فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره پنجاه و سه / زمستان ۱۴۰۱
نوع مقاله : علمی پژوهشی
صفحات : ۲۲۸-۲۱۲

ارزیابی کارایی مؤسسات مالی با استفاده از یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر FDH (مطالعه موردی: بانک سامان)

حدیثه واحدی‌انور[۱]
نرگس نوروزی[۲]

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۰/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۱۱/۱۷

چکیده

امروزه سنجش و اندازه‌گیری کارایی یکی از مهم‌ترین روش‌ها و شاخص‌های کلیدی ارزیابی عملکرد در هر سازمانی می‌باشد. همچنین با توجه به همه جانبه بودن حوزه بانکداری، می‌توان آن را یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور معرفی کرد. در این مقاله، یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر FDH با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب برای رسیدگی به وضعیت سپرده‌های مالی در شعبات بانک سامان ارائه می‌شود. مدل‌های پایه‌ای با چشم‌پوشی از روابط درونی در سیستم جریان فرآیند بانکی و با در نظر گرفتن خروجی و ورودی کلی، نسبت به محاسبه کارایی اقدام می‌کنند. از این رو در این مقاله، با در نظر گرفتن روابط درونی در سیستم، به ارائه یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها برای محاسبه امتیاز کارایی شعب بانکی می‌پردازیم. سپس با مقایسه مدل پیشنهادی با مدل پایه CCR، دقت بالای مدل پیشنهادی نشان داده می‌شود. در نهایت، برای رتبه‌بندی واحدها از روش کارایی متقاطع استفاده می‌شود.

کلمات کلیدی

تحلیل پوششی داده‌ها، مؤسسات مالی، کارایی، FDH

۱-گروه مهندسی صنایع، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. hadisvahedi@gmail.com
۲-گروه مهندسی صنایع، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) n.norouzi@iau-tnb.ac.ir

مقدمه

کارایی در مفهوم عمومی به معنای درجه و کیفیت رسیدن به مجموعه اهداف مطلوب است، بنابراین یک سازمان زمانی کارا است که کلیه اهداف در نظر گرفته شده برای اعتلای خود را جامه عمل بپوشاند. مفهوم کارایی عموما در سه سطح به کار برده می‌شود؛ سطح خرد، سطح صنعت یا سازمان و سطح کلان [۲]. سیستم‌های ارزیابی کارایی یک سازمان می‌توانند نماینده یک ساختار مهم کنترل خدمت و تولید در راستای نگرش‌ها و دیدگاه‌های کلی سازمان باشند که اطلاعات مهم و حیاتی در خصوص کارایی برنامه پیش‌بینی شده را در اختیار مدیران قرار می‌دهند. نتایج حاصله از محاسبه کارایی، سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا به برطرف کردن ناکارایی زیرواحدهای خود اقدام نموده و کارایی سازمان خود را ارتقا دهند [۸]. همچنین بانک و بانکداری به خاطر نقش اساسی و ارتباط گسترده‌ای که با عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی دارد، نهادی پویـا و تأثیرگذار است. با توجه به همه جانبه بودن حوزه بانکداری، می‌توان آن را یکی از اصلی‌ترین عوامل بسترساز توسعه اقتصادی کشور معرفی کرد. ارزیابی با هدف تعیین استعداد و ظرفیت‌های بالقوه واحدها، به منظور برنامه‌ریزی در جهت به فعالیت درآوردن آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش برنامه‌ریزی ریاضی برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) است. یک DMU عبارت است از یک واحد سازمانی یا یک سازمان مجزا که توسط فردی به‌نام "مدیر" یا "رئیس" یا "مسئول" اداره می‌شود و دارای فرآیند سیستمی می‌باشد، به این معنا که تعدادی عوامل تولید را بکارگرفته تا تعدادی محصول حاصل نماید. مدل‌های سنتی DEA به ساختارهای درونی و مقادیر میانی توجهی ندارند. در مدل‌های DEA یک هدفه تنها یک جنبه از کارایی (افزایش در میزان خروجی‌ها و یا کاهش در میزان ورودی‌ها) در هر مدل مورد بررسی قرار می‌گیرد. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه با لحاظ نمودن مقادیر میانی، این نقص را برطرف کردند. مدل‌های DEA با درنظرگرفتن چند هدف، سعی دارد اهداف متعددی را به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرارداده و امکان بررسی کارایی واحدهای مختلف را از جنبه‌های دیگر با استفاده از داده‌های کمی، کیفی و همچنین اعمال نظر DM در نتایج میسر نماید [۱۰].

با اندک آشنایی از تحلیل پوششی داده‌ها، مشخص می‌شود که این روش می‌تواند تعدادی واحد اعم از سازمان‌ها، بیمارستان‌ها، دانشگاه‌ها، بانک‌ها و یا هر موجودیتی که هر چیزی را به عنوان منابع و نیازها از محیط دریافت می‌کند تا محصول یا خدمتی را تولید نماید، با هم مقایسه کند. اما در دنیای واقعی مواردی وجود دارد که موجودیت مورد بررسی یک واحد بسیط نیست و مجموعه‌ای متشکل از تعدادی

