداردهای سبز و فراخواندن صنایع به رعایت آن‌ها، ایجاد نماید. [۹] طی تحقیقی دیگر پژوهشگران سعی نموده‌اند که با نظرسنجی از اشخاص صنعت پتروشیمی و دانشگاهیان و کارشناسان دولتی، مهم‌ترین شاخص‌های کلیدی عملکرد توسعه پایدار، صنعت پتروشیمی ایران را شناسایی کنند. پرسشنامه آن‌ها مبتنی بر ۱۹ شاخص استاندارد برگرفته از GRI بوده است. نتایج در صنعت نشان داد، بخش حاکمیت اقتصادی با شاخص‌های کلیدی «رشد درآمد، نسبت سود به درآمد و درصد بازگشت دارایی»، حاکمیت زیستی با شاخص‌های کلیدی «میزان تولید گازهای گلخانه‌ای، مشعل سوزی، مصرف آب سالم، لکه‌های نفتی و میزان کاهش زباله» و همچنین حاکمیت اجتماعی با شاخص‌های کلیدی «فراوانی صدمات وارده، جلوگیری از فساد و توسعه و آموزش نیروها» دارای بیشترین فراوانی و کاربرد در صنعت پتروشیمی ایران هستند. [۱۰] طی تحقیقی دیگر که محققان برپویایی تغییرات ساختاری، تغییرات صنعتی و اثرات آن بر توسعه پایدار در تایوان انجام داده‌اند، با کمک تجزیه و تحلیل یک مدل دو مرحله‌ای، که روشی تجربی را برای ترکیب گذار صنعتی و تغییرات ساختاری فراهم می‌کند، دریافتند که صنایع فناوری بالا نسبت به سایر صنایع حساس است. به‌طور کلی، اثرات قابل توجهی بر عملکرد توسعه پایدار ناشی از انتقال صنعتی و تغییرات ساختاری اقتصادی وجود دارد. افزایش مخارج صرف شده صنایع برای ارتقا عملکرد توسعه پایدار به طور معناداری میزان ابداعات و به تبع آن رقابت‌پذیری صنایع را افزایش می‌دهد. [۱۱] طی پژوهشی، محققان به بررسی تقاطع اهداف زیست‌محیطی و مالی برای طرح‌های توسعه پایدار یک سازمان مرکزی با تجزیه و تحلیل یک مدل فرضی در فعالیت‌های تولید، حمل و نقل و ذخیره‌سازی یک محصول واحد در یک زنجیره عرضه مستقیم، پرداخته‌اند. طبق نتایج حاصله، رویکرد مدل‌سازی کمی و اقتصادی برای به

دست آوردن بینش برای هدایت مدیران در کار پیچیده، متعادل کردن با کاهش اثرات زیست‌محیطی و حداکثر رساندن اهداف استفاده می‌شود. [۱۲] در پژوهشی دیگر، پژوهشگران به مرور ادبیاتی برای ایجاد ارزش توسعه پایدار در صنعت ۴۰۰ پرداختند و در سه مرحله ارزیابی کیفی به عمل آوردند؛ مرحله اول شامل ارزیابی از پتانسیل کلان بر اساس بررسی تحولات صنعتی فعلی و استفاده از این موارد برای مدل‌های تجاری، شبکه‌های ایجاد ارزش و چرخه عمر محصول است. مرحله دوم و سوم با توجه به ضریب ایجاد ارزش صنعتی، بر ارزیابی دقیق‌تر پتانسیل خرد متمرکز شده است. نتایج این تحقیق حکایت از آن دارد که عوامل ایجاد ارزش پایدار می‌توانند در اغلب موارد به بعد اکولوژیکی پایداری کمک کنند. با این حال، تحقیقات فعلی نشان می‌دهد که همچنان کمیبود تحقیقات مبتنی بر روش و کمیت در مورد تأثیرات اجتماعی و زیست‌محیطی صنعت ۴۰۰ و همچنین سهم احتمالی در توسعه پایدار وجود دارد. تحقیقات آینده باید تلاش کند تا این فاصله را کاهش دهد. [۱۳] در تحقیقی از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری برای بررسی ارتباطات بین عامل‌های موثر انتقال فناوری به منظور دستیابی به توسعه پایدار بهره گرفته شده است. نتایج این پژوهش حاکی از آنست که سه عامل زیرساختار تاثیرگذار، مشارکت دولت و سیستم سیاسی کشور، دریافت‌کننده فناوری در زیرین‌ترین سطح از مدل ISM هستند. این نشان‌دهنده اهمیت این اجزا در انتقال فناوری است به‌علاوه نمودار میک‌مک نشان‌دهنده این است که این اجزا با همدیگر رابطه نزدیکی دارند، در نتیجه ایجاد تغییرات در هریک از این عوامل بر دیگر عوامل نیز اثرگذار است. [۱۴]

## ۱-۲- شناسایی و تعیین شاخص‌های ارزیابی عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط (SME) بر اساس ادبیات پژوهش

