

## یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی برای توسعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

داود قراخانی،\* عباس طلوعی اشلقی،\*\* کیامرث فتحی هفشجانی،\*\*\* فرهاد حسین زاده لطفی،\*\*\*\*

رضا کیانی ماوی\*\*\*\*\*

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۸

تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۲۷

### چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک تحلیلی قدرتمند برای اندازه‌گیری کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری براساس ورودی‌ها و خروجی‌هایشان است. در مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها ضعف‌هایی وجود دارد که مهمترین آن‌ها تغییر وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها است که باعث می‌شود کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با وزن‌های مختلف سنجیده شود. همچنین مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها به شبکه‌ای بودن واحدهای ارزیابی توجهی نکرده‌اند. در این مقاله برای برطرف کردن این ضعف‌ها مجموعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی پیشنهاد می‌شود. برای آزمون کارایی و حل مدل پیشنهادی ارائه شده از داده‌های واقعی شرکت‌های بیمه فعال در استان قزوین استفاده شده است. مدل ارائه شده در این مقاله واحدهای تصمیم‌گیرنده را روی یک مقیاس یکسان با مجموعه‌ای از وزن‌های مشترک به صورت بی‌طرف ارزیابی می‌کند. مدل پیشنهادی، کمک می‌کند تا سیاست‌گذاران درک بهتری از نقاط قوت و ضعف DMUها داشته باشند و برای ترقی نقاط قوت و رفع ضعف‌ها تلاش کنند و از این طریق کارایی DMUها را بهبود دهند.

**واژگان کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌ها، وزن‌های مشترک، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، برنامه‌ریزی آرمانی

\* دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*\* استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

toloie@gmail.com

\*\*\* استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*\*\*\* استاد، گروه ریاضی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

\*\*\*\*\* استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

## مقدمه

امروزه با توجه به پیچیدگی مسائل، حجم بسیار اطلاعات، اثرات عوامل خارجی بر عملکرد، رقابت شدید جهانی، محدود بودن منابع و غیره، لزوم هر چه بیشتر برخورد علمی با مسائل روشن می‌باشد. یکی از عوامل موثر جدانشدنی مدیریت، ارزیابی عملکرد است که ضعف‌ها و قوت‌ها، تهدیدها و فرصت‌ها را برای بهبود و اصلاح روندها قطعی می‌سازد. استفاده از ابزارهای علمی می‌تواند ارائه‌کننده اطلاعات مفید برای مدیریت جهت تصمیم‌گیری به منظور بهبود شیوه‌های انجام عملیات و به کارگیری منابع باشد (سیادت‌ی و نورالسنا، ۱۳۹۳).

برای اندازه‌گیری عملکرد و کارایی روش‌های مختلفی وجود دارد. یکی از روش‌های ناپارامتریک ارزیابی کارایی شرکت‌ها، روش تحلیل پوششی داده‌ها است. مدل تحلیل پوششی داده‌ها که در سال ۱۹۷۸ توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه شد، یکی از روش‌های پرکاربرد در زمینه سنجش کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری همگن با ورودی‌ها و خروجی‌های یکسان است (چارنز، کوپر و رودز، ۱۹۷۸). در تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها واحدهای تصمیم‌گیری ورودی‌های چندگانه را به خروجی‌های چندگانه تبدیل می‌کنند. این تکنیک از تمام داده‌های موجود بهترین مرز کارایی را مشخص می‌کند و با آن مرز نمره کارایی هر واحد تصمیم‌گیری را تعیین می‌کند (علی نژاد و زمانی، ۱۳۹۵). یکی از مهم‌ترین سوالات در خصوص کاربرد DEA، بحث پیرامون اوزان محاسبه شده برای شاخص‌های ورودی و خروجی است. گروهی از محققین معتقدند محاسبه اوزان مختلف برای شاخص‌های یکسان در مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری همگن، منطقی به نظر نمی‌رسد و از این رو در جستجوی مدل‌هایی برای محاسبه اوزان مشترک شاخص‌های ورودی و خروجی برآمده‌اند. اولین بار رول (۱۹۹۱)، موضوع اوزان مشترک را مورد بررسی قرار داد. به طور خلاصه هدف از این تحقیقات ارائه مدل‌هایی است که از طریق آن تنها یک وزن برای هر یک از شاخص‌های ورودی و خروجی به دست آید و نسبت به محاسبه و مقایسه کارایی واحدها بر مبنای مشترک اقدام شود. در مدل‌های معمول تحلیل پوششی داده‌ها هر واحد تصمیم‌گیری نسبت به سایر واحدها در بهترین شرایط قرار می‌گیرد و مدل برای رسیدن به بهترین وزن‌ها برای ورودی‌ها و خروجی‌ها حل

می‌شود. در این مدل‌ها وزن‌های بدست آمده در ارزیابی واحدهای متفاوت، معمولاً یکسان نیستند. به عبارت دیگر ورودی (خروجی)‌های یکسان در ارزیابی واحدهای مختلف، ارزش‌های متفاوت دارند و این واقع بینانه نیست.

ایراد دیگری که از سوی محققان به مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها وارد می‌شود، این است که این مدل‌ها، سیستم‌ها را به مانند یک مجموعه بسته در نظر می‌گیرند و فرایندهای داخل سیستم، عملکرد و روابط میان آن‌ها را نادیده می‌انگارند. این دیدگاه که معروف به دیدگاه جعبه سیاه است، بسیاری از اطلاعات ارزشمند را در مورد واحدهای تصمیم‌گیرنده از دست می‌دهد و تحلیل کارایی DMUها را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود می‌کند (کائو و هوانگ، ۲۰۰۸؛ کائو، ۲۰۰۹؛ تَن و تسوتسوی، ۲۰۰۹؛ فوکویاما و وبر، ۲۰۱۰). در واقع مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها، در محاسبه کارایی سیستم‌های پیچیده و فرایندهایی که متشکل از چند مرحله‌اند و دارای اندازه‌های میانی هستند، مشکل دارند و نمی‌توانند کارایی هر یک از فرایندهای داخلی را به درستی محاسبه کنند و ممکن است مانع دستیابی اطلاعات مدیریتی با ارزش شود (چن و یان، ۲۰۱۱). نکته اساسی اینجاست که بسیاری از واحدهای تصمیم‌گیرنده، ساختارهای مرکب و متنوعی دارند که نوع این ساختار و عملکرد این اجزا، بر کارایی سیستم تأثیر می‌گذارد. در واقع، در دنیای واقعی واحدهای تصمیم‌گیری‌ای وجود دارند که در آن‌ها فرایند تولید را می‌توان به صورت یک فرایند دو یا چند مرحله‌ای در نظر گرفت. درون DMUها برای تبدیل ورودی‌های اولیه به خروجی‌های نهایی، ممکن است فرایندهای داخلی بسیار زیادی وجود داشته باشد؛ در حالی که در مدل‌های معمولی، ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها به کار می‌روند، بدون اینکه توجهی به ارتباطات بخش‌های داخلی واحدها شود (کوک و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به ایرادات وارده بر مدل‌های معمول تحلیل پوششی داده‌ها، در این تحقیق سعی می‌شود با توسعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی، نقایص مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها برطرف گردد.

