

# ارزیابی عملکرد متوازن تأمین‌کنندگان با رویکرد ترکیبی دیماتل-تحلیل پوششی داده‌ها در حضور عوامل نامطلوب

مهدی همایون‌فر<sup>۱\*</sup>، علیرضا امیر تیموری

<sup>(۱)</sup> استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

<sup>(۲)</sup> استاد، گروه ریاضیات کاربردی، دانشکده علوم پایه، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۹۶/۰۳/۰۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۶/۱۰

## چکیده

یکی از پیچیده‌ترین مسائل تصمیم‌گیری برای مدیران زنجیره‌های تأمین، ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین می‌باشد که بر اساس رویکردهای مختلف قابل انجام است. اگرچه مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی عملکرد عناصر زنجیره تأمین با استفاده از کارت امتیازی متوازن (BSC) ثبت شده است، تعداد انگشت شماری بر روابط بین شاخص‌های منظرهای چهارگانه کارت امتیازی متوازن تمرکز نموده‌اند. این مقاله بر این روابط به‌ویژه روابط دارای ساختار بازخوردی، تمرکز می‌کند. به این منظور، پس از تعیین شاخص‌های با اهمیت کارت امتیازی متوازن در ارزیابی تأمین‌کنندگان زنجیره تأمین، از تکنیک دیماتل (DEMATEL) برای تعیین روابط بازخوردی میان شاخص‌ها و دستیابی به شاخص‌های اساسی، از منظر اثرگذاری و اثرپذیری استفاده شده است. این شاخص‌ها در مرحله بعد، در قالب ورودی‌ها و خروجی‌های مدل دسترسی‌پذیری ضعیف تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در حضور عوامل نامطلوب، برای ارزیابی نهایی تأمین‌کنندگان و تعیین امتیاز کارایی آنها استفاده گردیده‌اند. نهایتاً واحدهای کارا بر اساس مدل سوپر کارایی اندرسون-پترسون رتبه‌بندی شدند. رویه ارائه شده به عنوان الگویی برای ارزیابی کارایی تأمین‌کنندگان شرکت پارس خزر بکار گرفته شده است.

**واژه‌های کلیدی:** مدیریت زنجیره تأمین، کارت امتیازی متوازن، دیماتل، تحلیل پوششی داده‌ها، دسترسی‌پذیری ضعیف.

## ۱- مقدمه

امروزه زنجیره‌های تامین به‌طور فزاینده‌ای در معرض افزایش رقابت، کمبود منابع، قوانین و مقررات سختگیرانه و تغییر در خواسته‌های ذینفعان قرار دارند [۱]. حفظ موقعیت رقابتی زنجیره‌های تامین، تا اندازه زیادی به موفقیت آنها در مدیریت کارا و اثربخش فرایندهای تولید و عملیات در ارائه کالاها و خدمات بستگی دارد [۲]. برای دستیابی به موفقیت در این زمینه، ضروری است که مدیران بخش‌های تولید و خرید، بهترین شرکای تجاری را انتخاب نمایند تا به بهبود عملکرد زنجیره دست یابند [۳،۴]. انتخاب تامین‌کنندگان مناسب که نیازمندی‌های آنان را با کیفیت مطلوب و در زمانبندی تعیین شده، تامین نمایند، از اهمیت اساسی برخوردار است [۵].

مدیریت زنجیره تامین نیز همچون هر نظام و رهیافت مدیریتی، به نظام سنجش عملکردی در جهت شناسایی موفقیت، تعیین میزان تحقق نیازهای مشتریان و کمک به سازمان در درک فرآیندها و کشف دانسته‌هایی که پیش از این سازمان‌ها بدان واقف نبوده‌اند، نیازمند است [۶]. کارایی زنجیره تامین، نتیجه انسجام عملکرد همه بخش‌های آن بوده و ارزیابی آن فعالیتی چالش‌برانگیز است. به زعم گالایینی و نوبل، ادبیات مربوط به سنجش عملکرد دارای دو فاز است: در فاز اول که تا دهه ۱۹۸۰ ادامه داشت، تکیه بر معیارهای مالی که توسط سیستم حسابداری مدیریت مشخص می‌گردید، در کانون توجه قرار داشت [۷]. به این معنا که تامین‌کنندگان بالقوه تنها با استفاده از شاخص قیمت/هزینه به عنوان شاخص اساسی ارزیابی عملکرد و با رویکردهایی همچون: رویکرد بهینه‌سازی استاندارد برای انتخاب بهترین تامین‌کننده و شکل‌گیری یک زنجیره تامین بهینه، مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند [۸]. بررسی ادبیات نظری نشان می‌دهد که انتخاب تامین‌کنندگان بر مبنای کمترین قیمت، رویکرد "کارایی" نیست و کمترین قیمت، لزوماً به حداقل هزینه در چرخه لجستیک منجر نمی‌گردد [۹].

در فاز دوم که از اواخر دهه ۱۹۸۰ آغاز گردید و تاکنون نیز ادامه دارد، شاهد تغییرات زیادی در رابطه با اندازه‌گیری عملکرد بوده‌ایم [۱۰]. در مدیریت زنجیره تامین نوین، رویکردهای ارزیابی بر مبنای شاخص‌های متعددی

در فرآیند ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۸]. یکی از رویکردهای پر کاربرد در فاز دوم، کارت امتیازی متوازن (BSC) است که توسط کاپلان و نورتن [۱۱] مطرح شد. هدف از طراحی کارت امتیازی متوازن، ایجاد نگرش منسجم تصمیم‌گیرندگان سازمان‌ها به چشم‌انداز عملیات گسترده سازمان در مقایسه با سیستم‌های سنتی است که صرفاً به اقدامات مالی توجه دارند. BSC یکی از جامع‌ترین و ساده‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری عملکرد است که بر هر دو جنبه مالی و غیرمالی، استراتژی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت و نیز معیارهای کسب و کار داخلی و خارجی تاکید دارد. مهم‌ترین ویژگی BSC این است که توانایی ارزیابی استراتژی‌ها و فرآیندها را از طریق چهار منظر: مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و نیز یادگیری و رشد، دارا است. با این وجود، کاربرد BSC به عنوان یک رویکرد کیفی ارزیابی عملکرد، به تعیین شاخص‌های استراتژیک مالی و غیرمالی ارزیابی عملکرد سازمانی محدود می‌شود که به‌واسطه تلفیق آن با دیگر تکنیک‌های کمی مانند: تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۲</sup> (DEA) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره<sup>۳</sup>، برای سنجش عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرض استقلال شاخص‌های ارزیابی عملکرد عناصر زنجیره تامین، به دلیل پیچیدگی و عدم قطعیت موجود در محیط عملیات، فرض نامناسبی است و در نظر گرفتن پیچیدگی روابط میان آنها، اطلاعات ارزشمندی را در ارزیابی نهایی فراهم می‌سازد [۱]. با این وجود، مطالعات انگشت شماری به ارزیابی عملکرد زنجیره تامین، با توجه به روابط شاخص‌های ارزیابی عملکرد در قالب منظرهای BSC پرداخته‌اند [۳، ۱۲، ۱۳].

با توجه به روابط بازخوردی میان منظرهای BSC در مبانی نظری و به منظور افزایش قابلیت DEA در برخورد با مسایل ارزیابی مبتنی بر BSC، در این تحقیق از تکنیک دیماتل<sup>۴</sup> برای تعیین ساختار شبکه‌ای موجود

1. Balanced Scorecard
2. Data Envelopment Analysis
3. Multi Criteria Decision Making
4. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

و دستیابی به مزیت در زنجیره تأمین، مورد استفاده قرار داد [۵،۱]. اندازه‌گیری عملکرد فعالیتی است که مدیران برای دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده ناشی از استراتژی‌های سازمان، انجام می‌دهند [۱۱]. در سال‌های اخیر، محققین توجه بسیار زیادی به مباحث ارزیابی عملکرد، خصوصاً ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین نموده‌اند [۱، ۳، ۱۲]. آنها اذعان داشته‌اند که در کنار شکل‌گیری هر سیستم و رویه جدید در سازمان، سنجش عملکرد یا به عبارتی سنجش کارایی و اثربخشی آن ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس، روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد سازمانی توسعه یافته‌اند. با مرور تحقیقات مطرح شده در مبانی نظری، انواع مدل‌های ارزیابی عملکرد را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم نمود. این سه دسته عبارتند از:

میان شاخص‌های چهار منظر BSC و تعیین شاخص‌های ورودی و خروجی DEA، استفاده شده است. سپس، از مدل دسترسی‌پذیری ضعیف DEA که یک ابزار قدرتمند در ارزیابی سازمان‌های دارای ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه است، برای محاسبه امتیازات کارایی تأمین‌کنندگان شرکت پارس خزر استفاده گردیده است. نهایتاً با به‌کارگیری مدل سوپر کارایی اندرسون-پترسون، تأمین‌کنندگان کارا رتبه‌بندی شده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند.