واحد است که به طور مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند. چنین موجودیتی را به اعتبار اینکه مشتمل‌بر واحدهای مستقل است می‌توان گروه نامید. در واقع محقق می‌خواهد تا با بررسی انتقادی از آنچه که با موضوع مرتبط است یا می‌تواند باشد، به ارائه روش‌ها یا مدل‌هایی بپردازد که ضمن رعایت الزامات مفهومی و محاسباتی از قدرت تشخیص کافی برای ایجاد تمایز بین گروه‌ها برخوردار باشند یا حداقل بتوان روش یا مدل پیشنهادی را با روش‌ها و مدل‌هایی تکمیلی مثل مدل رتبه‌بندی در ادبیات تحلیل پوششی داده‌ها به چنین قدرتی مجهز کرد. با توجه به ارزیابی‌های جامع انجام شده در زمینه محاسبه امتیاز کارایی سپرده‌های بانکی، تاکنون الگوی جامعی از مؤلفه‌های اثرگذار بر روی رتبه‌بندی اعتباری این‌دست از سازمان‌ها پرداخته نشده‌است. از این‌رو در این مقاله یک رویکرد جامع‌نگرانه و ایجاد چارچوب کلی در خصوص الگوی رتبه‌بندی اعتباری اجرا خواهدشد و درنتیجه از نظر قلمرو موضوعی، مکانی و زمانی نیز، جنبه جدید بودن و نوآوری دارد. مهم‌ترین مزیت انجام این تحقیق، توسعه مدل شبکه در فضای نامحدب است که به نوبه خود جنبه جدید موضوع در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی نوآوری‌های انجام این تحقیق را می‌توان در قالب موارد زیر بیان کرد:

- توسعه یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها در فضای غیر حالت مرسوم یعنی نامحدب،
- ملحوظ دانستن عوامل خروجی نامطلوب در مدل تحلیل پوششی داده‌های توسعه داده شده،
- ارزیابی سپرده‌های بانکی با استفاده از کارایی متقاطع در شعبات مختلف بانکی،
- توسعه مدل ترکیبی مدل‌های پایه تحلیل پوششی داده‌ها در فضای نامحدب و مقایسه عملکرد آنها با یکدیگر،
- نیاز به توسعه و بکارگیری چنین مدلی در حوزه مالی برای پاسخگویی به مسائل مطروحه.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مشایخ (۱۳۹۵) در پژوهش خود شناسایی شاخص‌های تعیین کننده رتبه اعتباری شرکت‌ها در ایران پرداختند. وجود مؤسسات رتبه‌بندی اعتباری در ماده ۲۱ قانون اوراق بهادار پیش‌بینی شده است و دستورالعمل شرایط ثبت و نظارت بر موسسات رتبه‌بندی تدوین شده است. مؤسسات رتبه‌بندی برای تعیین رتبه باید به عوامل کمّی و کیفی توجه کنند. برای همین منظور در این مطالعه، ابتدا ادبیات رتبه‌بندی اعتباری مورد بررسی قرارگرفت و شاخص‌های تعیین‌کننده رتبه اعتباری در دو بخش وضعیت کسب و کار(متغیرهای کیفی) و وضعیت مالی(متغیرهای کمّی) استخراج شد. سپس نظر خبرگان با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه اکتشافی جمع‌آوری گردید. برای آزمون فرضیات پژوهش که میزان

اهمیت هر یک از شاخص‌ها را در تعیین رتبه اعتباری در نظر می‌گیرد از آزمون دوجمله‌ای و برای اولویت‌بندی شاخصها از آزمون فریدمن استفاده شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، ۷۱ شاخص به عنوان شاخص‌های تعیین‌کننده رتبه اعتباری می‌باشند.[۱۱].

سلیمانی و همکاران (۱۳۹۶)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی بانک‌ها ارائه دادند. در این مقاله یک مدل DEA شبکه‌ای پویا توسعه داده‌می‌شود که همزمان ساختار و زمان را در ارزیابی درنظر می‌گیرد و دو روش برای محاسبه کارایی معرفی می‌کند [۵]. امید و همکاران (۱۳۹۷)، کارایی دینامیکی را با استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه کردند. در این پژوهش نسبت به روش‌های پیشین توسط داده‌های تجربی مربوط به تولیدکننده‌های فرش ماشینی در کشور مورد ارزیابی قرار گرفته است و کارایی کل و کارایی سالیانه این واحدها در طول یک دوره چهارساله مورد سنجش قرارگرفته است [۱]. پیکانی و محمدی (۱۳۹۸)، هدف این تحقیق ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای به منظور ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با ساختار دو مرحله‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب می باشد. لازم به ذکر است که با توجه به ساختار دو مرحله‌ای حاکم بر شرکت‌های سرمایه‌گذاری و حضور خروجی نامطلوب در فرآیند ارزیابی آنها، ده شرکت سرمایه‌گذاری فعال در بورس اوراق بهادار تهران به عنوان مطالعه موردی پژوهش انتخاب شده‌اند و نتایج حاصله از ارزیابی عملکرد آنها با استفاده از رویکرد پیشنهادی تحقیق نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند [۴].

دامنه (۱۳۹۸)، در این مطالعه تلاش شده است تا یک مدل چندهدفه مضربی که همزمان کارایی کل و کارایی مراحل را مدنظر قرار می‌دهد توسعه داده شود. همچنین برای حالت جواب چندگانه، مدل‌هایی جهت محاسبه کارایی‌ها ارائه و اثبات شد که در تمامی مدل‌ها نمرات کارایی بین صفر تا یک می‌شود و تنها در صورتی یک واحد کارای شبکه‌ای می‌شود که در هر دومرحله کارا باشد. مدل‌های توسعه‌داده شده به ساختار دومرحله‌ای با ورودی و خروجی مازاد نیز تعمیم داده شد[۶]. همچنین صانعی و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های بیمه کشور ایران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای پرداختند. در این مقاله با بهره‌گیری از مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌های SORM-SBMارزیابی عملکرد ۲۱ شرکت بیمه‌ای فعال در کشور ایران با شاخص‌های مالی انجام شد که علاوه بر کارایی کل، کارایی هر شرکت در دو حوزه بازاریابی و سودآوری نیز محاسبه شدند[۷].

ونگ و همکاران (۲۰۱۴)، برای محاسبه امتیاز کارایی در بانک‌های تجاری چینی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه دومرحله جمعی ارائه دادند. نتایج اصلی این مطالعه به شرح زیر است: (الف) مدل DEA دومرحله‌ای نسبت به مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها که بصورت جعبه سیاه رفتار

می‌کنند در شناسایی ناکارآمدی سیستم بانکی موثرتر است؛ ب) به دلیل اصلاحات، کارایی کلی سیستم بانکی چین در طول دوره مطالعه بهبود می‌یابد. ج) به نظر می‌رسد که بانک‌های تجاری دولتی فقط در دوره قبل از اصلاحات کارآمدتر از بانک‌های تجاری خصوصی هستند و اختلاف کارایی بین آنها نسبت به دوره پس از اصلاحات بیشتر است[۳۲]. جوی (۲۰۱۸) در پژوهش خود بررسی اوضاع موجود در کره پس از بحران مالی سال ۱۹۹۷ آسیا را انجام دادند، میزان تأثیرگذاری اعتبار در شرکت‌های هولدینگ اجرا شد. با توجه به نتایج بدست آمده نشان داده شد هزینه‌ها و مزایای مربوط به سطوح مختلف رتبه‌بندی، رتبه‌بندی‌های اعتباری مورد توجه عمده برای مدیریت شرکت‌های سرمایه‌گذاری هولدینگ است. به طور خاص، بنگاه‌هایی که نسبت به تغییرات رتبه نسبتاً حساس می‌شوند، دارایی‌های نقدی خود را افزایش می‌دهند، یا برای افزایش شانس بروزرسانی، یا برای جلوگیری از کاهش قیمت. سرانجام، بیان نمودند که تأثیر رتبه‌بندی اعتباری بر دارایی‌های بنگاه‌های شرکت هنگامی برجسته‌تر می‌شود که بنگاه‌ها در بازار برجسته‌تر باشند[۲۰]. علیزاده و همکاران (۲۰۲۰)، عملکرد سیستم‌های پیچیده تولید برق را با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای انجام دادند. در این مقاله یک روش DEA مبتنی بر شبکه ساخته‌شده‌است، که روابط متقابل عملیات را برای تعیین کارایی سیستم در نظر می‌گیرد. برای ارزیابی عملکرد در دوره‌های متوالی، با وابستگی‌های مبتنی بر زمان بین دوره‌های متوالی، یک مدل DEA پویا پیشنهاد شده‌است [۱۳]. ژو و همکاران (۲۰۲۱)، یک مدل ترکیبی چند دوره‌ای DEA با بازخورد برای بازکردن ساختار داخلی سیستم DMUو همچنین ارائه مقایسه تغییر کارایی یک DMU مشابه در دوره‌های زمانی مختلف ارائه می‌دهند[۳۳].

تشریح چارچوب مدل پیشنهادی

چارچوب پیشنهادی برای انجام این تحقیق مشتمل بر گام‌های زیر است. در ذیل هر کدام از این گام‌ها توضیح داده‌شده‌اند.

گام اول: تعیین ورودی و خروجی مدل

متغیرهای ورودی و خروجی عموماً براساس عملکرد درونی مسأله موجود، انتخاب می‌شود. از این‌رو، از طریق بررسی اسناد موجود بایگانی طبقه‌بندی شده موجود در وبسایت بانک سامان اقدام به شناسایی متغیرهای ورودی، خروجی و میانی در مسأله موردنظرشده است. متغیرهای درنظرگرفته‌شده برای ارزیابی کارایی واحدهای تحت ارزیابی با در نظر گرفتن ساختار شبکه مبتنی بر FDH با لحاظ کردن خروجی‌های نامطلوب به شرح موجود در جدول ۱ می باشد.

جدول۱: متغیرهای ورودی، خروجی و میانی و نامطلوب

متغیر ورودی X	متغیر خروجی Y		متغیر میانی Z
	مطلوب	نامطلوب	
منابع انسانی	سود	معوقات بانکی	تعداد سپرده ها
دارایی ثابت			
تقاضا			
بازگشت سرمایه قبل			

توجه شود که در این مقاله، با توجه به اینکه ساختار شبکه درنظرگرفته‌شده‌است، متغیر میانی به‌عنوان وصل‌کننده مراحل این شبکه به‌یکدیگر میباشد. متغیر میانی، متغیری است که در بخشی از ساختار شبکه به‌عنوان خروجی و در بخشی دیگر به عنوان ورودی است. این شبکه دارای دومرحله است که در مرحله اول دو ورودی اختصاصی منابع‌انسانی و دارایی ثابت درنظرگرفته شده است. خروجی این مرحله تعداد سپرده‌های محفوظ نزد بانک می‌باشد که توسط مشتریان در بازه زمانی درنظرگرفته‌شده افتتاح شده است. خروجی مرحله اول به‌عنوان ورودی مرحله دوم درنظرگرفته می‌شود. علاوه‌براین، در مرحله دوم میزان تقاضا و بازگشت سرمایه سال قبل نیز به عنوان ورودی‌های اختصاصی این مرحله درنظرگرفته شده اند. همچنین، خروجی مرحله دوم، که به عنوان خروجی کلی شبکه هم درنظرگرفته می‌شود میزان سود (درآمد) می‌باشد. این خروجی به‌عنوان خروجی مطلوب درنظرگرفته شده‌است. در کنار این خروجی، معوقات بانکی خروجی نامطلوب سیستم نیز درنظر گرفته‌شده اند. نکته لازم توجه این است که در ساختار شبکه، ورودی‌های وارد شده به مرحله اول، به‌عنوان ورودی کلی سیستم، و خروجی خارج شده از مرحله آخر، به عنوان خروجی کل سیستم درنظر گرفته می‌شوند.

نظر به اینکه افزایش در خروجی نامطلوب تأثیر نامناسبی بر روی کارای سازمان می‌گذارد، بنابراین رفتاری که نسبت به این متغیر در مقایسه با خروجی دیگر باید اتخاذ شود متفاوت است. از طرفی اجازه اینکه مقدار آن را کاهش دهیم نداریم، زیرا با تعریف خروجی در تضاد است. طبق تعریف، خروجی عاملی است که با ثابت نگه داشتن سایر عناصر، مقدار کارایی افزایش پیدا نماید. از طرفی هم می‌دانیم با افزایش در مقدار آن بر روی سیستم تأثیر نامطلوب می‌گذارد، پس لازم است مقدار آن را در سطح فعلی ثابت نگه داریم. بنابراین، این نحوه برخورد با خروجی نامطلوب باید در مدل‌سازی لحاظ گردد.

گام دوم: توسعه یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش ناپارامتریک و یکی از بهترین روش‌ها برای اندازه‌گیری عملکرد از طریق محاسبه امتیاز کارایی با محاسبه نسبت خروجی به ورودی برای هر یک از واحدهای تحت ارزیابی

است. اساساً اگر چنانچه با یک ورودی و یک خروجی سروکار داشته باشیم با عملیات دشواری روبرو نیستیم. اما دشورای کار در تحلیل پوششی داده‌ها از آنجایی شروع می‌شود که با بیش از یک ورودی و یا یک خروجی سروکار داشته باشیم. در اینصورت، لازم است از مدل‌های پایه‌ایی تحلیل پوششی داده‌ها استفاده شود. وقتی با بیش از یک ورودی و یک خروجی روبرو هستیم، لازم است برای ورودی‌ها و خروجی‌ها یک قیمت سایه در نظر بگیریم تا از طریق محاسبه مقدار آنها بتوانیم کارایی را محاسبه نماییم. رابطه (۱)، محاسبه امتیاز کارایی تحت شرایط یک ورودی و یک خروجی و رابطه (۲)، نحوه محاسبه کارایی تحت شرایط چند ورودی و چند خروجی را نشان می‌دهد.

$$\text{کارایی} = \frac{\text{خروجی}}{\text{ورودی}} = \frac{Y}{X} \qquad (۱)$$

$$\text{کارایی} = \frac{\sum_{r=1}^{s} U_r y_r}{\sum_{i=1}^{m} V_i x_i} \qquad (۲)$$

که در روابط فوق $U_r = (r = 1, \dots, s)$ و $V_i = (i = 1, \dots, m)$ به ترتیب قیمت سایه خروجی‌ها و ورودی‌ها هستند. مسأله برنامه‌ریزی خطی (۳) باید حل شود تا کارایی واحدهای تحت ارزیابی یا همان شعبات بانک سامان محاسبه شوند.

$$\max z = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rk} \qquad (۳)$$

$$S.t$$

$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_p z_{pj} \leq 0$$

$$V_i, U_r, W_p \geq 0$$

که در رابطه ۳، z^* جواب بهینه مسأله است که به ازای هر یک از واحدهای تحت ارزیابی محاسبه می‌شود. این‌جواب بهینه همان امتیاز کارای واحدهای تحت‌ارزیابی است. مقدار z^* همواره بین صفرویک قراردارد. درچارچوب پیشنهادی از مقدار z^* به عنوان معیاری برای کارایی و ناکارایی استفاده می‌شود.

برای ساخت تکنولوژی تولید FDH یک مجموعه با n واحد تحت ارزیابی را در نظر بگیرید که فعالیت آنها شامل دو مرحله می‌شود. x_{i1} و x_{i2} که $i = 1,2$ مجموعه ورودی‌های مرحله ۱ و ۲ هستند. همچنین y خروجی مطلوب نهایی فرآیند است. همچنین، z به عنوان محصول میانی یا فاکتور ارتباطی مرحله ۱ و ۲ درنظر گرفته‌شده است. ما همچنین فرض می‌کنیم که مرحله دوم علاوه بر خروجی مطلوب نهایی، خروجی نامطلوبی دارا است که آن را w می‌نامیم. در مرحله اول، DMU ها ورودی‌ها را مصرف می‌کنند تا خروجی میانی z تولید شود. در مرحله دوم، خروجی میانی مرحله قبل به‌عنوان ورودی مرحله دوم و ورودی‌های اختصاصی این مرحله مصرف می‌شوند تا y به‌عنوان خروجی نهایی تولید گردد. علاوه بر این خروجی نهایی سیستم درنظر گرفته‌شده w را به‌عنوان خروجی نامطلوب تولید می‌کند. تکنولوژی مبتنی بر اصل دسترسی‌پذیری ضعیف خروجی نامطلوب برای مدل FDH در یک شبکه سری به صورت معادله (۴) در زیر است.

$$if\ (x,y,w) \in T,\ \ 0 \le \theta \le 1 \overset{\text{داریم}}{\Longrightarrow} (\theta y, \theta w) \in T \qquad (۴)$$
$$T = \{(y,w): x\ can\ produce\ y,w\}$$

با لحاظ کردن اصل نشان داده شده در رابطه (۵)، تکنولوژی جدید بصورت زیر ساخته می‌شود.

$$P_x^T = \{(y,w): \theta^j \textstyle\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2\, y_j^2 \ge y \qquad (۵)$$

$$\theta^j \sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2\, w_j = w_j$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^k\, x_j^k \le x^k, \qquad k = 1,2$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1\, Z_j \ge Z$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^2\, Z_j \le Z$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^k = 1, \qquad k = 1,2$$

$$0 \le \theta^j \le 1$$

$$\{\lambda_j^k \in \{0,1\}, j = 1, \dots, n\,, k = 1,2\}$$

واضح است که روابط موجود در فرمول بندی شماره ۵ غیرخطی است که با یک روش ارایه شده توسط کاسمانن (۲۰۰۵) خطی می‌شود. برای خطی کردن، فرض کنید وزن‌های هر DMU به دو قسمت و به صورت $\lambda_j^2 = \eta_j^2 + \mu_j^2$ تجزیه می‌شود. مؤلفه دوم μ_j^2 نشان دهنده قسمتی از خروجی است که سطح فعالیت را کاهش می‌دهد. در حالی که مؤلفه اول η_j^2 نشان دهنده قسمتی از خروجی واحد jام است که فعال باقی می‌ماند $\eta_j^2 = \theta^j \lambda_j^2$. توجه شود که متغیر انقباض اصلی از رابطه $\theta^j = \frac{\eta_j^2}{\eta_j^2 + \mu_j^2}$ به دست می‌آید.

محاسبه امتیاز کارایی مراحل

در این بخش امتیاز کارایی واحدهای تحت ارزیابی در هر مرحله به‌صورت جداگانه محاسبه می‌شود. با مشخص شدن کارایی یک مرحله، کارایی مرحله دیگر به‌طور مشابه بدست می‌آید. برای این منظور مدل برنامه‌ریزی خطی (۶) را در نظر می‌گیریم.

$$\theta_1^T = \min \theta_1 \qquad (۶)$$

s.t

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 x_j^1 \le \theta_0{}^* \theta_1 x^1$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 Z_j \ge Z$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j^1 = 1$$

$$\sum_{k=1}^{n} \eta_j^2 + \mu_j^2 = 1$$

$$\eta_j^2, \mu_j^2 \ge 0, \ \ ,0 \le \theta_1 \le 1$$

$$\{\lambda_j^k \in \{0,1\}, j = 1, \dots, n\ , k = 1,2\}, \lambda_j^k \ge 0, \qquad j = 1, \dots, n$$

گام سوم: مقایسه مدل پیشنهاد شده با مدل‌های پایه

در این مرحله لازم است با خارج کردن ساختار شبکه به ساختار تحلیل پوششی داده‌های معمولی با استفاده از معادله (۷) امتیاز کارایی فنی مطابق با مدل CCR محاسبه می‌کنیم. در صورتی که تعداد واحدهای کارای مدل پیشنهاد شده نسبت به مدل CCR کمتر باشد، لذا می‌توان گفت مدل توسعه داده

شده از قابلیت مطلوبی برخوردار است.

$$\max z = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{ro} \qquad (۷)$$

$$S.t$$

$$\sum_{r=1}^{s} v_i x_i = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \leq 0$$

$$V_i, U_r \geq 0$$

گام چهارم: گزارش نتایج

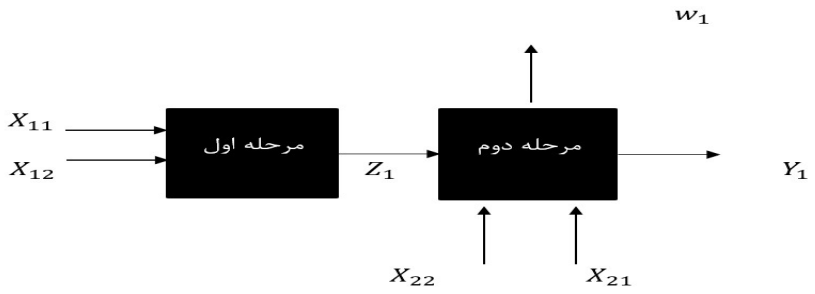
در این مرحله براساس نتایج بدست‌آمده واحدهای تصمیم گیری به دو بخش کارا و ناکارا تقسیم می‌شود. واحدهایی کارا محسوب می‌شوند که مقدار کارایی آنها برابر یک و در غیر اینصورت واحد را در زمره ناکارا تلقی می‌کنیم.

گام پنجم: رتبه‌بندی واحدهای تحت ارزیابی

براساس میزان کارایی کلی بدست‌آمده و محاسبه کارایی متقاطع به ترتیب نزولی مرتب می‌شوند.

نتایج محاسباتی

به‌منظور نشان دادن قابلیت مدل پیشنهادی، عملکرد ۱۸ شعبه بانک سامان با ۷ متغیر را مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم. ابتدا برای تحلیل این مسأله ۱۰ متغیر درنظرگرفته شد، که با در میان گذاشتن آنها با خبرگان و آنالیز قضاوت‌های آنان براساس همپوشانی کامل متغیرها با ساختار درنظر گرفته‌شده ۳ متغیر که از لحاظ تأثیرگذاری اهمیت کمتری داشتند کنار گذاشته شدند و در نهایت برای ۱۸ شعبه، ۷ متغیر درنظر گرفته‌شد. ازاین رو یک ساختار زنجیری دومرحله‌ای ایجاد شد که در مرحله اول دارایی ثابت منابع‌انسانی به‌عنوان ورودی درنظر گرفته شد. این ورودی‌ها مصرف می‌شوند تا شعبات به توانگری برای ایجاد انواع حسابرسی‌ها و پاسخگویی به میزان تقاضای بالقوه در هر ناحیه برسند، لذا تعداد سپرده‌های ایجاد شده در هر شعبه به‌عنوان خروجی مرحله اول و ورودی مرحله دوم به‌عنوان یک متغیر میانجی درنظر گرفته می‌شود تا در مرحله دوم سود نهایی به‌عنوان خروجی مطلوب و معوقات بانکی به‌عنوان خروجی نامطلوب درنظر گرفته‌شود. در شکل ۱، فرآیند بانکداری درنظر گرفته‌شده نشان داده شده است.



شکل ۱: فرآیند جریان بانکداری

در شکل ۱، X_{11} منابع‌انسانی و X_{12} دارایی ثابت به عنوان ورودی‌های مرحله اول هستند، Z_1 تعداد سپرده‌ها است. Y_1 و w_1 خروجی‌های مطلوب و نامطلوب مرحله دوم و فرآیند کل هستند که به ترتیب عبارت‌اند از سود نهایی و معوقات بانکی. علاوه‌براین، در ساختار درنظر گرفته‌شده مرحله دوم دارای دو ورودی اختصاصی میزان تقاضا و بازگشت سرمایه هستند که با X_{21} و X_{22} نشان‌داده شده‌است.

با ملحوظ دانستن داده‌ها، در مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح (MIP) توسعه داده‌شده و پس از اجرای آن در نرم افزار Gams نتایج کارایی برای واحدهای تصمیم‌گیری تحت مدل پیشنهادی نشان‌داده شده است.

جدول ۲: نتایج امتیاز کارایی کلی تحت مدل پیشنهادی

واحد تصمیم‌گیری	DMU1	DMU3	DMU5	DMU8	DMU9	DMU11	DMU13	DMU14	DMU16
کارایی کلی	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰

براساس نتایج بدست‌آمده از بین ۱۸ شعبه، تعداد ۹ شعبه به عنوان شعبه کارای کلی شناسایی شده‌اند. با توجه به اینکه در ساختار ارائه‌شده دارای یک شبکه مبتنی بر دومرحله هستیم، همچنین مراحل اول و دوم از طریق عناصری به یکدیگر متصل هستند بنابراین با ارائه مدل پیشنهادی امتیاز کارایی با ملحوظ دانستن تأثیر این موارد بر روی عملکرد سیستم به منظور افزایش دقت محاسبه امتیاز کارایی و غلبه بر خاصیت فراتخمینی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها که عموماً مقدار کارایی را بالاتر از حد واقع گزارش می‌کنند، نیز قابل محاسبه است. بدین طریق علاوه‌براینکه می‌توان عامل ناکارایی هر واحد را شناسایی نماییم، مشخص می‌کنیم که آیا واحد تصمیم‌گیری واقعا کارا است یا خیر. بدین صورت که اگر در صورتی که واحد تصمیم‌گیری فقط و فقط در هر دومرحله کارا شناسایی شود، بعنوان یک واحد تحت ارزیابی کارا درنظر گرفته می شود. و اگر واحد تصمیم‌گیری علی‌رغم اینکه کارای کلی است ولی در صورت وجود ناکارایی در یکی از مراحل، به عنوان واحد کارا تلقی نمی‌شود. در حقیقت بدین

شکل با حساسیت بالایی در انتخاب واحدهای کارا و ناکارا اقدام می‌نماییم. در جدول ۳، نتایج کارایی مرحله اول و دوم شعباتی که کارایی کلی آنها برابر با یک بود، نشان‌داده‌شده است.

جدول۳: نتایج امتیاز کارایی کلی تحت مدل پیشنهادی

واحد تصمیم‌گیری	DMU1	DMU3	DMU5	DMU8	DMU9	DMU11	DMU13	DMU14	DMU16
کارایی مرحله اول	۰,۹۶۶۱	۰,۸۲۸۰	۰,۷۸۲۵	۱,۰۰	۰,۹۴۳۶	۰,۵۸۴۲	۱,۰۰	۰,۷۰۹۷	۱,۰۰
کارایی مرحله دوم	۰,۲۶۰۴	۰,۲۷۱۰	۰,۲۱۳۷	۰,۲۸۵۷	۰,۵۳۱۹	۰,۳۴۲۸	۰,۵۰۰	۰,۲۱۹۸	۰,۶۶۶۷

با توجه به جدول ۲، تعداد ۹ شعبه بعنوان شعبات کارا شناسایی شده اند. اما با محاسبه امتیاز کارایی مراحل اول و دوم که در جدول ۳ مشاهده می‌شود شعبات کارای شناسایی شده دارای ناکارایی‌های درونی هستند و بدلیل خاصیت فراتخمینی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها این واحدها کارای کلی شناسایی شده‌اند، برای نمونه شعبات DMU8، DMU13 و DMU16 علی‌رغم اینکه در مرحله اول کارا شناسایی شده‌اند به دلیل ناکارایی در مرحله دوم نیز بعنوان واحد ناکارا در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین، بااستفاده از غربالگری که انجام می‌شود از طریق محاسبه کارایی مرحله اول و دوم، هیچ یک از شعبات بانکی کارا شناسایی نمی‌شوند. در جدول ۴، نتایج کارایی و ناکارایی شعباتی که کارایی کلی آنها برابر با یک بود نشان داده شده است.

جدول ۴: وضعیت کارایی و ناکارایی شعبات بانک سامان

واحد تصمیم‌گیری	وضعیت			نتیجه کلی
	کارایی کل	کارایی مرحله اول	کارایی مرحله دوم	
DMU1	✓	×	×	×
DMU3	✓	×	×	×
DMU5	✓	×	×	×
DMU8	✓	✓	×	×
DMU9	✓	×	×	×
DMU11	✓	×	×	×
DMU13	✓	✓	×	×
DMU14	✓	×	×	×
DMU16	✓	✓	×	×

جدول ۵: امتیاز کارایی کلی تحت مدل CCR

واحد تصمیم‌گیری	DMU8	DMU9	DMU11	DMU13	DMU16	DMU18
کارایی کلی	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰	۱,۰۰

همانطورکه در جداول ۳ و ۴ نشان‌داده‌شده است، بر طبق مدل پیشنهادی با توجه به اینکه کلیه روابط شبکه لحاظ می‌گردد دقت محاسباتی افزایش پیدا می‌کند. براساس غربالگری که طبق روش پیشنهادی با توجه به قابلیت‌های آن انجام شده‌است هیچ یک از شعبات به عنوان واحد کارا شناسایی نشده‌اند، اما طبق مدل پایه CCR در جدول ۵، تعداد ۶ شعبه به عنوان واحدهای کارا شناسایی شده . زیرا، مدل CCR با توجه به اینکه قابلیت در نظر گرفتن عناصر میانی شبکه را ندارد و فقط ورودی‌ها و خروجی‌های کلی را در نظر می‌گیرد و از فعل و انفعالات درونی چشم پوشی می‌کند، در محاسبه امتیاز کارایی دارای عملکرد صحیحی در وضعیت درنظر گرفته‌شده نیست و نتایج آن نیز قابل اعتماد نمی‌باشد. اما مدل پیشنهادی با ملحوظ دانستن کلیه فعل و انفعالات قادر به محاسبه امتیاز کلی و همچنین مرحله‌ای می باشد.

در قدم بعدی به منظور رتبه‌بندی شعبات با استفاده از کارایی متقاطع، یک جدول به صورت مقایسه زوجی براساس نسبت کارایی واحدها با یکدیگر ایجاد می‌شود. (مانند نسبت DMU1 به DMU2). سپس با محاسبه میانگین هر سطر رتبه انتظاری شعبات را محاسبه می‌نماییم. مطابق جدول۶، با توجه به مقدار نسبت کارایی هر DMU بر مقدار کارایی همان DMU بر روی قطر اصلی ماتریس تشکیل‌شده، مقدار ۱ بدست‌می‌آید. اما برای سایر درایه‌ها تقسیم کارایی واحد اول بر واحد دیگر محاسبه می‌شود. به همین طریق برای سایر درایه‌های ماتریس مقادیر را محاسبه می‌کنیم تا سرانجام میانگین هر سطر را بدست آوریم.

جدول ۶: محاسبه کارایی متقاطع $j = 1, \dots, n$

DMU_j	1	2	3	4	5	n	میانگین
1	۱	۱,۴۴۹	۱	۱,۳۱۵۷	۱	...	...
2	۰,۶۹	۱	۰,۶۹	۰,۹۰۵۸	۰,۶۹	...	...
3	۱	۱,۴۴۹	۱	۱,۳۱۵۷	۱	...	..
4	۰,۷۶	۱,۱۰۱	۰,۷۶	۱	۰,۷۶	...	...
5	۱	۱,۴۴۹	۱	۱,۳۱۵۷	۱	...	...
6	۰,۷۵	۱,۰۸۶	۰,۷۵	۰,۹۸۶۸	۰,۷۵	...	..
n	...	...	...	...	...	۱	...

میانگین هر سطر به صورت نزولی مرتب می‌شود تا واحدهای تصمیم‌گیری رتبه‌بندی شوند. با توجه به اینکه کارایی کلی تحت مدل پیشنهادی برای ۹ شعبه ۱ بود، میانگین این شعب برابر می‌شود. مطابق

جدول ۷، این شعب در رتبه یک قرار می‌گیرند و میانگین برای سایر شعب به صورت نزولی مرتب شد، تا شعبه با کمترین کارایی که در رتبه ۱۰ قرار می‌گیرد.

جدول ۷: رتبه‌بندی متقاطع شعبات بانکی

شعبه	DMU1	DMU3	DMU5	DMU8	DMU9	DMU11	DMU13	DMU14	DMU16
رتبه	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
شعبه	DMU7	DMU10	DMU17	DMU4	DMU2	DMU6	DMU15	DMU18	DMU12
رتبه	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰

نتیجه‌گیری و بحث

در این مقاله، یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر FDH ارائه شد و امتیاز کارایی شعبات بانک سامان که به صورت متوالی از یکدیگر فرض شده بودند برآورد شد. در حالت فرض شده، مقدار ورودی کلی وارد شده به یک شعبه به صورت زنجیروار به بخش‌های دیگر وارد می‌شود و هر بخش ورودی اختصاصی مربوط به خود را دریافت می‌کند. همچنین، خروجی بخش آخر به عنوان خروجی کلی سیستم در نظر گرفته می‌شود. مدل‌های پایه‌ایی با چشم‌پوشی از روابط درونی فرض شده در سیستم جریان فرآیند بانکی و درنظرگرفتن خروجی و ورودی کلی، نسبت به محاسبه کارایی اقدام می‌کنند. اما در این مقاله با در نظرگرفتن روابط درونی به‌صورتی که فرض شده است، نسبت به مدلی که دقت بالایی در محاسبه امتیاز کارایی دارد اقدام شد. براساس غربالگری که طبق روش پیشنهادی با توجه به قابلیت‌های آن انجام‌شده است هیچ یک از شعبات به عنوان واحد کارا شناسایی نشده‌اند، اما طبق مدل پایه CCR تعداد شش شعبه به عنوان واحدهای کارا شناسایی شده‌اند و با توجه به تعداد بیشتر واحدهای کارا شناسایی شده در مدل CCR نتیجه می‌گیریم که مدل پیشنهادی از دقت بالایی در برخورد با خاصیت فراتخمینی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها روبرو است. سرانجام، برای رتبه بندی واحدها از روش کارایی متقاطع استفاده شده است. در این تحقیق، پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی به شرح زیر در نظر گرفته می‌شود.

- درنظرگرفتن ساختار موازی برای بخش‌ها و توسعه مدل شبکه متوالی و مقایسه نتایج بدست-آمده با این تحقیق،
- دخالت دادن عدم قطعیت‌ها در مدل توسعه داده شده،
- استفاده در سایر مطالعات موردی خدماتی برای استفاده از مدل توسعه داده شده و بررسی نتایج بدست‌آمده.

منابع

۱) امید آزاده، ذگردی سید حسام الدین، نهاوندی نسیم. سنجش کارایی دینامیکی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ای شبکه‌ای: مورد کاوی صنعت فرش ماشینی. مدیریت تولید و عملیات .۱۳۹۷.شماره۱: ۲۴

۲) باغبان عادله، امیری مقصود، افت لعیا، شرفی آورزمان زهرا. ارزیابی و رتبه‌بندی پیمانکاران و ارتقاء پیمانکاران ناکارا با رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خاکستری – مورد مطالعه پیمانکاران گروه مپنا. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن. ۱۳۹۰. دوره۹: ۱۸

۳) بهارمقدم مهدی، داوودی سیده سحر، یوسف زاده نسرین، اعظمی زینب. بررسی تأثیر فعالیت‌های سرمایه‌گذاری نقدی و غیرنقدی در تبیین قیمت سهام و عملکرد آتی شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. مدیریت دارایی و تامین مالی. ۱۳۹۴. دوره۳: ۲۰

۴) پیکانی پژمان، محمدی عمران. ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیرنده با ساختار شبکه‌ای در حضور خروجی نامطلوب .پژوهش‌های نوین در ریاضی. ۱۳۹۸.دوره۵: ۱۵۷-۱۶۵

۵) سلیمانی دامنه رضا، مومنی منصور، مصطفایی امین، رستمی مال خلیفه محسن. توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها. چشم انداز مدیریت صنعتی. ۱۳۹۶. دوره۷: ۶۷-۸۹

۶) سلیمانی دامنه رضا. توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مضربی جهت بررسی ساختار درونی واحدهای تصمیم‌گیرنده. فصلنامه مدیریت صتعتی. ۱۳۹۸. شماره۴۹: ۵۳-۷۲

۷) صانعی رضا، فلاح محمد، حسین زاده لطفی فرهاد، موحدی سبحانی فرزاد. ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های بیمه کشور ایران با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۱۴۰۰. پیاپی۴۸: ۲۵

۸) قاری زاده رامین. طراحی سیستم‌های ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌های برق منطقه‌ای ایران بر مبنای روش‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و تحلیلی سلسله مراتبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی ارومیه. ۱۳۹۲

۹) قدرتیان کاشان سیدعبدالجابر، انواری رستمی علی اصغر. طراحی مدل جامع ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی شرکت‌ها. ویژه نامه مدیریت. ۱۳۸۳.دوره ۸: ۱۰۹-۱۳۴

۱۰) ممی پور سیاب، نجف‌زاده بهنام. ارزیابی کارایی زیست‌محیطی شرکت‌های برق منطقه‌ای: مقایسه

مدل‌های شعاعی و غیرشعاعی. فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد. ۱۳۹۵. شماره۳: ۲۶

۱۱) مشایخ شهناز، شاهرخی سیده سمانه. شناسایی شاخصهای تعیین‌کننده رتبه اعتباری شرکتها. فصلنامـه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گـذاری. ۱۳۹۵. شماره۱۹: ۲۷

۱۲) واحدی انور حدیثه. ارزیابی کارایی مؤسسات مالی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها در ساختار شبکه مبتنی بر FDH (مطالعه‌موردی: بانک‌سامان). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ۱۴۰۰

13) Alizadeh, R., Beiragh, R. G., Soltanisehat, L., Soltanzadeh, E., & Lund, P. D. (2020). Performance evaluation of complex electricity generation systems: A dynamic network-based data envelopment analysis approach. Energy Economics, 91, 104894.

14) Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G., Yang, F. (2010). Network DEA: Additive efficiency decomposition. European journal of operational research, 207(2), 1122-1129.

15) Emrouznejad, A., Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016. Socio-economic planning sciences, 61, 4-8.

16) Ghaffari-Hadigheh, A., Lio, W. (2020). Network data envelopment analysis in uncertain environment. Computers Industrial Engineering, 148, 106657.

17) Gnewuch, M., & Wohlrabe, K. (2018). Super-efficiency of education institutions: an application to economics departments. Education Economics, 26(6), 610-623.

18) Guan, J., & Chen, K. (2012). Modeling the relative efficiency of national innovation systems. Research policy, 41(1), 102-115.

19) Horrigan, J. O. (2006). The determination of long-term credit standing with financial ratios. Journal of Accounting Research, 44-62

20) Joe, D. Y., & Oh, F. D. (2018). Credit ratings and corporate cash holdings: Evidence from Korea's corporate reform after the 1997 Asian financial crisis. Japan and the World Economy, 45, 9-18

21) Kao, C. (2009). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. European journal of operational research, 192(3), 949-962.

22) Kao, C. (2014). Network data envelopment analysis: A review. European journal of operational research, 239(1), 1-16.

23) Lotfi, F. H., Ebrahimnejad, A., Vaez-Ghasemi, M., & Moghaddas, Z. (2020). Data Envelopment Analysis with R. Springer International Publishing.

24) Min, J. H., & Lee, Y. C. (2008). A practical approach to credit scoring. Expert Systems with Applications, 35(4), 1762-1770.

25) Mirmozaffari, M., Boskabadi, A., Azeem, G., Massah, R., Boskabadi, E., Dolatsara, H. A., & Liravian, A. (2020). Machine learning clustering algorithms based on the DEA optimization approach for banking system in developing countries. European Journal of Engineering and Technology Research, 5(6), 651-658.

26) Mirmozaffari, M., Yazdani, M., Boskabadi, A., Dolatsara, H. A., Kabirifar, K., & Golilarz, N. A. (2020). A novel machine learning approach combined with optimization models for eco-efficiency evaluation. Applied Sciences, 10(15), 5210.

27) Mosleh Shirazi, A. N., Khalifeh, M. (2015). Measuring the Efficiency of Iran International Competitiveness in Comparision with Selection Countries Using Two-Stage DEA. Journal of Industrial Management Perspective, 19, 117-137.

28) Mostafaee, A., & Soleimani-Damaneh, M. (2020). Global sub-increasing and global sub-decreasing returns to scale in free disposal hull technologies: Definition, characterization and calculation. European Journal of Operational Research, 280(1), 230-241.

29) Polito, V., & Wickens, M. (2015). Sovereign credit ratings in the European Union: a model-based fiscal analysis. European Economic Review, 78, 220-247.

30) Sanei, M., & MAMIZADEH, C. S. (2013). Using free disposal hull models in supply chain management.

31) Tajbakhsh, A., & Hassini, E. (2015). A data envelopment analysis approach to evaluate sustainability in supply chain networks. Journal of Cleaner Production, 105, 74-85.

32) 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.

33) Xu, Y. W., Zhang, H. J., Cheng, K., Zhang, Z. X., & Chen, Y. T. (2021). Efficiency measurement in multi-period network DEA model with feedback. Expert Systems with Applications, 175, 11481.