برای رفع نقیصه اول، با بکارگیری وزن‌های مشترک، ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری، منصفانه‌تر می‌شود. مدل‌های معمول تحلیل پوششی داده‌ها در بهترین حالت به واحدهای تصمیم‌گیری کارا، اندازه‌ی کارایی یک را تخصیص می‌دهند، لذا این مدل‌ها تمایزی بین واحدهای کارا ایجاد نمی‌کنند. این تحقیق بر آنست تا با یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی به توسعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته و مشکل محاسبه اوزان مشترک شاخص‌های ورودی و خروجی را حل نماید.

در این تحقیق سعی می‌شود با استفاده از مدل DEA شبکه‌ای، واحدهای تصمیم‌گیرنده را روی یک مقیاس یکسان با مجموعه‌ای از وزن‌های مشترک به صورت بی‌طرف ارزیابی نمود. این مدل یک واحد تصمیم‌گیرنده را با تمامی زیر واحدها و ارتباطات موجود در آن، به صورت ساختار شبکه‌ای در نظر می‌گیرد. در این مدل فرض می‌شود که سیستم تحت ارزیابی، شامل چندین واحد تصمیم‌گیرنده مشابه است که هر واحد نیز، چندین زیر واحد به هم مرتبط دارد.

## ادبیات و پیشینه تحقیق

### تحلیل پوششی داده‌ها

یکی از روش‌های ناپارامتریک ارزیابی کارایی است و از پرکاربردترین این روش‌ها محسوب می‌شود. DEA، روشی مبتنی بر رویکرد بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است و برای ارزیابی نسبی واحدهای تصمیم‌گیرنده که وظایف یکسانی را انجام می‌دهند، به کار می‌رود (کاریلو و جورگه، ۲۰۱۶).

### واحد تصمیم‌گیرنده

یک واحد سازمانی مجزا است که توسط مدیر، رئیس یا مسئول اداره می‌شود و دارای فرآیند نظام‌مند است (امیری و همکاران، ۱۳۸۸).

## ارزیابی عملکرد

ارزیابی عملکرد، ارزیابی و سنجش میزان کارایی تصمیمات اتخاذ شده در خصوص استفاده بهینه از منابع و امکانات می‌باشد (پاناگیوتیس و همکاران، ۲۰۱۶).

## کارایی

کارایی، یک مفهوم مدیریتی است که سابقه‌ای طولانی در علم مدیریت دارد (ویتزل، ۲۰۰۲). کارایی نشان می‌دهد که یک سازمان چه‌طور از منابع خود در راستای تولید نسبت به بهترین عملکرد، در مقطعی از زمان استفاده کرده است (یانگ ژوا و همکاران، ۲۰۱۶).

## برنامه ریزی آرمانی

روش برنامه‌ریزی آرمانی در سال ۱۹۵۵ توسط چارلز و کوپر ارائه شده است. این مدل برای هر یک از توابع هدف یک مقدار آرمانی تعیین و با توجه به اولویت اهداف مختلف در پی حداقل ساختن انحرافات مجاز اهداف از مقادیر آرمانی است (زوگرافیدو و همکاران ۲۰۱۶).

در سال‌های اخیر تحقیقاتی مرتبط با موضوع این مقاله انجام شده است که در این بخش به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

تحقیقات انجام شده مرتبط با اوزان مشترک:

جهانشاهلو و همکاران (۲۰۰۵)، با اثبات اینکه اگر یکی از اجزای بردارهای ورودی یا خروجی یک واحد تصمیم‌گیری، بر اجزای مشابه واحدهای دیگر غلبه کند، سایر اجزای این واحد هر مقداری داشته باشند، آن واحد در برخی مدل‌های DEA کارا خواهد بود، روشی ارائه داده اند که با حل تنها یک مدل، مجموعه اوزان مشترک واحدها به دست آید و در نهایت با یک مدل دو مرحله‌ای واحدهای کارا رتبه‌بندی شوند.

امیری و همکاران (۱۳۸۶)، مدلی در تحلیل پوششی داده‌ها برای بدست آوردن وزن‌های مشترک با استفاده از منطق فازی ارائه کرده‌اند. مدل پیشنهادی در این تحقیق، نقاط ضعف مدل‌های گذشته را برطرف می‌کند. مدل ارائه شده بر مبنای مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه

طراحی شده است که این مدل با روش حل مسائل چند هدفه به کمک تئوری فازی حل شده و منجر به ایجاد وزن‌های مشترک می‌شود. با بهره‌گیری از این مدل رتبه‌بندی بهتری از واحدهای تصمیم‌گیری نسبت به مدل‌های پایه محقق شده است.

ماکوئی و همکاران (۲۰۰۸)، با ذکر این نکته که تحلیل پوششی داده‌ها به واحدهای تصمیم‌گیری امکان اختیار بهترین اوزان برای محاسبه مقادیر کارایی را می‌دهد، برای حل این مساله یک مدل برنامه‌ریزی با اهداف چندگانه خطی پیشنهاد داده‌اند که خطی بودن، قدرت تمایز بیشتر میان واحدهای تصمیم‌گیری و استفاده از مدلی منحصر به فرد برای سنجش کارایی نسبی تمامی واحدها از مزایای آن است.