در این تحقیق، نخست ۱۲ معیار به تفکیک سه بعد توسعه پایداری به‌عنوان عوامل حیاتی توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط بر اساس ادبیات پژوهش به شرح جدول ۲ حاصل شده‌اند. گام بعدی، اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی عملکرد توسعه پایدار ۹ صنعت کوچک و متوسط در یزد است. در این پژوهش تعداد ۶۰۰ پاسخ‌دهنده ادراک خود از شاخص‌های توسعه پایدار در ۹ صنعت a تا i را به صورت ۱ (بدترین) و ۹ (بهترین) بیان کرده‌اند که به کمک شاخص‌های جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. شاخص‌های منتخب برای تحلیل توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط یزد

تعداد	نام نمایش داده شده	شاخص‌های مورد بررسی برای توسعه پایدار	منابع شاخص‌ها
۱	دسترسی	دسترسی به آب و فاضلاب منطقه‌ای	[۱۷]
۲	تحقیق	ظرفیت تحقیق و توسعه و قابلیت طراحی	[۱]
۳	قوانین	وجود قوانین زیست محیطی	[۱۸]
۴	مواد اولیه	عدم استفاده از مواد اولیه خطرناک	[۱۹]
۵	تامین کننده	اثر بخشی نظارت بر تامین کننده	[۲۰]
۶	تصور سبز	ایجاد تصور سبز از سازمان برای عموم	[۱۷]
۷	شغل	افزایش فرصت‌های شغلی برای جامعه محلی	[۱۰]
۸	ایمنی	بهداشت و ایمنی در محیط کار	[۱]
۹	کیفیت	تضمین کیفیت	[۲۱]
۱۰	سود	سود صنعت	[۲۲]
۱۱	هزینه	کاهش هزینه سفارش و تدارکات	[۱۰]
۱۲	فناوری	سطح فناوری	[۲۱]

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

هدف عمده انجام این پژوهش شناسایی و ارزیابی عوامل موثر بر عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط استان یزد می باشد. همچنین این تحقیق از نوع توصیفی پیمایشی و با ماهیت کاربردی است. روش گردآوری داده‌ها در این پژوهش نیز میدانی و به کمک پرسشنامه است. در این پژوهش برای ارزیابی و تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از روش آماری میانگین و روش‌های آماری ناپارامتریک و نوین الگوریتم جنگل‌های تصادفی (RF) و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) به کمک نرم‌افزار R استفاده شده است. به منظور برقراری شرط همگن بودن در روش جنگل‌های تصادفی و نیز نیاز به تعداد زیاد داده‌ها در این روش، در قالب روش نمونه‌گیری نمونه در دسترس، ۶۰۰ خبره صنایع کوچک و متوسط استان یزد از نه صنعت متفاوت در صنایع کوچک و متوسط در نظر گرفته شده است که در جدول ۱، اسامی این صنایع آورده شده است.

جدول ۲. اسامی صنایع جامعه آماری

حروف اختصار برای صنایع	نوع صنایع	فراوانی	درصد فراوانی
a	صنعت نساجی	۵۹	۹.۱۳۳۳
b	صنعت معدن	۶۱	۱۰.۱۶۶۷
c	صنعت کاشی و سرامیک	۶۳	۱۰.۵
d	صنعت غذایی	۷۸	۱۳
e	صنعت فرش	۶۳	۱۰.۵
f	صنعت زرگری	۹۲	۱۵.۳۳۳
g	صنعت فولاد	۶۱	۱۰.۱۶۶۷
h	صنعت آجر پزی	۶۱	۱۰.۱۶۶۷
i	صنعت گردشگری	۶۲	۱۰.۳۳

### ۳-۱- ارزیابی شاخص‌ها بر اساس سه روش تحقیق :

برای افزایش اعتبار نتایج به کمک سه روش به ارزیابی شاخص‌ها پرداخته شده است. روش اول بر اساس میانگین<sup>۱</sup> به ارزیابی شاخص‌ها می‌پردازد. این روش با نشان دادن میزان تمرکز بر داده‌ها به شناسایی و رده‌بندی شاخص‌ها می‌پردازد اما در روش دوم، تحلیل مولفه‌های اصلی<sup>۲</sup> (PCA)، مجموعه‌ای از متغیرها را به صورت معادله‌های خطی در قالب چند مجموعه محاسبه می‌شوند و بدین گونه روابط خطی میان متغیرها به دست می‌آید. مجموعه اول بیشترین واریانس ممکن را از همه متغیرها به صورت یک تابع خطی می‌گیرد. مجموعه دوم بیشترین واریانس ممکن باقی مانده را پس مجموعه اول تسخیر می‌نماید. روند شکل‌گیری مجموعه تا جایی که متغیر وجود داشته باشد، این چنین ادامه می‌یابد. به کمک این روش می‌توان پیچیدگی داده‌ها را کم کرد. [۱۵] و در روش سوم روش RF<sup>۳</sup> (جنگل‌های تصادفی) بر مبنای یک مدل، طبقه‌بندی انجام نمی‌شود؛ بلکه گروهی از مدل‌ها را که به صورت ترکیبی و با به وجود آوردن تعدادی درخت‌های طبقه‌بندی شده بر داده‌ها، تشکیل می‌شوند و آن‌ها را طبقه‌بندی می‌کند، به کار می‌گیرد. هر درخت تنها تعدادی از مشاهدات را انتخاب می‌کند و مجموعه‌ای از مدل‌ها را تشکیل می‌دهد. ترکیب همه درخت‌ها یک جنگل می‌شود. زمانی که یک مشاهده جدید پیش‌بینی می‌شود، توسط تمام درخت‌های ایجاد شده برای آن پیش‌بینی صورت می‌گیرد و درختی که

