

A Model for Performance Assessment of the Investment Companies with Data Envelopment Analysis Approach and Principal Component Segregation Method

Ali Saqafi*

Professor of Accounting, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran

Sohrab Osta

Ph.D. Candidate in Accounting, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran

Maghsoud Amiri

Professor of Management, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran

Farrokh Barzideh

Associate Professor of Accounting, University of Allameh Tabataba'i, Tehran, Iran

Abstract:

The corporate performance assessment is a matter for current and potential stockholders. Therefore, the present study aims at explicating a model for performance evaluation of investment companies using the data envelopment analysis method, so that by applying PCA, the dependence between input and output variables is eliminated by decomposing to the main factors. The main question in this study is how to evaluate the performance of investment firms? In order to answer this question, all investment companies accepted in the Iranian stock exchange have been selected and the latest available annual reports of investment companies in year 2016, have been analyzed. To design the proposed algorithm, a DEA-PCA compilation approach was used which ultimately led to the design of a performance evaluation model. The results of the proposed algorithm show that out of 34 investment companies under review in 2016, only 4 companies with a performance score of one, are considered as efficient. In other words, 12% of investment companies are efficient and 88% are inefficient, which, of course, efficient companies are patternmakers for other companies.

Key Words: Data Envelopment Analysis, Principal Component Segregation, Performance Assessment, Investment Companies

* Ali-Saqafi@yahoo.com

پژوهش‌های حسابداری مالی
سال دهم، شماره اول، پیاپی (۳۵)، بهار ۱۳۹۷
تاریخ وصول: ۱۳۹۷/۰۱/۲۹
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۵/۱۴ ۱۳۹۷/۰۴/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۵
صص: ۷۵-۹۴

مدلی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و

روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

علی ثقفی^{۱*}، سهراب اُستا^{***}، مقصود امیری^{***} و فرخ برزیده^{***}

*استاد، حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

Ali-Saqafi@yahoo.com

**دانشجوی دکترای حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

sohrabosta54@gmail.com

***استاد مدیریت، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

****دانشیار حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

چکیده

ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، مسئله سهامداران فعلی و بالقوه است؛ بنابراین، پژوهش حاضر، به تبیین مدلی برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها پرداخته است؛ به نحوی که با کمک PCA، وابستگی متغیرهای ورودی و خروجی با تجزیه به عامل‌های اصلی از بین برده شود. پرسش اصلی پژوهش به این صورت مطرح است که چگونه می‌توان عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری را ارزیابی کرد. برای پاسخگویی به این پرسش، همه شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس ایران انتخاب و آخرین گزارش‌های سالانه موجود شرکت‌های سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۹۵ تحلیل شده است. برای طراحی الگوریتم پیشنهادی، از رویکرد تلفیقی DEA-PCA استفاده شد که در نهایت به طراحی مدل ارزیابی عملکرد منجر شد. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد از مجموع ۳۴ شرکت سرمایه‌گذاری بررسی شده در سال ۱۳۹۵، فقط ۴ شرکت با امتیاز کارایی یک، کارا هستند. به عبارت دیگر، ۱۲ درصد شرکت‌های سرمایه‌گذاری کارا و ۸۸ درصد ناکارا هستند که البته شرکت‌های کارا الگویی برای سایر شرکت‌ها هستند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ارزیابی عملکرد، شرکت‌های سرمایه‌گذاری

مقدمه

ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، از دیرباز مسئله مهمی بوده است و مباحث متعددی در حسابداری و مدیریت به بحث عملکرد شرکت‌ها اختصاص یافته است. بیشترین نوشته‌های نظری در این زمینه آن است که کدام یک از معیارهای ارزیابی عملکرد از اعتبار بیشتری برخوردار است [۱۳]. برخی معتقدند شاخص ایده‌آلی برای سنجش عملکرد شرکت‌ها وجود ندارد و برای سنجش عملکرد روش‌های مختلفی وجود دارد. اگرچه هر کدام از روش‌ها محاسنی دارد، چنانچه یک و یا دو معیار برای اندازه‌گیری عملکرد شرکت در نظر گرفته شوند، احتمالاً به تعیین ارزش واقعی شرکت منجر نخواهد شد؛ حال آنکه ارزیابی عملکرد، ضرورت است و برای انجام آن باید از معیارهای پذیرفته‌شده‌ای استفاده شود که تا حد امکان، به جنبه‌های متفاوتی از لحاظ محدودیت در فعالیت‌ها و امکان بهره‌مندی از امکانات توجه کند [۲۰]. از جمله رویکردهایی که در برآورد کارایی و ارزیابی عملکرد شرکت‌ها به شکل‌های مختلف کاربرد دارد، روش تحلیل پوششی داده‌هاست. توان مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای پاسخگویی به نیازهای کاربردی سبب شده است پژوهش‌های وسیعی در حوزه‌های علمی مختلف انجام گیرد. ویژگی‌های کاربردی مدل‌های یادشده، به‌خصوص طی دو دهه گذشته به سرعت توانسته است وضعیتی ویژه برای این روش در سطح جهان فراهم آورد. پژوهش‌هایی که با استفاده از این روش انجام شده، نشان‌دهنده توان چشمگیر این روش‌شناسی در ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی است [۲۴].

از طرفی، لازمه ارزیابی مناسب از واحدهای تصمیم‌گیری باکمک DEA، مستقل بودن متغیرهای

ورودی و خروجی است، در غیر این صورت، در صورت وجود همبستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، ارزیابی انجام‌شده باکمک DEA از اعتبار لازم برخوردار نخواهد بود. یکی از ضعف‌های روش DEA در این است که از نظر واحد اندازه‌گیری مستقل نیستند و در ارزیابی باید تمام واحدها برابر باشند. برای رفع چنین مشکلی آلدرد و گلانی (۲۰۰۲) و برخی پژوهشگران دیگر به جای ورودی‌ها یا خروجی‌های اصلی که به مدل DEA وارد می‌شوند، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی^۱ (PCA) استفاده کردند و مؤلفه‌های اصلی ورودی‌گرا و خروجی‌گرا را جایگزین متغیرهای اصلی کرده‌اند [۱۰]. به‌تازگی نیز دونگ و همکاران (۲۰۱۵) از روش PCA برای از بین بردن وابستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در DEA استفاده کرده‌اند [۱۹].

ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، مسئله سهامداران فعلی و بالقوه است و از طرفی، پژوهش‌های یادشده استفاده روزافزون از روش DEA به‌جای روش‌های مالی و اقتصادی سنتی را نشان می‌دهد؛ ولی مسئله‌ای که تاکنون در این روش به آن توجه نشده، از بین بردن وابستگی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها در DEA است. این پژوهش به‌دنبال چگونگی به‌کارگیری روش DEA برای ارزیابی عملکرد است؛ به‌نحوی که باکمک PCA وابستگی متغیرهای ورودی و خروجی با تجزیه به عامل‌های اصلی از بین برده شود. از مدل معرفی‌شده می‌توان برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری استفاده کرد و امکان مقایسه نتیجه این ارزیابی را با مدل‌های مالی و اقتصادی فراهم آورد. با جست‌وجویی که از سایت ایران‌داک و سایر

¹ Principal Component analysis

سایت‌های معتبر علمی کشور صورت گرفته، تاکنون پژوهش مشابهی در ایران انجام نشده است؛ از این رو، انتظار می‌رود این پژوهش شاخص‌های مناسب‌تری در اختیار کارشناسان شرکت‌های سرمایه‌گذاری قرار دهد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار، دارنده سبد سرمایه‌گذاری بسیار گسترده‌اند. همچنین، این شرکت‌ها کارشناسان کارآموده‌ای دارند که رویدادهای خرد و کلان اقتصادی را پیگیری، پیش‌بینی، تحلیل و بر اساس اطلاعات حاصل، به طور دائم سبد سرمایه‌گذاری خود را تعدیل می‌کنند. گردش هوشمندانه سبد سرمایه‌گذاری، بازده مناسبی عاید سهامداران خواهد کرد. به دلیل رقابت نسبتاً شدید بین این شرکت‌ها، سهامداران فعلی و بالقوه تمایل شدیدی به ارزیابی عملکرد این شرکت‌ها دارند، تا کاراترین آنها را انتخاب کنند و با ریسک کمتر به بازده بالاتری برسند.

این دسته از شرکت‌ها در بازار سرمایه ایران، سه نوع فعالیت دارند. نوع اول شرکت‌هایی هستند که منافع خود را بیشتر در سهام شرکت‌ها با هدف سودیافتن (انتفاع) از خرید و فروش سرمایه‌گذاری می‌کنند. به عبارت بهتر، این نوع از شرکت‌های سرمایه‌گذاری به امر مدیریت پرتفولیو مشغول هستند. نوع دوم شرکت‌هایی هستند که با هدف اعمال مدیریت به سرمایه‌گذاری اقدام می‌کنند. در حقیقت نوع دوم، هلدینگ‌های سرمایه‌گذاری هستند. طبق ماده یک قانون بازار اوراق بهادار مصوب ۱۳۸۴، شرکت مادر (هلدینگ) شرکتی است که با

سرمایه‌گذاری در شرکت سرمایه‌پذیر برای کسب انتفاع، آن قدر حق رأی کسب می‌کند که برای کنترل عملیات شرکت، هیئت‌مدیره را انتخاب کند یا در انتخاب اعضای هیئت مدیره مؤثر باشد. نوع سوم، شرکت‌هایی هستند که با هدف اعمال مدیریت در چند رشته از صنعت به سرمایه‌گذاری اقدام می‌کنند [۴]. در بسیاری از موارد سرمایه‌گذاران نمی‌توانند وجوه شایان توجهی را برای سرمایه‌گذاری پس‌انداز کنند و یا با وجوه اندک نیز سرمایه‌گذاری در بسیاری از بدیل‌ها غیرممکن است و از طرفی اگر هم بتوان در جایی سرمایه‌گذاری کرد، در عمل متنوع کردن سرمایه‌گذاری با وجوه اندک غیرممکن است. شرکت‌های سرمایه‌گذاری با امکانات فراهم آورده می‌توانند زمینه جذب این سرمایه‌های اندک و سرمایه‌گذاری با خطر کم را فراهم کنند.

با توجه به نقش و جایگاه نهادهای مالی به‌ویژه شرکت‌های سرمایه‌گذاری در جذب و تأمین منابع مالی مورد نیاز بنگاههای اقتصادی و تأثیر آنها در رشد و توسعه اقتصادی روزافزون کشورها، می‌توان گفت اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و استفاده از یک روش نسبتاً جامع، کارآمد و مؤثر، بیان‌کننده هدایت موفق یا ناموفق این شرکت‌ها در جهت تخصیص کارای منابع است.