صدقیانی و همکاران (۱۳۸۸)، یک مدل جدید برنامه‌ریزی آرمانی برای محاسبه اوزان مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها ارائه کرده‌اند. این مدل بر روی مجموعه‌ای از اوزان معیارهای ورودی و خروجی ناشی از حل یک مدل اولیه تحلیل پوششی داده‌ها بر روی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیری برآزش می‌شود که همان ورودی‌های مدل را شکل می‌دهد. خروجی‌های مدل نیز مجموعه‌ای از اوزان مشترک معیارهای ورودی و خروجی برای محاسبه کارایی نسبی است. نتایج مدل حاضر در مقایسه با نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها تمایز بیشتری را میان واحدهای تصمیم‌گیری قائل می‌شوند. خطی بودن، قابلیت کاربردی گسترده و معنی‌داری اوزان برآوردی از مزایای مدل پیشنهادی است.

علی‌نژاد و کیانی ماوی (۲۰۰۹)، یک رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی جدید و کاربردی برای محاسبه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها ارائه کرده‌اند. مدل ارائه شده در این تحقیق قادر به ارزیابی کارایی نسبی تمام واحدهای تصمیم‌گیرنده با خروجی‌های متعدد و یک ورودی با وزن‌های مشترک می‌باشد. مدل پیشنهادی در این تحقیق با مدل مین-ماکس و مدل کلاسیک DEA مقایسه شده و نتایج نشان‌دهنده کارا بودن مدل پیشنهادی است.

جهانشاهلو و همکاران (۲۰۱۰)، دو روش رتبه‌بندی ارائه نمودند. در روش اول یک خط ایده آل و یک مجموعه مشترک وزن‌ها برای واحدهای کارا تعیین گردید، سپس یک امتیاز کارایی

جدید بدست آمد که واحدها را با توجه به آن رتبه بندی کردند. در روش دوم یک خط ویژه تعیین شد و تمامی واحدهای کارا با آن مقایسه شده و سپس رتبه بندی شدند. حسین‌زاده لطفی و همکاران (۲۰۱۳)، یک روش DEA وزن‌های مشترک برای تخصیص منابع ثابت و تنظیم اهداف ارائه کرده‌اند. در این مقاله یک مکانیزم تخصیص بر پایه روش وزن‌های همزاد مشترک ارائه شده است. این مدل می‌تواند ارزیابی درونی برابر ورودی‌ها و خروجی‌ها در مجموعه مرجع را ارائه نماید. روش پیشنهادی در این مقاله تخصیص داخلی سازگار و عادلانه را تضمین می‌کند.

امیری و همکاران (۱۳۹۴)، یک رویکرد جدید وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها ارائه کرده‌اند. در این تحقیق، ابتدا ماهیت تمامی خروجی‌ها با یک تبدیل، مثبت شده است و در ادامه نسبت هر خروجی به هر ورودی برای تمامی واحدهای تصمیم‌گیری محاسبه شده است. با به کارگیری تجزیه به عامل‌های اصلی، وابستگی احتمالی بین متغیرها از بین رفته و مؤلفه‌های اصلی ایجاد شده به عنوان ورودی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. در انتها از برنامه‌ریزی چند هدفه مین-مکس برای پیدا کردن وزن‌های مشترک استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کارا بودن مدل پیشنهادی است.

اصغریان و همکاران (۱۳۹۴)، مدل جدیدی را جهت محاسبه کارایی کلی و دو مرحله‌ای شعب بانک به کمک مجموعه مشترک وزن با روش فازی ارائه نموده‌اند. هدف از این تحقیق محاسبه کارایی مرحله تجهیز منابع، مرحله تخصیص منابع و کارایی کل شعب بانک با استفاده از مدل DEA شبکه‌ای و با رویکرد مجموعه مشترک وزن، با ساختن برنامه‌ریزی چند هدفه و حل آن به کمک تئوری فازی می‌باشد. در این روش، کارایی کلیه شعب با یک وزن ارزیابی و هم‌زمان کارایی آن‌ها حداکثر می‌شود.

تحقیقات انجام شده مرتبط با مدل‌های شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها:

الف و همکاران (۱۳۹۱)، مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه کرده‌اند. در این تحقیق از مدلی متناسب با ماهیت شبکه‌ای و چند مرحله‌ای استفاده شده که عملکرد کل زنجیره را در قالب یک مدل ریاضی و با استفاده از

شاخص‌های مالی، دانشی، مشارکت و پاسخگویی زنجیره تامین، ارزیابی می‌کند. نتیجه این تحقیق نشان داد که مدل ارائه شده، مدل مناسبی است، زیرا از قدرت تفکیک پذیری بالایی برخوردار است.

حسینی و همکاران (۱۳۹۵)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی چند هدفه چند دوره‌ای ارائه کرده‌اند. در این تحقیق، یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی، اوزان مشترک، چند هدفه چند دوره‌ای پیشنهاد و برای ارزیابی عملکرد کارایی فنی - زیست محیطی در حضور خروجی‌های نامطلوب ارزیابی پالایشگاه‌ها توصیه شده است. افزایش قدرت تفکیک پذیری و دست یافتن به یک راه‌حل سازشکارانه با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی فازی، از جمله مهم‌ترین نوآوری‌های این تحقیق بوده است.

خلیل دامغانی و همکاران (۱۳۹۵)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای سه مرحله‌ای ارائه کرده‌اند. هدف اصلی در این مقاله، ارزیابی کارایی نسبی هر کدام از مراحل ارائه خدمت به مشتریان در شعب بانک ملی است. در این تحقیق یک فرایند سه مرحله‌ای به عنوان نتایج متوالی از ارائه خدمات به مشتریان بانک تعریف شده است. مدل DEA مورد استفاده از نوع مضربی CCR خروجی محور با بازدهی ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد.

لوزانو (۲۰۱۵)، یک روش جدید DEA شبکه‌ای با ورودی‌های مشترک ارائه داده است. در این مقاله از مفهوم جدید ورودی‌های مشترک برای فرمول بندی فرآیندهای موازی روش DEA شبکه‌ای استفاده شده است تا بتواند کارایی کل سیستم و فرآیندهای مجزا را اندازه‌گیری کند. ویژگی اصلی این تحقیق، بررسی ورودی‌های مشترک در روش DEA شبکه‌ای است. همچنین مدل پیشنهاد شده در این تحقیق، مدل‌های قبلی را بهبود داده و با استفاده از برنامه‌ریزی خطی می‌تواند تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های ناکار را شناسایی کند.

