

# ارزیابی و پیش‌بینی تولید پایدار با استفاده از رویکرد ترکیبی فازی چند درجه‌ای و شبکه عصبی مصنوعی (مورد مطالعه: شرکت لبنی کاله)

محمد ولی‌پور خطیر<sup>۱</sup>، عبدالحمید صفایی قادیکلایی<sup>۲</sup>، زین العابدین اکبرزاده<sup>۳\*</sup>،  
نرجس قاسم نیا عربی<sup>۴</sup>

۱- استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

۳- دانشجوی دکتری گروه مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

۴- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی دانشگاه مازندران، مازندران، ایران

پذیرش: ۹۴/۱۲/۱

دریافت: ۹۴/۸/۵

## چکیده

امروزه پایداری بر جنبه‌های مختلف سازمانی از حیث اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأکید دارد، از این رو اهمیت این موضوع برای نسل‌های فعلی و آتی بسیار حیاتی است. بیشتر شرکت‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که به‌منظور ارتقای اثربخش و کارا پایداری تولید نیازمند تعریف، اندازه‌گیری و کنترل شاخصه‌های تولید پایدار هستند. لذا اندازه‌گیری پایداری تولید به موضوعی با اهمیت در مباحث تولید و عملیات مبدل شده است. در همین راستا، تحقیق حاضر درصدد است تا با استفاده از رویکرد ترکیبی چند درجه‌ای فازی و شبکه عصبی مصنوعی علاوه بر ارزیابی وضعیت فعلی پایداری، وضعیت آینده تولید پایدار شرکت لبنی کاله را پیش‌بینی نماید. داده‌های اصلی تحقیق با نظرخواهی خبرگان دانشگاه و مدیران شرکت جمع‌آوری و تحلیل شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که وضعیت پایداری طی سال‌های ۸۹ تا ۹۴ به‌ترتیب به صورت کمی پایدار، نسبتاً پایدار، نسبتاً پایدار، کمی پایدار، نسبتاً پایدار و نسبتاً پایدار بوده در سال ۱۳۹۵ نسبتاً پایدار خواهد شد.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی پایداری، تولید پایدار، شبکه عصبی مصنوعی، رویکرد فازی چند درجه‌ای.



## ۱- مقدمه

در عصر کنونی دستیابی به پایداری، یک چالش اساسی برای سازمان‌ها در تمامی جوامع محسوب می‌شود. لذا مدیریت همه جانبه آن نیازمند چارچوبی یکپارچه از عملکرد اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی و در برخی زمینه‌ها، عملکرد فناورانه است [۱، ص ۲۳۳]. با حرکت سازمان‌ها به سمت پایداری، تلاش برای توسعه ابزارهای اندازه‌گیری و سنجش پایداری لازم و ضروری به نظر می‌رسد. از این رو تاکنون تلاش‌های زیادی به‌منظور ارائه روش‌هایی برای ارزیابی پایداری صورت گرفته است که تمرکز بیشتر آنها بر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۱</sup> [۲؛ ۷] و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی<sup>۲</sup> [۸؛ ۱۲] بوده است. به‌کارگیری تکنیک‌های مزبور برای ارزیابی پایداری، مستلزم در دسترس بودن گزینه‌های متعدد می‌باشد، به عبارت دیگر هیچ یک از این تکنیک‌ها قادر به ارزیابی پایداری در یک شرکت واحد نبوده و توانایی پیش‌بینی وضعیت آتی را نیز ندارند. از این رو مسئله اصلی تحقیق حاضر ارائه مدلی برای ارزیابی و پیش‌بینی وضعیت پایداری تولید در یک شرکت است. در همین راستا تحقیق حاضر درصدد است تا نخست مهم‌ترین شاخصه‌های پایداری را شناسایی کند، سپس با استفاده از داده‌های فازی و شبکه عصبی مصنوعی، به ارزیابی پایداری تولید در شرکت لینی کاله پرداخته و با ارائه مدلی وضعیت آتی پایداری تولید این شرکت را نیز پیش‌بینی نماید.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۲-۱- تولید پایدار

در سال ۱۹۸۷ کمیسیون جهانی محیط‌زیست و توسعه در گزارشی با عنوان «آینده مشترک ما» قوانین و مقرراتی را جهت دستیابی به پایداری به عنوان الگویی برای کشورهای در حال توسعه ارائه نمودند [۱۳، ص ۹۶]. تفسیر و تعریف توسعه پایدار نخستین بار در این گزارش بیان و در کنفرانس بین‌المللی ریو تصویب شد. اما مناسب‌ترین تعریف از «توسعه پایدار»، در گزارش براندتلند<sup>۳</sup> ارائه شد که عبارت است از برآورده کردن نیازهای نسل فعلی بدون آنکه توانایی نسل‌های آینده در ارضای نیازشان به خطر بیفتد [۱۴، ص ۹۷]. این در حالی است که مفهوم تولید پایدار اولین بار در کنفرانس سازمان ملل متحد با محوریت محیط‌زیست و توسعه در

سال ۱۹۹۲ مطرح شد که این موضوع ارتباط نزدیکی با مفهوم توسعه پایدار داشته است. در این کنفرانس دریافتند که علت اصلی ادامه نابودی محیط‌زیست جهانی، الگوی ناپایدار مصرف و تولید، به خصوص در کشورهای صنعتی بوده است [۱۵، ص ۹۸]. وزارت بازرگانی ایالات متحده آمریکا اظهار می‌کند «تولید پایدار»، فرایند تولید اقتصادی یک محصول است که کمترین تأثیرات منفی بر محیط‌زیست، حفاظت از انرژی و منابع طبیعی، ایجاد امنیت برای کارکنان و جامعه را در بر می‌گیرد [۱۶، ص ۱۵۰]. این تعریف با درک کنونی از تولید پایدار مطابقت دارد زیرا که در آن به سه بعد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مربوط به فعالیت‌های شرکت تأکید دارد [۱۷، ص ۵۲۰]. در دهه‌های اخیر، فشارهای زیادی از سوی جوامع بین‌المللی بر شرکت‌های تولیدی وارد شده است تا توجه خود را از منافع اقتصادی حاصل از فرایندها و محصولات فراتر برده و تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی فعالیت‌های خود را نیز در نظر بگیرند. بنابراین این اصل به‌عنوان هدفی برای شرکت‌ها شکل گرفت که فرایند تولید و محصولات تولیدی خود را به شیوه‌ای بهبود بخشند که در جهت کاهش تأثیرات زیست‌محیطی به همراه حفظ منافع اقتصادی و اجتماعی باشد. این هدف نیز بر مصرف‌کنندگان تأثیر گذاشته است، به نحوی که آنها نیز خواستار تولید محصولات مصرفی خود به شیوه پایدار شده‌اند [۱۸، ص ۱۴۸].