رویکردهای متعددی برای ارزیابی کارایی واحدها وجود دارد که شامل دیدگاههای پارامتریک و ناپارامتریک است [۹]؛ اما تحلیل پوششی داده‌ها در مقایسه با دیگر رویکردها به دلیل اینکه اجازه تغییر کارایی در طول زمان را می‌دهد و به هیچ پیش‌فرضی درباره ویژگی بهترین مرز فعالیت نیاز ندارد، در بین روش‌های ناپارامتریک بهترین روش برای سازماندهی و تحلیل داده‌هاست [۲۵]. قابلیت‌ها و ویژگی‌های

آنها روش پیشنهادی را برای ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری در چین با توجه به افشای اطلاعات استفاده کردند. بانکر و همکاران [۱۴] به بررسی مدل DEA برای ارزیابی عملکرد نسبی مدیران صندوق‌های سرمایه‌گذاری پرداختند. آنها معیاری را برای ارزیابی کارایی مدیران صندوق در خصوص فعالیت‌های خرید و فروششان نسبت به معاملات مدیران صندوق دیگر ارائه کردند. همچنین، یک مدل تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) را به منظور تمرکز بر ریسک بازده‌های تعدیل‌شده در طی دوره‌های زمانی مختلف به‌عنوان نتیجه طراحی کردند. این مدل هیچ فرایند ورودی - خروجی را در نظر نمی‌گیرد. در عوض، توافق بین نتایج چندگانه بررسی می‌شود. آنها دریافتند مدیران صندوق توانایی مقارنی در خرید و فروش ندارند. برخی از مدیران در انجام معاملات، خریدهای خوبی دارند، اما در معاملات فروش اینگونه نیستند، در حالی که دیگران در فروش، نه در خرید، عملکرد خوبی دارند. یعقوبی و همکاران [۲۶] به بررسی مدل DEA فازی تصادفی جدید برای پیش‌بینی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری پرداختند. این مطالعه ابتدا مدل DEA فازی تصادفی دایمی جدید (DRF-DEA) با وزن‌های معمول (با استفاده از رویکرد DEA چندمنظوره) برای پیش‌بینی کارایی DMUها ارائه می‌دهد. در مدل پیشنهادی - DRF-DEA، ورودی‌ها و خروجی‌ها با متغیرهای فازی مثلثی تصادفی با توزیع نرمال مشخص می‌شوند که در آن داده‌ها به‌طور پیوسته تغییر می‌کنند؛ بنابراین ابتدا مدل DRF-DEA پیشنهادشده به برنامه‌ریزی اتفاقی چند هدفه معادل آن تبدیل می‌شود که در آن محدودیت‌ها شامل توابع توزیع نرمال استاندارد هستند و توابع هدف از مقادیر مورد انتظار توابع

منحصربه‌فرد این روش توانسته به سرعت، هم از لحاظ نظری و هم به لحاظ اجرایی، موقعیتی ویژه و نوین به‌دست آورد. گزارش‌های موفق عملیاتی این روش، نشان‌دهنده قدرت این روش‌شناسی در زمینه‌های ارزیابی عملکرد، بهره‌وری و کارایی است. همان‌طور که در بیان مسئله پژوهش اشاره شد، مدل پیشنهادی این پژوهش برای ارزیابی کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران به‌کار گرفته شد. در مدل تحلیل پوششی داده‌ها، ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از یک وزن مناسب ترکیب شد. این وزن‌ها با استفاده از برنامه‌ریزی خطی تعیین شدند. از طرفی، پژوهش‌های متعددی که با استفاده از شیوه تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده، نشان‌دهنده توان چشمگیر این روش‌شناسی در ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی است [۲۴]؛ بنابراین روش تحلیل پوششی داده‌ها انتخاب خوبی برای ارزیابی عملکرد است. در ادامه برخی مطالعات کاربردی انجام‌شده در خصوص ارزیابی عملکرد با استفاده از انواع مدل‌های DEA در داخل و خارج از کشور ارائه خواهد شد. ژانگبائو و همکاران [۲۹] به بررسی مرکزکارا DEA و اصول پایداری پرتفوی در صندوق‌های سرمایه‌گذاری در کشور چین پرداختند. در این مطالعه ابتدا یک رویکرد مطلوب DEA تحت چارچوب میانگین واریانس پیشنهاد شد. این روش سرمایه‌گذار با راهکار اصول پایداری و همچنین، مرکز کارا DEA بهبود یافته است که تقریباً مرکز کارایی نمونه کارها بهتر از مدل DEA سنتی است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد راهبردهای سرمایه‌گذاری می‌تواند نسبت‌های شارپ و سورتینو را نسبت به مقادیر اصلی به‌دست آورد. در نهایت،

استفاده می‌شود. شعری و قربانی، در پژوهش خود [۶]، رابطه انعطاف‌پذیری مالی با عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری را از منظر بازار بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده از پژوهش آنها بیان‌کننده وجود رابطه مثبت و معنادار بین انعطاف‌پذیری مالی و عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری (محاسبه‌شده از طریق شاخص شارپ) و نبودن رابطه معنادار بین انعطاف‌پذیری مالی با عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری (محاسبه‌شده از طریق شاخص ترینر) است. خواجوی و همکاران [۳]، رتبه‌بندی و ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران را با استفاده از مدل ترکیبی فازی (AHP) و یکور، مطالعه کردند. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی عملکرد مالی و رتبه‌بندی شرکت‌های دارویی، گروه فلزات اساسی و گروه خودرو و ساخت قطعات بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ترکیبی جدید بود. آنها بیان کردند اهمیت معیارهای ارزیابی عملکرد برای گروه‌های مختلف متفاوت است و با استفاده از پرسشنامه توزیع‌شده بین گروه‌های مختلف تأثیرگذار در تصمیمات سرمایه‌گذاران، وزن هر یک از شاخص‌ها را محاسبه کردند. نتایج این پژوهش به ارائه مدلی نوین و با دقت بالا در ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌ها منتج شد.

فرضیه پژوهش

از آنجا که هدف این پژوهش، آزمون الگوی DEA-PCA، برای ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است؛ بنابراین، فرضیه‌ای ارائه نمی‌شود.

روش پژوهش

این پژوهش از نظر روش اجرای پژوهش،

متغیرهای تصادفی طبیعی‌اند. برای بهبود زمان محاسبات، آنها سپس مدل تصادفی چندمنظوره معادل را به یک مدل تصادفی هدف با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی چند هدف فازی تبدیل کرده‌اند. برای حل آن، یک الگوریتم ترکیبی جدید را با یکپارچه‌سازی شبیه‌سازی مونت کارلو (MC) و الگوریتم ژنتیک (GA) طراحی کرده‌اند. از آنجایی که معیارهای موجود در ادبیات موجود نیست، یک مثال عملی ارائه می‌شود. نتایج محاسباتی آنها بیان می‌دارد الگوریتم ترکیبی آنها از الگوریتم GA ترکیبی که کوین و لئو در سال ۲۰۱۰، پیشنهاد کردند، بهتر عمل می‌کند.

امیری و همکاران [۱] به ارزیابی عملکرد گروه‌های علمی دانشگاه علوم انتظامی امین باکمک رویکرد وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی فازی پرداختند. در این مطالعه، با هدف بهبود نتایج حاصل از حل الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، از رویکرد تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و وزن‌های مشترک استفاده و الگویی برای تحلیل پوششی داده‌ها ارائه شده است. ابتدا نسبت هر خروجی به هر ورودی برای تمامی واحدها، با در نظر گرفتن عملگرهای فازی محاسبه شده است. با به‌کارگیری تجزیه به عامل‌های اصلی فازی، وابستگی احتمالی بین متغیرها از بین رفته و مؤلفه‌های اصلی ایجادشده به‌عنوان ورودی‌ها یا خروجی‌های الگوی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده، الگوی تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه به عامل‌های اصلی فازی، الگوی مناسبی برای ارزیابی عملکرد با متغیرهای وابسته و فازی است که با محاسبه وزن‌های مشترک و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه، در تعیین کارایی واحدها

توصیفی - پیمایشی است و با توجه به هدف پژوهش، یک روش پژوهش ترکیبی از روش کمی و کیفی است و اساساً سازگار با نگرش استقرایی است که از بعد آماری به بررسی و ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری می‌پردازد. برای طراحی مدل مناسب ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ابتدا مطالعه و جست‌وجوی اکتشافی در متون مربوطه و همچنین، مطالعه کتب برای شناخت و درک دیدگاه‌های مدیران شرکت‌های سرمایه‌گذاری صورت می‌گیرد. پس از طراحی چارچوب اولیه پژوهش، برای شناسایی معیارهای ارزیابی عملکرد (ورودی‌ها و خروجی‌ها)، خبرگان رشته حسابداری، پرسشنامه اهمیت شاخص‌های ارزیابی را تهیه کردند و چارچوب نظری موضوع و منابع مربوطه تعیین شد. همچنین، با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، اطلاعات واقعی و تاریخی شرکت‌هاست، آن را می‌توان از نوع پس‌رویدادی نیز طبقه‌بندی کرد.

آشنایی با مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

نخستین بار فارل در سال ۱۹۵۷ مدلی برای ارزیابی و محاسبه کارایی با ورودی‌های چندگانه و یک خروجی ارائه داد. تقریباً پس از دو دهه چارلز و همکاران در سال ۱۹۷۸ این شیوه را برای چند خروجی تعمیم دادند و آن را تحلیل پوششی داده‌ها نامیدند [۲]. چارلز و همکاران اولین مقاله تحلیل پوششی داده‌ها را در این سال به چاپ رساندند و مدل ارائه‌شده در آن به مدل CCR معروف شد. آنها با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی، ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه را با تخصیص وزن‌هایی که از حل مدل به‌دست می‌آیند، به یک ورودی و یک

خروجی تبدیل کردند و ارزیابی کارایی را انجام دادند. به‌طور خلاصه، می‌توان تحلیل پوششی داده‌ها را مدل برنامه‌ریزی ریاضی دانست که با استفاده از مشاهداتی، تابع تولید و یا مرز کارایی حاصل از این مشاهدات را تخمین زده و کارایی هر مشاهده را در مقایسه با آن می‌سنجید [۸]. در سال ۱۹۸۴، بانکر و همکاران با ارائه اصول اولیه‌ای، علاوه بر اینکه مدل CCR را بر اساس این اصول دوباره فرمول‌بندی کردند، مدل دیگری را نیز طراحی کردند که به مدل BCC معروف شد. تفاوت این دو مدل در نوع بازده نسبت به مقیاس تولید^۱ آنهاست. مدل CCR دارای بازده نسبت به مقیاس تولید ثابت^۲ و مدل BCC دارای بازده به مقیاس تولید متغیر^۳ است. مدل‌های CCR و BCC مقدار کارایی برابر یک را برای واحدهای کارا و مخالف یک را برای واحدهای ناکارا اختصاص می‌دهند؛ بنابراین، براساس میزان کارایی واحدهای ناکارا می‌توان آنها را رتبه‌بندی کرد، ولی واحدهای کارا، رتبه‌بندی نمی‌شوند. برای رتبه‌بندی واحدهای کارا، اندرسون و پیترسون در سال ۱۹۹۳ مدلی را ارائه دادند که مدل AP نامیده شد [۱۱].

روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی^۴ (PCA) را برای نخستین بار پیرسن در سال ۱۹۰۱ برای حل بعضی از مسائل دانشمندان بیومتری پیشنهاد کرد. در سال ۱۹۳۳ روش PCA را هاتلینگ بسط داد و در سال ۱۹۶۴ راتو به تفصیل بیشتر و انعکاس کاربرد آن پرداخت. اساساً از PCA در تحلیل جامعه‌های

¹ Returns To Scale (RTS)

² Constant Return To Scale (CRS)

³ Variable Return To Scale (VRS)

⁴ Principal Component analysis

بود [۲۱]. ضمناً اگر بین ورودی‌ها و همچنین، خروجی‌ها همبستگی معناداری وجود داشته باشد، اعتبار رتبه‌بندی و ارزیابی به‌دست‌آمده DEA زیر سؤال می‌رود؛ بنابراین، لازم است که در چنین حالتی تعداد متغیرها را برای استفاده در مدل DEA کاهش داد. بدیهی است چنین کاهش باید به ترتیبی باشد که کمترین تأثیر را بر تمایز واحدهای کارا و ناکارا داشته باشد.