لی و ورتینگتون (۲۰۱۶)، یک مدل DEA شبکه‌ای پویا مبتنی بر تولید کیفیت و کمیت محور برای ارزیابی پژوهش‌های دانشگاهی استرالیا ارائه نمودند. در این مقاله یک مدل DEA شبکه‌ای ارائه شده است که هم خروجی‌های کمی و هم کیفی قابل محاسبه می‌باشند. نتایج این تحقیق



نشان می‌دهد که مدل DEA استاندارد تمایل به اغراق و بزرگ‌نمایی کارایی پژوهش دارد که این مشکل با ارائه مدل DEA شبکه‌ای در این مقاله برطرف شده است. با توجه به پیشینه تحقیق، برخی تحقیقات به بحث اوزان مشترک و برخی دیگر به ساختار شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته‌اند. در این تحقیق سعی می‌شود با توسعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی، نقایص مدل‌های پیشین تحلیل پوششی داده‌ها برطرف گردد. در واقع بدلیل اینکه اکثر مدل‌های پیشین یا در مرحله اول و یا در مرحله دوم تاکید بر وزن مشترک دارند، مدل ارائه شده در این تحقیق تاکید بر اوزان مشترک به طور همزمان هم در مرحله اول و هم در مرحله دوم دارد.

### روش تحقیق

نوع تحقیق کاربردی است زیرا در این تحقیق سعی بر آن است که با توسعه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای یک رویکرد جدید ارائه گردد و روش تحقیق توصیفی (تحلیل ریاضی) می‌باشد. چون تحقیق ریاضی است جامعه آماری مفهوم ندارد ولی برای آزمون کارایی و حل مدل ارائه شده از داده‌های واقعی شرکت‌های بیمه فعال در استان قزوین استفاده می‌گردد.

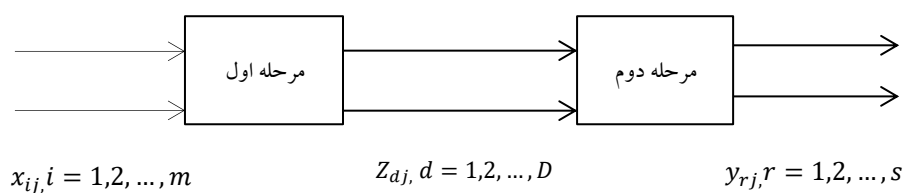
### مراحل طراحی و حل مدل پیشنهادی

۱. مطالعه مدل‌های موجود در حوزه وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها
۲. استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی برای توسعه مدل وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای
۳. جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای ساختارهای شبکه‌ای
۴. حل مدل پیشنهادی با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده با نرم افزار LINGO
۵. تعیین میزان انحراف نامطلوب کارایی واحدها
۶. ارائه راهکارهایی برای بهبود واحدهای ناکارا

## مدلسازی تحقیق

ساختار شبکه ای دو مرحله ای برای هر واحد تصمیم گیرنده در شکل ۱ نشان داده شده است. فرض می شود هر واحد تصمیم گیرنده  $(j=1, 2, \dots, n)$  در  $DMU_j$  در مرحله اول از  $m$  ورودی  $x_{ij}, (i=1, 2, \dots, m)$  و  $D$  خروجی  $Z_{dj}, (d=1, 2, \dots, D)$  تشکیل می شود و خروجی های مرحله اول به عنوان ورودی های مرحله دوم در نظر گرفته می شوند. مرحله دوم نیز از  $s$  خروجی  $y_{rj}, (r=1, 2, \dots, s)$  تشکیل می شود. پیش فرض: مدل این تحقیق یک ساختار سری دو مرحله ای بدون ورودی ها یا خروجی های مستقل واسطه ای می باشد که تمامی خروجی های مرحله اول به عنوان ورودی های مرحله دوم در نظر گرفته می شوند.

$$DMU_j, j = 1, 2, \dots, n$$



شکل ۱. فرآیند دو مرحله ای

کارایی کلی دو مرحله با حل مدل ۱ به دست می آید.

$$e_0^{overall} = \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

S. t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$w_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, D; \quad v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; \quad u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s.$$

تابع هدف مدل ۱ می‌خواهد مجموع موزون خروجی‌های نهایی واحد تحت بررسی را به حداکثر برساند.

محدودیت اول: محدودیت اول نشان می‌دهد که کارایی مرحله دوم هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت دوم: محدودیت دوم نشان می‌دهد که کارایی مرحله اول هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت سوم: محدودیت سوم مجموع موزون ورودی‌های مرحله اول واحد تحت بررسی را برابر یک در نظر می‌گیرد که همان تبدیل خطی چارنر برای تبدیل مدل کسری به برنامه‌ریزی خطی می‌باشد.

کارایی مرحله اول ( $\theta_1$ ) با حل مدل ۲ به دست می‌آید.

$$\theta_1 = \text{Max} \sum_{d=1}^D w_d z_{d0}$$

S. t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - e_0^{overall} \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 0$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$w_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, D; \quad v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; \quad u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

تابع هدف مدل ۲ می‌خواهد مجموع موزون خروجی‌های مرحله اول واحد تحت بررسی را به حداکثر برساند.

محدودیت اول: محدودیت اول نشان می‌دهد که کارایی مرحله دوم هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت دوم: محدودیت دوم نشان می‌دهد که کارایی مرحله اول هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت سوم: محدودیت سوم تضمین می‌کند که کارایی کلی واحد تحت بررسی از مقدار محاسبه شده خود در مدل ۱ کمتر نمی‌شود.

محدودیت چهارم: محدودیت چهارم مجموع موزون ورودی‌های مرحله اول واحد تحت بررسی را برابر یک در نظر می‌گیرد که همان تبدیل خطی چارنر برای تبدیل مدل کسری به برنامه‌ریزی خطی می‌باشد.

کارایی مرحله دوم ( $\theta_2$ ) با حل مدل ۳ به دست می‌آید.

$$\theta_2 = \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

S. t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D w_d z_{dj} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - e_0^{\text{overall}} \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 0$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{d0} = 1$$

$$w_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, D; \quad v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; \quad u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

تابع هدف مدل ۳ می‌خواهد مجموع موزون خروجی‌های مرحله دوم واحد تحت بررسی را به حداکثر برساند.

محدودیت اول: محدودیت اول نشان می‌دهد که کارایی مرحله دوم هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت دوم: محدودیت دوم نشان می‌دهد که کارایی مرحله اول هر واحد حداکثر برابر یک است.

محدودیت سوم: محدودیت سوم تضمین می‌کند که کارایی کلی واحد تحت بررسی از مقدار محاسبه شده خود در مدل ۱ کمتر نمی‌شود.

محدودیت چهارم: محدودیت چهارم مجموع موزون ورودی‌های مرحله دوم واحد تحت بررسی را برابر یک در نظر می‌گیرد که همان تبدیل خطی چارنر برای تبدیل مدل کسری به برنامه‌ریزی خطی می‌باشد.

در این بخش مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای پیدا کردن وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارائه می‌شود. این مدل به صورت زیر است:

$$\text{Min} \left[ \sum_{j=1}^n (d_j^- + d_j^+) + \sum_{j=1}^n (a_j^- + a_j^+) \right]$$

S. t.

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D \theta_2 w_d z_{dj} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{d=1}^D \theta_2 w_d z_{dj} - d_j^+ + d_j^- = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m \theta_1 v_i x_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{d=1}^D w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^m \theta_1 v_i x_{ij} - a_j^+ + a_j^- = 0$$

$$\sum_{d=1}^D w_d + \sum_{i=1}^m v_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r + \sum_{d=1}^D w_d = 1$$

$$w_d \geq 0, d = 1, 2, \dots, D; \quad v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m; \quad u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s$$

$$d_j^-, d_j^+, a_j^-, a_j^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

تابع هدف مدل ۴ نشان می‌دهد که مجموع انحرافات مطلوب و نامطلوب کارایی تمامی واحدها باید به حداقل برسد.

محدودیت اول: محدودیت اول نشان می‌دهد که کارایی مرحله دوم هر واحد حداکثر برابر مقدار محاسبه شده کارایی در مدل ۳ می‌باشد.

محدودیت دوم: محدودیت دوم، محدودیت آرمانی می‌باشد که در آن  $d_j^-$  نشان‌دهنده انحراف نامطلوب و  $d_j^+$  نشان‌دهنده انحراف مطلوب کارایی مرحله دوم هر واحد از حداکثر مقدار کارایی محاسبه شده در مدل ۳ می‌باشد.

محدودیت سوم: محدودیت سوم نشان می‌دهد که کارایی مرحله اول هر واحد حداکثر برابر مقدار محاسبه شده کارایی در مدل ۲ می‌باشد.

محدودیت چهارم: محدودیت چهارم، محدودیت آرمانی می‌باشد که در آن  $a_j^-$  نشان‌دهنده انحراف نامطلوب و  $a_j^+$  نشان‌دهنده انحراف مطلوب کارایی مرحله اول هر واحد از حداکثر مقدار کارایی محاسبه شده در مدل ۲ می‌باشد.

محدودیت پنجم: این محدودیت برای نرمال کردن کارایی مرحله اول واحدها می‌باشد.

محدودیت ششم: این محدودیت برای نرمال کردن کارایی مرحله دوم واحدها می باشد.

برای پیدا کردن وزن های مشترک و رتبه بندی تمامی DMUها مراحل زیر انجام می شود:

۱. مدل های ۱، ۲ و ۳ حل شده و کارایی  $(e_0^{overall}, \theta_1, \theta_2)$  برای تمامی DMUها محاسبه می شود.

۲. با حل مدل ۴ وزن های مشترک  $(v_1, v_2, v_3, w_1, w_2, u_1, u_2, u_3)$  بدست می آید.

۳. امتیازات کارایی وزن های مشترک نهایی با استفاده از معادله شماره ۵ بدست می آید.

$$\begin{aligned} Csw-\theta_1 &= ((w_1 * z_1 + w_2 * z_2) / (v_1 * x_1 + v_2 * x_2 + v_3 * x_3)) \\ Csw-\theta_2 &= ((u_1 * y_1 + u_2 * y_2 + u_3 * y_3) / (w_1 * z_1 + w_2 * z_2)) \end{aligned} \quad (5)$$

۴. کارایی نهایی DMUها با استفاده از معادله شماره ۶ بدست می آید.

$$e^{final} = Csw-\theta_1 * Csw-\theta_2 \quad (6)$$

۵. محاسبه کارایی نرمال شده با استفاده از معادله شماره ۷ و رتبه بندی تمامی DMUها.

$$e^{normal}_i = \frac{e^{final}_i}{\max e^{final}} \quad i=1, \dots, 30 \quad (7)$$

### مثال عددی

جدول ۱ داده های ۳۰ شرکت بیمه در استان قزوین در سال ۱۳۹۴ را ارائه می کند. ورودی های مرحله اول شامل هزینه های عملیاتی، هزینه های بیمه ای و تعداد نیروی کار می باشد. خروجی های مرحله اول که در واقع ورودی های مرحله دوم نیز می باشند شامل حق بیمه نوشته شده مستقیم و حق بیمه اتکایی است و خروجی های مرحله دوم شامل سود تعهدی، سود سرمایه گذاری و تعداد حق بیمه صادر شده است.



جدول ۱. داده‌های ۳۰ شرکت بیمه در استان قزوین در سال ۱۳۹۴

DMU	هزینه‌های عملیاتی ( $x_1$ )	هزینه‌های بیمه ای ( $x_2$ )	تعداد نیروی کار ( $x_3$ )	حق بیمه نوشته شده مستقیم ( $z_1$ )	حق بیمه اتکایی ( $z_2$ )	سود تعهدی ( $y_1$ )	سود سرمایه گذاری ( $y_2$ )	تعداد حق بیمه صادر شده ( $y_3$ )
1	1712515	945625	10	9136584	1023659	1312469	916584	6200
2	1836587	1896548	6	13115876	3265954	1695876	1036589	2150
3	1614968	796582	11	6849520	796520	486536	923658	3400
4	1025968	816952	8	4368597	625480	423658	396584	5000
5	10568732	5569846	10	59864956	3965842	9968574	6985469	3600
6	4269875	913654	8	19648759	1295684	4158696	596875	2200
7	3598657	3469856	15	21598759	824596	3968576	612560	5200
8	6158749	3695874	16	29875960	1695874	5689563	785429	7500
9	35698740	1968753	7	19874952	712596	1312504	412698	3500
10	2898542	2759865	19	9968576	695435	3365965	715986	6700
11	3798526	915489	9	8895648	825489	2312659	34698	3850
12	4598625	823695	11	11659826	1459865	1895486	1056985	3620
13	3865987	2146958	14	16587496	926580	5264985	379658	4900
14	3145286	1698547	6	8965984	635489	1913654	496895	2700
15	4269857	846953	9	15203654	913564	4965872	736596	4100
16	2895600	536987	10	7165982	602548	996587	415879	3650
17	2965876	2365981	13	9265785	512896	4126958	569854	6150
18	1046985	716594	12	5236598	1126589	826584	416598	2750
19	326985	336900	7	2213658	596875	726598	75986	3300
20	356987	72459	14	486958	325487	526489	50269	3800
21	169857	40269	10	389650	71265	74569	9965	5200
22	46985	29648	8	73695	42596	99854	8968	4000
23	81698	49876	16	496875	80254	43658	56984	6000
24	389567	413695	9	689578	903216	336528	38695	5500
25	459862	384592	8	479859	402658	625478	526498	2800
26	359687	312694	14	469852	512658	498560	376596	4200
27	498620	469852	5	396587	356985	398651	496895	3900
28	416852	528746	12	496545	296854	469875	463596	4200
29	310695	274965	6	289658	569854	556980	356985	2500
30	436985	413652	13	312560	498652	423156	423659	4900

