

ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از رویکرد ترکیبی DEA فازی – TOPSIS (مطالعه موردی: شرکت‌های پتروشیمی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران)

مقصود امیری^۱، سید علی رئیس زاده^۲، زهرا صدیقی پاشاکی^۳

دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۲

چکیده:

یکی از چالش‌های پیش روی سرمایه‌گذاران، شناسایی شرکت‌هایی با کارایی بهتر و ریسک سرمایه‌گذاری کمتر می‌باشد که از ملزومات این تصمیم‌گیری، سنجش درست کارایی شرکت‌ها و یا به عبارتی ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده خواهد بود. هدف از انجام پژوهش حاضر معرفی و بیان رویکرد ترکیبی DEA فازی – TOPSIS جهت ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشد که از این روش ترکیبی جهت ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌های پتروشیمی فعال در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده روش ترکیبی DEA فازی – TOPSIS به دلیل تشخیص بهترین DMU از بین DMU های کارا، کاراتر از روش DEA کلاسیک می‌باشد، همچنین نتایج این روش به دلیل استفاده از اعداد فازی با به‌کارگیری داده‌ها از جوانب بهترین، بدترین و میانگین عملکرد شرکت‌ها، نسبت به حالت قطعی از جامعیت و اعتبار بیشتری برخوردار است. در نهایت پس از ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی ۱۲ شرکت پتروشیمی طی دوره زمانی ۳ سال با استفاده از این روش، شرکت‌های پتروشیمی پردیس و امیرکبیر به ترتیب بهترین و ضعیف‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده‌اند. در پایان از ضریب همبستگی، بین نتایج حاصل از به‌کارگیری رویکرد ترکیبی با میانگین بازده حقوق صاحبان سهام هر شرکت طی دوره موردبررسی، جهت سنجش اعتبار مدل و صحت نتایج به‌دست‌آمده، استفاده شده است.

واژگان کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌ها، منطق فازی، TOPSIS.
طبقه‌بندی JEL: C52, C61

۱. دکترای مهندسی صنایع، استاد، عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبائی، Mg_amiri@yahoo.com

۲. دانشجوی دکترای مدیریت مالی، مربی، عضو هیئت علمی مؤسسه آموزش عالی رجاء، قزوین،

reiszadeh57@yahoo.com

۳. کارشناسی ارشد مهندسی مالی، مؤسسه آموزش عالی رجاء، قزوین، (نویسنده مسئول). z.seddighi.p@gmail.com

۱- مقدمه

ارزیابی عملکرد از دیرباز یکی از پیش‌نیازهای مهم مدیریت عملکرد بوده است. ارزیابی عملکرد و معرفی واحدهای تصمیم‌گیرنده برتر، موقعیت هر یک را در محیط رقابتی بر اساس شاخص‌ها یا متغیرهای مختلف مشخص می‌کند. درواقع ارزیابی صحیح شرکت‌ها در صنایع می‌تواند آینه تمام‌نمایی از وضعیت شرکت‌های مختلف نسبت به رقبای خود باشد و نقاط ضعف و قوت درونی و نیز فرصت و تهدید بیرونی شرکت‌ها را مشخص نماید. [۶]

پتروشیمی یکی از ابزارهای کشورهای نفت‌خیز برای استفاده از ارزش‌افزوده فرآورده‌ای استحصال‌ی از مواد نفتی است. مواد اولیه فراوان، ارزش‌افزوده بالا، ایجاد اشتغال و نیازهای داخلی کشور از جمله مزایای صنعت پتروشیمی در ایران به شمار می‌روند. ارزیابی عملکرد شرکت‌های مذکور به جهت سابقه خوبی که این صنعت طی سال‌های گذشته داشته امری مهم برای سرمایه‌گذاران در خصوص خرید و فروش سهام مربوط به این صنعت در بورس اوراق بهادار به حساب می‌آید. همچنین با توجه به اینکه تاکنون تحقیقات و مطالعات بسیار اندکی در رابطه با ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌های مربوط به این صنعت در بورس اوراق بهادار انجام شده، انجام این پژوهش مهم و ضروری قلمداد می‌شود.

بنابراین در پژوهش حاضر از رویکرد ترکیبی TOPSIS – DEA با کاربرد منطق فازی جهت ارزیابی عملکرد شرکت‌های پتروشیمی استفاده شده است که طی آن با معرفی دو DMU مجازی، با عنوان ایدئال^۱ و ضد ایدئال^۲، برای تعیین بهترین و بدترین میزان کارایی نسبی هر DMU مورد استفاده قرار می‌گیرد. از دو مقدار به دست آمده برای کارایی، به کمک روش TOPSIS که در مبحث تصمیم‌گیری چند معیار مطرح است، برای ایجاد یک شاخص به نام نزدیکی نسبی به ADMU استفاده نموده و از شاخص RC جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تمامی DMU ها بکار گرفته می‌شود.

هدف از انجام این تحقیق، معرفی و بیان رویکرد ترکیبی DEA فازی – TOPSIS جهت ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشد که از این روش ترکیبی جهت ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی ۱۲ شرکت پتروشیمی فعال در بورس اوراق بهادار استفاده شده است.

1. Ideal Decision Making Unit (IDMU).

2. Anti-Ideal Decision Making Unit (ADMU).

- پرسش‌های مطرح‌شده در راستای شکل‌گیری این پژوهش مطابق زیر می‌باشد:
- (۱) چگونه می‌توان روش ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی-تاپسیس را برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده بکار برد؟
 - (۲) آیا این روش ترکیبی از روش DEA کلاسیک کارا تر است؟
 - (۳) نحوه دستیابی به میزان اهمیت هر یک از معیارها در ارزیابی عملکرد شرکت‌های پتروشیمی چگونه است؟
 - (۴) رتبه‌بندی شرکت‌های پتروشیمی در بورس اوراق بهادار تهران چگونه است؟
- در پژوهش حاضر، ابتدا مبانی نظری و پیشینه تحقیق بیان خواهد شد، پس از آن، مدل‌ها به همراه جامعه آماری و شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش پیش رو به‌طور کامل شرح داده خواهد شد، در بخش بعدی یافته‌های تحقیق، عنوان و در پایان نتایج حاصل از حل مدل بیان می‌شود.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه تحقیق

تحلیل پوششی داده‌ها: روش‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد موجود می‌باشد، که در میان آن‌ها اندازه‌گیری کارایی، به شیوه محاسبه نسبت ارزش کل خروجی‌ها به ارزش کل ورودی‌های یک واحد، می‌تواند در رسیدن به اهداف پژوهش کمک مؤثری داشته باشد. تحلیل پوششی داده‌ها^۱ یک روش اندازه‌گیری کارایی می‌باشد که برای محاسبه کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده^۲ با چندین ورودی و خروجی بکار می‌رود. اما در روش DEA فرض بر این است، واحدهایی که دارای نمره کارایی ۱ هستند کارا و در غیر این صورت ناکارا معرفی می‌شوند. در حقیقت این مدل قادر است با ارائه راهکارهای مناسب و مفید، شرکت‌های رتبه بندی شده را در راستای بهره‌ورتر شدن یاری دهد [۱]. طبق آنچه گفته شد از مدل DEA برای تفکیک واحدهای کارا از ناکارا استفاده می‌شود که در این پژوهش با بهره‌گیری از روش حل تکنیک تاپسیس^۳ به رتبه‌بندی و ارزیابی واحدهای کارا پرداخته می‌شود. تاپسیس:

1. Data Envelopment Analysis (DEA).

2. Decision Making Units (DMU).

3. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal solution (TOPSIS).