<sup>۱</sup> mean

<sup>۳</sup> Random forest

<sup>۲</sup> Principal component analysis

بالاترین دقت را دارد، برای جواب نهایی انتخاب می‌شود. [ ۱۶ ]

#### ۴- یافته‌های پژوهش

##### ۴-۱- ارزیابی شاخص‌ها بر اساس روش میانگین

برای قابل مقایسه شدن میانگین شاخص‌ها در هر صنعت، داده‌ها به روش حد مرکزی نرمال‌سازی شده‌اند. می‌توان با کمک میانگین متغیرها در یکایک صنایع یزد به مقایسه متغیرها با همدیگر در هر یک از صنایع با صنایع دیگر پرداخت. در جدول ۳ میزان اهمیت هر یک از عوامل در صنایع مورد نظر آورده شده است. به‌عنوان مثال صنعت فرش و زرگری سود خوبی نسبت به دیگر صنایع دارند یا کیفیت در صنعت غذایی نسبت به دیگر صنایع بالایی دارد.

جدول ۳ میانگین شاخص‌ها در هر صنعت

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
دسترسی	۰/۱۹	۰/۳۳	۱/۱۶	۰/۰۱	۰/۵۶	-۰/۱۲	-۰/۲۴	-۰/۱۸	-۰/۵۲
تحقیق	۰/۶۹	۱/۲۱	۰/۶۱	۰/۴۳	-۰/۴۱	-۰/۷۰	-۰/۷۱	-۰/۷۳	۰/۳۵
قوانین	۰/۹۸	۰/۱۲	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۴۸	۰/۷۰	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۶۰
مواد اولیه	۰/۸۹	۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۳۴	۱/۱۰	۰/۲۵
تامین کننده	۰/۷۳	-۰/۳۵	۰/۸۵	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۵۷	-۰/۸۳	۰/۵۱	-۰/۷۱
تصور سبز	-۰/۳۴	-۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۲۹	-۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۹۹	-۰/۴۲	-۰/۱۹
شغل	۰/۱۹	۰/۳۳	۱/۱۶	۰/۰۱	-۰/۵۶	-۰/۱۲	-۰/۲۴	-۰/۱۸	-۰/۵۲
ایمنی	۰/۶۹	۱/۲۱	۰/۶۱	۰/۰۴	-۰/۴۱	-۰/۷۰	-۰/۷۱	-۰/۷۳	۰/۳۵
کیفیت	۰/۹۸	۰/۱۲	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۴۸	۰/۷۰	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۶۰
سود	۰/۸۹	-۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۷۴	۰/۳۴	۱/۱۰	۰/۲۵
هزینه	۰/۷۳	-۰/۳۵	۰/۸۵	۰/۲۷	۰/۶۴	۰/۵۷	-۰/۸۳	۰/۵۱	-۰/۷۱
فناوری	-۰/۳۴	-۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۲۹	-۰/۰۳	۰/۱۶	۰/۳۹	-۰/۴۲	-۰/۱۹



#### ۲-۴- ارزیابی شاخص‌ها بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

به تحلیل شاخص‌های اصلی پرداخته PCA در این بخش با استفاده از روش ناپارامتریک می‌شود. به کمک این روش می‌توان پیچیدگی داده‌ها را کاهش داد. نتایج واریانس مجموعه-های تشکیل شده را در جدول ۴ می‌توان مشاهده نمود.

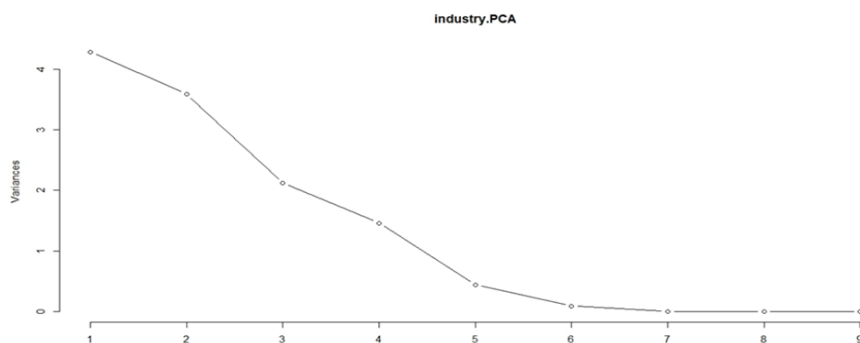
جدول ۴. نتایج واریانس مجموعه‌های تشکیل شده