الگوریتم ریاضی DEA-PCA

برای نخستین‌بار ژو [۲۷] از روش تجزیه به عامل‌های اصلی برای ارزیابی عملکرد اقتصادی شهرهای چین استفاده کرد. فرض کنید واحد تصمیم‌گیری^۵ j ام ($j=1, \dots, n$) دارای i تعداد ورودی هر یک به اندازه x_{ij} و r تعداد خروجی هر یک به میزان y_{rj} برای واحد j است ($i=1, \dots, m; r=1, \dots, s$) حال اگر نسبت هر یک از خروجی‌ها به هر یک از ورودی‌ها، یعنی $d_{ir}^j = \frac{y_{rj}}{x_{ij}}$ را برای j DMU در نظر بگیرید، نسبت هر یک از خروجی‌ها به هر یک از ورودی‌ها با d_{ir}^j بیان می‌شود و واضح است مقدار بزرگ‌تر برای آن، عملکرد بهتر واحد j ام را از لحاظ r امین خروجی و i امین ورودی نشان می‌دهد.

اگر قرار دهیم $d_{ir}^j = d_{ir}^l$ ، برای مثال $l=1$ متناظر با $i=1$ و $r=1$ یا $l=2$ متناظر با $i=1$ و $r=2$ و به همین ترتیب تا جایی که $l=1, \dots, p$ به طوری که $p = m \times s$. حال باید وزن‌هایی را پیدا کرد که با استفاده از آنها بتوان p نسبت مجزای d_{ir}^j برای j DMU را با هم ترکیب کرد. برای این منظور، ماتریس D را به درایه‌های d_{ir}^j در نظر می‌گیریم؛

چندمتغیره برای کاهش تعداد متغیرها به تعداد کمتری شاخص برای خلاصه‌کردن و منسجم‌کردن اطلاعات و تعبیر و تفسیر آنها استفاده می‌شود. اگر P مؤلفه برای مطالعه تغییرپذیری کل سیستم لازم باشد، در اغلب اوقات می‌توان این تغییرپذیری را با تعداد کمتری شاخص مثلاً K مؤلفه اصلی بیان کرد. در این صورت، میزان اطلاعاتی که در K مؤلفه وجود دارد، تقریباً در P متغیر اولیه نیز است؛ بنابراین، K مؤلفه اصلی را می‌توان به جای P متغیر اولیه به‌کار برد و مجموعه داده‌های اولیه که شامل n اندازه روی P متغیر است، به مجموعه‌ای از داده‌ها شامل n اندازه در مورد K مؤلفه اصلی کاهش داد. مطلب فوق، یکی از اهداف روش PCA معروف به اصل کاهش داده‌ها^۱ است؛ اما هدف دیگری از به‌کارگیری روش PCA، استفاده از ترکیب خطی P متغیر اولیه برای رسیدن به P شاخصی مستقل است. عدم همبستگی به این معناست که شاخص‌ها هر کدام جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را توضیح می‌دهند. تحلیل مؤلفه‌های اصلی، وسیله‌ای برای رسیدن به هدف‌اند تا اینکه خودشان هدف باشند. از PCA به‌عنوان ورودی رگرسیون چندگانه^۲، تحلیل خوشه‌ای^۳، تحلیل عاملی^۴ و رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود.

مدل تلفیقی DEA و PCA

یکی از ضعف‌های DEA در این است که تعداد واحدهای ارزیابی شده به تعداد متغیرهای ورودی و خروجی مرتبط است [۱۸]؛ بنابراین، هرچه تعداد متغیرها بیشتر باشد، تحلیل انجام‌شده از قدرت تمایز کمتری میان واحدهای کارا و ناکارا برخوردار خواهد

^۱ Data Reduction

^۲ Multiple Regression

^۳ Clustering Analysis

^۴ Factor Analysis

^۵ DMU

این مقادیر ویژه با حل معادله $|R - \lambda I_p| = 0$ که در آن I_p ماتریس واحد $p \times p$ است، به دست می‌آیند. مقدار ویژه مرتب‌شده با $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ و $\sum_{l=1}^p \lambda_l = p$ بردار ویژه نرمال شده را با (L_1, \dots, L_p) نشان می‌دهیم. ممکن است برخی از λ_l صفر باشند؛ اما مقدار ویژه منفی برای این ماتریسی همبستگی وجود ندارد.

گام ۴: انتخاب مؤلفه‌های اصلی

بردارهای ویژه، تشکیل دهنده مؤلفه‌های اصلی PC_k خواهند بود؛ یعنی:

$$PC = \hat{D}[l_1, \dots, l_p] = [PC_1, \dots, PC_p]_{n \times p} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$PC_l = \sum_{q=1}^p l'_q \hat{d}_q^j$$

که در آن $\hat{d}_q^j (q=1, \dots, p)$ نشان‌دهنده مقدار استاندارد شده d_q^j است.

p مؤلفه اصلی که به صورت فوق برای p متغیر اول تعریف می‌شوند، دو به دو مستقل و مجموع واریانس آنها با مجموع واریانس p متغیر اولیه برابر است. در بخش‌های قبلی گفته شد که واریانس آامین مؤلفه اصلی برابر با λ_l است.

نسبت $\frac{\lambda_l}{\sum_{l=1}^p \lambda_l} = \frac{\lambda_l}{p}$ سهم مؤلفه اصلی λ_l از

واریانس کلی را نشان می‌دهد. با تعریف C_M به شرح زیر:

$$C_M = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i}{p} \quad \text{رابطه (۴)}$$

M تای اول مؤلفه‌های اصلی را می‌توان با مثلاً راضی کردن شرط $C_M > 80\%$ انتخاب کرد. چنین انتخابی بدین معناست که M تای اول مؤلفه‌های اصلی بیانگر هشتاد درصد واریانس کل نمونه‌اند.

گام ۵: در نظر گرفتن مؤلفه‌های اصلی منتخب

یعنی $D = [d_1, \dots, d_p]_{n \times p}$ که در آن $d_l = (d_l^1, \dots, d_l^n)^T$ ها $(l=1, \dots, p)$ ، بردار مشاهدات متناظر متغیرهای جدیدند؛ بنابراین، از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، برای به دست آوردن معیارهای مستقل جدید استفاده می‌شود که ترکیبات خطی متفاوتی از d_1 تا d_p باشند و بتوان با استفاده از مقادیر ویژه، آنها را ترکیب کرد.

$$D = \begin{bmatrix} d_1 & d_2 & \dots & d_p \\ d_1^1 & d_2^1 & \dots & d_p^1 \\ d_1^2 & d_2^2 & \dots & d_p^2 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ d_1^n & d_2^n & \dots & d_p^n \end{bmatrix}$$

فرایند PCA بر روی ماتریس D به شرح زیر است:

گام ۱: استانداردسازی ماتریس D

با توجه به یکسان نبودن واحدهای اندازه‌گیری d_l^j ها، باید آنها را با محاسبه میانگین و واریانس نمونه‌ای d_l ها استاندارد کرد. ماتریس حاصله به صورت $\hat{D} = [\hat{d}_l^j]_{n \times p} = [\hat{d}_1, \dots, \hat{d}_p]_{n \times p}$ نشان داده می‌شود؛ به طوری که مؤلفه‌های آن برابر است با:

$$\hat{d}_l^j = \frac{(d_l^j - \bar{d}_l)}{\sqrt{s_{ll}}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\bar{d}_l = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_l^j$$

$$s_{ll} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (d_l^j - \bar{d}_l)^2, \quad l=1, 2, \dots, p$$

گام ۲: محاسبه ماتریس واریانس-کوواریانس R (ماتریس همبستگی نمونه‌ای)

مؤلفه‌های ماتریس $R = [r_{li}]_{p \times p}$ به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$r_{li} = \frac{s_{li}}{\sqrt{s_{ll} s_{ii}}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$s_{li} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (d_l^j - \bar{d}_l)(d_i^j - \bar{d}_i)$$

گام ۳: محاسبه مقادیر ویژه ماتریس R

به‌عنوان متغیرهای خروجی مدل DEA از آنجایی که ماهیت مؤلفه‌های اصلی به‌دست‌آمده از نوع افزایشی است؛ بنابراین، تمامی آنها از نوع خروجی هستند. ضمناً از ورودی مجازی با مقادیر یک برای همه DMUهای مدل BCC ورودی‌گرا استفاده می‌شود. همچنین، در مدل‌های DEA نیاز است مقادیر متغیرها مثبت باشند، در حالی که مقادیر مؤلفه‌های اصلی می‌توانند منفی شوند؛ بنابراین، برای رفع این مشکل، از تبدیل زیر استفاده می‌شود که مانلی در سال ۱۹۹۳ به کار گرفت:

به‌عنوان متغیرهای خروجی مدل DEA از آنجایی که ماهیت مؤلفه‌های اصلی به‌دست‌آمده از نوع افزایشی است؛ بنابراین، تمامی آنها از نوع خروجی هستند. ضمناً از ورودی مجازی با مقادیر یک برای همه DMUهای مدل BCC ورودی‌گرا استفاده می‌شود. همچنین، در مدل‌های DEA نیاز است مقادیر متغیرها مثبت باشند، در حالی که مقادیر مؤلفه‌های اصلی می‌توانند منفی شوند؛ بنابراین، برای رفع این مشکل، از تبدیل زیر استفاده می‌شود که مانلی در سال ۱۹۹۳ به کار گرفت:

گام ۷: برای رتبه‌بندی واحدهای کارا، در صورت استفاده از روش اندرسون-پیترسون (AP) مدل فوق به‌صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & E_j = \sum_{l=1}^M p_l z_{lj} + w & \text{رابطه (۸)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{l=1}^M p_l z_{lj} + w \leq 1 \quad j=1, \dots, n, j \neq 0 \\ & p_l - p_{l+1} \geq \varepsilon_l, \quad l=1, \dots, M-1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \geq 0, \quad t=1, 2, \dots, M \\ & E_j \geq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

– $\text{Min}(PC_l^j) + 1$
با این عمل تمامی مؤلفه‌های اصلی را می‌توان خروجی در نظر گرفت. این عمل به مفهوم قرینه‌کردن بردار ویژه متناظر آن مؤلفه اصلی است.

گام ۶: استفاده از مدل CCR ورودی‌گرا یا BCC ورودی‌گرای زیر برای محاسبه کارایی DMU:

قلمرو مکانی و زمانی پژوهش

در این پژوهش جامعه آماری مدنظر، شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است. همچنین، با توجه به هدف پژوهش مبنی بر طراحی مدل ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، به روش مقطعی آخرین گزارش‌های سالانه موجود شرکت‌های سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۹۵ استفاده خواهد شد.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{l=1}^M p_l z_{l0} & \text{رابطه (۶)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{l=1}^M p_l z_{lj} \leq 1 \quad j=1, \dots, n \\ & p_l - p_{l+1} \geq \varepsilon_l, \quad l=1, \dots, M-1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \geq 0, \quad t=1, 2, \dots, M \end{aligned}$$

جامعه آماری، روش نمونه‌گیری و تخمین حجم جامعه

در این پژوهش دو جامعه آماری وجود دارد؛ جامعه اول، شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و جامعه دوم، خبرگان رشته حسابداری است که در این مطالعه به تعداد ۵۰ نفر است و در راستای شناسایی متغیرهای پژوهش،

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & \sum_{l=1}^M p_l z_{l0} + w & \text{رابطه (۷)} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{l=1}^M p_l z_{lj} + w \leq 1 \quad j=1, \dots, n \\ & p_l - p_{l+1} \geq \varepsilon_l, \quad l=1, \dots, M-1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \geq 0, \quad t=1, 2, \dots, M \\ & w - \text{free} \end{aligned}$$

در این مدل p_l وزن متناسب‌شده به خروجی

تحلیل عاملی تأییدی^۱ (CFA) برای تأیید ورودی‌ها و خروجی‌ها و ایجاد استقلال میان آنها، این پرسشنامه‌ها تحلیل و در صورت پایین بودن بار عاملی هر شاخص، آن شاخص حذف شد. برای انجام تحلیل عاملی تأییدی ابتدا با نرم‌افزار SPSS22 نرمال بودن داده‌ها بررسی شد و در صورت نرمال نبودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از نرم‌افزار Smart PLS نسخه دو استفاده شد.

پس از آن، با استفاده از تجزیه و تحلیل اطلاعات بر اساس مسائل پژوهش در عملیات و مدل‌سازی ریاضی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها با نرم‌افزار متلب اجرا و نتایج در گزارش‌های نهایی آورده شد.

تعیین متغیرهای ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری (ورودی‌ها و خروجی‌ها)

ابتدا، متغیرهای استفاده‌شده در پژوهش‌های پیشین مربوط به کاربرد DEA برای ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری گردآوری شد. در هر یک از پژوهش‌های صورت‌گرفته، تنها چند ورودی و خروجی انگشت‌شمار به کار رفته است. علت این امر، رعایت اصل بزرگ‌تر یا مساوی بودن تعداد واحدهای تصمیم‌گیری از سه یا دو برابر مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌هاست؛ بنابراین، تصمیم بر اخذ نظر از خبرگان رشته حسابداری گرفته شد. بر این اساس، متغیرهای ورودی و خروجی شناسایی شد و با نظرسنجی از خبرگان (جامعه آماری) با کمک تحلیل آماری تأییدی مرتبه اول، تعیین شد. با توجه به مقدار به دست آمده برای شاخص KMO طبق نگاره (۱)، که ۰/۷۲۵ است و با توجه به اینکه سطح

ارزیابی خواهند شد. در پژوهش حاضر، نمونه‌گیری از جامعه اول، بر اساس روش نمونه‌گیری قضاوتی و از طریق حذف نظام‌مند بر اساس معیارهای زیر انجام خواهد شد:

۱. شرکت قبل از سال ۱۳۹۵ در بورس پذیرفته شده باشد و تا پایان سال ۱۳۹۵ نام آن از فهرست مذکور حذف نشده باشد.

۲. سهام شرکت مدنظر، طی دوره پژوهش، لااقل هر چند وقت یکبار معامله شده باشد و ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام در سال ۱۳۹۵ منفی نباشد.

۳. جزء شرکت‌های سرمایه‌گذاری بوده و اطلاعات مالی مورد نیاز برای انجام این پژوهش در دوره زمانی پژوهش، در دسترس باشد.

برای جامعه دوم نیز، پرسشنامه اهمیت شاخص‌های ارزیابی با استفاده از روش نمونه‌گیری قضاوتی از خبرگان رشته حسابداری، استفاده شد.

روش‌های تحلیل داده‌ها

در این پژوهش ابتدا با استفاده از ادبیات نظری و مرور ادبیات، شاخص‌هایی برای ارزیابی عملکرد به دست آمد. سپس برای غربالگری شاخص‌های مستخرج از ادبیات نظری و بومی‌سازی آنها برای سازمان، مصاحبه‌ای نیمه‌ساختاریافته با خبرگان رشته حسابداری، انجام گرفت. سپس پرسشنامه‌هایی برای بررسی اهمیت هر یک از شاخص‌های اولیه به دست آمده از ادبیات و مصاحبه با خبرگان به منظور ارزیابی کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از طیف لیکرت تهیه شد. پس از اینکه خبرگان رشته حسابداری پرسشنامه را تکمیل کردند، با استفاده از

¹ Confirmatory Factor Analysis

معناداری (sig=0/024)، از ۰/۰۵ کمتر است، می‌توان از تحلیل عاملی برای روایی استفاده کرد. نگاره (۱)، نتایج حاصل از تحلیل عاملی را نشان می‌دهد.

نگاره ۱- بارهای عاملی و مقادیر t تحلیل عاملی متغیرهای ورودی و خروجی در ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری

نتیجه	مقدار t	بار عاملی	متغیر	نتیجه	مقدار t	بار عاملی	متغیر
رد	۱/۳۳	۰/۵۴	متوسط بازده سالانه	رد	-۱/۶۵	۰/۳۲	تغییرات معاملات
تأیید	۲/۷۷	۰/۶۸	جمع درآمد	رد	۱/۲۵	۰/۴۵	ریسک
تأیید	۲/۶۲	۰/۶۵	سود عملیاتی	تأیید	۳/۷۷	۰/۷۶	جمع دارایی‌ها
تأیید	۳/۱۱	۰/۷۵	سود خالص	تأیید	۲/۶۸	۰/۷۱	جمع بدهی‌ها
رد	۰/۳۵	۰/۲۵	شاخص NAV	رد	۱/۰۲	۰/۳۳	نسبت سرمایه‌گذاری
رد	-۰/۹۸	۰/۶۰	EPS	تأیید	۳/۰۹	۰/۷۵	جمع حقوق صاحبان سهام
رد	۰/۸۸	۰/۵۸	DPS	رد	-۱/۴۴	۰/۴۷	سرمایه اولیه
رد	۱/۵۶	۰/۵۹	P/E	تأیید	۲/۶۵	۰/۶۴	جمع هزینه‌های شرکت
رد	-۱/۳۳	۰/۴۸	D/E	رد	۱/۲۱	۰/۴۳	بتای سهام
رد	۱/۶۹	۰/۶۲	ROI	رد	۱/۰۹	۰/۳۶	ارزش روز و بهای تمام‌شده

منبع: یافته‌های پژوهش

تعیین الگوی (DEA) مناسب

حاصل از اجرای این مدل‌ها نشان می‌دهد میان نمرات مدل CCR و مدل BCC ورودی‌محور و خروجی‌محور تاحدودی تفاوت وجود دارد (نگاره ۲). این تفاوت بیان‌کننده آن است که فرض بازده به مقیاس ثابت درباره شرکت‌های سرمایه‌گذاری صادق نیست و نمی‌توان از مدل CCR استفاده کرد؛ بنابراین، مدل مورد استفاده در این مطالعه، مدل BCC است. همچنین، با توجه به اینکه در شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ورودی‌ها نسبت به خروجی‌ها، بیشتر کنترل مدیریت می‌شوند؛ بنابراین، در ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، مدل ورودی‌محور بر مدل خروجی‌محور برتری دارد. در نهایت مدل پیشنهادی برای پژوهش حاضر، مدل BCC ورودی‌محور است.

مدل‌های اصلی DEA به دو دسته تقسیم می‌شوند: مدل CCR و مدل BCC. هر کدام از مدل‌های فوق را می‌توان از دو رویه بررسی کرد. این دو رویه به رویه‌های ورودی‌محور^۱ و خروجی‌محور^۲ معروف هستند. هر کدام از این رویه‌ها نیز از دو طریق قابل حل‌اند؛ مدل اولیه که معمولاً به صورت پیشینه‌سازی است و به مدل مضربی معروف است و مدل ثانویه که معمولاً به صورت کمینه‌سازی است و معروف به مدل پوششی است.

برای انتخاب مدل مناسب به منظور ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ابتدا نمرات کارایی برای کلیه شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل‌های CCR و BCC با دو گرایش ورودی‌محور و خروجی‌محور، محاسبه شده است. مقایسه نتایج

¹ Input-Oriented

² Output-Oriented

نگاره ۲- نتایج حاصل از مدل‌های CCR و BCC ورودی محور و خروجی محور

نام شرکت	CCR	Input-Oriented BCC	Output-Oriented BCC	نام شرکت	CCR	Input-Oriented BCC	Output-Oriented BCC
گروه سرمایه‌گذاری آتیه دماوند	۰/۵۸۶	۰/۵۹۰	۰/۷۰۹	سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	۰/۳۲۸	۰/۳۵۷	۰/۳۲۸
سرمایه‌گذاری سپه	۰/۹۲۰	۰/۹۴۸	۰/۹۶۴	سرمایه‌گذاری بوعلی	۰/۶۵۰	۰/۶۹۰	۰/۶۵۲
سرمایه‌گذاری گروه صنعتی رنا	۰/۶۴۳	۰/۸۴۸	۰/۸۹۵	مدیریت سرمایه‌گذاری امید	۱	۱	۱
سرمایه‌گذاری صندوق							
بازنشستگی کشوری	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری غدیر	۰/۳۹۵	۱	۱
سرمایه‌گذاری نور کوثر ایرانیان	۰/۶۴۳	۰/۸۰۱	۰/۶۹۹	سرمایه‌گذاری بهمن	۰/۳۵۱	۰/۵۹۹	۰/۳۶۱
				سرمایه‌گذاری توسعه صنعتی			
سرمایه‌گذاری پردیس	۱	۱	۱	ایران	۰/۹۷۵	۰/۵۴۰	۰/۴۸۳
				سرمایه‌گذاری توسعه معادن			
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	۰/۵۹۰	۱	۱	و فلزات	۰/۳۶۵	۰/۴۹۱	۰/۵۸۵
سرمایه‌گذاری خوارزمی	۰/۳۶۸	۰/۵۷۵	۰/۶۵۸	سرمایه‌گذاری توسعه ملی	۰/۶۶۷	۰/۶۸۱	۰/۷۳۵
توسعه صنایع بهشهر	۰/۷۸۰	۰/۸۲۹	۰/۸۷۲	سرمایه‌گذاری توکا فولاد	۰/۴۱۳	۰/۴۷۳	۰/۴۱۹
گروه صنعتی سدید	۱	۱	۱	داروپخش	۱	۱	۱
گروه سرمایه‌گذاری سایپا	۰/۳۸۰	۰/۴۳۳	۰/۴۲۷	سرمایه‌گذاری نیرو	۰/۳۴۱	۱	۱
				سرمایه‌گذاری صنایع			
لیزینگ ایرانیان	۰/۷۴۳	۰/۷۷۶	۰/۷۵۸	پتروشیمی	۰/۱۵۷	۰/۲۴۰	۰/۱۵۷
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	۰/۱۷۴	۱	۱	سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	۰/۰۰۷	۰/۶۹۵	۰/۰۱۰
				سرمایه‌گذاری گروه توسعه			
گروه سرمایه‌گذاری البرز	۱	۱	۱	ملی	۰/۶۵۰	۱	۱
سرمایه‌گذاری پارس توشه	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری ملت	۰/۰۱۲	۱	۱
				سرمایه‌گذاری نیروگاهی			
سرمایه‌گذاری ملی ایران	۰/۵۰۸	۰/۷۱۷	۰/۷۸۳	ایران- سنا	۰/۵۷۵	۰/۸۲۰	۰/۷۱۶
سرمایه‌گذاری صنعت و معدن	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری صنعت نفت	۰/۸۴۸	۰/۸۵۹	۰/۸۵۶

منبع: یافته‌های پژوهش

یافته‌های پژوهش

بعد از انتخاب مدل موردنظر از بین مدل‌های DEA، الگوریتم پیشنهادی پژوهش ارائه می‌شود، همان طور که در بخش الگوریتم ریاضی DEA- PCA آورده شد، برای طراحی مدل پژوهش حاضر، ۷ گام آورده شد. در این قسمت نتایج این ۷ گام به شرح زیر آورده می‌شود:

گام اول: استانداردسازی ماتریس D

با توجه به ماهیت مثبت خروجی‌ها، مستقیماً به محاسبه نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها پرداخته شده است. طبیعی است با توجه به ۳ خروجی و ۴ ورودی، تعداد نسبت‌ها ۱۲ خواهد بود. نگاره (۳)، ماتریس D حاصل از گام اول را نشان می‌دهد:

نگاره ۳- ماتریس D

d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12
۱۴/۱۵۱۳	۱/۴۲۲۴	۰/۱۶۶۰	۰/۱۸۷۹	۱۳/۹۴۲۱	۱/۴۰۱۴	۰/۱۶۳۶	۰/۱۸۵۲	۱۴/۹۴۲۱	۱/۵۰۱۹	۰/۱۷۵۳	۰/۱۹۸۴
۲۸/۷۲۰	۱/۸۴۴	۰/۱۸۸	۰/۲۰۹	۲۸/۸۲۰	۱/۸۵۱	۰/۱۸۹	۰/۲۱۰	۲۹/۷۱۰	۱/۹۰۸	۰/۱۹۵	۰/۲۱۷
۸/۴۸۸	۰/۵۷۹	۰/۱۸۶	۰/۲۷۵	۹/۲۲۱	۰/۶۲۹	۰/۲۰۳	۰/۲۹۹	۹/۴۴۰	۰/۶۴۴	۰/۲۰۷	۰/۳۰۶
۶۶/۹۴۴	۰/۸۲۲	۰/۱۵۸	۰/۱۹۶	۶۷/۶۱۷	۰/۸۳۰	۰/۱۶۰	۰/۱۹۸	۶۸/۵۹۸	۰/۸۴۲	۰/۱۶۲	۰/۲۰۱
۲۴/۶۷۷	۱/۰۲۳	۰/۱۴۰	۰/۱۶۲	۲۴/۶۴۰	۱/۰۲۲	۰/۱۴۰	۰/۱۶۲	۲۵/۶۴۰	۱/۰۶۳	۰/۱۴۶	۰/۱۶۹
۱۰/۷۸۴	۱۴/۰۷۶	۰/۱۶۶	۰/۱۶۸	۹/۸۰۵	۱۲/۷۹۸	۰/۱۵۱	۰/۱۵۳	۱۰/۸۰۵	۱۴/۱۰۴	۰/۱۶۷	۰/۱۶۹
۱۳/۷۷۷	۰/۹۹۲	۰/۲۲۰	۰/۲۸۳	۵/۲۳۷	۰/۳۷۷	۰/۰۸۴	۰/۱۰۸	۶/۲۳۷	۰/۴۴۹	۰/۱۰۰	۰/۱۲۸
۲/۰۷۱	۰/۴۲۵	۰/۰۹۵	۰/۱۲۲	۲/۸۲۹	۰/۵۸۰	۰/۱۲۹	۰/۱۶۷	۲/۹۸۰	۰/۶۱۱	۰/۱۳۶	۰/۱۷۵
۲۹/۸۱۲	۱/۲۹۷	۰/۱۵۷	۰/۱۷۹	۲۹/۶۵۱	۱/۲۹۰	۰/۱۵۶	۰/۱۷۸	۳۰/۶۵۱	۱/۳۳۴	۰/۱۶۱	۰/۱۸۴
-۰/۷۳۶	-۰/۱۲۰	-۰/۱۱۱	-۱/۵۳۶	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۹	۰/۲۴۸	۰/۰۴۱	۰/۰۳۸	۰/۵۱۹
۱۳/۲۳۸	۰/۷۵۵	۰/۰۶۴	۰/۰۷۰	۱۲/۱۵۰	۰/۶۹۳	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴	۱۲/۹۴۲	۰/۷۳۸	۰/۰۶۲	۰/۰۶۸
۱/۶۳۷	۰/۰۸۵	۰/۰۵۵	۰/۱۵۶	۰/۳۳۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۳/۷۳۶	۰/۱۹۵	۰/۱۲۶	۰/۳۵۵
-۰/۴۴۰	-۰/۱۱۶	-۰/۰۶۷	-۰/۱۶۱	-۰/۰۷۹	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۲	-۰/۰۲۹	۰/۲۲۸	۰/۰۶۰	۰/۰۳۵	۰/۰۸۳
۲۵/۲۸۴	۲/۶۷۰	۰/۲۹۴	۰/۳۳۰	۲۴/۱۰۹	۲/۵۴۶	۰/۲۸۰	۰/۳۱۵	۲۵/۱۰۹	۲/۶۵۲	۰/۲۹۲	۰/۳۲۸
۱۹/۴۸۳	۲/۵۴۱	۰/۳۱۲	۰/۳۵۵	۱۹/۶۶۶	۲/۵۶۴	۰/۳۱۵	۰/۳۵۹	۲۰/۶۶۵	۲/۶۹۵	۰/۳۳۱	۰/۳۷۷
۱۰/۸۹۲	۰/۶۱۱	۰/۱۶۲	۰/۲۲۰	۱۱/۶۴۹	۰/۶۵۴	۰/۱۷۳	۰/۲۳۶	۱۱/۸۹۷	۰/۶۶۸	۰/۱۷۷	۰/۲۴۱
۹/۲۵۵	۴/۹۰۴	۰/۲۰۱	۰/۲۰۹	۹/۲۴۷	۴/۸۹۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۹	۱۰/۲۴۷	۵/۴۳۰	۰/۲۲۲	۰/۲۳۱
-۰/۲۰۸	-۰/۰۳۶	-۰/۰۲۰	-۰/۰۴۳	۰/۶۹۴	۰/۱۲۱	۰/۰۶۶	۰/۱۴۵	۰/۷۵۴	۰/۱۳۲	۰/۰۷۲	۰/۱۵۷
۸/۳۶۵	۲/۶۶۹	۰/۱۴۴	۰/۱۵۲	۷/۰۶۱	۲/۲۵۳	۰/۱۲۲	۰/۱۲۸	۸/۰۶۱	۲/۵۷۳	۰/۱۳۹	۰/۱۴۷
۱۳۸/۴۳۴	۰/۵۲۸	۰/۱۶۹	۰/۲۴۹	۱۳۷/۹۷۶	۰/۵۲۶	۰/۱۶۹	۰/۲۴۸	۱۳۸/۹۷۶	۰/۵۳۰	۰/۱۷۰	۰/۲۵۰
۱۰/۲۲۱	۰/۸۰۱	۰/۰۹۷	۰/۱۱۱	۱۱/۰۷۲	۰/۸۶۸	۰/۱۰۵	۰/۱۲۰	۱۱/۲۰۲	۰/۸۷۸	۰/۱۰۷	۰/۱۲۱
۱۰/۳۴۰	۰/۶۶۷	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۱۰/۳۱۱	۰/۶۶۵	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۱۱/۳۰۶	۰/۷۳۰	۰/۰۸۴	۰/۰۹۵
۵/۷۱۳	۱/۰۷۰	۰/۱۳۶	۰/۱۵۵	۵/۷۴۹	۱/۰۷۷	۰/۱۳۷	۰/۱۵۶	۶/۶۶۱	۱/۲۴۸	۰/۱۵۹	۰/۱۸۱
۱۵/۸۶۸	۰/۵۰۰	۰/۱۰۲	۰/۱۲۷	۱۴/۸۵۸	۰/۴۶۸	۰/۰۹۵	۰/۱۱۹	۱۵/۱۱۰	۰/۴۷۶	۰/۰۹۷	۰/۱۲۱
۳۰/۲۷۷	۰/۷۵۷	۰/۱۷۱	۰/۲۲۱	۳۰/۴۱۹	۰/۷۶۱	۰/۱۷۲	۰/۲۲۲	۳۱/۲۳۲	۰/۷۸۱	۰/۱۷۷	۰/۲۲۸
۵/۰۵۵	۰/۶۵۸	۰/۱۳۲	۰/۱۶۵	۴/۹۸۶	۰/۶۴۹	۰/۱۳۰	۰/۱۶۳	۵/۹۸۶	۰/۷۸۰	۰/۱۵۶	۰/۱۹۵
۳۸/۱۵۳	۱/۸۵۹	۰/۳۸۲	۰/۴۸۰	۳۶/۹۴۹	۱/۸۱۹	۰/۳۷۰	۰/۴۶۴	۳۷/۹۴۹	۱/۸۶۹	۰/۳۸۰	۰/۴۷۷
۱/۱۰۳	۰/۴۰۶	۰/۰۶۵	۰/۰۷۷	۱/۰۸۲	۰/۳۹۹	۰/۰۶۴	۰/۰۷۶	۲/۰۴۵	۰/۷۵۳	۰/۱۲۱	۰/۱۴۳
۱/۲۸۹	۰/۰۷۸	۰/۰۲۹	۰/۰۴۷	۱/۰۹۵	۰/۰۶۶	۰/۰۲۵	۰/۰۴۰	۲/۰۷۲	۰/۱۲۵	۰/۰۴۷	۰/۰۷۵
-۰/۸۳۶	-۰/۱۴۹	-۰/۰۲۴	-۰/۰۲۹	-۰/۹۱۴	-۰/۱۶۲	-۰/۰۲۷	-۰/۰۳۲	۰/۰۸۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
۲۷/۹۰۴	۰/۷۳۹	۰/۱۸۷	۰/۲۵۰	۲۸/۴۳۹	۰/۷۵۳	۰/۱۹۰	۰/۲۵۵	۲۸/۸۳۷	۰/۷۶۴	۰/۱۹۳	۰/۲۵۸
-۰/۶۹۵	-۰/۰۶۳	-۰/۰۰۹	-۰/۰۱۱	-۰/۳۹۲	-۰/۰۳۶	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۶	۰/۳۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۵
۲۹/۱۱۲	۰/۴۲۸	۰/۱۴۱	۰/۲۰۹	۲۸/۰۱۹	۰/۴۱۲	۰/۱۳۵	۰/۲۰۲	۲۹/۰۱۹	۰/۴۲۶	۰/۱۴۰	۰/۲۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

استانداردسازی ماتریس D است که این ماتریس به شرح نگاره (۴) است:

نتایج سپس فرایند PCA روی ماتریس D را به شرح زیر انجام می‌دهیم که نخستین قدم،

نگاره ۴- ماتریس نرمال D

d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	d11	d12
-۰/۱۳۹	۰/۰۲۰	۰/۳۴۳	۰/۲۲۵	-۰/۱۳۳	۰/۰۴۰	۰/۳۵۲	۰/۲۱۰	-۰/۱۲۶	۰/۰۲۲	۰/۳۰۶	-۰/۰۴۹
۰/۴۲۷	۰/۱۹۰	۰/۵۵۳	۰/۲۹۳	۰/۴۴۵	۰/۲۳۸	۰/۶۲۶	۰/۴۳۴	۰/۴۴۶	۰/۱۸۵	۰/۵۲۹	۰/۱۰۶
-۰/۳۵۹	-۰/۳۲۱	۰/۵۳۷	۰/۵۰۰	-۰/۳۱۶	-۰/۳۰۱	۰/۷۷۷	۱/۲۲۶	-۰/۳۴۰	-۰/۳۲۳	۰/۶۷۷	۰/۸۷۰
۱/۹۱۱	-۰/۲۲۳	۰/۲۶۹	۰/۲۵۰	۱/۹۵۱	-۰/۲۱۲	۰/۳۱۱	۰/۳۲۵	۱/۹۵۴	-۰/۲۴۴	۰/۱۵۴	-۰/۰۲۹
۰/۲۷۰	-۰/۱۴۱	۰/۰۹۶	۰/۱۴۴	۰/۲۸۲	-۰/۱۲۸	۰/۰۹۳	۰/۰۰۳	۰/۲۸۹	-۰/۱۵۴	-۰/۰۳۹	-۰/۳۰۵
-۰/۲۷۰	۰/۱۳۳	۰/۳۴۷	۰/۱۶۳	-۰/۲۹۴	۰/۰۷۰	۰/۲۱۹	-۰/۰۷۶	-۰/۲۸۷	۰/۰۹۴	۰/۲۰۷	-۰/۳۰۴
-۰/۱۵۳	-۰/۱۵۴	۰/۸۵۹	۰/۵۲۵	-۰/۴۷۱	-۰/۴۱۲	-۰/۵۱۹	-۰/۴۸۴	-۰/۴۶۴	-۰/۴۰۲	-۰/۵۷۰	-۰/۶۵۲
-۰/۶۰۸	-۰/۳۸۳	-۰/۳۳۵	۰/۰۱۷	-۰/۵۶۵	-۰/۳۲۳	-۰/۰۲۰	۰/۰۴۴	-۰/۵۹۰	-۰/۳۳۶	-۰/۱۴۵	-۰/۲۴۶
۰/۴۶۹	-۰/۰۳۱	۰/۲۵۷	۰/۱۹۵	۰/۴۷۷	-۰/۰۰۹	۰/۲۷۱	۰/۱۴۲	۰/۴۸۳	-۰/۰۴۶	۰/۱۴۵	-۰/۱۷۷
-۰/۷۱۷	-۰/۶۰۳	-۲/۲۹۸	-۵/۲۱۹	-۰/۶۷۵	-۰/۵۷۹	-۱/۴۳۹	-۱/۵۲۶	-۰/۶۹۶	-۰/۵۶۶	-۱/۲۸۸	۲/۶۹۲
-۰/۱۷۴	-۰/۲۵۰	-۰/۶۳۱	-۰/۱۴۹	-۰/۲۰۳	-۰/۲۷۳	-۰/۷۹۴	-۰/۸۷۵	-۰/۲۰۴	-۰/۲۸۵	-۱/۰۰۲	-۱/۱۶۶
-۰/۶۲۵	-۰/۵۲۰	-۰/۷۱۳	۰/۱۲۳	-۰/۶۶۱	-۰/۵۷۱	-۱/۳۰۸	-۱/۱۵۹	-۰/۵۶۱	-۰/۵۰۴	-۰/۲۶۸	۱/۲۹۵
-۰/۷۰۵	-۰/۶۰۲	-۱/۸۷۹	-۰/۸۷۷	-۰/۶۷۸	-۰/۵۸۸	-۱/۵۶۳	-۱/۷۰۴	-۰/۶۹۷	-۰/۵۵۸	-۱/۳۱۹	-۱/۰۳۴
۰/۲۹۴	۰/۵۲۴	۱/۵۵۸	۰/۶۷۳	۰/۲۶۲	۰/۵۴۵	۱/۶۲۲	۱/۳۶۸	۰/۲۶۸	۰/۴۸۵	۱/۶۵۳	۱/۰۵۷
۰/۰۶۸	۰/۴۷۲	۱/۷۳۰	۰/۷۵۳	۰/۰۸۹	۰/۵۵۳	۱/۹۹۹	۱/۷۶۲	۰/۰۹۶	۰/۵۰۲	۲/۱۰۳	۱/۴۷۸
-۰/۲۶۵	-۰/۳۰۸	۰/۳۰۵	۰/۳۲۷	-۰/۲۲۲	-۰/۲۹۰	۰/۴۵۸	۰/۶۶۲	-۰/۲۴۴	-۰/۳۱۴	۰/۳۲۵	۰/۳۱۳
-۰/۳۲۹	۱/۴۲۷	۰/۶۷۲	۰/۲۹۲	-۰/۳۱۵	۱/۵۸۴	۰/۷۵۳	۰/۴۲۲	-۰/۳۰۸	۱/۶۰۳	۰/۸۴۷	۰/۲۳۳
-۰/۶۹۶	-۰/۵۷۰	-۱/۴۲۶	-۰/۵۰۶	-۰/۶۴۸	-۰/۵۲۵	-۰/۷۱۴	-۰/۱۵۴	-۰/۶۷۶	-۰/۵۲۹	-۰/۸۹۵	-۰/۴۰۴
-۰/۳۶۴	۰/۵۲۴	۰/۱۳۳	۰/۱۱۲	-۰/۴۰۰	۰/۴۱۶	-۰/۱۰۶	-۰/۲۹۷	-۰/۳۹۳	۰/۴۵۳	-۰/۱۱۷	-۰/۴۹۳
۴/۶۸۷	-۰/۳۴۲	۰/۳۷۳	۰/۴۱۸	۴/۶۸۴	-۰/۳۴۷	۰/۴۰۷	۰/۷۷۴	۰/۶۸۳	-۰/۳۶۹	۰/۲۴۳	۰/۳۹۲
-۰/۲۹۱	-۰/۲۳۱	-۰/۳۱۲	-۰/۰۱۹	-0/۲۴۵	-۰/۱۹۶	-۰/۲۸۴	-۰/۳۷۵	-۰/۲۷۱	-۰/۲۲۹	-۰/۴۹۱	-۰/۷۱۱
-۰/۲۸۷	-۰/۲۸۵	-۰/۵۰۳	-۰/۰۹۳	-۰/۲۷۴	-۰/۲۸۵	-۰/۵۹۳	-۰/۶۶۸	-۰/۲۶۷	-۰/۲۸۹	-۰/۷۴۷	-۰/۹۳۲
-۰/۴۶۷	-۰/۱۲۲	۰/۰۵۴	۰/۱۲۲	-۰/۴۵۱	-۰/۱۰۳	۰/۰۵۷	-۰/۰۴۸	-۰/۴۴۷	-۰/۰۸۰	۰/۱۰۸	-۰/۱۹۸
-۰/۰۷۲	-۰/۳۵۳	-۰/۲۷۱	۰/۰۳۴	-۰/۰۹۷	-۰/۳۷۲	-۰/۳۹۵	-۰/۳۸۰	-۰/۱۲۰	-۰/۳۹۱	-۰/۶۰۵	-۰/۷۱۰
۰/۴۸۷	-۰/۲۴۹	۰/۳۹۳	۰/۳۳۰	۰/۵۰۷	-۰/۲۴۳	۰/۴۴۵	۰/۵۴۳	۰/۵۰۵	-۰/۲۶۸	۰/۳۲۲	۰/۲۰۶
-۰/۴۹۲	-۰/۲۸۹	۰/۰۱۹	۰/۱۵۳	-۰/۴۸۱	-۰/۲۹۲	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۰	-۰/۴۷۴	-۰/۲۶۹	۰/۰۸۵	-۰/۰۷۶
۰/۷۹۳	۰/۲۰۴	۲/۴۰۰	۱/۱۴۶	۰/۷۶۰	۰/۲۲۴	۲/۶۰۴	۲/۷۰۹	۰/۷۶۶	۰/۱۷۰	۲/۶۷۶	۲/۳۳۶
-۰/۶۴۶	-۰/۳۹۱	-۰/۶۱۹	-۰/۱۲۴	-۰/۶۳۲	-۰/۴۰۳	-۰/۷۳۷	-۰/۷۶۸	-۰/۶۲۶	-۰/۲۷۹	-۰/۳۲۹	-۰/۵۲۰
-۰/۶۳۸	-۰/۵۲۳	-۰/۹۶۰	-۰/۲۲۱	-۰/۶۳۲	-۰/۵۴۹	-۱/۱۶۲	-۱/۰۹۳	-۰/۶۲۵	-۰/۵۳۲	-۱/۱۸۱	-۱/۱۰۷
-۰/۷۲۱	-۰/۶۱۵	-۱/۴۶۹	-۰/۴۶۰	-۰/۷۱۰	-۰/۶۵۱	-۱/۷۲۲	-۱/۷۳۱	-۰/۷۰۲	-۰/۵۷۶	-۱/۶۹۵	-۱/۷۲۳
۰/۳۹۵	-۰/۲۵۶	۰/۵۴۰	۰/۴۲۰	۰/۴۳۰	-۰/۲۴۶	۰/۶۴۳	۰/۸۳۱	۰/۴۱۳	-۰/۲۷۵	۰/۵۱۰	۰/۴۶۱
-۰/۷۱۵	-۰/۵۸۰	-۱/۳۲۴	-۰/۴۰۲	-۰/۶۹۰	-۰/۵۹۴	-۱/۴۸۸	-۱/۵۰۰	-۰/۶۹۴	-۰/۵۷۱	-۱/۶۷۸	-۱/۷۰۹
۰/۴۴۲	-۰/۳۸۲	۰/۱۰۱	۰/۲۹۳	۰/۴۱۴	-۰/۳۹۷	۰/۰۴۴	۰/۳۵۷	۰/۴۲۰	-۰/۴۱۱	-۰/۱۰۱	۰/۰۳۹

گام ۲: محاسبه ماتریس واریانس - کوواریانس R قالب نگاره (۵)، آورده شده است که به شرح زیر نتایج حاصل از گام دوم یعنی ماتریس همبستگی در است:

نگاره ۵- ماتریس واریانس - کوواریانس R

	Zd ₁	Zd ₂	Zd ₃	Zd ₄	Zd ₅	Zd ₆	Zd ₇	Zd ₈	Zd ₉	Zd ₁₀	Zd ₁₁	Zd ₁₂
Zd ₁	۱/۰۰۰۰	۰/۶۷۵۵	۰/۰۸۰۶	۰/۲۰۰۶	۰/۵۹۶۵	۰/۵۸۵۲	۰/۰۹۲۰	۰/۱۹۷۵	-۰/۱۵۶	۰/۴۴۸۴	۰/۰۷۴۹	۰/۱۹۲۸
Zd ₂	۰/۶۷۵۵	۱/۰۰۰۰	۰/۳۱۵۸	۰/۳۰۵۱	۰/۹۴۱۶	۰/۹۷۰۴	۰/۳۳۳۲	۰/۳۰۲۸	۰/۵۴۶۴	۰/۹۲۱۸	۰/۳۱۳۸	۰/۳۰۳۰
Zd ₃	۰/۰۸۰۶	۰/۳۱۵۸	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۲۶۴	۰/۲۱۳۰	۰/۳۰۹۸	۰/۹۹۹۲	-۰/۰۲۸۶	۰/۱۷۳۵	۰/۳۲۱۴	۰/۹۹۷۹	-۰/۰۲۴۷
Zd ₄	۰/۲۰۰۶	۰/۳۰۵۱	-۰/۰۲۶۴	۱/۰۰۰۰	۰/۴۲۲۰	۰/۳۷۰۳	-۰/۰۰۸۹	۰/۹۹۹۸	۰/۲۵۹۷	۰/۳۵۲۸	-۰/۰۱۴۰	۰/۹۹۸۲
Zd ₅	۰/۵۹۶۵	۰/۹۴۱۶	۰/۲۱۳۰	۰/۴۲۲۰	۱/۰۰۰۰	۰/۹۷۸۸	۰/۲۳۷۲	۰/۴۲۴۲	۰/۵۷۹۸	۰/۹۰۵۶	۰/۲۱۷۸	۰/۴۲۲۲
Zd ₆	۰/۵۸۵۲	۰/۹۷۰۴	۰/۳۰۹۸	۰/۳۷۰۳	۰/۹۷۸۸	۱/۰۰۰۰	۰/۳۳۳۲	۰/۳۷۱۹	۰/۵۶۸۲	۰/۹۳۶۴	۰/۳۱۲۸	۰/۳۷۰۷
Zd ₇	۰/۰۹۲۰	۰/۳۳۳۲	۰/۹۹۹۲	-۰/۰۰۸۹	۰/۲۳۷۲	۰/۳۳۳۲	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۱۰۷	۰/۱۸۲۹	۰/۳۴۰۷	۰/۹۹۸۰	-۰/۰۰۷۱
Zd ₈	۰/۱۹۷۵	۰/۳۰۲۸	-۰/۰۲۸۶	۰/۹۹۹۸	۰/۴۲۴۲	۰/۳۷۱۹	-۰/۰۱۰۷	۱/۰۰۰۰	۰/۲۵۵۰	۰/۳۵۰۲	-۰/۰۱۶۲	۰/۹۹۸۱
Zd ₉	-۰/۱۵۶	۰/۵۴۶۴	۰/۱۷۳۵	۰/۲۵۹۷	۰/۵۷۹۸	۰/۵۶۸۲	۰/۱۸۲۹	۰/۲۵۵۰	۱/۰۰۰۰	۰/۷۱۷۹	۰/۱۸۶۳	۰/۲۶۸۲
Zd ₁₀	۰/۴۴۸۴	۰/۹۲۱۸	۰/۳۲۱۴	۰/۳۵۲۸	۰/۹۰۵۶	۰/۹۳۶۴	۰/۳۴۰۷	۰/۳۵۰۲	۰/۷۱۷۹	۱/۰۰۰۰	۰/۳۲۷۵	۰/۳۶۶۸
Zd ₁₁	۰/۰۷۴۹	۰/۳۱۳۸	۰/۹۹۷۹	-۰/۰۱۴۰	۰/۲۱۷۸	۰/۳۱۲۸	۰/۹۹۸۰	-۰/۰۱۶۲	۰/۱۸۶۳	۰/۳۲۷۵	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۰۹۴
Zd ₁₂	۰/۱۹۲۸	۰/۳۰۳۰	-۰/۰۲۴۷	۰/۹۹۸۲	۰/۴۲۲۲	۰/۳۷۰۷	-۰/۰۰۷۱	۰/۹۹۸۱	۰/۲۶۸۲	۰/۳۶۶۹	-۰/۰۰۹۴	۱/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

گام ۳: محاسبه مقادیر ویژه ماتریس R ویژه محاسبه می‌شوند. در نگاره (۶)، مقادیر ویژه و نسبت مقادیر ویژه نسبی ارائه شده است: با استفاده از ماتریس D، مقادیر ویژه و بردارهای

نگاره ۶- مقادیر ویژه

	۵/۶۹	۳/۰۶	۱/۸۵	۱/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
نسبت	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

به شرح نگاره (۷) است. همچنین، در مدل‌های DEA نیاز است مقادیر متغیرها مثبت باشند؛ در حالی که تعدادی از مقادیر مؤلفه‌های اصلی منفی بودند؛ بنابراین، برای رفع این مشکل، از رابطه $1 + Min(PC_i^j) -$ استفاده می‌شود. با این عمل تمامی مؤلفه‌های اصلی، خروجی در نظر گرفته شد.

بر اساس نتایج نگاره (۶)، مجموع چهار نسبت اول بیش از ۰/۸۰ و برابر با ۰/۸۸ است که نشان می‌دهد چهار مؤلفه نخست، مؤلفه‌های اصلی‌اند.

گام ۴ و ۵: محاسبه و انتخاب مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان متغیرهای خروجی مدل DEA مؤلفه‌های اصلی بر اساس رابطه (۳)، محاسبه و

نگاره ۷- مؤلفه‌های اصلی

نام شرکت	PC۱	PC۲	PC۳	PC۴
گروه سرمایه‌گذاری آتیه دماوند	۰/۴۳۲۱۱۴	۰/۱۹۶۷۷۳	۰/۴۱۲۰۶	۰/۲۵۲۳۴۱
سرمایه‌گذاری سپه	۱/۳۶۶۲۲۸	۰/۱۷۱۸۶۶	۰/۱۲۲۴۸۵	۰/۰۹۰۱۹۱
سرمایه‌گذاری گروه صنعتی رنا	۱/۱۳۲۸۸۵	۰/۱۰۶۳۶۳	۱/۷۱۱۵۶۱	۰/۰۵۰۰۸۲
سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری	۱/۷۶۶۳۵۲	۲/۳۷۴۴۹۷	۱/۷۳۸۰۲۸	۰/۰۴۹۴۸۹
سرمایه‌گذاری نور کوثر ایرانیان	۰/۱۵۴۳۲۱	۰/۴۷۷۱۱۶	۰/۲۳۹۰۵	۰/۳۰۳۸۶۵
سرمایه‌گذاری پردیس	۲/۹۴۸۶۶۲	۷/۲۵۶۲۶۲	۴/۱۰۳۴۱	۰/۵۶۲۲۵۳
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	۰/۷۴۰۵۰۹	۰/۰۰۸۶۹	۰/۳۲۳۴۰۷	۱/۱۱۸۴۹۸
سرمایه‌گذاری خوارزمی	۰/۸۵۷۷۷۷	۰/۱۴۸۱۱۱	۰/۸۰۱۰۴۱	۰/۲۹۰۶۱
توسعه صنایع بهشهر	۰/۶۶۰۲۰۸	۰/۵۳۱۲۱۵	۰/۳۶۲۹۶۲	۰/۲۱۷۹۴
گروه صنعتی سدید	۴/۱۰۱۹۸۶	۰/۲۰۱۲۱۵	۰/۱۸۷۲۲۲	۵/۵۸۶۴۷
گروه سرمایه‌گذاری سایپا	۱/۸۶۷۸۸۷	۰/۱۴۰۳۰۶	۰/۶۸۲۵۵۱	۰/۷۰۱۹۵۶
لیزینگ ایرانیان	۱/۷۷۴۳۹۸	۰/۱۰۸۳۰۱	۰/۷۵۵۲۰۲	۰/۶۸۷۵۷۶
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	۳/۷۹۲۴۳۵	۰/۰۵۴۱۵۲	۰/۵۶۴۸۹۱	۰/۰۳۷۲۷
گروه سرمایه‌گذاری البرز	۳/۲۹۸۲۸	۰/۴۳۴۲۲۸	۱/۰۴۹۴۴۸	۰/۱۹۱۳۳۴
سرمایه‌گذاری پارس توشه	۳/۸۰۴۳۳۸	۰/۶۱۷۶۲۹	۱/۷۳۸۴۶۵	۰/۳۷۷۴۷۸
سرمایه‌گذاری ملی ایران	۰/۴۷۵۴۲۲	۰/۱۶۸۱۳	۱/۰۷۱۵۲	۰/۱۵۹۲۳۴
سرمایه‌گذاری صنعت و معدن	۱/۸۱۰۵۸۲	۲/۴۵۸۷۴۸	۰/۲۶۹۹۲۱	۰/۱۲۱۸۶۷
سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	۲/۲۵۳۲۱۹	۰/۰۷۶۵۱۶	۰/۳۵۶۰۹۷	۰/۰۷۰۷۲۶
سرمایه‌گذاری بوعلی	۰/۲۵۰۰۰۴	۱/۰۷۲۱۸۴	۰/۲۰۹۴۵۷	۰/۴۱۴۷۷۳
مدیریت سرمایه‌گذاری امید	۴/۱۳۸۷۳۸	۵/۵۰۸۰۰۳	۴/۴۲۴۲۰۶	۰/۶۳۷۷۶۷
سرمایه‌گذاری غدیر	۱/۰۴۹۱۶۹	۰/۰۰۳۹۰۹	۰/۰۶۰۲۵	۰/۵۱۹۸۳۳
سرمایه‌گذاری بهمن	۱/۵۶۵۹۹	۰/۰۷۷۷۳۵	۰/۳۱۰۷۳۳	۰/۶۰۹۸۶۸
سرمایه‌گذاری توسعه صنعتی ایران	۰/۳۴۰۸۷۹	۰/۳۶۳۷۴۳	۰/۵۹۹۱۶۸	۰/۳۱۷۱۶۵
سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات	۰/۰۶۹۴۰۹	۰/۳۹۳۰۸۹	۰/۱۶۶۳۶۸	۰/۵۷۲۰۷۸
سرمایه‌گذاری توسعه ملی	۱/۰۱۰۸۶۷	۰/۸۸۱۹۹۱	۰/۱۴۰۲۶	۰/۱۱۲۲۸۵
سرمایه‌گذاری توکا فولاد	۰/۴۵۷۰۸۹	۰/۱۳۶۳۵۸	۰/۸۱۱۵۹۴	۰/۲۹۲۰۸۱
داروپخش	۵/۵۰۴۷۸۹	۰/۵۶۶۷۵۲	۲/۱۶۴۳۷۹	۰/۶۴۰۵۲۲
سرمایه‌گذاری نیرو	۱/۷۶۸۰۱۸	۰/۲۰۹۰۴۶	۰/۳۰۹۶۵۳	۰/۳۴۱۲۸
سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی	۲/۷۷۰۹۱۲	۰/۰۴۵۸۱۷	۰/۱۹۱۵۱۷	۰/۶۸۷۳۰۷
سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	۳/۹۲۹۲۲۱	۰/۰۵۶۳	۰/۷۴۹۹۱۸	۰/۸۹۵۷۷۳
سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی	۱/۳۳۹۶۶۸	۰/۸۰۵۸۱۷	۰/۵۱۹۱۷۵	۰/۰۳۷۳۰۹
سرمایه‌گذاری ملت	۳/۶۴۱۸۴۸	۰/۰۲۸۶۴۱	۰/۶۴۰۸۴۵	۰/۹۴۵۰۹۴
سرمایه‌گذاری نیروگاهی ایران- سنا	۰/۳۲۴۲۸۵	۱/۰۱۱۵۴	۰/۰۱۰۹۷۲	۰/۲۱۰۶۳۲
سرمایه‌گذاری صنعت نفت	۲/۰۶۳۰۱۱	۰/۸۹۷۱۳۲	۱/۸۹۷۳۱۲	۰/۱۵۱۸۲

گام ۶: استفاده از مدل BCC ورودی‌گرا

همان‌طوری که قبلاً گفته شد، مدل BCC ورودی‌محور، از بین روش‌های DEA انتخاب شد. همچنین، با توجه به اینکه ماهیت مؤلفه‌های اصلی به‌دست‌آمده طبق مرحله قبلی، از نوع افزایشی است؛

بنابراین، تمامی آنها خروجی مدل در نظر گرفته شد. ضمناً از ورودی مجازی با مقادیر یک برای همه DMUهای مدل BCC ورودی‌گرا استفاده شد. نتایج اجرای این مدل در نگاره (۸) آمده است.

نگاره ۸- نتایج مدل BCC ورودی‌گرا و نتایج رتبه‌بندی

نام شرکت	BCC ورودی‌محور	Rank	نام شرکت	BCC ورودی‌محور	Rank
گروه سرمایه‌گذاری آتیه دماوند	۰/۱۲۶۴	۳۳	سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	۰/۴۰۹۳	۱۴
سرمایه‌گذاری سپه	۰/۲۴۹۷	۲۲	سرمایه‌گذاری بوعلی	۰/۲۰۵۶	۲۸
سرمایه‌گذاری گروه صنعتی رنا	۰/۳۸۶۹	۲۰	مدیریت سرمایه‌گذاری امید	۱	۱
سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری	۰/۴۲۸۸	۱۰	سرمایه‌گذاری غدیر	۰/۲۱۰۴	۲۵
سرمایه‌گذاری نور کوثر ایرانیان	۰/۱۱۲۳	۳۴	سرمایه‌گذاری بهمن	۰/۳۰۵۸	۱۹
سرمایه‌گذاری پردیس	۱	۲	سرمایه‌گذاری توسعه صنعتی ایران	۰/۱۷۵۲	۳۲
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	۰/۲۵۷۷	۲۷	سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات	۰/۲۳۰۹	۲۳
سرمایه‌گذاری خوارزمی	۰/۲۱۱۲	۲۴	سرمایه‌گذاری توسعه ملی	۰/۲۲۱۶	۲۱
توسعه صنایع بهشهر	۰/۱۴۹۱	۲۶	سرمایه‌گذاری توکا فولاد	۰/۲۱۳۶	۳۱
گروه صنعتی سدید	۱	۴	داروپخش	۱	۳
گروه سرمایه‌گذاری سایپا	۰/۳۷۰۵	۱۵	سرمایه‌گذاری نیرو	۰/۳۲۹۵	۱۷
لیزینگ ایرانیان	۰/۳۶۲۶	۱۶	سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی	۰/۵۲۱۶	۱۳
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	۰/۶۸۸۹	۸	سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	۰/۷۳۵۷	۶
گروه سرمایه‌گذاری البرز	۰/۶۰۳۸	۹	سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی	۰/۲۷۶	۱۸
سرمایه‌گذاری پارس توشه	۰/۷۱۲۶	۵	سرمایه‌گذاری ملت	۰/۶۸۷۶	۷
سرمایه‌گذاری ملی ایران	۰/۲۴۳	۲۹	سرمایه‌گذاری نیروگاهی ایران- سنا	۰/۱۶۲۵	۳۰
سرمایه‌گذاری صنعت و معدن	۰/۴۴۱۷	۱۱	سرمایه‌گذاری صنعت نفت	۰/۴۷۱۱	۱۲

منبع: یافته‌های پژوهش

گام ۷: رتبه‌بندی واحدهای کارا

برای رتبه‌بندی واحدهای کارا، از تکنیک اندرسون- پیترسون (AP) طبق رابطه (۸) استفاده شده است که نتایج آن به شرح نگاره (۸) است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش پس از مطالعه پیشینه پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص ارزیابی عملکرد شرکت‌های

سرمایه‌گذاری، دو دسته متغیر برای ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری شناسایی شد. نظر خبرگان درباره متغیرهای شناسایی‌شده، جمع‌آوری شد که برخی از آنها با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی حذف شدند. در این مطالعه، متغیرهای جمع‌آوری‌شده، جمع‌بندی‌ها، جمع حقوق صاحبان سهام و جمع هزینه‌های شرکت، ورودی و متغیرهای

با تعداد DMUهای بیشتری پیشنهاد می‌شود. ۳. میزان ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها، تحت شرایط متفاوت ممکن است مقدار ثابت و معینی نباشد؛ بنابراین، استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های فازی برای انعکاس شرایط واقعی حاکم بر ورودی‌ها و خروجی‌ها برای ارزیابی کارایی پیشنهاد می‌شود.

۴. در PCA فرض اولیه این است که متغیرهای بررسی شده دارای توزیع نرمال‌اند. توسعه مدل PCA به متغیرهای تصادفی فازی با توزیع نرمال نیز اهمیت می‌یابد.

۵. با توجه به پیشنهاد قبلی، ارائه مدل تلفیقی DEA-PCA برای محاسبه کارایی و رتبه‌بندی واحدها بررسی شود، در حالتی که ورودی‌ها و خروجی‌ها، متغیرهای تصادفی فازی باشند.

منابع

۱. امیری، مقصود، رمضانزاده، سعید، خاتمی فیروزآبادی، سیدمحمد و جمشید صدقیانی. (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد گروه‌های علمی دانشگاه علوم انتظامی امین توسط رویکرد وزن‌های مشترک در تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی فازی. *فصلنامه مدیریت منابع در نیروی انتظامی*، سال چهارم، شماره ۲، ص ۱۱-۳۶.
۲. جهانشاهلو، غلامرضا، حسین زاده لطفی، فرهاد و هاشم نیکومرام. (۱۳۸۷). *تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پژوهشات.
۳. خواجه‌جوی، شکراله، فتاحی نافچی، حسن و محمدحسین قدیریان. (۱۳۹۴). رتبه‌بندی و

درآمد، سود خالص و سود عملیاتی، خروجی در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری هر یک از شاخص‌های ورودی و خروجی مذکور، از اطلاعات موجود در اسناد و گزارش‌های مالی مستخرج از سایت کدال، استفاده شد. برای انتخاب مدل مناسب به‌منظور ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ابتدا نمرات کارایی برای کلیه شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل‌های CCR و BCC با دو گرایش ورودی‌محور و خروجی‌محور محاسبه شده است. مقایسه نتایج حاصل از اجرای این مدل‌ها نشان می‌دهد مدل پیشنهادی برای پژوهش حاضر، مدل BCC ورودی‌محور است. بعد از انتخاب مدل مدنظر از بین مدل‌های DEA، الگوریتم پیشنهادی پژوهش ارائه شد. برای طراحی الگوریتم پیشنهادی این مطالعه، از رویکرد تلفیقی DEA-PCA استفاده شد که نهایتاً به طراحی مدل ارزیابی عملکرد منجر شد. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد از مجموع ۳۴ شرکت سرمایه‌گذاری تحت بررسی در سال ۱۳۹۵، فقط ۴ شرکت با امتیاز کارایی یک، کارا هستند. به عبارت دیگر، ۱۲ درصد شرکت‌های سرمایه‌گذاری کارا و ۸۸ درصد ناکارا هستند که البته شرکت‌های کارا، الگویی برای سایر شرکت‌ها هستند؛ این شرکت‌ها عبارت‌اند از مدیریت سرمایه‌گذاری امید، سرمایه‌گذاری پردیس، داروپخش و گروه صنعتی سدید. در ادامه پیشنهادهایی به شرح زیر ارائه می‌شود:

۱. می‌توان با معرفی شرکت‌های الگو، برای افزایش کارایی و عملکرد بهینه شرکت‌های ناکارا، برنامه‌ریزی کرد.
۲. از آنجا که با افزایش تعداد DMUها، نتایج واقعی‌تری به دست می‌آید، انجام پژوهشی مشابه

- پژوهشنامه علوم انسانی و اجتماعی، سال ۶، شماره ۲۳. ص ۱۰۵-۱۲۸.
10. Adler, N., Golany, B. (2002). Including principal components weights to improve discrimination in data envelopment analysis. *J. Oper. Res. Soc.* No. 53, Pp. 985-991.
 11. Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management Science*, Vol. 39, No. 10, Pp. 1261-1294.
 12. Azadeh, A., Jebreili, S. (2013). An Integrated Fuzzy Algorithm for Job Shop Layout Optimization: The Case of Maintenance Workshop Process, *2nd International Conference on Mechanical, Automobile and Robotics Engineering (ICMAR'2013)* March 17-18, 2013 Dubai (UAE) 230
 13. Bacidore, J. M., Boquist, J. A., Milbourn, T. T and A.V. Thakor (1997), "the search for the Best Financial Performance Measure", *Financial Analysts Journal*, May/June, Pp. 11-20.
 14. Banker, Rajiv, ChenJanice Y.S. PaulKlumpes (2016). A trade-level DEA model to evaluate relative performance of investment fund managers. *European Journal of Operational Research*, Vol. 255, No. 3, Pp. 903-910.
 15. Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*. No. 30(9), Pp. 1078-1092.
 16. Bruce Ho, C., Wu, D.D. (2008) "Online banking performance evaluation using data envelopment analysis and principal component analysis", *Computers & Operations Research*.
 17. Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E., (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European journal of operational research* 2, Pp. 429-444.
 18. Cinca, C. Serrano, & Molinero, C. M. (2004) "Selecting DEA specifications and ranking units via PCA", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 55, No. 5, Pp. 521-528.
- ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ترکیبی فازی -AHP- و یکور، مجله دانش حسابرسی، ۱۵ (۶۰).
۴. راعی، رضا، صادقی شریف، سیدجلال، محمدی، شاپور و محسن صادقی. (۱۳۹۰). اسناد عملکرد پرتغوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال چهارم، شماره ۱۵، ص ۴۳-۶۹.
۵. رهنمای رودپشتی، فریدون، نیکومرام، هاشم، طلوعی، عباس و مرضیه بیات. (۱۳۹۴). بررسی کارایی بهینه‌سازی پرتغوی بر اساس مدل پایدار با بهینه‌سازی کلاسیک در پیش‌بینی ریسک و بازده پرتغوی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۲۲، ص ۲۹-۵۹.
۶. شعری، صابر و ناهید قربانی. (۱۳۹۴). رابطه انعطاف‌پذیری مالی با عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری در ایران از منظر بازار. پژوهش‌های تجربی حسابداری، سال چهارم، شماره ۱۵، ص ۱۶۵-۱۸۰.
۷. مشایخ، شهناز. (۱۳۸۲). بازده اضافه مدیریت فعال در شرکت‌های سرمایه‌گذاری. رساله دکتری، دانشگاه علامه طباطبایی.
۸. معماریانی، عزیزاله. (۱۳۸۳). سیستم ارزیابی عملکرد بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها، کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، کارگاه آموزشی.
۹. مهرگان، محمدرضا، فراست، علیرضا و امین کامیاب مقدس. (۱۳۸۵). تحلیل کارایی فنی پالایشگاه‌های نفت کشور با استفاده از مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها.

25. Wu, D., Yang, Z., Liang, L., (2006), Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank, *Expert systems with applications*, 31, pp. 108-115.
26. Yaghoubi. A, Amiri. M, Safi.A,(2016). A New Dynamic Random Fuzzy DEA Model to Predict Performance of Decision Making Units, *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. N: 20,pp: 75-90
27. Zhu, J., (2003). Imprecise Data Envelopment Analysis (IDEA): A Review and Improvement with an Application. *European Journal of Operation Research*. 144, 513-529.
28. Zhu, J. (1998) "Data envelopment analysis vs. principal components analysis: An illustrative study of economic performance of Chinese cities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 111, pp. 50–61.
29. Zhongbao Zhou, Helu Xiao, Qianying Jin, Wenbin Liu, (2017). DEA frontier improvement and portfolio rebalancing: An application of China mutual funds on considering sustainability information disclosure. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor>
19. Dong, F., Mitchell P.D., Colquhoun, J. (2015), Measuring farm sustainability using data envelope analysis with principal components: The case of Wisconsin cranberry, *Journal of Environmental Management*, Vol. 147(1), Pp. 175–183.
20. Healy,R.K, (1988), How will does performance evaluation perform, *journal of portfolio management* ,Pp.15-19.
21. Jenkins, L., Anderson, M., 2003. Multivariate statistical approach to reducing the number of variables in data envelopment analysis. *Eur. J. Oper. Res.*147, Pp. 51-61.
22. Liang, L., Yongjun L., Shibing, L.,(2009). Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the undesirable outputs and large dimensionality of data sets with PCA. *Expert Systems with Applications*. No. 36, Pp. 5895–5899.
23. Shanmugam, R., & Johnson, C. (2007) "At a crossroad of data envelopment and principal component analyses", *Omega*, Vol. 35, No. 4, pp. 351–364.
24. Wang, K., Huang, W., Wu, J., Liu, Y. N. (2014). Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two- stage DEA. *Omega*, 44, 5-20.