جدول ۲ مجموعه وزن‌های مشترک تولید شده بوسیله روش پیشنهادی (برنامه‌ریزی آرمانی) را با در نظر گرفتن ورودی‌ها، مقادیر واسطه و خروجی‌ها را نشان می‌دهد. همچنین جدول ۳ امتیازات کارایی و رتبه بندی ۳۰ شرکت بیمه‌ای استان قزوین که بوسیله مدل پیشنهادی در این

مقاله محاسبه شده‌اند را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مجموعه وزن‌های مشترک تولید شده بوسیله مدل برنامه‌ریزی آرمانی

$v_1$	$v_2$	$v_3$	$w_1$	$w_2$	$u_1$	$u_2$	$u_3$
0.0396	0.20241	0.67544	0.012452	0.06999	0.00000	0.04608	0.87146
9	2	6	1	5	1	8	4

جدول ۳. کارایی نهایی DMUها و رتبه‌بندی آنها

DMU	$C_{sw}-\theta_1$	$C_{sw}-\theta_2$	$e^{final}$	$e^{normal}$	Rank
1	0.714855	0.23171	0.165639	0.220404	10
2	0.858003	0.176048	0.15105	0.200992	11
3	0.625904	0.381521	0.238796	0.317749	7
4	0.476394	0.269303	0.128295	0.170713	18
5	0.661351	0.22526	0.148976	0.198232	12
6	0.946244	0.054932	0.051979	0.069165	21
7	0.386506	0.059933	0.023164	0.030823	26
8	0.494409	0.055488	0.027434	0.036505	25
9	0.163801	0.065041	0.010654	0.014176	29
10	0.256509	0.107971	0.027696	0.036853	24
11	0.501523	0.01818	0.009118	0.012132	30
12	0.708291	0.186677	0.132222	0.175939	16
13	0.461557	0.037862	0.017475	0.023253	28
14	0.333143	0.102836	0.034259	0.045586	23
15	0.742901	0.069894	0.051924	0.069092	22
16	0.58762	0.14057	0.082602	0.109912	19
17	0.253556	0.078237	0.019838	0.026396	27
18	0.771996	0.175499	0.135485	0.18028	15
19	0.854236	0.081336	0.06948	0.092452	20
20	۱	0.131163	0.131163	0.174529	17
21	0.660444	0.495556	0.327287	0.435498	2
22	0.495362	0.493146	0.244285	0.325054	6
23	0.884306	0.849846	0.751524	1	1
24	0.723829	0.204616	0.148107	0.197076	13
25	0.355443	0.536743	0.190782	0.25386	8
26	0.53796	0.515793	0.277476	0.369218	4
27	0.260454	0.800806	0.208573	0.277534	9
28	0.218173	0.640532	0.139747	0.185952	14
29	0.639692	0.437445	0.27983	0.37235	3
30	0.383803	0.710104	0.272541	0.362651	5
میانگین	0.56527	0.2778	0.149913	0.199479	

در جدول ۳، ستون دوم نشان‌دهنده امتیازات کارایی وزن‌های مشترک نهایی مرحله اول، ستون سوم نشان‌دهنده امتیازات کارایی وزن‌های مشترک نهایی مرحله دوم، ستون چهارم نشان‌دهنده امتیازات کارایی نهایی واحدهای تصمیم‌گیرنده، ستون پنجم نشان‌دهنده کارایی نرمال شده و ستون آخر رتبه بندی ۳۰ شرکت بیمه‌ای فعال در استان قزوین را نشان می‌دهد. در مدل‌های وزن مشترک این احتمال وجود دارد که کارایی هیچ واحدی برابر با یک نشود (کائو، ۲۰۱۰؛ اصغریان و همکاران، ۱۳۹۴؛ صلاحی و همکاران، ۲۰۱۶). بدلیل اینکه مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به انتقال در مقیاس پایا هستند می‌توان کارایی واحدها را نرمال نمود بدون اینکه به کلیت مساله خللی وارد شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که در میان مجموعه داده‌ها فقط واحد ۲۳ کارا است و این قدرت مدل برنامه‌ریزی آرمانی پیشنهادی را نشان می‌دهد، چراکه بین واحدهای تصمیم‌گیرنده تبعیض خوبی قائل می‌شود. از سوی دیگر به دلیل اینکه تمامی واحدهای تصمیم‌گیرنده با مجموعه وزن‌های یکسان برای ورودی‌ها و خروجی‌ها رتبه‌بندی شده‌اند، مدل پیشنهادی این تحقیق، تعصبی که در مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها وجود دارد را از بین می‌برد. این قابلیت کمک می‌کند تا سیاست‌گذاران درک بهتری از نقاط قوت و ضعف DMUها داشته باشند و برای ترقی نقاط قوت و رفع ضعف‌ها تلاش کنند و از این طریق کارایی DMUها را بهبود دهند.

### اعتبار سنجی مدل پیشنهادی

برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی، داده‌های موجود در این تحقیق با مدل ارائه شده توسط کائو و هوانگ (۲۰۰۸) نیز حل گردید که نتایج در جدول ۴ آورده شده است. با بررسی و مقایسه نتایج مدل پیشنهادی می‌توان نسبت به اعتبار نتایج آن به اظهار نظر پرداخت. در مقایسه با مدل کائو و هوانگ، نتایج این مدل از قدرت تمایز بیشتری میان واحدهای تصمیم‌گیری برخوردار است. بر اساس نتایج مدل کائو و هوانگ، در مرحله اول، ۴ واحد تصمیم‌گیری کارا و دارای امتیاز ۱ می‌باشند، همچنین در مرحله دوم نیز ۵ واحد تصمیم‌گیری کارا و دارای امتیاز ۱ می‌باشند. در حالی که در مدل پیشنهادی، این وضعیت در مرحله اول تنها برای ۱ واحد

تصمیم‌گیری (واحد ۲۰) و در مرحله دوم نیز پس از نرمال‌سازی تنها برای واحد ۲۳ وجود دارد. همچنین مقایسه میانگین کارایی دو مدل نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی در این مقاله از توانایی و اعتبار خوبی برخوردار است.

جدول ۴. کارایی نهایی DMUها براساس مدل کانو و هوانگ (۲۰۰۸)

DMU	$\theta_1$	$\theta_2$	$e^{final}$	$e^{normal}$	Rank
1	0.9348433	0.4132735	0.386346	0.4630052	13
2	1	0.2111127	0.2111127	0.2530019	28
3	0.7704031	0.6965679	0.5366381	0.6431184	6
4	0.659551	0.4228233	0.2788735	0.3342079	23
5	0.8344312	1	0.8344312	1	1
6	1	0.4582087	0.4582087	0.549127	9
7	0.8645029	0.4446488	0.3844002	0.4606733	14
8	0.5837703	0.4253055	0.2482807	0.2975449	25
9	0.7495487	0.4101953	0.3074614	0.3684682	20
10	0.3123394	0.7458123	0.2329466	0.2791681	26
11	0.5317646	0.5091989	0.2707739	0.3245012	24
12	1	0.4571484	0.4571484	0.5478563	10
13	0.5356963	0.7112299	0.3810032	0.4566023	15
14	0.4212305	0.4801505	0.202254	0.2423855	29
15	0.8347094	0.7241595	0.6044627	0.7244009	4
16	0.6584957	0.4330336	0.2851508	0.3417307	22
17	0.3068621	1	0.3068621	0.36775	21
18	0.8790406	0.2621008	0.2303972	0.2761129	27
19	0.9931828	0.4011139	0.3983794	0.4774263	12
20	1	0.7272166	0.7272166	0.8715118	2
21	0.6823164	0.5071946	0.3460672	0.4147342	17
22	0.5967159	1	0.5967159	0.715117	5
23	0.884287	0.8172386	0.7226735	0.8660672	3
24	0.8250003	0.1891557	0.1560535	0.1870178	30
25	0.4871805	1	0.4871805	0.5838474	7
26	0.7161029	0.5601556	0.401129	0.4807215	11
27	0.3929983	0.8960836	0.3521593	0.4220352	16
28	0.3327658	1	0.3327658	0.3987936	18
29	0.7931202	0.5840216	0.4631993	0.5551079	8
30	0.5279569	0.6133712	0.3238336	0.388089	19
میانگین	0.703627	0.60335	0.3974708	0.4763374	

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها ضعف‌هایی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها تغییر وزن ورودی‌ها و خروجی‌ها است که باعث می‌شود کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با وزن‌های مختلف سنجیده شود. همچنین مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها به شبکه‌ای بودن واحدهای ارزیابی توجهی نکرده‌اند. طبق مدل پیشنهادی در این مقاله، نواقص مدل‌های قبلی رفع شده و رویکرد جدیدی برای یافتن وزن مشترک شاخص‌ها پیشنهاد شده است که با بدست آوردن یک وزن مشترک کارایی تمام DMUها محاسبه می‌شود. نتایج مدل حاضر در مقایسه با نتایج مدل تحلیل پوششی داده‌ها تمایز بیشتری را میان واحدهای تصمیم‌گیری قائل می‌شود. مدل پیشنهادی در این مقاله می‌تواند کارایی سیستم را همزمان با کارایی بخش‌های آن محاسبه کرده و به مدیر این امکان را می‌دهد که برای بهبود کارایی شرکت، بخش‌های ناکارا را بشناسد و تصمیمات مناسب را جهت بهبود بخشی کارایی کل اتخاذ نماید. به عبارت دیگر، مدل پیشنهادی روابط میان زیرسیستم‌ها را در محاسبه و ارزیابی کارایی که دارای ساختار پیچیده و چندبخشی هستند در نظر می‌گیرد. در نهایت، با تغییرات مناسب و مقتضی، مدل پیشنهادی در این تحقیق را می‌توان به سادگی به سایر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها تعمیم داد.

به عنوان یکی از کارهای آتی پیشنهاد می‌شود تحقیقات بعدی عامل پویایی را در مدل ارائه شده در نظر بگیرند. تحقیقات بعدی می‌توانند در صورت لزوم، مدل ارائه شده در این مقاله را به صورت فازی ارائه نمایند. همچنین تحقیقات بعدی می‌توانند از داده‌ها کمی و کیفی به طور همزمان استفاده نمایند.

## منابع

- اصغریان، سولماز، حسین‌زاده لطفی، فرهاد، کاظمی‌پور، حامد. (۱۳۹۴)، کارایی کلی و دو مرحله‌ای شعب بانک به کمک مجموعه مشترک وزن با روش فازی، *مجله علمی و پژوهشی تحقیق در عملیات در کاربردهای آن*، شماره ۱۲ (۲)، صفحات ۸۹-۱۰۸.
- الفت، لعیا، بامدادصوفی، جهانیار، امیری، مقصود، ابراهیم‌پور ازبری، مصطفی، (۱۳۹۱)، مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای (مورد: زنجیره تامین شرکت‌های داروسازی بورس اوراق بهادار تهران، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال دهم، شماره ۲۶، صفحات ۱ تا ۲۶.
- امیری، مقصود، علیمی، امیر، ابطحی، سید حسین، (۱۳۸۶)، ارائه مدلی در تحلیل پوششی داده‌ها برای بدست آوردن وزن‌های مشترک با استفاده از منطق فازی، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، سال ششم، شماره ۱۷، صفحات ۱۳۵ تا ۱۵۱.
- امیری، مقصود، یعقوبی، علی، مشاطزادگان، حمیدرضا، صالحی صدقیانی، جمشید، (۱۳۸۸)، ارائه‌ی مدلی برای تخمین کارایی براساس تکنیک تحلیل پوششی داده‌های تصادفی با اوزان فازی، *مجله علمی و پژوهشی شریف*، دوره ۲۵، شماره ۴۹، صفحات ۴۷-۵۵.
- امیری، مقصود، رمضان زاده، سعید، خاتمی‌فیروزآبادی، سید محمد، صالحی صدقیانی، جمشید، (۱۳۹۴)، ارزیابی عملکرد دانشکده‌های دانشگاه علوم انتظامی امین با رویکرد وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت منابع در نیروی انتظامی*، سال سوم، شماره ۲، صفحات ۱ تا ۲۶.
- حسینی، امینه، خلیلی دامغانی، کاوه، امامی‌مبیدی، علی، (۱۳۹۵)، تجزیه و تحلیل کارایی فنی- زیست محیطی پالایشگاه‌های نفت ایران توسط یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای فازی چند هدفه چند دوره ای، *فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی*، دوره ۱۴، شماره ۴۲، صفحات ۱۲۳-۱۶۷.

خلیلی دامغانی، کاوه. ، تقوی فرد، محمدتقی. ، کرباسچی، کیارث. ، (۱۳۹۵) ، ارائه یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تحلیل چند معیاره رضایت و تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای سه مرحله‌ای برای ارزیابی کارایی خدمات شعب بانک ملی ایران ، فصلنامه علمی و پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۴، شماره ۴۰، صفحات ۷۵-۱۰۹.

سیادت، سامان. ، نورالسنا، رسول. ، (۱۳۹۳) ، ارائه مدلی جهت ارزیابی و تحلیل عملکرد پیمانکاران با استفاده از تحلیل پوششی داده تصادفی (SDEA) ، ششمین کنفرانس بین‌المللی تحلیل پوششی داده‌ها.

صالحی صدقیانی، جمشید. ، امیری، مقصود. ، رضوی، سیدحسین. ، هاشمی، شیده سادات. ، حبیب زاده، اصحاب. ، ( ۱۳۸۸ ) ، ارائه مدل برنامه ریزی آرمانی خطی برای محاسبه اوزان مشترک در مسائل تحلیل پوششی داده‌ها، مجله مدیریت صنعتی، دوره ۱، شماره ۲، صفحات ۸۹-۱۰۴.

علی نژاد، علیرضا. ، زمانی، سیدرضا. ، (۱۳۹۵) ، ارائه رویکردی ترکیبی از تحلیل پوششی داده‌ها و نظریه بازی‌ها به منظور رتبه‌بندی میزان تاثیرگذاری شاخص‌های کارت امتیازی متوازن در سنجش کارایی سازمان، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۴، شماره ۴۱، صفحات ۱۸۹-۲۱۵.

Alinezhad, A., Kiani Mavi, R., (2009), Practical common weights goal programming approach for technology selection, *Mathematical Sciences*, 3 (2): 201-212.

Carrillo, M., Jorge, J.M , (2016), A multi objective DEA approach to ranking alternatives, *Expert Systems with Applications*, Volume 50, 15 May 2016, Pages 130-139.

Charnes, A., W.W. Cooper, E. Rhodes (1978) "Measuring the efficiency of decision-making units", *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp. 429-444.

Chen, C. & Yan, H. (2011). Network DEA model for supply chain performance evaluation. *European Journal of Operational Research*, 213 (1): 147-155.

Cook, W.D., Zhu, J., Bi, G. & Yang, F. (2010). Network DEA: additive efficiency decomposition. *European Journal of Operational Research*, 207 (2): 1122– 1129.

Fukuyama, H. & Weber, W.L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs. *Omega*, 38 (5): 398-409.

Hosseinzadeh Lotfi, F, Hatami-Marbini, A , Per J. Agrell, Aghayi, N, Gholami, K, (2013), Allocating fixed resources and setting targets using a common-weights DEA approach, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 64, Issue 2, PP 631-640.

Jahashahloo G.R, hosseinzadeh lotfi, F ,khanmohammadi.m, rezaei.v. (2010), Ranking of units by positive ideal DMU with common weights. *Homepage Journal of Elsevier*: 37:7483-7488.

Jahanshahloo G.R., Memariani A., Lotfi F.H., Rezaei H.Z. (2005), "A note on some of DEA models and finding efficiency and complete ranking using common set of weights", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 166, pp. 265-281.

Kao, C. & Hwang, S.N. (2008), Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: an application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185 (1): 418-429.

Kao, C. (2009), Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European Journal of Operational Research*, 192 (3): 949-962.

Kao, C. (2010), Malmquist productivity index based on common-weights DEA: The case of Taiwan forests after reorganization. *Omega*, 38, PP, 484-491.

Lee, B, L, Worthington, A, C, (2016), A network DEA quantity and quality-orientated production model: An application to Australian university research services, *Omega*, Volume 60, PP 26-33.

Lozano,S. (2015), A joint-inputs Network DEA approach to production and pollution-generating technologies, *Expert Systems with Applications*, Volume 42, Issue 21, PP, 7960-7968.



Makui, A., Alinezhad, A., Kian mavi, R., & Zohrebandian, M.(2008), A Goal programming Method for Finding common weights in DEA with an improved discriminating power for efficiency. *journal of industrial and systems engineering*, vol.1, No.4, pp.293-303.

Panagiotis D. Zervopoulos, Theodora S. Brisimi, Ali Emrouznejad, Gang Cheng,(2016), Performance measurement with multiple interrelated variables and threshold target levels: Evidence from retail firms in the US, *European Journal of Operational Research*, Volume 250, Issue 1, Pages 262-272.

Roll Y, Cook WD, Golany B (1991), Controlling factor weights in data envelopment analysis. *IIE Transactions* 23(1): 2–9.

Salahi, M., Torabi, N., Amiri, A., (2016), An Optimistic Robust Optimization Approach to Common Set of Weights in DEA, *Measurement*, 93, PP, 67-73.

Tone, K. & Tsutsui M. (2009), Network DEA: a slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197 (1): 243-252.

Witzel, Morgen (2002), "a Short History of Efficiency", *Bossiness Strategy Review*, Vol. 13, pp. 38-47.

Zha, Y, Liang,N, Wu, M, Bian ,Y, (2016), Efficiency evaluation of banks in China: A dynamic two-stage slacks-based measure approach, *Omega*, Volume 60, Pages 60-72.

Zografidou, E, Petridis, K, Arabatzis, G, Kumar Dey, P,(2016), Optimal design of the renewable energy map of Greece using weighted goal-programming and data envelopment analysis, *Computers & Operations Research*, Volume 66, PP 313-326.