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.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

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: ۱۳۹۷/۰۵/۱٤ ۱۳۹۷/٤۰/۱۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۷/۰۵/۱۵
صص: ۹٤-۷۵

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 طباطبایی، تهران، ایران
[****]دانشیار حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

چکیده

ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، مسئلهٔ 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 باکمک 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، همهٔ شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس ایران انتخاب و آخرین گزارش‌های سالانهٔ موجود شرکت‌های سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۹۵ تحلیل شده است. برای طراحی الگوریتم پیشنهادی، از رویکرد تلفیقی DEA-PCA استفاده شد که درنهایت به طراحی مدل ارزیابی عملکرد منجر شد. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی نشان می‌دهد از مجموع ۳٤ شرکت سرمایه‌گذاری بررسی‌شده در سال ۱۳۹۵، فقط ٤شرکت با امتیاز کارایی یک، کارا هستند. به عبارت دیگر، ۱۲درصد شرکت‌های سرمایه‌گذاری کارا و ۸۸درصد ناکارا هستند که البته شرکت‌های کارا الگویی برای سایر شرکت‌ها هستند.

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

---

۱. نشانی مکاتباتی نویسندهٔ مسئول: تهران، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، گروه حسابداری Ali-Saqafi@yahoo.com

Copyright©2017, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can't change it in any way or use it commercially

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، از دیرباز مسئلهٔ 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 دههٔ گذشته به‌سرعت توانسته است وضعیتی ویژه برای این روش در سطح جهان فراهم آورد. پژوهش‌هایی که با استفاده از این روش انجام شده، نشان‌دهندهٔ توان چشمگیر این روش‌شناسی در ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی است [۲٤].

از طرفی، لازمهٔ ارزیابی مناسب از واحدهای تصمیم‌گیری باکمک DEA، مستقل‌بودن 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 آلدر 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[1] (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، مسئلهٔ سهامداران فعلی و بالقوه است و از طرفی، پژوهش‌های یادشده استفادهٔ 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 مقایسهٔ نتیجهٔ 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 این‌رو، انتظار می‌رود این پژوهش شاخص‌های مناسب‌تری در اختیار کارشناسان شرکت‌های سرمایه‌گذاری قرار دهد.

مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش

شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار، دارندهٔ سبد سرمایه‌گذاری بسیار گسترده‌اند. همچنین، این شرکت‌ها کارشناسان کارآزموده‌ای دارند که رویدادهای خرد و کلان اقتصادی را پیگیری، پیش‌بینی، تحلیل و بر اساس اطلاعات حاصل، به‌طور دائم سبد سرمایه‌گذاری خود را تعدیل می‌کنند. گردش هوشمندانهٔ سبد سرمایه‌گذاری، بازده مناسبی عاید سهامداران خواهد کرد. به‌دلیل 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 سرمایهٔ 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 ۱۳۸٤، شرکت مادر (هلدینگ) شرکتی است که با سرمایه‌گذاری در شرکت سرمایه‌پذیر برای کسب انتفاع، آن‌قدر حق رأی کسب می‌کنند 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 [٤]. 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 متنوع‌کردن سرمایه‌گذاری با وجوه اندک غیرممکن است. شرکت‌های سرمایه‌گذاری با امکانات فراهم‌آورده می‌توانند زمینهٔ 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 توسعهٔ اقتصادی روزافزون کشورها، می‌توان گفت اندازه‌گیری کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و استفاده از یک روش نسبتاً جامع، کارآمد و مؤثر، بیان‌کنندهٔ هدایت موفق یا ناموفق این شرکت‌ها درجهت 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 به‌دلیل اینکه اجازهٔ تغییر کارایی در طول زمان را می‌دهد و به هیچ پیش‌فرضی دربارهٔ ویژگی بهترین مرز فعالیت نیاز ندارد، در بین روش‌های ناپارامتریک بهترین روش برای سازماندهی و تحلیل داده‌هاست [۲۵]. قابلیت‌ها و ویژگی‌های

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، نشان‌دهندهٔ قدرت این روش‌شناسی در زمینه‌های ارزیابی عملکرد، بهره‌وری و کارایی است.

همان‌طور که در بیان مسئلهٔ 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 شیوهٔ تحلیل پوششی داده‌ها انجام شده، نشان‌دهندهٔ توان چشمگیر این روش‌شناسی در ارزیابی عملکرد و اندازه‌گیری کارایی است [۲٤]؛ 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 مرزکارا 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، مرز کارا DEA بهبود یافته است که تقریباً مرز 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، آنها روش پیشنهادی را برای ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری در چین با توجه به افشای اطلاعات استفاده کردند. بانکر و همکاران [۱٤] 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 به‌منظور 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 متقارنی 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 [۲٦] 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 هدفهٔ معادل آن تبدیل می‌شود که در آن محدودیت‌ها شامل توابع توزیع نرمال استاندارد هستند و توابع هدف از مقادیر مورد انتظار توابع

متغیرهای تصادفی طبیعی‌اند. برای بهبود زمان محاسبات، آنها سپس مدل تصادفی چندمنظورهٔ 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 به‌دست‌آمده، الگوی تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و تجزیه به عامل‌های اصلی فازی، الگوی مناسبی برای ارزیابی عملکرد با متغیرهای وابسته و فازی است که با محاسبهٔ وزن‌های مشترک و با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی چندهدفه، در تعیین کارایی واحدها استفاده می‌شود. شعری و قربانی، در پژوهش خود [٦]، رابطهٔ انعطاف‌پذیری مالی با عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری را از منظر بازار بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش آنها بیان‌کنندهٔ وجود رابطهٔ مثبت و معنادار بین انعطاف‌پذیری مالی و عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری (محاسبه‌شده از طریق شاخص شارپ) و نبودنِ رابطهٔ 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) ویکور، 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 پرسشنامهٔ توزیع‌شده بین گروههای مختلف تأثیرگذار در تصمیمات سرمایه‌گذاران، وزن هر یک از شاخص‌ها را محاسبه کردند. نتایج این پژوهش به ارائهٔ مدلی نوین و با دقت بالا در ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌ها منتج شد.

فرضیهٔ 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،

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، مطالعهٔ کتب برای شناخت و درک دیدگاههای مدیران شرکت‌های سرمایه‌گذاری صورت می‌گیرد. پس از طراحی چارچوب اولیهٔ پژوهش، برای شناسایی معیارهای ارزیابی عملکرد (ورودی‌ها و خروجی‌ها)، خبرگان رشتهٔ حسابداری، پرسشنامهٔ 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 محاسبهٔ کارایی با ورودی‌های چندگانه و یک خروجی ارائه داد. تقریباً پس از دو دهه چارنز و همکاران در سال ۱۹۷۸ این شیوه را برای چند خروجی تعمیم دادند و آن را تحلیل پوششی داده‌ها نامیدند [۲]. چارنز و همکاران اولین مقالهٔ تحلیل پوششی داده‌ها را در این سال به چاپ رساندند و مدل ارائه‌شده در آن به مدلCCR 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 ۱۹۸٤، بانکر و همکاران با ارائهٔ 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[1] آنهاست. مدل CCR دارای بازده نسبت به مقیاس تولید ثابت[2] و مدل BCC دارای بازده به مقیاس تولید متغیر[3] 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[4] (PCA) را برای نخستین‌بار 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 ۱۹٦٤ رائو به تفصیل بیشتر و انعکاس کاربرد آن پرداخت. اساساً از PCA در تحلیل جامعه‌های

[1] Returns To Scalet (RTS)
[2] Constant Return To Scalet (CRS)
[3] Variable Return To Scalet (VRS)
[4] Principal Component analysis

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 مطالعهٔ 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 مؤلفهٔ 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 مؤلفهٔ اصلی کاهش داد. مطلب فوق، یکی از اهداف روش PCA معروف به اصل کاهش داده‌ها[1] است؛ اما هدف دیگری از به‌کارگیری روش PCA، استفاده از ترکیب خطی P متغیر اولیه برای رسیدن به P شاخصی مستقل است. عدم‌همبستگی 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[2]، تحلیل خوشه‌ای[3]، تحلیل عاملی[4] و رتبه‌بندی گزینه‌ها استفاده می‌شود.