نسبت تجمعی	نسبت واریانس	انحراف معیار		اهمیت اجزا
۰.۲۶۱	۰.۲۶۱	۱.۷۷۱	PC <sub>۱</sub>	
۰.۱۹۵	۰.۱۹۵	۱.۵۳۲	PC <sub>۲</sub>	
۰.۶۳۰	۰.۱۷۳	۱.۴۴۱	PC <sub>۳</sub>	
۰.۷۹۱	۰.۱۶۱	۱.۳۹۰	PC <sub>۴</sub>	
۰.۹۰۱	۰.۱۱۰	۱.۱۴۹	PC <sub>۵</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۹۸	۱.۰۸۶	PC <sub>۶</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۴.۰۷۸	PC <sub>۷</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۳.۷۲۱	PC <sub>۸</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۳۵۳	PC <sub>۹</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۸.۵۶۷	PC <sub>۱۰</sub>	
۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۷.۰۶۹۱	PC <sub>۱۱</sub>	

از آنجایی که ۱۲ متغیر موجود است، ۱۲ مجموعه داده هم ایجاد شده است. در جدول ۴ می‌توان انحراف معیار متغیرها را مشاهده نمود و در قسمت میانی با مشاهده واریانس‌ها می‌توان متوجه شد که سه مجموعه اول بیش از ۵۰ درصد واریانس را به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین نتایج قابل اعتماد می‌باشند.

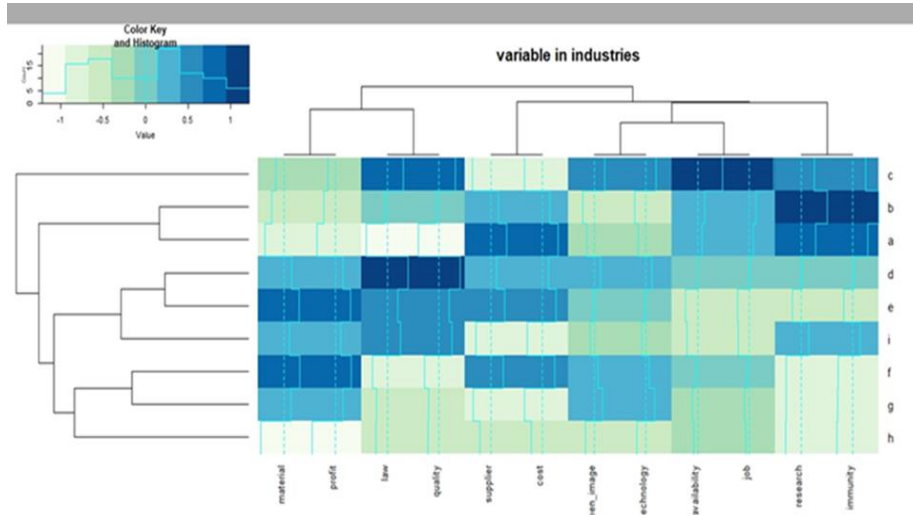
همان‌طور که می‌توان مشاهده نمود، در نمودار ۱، قسمتی از نمودار شکستگی آرنجی پیدا نموده که این نقطه نشان‌دهنده افت ناگهانی واریانس داده‌ها در آن شاخص‌هاست. پس از آن شکستگی واریانس داده‌ها تاثیری بر پیچیدگی داده‌ها ندارند. در نمودار پایین، که مربوط به میزان توجه به توسعه پایدار در صنایع با توجه به شاخص‌های ذکر شده است، در نقطه‌ی ۳ شکستگی اتفاق

افتاده و به این معناست که سه گروه اول مسئول بیش از ۶۰ درصد از واریانس کل می باشند. این نمودار میزان واریانسی که هر مجموعه داده مسئول آن است، را نشان می‌دهد.



PCA نمودار ۱. نمایش واریانس مجموعه‌های

یکی از بهترین روش‌ها برای نمایش داده‌های بالا نمودار heatmap می‌باشد. (نمودار ۲) زیرا این نمودار داده‌ها را به صورت رنگی و بر اساس شدت مقادیرشان نمایش می‌دهد. آبی پررنگ نشان‌دهنده مقدار بالایی یک صفت در یک صنعت و سبز کم‌رنگ نشان‌دهنده مقدار کم آن صفت در آن صنعت است. به همین صورت است که صفت‌های بهداشت و ایمنی در محل کار و تحقیق و توسعه در صنعت معدن (b) بالاترین ارزش را دارند. همین‌طور به کمک این نمودار می‌توان صنعت‌ها را طبقه‌بندی نمود: به‌عنوان نمونه با توجه به نمودار مربوط به این پژوهش در شکل زیر، صنعت e و f در سود صنعت و عدم دسترسی به مواد خطرناک عملکرد بالایی دارند و می‌توانند در یک طبقه قرار بگیرند یا صنعت g, I در هزینه سفارش و هزینه تدارکات و نظارت بر تامین‌کننده، عملکرد پایینی دارند و می‌توانند در طبقه دیگری قرار گیرند.



نمودار ۲. بخش بندی متغیرها بر مبنای نام صنعت‌ها

### ۳-۴- ارزیابی شاخص‌ها به کمک جنگل‌های تصادفی (RF):

با مشاهده نتایج در جدول ۵ متوجه می‌شوید، خطای داده‌های باقی‌مانده در این پژوهش (OBB) ۴۳.۵۹٪ می‌باشد. در ماتریس درهم ریختگی (جدول ۵)، می‌توان مشاهده کرد که طبقه‌بندی a,b,c,d,e,f,g,h,i به ترتیب ۵۴٪ و ۶۳٪ و ۵۰٪ و ۵۱٪ و ۷۰٪ و ۱۶٪ و ۴۵٪ و ۱۳٪ و ۳۸٪ خطا در بخش‌بندی را نشان می‌دهد و این خود نشان‌دهنده برآزش نسبی است. (میزان خطاها از ۵۰٪ کمتر است). به‌عنوان مثال تعداد ۱۶ مشاهده به درستی در طبقه a قرار گرفته است و ۱۰ مشاهده به اشتباه در طبقه b و ۰ مشاهده به اشتباه در طبقه c و ۱ مشاهده به اشتباه در طبقه d و ۰ مشاهده به اشتباه در طبقه e و ۱ مشاهده به اشتباه در طبقه f و ۳ مشاهده به اشتباه در طبقه g و ۴ مشاهده به اشتباه در طبقه h و ۰ مشاهده به اشتباه در طبقه i قرار گرفته است. به‌صورت کلی، زمانی که یک مشاهده طبقه‌بندی می‌شود، در گروهی که بیشترین درخت را در کل درخت‌های جمع شده دارا است، قرار می‌گیرد.

^ Confusion matrix

جدول ۵. میزان خطای طبقه‌بندی

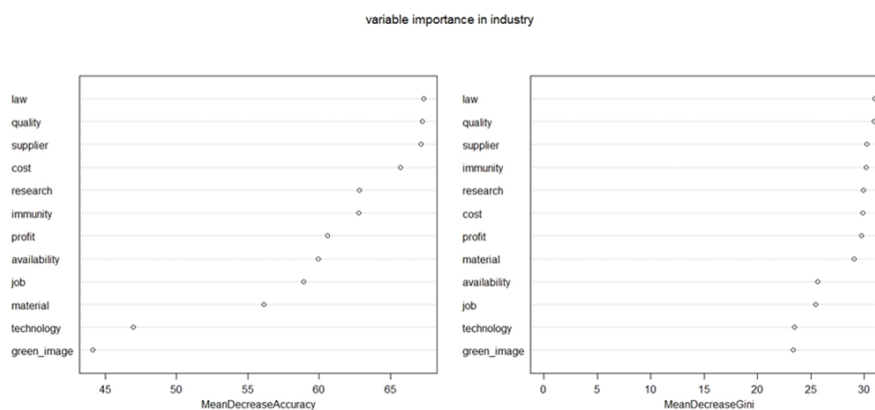
ماتریس درهم ریختگی										
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	خطای طبقه بندی
A	۱۶	۱۰	۰	۱	۰	۱	۳	۴	۰	۰.۵۴۲
b	۱۳	۱۷	۱۳	۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۶۳۰
c	۱	۹	۱۸	۶	۰	۰	۰	۰	۲	۰.۵۰۰
d	۱	۱	۱۰	۲۵	۱۰	۰	۰	۰	۴	۰.۵۰۹
e	۰	۰	۰	۱۲	۱۲	۱۱	۰	۱	۵	۰.۷۰۷
f	۰	۰	۰	۱	۴	۵۲	۵	۰	۰	۰.۱۶۱
g	۱	۰	۰	۰	۰	۷	۲۲	۹	۱	۰.۴۵۰
h	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۳۲	۳	۰.۱۳۵
i	۰	۰	۱	۳	۴	۱	۴	۳	۲۶	۰.۳۸۰

یکی از مزایای روش طبقه‌بندی RF آن است که می‌تواند اهمیت متغیرها و شاخص‌ها را در طبقه‌بندی نشان دهد.

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، اهمیت هر متغیر در هر طبقه شناسایی شده است. به‌عنوان نمونه در این پژوهش نتایج نشان می‌دهد که شاخص دسترسی به آب و فاضلاب، در همه صنایع اهمیت دارد اما در صنعت f اهمیتش بیشتر می‌باشد و یا آن که متغیر ظرفیت تحقیق و توسعه، اهمیت بالایی در طبقه b نسبت به دیگر طبقه‌ها دارد. دو ستون آخر دو مقیاس اندازه‌گیری اهمیت متغیرها به‌صورت کلی می‌باشد. اولین ستون جایگشت مقیاس اثر بر دقت و ستون دوم توانایی متغیر در میزان همکاری را برای آن که مدل طبقه‌بندی بهتر از مدل بر مبنای شانس و تصادف اتفاق بیافتد، ارزیابی می‌کند.

جدول ۶. میزان اهمیت متغیرها در هر صنعت

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	میانگین کاهش دقت	میانگین کاهش جینی
technology	-۷.۴۳	۱۴.۳۸	۱۰.۶۴۱	۳۰.۳۴	۲۶.۲۸	۱۳.۸۰	۲۹.۲۰	۲۰.۵۴	۰.۹۰	۴۶.۹۵	۲۳.۴۷
cost	۳۵.۷۸	۲۲.۳۸	۱۱.۸۶	۱۴.۸۲	۱۷.۶۸	۳۹.۳۴	۴۸.۵۳	۲۲.۱۵	۴۳.۱۱	۶۵.۷۱	۲۹.۸۵
profit	۳۶.۸۱	-۵.۳۸	۲۰.۰۱	۴۶.۹۶	۲.۹۷	۳۹.۳۴	۹.۸۶	۵۲.۴۳	۱۸.۴۰	۶۰.۶۱	۲۸.۷۲
quality	۱۳.۹۵	۴۵.۵۱	۵.۱۸	-۱۲.۳۷	۳.۱۷	۵۵.۴۸	۳۵.۷۷	۴۳.۳۱	۳۴.۱۵	۶۲.۷۶	۳۰.۱۳
immunity	۲.۵۶	۶.۱۸	۴۲.۶۸	۱۳.۹	۱۲.۴۳	۴۴.۷۵	۱۱.۶۵	۱۹.۷۳	۳۴.۰۴	۵۸.۹۳	۲۵.۴۳
job	-۸.۰۳	۱۶.۰۰	۱۰.۶۳	۲۷.۸۳	۲۳.۹۰	۱۳.۶۱	۲۸.۸۳	۱۷.۸۶	۲.۷۵	۴۴.۱۴	۲۳.۳۵
green_image	۱۲.۳۷	۱۶.۰۱	۲۵.۵۴	۲۶.۳۳	۳۲.۹۵	۴۵.۸۰	۴۷.۸۱	۳۱.۲۰	۳۴.۲۹	۶۷.۱۳	۳۰.۳۴
supplier	۳۳.۸۹	۱۹.۰۲	-۱۱.۸۷	۱۳.۵۸	۱۶.۶۱	۳۵.۶۱	۷.۸۰	۵۰.۷۹	۱۷.۱۰	۵۶.۱۱	۲۹.۰۴۲
material	۳۹.۲۰	-۵.۴۰	۲۲.۵۲	۴۶.۷۵	۳.۹۲	۵۸.۱۳	۲۴.۶۹	۳۷.۴۶	۲۷.۶۰	۶۷.۲۵	۳۰.۹۸
law	۱۲.۱۰	۶۴.۱۹	۴.۱۷	-۱۲.۴۴	۴.۸۷	۵۵.۲۸	۳۵.۵۳	۴۲.۰۴	۳۳.۱۳	۶۷.۸۳	۲۹.۸۹
research	۴.۲۵	۷.۰۲	۴۰.۸۹	۱۴.۴۷	۱۱.۵۵	۴۳.۸۷	۱۰.۹۳	۱۹.۸۵	۳۵.۰۸	۵۹.۹۴	۲۵.۶۴
avaibility											



نمودار ۳. میزان اهمیت متغیرها در همه صنایع

در نمودار ۳ میزان اهمیت این مولفه‌های اصلی برای رسیدن به توسعه پایدار در همه صنایع کوچک و متوسط استان یزد نشان داده شده است. طوری که می‌توان دید، همه متغیرها اهمیت بالایی از خود نشان می‌دهند؛ اما در میان آن‌ها متغیرهای قوانین زیستی و کیفیت و همچنین نظارت بر تامین‌کننده (قوانین، کیفیت، تامین‌کننده) از جمله شاخص‌هایی هستند که از بیشترین اهمیت میان صنایع برخوردار هستند. [۲۳]

## ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله به شناسایی و ارزیابی شاخص‌های عملکرد توسعه پایدار در صنایع کوچک و متوسط برای ارائه یک الگوی کارا پرداخته شد. به این منظور پس از شناسایی عوامل موثر از ادبیات تحقیق از تکنیک‌های RF (جنگل‌های تصادفی) و تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) و میانگین برای تعیین درجه اهمیت هر یک از عوامل و ارزیابی آن‌ها استفاده شده است؛ به‌عنوان نمونه در **صنعت نساجی (a)**: بهداشت و ایمنی در محیط کار و قوانین زیستی و کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند. در حالی که تکنولوژی همچنین تصور زیستی در این صنعت نسبتاً کم اهمیت‌تر هستند. **صنعت معدن (b)**: در تحقیق و توسعه و بهداشت و ایمنی و همچنین نظارت بر تامین‌کننده از اهمیت بالایی برخوردار هستند اما به دلیل تحریم‌ها و مشکلات اخیر تکنولوژی اهمیت خود را تقریباً از دست داده است. گرفتن مجوز در این صنعت بسیار مشکل می‌باشد و شاید به همین دلیل فرصت شغلی این صنعت نسبتاً کم است. **صنعت کاشی و**



**سرامیک (c):** دسترسی به فاضلاب منطقه‌ای خوبی نسبت به سایر صنایع دارد، همچنین در قوانین زیستی به آن اهمیت زیادی داده شده است و فرصت شغلی در آن بسیار خوب می‌باشد. این صنعت در استان یزد، فرصت شغلی و سود نسبتاً خوبی دارد. **صنعت غذایی (d):** بیشترین نظر را به قوانین زیستی و عدم استفاده از محصولات خطرناک و کیفیت محصولات عرضه می‌دارد و در بقیه موارد تقریباً متوسط است. مشاهدات و پژوهش‌ها نشان می‌دهند که نظارت‌ها و بازرسی‌ها و قوانین برای کیفیت و عدم استفاده از مواد خطرناک در این صنعت به دلیل اثر مستقیم آن بر افراد، بیشتر از دیگر صنایع می‌باشد. **صنعت فرش (e):** تکنولوژی و هزینه بالا و سود نسبتاً خوبی دارد. در آن عدم دسترسی به مواد خطرناک نیز بالا می‌باشد. **صنعت زرگری (f):** کیفیت و عدم دسترسی به مواد خطرناک و همچنین تحقیق و توسعه در آن اهمیت نسبتاً خوبی دارند. **صنعت فولاد (g):** دسترسی به آب و فاضلاب منطقه‌ای و نظارت بر تامین‌کننده تقریباً کم اهمیت‌تر از بقیه متغیرها می‌باشند و در بقیه متغیرها نسبتاً متوسط و خوب هستند. در **صنعت آجر پزی (h):** تقریباً در همه شاخص‌ها بخصوص بهداشت و ایمنی در محل کار و تکنولوژی و همچنین کیفیت توجه بسیار کمی شده است. پاسخ‌دهنده‌ها علت این مشکلات در این صنعت را، استفاده از روش سنتی آن به جای استفاده از روش مدرن می‌دانند. **صنعت گردشگری (i):** قوانین زیستی و کیفیت خوبی دارد و همچنین در بهداشت و ایمنی از اهمیت نسبتاً بالایی برخوردار است اما تکنولوژی در آن چندان مورد توجه نمی‌باشد. این صنعت با توجه به بناهای تاریخی زیاد این استان، از رونق و سود خوبی در استان یزد برخوردار است. همچنین در مقایسه و تحلیل سه روش (میانگین، PCA، RF)، اولویت‌بندی و ارزیابی از طریق روش جنگل‌های تصادفی دقیق‌تر از ۲ روش دیگر شناخته شده است که به نظر با افزایش داده‌ها دقت عمل در این رویکرد بیشتر و امکان خطای کمتری وجود دارد.

نتایج این تحقیق حکایت از آن دارد که ارائه یک الگوی جامع برای ارزیابی عملکرد توسعه پایدار کلیه صنایع مورد بررسی، میسر نمی‌باشد؛ زیرا عوامل تاثیرگذار در هر یک از این ۹ صنعت متفاوت می‌باشند. لذا لازم است تا در ارزیابی عملکرد هر صنعت، شاخص‌های ویژه آن صنعت لحاظ گردد.

در انتها قابل ذکر است، با توجه به این نتیجه که صنعت گردشگری استان یزد، از فرصت‌های شغلی و کیفیت و سود مناسبی برخوردار است، با افزایش سرمایه‌گذاری در این صنعت در استان یزد، عملکرد توسعه پایدار در صنعت گردشگری یزد نیز افزایش می‌یابد. به‌علاوه با توجه به نتایج بدست آمده در مورد متغیر تکنولوژی می‌توان متوجه شد که در سال‌های اخیر،

استفاده از ماشین‌آلات نوین و مدرن که هم تولید محصولات و هم عملکرد توسعه پایدار را بهبود می‌بخشند، کاهش یافته است، امید است تا دولت و صنایع بتوانند مشکلات مربوط به تکنولوژی را حل نمایند. همچنین نتایج نشان می‌دهند که دسترسی به آب و فاضلاب منطقه‌ای به خصوص در استان یزد که یک استان کویری است، برای بهبود عملکرد توسعه پایدار برای صنایع کوچک و متوسط از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد بنابراین توصیه می‌شود، برای رفع این مانع تلاش‌های لازم صورت گیرد.