## ۲- مرور ادبیات تحقیق

### ۲-۱- ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تأمین

ارزیابی عملکرد را می‌توان به عنوان بهترین استراتژی تولیدکنندگان برای ارزیابی و انتخاب بهترین تأمین‌کننده

جدول (۱): مقایسه رویکردهای ارزیابی عملکرد

مدل‌های مبتنی بر زمان و هزینه	مدل‌های برتری سازمانی و خود ارزیابی	مدل‌های یکپارچه	
نمودار نیمه عمر	مدل دمینگ	مدل اسمارت	
مدل اسکور <sup>۱</sup>	مدل ممیزی کیفیت (ISO)	مدل منشور عملکرد	
	مدل ارزیابی تعالی سازمانی <sup>۲</sup>	مدل الگوگذاری <sup>۳</sup>	
		مدل مدیریت بر مبنای هدف	
		مدل نظام مدیریت هوشین <sup>۴</sup>	
		مدل کارت امتیازی متوازن	
			
تاکید بر ارزیابی حوزه مالی و فرآیند تولید. مبتنی بر کنترل زمان و هزینه صرف شده	تاکید بر ارزیابی حوزه مدیریت و فرآیند تولید. مبتنی بر نتیجه و ارتقاء کیفیت فرآیند	تاکید بر همه ابعاد ارزیابی در حوزه‌های مدیریت، فرآیند تولید/عملیات، مالی و نیروی انسانی. مبتنی بر اجرا و ارتقاء استراتژی	

1. SCOR
2. EFQM
3. Benchmarking
4. Hoshin

- منظر فرایندهای داخلی: شاخص‌های این منظر بر فرایندهای داخلی تمرکز دارند که بیشترین اثر را بر رضایت مشتری و دستیابی به اهداف مالی سازمان دارا می‌باشند [۱۴].

- منظر یادگیری و رشد: این منظر به زیرساخت‌هایی توجه دارد که می‌بایست برای رشد و توسعه بلندمدت شرکت ایجاد شوند [۱۴].

افزایش استفاده از BSC، روش ارزیابی و مدیریت سازمان‌ها توسط مدیران ارشد را تغییر داده است. دیگر بخش عمده تمرکز سازمان‌ها به شاخص‌های مالی معطوف نمی‌شود [۱۸]. ارائه رویکرد BSC توسط نورتون و کاپلان [۱۱] موجب شده است تا شاخص‌های مالی مرتبط با عملکرد گذشته شرکت، توسط شاخص‌هایی که وضعیت شاخص‌های مالی را در آینده تعیین می‌کنند (شاخص‌های غیرمالی)، کامل شوند [۱۶]. افزایش استفاده از چارچوب BSC در بسیاری از تحقیقات اخیر با زمینه‌های مختلف مدیریتی مانند: مدیریت زنجیره تأمین [۱۶]، پروژه‌های تحقیق و توسعه [۱۵]، تجارت الکترونیک [۱۸]، برنامه‌ریزی منابع سازمان [۱۹] و بسیاری از زمینه‌های دیگر، چند دلیل دارد: اول، در مقایسه با سیستم‌های سنتی اندازه‌گیری عملکرد که تنها معیارهای مالی را در نظر می‌گیرند، BSC برای بهبود تصمیم‌گیری مدیران طراحی شده است و این کار را بواسطه ایجاد نگرش وسیع‌تری به عملیات سازمان صورت می‌دهد. دوم، به عنوان یک سیستم جامع اندازه-گیری عملکرد، BSC روابط علت و معلولی را فراهم می‌کند که شاخص‌های مختلف غیرمالی (محرک‌های عملکرد) و اقدامات مالی (خروجی‌های نهایی) را با هم مرتبط می‌سازد. به این ترتیب، انتظار می‌رود که بهبود در محرک‌ها منجر به خروجی‌های مطلوب شود. سوم، BSC می‌تواند به عنوان یک سیستم مدیریت استراتژیک [۲۰] مورد استفاده استفاده گیرد.

در رابطه با ارزیابی عملکرد، به خصوص عملکرد زنجیره تأمین بر اساس مدل‌های فوق، تحقیقات متعددی انجام گرفته است. شارما و همکاران [۲۱] یک مدل تلفیقی BSC و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) را برای ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان ارائه نموده‌اند.

در جدول فوق، برخی از رویکردهای ارزیابی عملکرد در سه طبقه مورد اشاره قرار گرفته‌اند و رویکرد توصیه شده در هر طبقه بر مبنای تعداد تحقیقات انجام شده، تعیین گردیده است. در جدول فوق، برخی از رویکردهای ارزیابی عملکرد در سه طبقه مورد اشاره قرار گرفته‌اند که مدل‌های SCOR، EFQM و BSC به عنوان مدل‌های پرکاربرد در هر طبقه شناخته شده‌اند. در این میان BSC نسبت به مدل‌های سنتی برتری‌های متعددی دارد که در مبنای نظری به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است.

بررسی تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که در ارزیابی عملکرد مبتنی بر BSC، رویکردهای کمی، مانند: تصمیم‌گیری چندمعیاره، بهینه‌سازی چند هدفه (MOP) و تحلیل پوششی داده‌ها، در ارزیابی تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۱۳] که هریک از مزایا و معایبی برخوردارند.

## ۲-۲- کارت امتیازی متوازن

کارت امتیازی متوازن، یک چارچوب مفهومی برای ترجمه اهداف استراتژیک سازمان به مجموعه‌ای از شاخص‌های عملکرد است که در قالب چهار منظر: مالی، مشتری، فرایندهای داخلی و رشد و یادگیری طبقه‌بندی می‌شوند [۱۴]. کارت امتیازی متوازن در ابتدا به عنوان یک ابزار اندازه‌گیری عملکرد سازمانی، با هدف کشف حوزه‌های مساله خیز در سازمان و تعیین نقاط قابل بهبود، توسط کاپلان و نورتون [۱۱] ارائه شد و در ادامه به ابزاری برای پیاده‌سازی استراتژی‌های کسب و کار و چارچوبی برای همسوسازی نیروی انسانی، اطلاعات و سرمایه سازمان با استراتژی‌های آن تبدیل گردید [۱۵]. طراحی کارت امتیازی متوازن در در بر دارنده چهار منظر اساسی زیر است:

- منظر مالی: این منظر رابطه شرکت و سهامداران را مورد توجه قرار می‌دهد [۱۶].

- منظر مشتری: کانون توجه این منظر، مشتریان سازمان هستند که بواسطه خرید محصولات و خدمات، عامل بسیار مهم برای موفقیت مالی و کسب درآمد به شمار می‌روند [۱۷].

نکته‌ای که در خصوص مطالعات صورت گرفته در مبنای نظری قابل ذکر است، آن است که مدل جامع و یکپارچه‌ای که توانایی ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین را از نقطه نظر کارایی / سوپرکارایی و با در نظر گرفتن روابط منظرهای BSC داشته باشد، در مبنای نظری مشاهده نگردید.

### ۲-۳- دیماتل<sup>۱</sup>

دیماتل نخستین بار در سال ۱۹۷۲ به منظور حل مسائل پیچیده جهانی مانند تبعیض نژادی، قحطی، حفاظت از محیط زیست و انرژی به کار برده شد [۲۸]. این تکنیک مبتنی بر تئوری گراف است و در برخورد با مساله، یک سیستم پیچیده را به یک ساختار علی روشن که روابط میان سیستم‌های پیچیده را به یک علت یا معلول ساده-سازی می‌کند، تبدیل می‌نماید و به این شکل در یافتن راه‌حل اصلی و بهبود سیستم‌های پیچیده کمک می‌کند [۲۹].

اخیراً دیماتل به طور موفقیت آمیزی در بسیاری از زمینه‌ها، مانند: انتخاب استراتژی مدیریت دانش، امنیت اطلاعات، سرمایه‌گذاری بر روی سهام شرکت‌ها، حوزه‌های آب‌خیز محیط زیست، ارزیابی شایستگی‌های مدیران، پذیرش تکنولوژی و ... مورد استفاده قرار گرفته است. گام‌های پیاده‌سازی تکنیک دیماتل عبارتند از:

عناصر تشکیل‌دهنده سیستم را بر اساس مطالعه مبنای نظری و استفاده از تکنیک‌هایی مانند: دلفی، تئوری بنیادی و ... مشخص نمایید.