مدل تلفیقی DEA و PCA

یکی از ضعف‌های DEA در این است که تعداد واحدهای ارزیابی‌شده 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 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 کاهشی 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[5] j ام (j=1,…,n) دارای i تعداد ورودی هر یک به اندازه x_{ij} و r تعداد خروجی هر یک به میزان y_{rj} برای واحد ام است $(i = 1,...,m; r = 1,...,s)$ حال اگر نسبت هر یک از خروجی‌ها به هر یک از ورودی‌ها، یعنی $d_{ir}^j = \frac{y_{rj}}{x_{ij}}$ را برای DMU_j 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 rامین خروجی و iامین ورودی نشان می‌دهد.

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

[1] Data Reduction
[2] Multiple Regression
[3] Clustring Analysis
[4] Factor Analysis
[5] DMU

یعنی $D=[d_1,...,d_p]_{n\times p}$ که در آن $d_l=(d_l^1,...,d_l^n)^T$ ها $(l=1,...,p)$، 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.

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

فرایند PCA بر روی ماتریس D به شرح زیر است:

گام ۱: استانداردسازی ماتریس D

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

رابطهٔ (۱) $$\hat{d}_l^j=\frac{(d_l^j-\bar{d}_l)}{\sqrt{s_{il}}}$$

که در آن:

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

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

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

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

رابطهٔ (۲) $$r_{li}=\frac{s_{li}}{\sqrt{s_{ll}s_{ii}}}$$

که در آن:

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

گام ۳: محاسبهٔ مقادیر ویژه ماتریس R

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

گام ٤: انتخاب مؤلفه‌های اصلی

بردارهای ویژه، تشکیل‌دهندهٔ مؤلفه‌های اصلی PC_k خواهند بود؛ یعنی:

$$PC=\hat{D}[l_1,...,l_p]=[PC_1,...,PC_p]_{n\times p}$$

رابطهٔ(۳) $$PC_l=\sum_{q=1}^{p}l_q^l\hat{d}_q^j$$

که در آن $\hat{d}_q^j(q=1,...,p)$ نشان‌دهندهٔ مقدار استانداردشده d_q^j است.

p مؤلفهٔ اصلی که به‌صورت 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 iامین مؤلفهٔ اصلی برابر با λ_i است.

نسبت $\frac{\lambda_i}{\sum_{l=1}^{p}\lambda_l}=\frac{\lambda_i}{p}$ سهم مؤلفهٔ اصلی iام از واریانس کلی را نشان می‌دهد. با تعریف C_M به شرح زیر:

رابطهٔ (٤) $$C_M=\frac{\sum_{i=1}^{M}\lambda_i}{p}$$

M تای اول مؤلفه‌های اصلی را می‌توان با مثلاً راضی‌کردن شرط $C_M>$ ۸/۰ انتخاب کرد. چنین انتخابی بدین معناست که M تای اول مؤلفه‌های اصلی بیانگر هشتاددرصد واریانس کل نمونه‌اند.

گام ۵: در نظر گرفتن مؤلفه‌های اصلی منتخب

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:

$$-Min(PC_l^j)+1$$

با این عمل تمامی مؤلفه‌های اصلی را می‌توان خروجی در نظر گرفت. این عمل به مفهوم قرینه‌کردن بردار ویژهٔ متناظر آن مؤلفهٔ اصلی است.

گام ٦: استفاده از مدل CCR ورودی‌گرا یا BCC ورودی‌گرای زیر برای محاسبهٔ کارایی DMU:

رابطهٔ(٦)

$$\begin{aligned} Max \quad & \sum_{l=1}^{M} p_l z_{l0} \\ s.t. \quad & \sum_{l=1}^{M} p_l z_{lj} \le 1 \qquad j=1,...,n \\ & p_l - p_{l+1} \ge \varepsilon_l, \qquad l=1,...,M1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \ge 0, \qquad t=1,2,...,M \end{aligned}$$

رابطهٔ(۷)

$$\begin{aligned} Max \quad & \sum_{l=1}^{M} p_l z_{l0} + w \\ s.t. \quad & \sum_{l=1}^{M} p_l z_{lj} + w \le 1 \qquad j=1,...,n \\ & p_l - p_{l+1} \ge \varepsilon_l, \qquad l=1,...,M1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \ge 0, \qquad t=1,2,...,M \\ & w - free \end{aligned}$$

در این مدل p_l وزن منتسب‌شده به خروجی $z_{lj}, j=1,...,n$ است و دلیل وجود محدودیت وزنی $p_l - p_{1+1} \ge \varepsilon_l$ این است که سهم lامین مؤلفهٔ اصلی از پراکندگی کلی بیشتر از سهم $(l+1)$امین مؤلفهٔ اصلی است.

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

رابطهٔ (۸)

$$\begin{aligned} Max \quad & E_j = \sum_{l=1}^{M} p_l z_{l0} + w \\ s.t. \quad & \sum_{l=1}^{M} p_l z_{lj} + w \le 1 \qquad j=1,...,n, j \ne 0 \\ & p_l - p_{l+1} \ge \varepsilon_l, \qquad l=1,...,M1 \\ & \varepsilon_l = \begin{cases} 0 & \lambda_l = \lambda_{l+1} \\ \varepsilon > 0 & \lambda_l > \lambda_{l+1} \end{cases} \\ & p_l \ge 0, \qquad t=1,2,...,M \\ & E_j \ge 0, \qquad j=1,2,....,n \end{aligned}$$

قلمرو مکانی و زمانی پژوهش

در این پژوهش جامعهٔ 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 سالانهٔ موجود شرکت‌های سرمایه‌گذاری در سال ۱۳۹۵ استفاده خواهد شد.

جامعهٔ آماری، روش نمونه‌گیری و تخمین حجم جامعه

در این پژوهش دو جامعهٔ آماری وجود دارد؛ جامعهٔ اول، شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و جامعهٔ دوم، خبرگان رشتهٔ حسابداری است که در این مطالعه به تعداد 50 نفر است و در راستای شناسایی متغیرهای پژوهش،

ارزیابی خواهند شد. در پژوهش حاضر، نمونه‌گیری از جامعهٔ 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 دورهٔ 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 دورهٔ زمانی پژوهش، در دسترس باشد.

برای جامعهٔ دوم نیز، پرسشنامهٔ اهمیت شاخص‌های ارزیابی با استفاده از روش نمونه‌گیری قضاوتی از خبرگان رشتهٔ حسابداری، استفاده شد.