## ۲-۲- شاخصه‌های تولید پایدار

شاخصه‌های پایداری، اطلاعاتی هستند که به‌منظور اندازه‌گیری و تحریک فرایندها به سوی اهداف پایداری مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخصه‌های تولید پایدار همانند شاخصه‌های پایداری هستند که در هر سه بعد توسعه پایدار، یعنی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی تعریف می‌شوند، با این تفاوت که شاخصه‌های تولید پایدار در اصل برای امکانات تولید توسعه یافته‌اند [۱۹، ص ۵۲۱]. اگرچه پایداری یک موضوع مبهم به نظر می‌رسد اما اتفاق نظرها بر این اصل می‌باشد که پایداری امری ضروری بوده و شرکت‌ها باید به سوی توسعه شاخصه‌های تولید پایدار برای ارزیابی و بهبود دستاوردهای خود حرکت کنند [۲۰، ص ۱۳۹۳]. نکته قابل ذکر این است که شاخصه‌های تولید پایدار باید از ویژگی‌هایی نظیر قابلیت اندازه‌گیری، قابلیت اطمینان/ قابلیت استفاده و دسترسی به داده‌ها برخوردار بوده و مرتبط با موضوع و قابل‌فهم باشند و جهت‌گیری‌های بلندمدت سازمان را در نظر بگیرند [۲۱، ص ۱۵۰]. تاکنون شاخصه‌های



متعددی برای ارزیابی تولید پایدار در بخش‌های گوناگون صنعتی و خدماتی ارائه شده است که بعضی از پرتکرارترین آنها جمع‌آوری و با نظر خبرگان شرکت نهایی شد که در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ شاخصه‌های تولید پایدار

بعد	شاخصه	نویسندگان	توضیحات
اجتماعی	مشارکت در رویدادهای اجتماعی	[۱: ۲؛ ۸: ۲۲-۲۴؛ ۲۶]	مشارکت یا برگزاری رویدادهای اجتماعی، کمک‌های مالی، اجتماعی و بشردوستانه
	رضایت کارکنان	[۱: ۵؛ ۷: ۱۱؛ ۱۳: ۲۲-۲۳؛ ۲۷-۲۸]	توجه به نیازها، نظرات و ترجیح کارکنان، فراهم کردن امکانات رفاهی و مهیا کردن اطلاعات مورد نیاز کارکنان برای انجام کارها به‌صورت کارا و ایمن
	توانمندسازی سرمایه انسانی	[۱: ۹؛ ۱۱: ۲۲-۲۴؛ ۲۷]	آموزش کارکنان، تسهیم دانش، توسعه مهارت و شایستگی کارکنان
	احترام به قوانین و مقررات مدنی	[۱: ۹؛ ۱۱: ۱۳؛ ۲۲: ۲۴؛ ۲۵-۲۶؛ ۲۸]	تجارت منصفانه و توجه به هشدارهای جهانی، پیروی از استانداردهای بین‌المللی، اصول، ارزش‌ها، قوانین و مقررات دولتی
	بهداشت و سلامت جامعه	[۱: ۵؛ ۲۲: ۲۶]	تولید محصولات عاری از خطر برای سلامت مصرف‌کنندگان و جامعه
	رضایت مشتری	[۱: ۹؛ ۱۳: ۲۲؛ ۲۶-۲۷]	طراحی و تولید محصولات براساس با سلیقه مشتریان و ارائه آنها در زمان و با اندازه مناسب
زیست محیطی	کاهش آلاینده‌های محیطی	[۱: ۳؛ ۵: ۷؛ ۹: ۱۰؛ ۱۱: ۱۳-۲۲؛ ۲۸]	جلوگیری از انتشار آلاینده‌ها، کاهش آلودگی و زیاله
	حفاظت از منابع طبیعی	[۱: ۳؛ ۷: ۹؛ ۱۰: ۱۱؛ ۱۳-۲۲؛ ۲۸]	رعایت قوانین و مقررات زیست‌محیطی و استفاده از انرژی پاک

ادامه جدول ۱

توضیحات	نویسندگان	شاخصه	بعد
قابلیت بازیافت مواد اولیه به کار گرفته در بسته‌بندی محصولات	[۲۶-۲۴]	استفاده از مواد اولیه قابل بازیافت	
استفاده از مواد اولیه ارگانیک در تولید محصول	[۲۶:۲۴:۷:۱]	استفاده از مواد اولیه ارگانیک	
ایجاد فرصت‌های شغلی	[۲۲]، [۳]، [۲۵]، [۱]، [۲۶]، [۲۶-۲۵:۲۲:۳:۱]	اشتغال	اقتصادی
ارائه محصولات و فرایندهای جدید	[۲۸-۲۷:۲۲:۷:۵:۳:۱]	نوآوری	
هزینه نگهداری و تعمیرات، هزینه حمل	[۲۸-۲۵:۱۳:۱۱:۷:۵:۳:۱]	هزینه عملیاتی	
استفاده کارا و اثربخش از منابع انسانی و تولیدی	[۳۱:۲۷-۲۲:۱۳:۱۰:۵:۱]	بهره‌وری	
محیط اقتصادی سالم و عاری از فساد مالی و رشوه‌خواری	[۲۶:۹]	سلامت مالی	

در ادبیات موضوعی تحقیق، تکنیک‌های گوناگونی برای ارزیابی تولید پایدار براساس شاخصه‌های مرتبط با موضوع مورد بررسی به‌کار گرفته شده است. جدول ۲ شرح مختصری از این تحقیقات را نمایش می‌دهد.



جدول ۲ تکنیک‌های مورد استفاده در ارزیابی تولید پایدار

منبع	عنوان پژوهش	روش
[۹]	الگوبرداری پایداری زیست‌محیطی در شهرهای آمریکا و کانادا	Fuzzy TOPSIS <sup>4</sup>
[۲]	چارچوب تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای برای ارزیابی پایداری زیرساخت‌های ترکیبی آب و انرژی	AHP <sup>5</sup>
[۸]	توسعه یک چارچوب ارزیابی برای مدیریت برنامه‌های پایداری	Fuzzy ANP <sup>6</sup>
[۳]	استفاده از TOPSIS در ارزیابی پایداری اوراق قرضه دولتی	TOPSIS
[۱۰]	یک رویکرد جدید براساس کارت امتیازی متوازن پایدار (SBSC <sup>8</sup> ) و تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی عملکرد شرکت نفت ایران	Fuzzy COPRAS <sup>7</sup> , ANP
[۴]	ارزیابی آثار پایداری در سیاست‌های حمل‌ونقل	AHP
[۵]	ارزیابی پایداری قیمت مسکن با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره	COPRAS
[۱۱]	مدلسازی شاخص‌های تولید پایدار با استفاده از ترجیحات کلامی	Fuzzy ISM <sup>9</sup>
[۶]	یک رویکرد تصمیم‌گیری احتمالی برای ارزیابی پایداری زیرساخت‌ها	PROMETHEE <sup>10</sup> & AHP
[۱۲]	ارزیابی پایداری سیستم‌های حمل‌ونقل	Fuzzy TOPSIS
[۷]	یک چارچوب ارزیابی از منظر اجتماعی با استفاده از AHP	AHP

با بررسی تکنیک‌های گوناگون در بحث ارزیابی پایداری به این مهم پی می‌بریم که با توجه به اینکه برخی معیارهای ارزیابی به صورت کیفی و ذهنی می‌باشند، بهتر است برای توصیف آنها از عبارات کلامی استفاده کرد، از این رو به‌کارگیری تئوری مجموعه فازی می‌تواند بسیار سودمند واقع شود. قابل ذکر است تکنیک‌های ارزیابی فازی مورد استفاده در تحقیقات اخیر، نه تنها قادر به ارزیابی پایداری در یک شرکت واحد نیستند بلکه امکان پیش‌بینی وضعیت تولید پایدار در آینده را نیز ندارند. این در حالی است که شبکه عصبی مصنوعی از این قابلیت برخوردار است که با تعداد محدودی نمونه، قوانین کلی را کشف و امکان پیش‌بینی را فراهم نماید. از این رو تحقیق حاضر با ترکیب تکنیک رویکرد چند درجه‌ای<sup>۱۱</sup> و شبکه عصبی مصنوعی در محیط فازی درصدد است تا نقاط ضعف مطالعات قبلی را پوشش داده و روش دقیق‌تر و روشن‌تری را برای ارزیابی پایداری تولید در سال آتی ارائه دهد.

تاکنون از رویکرد MGA برای ارزیابی موضوعات گوناگون از قبیل ارزیابی تولید چابک، ارزیابی سطح نابی، ارزیابی چابکی زنجیره تأمین، ارزیابی پایداری، استفاده شده است. تصمیم‌گیری چند درجه‌ای شاخه‌ای از مدل تحقیق در عملیات است که مسائل تصمیم‌گیری را از حیث تعدادی از معیارهای تصمیم مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. این تکنیک به غربال‌گری، اولویت‌بندی، رتبه‌بندی و انتخاب مجموعه‌ای از گزینه با معیارهای مستقل، ناسازگار و متعارض می‌پردازد و به دلیل برخورداری از طیفی که قابلیت تفسیر و فهم پایداری را فراهم می‌آورد، مناسب‌تر از سایر تکنیک‌های MADM در این زمینه است [۲۹، ص ۲۲۴].

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از حیث هدف، کاربردی و از حیث روش و چگونگی جمع‌آوری داده‌ها توصیفی - پیمایشی است. داده‌های اصلی تحقیق با روش میدانی و از طریق توزیع پرسشنامه بین خبرگان دانشگاهی و مدیران شرکت کاله جمع‌آوری شده است. خبرگان دانشگاهی، یعنی اعضای هیأت علمی که در گذشته یا حال حاضر در موضوعات تحقیقاتی مربوط به صنایع لبنی مشارکت داشته و همچنین دانش و درک مناسبی از مفهوم تولید پایدار داشتند. مدیران شرکت کاله نیز عبارت از مدیران واحدهای منابع انسانی، برنامه‌ریزی و طرح و برنامه، کنترل کیفیت، پشتیبانی فروش، برنامه‌ریزی منابع، تحقیق و توسعه، برنامه‌ریزی تولید و بازاریابی با حداقل مدرک کارشناسی ارشد در رشته‌های مهندسی صنایع و مدیریت و نیز بیش از ۱۰ سال سابقه کاری بوده‌اند. برای تعیین روایی، پس از طراحی اولیه پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان موضوع (خبرگان دانشگاهی و شرکت مورد مطالعه) و نیز انجام اصلاحات لازم، پرسشنامه نهایی طی دو مرحله در اختیار خبرگان دانشگاهی و مدیران شرکت قرار گرفت. در مرحله اول به‌منظور انتخاب شاخصه‌های تولید پایدار در شرکت مورد مطالعه پرسشنامه‌ای براساس روش دلفی - ساعتی، بین مدیران شرکت توزیع شد و تمامی مؤلفه‌هایی که میانگین درجه اهمیت آنها بالاتر از هفت بود، انتخاب شدند (جدول ۱). در مرحله دوم، پرسشنامه‌ای به‌منظور تعیین درجه اهمیت ابعاد و شاخصه‌های منتخب در اختیار پنج خبره دانشگاهی قرار گرفت و پرسشنامه‌ای نیز برای ارزیابی نرخ عملکرد شاخصه‌های منتخب برای هشت تن از مدیران شرکت ارسال شد و آنها با استناد به اسناد و مدارک و نیز خبرگی خود وضعیت عملکردی شاخصه‌ها را در هر یک از



سال‌ها بیان کردند. سپس به منظور ارزیابی پایداری تولید شرکت لبنی کاله از رویکرد ترکیبی MGA و شبکه عصبی مصنوعی با داده‌های فازی استفاده شد که در قالب شش گام به شرح ذیل تبیین می‌شود.

#### گام اول: تعیین درجه اهمیت ابعاد و شاخصه‌ها

در این گام هر یک از خبرگان دانشگاهی درجه اهمیت ابعاد  $(\tilde{W}_i)$  و شاخصه‌ها  $(\tilde{W}_{ij})$  را براساس متغیر کلامی (جدول ۳) مشخص می‌کنند. سپس با استفاده از رابطه (۱) نظرات آنها در هریک از موارد مزبور یکپارچه می‌شود که در آن  $(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  عدد فازی مثلثی و  $K$  تعداد خبرگان است.

$$\tilde{W}_i \text{ or } \tilde{W}_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن  $\tilde{W}_i$  درجه اهمیت بعد  $\tilde{W}_{ij}$  درجه اهمیت شاخصه‌ی  $i$ ام در بعد  $j$ ام است.

جدول ۳ متغیرهای زبانی درجه اهمیت [۳۰، ص ۳۶۱]

متغیرهای زبانی	اعداد فازی
بسیار کم	(۰، ۰/۵، ۰/۱۵)
کم	(۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)
نسبتاً کم	(۰/۲، ۰/۳۵، ۰/۵)
متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
نسبتاً زیاد	(۰/۵، ۰/۶۵، ۰/۸)
زیاد	(۰/۷، ۰/۸، ۰/۹)
بسیار زیاد	(۰/۸۵، ۰/۹۵، ۱/۰)

#### گام دوم: تعیین درجه عملکرد شاخصه‌ها

در این گام هر یک از مدیران شرکت درجه عملکرد شاخصه  $i$ ام در بعد  $j$ ام  $(\tilde{R}_{ij})$  را براساس متغیر کلامی (جدول ۴) مشخص می‌کنند. سپس با استفاده از رابطه (۱) نظرات آنها یکپارچه می‌شود که  $(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$  عدد فازی مثلثی است، با این تفاوت که در آن  $L$  یعنی تعداد مدیران جایگزین  $K$  می‌شود.



جدول ۴ متغیرهای زبانی درجه عملکرد [۳۰، ص ۳۶۱]

متغیرهای زبانی	اعداد فازی
فوق‌العاده بد	(۰، ۰.۵، ۱/۵)
بسیار بد	(۱، ۲، ۳)
بد	(۲، ۳/۵، ۵)
متوسط	(۳، ۵، ۷)
خوب	(۵، ۶/۵، ۸)
خیلی خوب	(۷، ۸، ۹)
عالی	(۸/۵، ۹/۵، ۱۰)

#### گام سوم: محاسبه قابلیت پایداری فازی هر یک از ابعاد

در این گام قابلیت پایداری فازی بعد نام<sup>۱۲</sup>  $(FSC_i)$  با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود [۳۰، ص ۳۶۱].

$$FSC_i = \frac{\sum_{j=1}^n (\tilde{W}_{ij} \times \tilde{R}_{ij})}{\sum_{j=1}^n \tilde{W}_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۲}$$

#### گام چهارم: تعیین شاخص پایداری فازی

در این گام شاخص پایداری فازی<sup>۱۳</sup>  $(FSI)$  با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شده و سطح پایداری شرکت که بیانگر وضعیت فعلی پایداری است، مورد تحلیل قرار می‌گیرد. به این منظور عدد به دست آمده از  $FSI$  با عبارتهای کلامی پایداری فازی<sup>۱۴</sup>  $(FSL)$  مطابقت داده می‌شوند (جدول ۵).

$$FSI = \frac{\sum_{i=1}^m (\tilde{W}_i \times FSC_i)}{\sum_{i=1}^m \tilde{W}_i} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه ۳}$$



جدول ۵ عبارتهای کلامی پایداری فاز [۳۰، ص ۳۶۲]

متغیرهای زبانی	اعداد فاز
کمی پایدار (SS)	(۰, ۱/۵, ۳)
نسبتاً پایدار (FS)	(۱/۵, ۳, ۴/۵)
پایدار (S)	(۳/۵, ۵, ۶/۵)
بسیار پایدار (VS)	(۵/۵, ۷, ۸/۵)
فوق‌العاده پایدار (ES)	(۷, ۸/۵, ۱۰)

به‌منظور تطبیق اعداد فاز پایداری با اصطلاحات کلامی، روش‌های گوناگونی ارائه شده است که روش فاصله اقلیدسی یکی از متداول‌ترین آنها در این مسائل می‌باشد [۳۱، ص ۲۷۹]. در این روش، فاصله اقلیدسی FSI نسبت به هر یک از FSLها با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$D(FSI, FSL_i) = \left\{ \sum_{x \in p} (f_{FSI}(x) - f_{FSL_i}(x))^2 \right\}^{1/2} \quad \text{رابطه ۴}$$

در رابطه بالا  $f_{FSL_i}$  و  $f_{FSI}$  به‌ترتیب درجه عضویت‌های FSI و  $FSL_i$  به ازای مقدار  $x$  و  $D$  فاصله اقلیدسی بین FSI و  $FSL_i$  را نشان می‌دهند.

#### گام پنجم: به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی

روش‌های هوش مصنوعی علاوه بر توانایی رویارویی با شاخصه‌های نادقیق و بررسی روابط پیچیده و غیر خطی میان آنها از قابلیت پیش‌بینی نیز برخوردار هستند. کاربردهای متنوع شبکه عصبی مصنوعی در مطالعات مختلف اشاره شده است، اما تاکنون قابلیت بالقوه این تکنیک در حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره به‌خوبی درک نشده‌اند [۳۲، ص ۲۸۱]. به این منظور تحقیق حاضر درصدد است تا سطح پایداری سازمان را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارزیابی و پیش‌بینی کند.

یکی از متداول‌ترین ساختارهای شبکه عصبی در این‌گونه مسائل، الگوی پس انتشار خطا (BPE<sup>۱</sup>) می‌باشد که در این تحقیق نیز مورد توجه بوده است و با برنامه‌ای که در محیط

MATLAB تهیه شد، ساختارهای مختلف از شبکه عصبی با در نظر داشتن داده‌های ورودی (شاخصه‌های ارزیابی) و داده‌های هدف (وضعیت پایداری) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

#### گام ششم: تعیین شاخص اهمیت عملکرد فازی

به منظور شناسایی شاخصه‌های بالقوه بهبود پایداری از رابطه ۵ و ۶ استفاده می‌شود.

$$FPII_{ij} = \tilde{W}'_{ij} \otimes \tilde{R}_{ij} \quad \text{رابطه}$$

که در آن:

$$\tilde{W}'_{ij} = [(\mathbf{1}, \mathbf{1}, \mathbf{1}) - \tilde{W}_{ij}] \quad \text{رابطه ۶}$$

عدد فازی FPII<sub>ij</sub> با استفاده از رابطه ۷ قطعی می‌شود:

$$crisp\ score = \frac{a + 4b + c}{6} \quad \text{رابطه ۷}$$

شاخص‌هایی که FPII<sub>ij</sub> پایین‌تر از حد آستانه دارند، به‌عنوان شاخصه‌های بحرانی است که نشان‌دهنده اهمیت بالا و یا عملکرد ضعیف آنها در پایداری تولید می‌باشد و باید به‌منظور ارتقا سطح پایداری شرکت بهبود پیدا کنند. قابل ذکر است که مقدار حد آستانه با در نظر گرفتن حد بالای اهمیت و حد پایین عملکرد مقدار ۰/۷ تعیین شده است.

#### ۴- یافته‌های پژوهش

در گام اول با استفاده از نظر خبرگان دانشگاهی، میزان اهمیت شاخصه‌های مؤثر بر ارزیابی پایداری تعیین و با استفاده از رابطه ۱ تجمیع شدند که نتایج این ارزیابی در جدول ۶ ارائه شده است.



جدول ۶ درجه اهمیت ابعاد و شاخصه‌ها براساس نظرات تجمیعی خبرگان دانشگاهی

اهمیت غیر فازی	اهمیت فازی	شاخصه‌ها	اهمیت قطعی	اهمیت فازی	ابعاد
۰/۵۵	(۰/۳۵، ۰/۵۵، ۰/۷۵)	مشارکت اجتماعی			
۰/۶۳	(۰/۴۵، ۰/۶۵، ۰/۷۵)	رضایت کارکنان			
۰/۷۵	(۰/۵۵، ۰/۷۵، ۰/۹۵)	توانمندسازی سرمایه انسانی	۰/۸۶	(۰/۷۵، ۰/۸۵، ۱)	اجتماعی
۰/۶۷	(۰/۵۵، ۰/۶۵، ۰/۸۵)	احترام به قوانین مدنی			
۰/۹۴	(۰/۸۵، ۰/۹۵، ۱)	بهداشت و سلامت جامعه			
۰/۸۴	(۰/۷۰، ۰/۸۵، ۰/۹۵)	رضایت مشتری			
۰/۷۶	(۰/۶۵، ۰/۷۵، ۰/۹۰)	کاهش آلاینده‌های محیطی			
۰/۸۵	(۰/۷۵، ۰/۸۵، ۰/۹۵)	حفاظت مؤثر منابع طبیعی	۰/۹۴	(۰/۸۵، ۰/۹۰، ۱)	زیست‌محیطی
۰/۸۰	(۰/۶۵، ۰/۸۰، ۰/۹۵)	مواد قابل بازیافت			
۰/۸۶	(۰/۷۵، ۰/۸۵، ۱)	مواد ارگانیک			
۰/۶۵	(۰/۵۰، ۰/۶۵، ۰/۸۰)	اشتغال			
۰/۸۳	(۰/۶۵، ۰/۸۰، ۰/۹۵)	نوآوری			
۰/۵۳	(۰/۳۵، ۰/۵۵، ۰/۶۵)	هزینه عملیاتی	۰/۷۰	(۰/۵۵، ۰/۷۰، ۰/۸۵)	اقتصادی
۰/۶۵	(۰/۵۰، ۰/۶۵، ۰/۸۵)	بهره‌وری			
۰/۸۳	(۰/۶۵، ۰/۸۵، ۰/۹۵)	سلامت مالی			

به‌منظور مقایسه اهمیت ابعاد و شاخصه‌های پایداری، اوزان فازی جدول ۶ با استفاده از رابطه ۷ قطعی شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بعد زیست‌محیطی (۰/۹۴)، اجتماعی (۰/۸۶) و اقتصادی (۰/۷۰) به‌ترتیب مهم‌ترین ابعاد پایداری در صنعت مورد مطالعه شناسایی شده‌اند. بهداشت و سلامت جامعه (۰/۹۴) و استفاده از مواد ارگانیک (۰/۸۶) مهم‌ترین و هزینه

عملیاتی (۰/۵۳) و مشارکت اجتماعی (۰/۵۵) کم اهمیت‌ترین شاخصه‌های پایداری هستند. در گام دوم به منظور ارزیابی وضعیت هر یک از شاخصه‌های پایداری طی پنج سال متوالی، از کمیته ارزیابی که متشکل از مدیران شرکت کاله بوده است، براساس طیف مندرج در جدول (۴) نظرسنجی و با استفاده از رابطه ۲ تجمیع شد (جدول ۷)

جدول ۷ در چه عملکرد شاخصه‌ها براساس نظرات تجمیعی مدیران شرکت

شاخصه‌ها	درجه عملکرد					
	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	
مشارکت اجتماعی	هزینه‌های انجام شده برای کمک‌های مالی و بشر دوستانه	(۰/۰۰۷۵، ۱/۲۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۵، ۳/۷۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۱/۷۵)
رضایت‌کارکنان	نتایج نظرسنجی، میزان رضایت‌کارکنان غیبت، ترک خدمت و اخراج	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۳/۵، ۲/۵)	(۲/۵، ۳/۷۵)	(۲/۳/۵، ۳/۵، ۵/۲۵)	(۲/۵)
توانمندسازی سرمایه انسانی	هزینه‌ها و دوره‌های آموزشی	(۰/۰۰۷۵، ۱/۲۵)	(۰/۱۶۵/۲/۲۵)	(۲/۵، ۳/۷۵)	(۰/۰۰۷۵، ۱/۲۵)	(۰/۱۶۵/۲/۲۵)
احترام به قوانین مدنی	میزان جرایم، خطاها، تویبخت و شکایت از سوی نهادهای دولتی	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۲۵، ۴/۳/۷۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۳/۵، ۳/۵، ۵/۲۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)
بهداشت و سلامت جامعه	میزان اخطار و تویبخت از سوی سازمان بهداشت و سلامت و میزان شکایات جامعه	(۲/۳۵، ۳/۵)	(۲/۲۵، ۴/۳/۷۵)	(۲/۳۵، ۳/۷۵)	(۰/۱۶۵/۲/۲۵)	(۱/۵، ۲/۷۵، ۴/۱۷۵)
رضایت مشتری	میزان شکایات، انتقادات، پیشنهادهای و نتایج نظرسنجی	(۲/۵، ۳/۷۵)	(۲/۳/۲۵، ۵)	(۲/۵، ۵/۲۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۳۵، ۳/۷۵)
کاهش آلاینده‌های محیطی	میزان تولید زباله و خروجی فاضلاب و پسماندها	(۱/۰۲/۲۵، ۳/۲/۲۵)	(۲/۳/۲۵، ۴/۱۷۵)	(۲/۳/۲۵، ۴/۱۷۵)	(۱/۵، ۲/۵، ۳/۵)	(۲/۲۵، ۴/۱۷۵)