## ۶- منابع

- [۱] AY Chang, YT Cheng (۲۰۱۹) Analysis model of the sustainability development of manufacturing small and medium-sized enterprises in Taiwan. Journal of cleaner production, Elsevier, Vol. ۲۰۷, pp. ۴۵۸-۴۷۳.
- [۲] N Gericke, J Boeve-de Pauw, T. Berglund & D. Olsson (۲۰۱۹) The Sustainability Consciousness Questionnaire: The theoretical development and empirical validation of an evaluation instrument for stakeholders working with sustainable development. Sustainable Development, Wiley Online Library, Vol. ۲۷, pp. ۳۵-۴۹
- [۳] A Butnariu, S Avasilcai (۲۰۱۵) The assessment of the companies' sustainable development performance. Procedia Economics and Finance, Elsevier, Vol. ۲۳, pp. ۱۲۳۳-۱۲۳۸.
- [۴] BS Silvestre, DM Țircă (۲۰۱۹) Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. Journal of cleaner production, Vol. ۲۰۸, pp. ۳۲۵-۳۳۲.
- [۵] M Fiorini, B Hoekman (۲۰۱۸) Services trade policy and sustainable development. World Development, Elsevier, Vol. ۱۱۲, pp ۱-۱۲.
- [۶] TO Olawumi, DWM Chan (۲۰۱۸) A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development. Journal of cleaner production, Elsevier, Vol. ۱۸۳, pp ۲۳۱-۲۵۰.
- [۷] H Mirzaei, (۲۰۱۸), an analysis of the role of small and medium industries in the development of economic activities, the first national conference on the development of economic activities, Tehran, No. ۸, <https://civilica.com/doc/۶۵۲۴۵>.
- [۸] F Zamzam, H Zare Ahmadabadi, A Naser Sadrabadi, A Marwoti Sharifabadi, A new hybrid approach based on the coverage analysis of DFM data with unfavorable output and cluster analysis to evaluate the sustainable development of countries, (۲۰۲۲), New researches in decision making, Vol. ۷, Number ۲, pp ۸۶-۵۳
- [۹] A Galami, N Abdulvand, S Rajaei Harandi, (۲۰۱۷), Investigating and ranking factors affecting sustainable development with the approach of using





- information systems, Management Researches in Iran, Number ۱ (۹۹ in a row), pp ۲۱۷-۱۸۷
- [۱۰] M Shah Hosseini, S F Javaheri Shlamani, T H Qolipour Yasuri, A Rostami, (۲۰۱۸), evaluation and comparison of key performance indicators of sustainable development in the petrochemical industry using SMAA and SMAA-S, Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran, ۱۱th term, number ۲, pp ۲۷۲ - ۳۰۲
- [۱۱] DHA Tsai (۲۰۱۸) The effects of dynamic industrial transition on sustainable development. Structural Change and Economic Dynamics, Elsevier ۴۴, pp ۴۶-۵۴.
- [۱۲] A Halati, Y He (۲۰۱۸) Intersection of economic and environmental goals of sustainable development initiatives. Journal of Cleaner Production, Elsevier, Vol. ۱۸۹, pp ۸۱۳-۸۲۹.
- [۱۳] T Stock, M Obenaus, S Kunz, H Kohl (۲۰۱۸) Industry ۴.۰ as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. Process Safety and Environmental Protection, Vol. ۱۱۸, pp ۲۵۴-۲۶۷.
- [۱۴] A Rezaei Pendari, M Yekezare, (۲۰۱۵), Designing a structural-interpretive model of successful technology transfer factors in achieving sustainable development, Management Researches in Iran, ۲۰th period - number ۱ scientific-research rank (Ministry of Science)/ISC. Vol. ۱۹. pp ۶۱ - ۷۹.
- [۱۵] F Muhaddes, (۲۰۰۹), method of analysis of basic components of economic factors (case study: price index index and its effect on inflation), collection of researches, administrations and economic policies, vol. ۱۹, number ۶۰; pp ۲۹ - ۶۱
- [۱۶] Z Amini Khoei, A Abdul Hepuri, (۲۰۱۶), traffic network classification using improved random forest algorithm, Computer Science Journal, Vol. ۲, Number ۵.
- [۱۷] RK Singh, HR Murty, SK Gupta, AK Dikshit (۲۰۰۹) An overview of sustainability assessment methodologies. Ecological indicators, Vol. ۹, ۱۸۹-۲۱۲.
- [۱۸] JK Staniškis, V Arbačiauskas (۲۰۰۹) Sustainability performance indicators for industrial enterprise management. Environmental Research, Engineering and Management, Vol. ۴۸, pp ۴۲-۵۰.
- [۱۹] M Mehrabi Khozani, (۲۰۱۷), identification and ranking of indicators of the environmental dimension of sustainable security management, the second international conference on modern researches in civil engineering, architecture, urban management and environment, Karaj, <https://civilica.com/doc/۷۸۱۳۱>
- [۲۰] N Pejman, (۲۰۱۵), theoretical model and suggested indicators for economic-social performance of the province, Management and Planning Organization of Tehran Province, bimonthly business reviews, number ۱۸, ۳(۱۸), ۴. [magiran.com/pp۳۹۱-۷۱۷](http://magiran.com/pp۳۹۱-۷۱۷)

- [۲۱] M Jangi Zahi, MR Maleki, A Selmas Niya, Prioritization of Sustainable Development Indicators of Free Zones Using Combined Multi-Criteria Decision Making Method of Denap and Factor Analysis, (۲۰۲۲), New researches in decision making, Vol. ۷, Number ۳, pp ۱-۲۶
- [۲۲] Y Kamali, (۲۰۱۴), compilation for analyzing the state of sustainable development using integrated development measurement index: a case study of five industries, Public Policy Quarterly, Vol. ۱, Number ۱, pp ۵۷-۷۶.
- [۲۳] D Andalib Ardakani, A Sultan Mohammadi (۲۰۱۷) application of R software in private management (statistics), Yazd University, ۱.