روش‌های تحلیل داده‌ها

در این پژوهش ابتدا با استفاده از ادبیات نظری و مرور ادبیات، شاخص‌هایی برای ارزیابی عملکرد به‌دست آمد. سپس برای غربالگری شاخص‌های مستخرج از ادبیات نظری و بومی‌سازی آنها برای سازمان، مصاحبه‌ای نیمه‌ساختاریافته با خبرگان رشتهٔ حسابداری، انجام گرفت. سپس پرسشنامه‌هایی برای بررسی اهمیت هر یک از شاخص‌های اولیهٔ به‌دست‌آمده از ادبیات و مصاحبه با خبرگان به‌منظور ارزیابی کارایی شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از طیف لیکرت تهیه شد. پس از اینکه خبرگان رشتهٔ حسابداری پرسشنامه را تکمیل کردند، با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی[1] (CFA) برای تأیید ورودی‌ها و خروجی‌ها و ایجاد استقلال میان آنها، این پرسشنامه‌ها تحلیل و در صورت پایین‌بودن بار عاملی هر شاخص، آن شاخص حذف شد. برای انجام تحلیل عاملی تأییدی ابتدا با نرم‌افزار SPSS22 نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد و درصورت نرمال‌نبودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از نرم‌افزار Smart PLS نسخهٔ 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 به‌کار رفته است. علت این امر، رعایت اصل بزرگ‌تر یا مساوی‌بودن تعداد واحدهای تصمیم‌گیری از سه یا دو برابر مجموع تعداد ورودی‌ها و خروجی‌هاست؛ بنابراین، تصمیم بر اخذ نظر از خبرگان رشتهٔ حسابداری گرفته شد. بر این اساس، متغیرهای ورودی و خروجی شناسایی شد و با نظرسنجی از خبرگان (جامعهٔ آماری) باکمک تحلیل آماری تأییدی مرتبهٔ اول، تعیین شد. با توجه به مقدار به‌دست‌آمده برای شاخص KMO طبق نگارهٔ (۱)، که ۰/۷۲۵ است و با توجه به اینکه سطح

[1] Confirmatory Factor Analysis

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

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

متغیر	بار عاملی	مقدار t	نتیجه	متغیر	بار عاملی	مقدار t	نتیجه
تغییرات معاملات	۰/۳۲	-۱/٦٥	رد	متوسط بازده سالانه	۰/٥٤	۱/۳۳	رد
ریسک	۰/٤٥	۱/۲٥	رد	جمع درآمد	۰/٦٨	۲/۷۷	تأیید
جمع دارایی‌ها	۰/۷٦	۳/۷۷	تأیید	سود عملیاتی	۰/٦٥	۲/٦۲	تأیید
جمع بدهی‌ها	۰/۷۱	۲/٦٨	تأیید	سود خالص	۰/۷٥	۳/۱۱	تأیید
نسبت سرمایه‌گذاری	۰/۳۳	۱/۰۲	رد	شاخص NAV	۰/۲٥	۰/۳٥	رد
جمع حقوق صاحبان سهام	۰/۷٥	۳/۰۹	تأیید	EPS	۰/٦۰	-۰/۹۸	رد
سرمایهٔ اولیه	۰/٤۷	-۱/٤٤	رد	DPS	۰/٥٨	۰/٨٨	رد
جمع هزینه‌های شرکت	۰/٦٤	۲/٦٥	تأیید	P/E	۰/٥۹	۱/٥٦	رد
بتای سهام	۰/٤۳	۱/۲۱	رد	D/E	۰/٤٨	-۱/۳۳	رد
ارزش روز و بهای تمام‌شده	۰/۳٦	۱/۰۹	رد	ROI	۰/٦۲	۱/٦۹	رد

منبع: یافته‌های پژوهش

تعیین الگوی (DEA) مناسب

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[1] و خروجی‌محور[2] معروف هستند. هر کدام از این رویه‌ها نیز از دو طریق قابل حل‌اند؛ مدل اولیه که معمولاً به‌صورت بیشینه‌سازی است و به مدل مضربی معروف است و مدل ثانویه که معمولاً به‌صورت کمینه‌سازی است و معروف به مدل پوششی است.

برای انتخاب مدل مناسب به‌منظور ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، ابتدا نمرات کارایی برای کلیهٔ شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل‌های CCR و BCC با دو گرایش ورودی‌محور و خروجی‌محور، محاسبه شده است. مقایسهٔ نتایج حاصل از اجرای این مدل‌ها نشان می‌دهد میان نمرات مدل CCR و مدل BCC ورودی‌محور و خروجی‌محور تاحدودی تفاوت وجود دارد (نگارهٔ ۲). این تفاوت بیان‌کنندهٔ آن است که فرض بازده به مقیاس ثابت دربارهٔ 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.

[1] Input-Oriented
[2] Output-Oriented

نگارهٔ ۲- نتایج حاصل از مدل‌های CCR و BCC ورودی‌محور و خروجی‌محور

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 پردیس	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری توسعهٔ صنعتی ایران	۰/۹۷۵	۰/۵۴۰	۰/۴۸۳
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	۰/۵۹۰	۱	۱	سرمایه‌گذاری توسعه معادن 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
لیزینگ ایرانیان	۰/۷۴۳	۰/۷۷۶	۰/۷۵۸	سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی	۰/۱۵۷	۰/۲۴۰	۰/۱۵۷
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	۰/۱۷۴	۱	۱	سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	۰/۰۰۷	۰/۶۹۵	۰/۰۱۰
گروه سرمایه‌گذاری البرز	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی	۰/۶۵۰	۱	۱
سرمایه‌گذاری پارس توشه	۱	۱	۱	سرمایه‌گذاری ملت	۰/۰۱۲	۱	۱
سرمایه‌گذاری ملی ایران	۰/۵۰۸	۰/۷۱۷	۰/۷۸۳	سرمایه‌گذاری نیروگاهی 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 محاسبهٔ نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها پرداخته شده است. طبیعی است با توجه به ۳ خروجی و ٤ ورودی، تعداد نسبت‌ها ۱۲ خواهد بود. نگارهٔ (۳)، ماتریس D حاصل از گام اول را نشان می‌دهد:

نگارهٔ ۳- ماتریس D

d۱	d۲	d۳	d٤	d٥	d٦	d۷	d۸	d۹	d۱۰	d۱۱	d۱۲
۱٤/۱٥۱۳	۱/٤۲۲٤	۰/۱٦٦۰	۰/۱۸۷۹	۱۳/۹٤۲۱	۱/٤۰۱٤	۰/۱٦۳٦	۰/۱۸٥۲	۱٤/۹٤۲۱	۱/٥۰۱۹	۰/۱۷٥۳	۰/۱۹۸٤
۲۸/۷۲۰	۱/۸٤٤	۰/۱۸۸	۰/۲۰۹	۲۸/۸۲۰	۱/۸٥۱	۰/۱۸۹	۰/۲۱۰	۲۹/۷۱۰	۱/۹۰۸	۰/۱۹٥	۰/۲۱۷
۸/٤۸۸	۰/٥۷۹	۰/۱۸٦	۰/۲۷٥	۹/۲۲۱	۰/٦۲۹	۰/۲۰۳	۰/۲۹۹	۹/٤٤۰	۰/٦٤٤	۰/۲۰۷	۰/۳۰٦
٦٦/۹٤٤	۰/۸۲۲	۰/۱٥۸	۰/۱۹٦	٦۷/٦۱۷	۰/۸۳۰	۰/۱٦۰	۰/۱۹۸	٦۸/٥۹۸	۰/۸٤۲	۰/۱٦۲	۰/۲۰۱
۲٤/٦۷۷	۱/۰۲۳	۰/۱٤۰	۰/۱٦۲	۲٤/٦٤۰	۱/۰۲۲	۰/۱٤۰	۰/۱٦۲	۲٥/٦٤۰	۱/۰٦۳	۰/۱٤٦	۰/۱٦۹
۱۰/۷۸٤	۱٤/۰۷٦	۰/۱٦٦	۰/۱٦۸	۹/۸۰٥	۱۲/۷۹۸	۰/۱٥۱	۰/۱٥۳	۱۰/۸۰٥	۱٤/۱۰٤	۰/۱٦۷	۰/۱٦۹
۱۳/۷۷۷	۰/۹۹۲	۰/۲۲۰	۰/۲۸۳	٥/۲۳۷	۰/۳۷۷	۰/۰۸٤	۰/۱۰۸	٦/۲۳۷	۰/٤٤۹	۰/۱۰۰	۰/۱۲۸
۲/۰۷۱	۰/٤۲٥	۰/۰۹٥	۰/۱۲۲	۲/۸۲۹	۰/٥۸۰	۰/۱۲۹	۰/۱٦۷	۲/۹۸۰	۰/٦۱۱	۰/۱۳٦	۰/۱۷٥
۲۹/۸۱۲	۱/۲۹۷	۰/۱٥۷	۰/۱۷۹	۲۹/٦٥۱	۱/۲۹۰	۰/۱٥٦	۰/۱۷۸	۳۰/٦٥۱	۱/۳۳٤	۰/۱٦۱	۰/۱۸٤
-۰/۷۳٦	-۰/۱۲۰	-۰/۱۱۱	-۱/٥۳٦	-۰/۰۰٤	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۹	۰/۲٤۸	۰/۰٤۱	۰/۰۳۸	۰/٥۱۹
۱۳/۲۳۸	۰/۷٥٥	۰/۰٦٤	۰/۰۷۰	۱۲/۱٥۰	۰/٦۹۳	۰/۰٥۹	۰/۰٦٤	۱۲/۹٤۲	۰/۷۳۸	۰/۰٦۲	۰/۰٦۸
۱/٦۳۷	۰/۰۸٥	۰/۰٥٥	۰/۱٥٦	۰/۳۳۹	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۳/۷۳٦	۰/۱۹٥	۰/۱۲٦	۰/۳٥٥
-۰/٤٤۰	-۰/۱۱٦	-۰/۰٦۷	-۰/۱٦۱	-۰/۰۷۹	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۲	-۰/۰۲۹	۰/۲۲۸	۰/۰٦۰	۰/۰۳٥	۰/۰۸۳
۲٥/۲۸٤	۲/٦۷۰	۰/۲۹٤	۰/۳۳۰	۲٤/۱۰۹	۲/٥٤٦	۰/۲۸۰	۰/۳۱٥	۲٥/۱۰۹	۲/٦٥۲	۰/۲۹۲	۰/۳۲۸
۱۹/٤۸۳	۲/٥٤۱	۰/۳۱۲	۰/۳٥٥	۱۹/٦٦٦	۲/٥٦٤	۰/۳۱٥	۰/۳٥۹	۲۰/٦٦٥	۲/٦۹٥	۰/۳۳۱	۰/۳۷۷
۱۰/۸۹۲	۰/٦۱۱	۰/۱٦۲	۰/۲۲۰	۱۱/٦٤۹	۰/٦٥٤	۰/۱۷۳	۰/۲۳٦	۱۱/۸۹۷	۰/٦٦۸	۰/۱۷۷	۰/۲٤۱
۹/۲٥٥	٤/۹۰٤	۰/۲۰۱	۰/۲۰۹	۹/۲٤۷	٤/۸۹۰	۰/۲۰۰	۰/۲۰۹	۱۰/۲٤۷	٥/٤۳۰	۰/۲۲۲	۰/۲۳۱
-۰/۲۰۸	-۰/۰۳٦	-۰/۰۲۰	-۰/۰٤۳	۰/٦۹٤	۰/۱۲۱	۰/۰٦٦	۰/۱٤٥	۰/۷٥٤	۰/۱۳۲	۰/۰۷۲	۰/۱٥۷
۸/۳٦٥	۲/٦٦۹	۰/۱٤٤	۰/۱٥۲	۷/۰٦۱	۲/۲٥۳	۰/۱۲۲	۰/۱۲۸	۸/۰٦۱	۲/٥۷۳	۰/۱۳۹	۰/۱٤۷
۱۳۸/٤۳٤	۰/٥۲۸	۰/۱٦۹	۰/۲٤۹	۱۳۷/۹۷٦	۰/٥۲٦	۰/۱٦۹	۰/۲٤۸	۱۳۸/۹۷٦	۰/٥۳۰	۰/۱۷۰	۰/۲٥۰
۱۰/۲۲۱	۰/۸۰۱	۰/۰۹۷	۰/۱۱۱	۱۱/۰۷۲	۰/۸٦۸	۰/۱۰٥	۰/۱۲۰	۱۱/۲۰۲	۰/۸۷۸	۰/۱۰۷	۰/۱۲۱
۱۰/۳٤۰	۰/٦٦۷	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۱۰/۳۱۱	۰/٦٦٥	۰/۰۷۷	۰/۰۸۷	۱۱/۳۰٦	۰/۷۳۰	۰/۰۸٤	۰/۰۹٥
٥/۷۱۳	۱/۰۷۰	۰/۱۳٦	۰/۱٥٥	٥/۷٤۹	۱/۰۷۷	۰/۱۳۷	۰/۱٥٦	٦/٦٦۱	۱/۲٤۸	۰/۱٥۹	۰/۱۸۱
۱٥/۸٦۸	۰/٥۰۰	۰/۱۰۲	۰/۱۲۷	۱٤/۸٥۸	۰/٤٦۸	۰/۰۹٥	۰/۱۱۹	۱٥/۱۱۰	۰/٤۷٦	۰/۰۹۷	۰/۱۲۱
۳۰/۲۷۷	۰/۷٥۷	۰/۱۷۱	۰/۲۲۱	۳۰/٤۱۹	۰/۷٦۱	۰/۱۷۲	۰/۲۲۲	۳۱/۲۳۲	۰/۷۸۱	۰/۱۷۷	۰/۲۲۸
٥/۰٥٥	۰/٦٥۸	۰/۱۳۲	۰/۱٦٥	٤/۹۸٦	۰/٦٤۹	۰/۱۳۰	۰/۱٦۳	٥/۹۸٦	۰/۷۸۰	۰/۱٥٦	۰/۱۹٥
۳۸/۱٥۳	۱/۸٥۹	۰/۳۸۲	۰/٤۸۰	۳٦/۹٤۹	۱/۸۱۹	۰/۳۷۰	۰/٤٦٤	۳۷/۹٤۹	۱/۸٦۹	۰/۳۸۰	۰/٤۷۷
۱/۱۰۳	۰/٤۰٦	۰/۰٦٥	۰/۰۷۷	۱/۰۸۲	۰/۳۹۹	۰/۰٦٤	۰/۰۷٦	۲/۰٤٥	۰/۷٥۳	۰/۱۲۱	۰/۱٤۳
۱/۲۸۹	۰/۰۷۸	۰/۰۲۹	۰/۰٤۷	۱/۰۹٥	۰/۰٦٦	۰/۰۲٥	۰/۰٤۰	۲/۰۷۲	۰/۱۲٥	۰/۰٤۷	۰/۰۷٥
-۰/۸۳٦	-۰/۱٤۹	-۰/۰۲٤	-۰/۰۲۹	-۰/۹۱٤	-۰/۱٦۲	-۰/۰۲۷	-۰/۰۳۲	۰/۰۸٦	۰/۰۱٥	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
۲۷/۹۰٤	۰/۷۳۹	۰/۱۸۷	۰/۲٥۰	۲۸/٤۳۹	۰/۷٥۳	۰/۱۹۰	۰/۲٥٥	۲۸/۸۳۷	۰/۷٦٤	۰/۱۹۳	۰/۲٥۸
-۰/٦۹٥	-۰/۰٦۳	-۰/۰۰۹	-۰/۰۱۱	-۰/۳۹۲	-۰/۰۳٦	-۰/۰۰٥	-۰/۰۰٦	۰/۳۰٤	۰/۰۲۸	۰/۰۰٤	۰/۰۰٥
۲۹/۱۱۲	۰/٤۲۸	۰/۱٤۱	۰/۲۰۹	۲۸/۰۱۹	۰/٤۱۲	۰/۱۳٥	۰/۲۰۲	۲۹/۰۱۹	۰/٤۲٦	۰/۱٤۰	۰/۲۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج سپس فرایند PCA روی ماتریس D را به شرح زیر انجام می‌دهیم که نخستین قدم، استانداردسازی ماتریس D است که این ماتریس به شرح نگارهٔ (٤) است:

نگارهٔ ٤- ماتریس نرمال D

d۱	d۲	d۳	d٤	d٥	d٦	d۷	d۸	d۹	d۱۰	d۱۱	d۱۲
-۰/۱۳۹	۰/۰۲۰	۰/۳٤۳	۰/۲۲٥	-۰/۱۳۳	۰/۰٤۰	۰/۳٥۲	۰/۲۱۰	-۰/۱۲٦	۰/۰۲۲	۰/۳۰٦	-۰/۰٤۹
۰/٤۲۷	۰/۱۹۰	۰/٥٥۳	۰/۲۹۳	۰/٤٤٥	۰/۲۳۸	۰/٦۲٦	۰/٤۳٤	۰/٤٤٦	۰/۱۸٥	۰/٥۲۹	۰/۱۰٦
-۰/۳٥۹	-۰/۳۲۱	۰/٥۳۷	۰/٥۰۰	-۰/۳۱٦	-۰/۳۰۱	۰/۷۷۷	۱/۲۲٦	-۰/۳٤۰	-۰/۳۲۳	۰/٦۷۷	۰/۸۷۰
۱/۹۱۱	-۰/۲۲۳	۰/۲٦۹	۰/۲٥۰	۱/۹٥۱	-۰/۲۱۲	۰/۳۱۱	۰/۳۲٥	۱/۹٥٤	-۰/۲٤٤	۰/۱٥٤	-۰/۰۲۹
۰/۲۷۰	-۰/۱٤۱	۰/۰۹٦	۰/۱٤٤	۰/۲۸۲	-۰/۱۲۸	۰/۰۹۳	۰/۰۰۳	۰/۲۸۹	-۰/۱٥٤	-۰/۰۳۹	-۰/۳۰٥
-۰/۲۷۰	٥/۱۳۳	۰/۳٤۷	۰/۱٦۳	-۰/۲۹٤	٥/۰۷۰	۰/۲۱۹	-۰/۰۷٦	-۰/۲۸۷	٥/۰۹٤	۰/۲۰۷	-۰/۳۰٤
-۰/۱٥۳	-۰/۱٥٤	۰/۸٥۹	۰/٥۲٥	-۰/٤۷۱	-۰/٤۱۲	-۰/٥۱۹	-۰/٤۸٤	-۰/٤٦٤	-۰/٤۰۲	-۰/٥۷۰	-۰/٦٥۲
-۰/٦۰۸	-۰/۳۸۳	-۰/۳۳٥	۰/۰۱۷	-۰/٥٦٥	-۰/۳۲۳	-۰/۰۲۰	۰/۰٤٤	-۰/٥۹۰	-۰/۳۳٦	-۰/۱٤٥	-۰/۲٤٦
۰/٤٦۹	-۰/۰۳۱	۰/۲٥۷	۰/۱۹٥	۰/٤۷۷	-۰/۰۰۹	۰/۲۷۱	۰/۱٤۲	۰/٤۸۳	-۰/۰٤٦	۰/۱٤٥	-۰/۱۷۷
-۰/۷۱۷	-۰/٦۰۳	-۲/۲۹۸	-٥/۲۱۹	-۰/٦۷٥	-۰/٥۷۹	-۱/٤۳۹	-۱/٥۲٦	-۰/٦۹٦	-۰/٥٦٦	-۱/۲۸۸	۲/٦۹۲
-۰/۱۷٤	-۰/۲٥۰	-۰/٦۳۱	-۰/۱٤۹	-۰/۲۰۳	-۰/۲۷۳	-۰/۷۹٤	-۰/۸۷٥	-۰/۲۰٤	-۰/۲۸٥	-۱/۰۰۲	-۱/۱٦٦
-۰/٦۲٥	-۰/٥۲۰	-۰/۷۱۳	۰/۱۲۳	-۰/٦٦۱	-۰/٥۷۱	-۱/۳۰۸	-۱/۱٥۹	-۰/٥٦۱	-۰/٥۰٤	-۰/۲٦۸	۱/۲۹٥
-۰/۷۰٥	-۰/٦۰۲	-۱/۸۷۹	-۰/۸۷۷	-۰/٦۷۸	-۰/٥۸۸	-۱/٥٦۳	-۱/۷۰٤	-۰/٦۹۷	-۰/٥٥۸	-۱/۳۱۹	-۱/۰۳٤
۰/۲۹٤	۰/٥۲٤	۱/٥٥۸	۰/٦۷۳	۰/۲٦۲	۰/٥٤٥	۱/٦۲۲	۱/۳٦۸	۰/۲٦۸	۰/٤۸٥	۱/٦٥۳	۱/۰٥۷
۰/۰٦۸	۰/٤۷۲	۱/۷۳۰	۰/۷٥۳	۰/۰۸۹	۰/٥٥۳	۱/۹۹۹	۱/۷٦۲	۰/۰۹٦	۰/٥۰۲	۲/۱۰۳	۱/٤۷۸
-۰/۲٦٥	-۰/۳۰۸	۰/۳۰٥	۰/۳۲۷	-۰/۲۲۲	-۰/۲۹۰	۰/٤٥۸	۰/٦٦۲	-۰/۲٤٤	-۰/۳۱٤	۰/۳۲٥	۰/۳۱۳
-۰/۳۲۹	۱/٤۲۷	۰/٦۷۲	۰/۲۹۲	-۰/۳۱٥	۱/٥۸٤	۰/۷٥۳	۰/٤۲۲	-۰/۳۰۸	۱/٦۰۳	۰/۸٤۷	۰/۲۳۳
-۰/٦۹٦	-۰/٥۷۰	-۱/٤۲٦	-۰/٥۰٦	-۰/٦٤۸	-۰/٥۲٥	-۰/۷۱٤	-۰/۱٥٤	-۰/٦۷٦	-۰/٥۲۹	-۰/۸۹٥	-۰/٤۰٤
-۰/۳٦٤	۰/٥۲٤	۰/۱۳۳	۰/۱۱۲	-۰/٤۰۰	۰/٤۱٦	-۰/۱۰٦	-۰/۲۹۷	-۰/۳۹۳	۰/٤٥۳	-۰/۱۱۷	-۰/٤۹۳
٤/٦۸۷	-۰/۳٤۲	۰/۳۷۳	۰/٤۱۸	٤/٦۸٤	-۰/۳٤۷	۰/٤۰۷	۰/۷۷٤	۰/٦۸۳	-۰/۳٦۹	۰/۲٤۳	۰/۳۹۲
-۰/۲۹۱	-۰/۲۳۱	-۰/۳۱۲	-۰/۰۱۹	-0/۲٤٥	-۰/۱۹٦	-۰/۲۸٤	-۰/۳۷٥	-۰/۲۷۱	-۰/۲۲۹	-۰/٤۹۱	-۰/۷۱۱
-۰/۲۸۷	-۰/۲۸٥	-۰/٥۰۳	-۰/۰۹۳	-۰/۲۷٤	-۰/۲۸٥	-۰/٥۹۳	-۰/٦٦۸	-۰/۲٦۷	-۰/۲۸۹	-۰/۷٤۷	-۰/۹۳۲
-۰/٤٦۷	-۰/۱۲۲	۰/۰٥٤	۰/۱۲۲	-۰/٤٥۱	-۰/۱۰۳	۰/۰٥۷	-۰/۰٤۸	-۰/٤٤۷	-۰/۰۸۰	۰/۱۰۸	-۰/۱۹۸
-۰/۰۷۲	-۰/۳٥۳	-۰/۲۷۱	۰/۰۳٤	-۰/۰۹۷	-۰/۳۷۲	-۰/۳۹٥	-۰/۳۸۰	-۰/۱۲۰	-۰/۳۹۱	-۰/٦۰٥	-۰/۷۱۰
۰/٤۸۷	-۰/۲٤۹	۰/۳۹۳	۰/۳۳۰	۰/٥۰۷	-۰/۲٤۳	۰/٤٤٥	۰/٥٤۳	۰/٥۰٥	-۰/۲٦۸	۰/۳۲۲	۰/۲۰٦
-۰/٤۹۲	-۰/۲۸۹	۰/۰۱۹	۰/۱٥۳	-۰/٤۸۱	-۰/۲۹۲	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۰	-۰/٤۷٤	-۰/۲٦۹	۰/۰۸٥	-۰/۰۷٦
۰/۷۹۳	۰/۲۰٤	۲/٤۰۰	۱/۱٤٦	۰/۷٦۰	۰/۲۲٤	۲/٦۰٤	۲/۷۰۹	۰/۷٦٦	۰/۱۷۰	۲/٦۷٦	۲/۳۳٦
-۰/٦٤٦	-۰/۳۹۱	-۰/٦۱۹	-۰/۱۲٤	-۰/٦۳۲	-۰/٤۰۳	-۰/۷۳۷	-۰/۷٦۸	-۰/٦۲٦	-۰/۲۷۹	-۰/۳۲۹	-۰/٥۲۰
-۰/٦۳۸	-۰/٥۲۳	-۰/۹٦۰	-۰/۲۲۱	-۰/٦۳۲	-۰/٥٤۹	-۱/۱٦۲	-۱/۰۹۳	-۰/٦۲٥	-۰/٥۳۲	-۱/۱۸۱	-۱/۱۰۷
-۰/۷۲۱	-۰/٦۱٥	-۱/٤٦۹	-۰/٤٦۰	-۰/۷۱۰	-۰/٦٥۱	-۱/۷۲۲	-۱/۷۳۱	-۰/۷۰۲	-۰/٥۷٦	-۱/٦۹٥	-۱/۷۲۳
۰/۳۹٥	-۰/۲٥٦	۰/٥٤۰	۰/٤۲۰	۰/٤۳۰	-۰/۲٤٦	۰/٦٤۳	۰/۸۳۱	۰/٤۱۳	-۰/۲۷٥	۰/٥۱۰	۰/٤٦۱
-۰/۷۱٥	-۰/٥۸۰	-۱/۳۲٤	-۰/٤۰۲	-۰/٦۹۰	-۰/٥۹٤	-۱/٤۸۸	-۱/٥۰۰	-۰/٦۹٤	-۰/٥۷۱	-۱/٦۷۸	-۱/۷۰۹
۰/٤٤۲	-۰/۳۸۲	۰/۱۰۱	۰/۲۹۳	۰/٤۱٤	-۰/۳۹۷	۰/۰٤٤	۰/۳٥۷	۰/٤۲۰	-۰/٤۱۱	-۰/۱۰۱	۰/۰۳۹