عناصر مفروض را در رئوس یک گراف قرار داده و روابطی که می‌بایست حاکم بر ارتباط بین رئوس باشد، بر اساس نظر خبرگان تعیین کنید.

ماتریس روابط مستقیم (A) عناصر را تشکیل دهید. در این گام، از خبرگان بخواهید تا شدت اثر مستقیم هر یک از عناصر ماتریس را بر روی سایر عناصر را بر اساس مقیاس ۰ - ۴، ۰ - ۱۰، و یا ۰ - ۱۰۰ مشخص سازند. ماتریس روابط مستقیم یک ماتریس  $n \times n$  غیر منفی است که عناصر آن  $(a_{ij})$  نشان‌دهنده اثر مستقیم عنصر

وانگ [۲۲] با استفاده از معیارها و سنجه‌های کمی، به ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بر مبنای رویکرد تلفیقی DEA-BSC پرداخته‌اند. ویند و همکاران [۲۳] از یک مدل مفهومی متشکل از فرآیند تحلیل شبکه فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان یک شرکت تولید سوئیچ الکترونیک در هند استفاده کردند. ربانی و همکاران [۲۴] از رویکرد کارت امتیازی متوازن پایدار (SBSC) و تصمیم‌گیری چند معیاره برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های نفتی در ایران استفاده نمودند. در مطالعه آنها برای محاسبه وزن با توجه به روابط متقابل معیارها، از تکنیک ANP و برای اولویت‌بندی گزینه‌های تحت ارزیابی (بر اساس متغیرهای زبانی) از تکنیک COPRAS استفاده شده است.

پادهی و همکاران [۲۵] با نگرش فرایندی نسبت به مدیریت زنجیره تأمین پایدار، ۱۷ فرآیند زنجیره تأمین پایدار (SSCP) را شناسایی کرده و به بررسی اهمیت SSCP‌های مختلف در عملکرد شرکت پرداختند. در ادامه ۵ فرایند و ۳ صنعت بر اساس استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری استراتژیک با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی و ۶ روش تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، مورد ارزیابی قرار گرفتند. چانگ و همکاران [۳] با استفاده از تکنیک DEMATEL فازی، به شناسایی عوامل موثر در انتخاب تأمین‌کنندگان زنجیره تأمین در صنایع الکترونیک پرداختند. سونگ و همکاران [۱] از تلفیق روش مقایسات زوجی (DEMATEL)، به ارزیابی شاخص‌های پایدار انتخاب تأمین‌کننده در یک شرکت تولیدکننده سیستم‌های تهویه خورشیدی پرداختند. جین و همکاران [۲۶]، یک رویکرد ترکیبی CMS و تحلیل پوششی داده‌های سبز با عنوان CMS-GDEA را برای کاهش آلاینده‌های کارخانه‌های تولید قطعات یدکی اتومبیل در هند ارائه داده‌اند. لوترا و همکاران [۲۷] با استفاده از یک رویکرد ترکیبی AHP-VIKOR چارچوبی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار یک شرکت خودروساز در هند ارائه نمودند. این بررسی بر مبنای ۲۲ معیار انتخاب تأمین‌کننده پایدار و در سه بعد "اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی" صورت گرفته است.

داده‌های واحد  $k$  ام  $k \in \{1, \dots, K\}$  به وسیله بردار  $x = (v^k, w^k, x^k)$  نشان داده شوند که  $v = (x_1, \dots, x_N)$  بردار ورودی‌ها و  $w = (w_1, \dots, w_N)$  بردار خروجی‌های مطلوب و نامطلوب باشند. تکنولوژی تولید با مجموعه تولید  $Y = \{(v, w, x)\}$  نشان داده می‌شود، بطوریکه  $X$  می‌تواند  $(v, w)$  تولید کند، و یا می‌توان آن را با مجموعه خروجی  $P(x) = \{(v, w) | (v, w, x) \in Y\}$  نشان داد. بر این اساس، شفارد [۳۱] دسترسی‌پذیری ضعیف را به این صورت تعریف کرده است: خروجی‌ها دسترسی‌پذیری ضعیف دارند، اگر به ازاء  $(v, w) \in P(x)$ ،  $0 \leq \theta \leq 1$ ،  $(\theta v, \theta w) \in P(x)$ .

کاسمانن [۳۲] برای مدل‌سازی دسترسی‌پذیری ضعیف، فاکتورهای انقباضی غیریکنواختی را در مولفه‌های خروجی مطلوب و خروجی نامطلوب هر یک از واحدها به کار برده است. چنانچه کاهش خروجی نامطلوب از طریق کاهش سطح فعالیت انجام شود، ضریب  $\theta$  را می‌توان به عنوان عامل انقباض تعریف کرد. اگر  $\theta^k$  به عنوان فاکتور انقباضی واحد  $k$  ام در نظر گرفته شود، تابع تولید ارائه شده توسط کاسمانن به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$P(x) = \left\{ (v, w) : \sum_{k=1}^K \theta^k z^k v_m^k \geq v_m, \right. \\ \left. m=1, \dots, M \right. \\ \left. \sum_{k=1}^K \theta^k z^k w_j^k = w_j, \quad j=1, \dots, J \right. \\ \left. \sum_{k=1}^K z^k x_n^k \leq x_n, \quad n=1, \dots, N \right. \quad (3) \\ \left. \sum_{k=1}^K z^k = 1 \right. \\ \left. z^k \geq 0, \quad k=1, \dots, K \right. \\ \left. 0 \leq \theta^k \leq 1, \quad k=1, \dots, K \right\}.$$

در مدل فوق، متغیر  $Z$  برای ایجاد ترکیب محدب واحدهای تحت ارزیابی، مورد استفاده قرار گرفته است (فرض تحدب). بازده به مقیاس متغیر با استفاده از محدودیت سوم که در آن مجموع متغیرهای  $Z$  برابر با یک فرض شده، در مدل اعمال گردیده است. دسترسی‌پذیری آزاد ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از بردارهای  $X$  و  $V$  در محدودیت‌های نامساوی مدل‌سازی شده است.

$i$  بر  $j$  بوده و خانه‌های قطر اصلی آن  $(i = j)$  مقدار صفر می‌گیرند.

ماتریس نسبی روابط مستقیم را بدست آورید. برای این کار، هر یک از عناصر ماتریس  $A$  در معکوس بیشترین مجموع سطری ماتریس  $A$  ضرب می‌شود.

$$D = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}} A \quad (1)$$

ماتریس روابط کل (مستقیم و غیر مستقیم) را بر اساس روابط موجود در گراف، محاسبه کنید. چنانچه ماتریس نرمالایز شده را  $D$  بنامیم، خواهیم داشت:

$$T = D(I - D)^{-1} \quad (2)$$

جمع هر یک از سطرها و ستون‌های ماتریس روابط کل را محاسبه نمایید. مجموع مقادیر هر سطر، نشان‌دهنده میزان اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم عنصر مربوط به آن سطر و مجموع مقادیر هر ستون، بیانگر میزان اثرپذیری مستقیم و غیرمستقیم عنصر مربوط به آن ستون می‌باشد.

## ۲-۴- تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها، یک رویکرد ناپارامتریک برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس است که اولین بار توسط چارلز و همکاران [۳۰] ارائه گردیده است و در سه دهه اخیر کاربردها و تعمیم‌های متنوعی در رابطه با آن گزارش شده است. این رویکرد از رویکردهای چندمعیاره بکار رفته برای ارزیابی و انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تأمین است [۸]. در این مقاله از مدل دسترسی‌پذیری ضعیف کاسمانن، برای ارزیابی عملکرد (کارایی) تأمین‌کنندگان زنجیره، استفاده شده است. قابل ذکر است که مدل DEA مبتنی بر اصل دسترسی‌پذیری ضعیف که خروجی نامطلوب را نیز در ارزیابی کارایی مورد توجه قرار دهد، ارائه نگردیده است.

## – مدل خروجی‌های نامطلوب با استفاده از اصل

### دسترسی‌پذیری ضعیف

فرض کنید که  $k$  واحد تحت ارزیابی وجود داشته باشد و

### ۳- روش‌شناسی تحقیق

#### ۳-۱- روش تحقیق

این پژوهش از نظر روش، پیمایشی و از نظر هدف، کاربردی محسوب می‌شود. در این پژوهش سعی بر این داریم که یک رویکرد کمی ارزیابی کارایی بر مبنای منظرهای کارت امتیازی متوازن، تکنیک دیماتل و رویکرد ناپارامتریک سنجش کارایی (تحلیل پوششی داده‌ها) ارائه دهیم. پیاده‌سازی مدل‌های ارائه شده از طریق برنامه‌نویسی در نرم افزارهای متلب و گمز صورت خواهد گرفت.

#### ۳-۲- جامعه آماری تحقیق

جامعه آماری در تحقیقات با ماهیت مدل‌سازی، از دو نقطه نظر (گزینه‌های تحت ارزیابی و خبرگان تحقیق) مورد بررسی قرار می‌گیرند. خبرگان مورد نظر شامل: مدیران ارشد شرکت پارس خزر می‌باشند که با توجه به شرایط زیر انتخاب شده‌اند: (۱) سابقه ۱۵ سال حضور در شرکت پارس خزر، (۲) دارا بودن مدرک فوق لیسانس یا بالاتر و (۳) سابقه حداقل ۵ سال مدیریت. با اعمال استانداردهای فوق، در نهایت ۱۰ مدیر به عنوان خبرگان تحقیق برگزیده شدند. جامعه آماری از نقطه نظر واحدهای تحت ارزیابی شرکت نیز شامل ۲۸ تأمین‌کننده شرکت پارس خزر می‌باشند می‌باشد.

برای مثال، اگر خروجی‌های معینی را بتوان با استفاده از ورودی‌های  $\sum_{k=1}^K Z^k X^k$  قابل تولید کرد و محدودیت  $X' \geq \sum_{k=1}^K Z^k X^k$  برقرار گردد، آنگاه ورودی‌های  $X'$  هم می‌توانند خروجی‌های مورد نظر را تولید کنند.

#### ۲-۵- رویکرد تلفیقی BSC - DEA

رویکرد تلفیقی کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌ها به عنوان یک ابزار قدرتمند در ارزیابی عملکرد، مدت کوتاهی است که ارائه گردیده و تحقیقات و مقالات معدودی در این زمینه به چاپ رسیده است. نخستین بار، ایلات و همکاران [۱۵] از رویکرد BSC- DEA برای ارزیابی پروژه‌های R&D استفاده کردند. در ادامه، آمادو و همکاران [۱۴] و باسو و همکاران [۳۳] در مطالعه خود به استفاده از ترکیب این دو رویکرد پرداختند. کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌ها رویکردهایی هستند که نمی‌توان آنها را به عنوان جایگزین یکدیگر مطرح نمود، بلکه استفاده تلفیقی از آنها در نظام ارزیابی عملکرد لازم به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر می‌توان یک ارتباط سیستماتیک بین دو مدل یاد شده ایجاد نمود، بطوریکه از هر کدام به عنوان مکمل و پوشاننده نقاط ضعف دیگری استفاده کرد. ساختار تکمیلی و مقایسه‌ای این دو روش در جدول ۲ به صورت خلاصه آورده شده است.

جدول (۲): ساختار تکمیلی و مقایسه‌ای دو رویکرد BSC و DEA [۳۷]

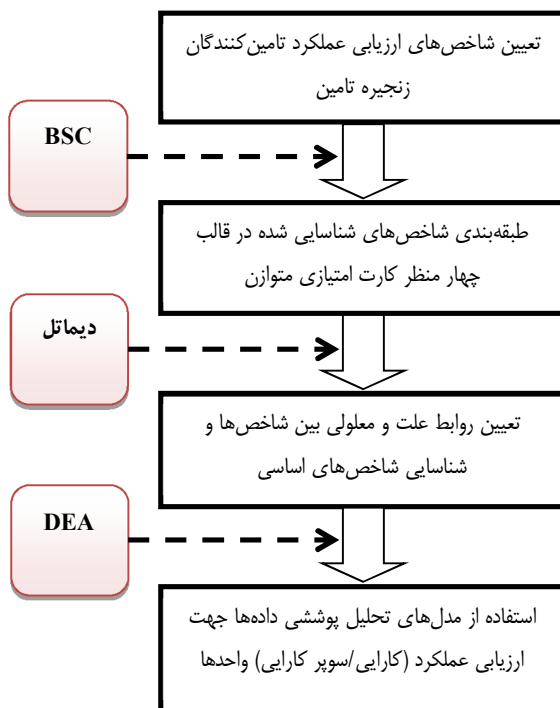
قابلیت	BSC	DEA
نحوه مقایسه	مقایسه با یک واحد مجازی ایده آل	مقایسه نسبی واحدهای مشابه
ساختار	چند دیدگاهی	نهاد، ستاده
اصول رتبه ریاضی	ضعیف	قوی
فرآیندهای کاربردی	خودارزیابی سازمان	تعیین کارایی فنی
دقت اندازه‌گیری	متوسط	بالا
توانایی در ارائه راهکارهای بهبود	متوسط	بالا
امکان رتبه‌بندی	ندارد	دارد
آینده‌نگری	دارد	ندارد
استراتژیک محور	دارد	ندارد

### ۳-۳- مراحل انجام تحقیق

این مرحله، دو رویکرد برای طراحی ساختار گراف و تعیین روابط بین منظرهای BSC قابل بکارگیری است: (۱) استفاده از روابط کلاسیک موجود میان منظرهای BSC و (۲) در نظر گرفتن روابط موجود میان شاخص‌های مربوط به منظرهای چهارگانه BSC. برای اینکه مطالعه انجام شده بتواند تمامی روابط مذکور را در نظر بگیرد، از رویکرد دوم یعنی تعیین تمامی روابط ممکن استفاده شده است. این کار بر اساس روش DEMATEL صورت گرفته است. با تعیین روابط علی و معلولی بین شاخص‌های مناظر چهارگانه کارت امتیازی متوازن و مشخص شدن شاخص‌های اساسی و نهایی در مرحله سوم، در مرحله چهارم مدل تحلیل پوششی داده‌ها (مدل خروجی‌های نامطلوب با استفاده از اصل دسترسی پذیری ضعیف) را طراحی کرده و سپس حل می‌نماییم. این مراحل در نمودار ۱ نشان داده شده است.

مراحل ارزیابی کارایی و عملکرد تأمین‌کنندگان شرکت پارس خزر را می‌توان به چهار مرحله متفاوت تقسیم کرد. در مرحله اول شاخص‌های مناسب برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان با توجه به منظرهای چهارگانه BSC گردآوری شوند. برای این هدف با مطالعه مبانی نظری، شاخص‌های مهم در ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین شناسایی گردیدند. از آنجایی که شاخص‌های ارزیابی از هر صنعت به صنعت دیگر، ممکن است متفاوت باشد، لذا در این قسمت با توجه به نظر خبرگان زنجیره، شامل ۱۰ نفر از مدیران ارشد شرکت پارس خزر، شاخص‌های مناسب و مهم از این لیست انتخاب گردیدند. در ادامه با استفاده از نظر خبرگان، شاخص‌های تعیین شده در قالب منظرهای چهارگانه BSC طبقه‌بندی گردیدند. در مرحله سوم، ایجاد ساختار گراف و تعیین روابط علت-معلولی شاخص‌های منظرهای BSC مورد توجه قرار گرفت. در

#### نمودار (۱): مراحل انجام تحقیق





**- تعیین شاخص‌های کارت امتیازی متوازن**

برخی از شاخص‌های کارت امتیازی متوازن به کار رفته در تحقیقات پیشین در جدول ۳ آورده شده‌اند. این جدول برای انتخاب شاخص‌های اولیه مورد استفاده قرار گرفته است.

با توجه به پیشینه تحقیقات انجام شده ارزیابی عملکرد بر مبنای کارت امتیازی متوازن که در ادبیات نظری و همچنین نظرسنجی و مشورت با مدیران و خبرگان شرکت پارس خزر، شاخص‌های انتخابی کارت امتیازی متوازن به تفکیک مناظر چهارگانه عبارتند از:

- منظر مالی: فروش (F<sub>1</sub>)، هزینه عملیاتی (F<sub>2</sub>)، سود خالص (F<sub>3</sub>) و بازده سرمایه‌گذاری (F<sub>4</sub>)<sup>۱</sup>.
- منظر مشتری: رضایت مشتری (C<sub>1</sub>)، نرخ جذب مشتری (C<sub>2</sub>)، نرخ از دست دادن مشتری (C<sub>3</sub>) و سهم بازار (C<sub>4</sub>).
- منظر فرآیند داخلی: کارایی سیستم تولید (IP<sub>1</sub>)، کیفیت تولید (نقص در محصول) (IP<sub>2</sub>)، چابکی سیستم تولید (IP<sub>3</sub>)، خدمات پس از فروش (IP<sub>4</sub>)، توسعه محصول جدید (IP<sub>5</sub>) و نوآوری (IP<sub>6</sub>).
- منظر رشد و یادگیری: رضایت شغلی کارکنان (L<sub>1</sub>)، ساعات آموزش کارکنان (L<sub>2</sub>)، تسهیم دانش (L<sub>3</sub>)، بهره‌وری کارکنان (L<sub>4</sub>) و نرخ غیبت/مرخصی (L<sub>5</sub>).

**جدول (۳): شاخص‌های منظرهای چهارگانه کارت امتیازی متوازن**

منظر مالی	منبع	منظر مشتری	منبع
سود خالص	[۱۶]، [۲۱]	رضایت مشتری	[۱۷]، [۱۸]، [۳۵]، [۳۶]، [۳۷]، [۴۰]
بازده سرمایه‌گذاری (ROI)	[۳۴]، [۳۵]	سهم بازار	[۳۴]
نسبت هزینه به درآمد	[۳۶]، [۳۷]	قابلیت اطمینان	[۱۶]، [۱۷]، [۲۱]، [۳۹]
نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری	[۱۶]، [۲۱]، [۳۸]	استراتژی قیمت‌گذاری رقابتی	[۳۶]، [۳۷]
تغییرات بودجه	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]	خدمات آنلاین	[۳۶]، [۳۷]
فروش	[۴۰]	نرخ از دست دادن مشتری	[۴۱]
طرح‌های صرفه جویی در هزینه	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]	هزینه حمل‌اطلاعات	[۱۶]، [۲۱]
رضایت مشتری	[۳۷]	در دسترس بودن خدمات	[۱۷]
کاهش هزینه	[۱۷]	انطباق با نیازهای ذینفعان	[۱۷]
حاشیه سود	[۳۶]، [۳۷]	زمان تحقیق مشتری	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]
نرخ رشد دارایی	[۳۵]، [۳۶]، [۳۷]	شکایات مشتریان	[۴۰]
قابلیت اطمینان تحویل	[۱۶]، [۲۱]	نرخ جذب مشتری	[۳۶]، [۳۷]
عملکرد تحویل	[۱۶]، [۲۱]	خدمات سریع و با کیفیت	[۳۶]، [۳۷]
وام‌های پرداخت نشده	[۳۶]	کیفیت محصول	[۴۱]
		زمان تحویل	[۱۶]، [۲۱]
		ریسک منابع انسانی	[۱۷]

1. Return on Investment (ROI)

منبع	منظر رشد و یادگیری	منبع	فرایندهای داخلی
[۱۸]، [۴۱]	رضایت شغلی کارکنان	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]، [۴۱]	دقت تکنیک‌های پیش بینی
[۳۷]، [۳۶]، [۳۵]	هزینه‌های انگیزشی کارکنان	[۱۶]، [۲۱]، [۴۱]	میزان انعطاف‌پذیری سیستم خدمات در برآورده‌سازی نیازهای مشتری
[۳۷]، [۳۶]	آموزش کارکنان	[۲۱]، [۱۶]	مجموع زمان چرخه زنجیره تأمین
[۳۷]، [۳۶]، [۳۵]	بهره‌وری کارکنان	[۲۱]، [۱۶]	مجموع مدت زمان جریان نقدی
[۴۰]	طرز برخورد کارکنان	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]	فرآیند برنامه‌ریزی شده زمان چرخه
[۳۹]، [۲۱]، [۱۶]	روش ثبت سفارش	[۱۶]، [۲۱]، [۳۹]	اثر بخشی برنامه تولید کارشناس ارشد
[۴۰]	تغییرات تکنولوژیک	[۳۶]، [۳۷]	خدمات پیشرفته
[۳۹]، [۲۱]، [۱۶]	توانایی پاسخ به مشکلات کیفیت	[۴۰]	تطابق محصول با استاندارد جهانی
[۴۰]	میانگین سنوات خدمت کارکنان	[۲۱]، [۱۶]	استفاده از ظرفیت
		[۱۶]، [۲۱]، [۴۰]	مقدار دور ریز

### - تعیین اثرگذاری و اثرپذیری شاخص‌ها با استفاده از دیماتل

پس از تعیین شاخص‌ها، ضروری است که شاخص‌ها اساسی ارزیابی عملکرد با استفاده از تکنیک DEMATEL مشخص گردند. به این منظور با کسب نظر خبرگان (از طریق تشکیل چند جلسه گروهی)، روابط علت و معلولی میان شاخص‌ها، مورد بررسی قرار گرفت و توافق جمعی بر روی روابط آنها حاصل آمد. سپس، پرسشنامه لازم جهت تعیین شدت روابط طراحی گردید و از خبرگان خواسته شد میزان اثرگذاری هر یک از عوامل قرار گرفته در هر یک از سطرها را بر عوامل ستون‌ها بر اساس مقیاس جدول ۴ مشخص کنند.

برای دخالت دادن نظر همه خبرگان در تعیین شاخص‌های اساسی، از ترکیب ماتریس‌های حاصل از امتیازدهی آنها بر اساس میانگین هندسی استفاده شد که

نتیجه آن در قالب ماتریس شدت روابط مستقیم ارائه گردید. پس از نرمالایزاسی ماتریس روابط مستقیم و با ادامه حل در نرم‌افزار متلب، ماتریس شدت روابط کل (مستقیم و غیرمستقیم) حاصل شد. مجموع ارزش‌های عددی هر یک از شاخص‌های قرار گرفته در سطرها ( $R_i$ )، نشان‌دهنده اثرگذاری آن و مجموع ارزش‌های عددی هر یک از شاخص‌های قرار گرفته در هر یک از ستون‌ها ( $C_i$ )، بیانگر اثرپذیری شاخص مورد نظر می‌باشد. جدول ۵ میزان اثرگذاری ( $R_i$ )، اثرپذیری ( $C_i$ )، مجموع اثرگذاری و اثرپذیری ( $R_i + C_i$ ) و تفاضل اثرگذاری و اثرپذیری ( $R_i - C_i$ ) هر یک از شاخص‌ها را نشان می‌دهد. در واقع می‌توان گفت که سه معیار اول، تعیین کننده میزان اهمیت شاخص‌ها بوده و نوع رابطه میان شاخص‌ها نیز با استفاده از معیار چهارم تعیین می‌گردد.

جدول (۴): مقیاس بررسی اثرگذاری در تکنیک دیماتل

میزان اثر		خیلی کم		کم		متوسط		زیاد		خیلی زیاد	
امتیاز		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

جدول (۵): ماتریس اثرپذیری و اثرگذاری

منظر	مشخصه	$R_i$	$C_i$	$R_i + C_i$	$R_i - C_i$
مالی	F <sub>1</sub>	۱/۷۰۸	۳/۴۴۵	۵/۱۵۳	-۱/۷۳۷
	F <sub>2</sub>	۲/۰۹۱	۱/۵۴۵	۳/۶۳۶	۰/۵۴۶
	F <sub>3</sub>	۱/۶۱۸	۱/۶۱۲	۳/۲۳۱	۰/۰۰۶
	F <sub>4</sub>	۰/۴۰۲	۰/۲۴۱	۰/۶۴۳	۰/۱۶۱
مشتری	C <sub>1</sub>	۱/۲۵۲	۱/۸۰۹	۳/۰۶۰	-۰/۵۷۷
	C <sub>2</sub>	۰/۶۴۸	۲/۷۷۰	۳/۴۱۷	-۲/۱۲۲
	C <sub>3</sub>	۰/۶۳۶	۱/۶۹۳	۲/۳۲۹	-۱/۰۵۷
	C <sub>4</sub>	۱/۷۳۴	۲/۹۵۸	۴/۶۹۲	-۱/۲۲۴
فرایند داخلی	IP <sub>1</sub>	۲/۰۲۵	۲/۰۲۱	۴/۰۴۶	۰/۰۰۴
	IP <sub>2</sub>	۲/۵۹۳	۱/۱۱۱	۳/۷۰۴	۱/۴۸۱
	IP <sub>3</sub>	۲/۵۸۲	۱/۷۴۱	۴/۳۲۲	۰/۸۴۱
	IP <sub>4</sub>	۱/۱۷۰	۱/۸۰۲	۲/۹۷۲	-۰/۶۳۱
	IP <sub>5</sub>	۱/۱۱۹	۱/۱۸۷	۲/۳۰۶	-۰/۰۶۹
	IP <sub>6</sub>	۱/۱۳۷	۰/۴۳۷	۱/۵۷۴	۰/۷۰۱
رشد و یادگیری	L <sub>1</sub>	۱/۷۳۸	۱/۳۳۵	۳/۰۷۴	۰/۴۰۳
	L <sub>2</sub>	۲/۳۵۷	۱/۰۴۶	۳/۴۰۳	۱/۳۱۱
	L <sub>3</sub>	۱/۹۴۳	۰/۲۴۷	۲/۱۹۰	۱/۶۹۶
	L <sub>4</sub>	۰/۹۴۰	۰/۷۱۵	۱/۶۵۵	۰/۲۲۴
	L <sub>5</sub>	۰/۵۰۱	۰/۴۷۸	۰/۹۷۸	۰/۰۲۳