ادامه جدول ۷

شاخصه‌ها	اسناد مورد بررسی	درجه عملکرد				
		۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳
حفاظت محیط زیست و نهادها، میزان مشارکت مدنی در حفظ منابع طبیعی	تقدیرنامه‌ها از سوی سازمان محیط زیست و نهادها، میزان مشارکت مدنی در حفظ منابع طبیعی	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۱/۲۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۳/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)
مواد قابل بازیافت	نسبت مواد قابل بازیافت در بسته‌بندی	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)
مواد ارگانیک	نسبت استفاده از مواد طبیعی در محصولات	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)
اشتغال	افزایش نیروی کار	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۱/۲۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۳/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)
نوآوری	تولید محصولات و ارائه خدمات جدید	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۱/۲۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۳/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)
هزینه عملیاتی	نسبت هزینه عملیاتی به بهای تمام شده	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۱/۲۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۳/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)	(۰.۰۰/۷۵، ۰.۲/۷۵)
بهره‌وری	شاخص بهره‌وری	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)
سلامت مالی	میزان اخطار و اخراج ناشی از فساد مالی	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)	(۰.۰/۵)

در گام سوم به‌منظور محاسبه شاخص پایداری فازی، نخست با توجه به رابطه ۲ قابلیت پایداری بعد اجتماعی، زیست‌محیطی و اقتصادی محاسبه می‌شود که برای نمونه این مقدار برای بعد اجتماعی در سال ۱۳۸۹ برابر (۲/۸۲، ۱/۹۵، ۱) است.

$$FSC_1 = \frac{\begin{bmatrix} (0.35, 0.55, 0.75) \otimes (0.075, 1.25) \\ (0.45, 0.65, 0.75) \otimes (1.5, 2.5, 3.5) \\ (0.55, 0.75, 0.95) \otimes (0.075, 1.25) \\ (0.55, 0.65, 0.85) \otimes (1.5, 2.5, 3.5) \\ (0.85, 0.95, 1.00) \otimes (1.25, 2.35, 3.5) \\ (0.7, 0.85, 0.95) \otimes (1.25, 2.5, 3.75) \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} (0.35, 0.55, 0.75) \oplus \\ (0.45, 0.65, 0.75) \oplus \\ (0.55, 0.75, 0.95) \oplus \\ (0.55, 0.65, 0.85) \oplus \\ (0.85, 0.95, 1.00) \oplus \\ (0.7, 0.85, 0.95) \oplus \end{bmatrix}} = (1, 1.95, 2.82)$$

در گام چهارم شاخص پایداری فازی شرکت مورد مطالعه با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد.

مقدار این شاخص برای شرکت در سال‌های مورد مطالعه به ترتیب (۲/۶۲، ۱/۶۹، ۰/۷۸، ۳/۸۷)، (۲/۷۰، ۱/۷۲، ۴/۱۲، ۲/۸۲، ۱/۷۵)، (۲/۸۹، ۱/۹۵، ۱/۰۵، ۴/۳۵، ۳/۰۶، ۱/۹۱) و (۴/۰۰، ۲/۷۵، ۱/۶۸) به دست آمده است، برای نمونه، نحوه محاسبه شاخص پایداری فازی شرکت در سال ۱۳۸۹ در زیر نشان داده شده است.

$$FSI = \left[ \begin{array}{c} (0.75, 0.85, 1) \otimes (1, 1.95, 2.82) \\ (0.85, 0.9, 1) \otimes (0.68, 1.68, 2.76) \\ (0.55, 0.7, 0.85) \otimes (0.65, 1.38, 2.23) \end{array} \right] / \left[ \begin{array}{c} (0.75, 0.85, 1) \oplus \\ (0.85, 0.9, 1) \oplus \\ (0.55, 0.7, 0.85) \oplus \end{array} \right] = (0.78, 1.69, 2.62)$$

به منظور تفسیر کلامی وضعیت پایداری شرکت در سال‌های مورد مطالعه، فاصله اقلیدسی شاخص پایداری فازی با عبارات کلامی جدول ۵ محاسبه شد. برای تعیین وضعیت پایداری تولید براساس منطق فاصله اقلیدسی، کوتاه‌ترین فاصله بین دو عدد مثلثی فازی، محتمل‌ترین حالت برای توصیف وضعیت پایداری را نشان می‌دهد، برای مثال فاصله اقلیدسی شاخص پایداری فازی در سال ۱۳۸۹ با وضعیت‌های مختلف عبارات کلامی پایداری مندرج در جدول ۵ محاسبه شده و بر این اساس وضعیت تولید این شرکت در سال ۱۳۸۹ «کمی پایدار» ارزیابی شده است.

$$D(FSI, ES) = 11/81, D(FSI, VS) = 9/22, D(FSI, S) = 5/78, D(FSI, FS) = 2/40, D(FSI, SS) = 0/89$$

به این ترتیب، وضعیت پایداری تولید شرکت در سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در جدول ۸ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شرکت مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۲ کمی پایدار، ۱۳۹۰، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۳ نسبتاً پایدار و ۱۳۹۴ پایدار می‌باشند.

در گام پنجم به طراحی شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی پایداری در شرکت مورد مطالعه و نیز پیش‌بینی وضعیت تولید پایدار در آینده پرداخته شد. عناصر مورد نیاز برای ساخت مدل شبکه عصبی مصنوعی عبارت است از «داده‌های ورودی»: اطلاعات پنج دوره گذشته در مورد درجه اهمیت ابعاد و شاخصه‌ها و درجه عملکرد شاخصه‌های پایداری که به صورت اعداد فازی مثلثی هستند. ورودی شبکه یک ماتریس ۳۳ در ۱۵ می‌باشد (۳۳ = تعداد متغیرهای ورودی شامل درجه اهمیت ابعاد و شاخصه‌ها و درجه عملکرد شاخصه‌ها؛ ۱۵ = پنج دوره مورد مطالعه با مقادیر فازی مثلثی).



جدول ۸ فاصله اقلیدسی شاخص پایداری فازی در سال‌های ۸۹-۹۴

۱۳۹۴	۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	
۲/۲۳	۲/۸۱	۱/۰۱	۲/۶۴	۲/۲۷	۰/۸۹	کمی پایدار
۰/۶۵	۰/۴۴	۲/۲۴	۰/۴۹	۰/۷۳	۲/۴۰	نسبتاً پایدار
۳/۹۲	۳/۳۱	۵/۶۰	۳/۶۷	۳/۹۲	۵/۷۸	پایدار
۷/۳۷	۶/۷۶	۹/۰۴	۷/۱۲	۷/۳۶	۹/۲۲	بسیار پایدار
۱۱/۸۱	۲/۹۵	۱۱/۶۳	۹/۷۱	۹/۹۵	۱۱/۸۱	فوق‌العاده پایدار

«داده‌های هدف»: داده‌های هدف شبکه نیز مجموعه‌ای از داده‌های فازی بوده که همانند الگوی داده‌های ورودی ترکیب شده است و در واقع نتایج ارزیابی پایداری حاصل از گام چهارم می‌باشند؛ «ساختار شبکه»: شبکه با ورود داده‌های ورودی، داده‌های هدف، تعیین نوع شبکه و تعداد لایه‌ها شکل می‌گیرد. ساختار مناسب شبکه پس انتشار خطا با در نظر داشتن نورون (تابع انتقال) لایه اول TRAINLM و نورون لایه خروجی PURELIN از طریق سعی و خطا انواع مختلف شبکه با تعداد لایه‌های متفاوت تعیین شده است؛ «معیار توقف شبکه»: برای انتخاب بهترین شبکه و توقف فرایند سعی و خطا، معیار میانگین مربع خطا ( $MSE^1$ ) به‌منظور مقایسه عملکرد شبکه‌های مختلف در نظر گرفته شده است.

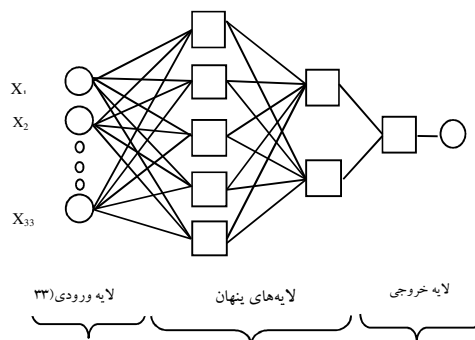
قابل ذکر است که معیار  $MSE$  در شبکه برای هر یک از سه دسته داده‌های آموزش، آزمایش و اعتبار محاسبه می‌شود. به‌منظور تصمیم‌گیری در مورد بهترین شبکه، میانگین معیار  $MSE$  برای سه دسته بالا محاسبه و کمترین مقدار آن، بهترین شبکه برای ارزیابی و پیش‌بینی پایداری تولید شرکت را نشان می‌دهد. بر همین اساس فرایند آموزش شبکه هنگامی خاتمه پیدا می‌کند که فرایند بهبود (کاهش) معیار  $MSE$  متوقف شود. نتایج مقایسات مقادیر  $MSE$  در شبکه با معماری‌های مختلف در جدول ۹ نشان داده شده است.



جدول ۹ مقایسه معیار MSE مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی با معماری‌های مختلف

تعداد لایه	لایه‌های پنهان		MSE
	لایه اول	لایه دوم	
۲	۷	-----	۰/۰۲۵۶
۳	۵	۲	۰/۰۰۲۹
۳	۴	۳	۰/۰۱۵۷
۳	۹	۴	۰/۰۲۴۱
۳	۸	۵	۰/۰۱۲۹
۳	۳	۶	۰/۰۲۶۴
۳	۸	۷	۰/۰۲۲۷
۳	۸	۸	۰/۰۱۰۵
۳	۶	۹	۰/۰۲۰۸
۳	۳	۱۰	۰/۰۱۳۶

همان طور که در جدول بالا اشاره شده است، بهترین شبکه برای ارزیابی پایداری تولید شرکت کاله، شبکه پرسپترون چندلایه پس انتشار خطا سه لایه با دولایه پنهان (۵ نرون در لایه اول و ۲ نرون در لایه دوم) با مقدار MSE، ۰/۰۰۲۹ می‌باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ ساختار نهایی شبکه عصبی



بر اساس خروجی شبکه برگزیده، وضعیت پایداری در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۴ با تکنیک شبکه عصبی مصنوعی به ترتیب نسبتاً پایدار، نسبتاً پایدار، کمی پایدار، نسبتاً پایدار و نسبتاً پایدار به دست آمده است. مقایسه نتایج دو روش نشان می‌دهد که شبکه عصبی به خوبی توانسته است وضعیت پایداری سال‌های مورد مطالعه را ارزیابی کند. از این رو با توجه به سطح دقت بالای مدل در کشف روابط و پیچیدگی بین شاخصه‌ها می‌توان از مدل پیشنهادی برای پیش‌بینی وضعیت آتی پایداری شرکت استفاده کرد. با توجه به اطلاعات مربوط به وضعیت شاخصه‌ها در سال ۱۳۹۴ شاخص پایداری فازی مربوط به سال ۱۳۹۵ به صورت عدد فازی مثلثی (۳/۳۰، ۲/۶۳، ۱/۳۹) است. به منظور تفسیر کلامی وضعیت پایداری شرکت، فاصله اقلیدسی شاخص پایداری فازی با عبارات کلامی جدول ۴ محاسبه می‌شود. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که شاخص پایداری شرکت در سال ۱۳۹۵ وضعیت «نسبتاً پایدار» خواهد داشت که در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

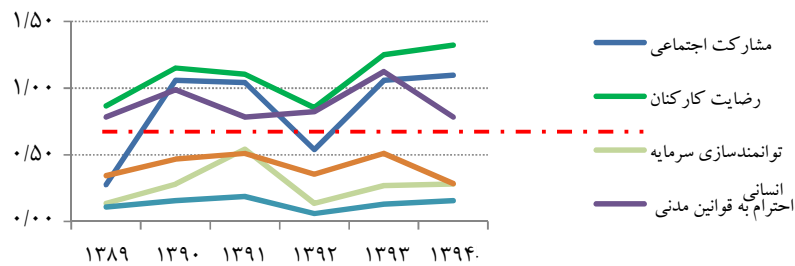
جدول ۱۰ فاصله اقلیدسی شاخص پایداری فازی در سال ۱۳۹۵

فوق‌العاده پایدار	بسیار پایدار	پایدار	نسبتاً پایدار	کمی پایدار	فاصله اقلیدسی FSI1395
۱۰/۵۲	۷/۹۴	۴/۵۱	۱/۲۶	۱/۸۲	

در گام ششم شاخص اهمیت - عملکرد برای هر یک از شاخصه‌های پایداری در سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ محاسبه شده است. خطوط نقطه‌چین قرمز رنگ در این نمودارها حد آستانه با مقدار ۰/۷ را نشان می‌دهد.

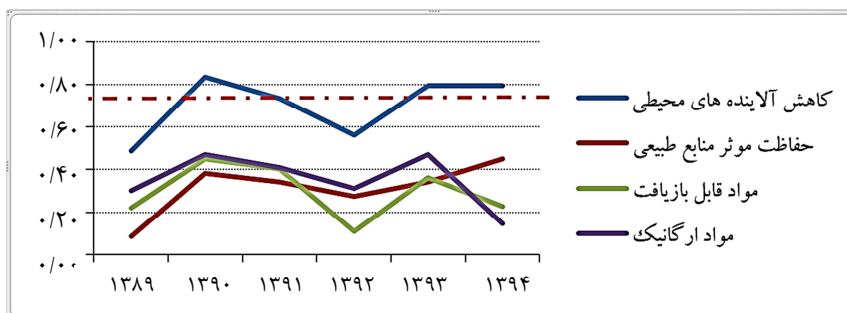
همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، شاخص اهمیت - عملکرد شاخصه‌های «بهداشت و سلامت جامعه»، «توانمندسازی سرمایه انسانی» و «رضایت مشتری» طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ کمتر از حد آستانه است و نشان از وضعیت بحرانی آنها می‌باشد که در این بین «بهداشت و سلامت جامعه» با بیشترین درجه اهمیت (۰/۹۴) در بین تمام شاخصه‌ها از سطح اجرای بسیار پایینی برخوردار است. «رضایت کارکنان» و «مشارکت اجتماعی» اگرچه در

سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۲ در حال کاهش بوده‌اند، اما روند آنها در سال‌های بعد افزایشی شده است. «احترام به قوانین مدنی» علی‌رغم اینکه بالاتر از حد آستانه‌ای قرار دارد، اما روند نزولی دارد.



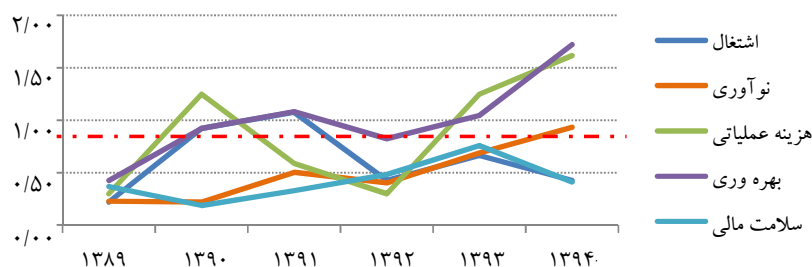
نمودار ۱ شاخص اهمیت عملکرد شاخصه‌های بعد اجتماعی

نتایج محاسبات شاخص اهمیت - عملکرد شاخصه‌های بعد زیست محیطی در نمودار ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود علی‌رغم اینکه «کاهش آلاینده‌های محیطی» نزدیک‌ترین وضعیت را به حد آستانه دارد، این شاخصه در سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۲ در حال کاهش بوده و حتی در سال ۱۳۹۲ به‌عنوان شاخص بحرانی مطرح بوده است، اما سپس روند آن صعودی شده است. سایر شاخصه‌ها با مقادیر FPII کمتر از حد آستانه به‌عنوان شاخصه‌های بحرانی این بعد محسوب می‌شوند. در بین آنها استفاده از «مواد قابل بازیافت» و «مواد ارگانیک» از روند نزولی برخوردار هستند و «حفاظت مؤثر منابع طبیعی» علی‌رغم بحرانی بودن، روند صعودی دارد.



نمودار ۲ شاخص اهمیت عملکرد شاخصه‌های بعد زیست محیطی

همان طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، شاخص اهمیت عملکرد مربوط به «اشتغال» و «سلامت مالی» با کمترین مقادیر FPII علاوه بر اینکه بحرانی‌ترین شاخصه‌های بعد اقتصادی شناخته شده‌اند، روند نزولی نیز دارند. نکته جالب در مورد «نوآوری» است که علی‌رغم بحرانی بودن آن تا سال ۱۳۹۳، روند صعودی داشته و در سال ۱۳۹۴ نیز از وضعیت بحرانی خارج شده است. علی‌رغم اینکه «هزینه عملیاتی» در سال ۱۳۹۰ وضعیت مناسب‌تری نسبت به ۱۳۸۹ داشته است ولی در سال بعد افت شدیدی در وضعیت این شاخص ایجاد شده و این روند تا سال ۱۳۹۲ ادامه پیدا کرده است.



نمودار ۳ شاخص اهمیت عملکرد شاخصه‌های بعد اقتصادی

#### ۴- نتیجه‌گیری

پارادایم تولید پایدار، نقش به‌سزایی در افزایش رقابت‌پذیری، بقای شرکت و همچنین تأمین انتظارات ذینفعان ایفا می‌کند. به همین دلیل در سال‌های اخیر توجه زیادی را از سوی صنعت و دانشگاه به خود جلب کرده است. با وجود این، بسیاری از شرکت‌ها صرفاً به پایداری به‌عنوان سازوکاری برای ارزیابی پیامدهای خارجی فعالیت‌های خود می‌نگرند و توجه کمتری به الزام‌های درون سازمانی برای حرکت در مسیر پایداری دارند. لذا بسیار حایز اهمیت است که شرکت‌ها از طریق مدیریت صحیح فرایندها و تحلیل درست عملکرد خود به الزامات پایداری درونی خود توجه بیشتری داشته باشند.

با توجه به قابلیت تکنیک شبکه عصبی در رویارویی با شاخصه‌های نادقیق و با روابط تعریف نشده، از این تکنیک به‌منظور ارزیابی پایداری در شرکت مورد مطالعه و نیز پیش‌بینی وضعیت تولید پایدار در آینده استفاده شده است. این تکنیک با سنجش شاخصه‌های مورد نظر طی پنج سال متوالی و ارزیابی پایداری برای هر یک از سال‌ها، مدل‌های مختلفی را مورد بررسی قرار داده و با توجه به معیار MSE بهترین مدل برای ارزیابی وضعیت پایداری سال ۱۳۹۵ ارائه کرده است. پیش‌بینی انجام شده نشان می‌دهد که وضعیت پایداری شرکت کاله در سال ۱۳۹۵ مشابه با سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ است؛ یعنی نسبتاً پایدار خواهد بود. عدم بهبود وضعیت پایداری شرکت طی سال‌های مورد مطالعه به دلیل بحرانی بودن وضعیت شاخصه‌های پایداری بوده است.

همان‌طور که در نمودارهای ۱-۳ مشاهده می‌شود، در بعد اجتماعی شاخصه‌های «بهداشت و سلامت جامعه»، «توانمندسازی سرمایه انسانی» و «رضایت مشتری»؛ در بعد زیست‌محیطی «حفاظت مؤثر از منابع طبیعی»، «مواد قابل بازیافت» و «مواد ارگانیک»؛ در بعد اقتصادی «سلامت مالی» و «اشتغال» علی‌رغم برخورداری از اهمیت نسبتاً بالا، سطح اجرای بسیار پایینی طی سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۴ داشته‌اند. این موضوع باعث عدم رشد وضعیت پایداری در این سال‌ها و نیز در سال بعد شده است. با توجه به اهمیت بعد زیست‌محیطی (۰/۹۴)، مدیران شرکت کاله به‌منظور افزایش سطح پایداری تولید باید توجه مؤثری بر مباحث زیست‌محیطی داشته باشند. قابل ذکر است که مهم‌ترین شاخصه بعد زیست‌محیطی استفاده از مواد اولیه ارگانیک (۰/۸۶)، حفاظت مؤثر از منابع طبیعی (۰/۸۵) و مواد قابل بازیافت (۰/۸۰) است که هر



سه شاخصه در وضعیت بحرانی طی سال‌های مورد بررسی قرار داشتند. در بعد اجتماعی (۰/۸۶) که دومین بعد مهم در ارتقای سطح پایداری صنعت لبنی محسوب می‌شود، بهداشت و سلامت جامعه (۰/۹۴)، رضایت مشتری (۰/۸۴) و توانمندسازی سرمایه انسانی (۰/۷۵) مهم‌ترین شاخصه‌های این بعد محسوب می‌شوند. این شاخصه‌ها علاوه بر اینکه طی این سال‌ها در وضعیت بحرانی قرار داشتند، از روند نزولی نیز برخوردار هستند که توجه ویژه‌ای را از سوی مدیران برای بهبود در این حوزه می‌طلبد. در بعد اقتصادی با اهمیت (۰/۷۰)، سلامت مالی (۰/۸۳) و اشتغال (۰/۶۵) از یک طرف در وضعیت بحرانی قرار داشته و از سوی دیگر روند نزولی دارند. ادامه این روند نه تنها سلامت اقتصادی بلکه بقای شرکت کاله را با تهدید جدی مواجه می‌کند.

بنابراین براساس مطالب مطرح شده پیشنهاد می‌شود که شرکت کاله با برنامه‌ریزی و تدوین استراتژی‌های مناسب شاخصه‌های بحرانی طرح شده در تحقیق حاضر را تقویت نماید تا بتواند سطح پایداری خود را در سال‌های آینده بهبود دهد. در همین راستا، شرکت کاله باید استراتژی‌های را تدوین کند که به‌کارگیری مواد اولیه ارگانیک و بسته‌بندی‌های قابل بازیافت را در تولید محصولات تضمین کرده و نیز نقش مؤثری را در کنار جامعه و دولت در حفاظت از منابع طبیعی ایفا نماید. از آن جایی که این شرکت با تأمین مواد غذایی به‌طور مستقیم با سلامت مصرف‌کننده و جامعه در ارتباط است، باید بهداشت و سلامت جامعه را به‌عنوان ارزش‌های اصلی سازمان تعریف کرده و اهداف استراتژیک و عملیاتی خود را در مسیر تحقق این ارزش تعریف نماید. از طرف دیگر شرایط پیچیده، پویا و نامطمئن در صنعت مواد غذایی همراه با تغییرات مداوم انتظارات مشتریان، استفاده از ظرفیت‌های بالقوه انسانی را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. از این رو مدیران شرکت به‌منظور انطباق و سازگاری با این تغییرات و نیز کسب رضایت مشتریان باید راهکارهایی به‌منظور افزایش دانش و مهارت کارکنان اتخاذ کنند. این شرکت باید تلاش مؤثری بر ارائه محصولات، خدمات و فرایندهای جدید داشته باشد که این موضوع به نوبه خود می‌تواند افزایش سطح استخدام و نیز ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم را در پی داشته باشد. علاوه بر این شرکت باید در راستای ایجاد محیط مالی و اداری سالم، یعنی محیطی عاری از تنش‌ها و موضع‌گیری‌های سیاست‌مدارانه و جلوگیری از مفاسد مالی تلاش مضاعف نماید؛ زیرا که بروز چنین جوی تهدید جدی برای بقای بلند مدت شرکت محسوب می‌شود. عدم

توجه مفاهیم پیش گفته می‌تواند بقا و رشد شرکت کاله را چه در بازارهای داخلی و چه در بازارهای بین‌المللی با چالش‌های جدی مواجه کند، زیرا که در بازارهای امروزی علاوه بر اینکه دولت‌ها با وضع قوانین و مقررات شرکت را به پایداری سوق می‌دهند، مشتریان نیز خواهان محصولات پایدار هستند.

## ۵- پی‌نوشت‌ها

1. Multi Attribute Decision Making (MADM)
2. Fuzzy Multi Attribute Decision Making (FMADM)
3. Brundtland
4. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
5. Analytic Hierarchy Process
6. Analytical Network Process
7. Complex Proportional Assessment
8. Sustainability balanced scorecard
9. Interpretive structural modeling
10. Preference ranking organization method of enrichment evaluation
11. Multi-Grade Approach (MGA)
12. Fuzzy sustainable capability of "i" dimension
13. Fuzzy sustainable index
14. Fuzzy sustainable linguistic
15. Back Propagation Error (BPE)
16. Mean Square Error (MSE)

## ۶- منابع

- [1] Zhou L., Keivani R., Kurul E. (2013) "Sustainability performance measurement framework for PFI projects in the UK", *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 18(3), pp. 232-250.
- [2] Karaca F., Raven P. G., Machell J., Camci F. (2015) "A comparative analysis framework for assessing the sustainability of a combined water and energy infrastructure", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 90, pp. 456-468.



- [3] Bilbao-Terol A., Arenas-Parra M., Cañal-Fernández V., Antomil-Ibias J. (2014) "Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds", *Omega*, Vol. 49, pp. 1-17.
- [4] Verma A., Rahul T. M., Dixit M. (2014) "Sustainability impact assessment of transportation policies: A case study for Bangalore city", *Case Studies on Transport Policy*.
- [5] Mulliner E., Smallbone K., Maliene V. (2013) "An assessment of sustainable housing affordability using a multiple criteria decision making method", *Omega*, 41 (2), pp. 270-279.
- [6] Gervásio H., da Silva L. S. (2012) "A probabilistic decision-making approach for the sustainable assessment of infrastructures", *Expert Systems With Applications*, 39 (8), pp. 7121-7131.
- [7] Henry M., Kato Y. (2011) "An assessment framework based on social perspectives and analytic hierarchy process: A case study on sustainability in the Japanese concrete industry", *Journal of Engineering and Technology Management*, 28(4), pp. 300-316.
- [8] Lin C., Madu C. N., Kuei C. H., Tsai H. L., Wang K. N. (2015) "Developing an assessment framework for managing sustainability programs: An analytic network process approach", *Expert Systems with Applications*, 42(5), pp. 2488-2501.
- [9] Egilmez G., Gumus S., Kucukvar M. (2015) "Environmental sustainability benchmarking of the US and Canada metropolises: An expert judgment-based multi-criteria decision making approach", *Cities*, Vol. 42, pp. 31-41.
- [10] Rabbani A., Zamani M., Yazdani-Chamzini A., Zavadskas E.K. (2014) "Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC) and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies", *Expert Systems with Applications*, 41(16), pp. 7316-7327.
- [11] Tseng M.L. (2013) "Modeling sustainable production indicators with linguistic



- preferences", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 40, pp.46-56.
- [12] Awasthi A., Chauhan S. S., Omrani H. (2011) "Application of fuzzy TOPSIS in evaluating sustainable transportatin systems", *Expert Systems with Applications*, 38(10), pp. 12270-12280.
- [13] Hanff E., Dabat M. H., Blin J. (2011) "Are biofuels an efficient technology for generating sustainable development in oil-dependent African nations? A macroeconomic assessment of the opportunities and impacts in Burkina Faso", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), pp. 2199-2209.
- [14] Mori K., Christodoulou A. (2011) "Review of sustainability incidences and indicators: Towards a new city sustainability index (CSI)", *Journal of Environmental Impact Assessment Review*, pp. 1-13.
- [15] [۱۰] United Nations Conference on Environment and Development (1992) Rio de Janeiro, Brazil. Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development, New York: United Nations.
- [16] DOC (Department of Commerce), (2008). How Does Commerce Define Sustainable Manufacturing? <http://www.trade.gov/competitiveness/sustainablemanufacturing/how-doc--SM.asp>.
- [17] Tseng M.L., Lin Y.H. (2009) "Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause andeffect model of municipal solid waste management in Metro Manila", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 158, pp. 519-533.
- [18] MIT Sloan Management Review and Boston Consulting Group (2011) Sustainability: The 'Embracers' Seize Advantage, MIT Sloan Management Review Research Report, Winter 2011.
- [19] Veleva V., Ellenbecker M. (2001) "Indicators of sustainable production: Framework and methodology", *Journal of Cleaner Production*, 9(6), pp. 519-549.
- [20] Tseng M.L., Divinagracia L., Divinagracia R. (2009) "Evaluating firm's sustainable production indicators in uncertainty", *Computers & Industrial*



- Engineering*, 57(4), pp. 1393-1403.
- [21] Joung C. B., Carrell J., Sarkar P., Feng S. C. (2012) "Categorization of indicators for sustainable manufacturing", *Ecological Indicators*, Vol. 24, pp. 148-157.
- [22] Almahmoud E., Doloi H. K. (2015) "Assessment of social sustainability in construction projects using social network analysis", *Facilities*, 33(3/4), pp.152-176.
- [23] Adams A.C., Muir S., Hoque Z. (2014) "Measurement of sustainability performance in the public sector", *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 5(1), pp. 46-67.
- [24] Fulton K., Lee S. E. (2013) "Assessing the sustainable initiatives of apparel retailers on the Internet", *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 17(3), pp. 353-366.
- [25] Yunus R., Yang J. (2012) "Critical sustainability factors in industrialised building systems", *Construction Innovation*, 12(4), pp. 447-463.
- [26] Xing Y., Horner R.M.W., El-Haram M.A., Bebbington J. (2009, September) "A framework model for assessing sustainability impacts of urban development", In *Accounting Forum* (Vol. 33, No. 3, pp. 209-224). Elsevier.
- [27] Singh R.K., Murty H.R., Gupta S.K., Dikshit A.K. (2007) "Development of composite sustainability performance index for steel industry", *Ecological Indicators*, 7(3), pp.565-588.
- [28] Emmanuel-Ebikake O., Roy R., Shehab E. (2014) "Supplier sustainability assessment for the UK defence industry", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(8), pp. 968-990.
- [29] Elnadi M. (2015) An innovative framework for implementing lean principles in product-service system.
- [30] Lin C.T., Chiu H., Tseng Y.H. (2006) "Agility evaluation using fuzzy logic", *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, No. 2, pp. 353-68.
- [31] Guesgen H. W., Albrecht J. (2000) "Imprecise reasoning in geographic

information systems", *Fuzzy Sets and Systems*, 113(1), pp. 121-131.

- [32] Vimal K.E.K., Vinodh S. (2013) "Application of artificial neural network for fuzzy logic based leanness assessment", *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24 (2), pp. 274-292.