منبع: یافته‌های پژوهش

گام ۲: محاسبهٔ ماتریس واریانس- کوواریانس R

نتایج حاصل از گام دوم یعنی ماتریس همبستگی در قالب نگارهٔ (۵)، آورده شده است که به شرح زیر است:

نگارهٔ ۵- ماتریس واریانس- کوواریانس R

	Zd۱	Zd۲	Zd۳	Zd٤	Zd٥	Zd٦	Zd۷	Zd۸	Zd۹	Zd۱۰	Zd۱۱	Zd۱۲
Zd۱	۱/۰۰۰۰	۰/٦۷٥٥	۰/۰۸۰٦	۰/۲۰۰٦	۰/٥۹٦٥	۰/٥۸٥۲	۰/۰۹۲۰	۰/۱۹۷٥	-۰/۱٥٦	۰/٤٤۸٤	۰/۰۷٤۹	۰/۱۹۲۸
Zd۲	۰/٦۷٥٥	۱/۰۰۰۰	۰/۳۱٥۸	۰/۳۰٥۱	۰/۹٤۱٦	۰/۹۷۰٤	۰/۳۳۳۲	۰/۳۰۲۸	۰/٥٤٦٤	۰/۹۲۱۸	۰/۳۱۳۸	۰/۳۰۳۰
Zd۳	۰/۰۸۰٦	۰/۳۱٥۸	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۲٦٤	۰/۲۱۳۰	۰/۳۰۹۸	۰/۹۹۹۲	-۰/۰۲۸٦	۰/۱۷۳٥	۰/۳۲۱٤	۰/۹۹۷۹	-۰/۰۲٤۷
Zd٤	۰/۲۰۰٦	۰/۳۰٥۱	-۰/۰۲٦٤	۱/۰۰۰۰	۰/٤۲۲۰	۰/۳۷۰۳	-۰/۰۰۸۹	۰/۹۹۹۸	۰/۲٥۹۷	۰/۳٥۲۸	-۰/۰۱٤۰	۰/۹۹۸۲
Zd٥	۰/٥۹٦٥	۰/۹٤۱٦	۰/۲۱۳۰	۰/٤۲۲۰	۱/۰۰۰۰	۰/۹۷۸۸	۰/۲۳۷۲	۰/٤۲٤۲	۰/٥۷۹۸	۰/۹۰٥٦	۰/۲۱۷۸	۰/٤۲۲۲
Zd٦	۰/٥۸٥۲	۰/۹۷۰٤	۰/۳۰۹۸	۰/۳۷۰۳	۰/۹۷۸۸	۱/۰۰۰۰	۰/۳۳۳۲	۰/۳۷۱۹	۰/٥٦۸۲	۰/۹۳٦٤	۰/۳۱۲۸	۰/۳۷۰۷
Zd۷	۰/۰۹۲۰	۰/۳۳۳۲	۰/۹۹۹۲	-۰/۰۰۸۹	۰/۲۳۷۲	۰/۳۳۳۲	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۱۰۷	۰/۱۸۲۹	۰/۳٤۰۷	۰/۹۹۸۰	-۰/۰۰۷۱
Zd۸	۰/۱۹۷٥	۰/۳۰۲۸	-۰/۰۲۸٦	۰/۹۹۹۸	۰/٤۲٤۲	۰/۳۷۱۹	-۰/۰۱۰۷	۱/۰۰۰۰	۰/۲٥٥۰	۰/۳٥۰۲	-۰/۰۱٦۲	۰/۹۹۸۱
Zd۹	-۰/۱٥٦	۰/٥٤٦٤	۰/۱۷۳٥	۰/۲٥۹۷	۰/٥۷۹۸	۰/٥٦۸۲	۰/۱۸۲۹	۰/۲٥٥۰	۱/۰۰۰۰	۰/۷۱۷۹	۰/۱۸٦۳	۰/۲٦۸۲
Zd۱۰	۰/٤٤۸٤	۰/۹۲۱۸	۰/۳۲۱٤	۰/۳٥۲۸	۰/۹۰٥٦	۰/۹۳٦٤	۰/۳٤۰۷	۰/۳٥۰۲	۰/۷۱۷۹	۱/۰۰۰۰	۰/۳۲۷٥	۰/۳٦٦۸
Zd۱۱	۰/۰۷٤۹	۰/۳۱۳۸	۰/۹۹۷۹	-۰/۰۱٤۰	۰/۲۱۷۸	۰/۳۱۲۸	۰/۹۹۸۰	-۰/۰۱٦۲	۰/۱۸٦۳	۰/۳۳۷٥	۱/۰۰۰۰	-۰/۰۰۹٤
Zd۱۲	۰/۱۹۲۸	۰/۳۰۳۰	-۰/۰۲٤۷	۰/۹۹۸۲	۰/٤۲۲۲	۰/۳۷۰۷	-۰/۰۰۷۱	۰/۹۹۸۱	۰/۲٦۸۲	۰/۳٦٦۹	-۰/۰۰۹٤	۱/۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

گام۳: محاسبهٔ مقادیر ویژه ماتریس R

با استفاده از ماتریس D، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه محاسبه می‌شوند. در نگارهٔ (٦)، مقادیر ویژه و نسبت مقادیر ویژهٔ نسبی ارائه شده است:

نگارهٔ ٦- مقادیر ویژه

۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۱۲	۱/۱۷	۱/۸٥	۳/۰٦	٥/٦۹	
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۱٥	۰/۲٦	۰/3۷	نسبت

منبع: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج نگارهٔ (٦)، مجموع چهار نسبت اول بیش از ۰/۸۰ و برابر با ۰/8۸ است که نشان می‌دهد چهار مؤلفهٔ نخست، مؤلفه‌های اصلی‌اند.