### تجزیه و تحلیل خروجی‌های دیماتل و شناسایی شاخص‌های اساسی

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، عوامل مورد بررسی بسته به مثبت یا منفی بودن  $R_i - C_i$  به دو گروه تقسیم می‌شوند. عواملی که دارای ارزش مثبت  $R_i - C_i$  بوده و شامل شاخص‌های: هزینه عملیاتی (F<sub>2</sub>)، سود خالص (F<sub>3</sub>)، بازده سرمایه‌گذاری (F<sub>4</sub>)،

کارایی سیستم تولید (IP<sub>1</sub>)، کیفیت تولید (نقص در محصول) (IP<sub>2</sub>)، چابکی سیستم تولید (IP<sub>3</sub>)، نوآوری (IP<sub>6</sub>)، رضایت شغلی کارکنان (L<sub>1</sub>)، ساعات آموزش کارکنان (L<sub>2</sub>)، تسهیم دانش (L<sub>3</sub>)، بهره‌وری کارکنان (L<sub>4</sub>) و نرخ غیبت/مرخصی (L<sub>5</sub>) می‌باشند و سایر عوامل از جمله: فروش (F<sub>1</sub>)، رضایت مشتری (C<sub>1</sub>)، نرخ جذب مشتری (C<sub>2</sub>)، نرخ از دست دادن مشتری (C<sub>3</sub>)،

مشتری ( $C_2$ ) نیز در مقایسه با سایر عوامل از معیار  $C_i$  بالایی (۲/۷۷۰) برخوردار است. بنابراین، از نظر اثربخیزی این عامل نیز به عنوان عامل اساسی در نظر گرفته می‌شود. نهایتاً، با توجه به مقدار  $C_i$  سایر عوامل گروه معلول، اولویت اثربخیزی این عوامل به میزانی نیست که اساسی به شمار روند.

در میان ۱۷ شاخص مورد بررسی، فروش (۵/۱۵۳)، سهم بازار (۴/۶۹۲)، چابکی سیستم (۴/۳۲۲) و کارایی سیستم تولید (۴/۰۴۶) به ترتیب دارای بالاترین شاخص  $R_i + C_i$  هستند. این مساله نشان می‌دهد که آنها از اهمیت بسزایی در انتخاب تأمین‌کنندگان برخوردارند. قابل ذکر است که این عوامل، پیش از این نیز از بعد اثرگذاری یا اثربخیزی اساسی شناخته شده بودند. بعلاوه، شاخص نرخ جذب مشتری از نظر اثربخیزی و نیز مجموع اثرگذاری و اثربخیزی از امتیاز نسبتاً بالاتری نسبت به رضایت مشتری برخوردار است، اما با توجه به نظر خبرگان و در نظر گرفتن این نکته که شاخص رضایت مشتری شاخص مهمتر و کاربردتری در ارزیابی می‌باشد، رضایت مشتری بطور جایگزین به عنوان شاخص اساسی در نظر گرفته شده است.

#### - ارزیابی کارایی با حضور عوامل نامطلوب

در نتیجه ارزیابی شاخص‌های BSC بر اساس تکنیک دیماتل، ۹ عامل به عنوان عوامل اساسی ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان شناخته شدند. این شاخص‌ها بر اساس نظر خبرگان صنعت و تعدادی از اساتید دانشگاه که نسبت به مباحث تولید و سنجش کارایی واحدها آگاهی کافی داشتند، در قالب ورودی‌ها و خروجی‌ها دسته‌بندی گردیدند. بر این اساس شاخص‌های ورودی به ترتیب شامل: هزینه عملیاتی (مالی)، کارایی سیستم (فرایند داخلی)، چابکی سیستم (فرایند داخلی) و ساعات آموزش (رشد و یادگیری) و شاخص‌های خروجی شامل: فروش (مالی)، رضایت مشتری (مشتری)، سهم بازار (مشتری)، کیفیت (نقص در محصول) (فرایند داخلی) و رضایت کارکنان (رشد و یادگیری) می‌باشند.

در این بخش ۲۸ تأمین‌کننده شرکت پارس خزر با استفاده از مدل کاسمانن در حضور خروجی نامطلوب،

سهم بازار ( $C_4$ )، خدمات پس از فروش ( $IP_4$ )، توسعه محصول جدید ( $IP_5$ ) در گروه معلول قرار می‌گیرند، زیرا  $R_i - C_i$  این عوامل منفی است. بعلاوه، نکات ارزشمند دیگری نیز از جدول ۵ قابل استنباط است که در تصمیم‌گیری مفید خواهند بود.

در میان شاخص‌های اثرگذار، "کیفیت سیستم (نقص در محصول)" ( $IP_2$ ) بیشترین  $R_i$  را دارا است. به این معنا که  $IP_2$  در مقایسه با اثری که از سیستم دریافت می‌کند، بیشترین تاثیر (۲/۵۹۳) را بر کل سیستم دارد. این مساله نشان می‌دهد که  $IP_2$  تاثیر قابل توجهی بر روی عوامل دیگر دارد و بهبود آن می‌تواند به بهبود کل سیستم منجر شود. بنابراین، این عامل اساسی به شمار می‌رود. عاملی که از دومین اثرگذاری در میان عوامل گروه علت برخوردار است، "چابکی سیستم تولید" ( $IP_3$ ) می‌باشد. با توجه به نمره  $R_i$  عامل  $IP_3$  میزان اثرگذاری این عامل بر عوامل دیگر (۲/۵۸۲) بالا است. بنابراین،  $IP_3$  از نظر اثرگذاری، یک عامل اساسی در سیستم در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تکنیک دیماتل، تاثیر ساعات آموزش کارکنان ( $L_2$ )، هزینه عملیاتی ( $F_2$ )، کارایی سیستم تولید ( $IP_1$ ) بر سایر عوامل، بیش از تاثیر می‌باشد که آنها دریافت می‌کنند. واضح است که با توجه به  $R_i$  بالای این عوامل، اثرگذاری این عوامل به اندازه‌ای است که تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر کل سیستم داشته باشند و اساسی به شمار روند. با این وجود، سایر عوامل اثرگذار از معیار  $R_i$  بالایی برخوردار نمی‌باشند و در مقایسه با سایر عوامل این گروه، اساسی محسوب نمی‌گردند.

در میان تمام عوامل گروه معلول: فروش ( $F_1$ ) دارای ارزش  $C_i$  برابر با ۳/۴۴۵ است که اولین رتبه را در میان همه عوامل این گروه دارا است. به دلیل اثربخیزی بالای این عامل، از نظر اثربخیزی  $F_1$  به عنوان عامل اساسی انتخاب می‌شود. بعلاوه، عاملی که از دومین اثربخیزی در میان عوامل گروه معلول برخوردار است، سهم بازار ( $C_4$ ) می‌باشد. با توجه به اثربخیزی بالای این عامل (۲/۹۵۸) از سایر عوامل، این عامل می‌تواند به عنوان یک عامل اساسی در سیستم در نظر گرفته شود. بعلاوه، نرخ جذب

از نقاط ضعف اساسی مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، ناتوانی آنها در رتبه‌بندی واحدهای کارا است. جهت رفع این مشکل از روش اندرسون-پترسون که یکی از روش‌های شناخته شده سوپرکارایی است، استفاده شده است تا امکان رتبه‌بندی واحدهای کارا فراهم شود. با اجرای این مدل و تعیین جواب بهینه، رتبه واحدهای کارا به صورت جدول ۷ به دست آمد.

نتایج ارائه شده در جدول ۷ نشان می‌دهد که واحد شماره ۱۷ با امتیاز سوپرکارایی ۰/۱۱۵-۲۰ در رتبه اول سوپرکارایی قرار دارد و واحد شماره ۱۸ با نمره سوپرکارایی ۱۸/۸۸۵۳- در رتبه دوم قرار می‌گیرد. نهایتاً واحد شماره ۲۰ که با نمره ۰/۲۷۲۳ در رتبه آخر جدول سوپرکارایی قرار دارد. بنا بر نظر چن [۴۲] از مدل سوپرکارایی برای سنجش پایایی کارایی استفاده می‌کنیم، نشدنی بودن به مفهوم داشتن بالاترین کارایی می‌باشد، به عبارت بهتر زمانیکه به یک واحد تصمیم‌گیری برخورد کردیم که در نتایج آن نشدنی بودن ظاهر شد، رتبه بهترین سوپرکارایی به آن واحد تعلق می‌گیرد.

مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. نتایج پیاده‌سازی مدل در نرم‌افزار GAMS نشان می‌دهد که کدامیک از واحدها بصورت کارا و کدامیک بصورت ناکارا عمل می‌کنند. تفکیک واحدهای کارا و ناکارا با توجه به نمره کارایی یک یا پایین‌تر از یک انجام می‌شود که با استفاده از محاسبه معکوس جواب بهینه به دست آمده است. نتایج نرم‌افزار در جدول ۶ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول ۶، قادر به دسته‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری به واحدهای کارا و ناکارا هستیم. نتایج نشان می‌دهند که ۲۱ واحد (۱، ۲، ۳، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۶ و ۲۸) دارای کارایی یک (کارا) و ۷ واحد ناکارا می‌باشند. بدیهی است که رتبه‌بندی واحدهای ناکارا با توجه به مقدار کارایی‌شان صورت می‌گیرد. به این صورت که مقادیر نزدیک به ۱ از وضعیت بهتری برخوردار خواهد بود.

**- رتبه‌بندی واحدهای کارا با استفاده از روش اندرسون-پترسون (A-P)**

جدول (۶): نتیجه سنجش کارایی تأمین‌کنندگان

رتبه	کارایی	رتبه	کارایی	رتبه	کارایی
۱	۲۱	۰/۹۳۳۵	۱۱	۱	۱
۲	۲۲	۰/۹۳۹۶	۱۲	۱	۲
۳	۲۳	۰/۹۱۲۷	۱۳	۱	۳
۴	۲۴	۱	۱۴	۱	۴
۵	۲۵	۱	۱۵	۰/۹۱۸۱	۵
۶	۲۶	۱	۱۶	۱	۶
۷	۲۷	۱	۱۷	۱	۷
۸	۲۸	۱	۱۸	۱	۸
۹		۱	۱۹	۱	۹
۱۰		۱	۲۰	۱	۱۰

جدول (۷): خروجی مدل اندرسون - پترسون

واحد	رتبه	سوپر کارایی	واحد	رتبه	سوپر کارایی
۱۷	۱	-۲۰/۰۱۱۵	۱۶	۱۲	۰/۹۵۰۰
۱۸	۲	-۱۸/۸۸۵۳	۱۴	۱۳	۰/۹۱۲۷
۱۵	۳	-۴/۴۱۸۸	۲	۱۴	۰/۸۰۴۷
۹	۴	-۳/۷۳۹۶	۴	۱۵	۰/۷۹۶۷
۱	۵	-۱/۰۸۵۵	۳	۱۶	۰/۷۷۰۷
۱۹	۶	-۱/۰۵۷۳	۷	۱۷	۰/۷۵۸۲
۲۱	۷	-۰/۹۳۵۴	۸	۱۸	۰/۶۰۶۱
۲۳	۸	۰/۹۹۷۵	۶	۱۹	۰/۳۹۸۰
۲۶	۹	۰/۹۸۴۴	۲۸	۲۰	۰/۲۷۳۲
۱۰	۱۰	۰/۹۷۴۲	۲۰	۲۱	۰/۲۷۲۳
۲۲	۱۱	۰/۹۵۳۹			

در اینجا نیز ۷ واحد شامل واحدهای ۱۷، ۱۸، ۱۵، ۹، ۱، ۱۹ و ۲۱ با چنین وضعیتی روبرو هستند که به ترتیب امتیازاتشان در رتبه‌های اول تا هفتم قرار می‌گیرند. واحد تصمیم‌گیری ۲۳ با نمره سوپر کارایی ۰/۹۹۷۵ در رتبه هشتم و واحد شماره ۲۰ با نمره سوپر کارایی ۰/۲۷۲۳ در رتبه آخر قرار می‌گیرند.

#### ماتریس تصویر ورودی‌ها و خروجی‌ها

از نظر تئوریک، واحدهای ناکارا می‌توانند با تصویر شدن بر روی مرز کارایی و از طریق کاهش نسبی در ورودی‌ها و افزایش نسبی در خروجی‌ها، کارا تر شوند. تصویر یک واحد ناکارا باعث انتقال آن بر روی مرز کارایی می‌گردد، بنابراین، نقطه تصویر را می‌توان به عنوان یک نقطه هدف در نظر گرفت. که با قرار گرفتن بر روی آن، واحدهای ناکارا به کارایی دست خواهند یافت. مرز کارایی و نقاط تصویر واحدهای ناکارا در جدول ۸ ارائه شده است.

برای مثال، نقاط تصویر دلالت بر این دارند که واحد ۵ نیاز به تغییر ورودی دوم (چابکی سیستم) به ۳/۵۶ و تغییر ورودی سوم (کارایی سیستم تولید) به ۱۶/۳ و نیز تغییر

خروجی اول (فروش) به ۱۳۰۷، تغییر خروجی دوم (سهم نسبی بازار) به ۰/۷۰، تغییر خروجی سوم (رضایت مشتری) به ۰/۱۵ و تغییر خروجی چهارم (رضایت کارکنان) به ۷۱/۸ دارد تا به کارایی دست پیدا کند. واحد ۱۱ نیز برای دستیابی به کارایی باید چابکی سیستم تولید را به ۳/۱۳، فروش را به ۱۲۱۰، سهم بازار خود را به ۰/۵۹، رضایت مشتری را به ۰/۱۵ و رضایت شغلی کارکنان را به ۷۲/۳ برساند تا به مرز کارایی برسد. برای سایر واحدها نیز تخصیص‌های مشابهی برای دستیابی به کارایی لازم است. همانطور که مشاهده می‌شود، واحدهای ۱۲، ۱۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۷ نیز باید سیاست‌های مشابهی را در پیش بگیرند تا بر روی مرز کارایی تصویر شوند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک رویکرد ترکیبی BSC، DEMATEL و DEA با هدف بهبود مسائل تصمیم‌گیری ارائه شده است. به این منظور با بکارگیری تکنیک DEMATEL، شاخص‌های برآمده از مبانی نظری تحقیق در هر یک از منظرهای BSC ارزیابی شده‌اند.

مربوط به واحد ۱۳ با امتیاز کارایی ۰/۹۱۲۷ و بیشترین امتیاز مربوط به واحد ۲۵ با امتیاز کارایی ۰/۹۸۶۶ می-باشد. رتبه‌بندی واحدهای کارا با استفاده از روش اندرسون- پترسون حاکی از این است که واحد ۱۷ بهترین امتیاز سوپر کارایی را داشته است. نهایتاً با ارائه نقاط تصویر برای واحدهای ناکارا، ترکیب ورودی‌ها و خروجی‌هایی که واحدهای ناکارا را بر روی مرز کارایی قرار می دهند، مشخص گردیدند.

شاخص‌های اساسی بر آمده از DEMATEL به عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل دسترسی پذیری ضعیف DEA با حضور خروجی‌های نامطلوب (شاخص نقص در محصول) برای سنجش کارایی ۲۸ تأمین‌کننده مورد استفاده قرار گرفتند. امتیازات کارایی حاصل از مدل کاسمانن با خروجی‌های نامطلوب توسط نرم افزار GAMS مشخص گردیده‌اند. نتایج حاکی از آن است که از ۲۸ تأمین‌کننده تحت ارزیابی، بیست و یک تأمین‌کننده کارا شناخته شدند. در میان ۷ واحد ناکارا، کمترین امتیاز

جدول (۸): ماتریس تصویر ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای تحت ارزیابی