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که در این روش m گزینه را با توجه به n شاخص رتبه‌بندی می‌کنند. منطق اصولی این مدل راه‌حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی را تعریف می‌کند. راه‌حل ایدئال مثبت راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. مبنای این روش، انتخاب گزینه بهینه‌ای است که کمترین فاصله را از جواب ایدئال مثبت (مطلوب) و بیشترین فاصله را از جواب ایدئال منفی (نامطلوب) دارد [۵]. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش TOPSIS گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با راه‌حل ایدئال داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند.

منطق فازی: در دنیای انسانی همواره عدم اطمینان وجود دارد. مدل‌سازی عدم اطمینان در تحلیل تصمیم از طریق تئوری احتمال یا تئوری مجموعه فازی انجام می‌شود [۱۱]. این نظریه سعی دارد طبیعت این تصمیم را به صورت ریاضی فرموله کند و به‌طور کلی تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان را ساده می‌کند [۹]. این تئوری اولین بار توسط پرفسور لطفی زاده، استاد ایرانی‌الاصل دانشگاه برکلی مطرح شد. بر اساس این نظریه یک عدد فازی، مجموعه فازی خاصی به صورت $\tilde{A} = x \in R | \mu_{\tilde{A}}(x)$ می‌باشد که در آن، x مقادیر حقیقی عضو مجموعه R را می‌پذیرد و تابع عضویت آن به صورت $\mu_{\tilde{A}}(x)$ می‌باشد. [۱۰]

رستمی، قاسمی و اسکندری (۱۳۹۰) در پژوهش خود به ارزیابی عملکرد مالی بانک‌ها پرداخته‌اند. که در آن تجزیه و تحلیل بر اساس مجموعه‌ای از معیارهای مرتبط با عملکرد مالی بانک‌ها از جمله نسبت‌های نقدینگی، نسبت‌های سودآوری، کفایت سرمایه و ساختار سرمایه صورت گرفت. در تحقیق مذکور، کارایی با روش TOPSIS-DEA، که در واقع استفاده از منطق TOPSIS در تحلیل پوششی داده‌هاست، صورت پذیرفت. بر اساس آن بانک‌ها از دید خوش‌بینانه و بدبینانه بر اساس معیارهای تعریف‌شده در شرایط اطمینان رتبه‌بندی شدند. [۳]

عالم تبریز، رجبی پور، زارعیان (۱۳۸۸) به بررسی کارکرد تکنیک تاپسیس فازی در بهبود سنجش کارایی شعب بانک‌ها با استفاده از تکنیک DEA پرداختند. به این صورت که ابتدا میزان اهمیت ورودی‌ها و خروجی‌ها با استفاده از نظر کارشناسان بانک‌ها و تکنیک تاپسیس فازی محاسبه شد، سپس کارایی شعب در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از میزان اهمیت‌های محاسبه‌شده، فرموله و به دست آمد. [۴]

مؤمنی، خدایی، بشیری (۱۳۸۸) عملکرد سازمان تأمین اجتماعی را با استفاده از مدل ترکیبی کارت امتیازی متوازن و تحلیل پوششی داده‌های فازی مورد ارزیابی قرار دادند. ابتدا میزان عملکرد شعب با استفاده از کارت امتیازی متوازن محاسبه نمودند، سپس کارایی این شعب با توجه به وجود داده‌های غیرقطعی شاخص‌های طراحی‌شده توسط مدل کارت امتیازی متوازن، با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی اندازه‌گیری شد. [۹]

امیری، بکی حسکوئی و بیگلری کامی (۱۳۹۲) در پژوهش خود به رتبه‌بندی اعتباری شرکت‌های تولیدی حاضر در بورس تهران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه (تاپسیس و آنتروپی شانون) و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. در این راستا نسبت‌های مالی ۱۸۱ شرکت تولیدی بورسی در طی ۳ سال را از روی صورت‌های مالی آن‌ها استخراج نمودند. [۲]

کاظمی، منهای، مهرگان و کامیاب مقدس (۱۳۸۶) کارایی فنی ۹ پالایشگاه نفت کشور را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی، مدل CCR، مورد ارزیابی قرار دادند و آن‌ها را رتبه‌بندی نمودند. مقادیر خوراک و تولید هر پالایشگاه را به‌عنوان ورودی‌ها و خروجی‌های مدل به‌صورت فازی در نظر گرفتند. [۷]

امیری و همکاران (۲۰۱۰) با ارائه و به‌کارگیری روش ترکیبی بردار ویژه-DEA-TOPSIS به ارزیابی ریسک ۱۰ پرتفوی بازار نقد فارکس پرداخته و آن‌ها را رتبه‌بندی نمودند. [۱۲]

منگ و چون فو (۲۰۱۱) نیز از روش ترکیبی TOPSIS-DEA برای زمان‌بندی ساخت‌وساز پروژه‌های جاده‌های شهری استفاده کردند و با تعیین ۳ ورودی (دوره بازگشت سرمایه، مقدار سرمایه و سازگاری شبکه) و ۳ خروجی (ساختار شبکه، هماهنگی محیطی اطراف و نیازهای اجتماعی) برای مدل DEA به حل آن با استفاده از فرآیند TOPSIS به محاسبه کارایی هر یک از پروژه‌ها پرداختند و آن‌ها را بر اساس نسبت نزدیکی به پروژه ایدئال رتبه‌بندی نمودند. [۱۶]

سلن و یالچین (۲۰۱۲) یک روش ترکیبی AHP فازی - TOPSIS - DEA را جهت ارزیابی عملکرد واحدهای توزیع برق ترکیه پیشنهاد نموده‌اند که درواقع این روش پیشنهادی برای ترکیب کیفیت خدمات در اندازه‌گیری عملکرد می‌باشد. با استفاده از روش AHP فازی

سطوح اهمیت نسبی شاخص‌های کیفیت مختلف را تعیین کردند سپس از روش TOPSIS برای دستیابی به میزان کیفیت متغیر خدمات استفاده نمودند و در نهایت این متغیر به عنوان خروجی در مدل DEA استفاده شد و عملکردهای کارای خدمات شهری توزیع برق تعیین شدند. [۱۳]

فو (۲۰۱۴) مدل ترکیبی $DEA - VIKOR^1$ را برای اندازه‌گیری و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده پیشنهاد نمود. به این منظور به ارزیابی ۵۰ فروشگاه زنجیره‌ای فست فود پرداخت، ابتدا با استفاده از روش DEA نمره کارایی هرکدام از فروشگاه‌ها را محاسبه و سپس با استفاده از روش VIKOR آن‌ها را رتبه‌بندی نمود. نتایج حاصل نشان می‌دهد که روش ترکیبی پیشنهادی از روش DEA مؤثرتر، قابل‌اعتمادتر و کاراتر است. [۱۵]

یوسفی و هادی ونچه (۲۰۱۱) از رویکرد ترکیبی AHP فازی-DEA برای طبقه‌بندی موجودی ABC معیارهای چندگانه استفاده کردند. در این روش ترکیبی پیشنهادی از AHP فازی برای تعیین وزن معیارها از اصطلاحات کلامی همچون بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم استفاده و سپس با به‌کارگیری روش DEA ارزش‌های اصطلاحات کلامی تعیین گردید و همچنین با استفاده از روش SAW^2 جمع نمرات هر گزینه‌ی تحت معیارهای مختلف بر نمره کل هر گزینه محاسبه و در نهایت گزینه‌ها طبقه‌بندی شدند. [۱۹]

زیدان، کالپن و کبانوگلو (۲۰۱۱) یک روش برای افزایش کیفیت انتخاب تأمین‌کننده و ارزیابی آن پیشنهاد و معرفی کردند. روش پیشنهادی با به‌کارگیری متغیرهای کمی و کیفی در ارزیابی عملکرد برای انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس کارایی و اثربخشی در یکی از بزرگ‌ترین کارخانه‌های خودرو در ترکیه مورد استفاده قرار گرفت. رویکرد مذکور در دو مرحله تحقق می‌یابد. در مرحله اول، ارزیابی عملکرد کیفی با استفاده از AHP فازی برای دستیابی به وزن معیارها انجام و سپس از تکنیک TOPSIS فازی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده شد. با تبدیل متغیرهای کیفی به متغیر کمی، از آن به عنوان یک خروجی در مدل DEA استفاده نمودند. در مرحله دوم، مدل DEA با یک ورودی ساختگی و چهار متغیر خروجی اجرا می‌شود. [۲۰]

1. Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
- 2 . simple additive weighting

۳- روش‌شناسی تحقیق

همواره سرمایه‌گذاران به‌منظور تصمیم‌گیری صحیح و سنجیده در خصوص انتخاب شرکت کارا و سود ده جهت سرمایه‌گذاری، نیازمند سنجش درست کارایی شرکت‌ها و یا به عبارتی ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌باشند و این امر نیازمند به‌کارگیری یک روش درست و کارا جهت شناسایی بهترین واحد تصمیم‌گیرنده خواهد بود. در این تحقیق با توجه به اینکه از رویکرد ترکیبی TOPSIS – DEA با کاربرد منطق فازی برای ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌های پتروشیمی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است، بنابراین ابتدا به بررسی مدل TOPSIS – DEA در حالت قطعی پرداخته و سپس رویکرد ترکیبی DEA فازی-TOPSIS را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۳-۱- رویکرد ترکیبی TOPSIS – DEA

مدلی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته، ابتدا توسط وانگ و لو مطرح شد [۱۸] و سپس توسط وو بهبود یافت. در مدل بکار گرفته‌شده در این پژوهش دو نوع واحد تصمیم‌گیری مجازی به نام واحد تصمیم‌گیری ایدئال و واحد تصمیم‌گیری ضد ایدئال مطرح می‌شود. تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها این واحدهای تصمیم‌گیرنده را به ترتیب از نقطه نظر بهترین کارایی نسبی و نیز از جنبه بدترین کارایی نسبی ممکن ارزیابی می‌کند. این دو کارایی متمایز با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا یک شاخص جامع را به نام نزدیکی نسبت RC به ADMU شکل دهند. این فرآیند همان راهبرد TOPSIS در تصمیم‌گیری چند شاخصه است. پس از آن، شاخص RC به عنوان معیار ارزیابی کلی هر DMU خواهد بود و بر پایه‌ی آن واحدهای تصمیم‌گیرنده رتبه‌بندی می‌شوند.

ابتدا، مدل CCR که یکی از رایج‌ترین مدل‌های DEA می‌باشد، معرفی می‌شود [۱۴]، فرض کنید که باید تعداد n واحد تصمیم‌گیرنده مورد ارزیابی قرار بگیرند. هر DMU دارای m ورودی و s خروجی می‌باشد. ارزش‌ها و یا اهمیت‌های ورودی و خروجی برای هر DMU به ترتیب به صورت X_{ij} ($i = 1, 2, \dots, m$) و Y_{rj} ($r = 1, 2, \dots, s$) نمایش داده می‌شوند. برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده مدل CCR را می‌توان به صورت زیر مورد استفاده قرار داد:

$$\theta_p = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \quad (1-1)$$

$$\text{st} : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (1-2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad u_r, v_i \geq \varepsilon$$

مدل فوق یک مدل ورودی محور است. θ_p اندازه نمره کارایی DMU تحت بررسی می‌باشد u_r, v_i نیز به ترتیب i امین ورودی و r امین خروجی هستند. همان‌طور که قبلاً بیان شد، اگر نمره کارایی یک DMU برابر با یک باشد آن DMU کارا فرض می‌شود و در غیر این صورت ناکارا خواهد بود. مزیت اصلی DEA، غیرپارامتری بودن آن است، اینکه نیاز به تعیین وزن معیارها (ورودی‌ها و خروجی‌ها) ندارد، زیرا همه‌ی وزن‌ها بعد از حل مدل CCR مشخص می‌شوند.

در مدل ترکیبی، بعد از تعیین IDMU و ADMU، نمره کارایی DMU ایدئال با توجه به مدل زیر محاسبه می‌شود:

$$\theta_I = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min}} \quad (2-1)$$

$$\text{st} : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2-2)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad u_r, v_i \geq \varepsilon$$

θ_I ارزش کارایی واحد تصمیم‌گیرنده ایدئالی می‌باشد که ممکن است در DMU ها وجود نداشته باشد. برای این منظور خروجی‌های DMU ایدئال $y_r^{\max} = \max_j \{y_{rj}\}$ در نظر گرفته می‌شود و ورودی‌ها برابر با $x_i^{\min} = \min_j \{x_{ij}\}$ می‌باشد. در مرحله بعد نمره کارایی بدترین واحد تصمیم‌گیرنده طبق مدل زیر محاسبه می‌شود:

$$\varphi_N = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max}} \quad (3-1)$$

$$\text{s.t} : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min}} \geq \theta_I^* \quad (3-2)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad (3-3)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad u_r, v_i \geq \varepsilon$$

φ_N نمره کارایی بدترین واحد تصمیم‌گیرنده می‌باشد. ورودی و خروجی مربوط به این DMU به ترتیب برابر است با $x_i^{max} = \max_i \{x_{ij}\}$ و $y_r^{min} = \min_j \{y_{rj}\}$. محدودیت اول تضمین می‌کند که نمره کارایی DMU ایدئال در مدل فوق حداقل برابر با θ_I^* می‌باشد. بعد از تعیین θ_I^* و φ_I^* ، نمره کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقایسه با DMU ایدئال و ضد ایدئال بر اساس مدل‌های زیر به دست می‌آید.

$$\theta_p^I = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \quad (۴-۱)$$

$$s.t : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{max}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{min}} \geq \theta_I^* \quad (۴-۲)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (۴-۳)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad u_r, v_i \geq \varepsilon$$

θ_p^I نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده p را در مقایسه با DMU ایدئال نشان می‌دهد، مدل فوق مشابه مدل عادی CCR می‌باشد، به‌جز محدودیت اول که در ارتباط با DMU ایدئال در نظر گرفته شده است. این محدودیت نشان می‌دهد که نمره کارایی DMU ایدئال باید حداقل برابر با θ_I^* باشد. به‌منظور تعیین نمره کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقایسه با بدترین DMU از مدل زیر استفاده می‌شود.

$$\varphi_p^N = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rp}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ip}} \quad (۵-۱)$$

$$s.t : \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{min}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{max}} \leq \varphi_N^* \quad (۵-۲)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (۵-۳)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad u_r, v_i \geq \varepsilon$$

مقدار φ_p^N ، نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده تحت ارزیابی را نسبت به بدترین DMU نشان می‌دهد. همچنین محدودیت (۵-۲) نشان می‌دهد که نمره کارایی بدترین DMU باید حداکثر برابر با φ_N^* باشد.

بعد از تعیین مقادیر θ_j^{I*} و φ_j^{N*} ، شاخص نزدیکی نسبی که برای رتبه‌بندی نهایی در TOPSIS از آن استفاده می‌شود را طبق فرم زیر محاسبه خواهد شد:

$$RC_j = \frac{\varphi_j^{N*} - \varphi_N^*}{(\varphi_j^{N*} - \varphi_N^*) + (\theta_1^* - \theta_j^{I*})}, \quad j = 1, \dots, n, \quad (6)$$

با توجه به شاخص فوق، واحد تصمیم‌گیرنده‌ای که دارای بیشترین فاصله از DMU ایدئال و یا کمترین فاصله را از DMU ایدئال داشته باشد، بالاترین مقدار RC_j را دارا خواهد بود. و رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیرنده بر اساس RC_j و به‌صورت نزولی خواهد بود.

۲-۳- مدل ترکیبی DEA فازی. TOPSIS

همان‌طور که گفته شد در این مدل از چند ورودی و چند خروجی استفاده می‌شود. حال فرض می‌کنیم که n واحد تصمیم‌گیرنده یا شرکت وجود دارد و m ورودی با اعداد فازی $\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^U)$ ($i=1,2,\dots,m$) و S خروجی $\tilde{Y}_{rj} = (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^U)$ ($r=1,2,\dots,s$) داریم که درواقع همان معیارهای ماتریس تصمیم ما هستند، بدین ترتیب که در مرحله اول در مدل بکار گرفته‌شده در این پژوهش همانند مدل قطعی دو نوع واحد تصمیم‌گیری مجازی به نام IDMU و ADMU با استفاده از ماتریس تصمیم، تشکیل داده می‌شود و نمره کارایی هر یک از آن‌ها با استفاده از توابع بهینه‌سازی DEA به‌طور جداگانه و به ترتیب برای حد پایین، حد وسط و حد بالای عدد فازی مربوطه محاسبه می‌شوند. [۱۷]

مدل ۲ را می‌توان طبق فرم زیر نوشت :

$$\theta_i = \text{Max} \frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_r^{\max}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_i^{\min}} \quad (7-1)$$

$$s.t : \frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij}} \leq 1 \quad (7-2)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad j = 1, 2, \dots, n$$

با توجه به کاربرد اعداد فازی در این پژوهش برخی از عملگرهای فازی در زیر بیان شده است:

فرض کنید که $\tilde{a} = (a^L, a^M, a^U)$ و $\tilde{b} = (b^L, b^M, b^U)$ دو عدد فازی مثلثی باشند. در این مورد خواهیم داشت:

$$\text{عمل جمع: } \tilde{a} + \tilde{b} = (a^L + b^L, a^M + b^M, a^U + b^U).$$

$$\text{عمل ضرب: } \tilde{a} \cdot \tilde{b} = (a^L \cdot b^L, a^M \cdot b^M, a^U \cdot b^U).$$

$$\text{عمل تفریق: } \tilde{a} - \tilde{b} = (a^L - b^L, a^M - b^M, a^U - b^U).$$

$$\text{عمل تقسیم: } \tilde{a} / \tilde{b} = (a^L / b^U, a^M / b^M, a^U / b^L).$$

با توجه به عملگرهای فازی، تابع هدف (۷-۱) به صورت زیر قابل نوشتن است:

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max L}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min U}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max U}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min L}} \right) \quad (۸)$$

علاوه بر این، از طریق استفاده از اپراتورهای فازی، محدودیت (۷-۲) را نیز می‌توان به

شرح زیر بیان نمود:

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^M}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^M}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \right) \leq (1, 1, 1) \quad (۹)$$

محدودیت بالا زمانی اجرا می‌شود که حد بالایی عدد فازی (در سمت چپ محدودیت)

یک و یا کمتر از عدد یک باشد. به عبارتی:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1 \quad (۱۰)$$

طبق معادلات ۸ و ۱۰، مدل ۷ را می‌توان به سه مدل خطی جداگانه‌ی زیر تبدیل نمود:

$$\theta_j^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max L} \quad (۱۱)$$

$$s. t. \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min U} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon.$$

$$\theta_I^M = \max \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} = 1, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon. \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \theta_I^U &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max U} \\ \text{s.t. } & \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min L} = 1, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon. \end{aligned}$$

با حل مدل‌های فوق، نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده ایدئال به صورت عدد فازی مثلی $\tilde{\theta}_I^* = (\theta_I^{L*}, \theta_I^{M*}, \theta_I^{U*})$ به دست می‌آید. با فرض اینکه ورودی‌ها و خروجی‌ها فازی باشند، مدل ۳ نیز به فرم زیر ارائه می‌شود:

$$\tilde{\varphi}_N = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_r^{\min}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_i^{\max}} \quad (14-1)$$

$$\text{s.t. } \frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_r^{\max}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_i^{\min}} \geq \theta_I^* \quad (14-2)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, \dots, n \quad (14-3)$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon.$$

محدودیت (۱۴-۲) بیانگر آن است که نمره کارایی واحد تصمیم‌گیرنده ایدئال باید حداکثر برابر با نمره کارایی بهینه باشد. مفهوم محدودیت (۱۴-۳) نیز این است که نمره کارایی هر گزینه باید کوچک‌تر و مساوی ۱ باشد. مانند مدل ۲، تابع هدف (۱۴-۱) و محدودیت (۱۴-۲) به شکل زیر نوشته می‌شوند:

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min L}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max U}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min M}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max M}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min U}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max L}} \right) \quad (15)$$

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max L}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min U}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M}}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max U}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min L}} \right) \geq (\theta_I^{L*}, \theta_I^{M*}, \theta_I^{U*}) \quad (16)$$

از آنجایی که سمت چپ و راست محدودیت (۲-۱۴) به حالت فازی است، این محدودیت زمانی شدنی است که عدد میانی سمت چپ معادله فازی بزرگ‌تر از عدد میانی سمت راست معادله فازی باشد. مانند:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M}}{\sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M}} \geq \theta_I^{M*} \quad (17)$$

مشابه مدل ۲، محدودیت (۳-۱۴) به محدودیت ۱۰ تبدیل شده است. با توجه به محدودیت‌های ۱۰، ۱۵ و ۱۷ بعد از خطی شدن، مدل فازی ۱۴ به مدل خطی زیر تبدیل می‌شود:

$$\varphi_N^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min L} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} s.t. \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max U} = 1, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_I^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon. \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \varphi_N^M = \max \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min M} \\ s.t. \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max M} = 1, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_I^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0, \\ & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\ & v_i, u_r \geq \varepsilon. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varphi_N^U &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min U} & (20) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max L} = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_I^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon.
 \end{aligned}$$

از طریق حل مدل‌های ۱۸ تا ۲۰، نمره کارایی ADMU به صورت فازی $\tilde{\varphi}_N^* = (\varphi_N^{L*}, \varphi_N^{M*}, \varphi_N^{U*})$ به دست می‌آید. مدل ۴ را می‌توان به صورت سه مدل خطی زیر نوشت که به طور جداگانه نمره کارایی حد پایین، وسط و بالا را برای هر گزینه نسبت به IDMU محاسبه می‌کند:

$$\begin{aligned}
 \theta_p^{L*} &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^L & (21) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^U = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_I^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \theta_p^{M*} &= \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^M & (22) \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^M = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_I^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon. \\
 & \theta_p^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U \\
 & \text{s.t.} \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\max M} - \theta_p^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\min M} \geq 0, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon.
 \end{aligned} \tag{۲۳}$$

بعد از حل مدل‌های ۲۱ تا ۲۳، نمره کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقایسه با DMU ایدئال به صورت $\tilde{\theta}_p^{I*} = (\theta_p^{L*}, \theta_p^{M*}, \theta_p^{U*})$ به دست خواهد آمد. به‌طور مشابه، نمره‌های کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقایسه با DMU ضد ایدئال نیز به‌وسیله حل مدل‌های زیر قابل‌دستیابی می‌باشند:

$$\begin{aligned}
 & \varphi_p^{NL} = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^L \\
 & \text{s.t.} \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^U = 1, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min M} - \varphi_p^{N*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max M} \leq 0, \\
 & \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
 & v_i, u_r \geq \varepsilon. \\
 & \varphi_p^{NM} = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^M \\
 & \text{s.t.} \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^M = 1,
 \end{aligned} \tag{۲۴}$$

$$\tag{۲۵}$$

$$\begin{aligned}
& \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min M} - \varphi_N^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max M} \leq 0, \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
& v_i, u_r \geq \varepsilon. \\
& \varphi_P^{NU} = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U
\end{aligned} \tag{۲۶}$$

$$\begin{aligned}
& s.t. \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L = 1, \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_r^{\min M} - \varphi_N^{M*} \sum_{i=1}^m v_i x_i^{\max M} \leq 0, \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad \forall j \\
& v_i, u_r \geq \varepsilon.
\end{aligned}$$

پس از به دست آوردن نمرات کارایی فازی $\tilde{\varphi}_j^{N*}$ و $\tilde{\theta}_j^{I*}$, $\tilde{\varphi}_N^*$, $\tilde{\theta}_I^*$ می‌توان با استفاده از شاخص نزدیکی نسبی به رتبه‌بندی نهایی واحدهای تصمیم‌گیرنده پرداخت:

$$RC_j = \frac{\tilde{\varphi}_j^{N*} - \tilde{\varphi}_N^*}{(\tilde{\varphi}_j^{N*} - \tilde{\varphi}_N^*) + (\tilde{\theta}_I^* - \tilde{\theta}_j^{I*})}, \quad j = 1, \dots, n \tag{۲۷}$$

بر اساس تعریف فاصله فازی بین دو عدد فازی، خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}
& \tilde{\varphi}_j^{N*} - \tilde{\varphi}_N^* \\
& = \sqrt{\frac{1}{3} ((\varphi_j^{NL*} - \varphi_N^{L*})^2 + (\varphi_j^{NM*} - \varphi_N^{M*})^2 + (\varphi_j^{NU*} - \varphi_N^{U*})^2)}
\end{aligned} \tag{۲۸}$$

$$\tilde{\theta}_I^* - \tilde{\theta}_j^{I*} = \sqrt{\frac{1}{3} ((\theta_I^{L*} - \theta_j^{L*})^2 + (\theta_I^{M*} - \theta_j^{M*})^2 + (\theta_I^{U*} - \theta_j^{U*})^2)} \tag{۲۹}$$

با جایگزینی مقادیر به‌دست‌آمده از روابط ۲۸ و ۲۹ در ۲۷ مقدار RC_j برای هر واحد تصمیم‌گیرنده به دست خواهد آمد و بر اساس آن رتبه‌بندی انجام خواهند شد.

۳-۳-جامعه آماری

جامعه آماری پژوهش حاضر، شامل: شرکت‌های پتروشیمی شازند، پردیس، آبادان، خارک، فارابی، فن‌آوران، امیرکبیر، شیراز، خراسان، زاگرس، کرمانشاه، مارون می‌باشد.

۳-۴-متغیرهای تحقیق

با توجه به استفاده از روش DEA بایستی متغیرها را به دودسته ورودی و خروجی طبقه‌بندی نمود. در یک تعریف عملیاتی از معیار این طبقه‌بندی، متغیرهایی که شرکت‌ها درصدد حداقل کردن آن هستند را تحت عنوان ورودی و متغیرهایی که شرکت‌ها درصدد حداکثر کردن آن هستند، تحت عنوان خروجی طبقه‌بندی می‌شوند. در این پژوهش متغیرها با استفاده از نظر کارشناسان و خبرگان و مطالعه پژوهش‌های پیشین در راستای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته شده‌اند که در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشند:

جدول (۱)- متغیرهای مورد استفاده در ارزیابی عملکرد شرکت‌های پتروشیمی

متغیرهای مورد استفاده در تحقیق		توضیحات	فرمول محاسبه
ورودی‌ها	x_1	احتمال رخداد تغییرات در سود هر سهم می‌باشد.	$DFL = \frac{\text{مالیات و بهره از قبل سود}}{\text{سود سهام ممتاز} - \text{وام بهره} - \text{مالیات و بهره از قبل سود}}$
	x_2	بخشی از کل ریسک یک DMU که مربوط به ترکیب دارایی‌ها و تصمیمات عملیاتی است.	$DOL = \frac{\text{مالیات و بهره از قبل سود}}{\text{عملیاتی ثابت هزینه} - \text{مالیات و بهره از قبل سود}}$
خروجی‌ها	y_1	بیانگر سهم دارایی‌ها از سود خالص است.	$ROA = \frac{\text{خالص سود}}{\text{مجموع دارایی‌ها}}$
	y_2	این نسبت بیانگر بازده متعلق به سهامداران است.	$ROE = \frac{\text{خالص سود}}{\text{سهام صاحبان حقوق}}$
	y_3	این نسبت میزان سودآوری هر ریال از فروش را محاسبه می‌کند.	$\text{خالص سود} = \frac{\text{خالص سود حاشیه}}{\text{فروش خالص}}$
	y_4	بیانگر سودآوری شرکت از کسب‌وکار اصلی خود (فعالیت‌های عملیاتی) می‌باشد.	$\text{عملیاتی سود} = \frac{\text{عملیاتی سود حاشیه}}{\text{فروش خالص}}$
	y_5	سودی که شرکت در یک دوره مشخص به ازای یک سهم عادی به دست آورده است	$EPS = \frac{\text{ممتاز سهام سود} - \text{خالص سود}}{\text{منتشره عادی سهام تعداد}}$

۵-۳- داده‌ها

داده‌های موردنیاز برای انجام این پژوهش به روش میدانی از صورت‌های مالی حسابرسی شده ازجمله ترازنامه، صورت سود و زیان و یادداشت‌های توضیحی شرکت‌ها در بازه زمانی ۳ سال شامل سال‌های ۹۱، ۹۰ و ۹۲ با رجوع به سایت کدال استخراج و گردآوری شده است. ساختار داده‌ها در این پژوهش به صورت فازی مثلثی می‌باشد. لذا پس از محاسبه هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها در دوره‌های موردبررسی حد پایین هر عدد فازی برابر است با مینیمم اعداد محاسبه‌شده برای هر شاخص، حد وسط آن برابر با میانگین داده‌ها و حد بالا برای هر عدد فازی، ماکسیمم اعداد مربوط به هر ورودی یا خروجی می‌باشد.

۴- یافته‌های پژوهش

واحدتصمیم گیرنده ایده آل و ضد ایده آل تعیین می‌گردد. در مرحله دوم میزان کارایی واحد تصمیم‌گیری ایده آل و واحد تصمیم‌گیری ضد ایده آل برای تک‌تک عناصر اعداد فازی به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود. در مرحله سوم میزان کارایی هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده را نسبت به ADMU و IDMU به‌طور جداگانه برای هر یک از حدود اعداد فازی تعیین کرده و در مرحله پایانی میزان نزدیکی نسبی را برای هر DMU بر اساس مقادیر کارایی حاصل از دو مرحله دوم و سوم به دست آورده و بدین ترتیب رتبه هر شرکت پتروشیمی مشخص خواهد شد. در مرحله دوم و سوم جهت اجرای مدل‌ها از نرم‌افزار LINDO بهره می‌بریم.

۱-۴- تعیین مقادیر ورودی و خروجی واحدتصمیم گیرنده ایده آل و ضد ایده آل

در تعیین بهترین واحد تصمیم‌گیرنده در خروجی‌ها، کمترین و در ورودی‌ها بیشترین عدد، موردنظر می‌باشد و این روند در تعیین واحد تصمیم‌گیرنده ضد ایدئال بعکس است. نتایج در جدول ۲ قابل مشاهده می‌باشد:

جدول (۲) - مقادیر مربوط به ورودی ها و خروجی های واحدهای تصمیم گیرنده، ADMU و IDMU						
ریسک مالی	ریسک تجاری	بازده دارایی ها	بازده حقوق صاحبان سهام	حاشیه سود خالص	حاشیه سود عملیاتی	سود هر سهم
$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{Y}_1$	$\bar{Y}_2$	$\bar{Y}_3$	$\bar{Y}_4$	$\bar{Y}_5$
شاراک	(۱/۰۱، ۱/۰۱)	(۱/۲۶، ۱/۳۴)	(۰/۲۲، ۰/۳۶)	(۰/۵۴، ۰/۷۰)	(۰/۱۹، ۰/۲۲)	(۰/۲۳، ۰/۳۱)
	۱)	۱/۱۸)	۰/۱۲)	۰/۳۸)	۰/۱۷)	۱۱۸۹)
شیدیس	(۱/۰۱، ۱/۰۲)	(۱/۰۲، ۱/۰۳)	(۰/۵۵، ۰/۷۵)	(۰/۷۸، ۰/۹۵)	(۰/۸۱، ۰/۸۹)	(۰/۸۵، ۰/۹۳)
	۱/۰۱)	۱/۰۲)	۰/۳۶)	۰/۶۴)	۰/۶۹)	۰/۷۹)
شپرو	(۱/۰۸، ۱/۱۹)	(۱/۱۷، ۱/۲۴)	(۰/۱۴، ۰/۲۰)	(۰/۴۵، ۰/۵۹)	(۰/۱۷، ۰/۱۹)	(۰/۱۸، ۰/۲۳)
	۱/۰۲)	۱/۱۲)	۰/۱۰)	۰/۳۱)	۰/۱۴)	۰/۱۴)
شخارک	(۱، ۱، ۱)	(۱/۲۷، ۱/۳۵)	(۰/۴۱، ۰/۶۲)	(۰/۸۶، ۰/۹۲)	(۰/۶۷، ۰/۷۹)	(۰/۶۲، ۰/۷۱)
	۱)	۱/۲۲)	۰/۲۳)	۰/۷۵)	۰/۵۹)	۰/۵۲)
شغارا	(۱/۱۳، ۱/۲۲)	(۱/۴۰، ۱/۷۸)	(۰/۲۳، ۰/۳۶)	(۰/۶۶، ۰/۸۶)	(۰/۲۱، ۰/۲۶)	(۰/۳۹، ۰/۷۸)
	۱/۰۶)	۱/۰۶)	۰/۱۵)	۰/۴۸)	۰/۱۵)	۰/۲۱)
شغن	(۱/۰۱، ۱/۰۱)	(۱/۲۳، ۱/۲۸)	(۰/۳۵، ۰/۴۹)	(۰/۶۳، ۰/۷۲)	(۰/۷۰، ۰/۸۲)	(۰/۶۵، ۰/۷۳)
	۱)	۱/۲۰)	۰/۱۸)	۰/۵۲)	۰/۶۱)	۰/۵۴)
شکیر	(۱/۰۴، ۱/۰۴)	(۱/۱۴، ۱/۲۱)	(۰/۱۲، ۰/۱۴)	(۰/۳۵، ۰/۴۱)	(۰/۱۲، ۰/۱۴)	(۰/۱۷، ۰/۲۸)
	۱/۰۴)	۱/۰۶)	۰/۰۸)	۰/۲۱، ۰/۲۸)	۰/۰۸)	۰/۱۰)
شیراز	(۱/۰۳، ۱/۰۶)	(۱/۲۱، ۱/۲۸)	(۰/۱۴، ۰/۲۰)	(۰/۴۶، ۰/۵۵)	(۰/۵۲، ۰/۶۰)	(۰/۵۸، ۰/۶۲)
	۱)	۱/۱۵)	۰/۰۹)	۰/۳۹)	۰/۴۶)	۰/۵۲)
خراسان	(۱، ۱، ۱)	(۱/۱۹، ۱/۳۲)	(۰/۳۹، ۰/۶۰)	(۰/۵۴، ۰/۶۷)	(۰/۷۷، ۰/۹۰)	(۰/۶۸، ۰/۷۱)
	۱)	۱/۰۹)	۰/۲۰)	۰/۳۰)	۰/۶۲)	۰/۶۳)
زاگرس	(۱/۰۵، ۱/۰۷)	(۱/۰۹، ۱/۱۰)	(۰/۳۸، ۰/۵۵)	(۰/۷۳، ۰/۸۱)	(۰/۵۵، ۰/۷۷)	(۰/۷۶، ۱/۳۵)
	۱/۰۴)	۱/۰۸)	۰/۲۳)	۰/۶۳)	۰/۴۴)	۰/۵۲)
کرمانشا	(۱/۱۸، ۱/۲۲)	(۱/۰۹، ۱/۱۰)	(۰/۲۷، ۰/۳۵)	(۰/۵۵، ۰/۶۵)	(۰/۸۳، ۰/۹۶)	(۰/۸۴، ۱)
	۱/۱۴)	۱/۰۸)	۰/۱۸)	۰/۴۷)	۰/۸۷)	۰/۷۵)
مارون	(۱، ۱، ۱)	(۱/۰۴، ۱/۰۵)	(۰/۴۷، ۰/۷۴)	(۰/۷۱، ۰/۸۵)	(۰/۷۰، ۰/۷۷)	(۰/۶۵، ۰/۶۸)
	۱)	۱/۰۲)	۰/۲۴)	۰/۵۲)	۰/۶۱)	۰/۶۱)
IDMU	(۱، ۱، ۱)	(۱/۰۲، ۱/۰۳)	(۰/۷۵، ۰/۳۶، ۰/۵۵)	(۰/۸۱، ۰/۹۵)	(۰/۸۳، ۰/۹۶)	(۰/۸۵، ۱/۳۵)
	۱)	۱/۰۲)	۰/۳۶، ۰/۵۵)	۰/۶۹)	۰/۸۷)	۰/۷۹)
ADMU	(۱/۱۸، ۱/۲۲)	(۱/۴۰، ۱/۷۸)	(۰/۱۲، ۰/۱۴)	(۰/۲۸، ۰/۳۵)	(۰/۱۲، ۰/۱۴)	(۰/۱۷، ۰/۲۳)
	۱/۱۴)	۱/۲۲)	۰/۰۸)	۰/۲۱)	۰/۰۸)	۰/۱۰)

۲-۴- محاسبه نمره کارایی IDMU، ADMU و هر یک از DMUها

پس از اجرای مدل‌های ۱۳- ۱۱ و ۲۰- ۱۸، نمره کارایی IDMU و ADMU به ترتیب برابر است با (۱/۳۱۹، ۰/۹۴۰، ۰/۸۷۲) و (۰/۱۴۶، ۰/۱۱۹، ۰/۰۷۵). در ادامه نمره کارایی هر یک از شرکت‌های پتروشیمی نسبت به IDMU و ADMU با حل مدل‌های ۲۱- ۲۶-

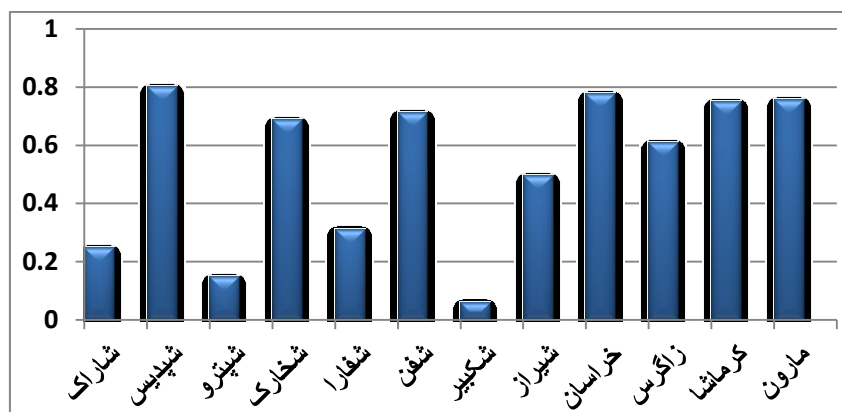
۲۴ محاسبه می‌شود که شرکت‌های پردیس، خراسان و مارون کارا شناخته شده اند. نتایج در جدول (۳) قابل مشاهده می‌باشد.

جدول (۳). نمره کارایی فازی هر یک از شرکت‌های پتروشیمی نسبت به ADMU و IDMU			
ردیف	DMU	نمره کارایی نسبت به IDMU (θ_p^*)	نمره کارایی نسبت به ADMU (φ_p^*)
		$\bar{\theta}_i^* = (\theta_i^{L*}, \theta_i^{M*}, \theta_i^{U*})$ $\bar{\theta}_i^* = (0/872, 0/940, 1/319)$	$\bar{\varphi}_N^* = (\varphi_N^{L*}, \varphi_N^{M*}, \varphi_N^{U*})$ $\bar{\varphi}_N^* = (0/075, 0/119, 0/146)$
۱	شاراک	$(0/193, 0/217, 0/258)$	$(0/210, 0/359, 0/542)$
۲	شپدیس	$(0/773, 0/910, 1/000)$	$(0/798, 0/911, 1/000)$
۳	شپترو	$(0/133, 0/179, 0/215)$	$(0/158, 0/254, 0/363)$
۴	شخارک	$(0/660, 0/753, 0/886)$	$(0/661, 0/757, 0/896)$
۵	شفارا	$(0/143, 0/225, 0/324)$	$(0/212, 0/369, 0/727)$
۶	شغن	$(0/676, 0/778, 0/918)$	$(0/676, 0/778, 0/920)$
۷	شکیر	$(0/089, 0/135, 0/165)$	$(0/103, 0/146, 0/246)$
۸	شیراز	$(0/495, 0/575, 0/679)$	$(0/495, 0/575, 0/679)$
۹	خراسان	$(0/701, 0/861, 1/000)$	$(0/700, 0/860, 1/000)$
۱۰	زاگرس	$(0/471, 0/611, 0/890)$	$(0/471, 0/613, 0/990)$
۱۱	کرمانشا	$(0/719, 0/797, 0/956)$	$(0/794, 0/856, 0/991)$
۱۲	مارون	$(0/689, 0/786, 1/000)$	$(0/689, 0/790, 1/000)$

۳-۴- تعیین شاخص نزدیکی نسبی (RC)

با قراردادن مقادیر از حل مدل‌های مطرح شده در فرمول ۲۷، میزان شاخص نزدیکی نسبی برای هر DMU به دست می‌آید. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود شرکت پتروشیمی پردیس به دلیل داشتن بیشترین فاصله از ADMU رتبه برتر را میان شرکت‌های پتروشیمی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار به خود اختصاص داد و این بدان معناست که شرکت مذکور دارای بهترین عملکرد بین رقبای خود طی ۳ سال اخیر بوده است. همچنین شرکت پتروشیمی امیرکبیر نیز دارای ضعیف‌ترین عملکرد مالی طی دوره موردبررسی می‌باشد. نتایج حاصل از رتبه‌بندی با استفاده از شاخص RC در نمودار (۱) نشان داده شده است.

جدول (۴). نتایج حاصل از محاسبه RC و رتبه‌بندی شرکت‌های پتروشیمی			
ردیف	DMU	RC _j	رتبه
۱	شاراک	۰ / ۲۴۹	۱۰
۲	شپادیس	۰ / ۸۰۳	۱
۳	شپترو	۰ / ۱۴۹	۱۱
۴	شخارک	۰ / ۶۸۹	۶
۵	شقارا	۰ / ۳۱۲	۹
۶	شفن	۰ / ۷۱۳	۵
۷	شکبیر	۰ / ۰۶۲	۱۲
۸	شیراز	۰ / ۴۹۶	۸
۹	خراسان	۰ / ۷۷۷	۲
۱۰	زاگرس	۰ / ۶۱۰	۷
۱۱	کرماشا	۰ / ۷۵۲	۴
۱۲	مارون	۰ / ۷۵۷	۳



نمودار (۱). نمودار رتبه‌بندی شرکت‌های پتروشیمی بر اساس شاخص RC.

۴-۴- بررسی اعتبار مدل و صحت نتایج

با رتبه‌بندی شرکت‌ها از طریق مدل ترکیبی DEA-TOPSIS فازی، نوبت به بررسی اعتبار مدل و صحت نتایج خواهد رسید. بنابراین ضریب همبستگی نتایج حاصل از مدل ترکیبی، که همان شاخص RC هر شرکت می‌باشد با میانگین بازده حقوق صاحبان سهام شرکت‌ها طی دوره‌های موردبررسی با استفاده از آزمون اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS محاسبه شده تا قابلیت اطمینان مدل مشخص گردد. نتایج حاصل از اجرای آزمون در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول (۵) محاسبه ضریب همبستگی میانگین ROE و شاخص RC شرکت‌ها

Correlations			RC	ROE
Spearman's rho	RC	Correlation Coefficient	1.000	(**).0.708
		Sig. (2-tailed)	.	0.00.
		N	12	12
	ROE	Correlation Coefficient	(**).0.708	1.000
		Sig. (2-tailed)	0.00.	.
		N	12	12

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

نتایج به‌دست‌آمده برای دوره موردبررسی وجود همبستگی 0.708 بین شاخص RC و میانگین ROE هر یک شرکت‌ها در سطح اطمینان 99% را نشان می‌دهد که این نتایج دلالت بر قابلیت اطمینان مدل و درستی نتایج به‌دست‌آمده دارد.

۵- نتیجه‌گیری و بحث

در این تحقیق رویکرد ترکیبی DEA فاز ۱ – TOPSIS جهت ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده معرفی و بیان گردید و شرکت‌های پتروشیمی پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار با استفاده از این رویکرد مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفتند. معیارهای ریسک مالی و ریسک تجاری به‌عنوان ورودی‌های مدل و نرخ بازده دارایی‌ها، نرخ بازده حقوق صاحبان سهام، حاشیه سود خالص، حاشیه سود عملیاتی و سود هر سهم به‌عنوان خروجی‌های مدل ترکیبی مورد استفاده قرار گرفتند. داده‌های مورد استفاده در ارزیابی شرکت‌ها با توجه به بهترین و بدترین وضعیت و همچنین میانگین عملکرد هر شرکت در محاسبات بکار برده شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده طبق جدول‌های ۳ و ۴ شرکت‌های پردیس، خراسان و مارون، کارا شناخته شده و بترتیب رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دادند و شرکت‌های کرمانشاه، فن‌آوران، خارک، زاگرس، شیراز، فارابی، شازند، آبادان و امیر کبیر بترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بنابراین برخلاف روش DEA کلاسیک که قدرت تفکیک و رتبه‌بندی واحدهای کارا را ندارد با استفاده از این روش ترکیبی می‌توان تمامی واحدهای تصمیم‌گیرنده اعم از کارا و ناکارا را رتبه‌بندی نمود. پس از اجرای مدل، وزن‌ها و میزان اهمیت هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌صورت فازی به دست خواهد آمد. برای تحقیقات آتی نیز می‌توان به بررسی مستقل بودن هر یک از ورودی‌ها و خروجی‌ها نسبت به هم پرداخت. همچنین می‌توان از معیارهای کیفی جهت ارزیابی عملکرد استفاده نمود.

منابع

- ابراهیمی مرضیه، دریابر عبدالله (۱۳۹۱) "مدیریت ریسک اعتباری در نظام بانکی - رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها و رگرسیون لجستیک و شبکه عصبی" فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، سال اول، شماره دوم.
- امیری مقصود، بکی حسکوئی مرتضی، بیگلری کامی مهدی (۱۳۹۲) "رتبه بندی شرکت‌های تولیدی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه و شبکه عصبی مصنوعی" فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، سال دوم، شماره هفتم.
- رستمی، محمدرضا؛ قاسمی، جواد؛ اسکندری، فرزانه (۱۳۹۰) "ارزیابی عملکرد مالی بانک‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار (به‌کارگیری منطق TOPSIS در تحلیل پوششی داده‌ها)". مجله حسابداری مدیریت، سال چهارم، شماره هشتم. صفحه: ۱۹-۳۰.
- عالم تبریز، اکبر؛ رجبی پور میبدی، علیرضا؛ زارعیان، محمد (۱۳۸۸) "بررسی کارکرد تکنیک تاپسیس فازی در بهبود سنجش کارایی شعب بانک‌ها با استفاده از تکنیک DEA. مدیریت صنعتی" دوره ۱، شماره ۳، صفحه ۹۹-۱۱۸.
- فیضی، عمار؛ سلوکدار، علیرضا (۱۳۹۲) "ارزیابی عملکرد صنعت بانکداری با رویکرد ترکیبی کارت متوازن- تاپسیس فازی (FTOPSIS-BSC)". مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار" شماره بیستم، صفحه ۷۸-۵۷.
- قدرتیان کاشان، سیدعبدالجبار؛ انواری رستمی، علی اصغر (۱۳۸۸) "طراحی ثمدل جامع ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌ها" فصلنامه مدرس، علوم انسانی، شماره ۳۶.
- کاظمی، عالیه؛ منهای، محمدباقر؛ مهرگان، محمدرضا؛ کامیاب مقدس، امین (۱۳۸۶) "طراحی مدل رتبه بندی پالایشگاه های نفت کشور به روش تحلیل پوششی داده‌های فازی. انجمن سیستمهای فازی ایران" هفتمین کنفرانس سیستم‌های فازی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- مهرگان، محمدرضا (۱۳۹۱) "تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها" نشر کتاب دانشگاهی. ویراست دوم.
- مومنی، منصور. خدایی، سمیه. بشیری، مجتبی (۱۳۸۸) "ارزیابی عملکرد سازمان تأمین اجتماعی با استفاده از مدل ترکیبی BSC و FDEA. مدیریت صنعتی" دوره اول، شماره ۳، صفحه ۱۳۷-۱۵۲.
- فضلی، صفر. تقی زاده، رسول (۱۳۹۰) "روش روش اندازه‌گیری عملکرد شرکت‌ها با استفاده از رویکرد ترکیبی آنالیز روابط خاکستری و تاپسیس فازی". چشم انداز مدیریت صنعتی. شماره ۲، صفحه ۱۵۰-۱۲۵.
- خورشید، صدیقه. کارولوکس، تسلیمی، محمدسعید؛ جعفرنژاد، احمد؛ بدیع، کامبیز (۱۳۸۳) "رتبه‌بندی و انتخاب پروژه‌های تحقیقاتی تحت محیط فازی تصمیم‌گیری گروهی از طریق تکنیک تصمیم‌گیری TOPSIS". مدیریت فرهنگ سازمانی. شماره ۵، صفحه ۵-۲۸.

- Amiri,M. Zandieh,M. Vahdani,B. Soltani,R & Roshanaei,V. (2010).” An integrated eigenvector-DEA-TOPSIS methodology for portfolio risk evaluation in the FOREX spot market”. *Expert Systems with application*, vol 37.pp: 509-516.
- Celen,Aylin. Yalcin.Nese(2012). “Performance assessment of Turkish electricity distribution utilities: An application of combined FAHP/TOPSIS/DEA methodology to incorporate quality of service”. *Utilities Policy*, 23.pp:59-71.
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E(1978).” Measuring the efficiency of decision making units”. *European Journal of Operational Research* .pp:429-44.
- Fu,Hsin-Pin (2014).”Integrating VIKOR with DEA for Efficiency Performance Measurement”. *International Conference on e-Education, e-Business and Information Management (ICEEIM 2014)*.pp:77-80.
- Meng,M & Chun-fu,S (2011). “DEA and TOPSIS combination model for the construction scheduling of urban road projects”.*International conference on transportation, mechanical,And engineering*.in China.
- Hedayatian,M. Vahdat,E. Jafarian jelodar,M. Farzipoor,S(2013).”Welding process selection for repairing nodular cast iron engine block by integrated fuzzy data envelopment analysis and TOPSIS approaches”.*Materials and Design*.43 ,pp:272-282.
- Wang YM,Luo Y(2006). “DEA efficiency assessment using ideal and anti- ideal decision-making units”. *Appl Math Comput*.173(2), pg:902–15.December 16-18, Changchun, China.pp:1937-1940.
- Yousefi ,A & Hadi-venche,A (2011). “An integrated group decision making model and its evaluation by DEA for automobile industry”. *Expert Systems with applications*.vol 37.pp: 8543-8556.
- Zeydan,Mithat , Colpan,Cuneyt , Cobanoglu,Cemal (2011) ” A combined methodology for supplier selection and performance evaluation”. *Expert Systems with Applications*, PP:2741-2751.