گام ٤ و ٥: محاسبه و انتخاب مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان متغیرهای خروجی مدل DEA

مؤلفه‌های اصلی بر اساس رابطهٔ (۳)، محاسبه و به شرح نگارهٔ (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 رابطهٔ $-Min(PC_i^j)+1$ استفاده می‌شود. با این عمل تمامی مؤلفه‌های اصلی، خروجی در نظر گرفته شد.

نگارهٔ ۷- مؤلفه‌های اصلی

نام شرکت	PC۱	PC۲	PC۳	PC٤
گروه سرمایه‌گذاری آتیه دماوند	۰/٤۳۲۱۱٤	۰/۱۹٦۷۷۳	۰/٤۱۲۰٦	۰/۲٥۲۳٤۱
سرمایه‌گذاری سپه	۱/۳٦٦۲۲۸	۰/۱۷۱۸٦٦	۰/۱۲۲٤۸٥	۰/۰۹۰۱۹۱
سرمایه‌گذاری گروه صنعتی رنا	۱/۱۳۲۸۸٥	۰/۱۰٦۳٦۳	۱/۷۱۱٥٦۱	۰/۰٥۰۰۸۲
سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری	۱/۷٦٦۳٥۲	۲/۳۷٤٤۹۷	۱/۷۳۸۰۲۸	۰/۰٤۹٤۸۹
سرمایه‌گذاری نور کوثر ایرانیان	۰/۱٥٤۳۲۱	۰/٤۷۷۱۱٦	۰/۲۳۹۰٥	۰/۳۰۳۸٦٥
سرمایه‌گذاری پردیس	۲/۹٤۸٦٦۲	۷/۲٥٦۲٦۲	٤/۱۰۳٤۱	۰/٥٦۲۲٥۳
سرمایه‌گذاری اعتبار ایران	۰/۷٤۰٥۰۹	۰/۰۰۸٦۹	۰/۳۲۳٤۰۷	۱/۱۱۸٤۹۸
سرمایه‌گذاری خوارزمی	۰/۸٥۷۷۷۷	۰/۱٤۸۱۱۱	۰/۸۰۱۰٤۱	۰/۲۹۰٦۱
توسعه صنایع بهشهر	۰/٦٦۰۲۰۸	۰/٥۳۱۲۱٥	۰/۳٦۲۹٦۲	۰/۲۱۷۹٤
گروه صنعتی سدید	٤/۱۰۱۹۸٦	۰/۲۰۱۲۱٥	۰/۱۸۷۲۲۲	٥/٥۸٦٤۷
گروه سرمایه‌گذاری سایپا	۱/۸٦۷۸۸۷	۰/۱٤۰۳۰٦	۰/٦۸۲٥٥۱	۰/۷۰۱۹٥٦
لیزینگ ایرانیان	۱/۷۷٤۳۹۸	۰/۱۰۸۳۰۱	۰/۷٥٥۲۰۲	۰/٦۸۷٥۷٦
سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان	۳/۷۹۲٤۳٥	۰/۰٥٤۱٥۲	۰/٥٦٤۸۹۱	۰/۰۳۷۲۷
گروه سرمایه‌گذاری البرز	۳/۲۹۸۲۸	۰/٤۳٤۲۲۸	۱/۰٤۹٤٤۸	۰/۱۹۱۳۳٤
سرمایه‌گذاری پارس توشه	۳/۸۰٤۳۳۸	۰/٦۱۷٦۲۹	۱/۷۳۸٤٦٥	۰/۳۷۷٤۷۸
سرمایه‌گذاری ملی ایران	۰/٤۷٥٤۲۲	۰/۱٦۸۱۳	۱/۰۷۱٥۲	۰/۱٥۹۲۳٤
سرمایه‌گذاری صنعت و معدن	۱/۸۱۰٥۸۲	۲/٤٥۸۷٤۸	۰/۲٦۹۹۲۱	۰/۱۲۱۸٦۷
سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	۲/۲٥۳۲۱۹	۰/۰۷٦٥۱٦	۰/۳٥٦۰۹۷	۰/۰۷۰۷۲٦
سرمایه‌گذاری بوعلی	۰/۲٥۰۰۰٤	۱/۰۷۲۱۸٤	۰/۲۰۹٤٥۷	۰/٤۱٤۷۷۳
مدیریت سرمایه‌گذاری امید	٤/۱۳۸۷۳۸	٥/٥۰۸۰۰۳	٤/٤۲٤۲۰٦	۰/٦۳۷۷٦۷
سرمایه‌گذاری غدیر	۱/۰٤۹۱٦۹	۰/۰۰۳۹۰۹	۰/۰٦۰۲٥	۰/٥۱۹۸۳۳
سرمایه‌گذاری بهمن	۱/٥٦٥۹۹	۰/۰۷۷۷۳٥	۰/۳۱۰۷۳۳	۰/٦۰۹۸٦۸
سرمایه‌گذاری توسعه صنعتی ایران	۰/۳٤۰۸۷۹	۰/۳٦۳۷٤۳	۰/٥۹۹۱٦۸	۰/۳۱۷۱٦٥
سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات	۰/۰٦۹٤۰۹	۰/۳۹۳۰۸۹	۰/۱٦٦۳٦۸	۰/٥۷۲۰۷۸
سرمایه‌گذاری توسعه ملی	۱/۰۱۰۸٦۷	۰/۸۸۱۹۹۱	۰/۱٤۰۲٦	۰/۱۱۲۲۸٥
سرمایه‌گذاری توکا فولاد	۰/٤٥۷۰۸۹	۰/۱۳٦۳٥۸	۰/۸۱۱٥۹٤	۰/۲۹۲۰۸۱
داروپخش	٥/٥۰٤۷۸۹	۰/٥٦٦۷٥۲	۲/۱٦٤۳۷۹	۰/٦٤۰٥۲۲
سرمایه‌گذاری نیرو	۱/۷٦۸۰۱۸	۰/۲۰۹۰٤٦	۰/۳۰۹٦٥۳	۰/۳٤۱۲۸
سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی	۲/۷۷۰۹۱۲	۰/۰٤٥۸۱۷	۰/۱۹۱٥۱۷	۰/٦۸۷۳۰۷
سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	۳/۹۲۹۲۲۱	۰/۰٥٦۳	۰/۷٤۹۹۱۸	۰/۸۹٥۷۷۳
سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی	۱/۳۳۹٦٦۸	۰/۸۰٥۸۸۷	۰/٥۱۹۱۷٥	۰/۰۳۷۳۰۹
سرمایه‌گذاری ملت	۳/٦٤۱۸٤۸	۰/۰۲۸٦٤۱	۰/٦٤۰۸٤٥	۰/۹٤٥۰۹٤
سرمایه‌گذاری نیروگاهی ایران- سنا	۰/۳۲٤۲۸٥	۱/۰۱۱٥٤	۰/۰۱۰۹۷۲	۰/۲۱۰٦۳۲
سرمایه‌گذاری صنعت نفت	۲/۰٦۳۰۱۱	۰/۸۹۷۱۳۲	۱/۸۹۷۳۱۲	۰/۱٥۱۸۲

منبع: یافته‌های پژوهش

گام ٦: 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 مرحلهٔ قبلی، از نوع افزایشی است؛ بنابراین، تمامی آنها خروجی مدل در نظر گرفته شد. ضمناً از ورودی مجازی با مقادیر یک برای همهٔ DMUهای مدل BCC ورودی‌گرا استفاده شد. نتایج اجرای این مدل در نگارهٔ (۸) آمده است.