واحد	ورودی‌ها				خروجی‌ها				
	هزینه عملیاتی	وابستگی سیستم	کارایی سیستم تولید	ساعات آموزش	فروش	سهم نسبی بازار	رضایت مشتری	رضایت کارکنان	کیفیت (نقص)
۵	۸۹۰	۳/۵۶	۱۶/۳	۶۸	۱۳۰۷	۰/۷۰	۰/۱۵	۷۱/۸	۳۱۵۰
۱۱	۸۴۰	۳/۱۳	۱۲/۷	۷۰	۱۲۱۰	۰/۵۹	۰/۱۵	۷۲/۳	۴۶۰۰
۱۲	۱۱۶۰	۳/۳۲	۱۵/۲	۷۰	۱۶۲۸	۰/۷۶	۰/۱۸	۷۷/۷	۳۷۰۰
۱۳	۸۱۰	۳/۴۶	۲۳/۵	۶۵	۱۱۸۳	۰/۶۳	۰/۱۶	۷۴/۵	۳۸۰۰
۲۴	۸۰۰	۳/۱۸	۱۰/۸	۶۷/۲	۱۱۵۳	۰/۵۵	۰/۱۷	۶۹/۲	۳۵۰۰
۲۵	۷۰۰	۳/۵۵	۱۸/۲	۶۶/۸	۱۰۵۴	۰/۴۵	۰/۱۲	۷۶/۰	۱۶۰۰
۲۷	۸۳۰	۳/۶۳	۱۷/۹	۷۳	۱۲۰۸	۰/۴۹	۰/۱۳	۷۲/۷	۵۱۰۰

selection problem. *International Journal of Transportation Science and Technology* 6: 344-355 (2017)

[9] R. Dulmin, M. Valeria. Supplier selection using a multi-criteria decision aid method. *Journal of Purchasing and Supply Management* 9: 177-187 (2003)

[10] P. R. Niven. *Balanced scorecard step-by-step: Maximizing performance and maintaining results*. John Wiley & Sons. 2<sup>nd</sup> Edition (2006)

[11] R. S. Kaplan, D. P. Norton. The balanced scorecard measures that drive performance. *Harvard Business Review* 70: 71-79 (1992)

[12] C. W. Hsu, T. C. Kuo, S. H. Chen, A. H. Hu. Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *Journal of Clean Production* 56: 164-172 (2013)

[13] M. Modak, K. K. Ghosh, K. Pathak. A BSC-ANP approach to organizational outsourcing decision support- A case study. *Journal of Business Research* xx: xx-xx (2018)

[14] C. A. F. Amado, S. P. Santos, P. M. Marques, Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment. *Omega* 40: 390-401 (2012)

[15] H. Eilat, B. Golany, A. Shtub. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: a DEA based methodology. *European Journal of Operational Research* 172: 1018-1039 (2006)

[16] R. Bhagwat, M. K. Sharma. Performance measurement of supply chain management: a balanced scorecard approach. *Computer & Industrial Engineering* 53: 43-62 (2007)

## فهرست منابع

[1] W. Song, Z. Xu, H. C. Liu. Developing sustainable supplier selection criteria for solar air-conditioner manufacturer: An integrated approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79: 1461-1471 (2017)

[2] H. Chen, P. Daugherty, A. Roath. Defining and operationalising supply chain process integration. *Journal of Business Logistics* 30: 63-84 (2009)

[3] B. Chang, C. W. Chang, C. H. Wu. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Application* 38: 1850-1858 (2011)

[4] C. Bai, J. Sarkis. Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics* 124: 252-264 (2010)

[5] H. J. Shyr, H. S. Shih. A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical Computation Modelling* 44: 749-761 (2006)

[6] L. Olfat, J. Bamdad Soufi, M. Amiri, M. Ebrahimpour Azbari. A model for supply chain performance evaluation using by network data envelopment analysis model (Case of: Supply chain of pharmaceutical companies in Tehran Stock Exchange. *Journal of Industrial Management Studies*: 26: 9-26 (2012)

[7] A. M. Ghalayini, J. S. Noble. The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations and Production Management* 16 (8): 63-80 (1996)

[8] Z. Pourabdollahi, B. Karimi, K. Mohammadian, K. Kawamura. A hybrid agent-based computational economics and optimization approach for supplier



- and MCDM approaches by using linguistic variables for the performance evaluation of oil producing companies. *Expert Systems with Applications* 41: 7316-7327 (2011)
- [25] S. S. Padhi, R. K. Pati, A. Rajeev. Framework for selecting sustainable supply chain processes and industries using an integrated approach. *Journal of Cleaner Production* 184: 969–984 (2018)
- [26] V. Jain, S. Kumar, A. Kumar, C. Chandra. An integrated buyer initiated decision-making process for green supplier selection. *Journal of Manufacturing Systems* 41: 256-265 (2016)
- [27] S. Luthra, K. Govindan, D. Kannan, S. K. Mangla, C. P. Garg. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production* 140: 1686-1698 (2017)
- [28] J. I. Shieh, H. K. Chen, H. H. Wu. A Case Study of Applying Fuzzy DEMATEL Method to Evaluate Performance Criteria of Employment Service Outreach Program. *International journal of Industrial Engineering: Theory Application and Practice* 20: xx-xx (2013)
- [29] Y. C. Lee, Y. F. Hsieh, Y. B. Guo. Construct DTPB model by using DEMATEL: A study of a university library website. *Program* 47: 155 – 169 (2011)
- [30] A. Charnes, W. W. Cooper, E. Rhodes. Measuring the efficiency of DMUs. *European Journal of Operational Research* 2: 429-444 (1978)
- [31] R. W. Shephard. *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton, Princeton University Press (1970)
- [17] A. Asosheh, S. Nalchigar, M. Jamporazmey. Information technology project evaluation: An integrated data envelopment analysis and balanced scorecard approach. *Expert Systems with Applications* 37: 5931-5938 (2010)
- [18] R. C. Rickards, Setting benchmarks and evaluating balanced scorecards with data envelopment analysis. *Benchmarking: An International Journal* 10 (3): 226-245 (2003)
- [19] D. Chand, G. Hachey, G. Hunton, V. Owhoso, S. Vasudevan. A balanced scorecard based framework for assessing the strategic impacts of ERP systems. *Computers in Industry* 56: 558-572 (2005)
- [20] P. S. Kaplan, D. P. Norton. *The strategy-focused organization: How balanced scorecard companies thrive in the new business Environment*. Harvard Business School Press, Boston, MA (2001)
- [21] M. K. Sharma, R. Bhagwat. An integrated BSC-AHP approach for supply chain management evaluation. *Measuring Business Excellence* 11: 57-68 (2007)
- [22] J. Wang. Corporate performance efficiency investigated by Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard. *The Journal of American Academy of Business* 9: 312–318 (2006)
- [23] S. Vinodh, R. Anesh Ramiya, S. G. Gautham. Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organisation. *Expert Systems with Applications* 38: 272-280 (2011)
- [24] A. Rabbani, M. Zamani, A. Yazdani-Chamzini, E. K. Zavadskas. Proposing a new integrated model based on sustainability balanced scorecard (SBSC)

- balanced scorecard approach. *Facilities* 28: 249-260 (2010)
- [40] M. A. Kazemi, A. Toloie Eshlaghi, L. Siah-Ghalem. Developing a hybrid BSC-DEA model (Case study: Evaluating relative efficiency of pharmaceutical companies in exchange stock). *Journal of Healthcare Management* 3: 15-32 (2009)
- [41] J. H. Park, J. K. Lee, J. S. Yoo. A framework for designing the balanced supply chain scorecard. *European Journal of Information Systems* 14: 335-346 (2005)
- [42] Y. Chen. Measuring super-efficiency in DEA in the presence of infeasibility. *European Journal of Operational Research* 161: 545-551 (2005)
- [32] T. Kuosmanen. Weak Disposability in Nonparametric Production Analysis with Undesirable Outputs. *American Journal of Agricultural Economics* 87: 1077-1082 (2005)
- [33] A. Basso, F. Casarin, S. Funari. How well is the museum performing? A joint use of DEA and BSC to measure the performance of museums. *Omega* 81: 67-84 (2017)
- [34] T. Y. Chen, L. Chen. DEA performance evaluation based on BSC indicators incorporated: The case of semiconductor industry. *International Journal of Productivity and Performance Management* 56: 335-357 (2007)
- [35] E. Najafi, M. B. Aryanegad, F. Hosseinzadeh Lotfi. Efficiency and Effectiveness Rating of Organization with Combined DEA and BSC. *Applied Mathematical Sciences* 3: 1249-1264 (2009)
- [36] A. Khaki, S. Najafi, S. Rashidi. Improving efficiency of decision making units through BSC DEA technique. *Management Science Letters* 2: 245-252 (2012)
- [37] E. Najafi, M. B. Aryanejad, F. Hosseinzadeh Lotfi, A. Ebnerasoul. Performance Evaluation Accounting With Inputs Non-Discretionary Factors in an Integrated BSC-DEA Methodology. *Journal of Management Researches* 20: 12-27 (2009)
- [38] A. Chia, M. Goh, S. H. Hum. Performance measurement in supply chain entities: Balanced scorecard perspective. *Benchmarking* 16: 605-620 (2009)
- [39] B. Bigliardi, E. Bottani. Performance measurement in the food supply chain: a