نگارهٔ ۸- نتایج مدل BCC ورودی‌گرا و نتایج رتبه‌بندی

Rank	BCC ورودی‌محور	نام شرکت	Rank	BCC ورودی‌محور	نام شرکت
١٤	٠/٤٠٩٣	سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	٣٣	٠/١٢٦٤	گروه سرمایه‌گذاری آتیه دماوند
٢٨	٠/٢٠٥٦	سرمایه‌گذاری بوعلی	٢٢	٠/٢٤٩٧	سرمایه‌گذاری سپه
١	١	مدیریت سرمایه‌گذاری امید	٢٠	٠/٣٨٦٩	سرمایه‌گذاری گروه صنعتی رنا
٢٥	٠/٢١٠٤	سرمایه‌گذاری غدیر	١٠	٠/٤٢٨٨	سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری
١٩	٠/٣٠٥٨	سرمایه‌گذاری بهمن	٣٤	٠/١١٢٣	سرمایه‌گذاری نور کوثر ایرانیان
٣٢	٠/١٧٥٢	سرمایه‌گذاری توسعه صنعتی ایران	٢	١	سرمایه‌گذاری پردیس
٢٣	٠/٢٣٠٩	سرمایه‌گذاری توسعه معادن و فلزات	٢٧	٠/٢٥٧٧	سرمایه‌گذاری اعتبار ایران
٢١	٠/٢٢١٦	سرمایه‌گذاری توسعه ملی	٢٤	٠/٢١١٢	سرمایه‌گذاری خوارزمی
٣١	٠/٢١٣٦	سرمایه‌گذاری توکا فولاد	٢٦	٠/١٤٩١	توسعه صنایع بهشهر
٣	١	داروپخش	٤	١	گروه صنعتی سدید
١٧	٠/٣٢٩٥	سرمایه‌گذاری نیرو	١٥	٠/٣٧٠٥	گروه سرمایه‌گذاری سایپا
١٣	٠/٥٢١٦	سرمایه‌گذاری صنایع پتروشیمی	١٦	٠/٣٦٢٦	لیزینگ ایرانیان
٦	٠/٧٣٥٧	سرمایه‌گذاری صنعت بیمه	٨	٠/٦٨٨٩	سرمایه‌گذاری توسعه آذربایجان
١٨	٠/٢٧٦	سرمایه‌گذاری گروه توسعه ملی	٩	٠/٦٠٣٨	گروه سرمایه‌گذاری البرز
٧	٠/٦٨٧٦	سرمایه‌گذاری ملت	٥	٠/٧١٢٦	سرمایه‌گذاری پارس توشه
٣٠	٠/١٦٢٥	سرمایه‌گذاری نیروگاهی ایران- سنا	٢٩	٠/٢٤٣	سرمایه‌گذاری ملی ایران
١٢	٠/٤٧١١	سرمایه‌گذاری صنعت نفت	١١	٠/٤٤١٧	سرمایه‌گذاری صنعت و معدن

منبع: یافته‌های پژوهش

گام ۷: رتبه‌بندی واحدهای کارا

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

نتیجه‌گیری

در این پژوهش پس از مطالعهٔ پیشینهٔ پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص ارزیابی عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری، دو دسته متغیر برای ارزیابی شرکت‌های سرمایه‌گذاری شناسایی شد. نظر خبرگان دربارهٔ متغیرهای شناسایی‌شده، جمع‌آوری شد که برخی از آنها با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی حذف شدند. در این مطالعه، متغیرهای جمع دارایی‌ها، جمع بدهی‌ها، جمع حقوق صاحبان سهام و جمع هزینه‌های شرکت، ورودی و متغیرهای

درآمد، سود خالص و سود عملیاتی، خروجی درنظر 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 کلیهٔ شرکت‌های سرمایه‌گذاری با استفاده از مدل‌های CCR و BCC با دو گرایش ورودی‌محور و خروجی‌محور محاسبه شده است. مقایسهٔ 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 ۳٤ شرکت سرمایه‌گذاری تحت بررسی در سال ۱۳۹۵، فقط ٤ شرکت با امتیاز کارایی یک، کارا هستند. به عبارت دیگر، ۱۲درصد شرکت‌های سرمایه‌گذاری کارا و ۸۸درصد 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 بهینهٔ شرکت‌های ناکارا، برنامه‌ریزی کرد.

۲.از آنجا که با افزایش تعداد DMUها، نتایج واقعی‌تری به‌دست می‌آید، انجام پژوهشی مشابه 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.

٤.در PCA فرض اولیه این است که متغیرهای بررسی‌شده دارای توزیع نرمال‌اند. توسعهٔ مدل PCA به متغیرهای تصادفی فازی با توزیع نرمال نیز اهمیت می‌یابد.

۵.با توجه به پیشنهاد قبلی، ارائهٔ مدل تلفیقی DEA-PCA برای محاسبهٔ 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. *فصلنامهٔ مدیریت منابع در نیروی انتظامی*، سال چهارم، شمارهٔ ۲، ص ۱۱– ۳٦.

۲. جهانشاهلو، غلامرضا، حسین‌زاده لطفی، فرهاد و هاشم نیکومرام. (۱۳۸۷). *تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پژوهشات.

۳. خواجوی، شکراله، فتاحی نافچی، حسن و محمدحسین قدیریان. (۱۳۹٤). رتبه‌بندی و

ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های صنایع منتخب بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ترکیبی فازی –AHP- ویکور، *مجلهٔ دانش حسابرسی*، ۱۵ (٦۰).

٤. راعی، رضا، صادقی شریف، سیدجلال، محمدی، شاپور و محسن صادقی. (۱۳۹۰). اسناد عملکرد پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامهٔ بورس اوراق بهادار*، سال چهارم، شمارهٔ ۱۵، ص ٤۳-٦۹.

۵. رهنمای رودپشتی، فریدون، نیکومرام، هاشم، طلوعی، عباس و مرضیه بیات. (۱۳۹٤). بررسی کارایی بهینه‌سازی پرتفوی بر اساس مدل پایدار با بهینه‌سازی کلاسیک در پیش‌بینی ریسک و بازده پرتفوی، *مجلهٔ مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، شمارهٔ ۲۲، ص ۲۹- ۵۹.

٦. شعری، صابر و ناهید قربانی. (۱۳۹٤). رابطهٔ انعطاف‌پذیری مالی با عملکرد شرکت‌های سرمایه‌گذاری در ایران از منظر بازار. *پژوهش‌های تجربی حسابداری*، سال چهارم، شمارهٔ ۱۵، ص ۱٦۵- ۱۸۰.

۷. مشایخ، شهناز. (۱۳۸۲). *بازده اضافه مدیریت فعال در شرکت‌های سرمایه‌گذاری*. رسالهٔ 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. *پژوهشنامهٔ علوم انسانی و اجتماعی*، سال6 ، شمارهٔ 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 Perofmance 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.

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.

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی