دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال هشتم، شماره سی و هفتم، مرداد و شهریور ۱۴۰۱
شماره شاپا: ۵۸۸-۲۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

طراحی شاخص‌های ارزیابی عملکرد بانک‌ها به وسیله مدل تحلیل پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای و غیرمحدب FDH و غیرشعاعی SBM

آسیه سادات حاتمی[۱]، مرتضی شفیعی[*۲]، مژده ربانی[۳]، محمد رضا مظفری[۴]

(۱) دانشجوی دکترا مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
(۲) دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران
(۳) استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد یزد ،دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
(۴) دانشیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۲۵

چکیده

ارزیابی عملکرد از ضروریات هر بانکی به منظور برنامه‌ریزی و کنترل است و با توجه به نقش بانک‌ها در اقتصاد کشور، اندازه‌گیری کارایی آن بسیار حائز اهمیت است، لذا نیاز است تا از ابزارهای مناسبی برای ارزیابی کارایی بانک‌ها استفاده نمود. یکی از این ابزارها تحلیل‌پوششی‌داده‌ها می‌باشد و با توجه به ساختار چندمرحله‌ای بانک‌ها نمی‌توان از مدل‌های مرسوم تحلیل‌پوششی‌داده‌ها استفاده‌نمود، زیرا مدل‌های مرسوم به ساختار داخلی، محصولات میانجی یا فعالیت‌های ارتباطی توجه نمی‌کنند و تخمین ظاهری از کیفیت کارایی را ارائه می‌دهند. همچنین مدل‌های مرسوم به ماهیت ورودی و خروجی‌ها کمتر توجه می‌کنند و ماهیت شعاعی دارند، به همین دلیل هدف این پژوهش ارائه یک مدل جدید تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای غیرمحدب FDH و غیرشعاعی SBM است تا علاوه بر رفع ضعف مدل‌های مرسوم DEA از قدرت تفکیک بالاتری برخوردار باشند. مدل‌های پیشنهادی، غیر شعاعی و براساس ماکزیمم کردن متغیرهای کمکی براساس FDH می‌باشند که فرم برنامه-ریزی خطی را ندارند اما برای حل مدل‌های پیشنهادی از نسبتهای پارامترهای استفاده شده است. همچنین به منظور مطالعه تجربی به ارزیابی عملکرد ۱۹شعبه یک بانک تجاری با در نظر گرفتن شاخص‌های تعداد پرسنل و میزان ساعت کاری پرسنل به عنوان ورودی و سپرده‌های بدون‌هزینه و سپرده‌های هزینه‌زا و تسهیلات به عنوان شاخص‌های میانی(واسطه‌ای) و شاخص‌های مطالبات معوق و کارمزد دریافتی به عنوان خروجی پرداخته شده‌است و به رتبه‌بندی شعبه‌های آن پرداخته شده‌است و نهایتا شعبه‌های کارا و ناکارا مشخص شدند و استراتژی‌های لازم برای بهبود عملکرد شعب ناکارا داده‌شدند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی عملکرد، تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای، مدل غیرمحدبFDH، مدل غیرشعاعیSBM.

*. عهده‌دار مکاتبات: Email: ma.shafiee277@gmail.com

۱- مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها تکنیکی مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه کارایی[1] نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده است که با استفاده از چندین ورودی مشابه, خروجی‌های مشابه تولید می‌کنند طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیرمجدب جهت ارزیابی کارایی در شبکه, مدلی برای لحاظ کردن اطلاعات ترجیح در تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. این مدل زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تصمیم‌گیرنده ترجیحات خود را از طریق تعیین واحد تصمیم‌گیرنده[2] با بیشترین یا کمترین ترجیح بیان می‌کند که این واحد تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک واحد موجود یا مجازی باشد. در بعضی از مواقع تصمیم‌گیرنده تمایلی ارزیابی واحدهای مجازی ندارد. در این حالت یک مدل جدید از ارزیابی کارایی این شبکه مطرح می‌گردد که درآن فرض تحدب مجموعه امکان تولید حذف می‌شود و ارزیابی واحدها با توجه به ارزیابی کارایی صورت می‌گیرد.

ما با حذف اصل تحدب می‌خواهیم پژوهشی را انجام دهیم که در مجموعه امکان تولید ما باشد و وجود واقعی و عملیاتی داشته در تحقیقاتی که تاکنون صورت گرفته است که بصورت شبکه‌ایی و غیر شبکه‌ایی با استفاده از اصل تحدب مشکل این بود که در عمل اکثر مواقع تحدب اجرایی نمی‌شود بطور مثال: اگر بخواهیم بین چندین شعب بانک ارزیابی کارایی عملکرد را انجام دهیم بااستفاده از اصل تحدب به جواب واقعی و عملیاتی نمی‌رسیم بدلیل اینکه ما در استان فارس ۲۳شعبه و ۱۸ باجه بانک شهر را داریم در اصل تحدب می‌گوید هر دو نقطه در آن مجموعه را در نظر بگیریم باید به جواب برسیم اگر حدفاصل ۲۳ شعب را ما مثلاً بین یا یک چهارم درنظر بگیریم عدد ما اعشاری می‌شود و در واقع ما بر فرض ۱۱/۵ شعبه نداریم ما در عمل به جواب واقعی و عملیاتی نمی‌رسیم یا مثلا در شعب بانک الف ۵ پرسنل بانک ب ۱۰پرسنل در نظر بگیریم ما اگر نقطه دلخواهی که انتخاب کنیم یک چهارم باشد ۳/۷۵ می‌شود و باز هم اعشاری و شدنی و واقعی نیست و یا مثال دیگری در دو شعبه در نظر بگیرید.

شعبه الف: ۱۰ پرسنل، ۱۰۰ مترمربع مساحت، ۵ میلیارد خزانه و۷۰۰ میلیون تسهیلات

شعبه ب: ۸ پرسنل،۲۰۰ مترمربع مساحت، ۴ میلیارد خزانه و۹۰۰ میلیون تسهیلات

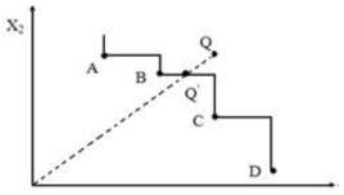
با فرض لاندا= ½

½الف+½ب = ۹ پرسنل، ۱۵۰ مترمربع مساحت، ۴/۵ میلیارد خزانه و ۸۰۰ میلیون تسهیلات ممکن است شعبه‌ایی با تسهیلات فوق عملیاتی و اجرایی نباشد در نتیجه باشد.

تحلیل پوششی داده‌ها تکنیکی مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه کارایی نسبی مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده است که با استفاده از چندین ورودی مشابه، خروجی‌های مشابه تولید می‌کنند طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیر مجدب جهت ارزیابی کارایی در شبکه، مدلی برای لحاظ کردن اطلاعات ترجیح در تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. این مدل زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که تصمیم‌گیرنده ترجیحات خود را از طریق تعیین واحد تصمیم‌گیرنده با بیشترین یا کمترین ترجیح بیان می‌کند که این واحد تصمیم‌گیرنده می‌تواند یک واحد موجود یا مجازی باشد. همچنین در بعضی از مواقع تصمیم گیرنده تمایلی ارزیابی واحدهای مجازی ندارد. در این حالت یک مدل جدید از ارزیابی کارایی این شبکه مطرح می‌گردد که در آن فرض تحدب مجموعه امکان تولید حذف می‌شود و ارزیابی واحدها با توجه به ارزیابی کارایی صورت می‌گیرد

[1] Efficiency
[2] Decision Making Unites

مدل پوسته دسترسی آزاد که به اختصار (FDH)[1] نامیده می‌شود در سال (۱۹۹۳) توسط تولکنز ارائه شده است در مدل (FDH) اصل تحدب در مجموعه امکان تولید مورد قبول واقع نیست در مدل های (CCR) و (BCC) برای هر واحد ناکارا یک نقطه مرجع روی مرز کارایی پیدا می‌شود به گونه‌ای که واحد تحت ارزیابی با کم کردن ورودی‌ها و افزودن خروجی‌هایش به یک نقطه مرجع روی مرز می‌رسد. واحد مرجع برای هر واحد ناکارا، ممکن است ترکیبی از واحدهای موجود باشد که در واقعیت وجود عینی ندارد و تصنعی و خیالی است. در مدل (FDH) این مشکل برطرف می‌شود و نقطه مرجع برای هر واحد تصمیم‌گیرنده یکی از واحدهای موجود است. انگیزه اصلی از به وجود آمدن مدل (FDH) که مدل پله‌ای نیز نامیده می‌شود این است که مطمئن شویم میزان کارایی تنها براساس مشاهدات واقعی به دست آمده است نه ترکیب محدب واحدها. زیرا در بعضی از مسائل دنیا واقعی ترکیب محدب واحدها معنا ندارد. تفاوت بین مدل تحلیل پوششی داده‌های معمولی و مدل (FDH) در این است که در اولی مجموعه امکان تولید یک چند وجهی محدب می‌باشد ولی در مدل (FDH) شرط تحدب مجموعه امکان تولید حذف گردیده است و لذا مجموعه کارا در مدل (FDH) تنها شامل واحدهای موجود (مشاهده شده) کارا می‌باشد. اینک دو روش برای حل مدل‌های (FDH) به کار برده می‌شود روش اول بر پایه الگوریتم پیشنهادی تولکنز در سال (۱۹۹۳) می‌باشد و روش دوم استفاده از مسئله برنامه‌ریزی ریاضی است که توسط کارستن و واندن در سال (۱۹۹۹) ارائه شده است. اخیراً پودینووسکی در سال (۲۰۰۴) و اگرل در سال (۲۰۰۱) با استفاده از یک مسئله برنامه‌ریزی خطی که هم ارز با مدل MILP است، روشی را برای حل مدل (FDH) ارائه کرده‌اند که با استفاده از این مسئله برنامه‌ریزی خطی، به راحتی می‌توان دوگان مدل (FDH) را به دست آورد. انگیزه اصلی، حصول اطمینان از ارزیابی براساس DMUهای مشاهده شده است برای مثال، نقطه Q یک واحد ساختگی و غیر واقعی است شکل زیر مثالی از نمایش نتایج مدل (FDH) است که برای پنج DMU با دو ورودی X_1 و X_2 و یک خروجی y=1 رسم شده است.



در این تحقیق با مطالعه مدل‌های (FDH) در تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا اصول موضوعه را مشخص می‌کنیم و سپس با حذف شرط تحدب مدل‌های ارزیابی کارایی در شبکه را پیشنهاد می‌کنیم ابعاد این تحقیق وابسته بر اصول موضوعه و همچنین هدف تحقیق می‌باشد. بطور کلی ارزیابی شبکه در مدل‌های (FDH) و همچنین یافتن الگوریتم مناسب برای محاسبه کارایی با حذف شرط تحدب مورد توجه می‌باشد. جنبه‌های مجهول این تحقیق رابطه بین داده‌های نسبتی و مدل‌های (FDH) می‌باشد که بسیار حائز اهمیت هستند. به طور کلی متغیرهای مربوط به تحقیق مقدار کارایی در شبکه (FDH) با حذف شرط تحدب می‌باشد. پارامترهای بردارهای ورودی و خروجی و میانی در روند اجرای الگوریتم و محاسبه کارایی بسیار ضروری می‌باشند البته تعیین بردارهای ورودی، خروجی و میانی بسیار حائز اهمیت هستند.

مدل‌های (FDH) اولین بار در سال (۱۹۸۴) بوسیله‌ی دیپرین و سیمار و توکنز ابداع شد. اساس کار بر مبنای اصلی تحدب در ساختن مجموعه

[1] Free Disposal Hull

امکان تولید[1] (PPS) می‌باشد. بعبارت دیگر در این (PPS) ضرورتاً ترکیب محدب دو امکان تولید متعلق به مجموعه‌ی امکان تولید نمی‌باشد. در نتیجه با قبول اصولی، شامل مشاهدات، بی‌کرانی اشعه، امکان‌پذیری و کمینه درون‌یابی، (PPS) مدل (FDH) تعریف می‌شود.

امتیازات مدل‌های (FDH) به صورت زیر می‌باشد:

۱) برای حل مدل‌های (FDH) نیازی به حل یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی خطی نیست.

۲) مجموعه مرجع در بسیاری از موارد یا مسائل حقیقی زندگی بیشتر سازگاری دارد.

۳) شکل تابع توزیع و روابط تولید محدودیتی برای آن ایجاد نمی‌کند (چارنز و همکاران،۱۹۹۵)

ایرادات مدلهای (FDH) به صورت زیر می‌باشد:

۱) تمامی مدل‌ها، فرض براین است که بردارهای ورودی و خروجی اکیداً مثبت می‌باشند که این مطلب در رابطه با مسائل عملی فرض بسیار سنگینی است.

۲) در هیچ یک از مدل‌ها، مقادیر متغیر کمکی بدست نمی‌آید.

در مدلهایی که به نام (FDH) یا پوسته‌های مجزای آزاد نامیده می‌شود اصل تحدب حذف می‌شود. استدلال حذف شرط تحدب این است که بدلیل اینکه در بسیاری از سازمان‌ها، تحدب بین برخی ورودی‌ها و خروجی‌ها مانند: پرسنل، مساحت یا شعب بانک مفهوم ندارند. از اینرو در حالتی که ترکیب محدب واحدهای تصمیم‌گیرنده بی‌معنی می باشد. مدل‌های (FDH) در این راستا بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

هرگاه تحدب واحدهای تصمیم‌گیرنده را حذف کنیم مجموعه امکان تولید بصورت غیر محدب بوجود می‌آید.

در اکثر موارد با این مشکل مواجه هستیم که تصمیم‌گیرنده تمایلی به ارزیابی واحدهای غیر از واحدهای موجود ندارد, لذا مدلی تحت عنوان مدل (FDH) طراحی شد که این امکان را فراهم می کند. در مدل (FDH) شرط تحدب از مجموعه امکان تولید حذف گردیده و مرز کار را به وسیله یک زیر مجموعه از واحدهای تصمیم‌گیری مشاهده شده تشکیل می‌شود. ویژگی جذاب مدل (FDH) این است که واحد مرجع برای هر واحد ناکارا تنها شامل یکی از واحدهای موجود می‌باشد. لذا مجموعه مرجع آن در بسیاری از موارد با مسائل دنیای واقعی سازگاری بیشتری دارد. در ارزیابی کارایی نیز هنگامی که هدف تنها ارزیابی واحدها موجود باشند, در حقیقت با یک تعمیم از مدل (FDH) سر و کار داریم که همراه با اطلاعات ترجیح می‌باشد. در این حالت نیز ارزیابی واحدها باید با توجه به ارزیابی کارایی صورت گیرد همچنین هدف از ارزیابی کارایی اصلی مقداری است که باید خروجی‌ها افزایش یابند و یا ورودی‌ها کاهش یابند تا به مرز تابع ارزش گذرنده از جواب با بیشترین ترجیح برسند. در اینجا تاکید بر این است که جواب با بیشترین یک واحد واقعی می‌باشد که واحد با بیشترین ترجیح (MPU) نامیده می‌شود. در این حالت تصمیم‌گیرنده نیز باید اطلاعات ترجیح خود را در اختیار قرار دهد. هر نوعی از اطلاعات ترجیح که منجر به مقایسه دو به دوی واحدها شود، مناسب است, چرا که با استفاده از این اطلاعات مخروط‌های محدب ساخته شده و مرز تا به ارزش گذرنده از واحد با بیشترین ترجیح با استفاده از مخروط‌های محدب تقریب‌زده می‌شود. از این موضوع در ارزیابی کارایی در حالت غیرمحدب استفاده می‌شود. در حالت کلی مقدار کارایی به دست آمده در این مدل, مقدس است و این مدلی که قرار است ارائه شود برای بسیاری از کاربردهای جهان واقعی مانند ارزیابی دانشگاه‌ها و ارزیابی

[1] Production PossibilitySet

عملکرد بانک‌ها و سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده قابل اجرا و عملی می‌باشد در مدل (FDH) تنها واحدهای واقعی را ارزیابی می‌کنند.

برای مدل کارایی (FDH) با در نظر گرفتن اصول موضوع مدل متناظر پیشنهاد می‌شود. مدل‌های شبکه (FDH) در ماهیت ورودی ارائه شده است از اینرو برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده از مدل‌های ارائه شده می‌توان استفاده کرد.

مقدار کارایی در شبکه (FDH) بین صفر و یک می‌باشد که علاوه‌بر مقیاس کارایی، الگوی واحدهای ناکارا پیشنهاد می‌شود.

در ادامه، در بخش ۲ ابتدا به مبانی نظری و تعدادی پیشینه پژوهش مرتبط با موضوع اشاره می‌شود. در بخش ۳ روش پژوهش و مدل استفاده شده در پژوهش معرفی می‌شود و کاربرد آن در رابطه با شعبه‌های بانک منتخب ارائه خواهد شد. در بخش ۴ نیز نتیجه گیری و پیشنهادها بیان می‌شود.

۲- مبانی نظری

تابع تولید و مجموعه امکان تولید(PPS[1])

برای صحبت در مورد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها ابتدا نیاز به مفهوم تابع تولید و روش‌های پارامتری و روش‌های غیرپارامتری و مجموعه امکان تولید (PPS) پرداخته‌شود. تابع تولید، تابعی است که برای هر ترکیب از ورودی‌ها، ماکسیمم خروجی را می‌دهد. این تابع در اقتصاد خرد بسیار مورد توجه است زیرا با داشتن آن می‌توان مشخص کرد که یک واحد خوب عمل می‌کند یا نه. به علت پیچیدگی فرآیند تولید، تغییر در تکنولوژی تولید و چند مقدار بودن تابع تولید، تابع تولید در دسترس نیست، از این رو ناچارند تقریبی از تابع تولید را در دست داشته باشند. تقریب تابع تولید به دو صورت امکان‌پذیر می‌باشد:

۱-روش‌های پارامتری ۲-روش‌های ناپارامتری. در روش‌های پارامتری با استفاده از یک سری مشاهدات و داده‌ها سعی می‌کنند این تابع را تخمین بزنند. برای این منظور از فرآیند برازش منحنی استفاده می‌شود، ولی به دست آوردن تابع تولید با استفاده از این فرآیند ایراداتی دارد که در زیر به تعدادی از آنها اشاره شده است:

۱. روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌طور دلخواه در نظر گرفته می‌شود.

۲. اگر بعد بردار خروجی بیش از یک باشد، این روش را نمی‌توان به کار برد و برای مسائلی به کار می‌رود که فقط یک خروجی دارند.

۳. منحنی به دست آمده، تمایل مرکزی دارد و باید به گونه‌ای آن را برطرف کرد.

عیوب فوق اساسی‌ترین ایرادات روش پارامتری بود، لذا در سال ۱۹۵۷ فارل[2]، روش غیر پارامتری را ارائه کرد که اساس کار تحلیل‌پوششی‌داده‌ها بود و در ادامه به آن پرداخته شده‌است (جهانشاهلوو همکاران، ۱۳۸۷). رابطه عملکرد یک سیستم با عوامل تأثیرگذار بر آن که به تابع تولید زیر معروف است:

$$F(u,v)=Y \qquad (۱-۲)$$

در سیستم‌های چند ورودی و یک خروجی، تابع تولید، تابعی از دو بردار اثرگذار u و v می‌باشد که در آن u عوامل شناخته شده و v عوامل ناشناخته است. بردار u نیز می‌تواند از دو مؤلفه قابل‌کنترل و غیرقابل‌کنترل تشکیل گردد. در حالتی که F یک مقداری نباشد، تابع تولید به‌صورت زیر خواهد بود (بنکر و همکاران، ۱۹۸۴).

$$(y_1 \ \ldots, y_s) = F(u,v) = (f_1(u,v),\ldots, f_s(u,v)) \qquad (۲-۲)$$

[1] Production Possibility Set

2 farel

بردارهای u و v، بردار $(y_1, \dots, y_s)$ را تولید می‌کنند. بردارهای u و v را بردار ورودی و $(y_1, \dots, y_s)$را بردار خروجی می‌نامند. واضح است که به دست آوردن صورت دقیق ریاضی فوق بسیار مشکل است. به همین دلیل فارل با استفاده از مشاهدات و اصول زیر، مجموعه‌ای به نام مجموعه امکان تولید ساخت و مرز آن را تابع تولید نامید. مجموعه امکان تولید به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{pps} = \left\{(x,y)\middle|\ \text{خروجی } y \text{ بتواند توسط ورودی } x \text{ تولید شود}.\right\}$$

اصول زیر برای ساختن مجموعه امکان تولید، پذیرفته شده است(جهانشاهلو و همکاران،۱۳۸۷):

- اصل شمول مشاهدات: به ازای هر $(x_j, y_j) \in pps \ , j \in \{1, \dots, n\}$
- اصل بی‌کرانی اشعه: به ازای هر $(x,y) \in PPS$ و به ازای هر عدد ثابت $\lambda \geq 0$ داریم: $(x\lambda, y\lambda) \in PPS$. اصطلاحاً به این اصل، اصل بازده به مقیاس ثابت می‌گویند.
- اصل امکان‌پذیری: اگر $(x,y) \in PPS$ و $(\bar{x}, \bar{y}) \in PPS$ آنگاه $\bar{y} \leq y$ و $\bar{x} \geq x$
- اصل تحدب: اگر $(x,y) \in PPS$ و $(\bar{x}, \bar{y}) \in PPS$ و $\lambda \in (0,1)$ آنگاه: $\left(x\lambda + \bar{x}(1 \quad \lambda), y\lambda + \bar{y}(1 \quad \lambda)\right) \in PPS$
- اصل کمینه درون‌یابی: مجموعه امکان تولید، کوچک‌ترین مجموعه‌ای است که در اصول فوق صدق کند.

تحلیل‌پوششی‌داده‌ها

تحلیل‌پوششی‌داده‌ها یک مدل برنامه‌ریزی‌ریاضی، برای ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ای است که چندین ورودی و چندین خروجی دارند. اندازه‌گیری کارایی به دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره مورد توجه محققین قرار داشته است. فارل در سال ۱۹۵۷، با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مدنظر قرار داد شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنز، کوپر و رودز دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو، تحت عنوان تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، نام گرفت و اولین بار، در رساله دکترای ادوارد رودز و به راهنمائی کوپر تحت عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶، در دانشگاه کارنگی مورد استفاده قرار گرفت (مهرگان،۱۳۹۸). از آن جا که این الگو توسط چارنز، کوپر و رودز ارائه گردید، به الگوی (CCR[1]) که از حروف اول نام سه فرد یاد شده تشکیل شده‌است، معروف گردید و در سال ۱۹۷۸ در مقاله‌ای با عنوان اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده ارائه شد. مدل اولیه CCR بدون در نظر گرفتن مقیاس متغیر واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMU[2]) یا همان بنگاه‌ها طراحی شده بود. بنکر و همکاران در سال ۱۹۸۴ با تغییرات در مدل CCR و تبدیل بازگشت به مقیاس ثابت (CRS[3]) به بازگشت مقیاس متغیر (VRS[4]) قابلیت مدل را به منظور محاسبه مقیاس سازمان‌ها در بهره‌وری افزودند. این مدل به اختصار (BCC[5]) متشکل از حروف اول بنیان‌گزاران مدل نامیده شد. در واقع تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر یکسری بهینه‌سازی با استفاده از برنامه ریزی‌خطی می‌باشد که به آن روش ناپارامتری نیز گفته می‌شود. در این روش منحنی مرزی کارا از یک سری نقاط که به وسیله برنامه‌ریزی خطی تعیین می‌شود ایجاد می‌گردد. برای تعیین این نقاط می‌توان از دو فرض

[1] Charnes, Cooper & Rhodes
[2] Decision Making Units (DMUs)
[3] Constant Return to Scale
[4] Variable Return To Scale
[5] Banker, Charnes & Coope

بازدهی ثابت و متغیر نسبت به مقیاس استفاده کرد. روش برنامه‌ریزی‌خطی پس از یک سری بهینه‌سازی مشخص می‌کند که آیا واحد تصمیم‌گیرنده مورد نظر روی مرز کارایی قرار گرفته‌است و یا خارج آن قرار دارد؟ بدین وسیله واحدهای کارا و ناکارا از یکدیگر تفکیک می‌شوند (جهانشاهلو و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به ایرادات و نواقص مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌های دیگری از تحلیل پوششی داده‌ها به وجود آمدند که در ادامه به آن‌ها ذکر شده است.

تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای

ایرادی که از سوی محققان به مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها وارد می‌شود، این است که این مدل‌ها، فرایندهای داخل سیستم، عملکرد و روابط میان آن‌ها را نادیده می‌گیرند. این دیدگاه که معروف به دیدگاه «جعبه سیاه» است، بسیاری از اطلاعات ارزشمند را در مورد واحدهای تصمیم گیرنده DMU از دست می‌دهد و تحلیل کارایی DMUها را به ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی محدود می‌کند (فار و گراسکف[1]، ۲۰۰۰، کاستلی و همکاران[2]، ۲۰۰۴؛ لیانگ و همکاران[3]، ۲۰۰۶ وکائو و هوانگ[4]، ۲۰۰۸، کائو، ۲۰۰۹؛ تن و تسوتسوی[5]، ۲۰۰۹: فوکویاما و وبر[6]، ۲۰۱۰). همچنین چن و یان[7] در سال ۲۰۱۱ عنوان نمودند که مدل‌های مرسوم تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، در محاسبه‌ی کارایی سیستم‌های پیچیده و فرایندهایی که متشکل از چند مرحله‌اند و دارای اندازه‌های میانی هستند، مشکل دارند و نمی‌توانند کارایی هر یک از فرایندهای داخلی را به درستی محاسبه کنند. بنابراین نتایج اندازه‌گیری کارایی با روش‌های مرسوم DEA ممکن است مانع دستیابی به اطلاعات مدیریتی با ارزش شود. به منظور رفع این مشکل، محققان به معرفی «تحلیل‌پوششی‌داده‌های شبکه‌ای» پرداختند و اهمیت آن را در تحلیل دقیق‌تر کارایی DMUها توصیف کردند و از آن‌جایی که مدل‌های تحلیل پوششی شبکه‌ای امکان بررسی فرایندهای داخلی هر واحد تصمیم گیرنده را فراهم می‌کنند، لذا این مدل‌ها تصویر دقیق‌تری از کارایی DMUها ارائه می‌دهند (صالح زاده و همکاران، ۱۳۹۰).

مدل اندازه کارایی مبتنی بر متغیر کمکی (SBM)

در مدل‌های DEA ممکن است یک واحد تصمیم‌گیرنده با کارایی یک، به دلیل وجود متغیرهای کمکی(اسلک‌ها)، با مازاد ورودی یا کمبود خروجی مواجه گردد. به همین دلیل اخیراً در برخی مقالات علمی بعد از استفاده از مدل‌های DEA، از روش‌های رتبه‌بندی واحدهای کارا استفاده می‌شود تا کاراترین واحدها مشخص گردند، این نقص در مدل غیرشعاعی SBM مرتفع گردیده است و این مدل نسبت به مدل‌های قبلی دارای این برتری است. مدل SBM اولین بار توسط تن[8] در سال ۲۰۰۱ ارائه شد. اهمیت ویژه مدل SBM نسبت به سایر مدل‌ها در DEA محاسبه متغیرهای کمکی و همچنین محاسبه کارایی واحدها می‌باشد. اندازه SBM که برای اندازه‌گیری کارایی استفاده می‌شود تحت تغییر واحد اندازه‌گیری ورودی‌ها و خروجی‌ها مثلاً نسبت به تغییر متر به کیلومتر پایا است. این خاصیت به‌عنوان مستقل از بعد و مستقل از واحد شناخته می‌شود. همچنین این مدل به دلیل همین خاصیت، می‌تواند کاهش ورودی‌ها و افزایش

[1] Fare and Grosskopf
[2] Castelli and et al.
3 Liang and et al.
4 Kao and Hwang
5 Tone and Tsutsui
6 Fukuyama and Weber
[7] Chen and Yan

8 ton

خروجی‌ها را به‌طور هم‌زمان انجام دهد (کوپر و همکاران، ۱۳۹۶).

مدل تحلیل پوششی داده‌های غیر محدب (FDH[1])

مدل‌های FDH برای کامل کردن مدل‌های تحلیل پوششی‌داده‌ها در سال ۱۹۸۴ توسط دیپرین و همکارانش[2] ارائه شدند. مشخصه عمده این مدل، عدم برقراری اصل تحدب در مجموعه امکان تولید آن است (شفیعی و بازیار،۱۳۹۷). همچنین این مدل به‌عنوان مدلی با بازده به مقیاس متغیر، در میان مدل‌های DEA شناخته شده‌است و توسط یک مسئله برنامه‌ریزی صحیح مختلط MIILP نمایش داده می‌شود. از مزایای این مدل این است که واحد مرجع برای هر DMU ناکارا، تنها شامل یکی از واحدهای موجود باشد و مجموعه مرجع آن، در بسیاری از موارد با مسائل حقیقی زندگی بیشتر سازگاری دارد (کرد رستمی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین زمانی که شاخص‌های ورودی و خروجی به صورت عدد صحیح می‌باشند مزایای استفاده از این مدل دو چندان می‌شود (شفیعی و بازیار، ۱۳۹۷). هم‌ارز خطی FDH نیز توسط اگرل و تایند[3] (۲۰۰۱) ارائه شد و قابلیت مدل افزایش یافت. محاسبه کارایی تکنیکی در این مدل نیاز به حل برنامه‌ریزی غیرخطی داشت تا اینکه للو[4] در سال ۲۰۰۶ برنامه‌ریزی‌خطی همه مدل‌های FDH را ارائه نمود (رجبی تنها و عبدالله‌زاده، ۱۳۸۹).

پیشینه پژوهش

ارزیابی کارآیی بانکی یکی از مسائل مهم در صنعت بانکداری است و تحقیقات بی‌شماری در این زمینه انجام شده‌است به عنوان نمونه:

فوجی و همکارانش[5] (۲۰۱۴) به بررسی رشد کارایی و بهره‌وری در صنعت بانکداری هند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بانک‌های خارجی نسبت به بانک‌های داخلی کارایی بالاتری دارند و بانک‌های داخلی خصوصی نسبت به بانک‌های ایالتی کارایی بالاتری دارند.

هوانگ و همکارانش[6] (۲۰۱۴) با استفاده از یک مدل مبتنی بر متغیرکمکی شبکه‌ای به ارزیابی عملکرد بانک‌های تجاری چین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بانک‌های خارجی از کارایی کمتری برخوردارند و برای افزایش کارایی خارجی باید تلاش بیشتری برای تولید افزایش وام کنند.

لیو و همکارانش[7] (۲۰۱۵) با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های مستقل و تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای به ارزیابی کارایی بانک‌های تایوان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که از بین ۳۰ تا بانک مورد بررسی، تنها ۳ بانک در سطح کارا عمل می‌کنند.

آوکیران (۲۰۱۵) کارایی۱۶ بانک خارجی و ۲۲ بانک داخلی چین را به وسیله تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که کارایی بانک‌های خارجی نسبت به بانک‌های داخلی در سطح بالاتری قرار دارد.

لوزانو[8] (۲۰۱۶) از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود جهت ارزیابی عملکرد بانک‌ها استفاده کردند.

فو و تیان [9] در سال ۲۰۱۹ برای ارزیابی کارایی بانکی یک FDH دو مرحله‌ای طراحی کردند. در این مقاله کارایی ۵۷ بانک در چین و بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۷ با FDH سنتی و دو مرحله محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که در مقایسه

1 Free Disposal Hull
2 Deprins and et al.
3 Agrell and Tind
4 Leleu

5 Fujii and et al.
6 Huang and et al.
7 Liu and et al.
8 Lozano
9 Fu and Tian

با روش سنتی FDH، روش FDH دو مرحله‌ای پیشرفت بسیار خوبی در تحلیل‌های بانکی دارد و می‌تواند معیار را بر اساس زیر سیستم واقعی بانک بدست آورد و اطلاعات مربوط به بهبود بیشتر را کاوش کند. همچنین نتایج کارایی بانک نشان می‌دهد که بانک‌های دولتی نسبت به بانک‌های خصوصی کارآمدتر هستند و کارآیی این دو، نسبت به بانک‌های تجاری شهری و بانک‌های تجاری روستایی بطور قابل توجهی بالاتر است.

توکلی و مصطفایی[1] در سال ۲۰۱۹ به بررسی نمرات بازده FDH واحدهای دارای ساختار شبکه پرداختند و به ارزیابی‌عملکرد بانک کشاورزی به وسیله مدل مذکور پرداختند و واحدهای تصمیم‌گیری (DMU) ناکارآمد را از کارآمد پیش‌بینی کردند.

سلیمانی‌دامنه و همکارانش (۱۳۹۶) به توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها پرداختند و پس از توسعه مدل از آن در یک مطالعه تجربی برای ارزیابی عملکرد چهارده بانک استفاده کردند و کارایی هر مرحله، کارایی شبکه و کارایی شبکه‌ای پویا آن‌ها را محاسبه کردند.

مومنی و همکارانش (۱۳۹۶) به طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیرشعاعی جهت ارزیابی عملکرد ۳۰ بانک پرداختند و به این نتیجه رسیدند که نتایج کارایی مراحل و شبکه نشان می‌دهد که مدل مقاله، ارزیابی بهتری از عملکرد بانک‌ها ارائه می‌کند و منبع عدم کارایی را بهتر مشخص می‌کند.

نیلچی و همکارانش (۱۳۹۶) به ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های چندبخشی جدید برای ارزیابی کارایی شعب بانک‌ها پرداختند و کاربرد مدل پیشنهادی در ۲۱۰ شعبه یکی از بانک‌های کشور به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که با وجود کارایی نسبتاً قابل قبول در زمینه جذب منابع و مدیریت، کارایی بخش‌های خدمات، تخصیص منابع و سودآوری با مشکل جدی مواجه است.

عرب مازار و همکارانش (۱۳۹۷) به ارزیابی عملکرد بانک‌های کشور به وسیله مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پرداختند و به این نتیجه رسیدند که تنها سه بانک از بانک‌های مذکور کارا بودند و به طور کلی عملکرد بانک‌ها ضعیف بوده است و بانک‌هایی که دارای نسبت بالاتری از مطالبات معوق هستند از کارایی پایین‌تری برخور دارند.

با توجه به پیشینه پژوهش می‌توان دریافت که کمبود این‌گونه پژوهش‌ها در زمینه ترکیب مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای غیرمحدب (FDH) با مدل غیرشعاعی SBM جهت ارزیابی عملکرد بانک‌ها همچنان احساس می‌شود. لذا پژوهش حاضر جهت رفع این کاستی، اولین پژوهش در ایران است که با استفاده از مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیرمحدب و غیر شعاعی به ارزیابی عملکرد ۲۰ شعبه یک بانک تجاری و رتبه‌بندی شعبه‌های آن پرداخته‌است.

[1] Tavakoli and Mostafaee

جدول۱: خلاصه مطالعات پژوهش

نام محقق / محققان	عنوان پژوهش	سال انجام پژوهش
فوجی و همکاران	کارایی و بهره‌وری در صنعت بانکداری هند با تحلیل‌پوششی‌داده‌ها	۲۰۱۴
هوانگ و همکاران	ارزیابی عملکرد بانک‌های تجاری چین با مدل مبتنی بر متغیرکمکی شبکه‌ای	۲۰۱۴
لیو و همکاران	ارزیابی کارایی بانک‌های تایوان با روش تحلیل مولفه‌های مستقل و تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای	۲۰۱۵
آوکیران	کارایی۱۶بانک خارجی و ۲۲ بانک داخلی چین به وسیله تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای پویا	۲۰۱۵
لوزانو	مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود جهت ارزیابی عملکرد بانک‌ها	۲۰۱۶
فو و تیان	ارزیابی کارایی بانک چین با مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌FDHدومرحله‌ای	۲۰۱۹
توکلی و مصطفایی	ارزیابی‌عملکرد بانک کشاورزی با FDH شبکه‌ای	۲۰۱۹
سلیمانی‌دامنه و همکاران	توسعه یک مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای‌پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها	۱۳۹۶
مومنی و همکاران	طراحی یک مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای غیرشعاعی جهت ارزیابی عملکرد ۳۰ بانک	۱۳۹۶
نیلچی و همکاران	ارائه مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های چندبخشی جدید برای ارزیابی کارایی شعب بانک‌ها	۱۳۹۶
عرب‌مازار و همکاران	ارزیابی عملکرد بانک‌های کشور به وسیله مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای	۱۳۹۷

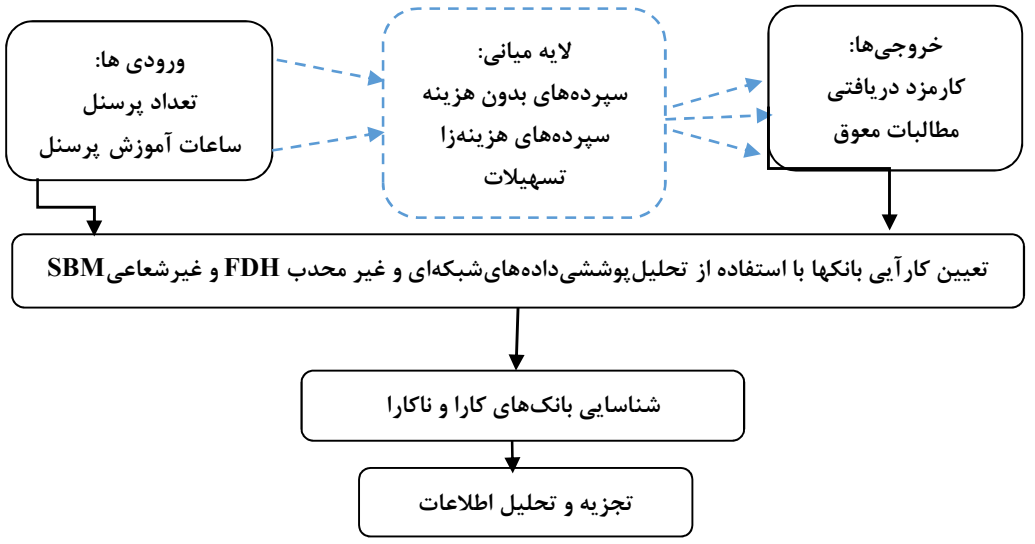
۳- روش پژوهش

روش تحقیق مورد استفاده به لحاظ ماهیتی از نوع کاربردی است و روش آن زمینه‌ای-موردی است. تحقیق کاربردی، تلاشی است برای پاسخ دادن به یک معضل و مشکل عملی که در دنیای واقعی وجود دارد. با توجه به این که برای نشان دادن کارایی مدل و یافته‌های تئوریک حاصل مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و غیر محدب FDH و غیرشعاعی SBM و جدید این پژوهش به صورت عملی و در شرایط واقعی یک بانک تجاری به کار گرفته شده‌است و کارایی شعبه‌های این بانک مورد ارزیابی قرار گرفته شده‌است، لذا روش تحقیق از نوع زمینه‌ای-موردی است. جامعه آماری این پژوهش تمام شعب یک بانک تجاری است که شامل ۲۰ شعبه می باشند، هست و با توجه به این که تمامی جامعه آماری در این پژوهش مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌اند، لذا در این تحقیق هیچ‌گونه نمونه گیری انجام نشده‌است. همچنین ابزار گردآوری اطلاعات؛ کتابخانه‌ها و بانک‌های اطلاعاتی موجود، پایان‌نامه‌ها و مقالات مرتبط و جستجو در اینترنت و اینترانت بوده‌است و علاوه بر آن از روش میدانی برای گردآوری اطلاعات استفاده شده‌است. برای تجزیه‌وتحلیل اطلاعات نیز از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و غیرمحدب FDH و غیرشعاعی SBM به‌صورت اعداد قطعی استفاده شده‌است و به‌منظور تحلیل و فرموله نمودن مسئله از نرم‌افزار WinQsb استفاده شده‌است. لذا روش انجام تحقیق به چندمرحله اساسی تفکیک می‌شود. در مرحله نخست با بررسی پیشینه و پروژه‌های تحقیقاتی متفاوتی که در این زمینه در بانک‌های مختلف ایران اجراشده و نیز مطالعه و مقایسه مقاله‌های گوناگونی که در مورد محاسبه کارایی بانک‌های دیگر کشورها انجام شده و درنهایت با نظر کارشناسان محترم بانک، شاخص‌های ورودی و شاخص‌های میانی و شاخص‌های خروجی مؤثر برارزیابی شعب، شناسایی شدند که شرح آن در جدول ۲ آورده شده است.

سپس با جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز پژوهش از طریق پایگاه اطلاعاتی بانک نسبت به حل آن اقدام شده‌است. شکل ۱ نمودار مفهومی پژوهش را نشان می‌هد.

جدول ۲: شاخص‌های موثر بر کارایی پژوهش

شاخص‌های ورودی	شاخص‌های میانی	شاخص‌های خروجی
تعداد پرسنل میزان ساعت آموزش پرسنل	سپرده‌های بدون‌هزینه سپرده‌های هزینه‌زا تسهیلات	مطالبات معوق کارمزد دریافتی



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

۴- مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌های‌شبکه‌ای دو مرحله‌ای غیر محدب FDH و غیرشعاعی SBM

برای ارزیابی شبکه دومرحله‌ای با بردار ورودی $X_{j=}(x_{1j},\ldots\ldots,x_{mj})$ و بردار میانی $Z_{j=}(z_{1j},\ldots\ldots,z_{lj})$ بردار خروجی $Y_{j=}(y_{1j},\ldots\ldots,y_{sj})$ را تولید می‌کند به طوریکه $X_j \in R^m$ ، $Z_j \in R^l$ و $Y_j \in R^s$ می‌باشد. در این بخش با در نظر گرفتن اصول شمول مشاهدات ذکر شده در بخش قبل و حذف شرط تحدب از مجموعه امکان تولید، مدل SBM در مرحله اول شبکه دومرحله‌ای FDH برای اندازه‌گیری DMU_0 به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\text{Max} \quad \rho_1=(1+\frac{1}{l}\sum_{k=1}^{l}\frac{T_k^1}{z_{k0}}) \qquad (۱-۳)$$

$$\text{S.t} \quad \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 x_{ij}+S_i^1=x_{i0} \quad i\in I_1$$
$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 x_{ij}=x_{i0} \quad i\in I_2$$
$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^1 z_{kj} \quad T_k^1=z_{k0} \quad \text{k= 1..... L}$$
$$\lambda_j^1=w_j,\ w_j\in\{0,1\}\ ,\ \sum_{j=1}^{n}w_j=1$$
$$S_i^1\geq 0 \quad i\in I_1$$
$$T_k^1\geq 0 \quad \text{k= 1..... L}$$

در مدل (۳-۱)، DMU_0 در مرحله اول شبکه دو مرحله ای با استفاده از مدل SBM و FDH ارزیابی می‌شود چون مدل (۳-۱) خطی نمی‌باشد. با در نظرگرفتن قید متناظر با ورودی‌های مطلوب و نا مطلوب داریم:

$$B_1\ \lambda_j^1 x_{ij}^g \le x_{io}^g\ \ i \in I_1 \rightarrow \hat{\lambda}_j^1 = Min\left\{\frac{x_{io}^b}{x_{ij}^b}\right\}$$

$$B_2\ \ \lambda_j^1 x_{ij}^b = x_{io}^b\ \ \ i \in I_2\ \ \rightarrow\ \ \hat{\lambda}_j^1 = \frac{x_{io}^b}{x_{ij}^b}$$

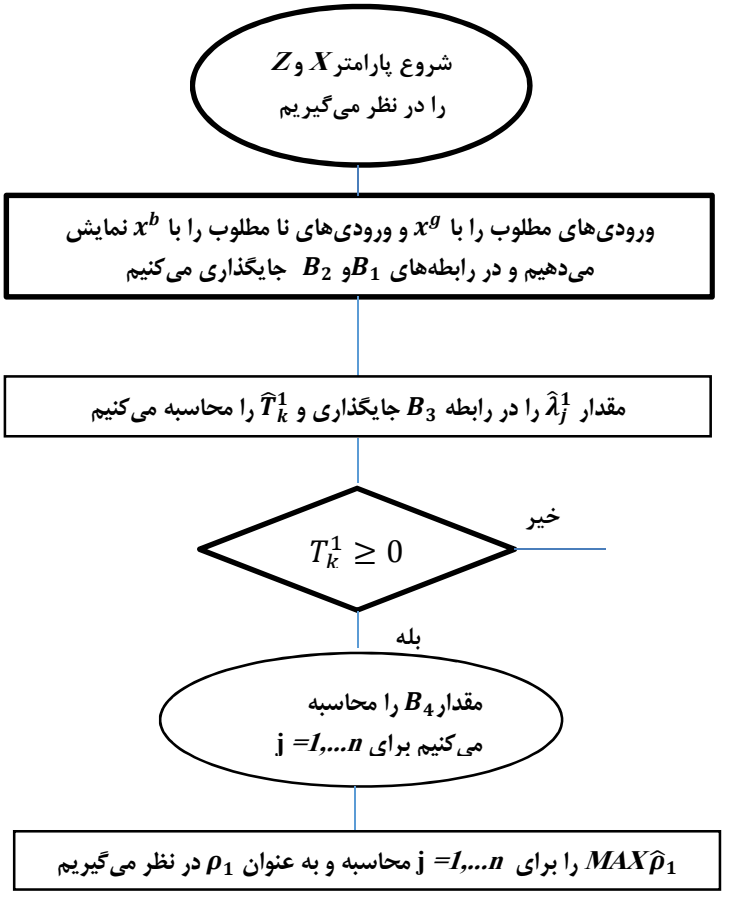
$$i \in I_2$$

بنابراین با استفاده از رابطه فوق مقدار مشترک برای $\hat{\lambda}_j^1$ محاسبه می‌شود اکنون با جایگذاری $\hat{\lambda}_j^1$ از رابطه فوق در قیدهای خروجی مدل (۳-۱) داریم:

$$B_3\ \hat{\lambda}_j^1 z_{kj}\quad \hat{T}_k^1 = Z_{k0} \rightarrow \hat{T}_k^1 = \hat{\lambda}_j^1 z_{kj}\quad z_{k0}$$

و با در نظر گرفتن شرط $T_k^1 \ge 0$ مقدار $\hat{\rho}_1 = 1 + {}^1\!/_l \sum_{k=1}^{L} \frac{\hat{t_k}}{z_{k0}}$ را برای j =1,...n محاسبه می‌کنیم بدیهی است که $Max\ \hat{\rho}_1$ را برای j =1,...n به عنوان ρ_1 در نظر گرفته می‌شود.

فلوچارت حل مدل (۳-۱) بدون استفاده از مدل ریاضی و فقط مبتنی بر نسبت‌ها به صورت زیر پیشنهاد می‌شود.



فلوچارت حل مدل (۳-۱)

بطور مشابه برای مرحله دوم شبکه FDH محاسبه کارایی براساس مدل SBM برای ارزیابی DMU_0 به صورت زیر پیشنهاد می‌شود.

$$\rho_2 = \text{Max}(1 + \frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{S_r^2}{Y_{r0}}) \qquad (۲-۳)$$

$$\text{S.t } \sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 z_{kj} + t_k^2 = z_{k0} \quad \text{k= 1.....L}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j^2 y_{rj} \quad s_r^2 = y_{r0} \quad \text{r= 1.....s}$$

$$\lambda_j^2 = w_j \ , \ \ w_j \in \{0,1\} \ , \sum_{j=1}^{n} w_j = 1$$

$$T_k^2 \geq 0, S_r^2 \geq 0 \quad \text{k= 1.....L, r= 1.....s}$$

مدل (۳-۲) خطی نیز نمی‌باشد از این رو با در نظر گرفتن دسته قیود اول مدل (۳-۲) داریم:

$$D_1 = \ \lambda_j^2 z_{kj} \leq z_{k0} \rightarrow \lambda_j^2 \ = Min\left\{\frac{z_{k0}}{z_{kj}}\right\}$$

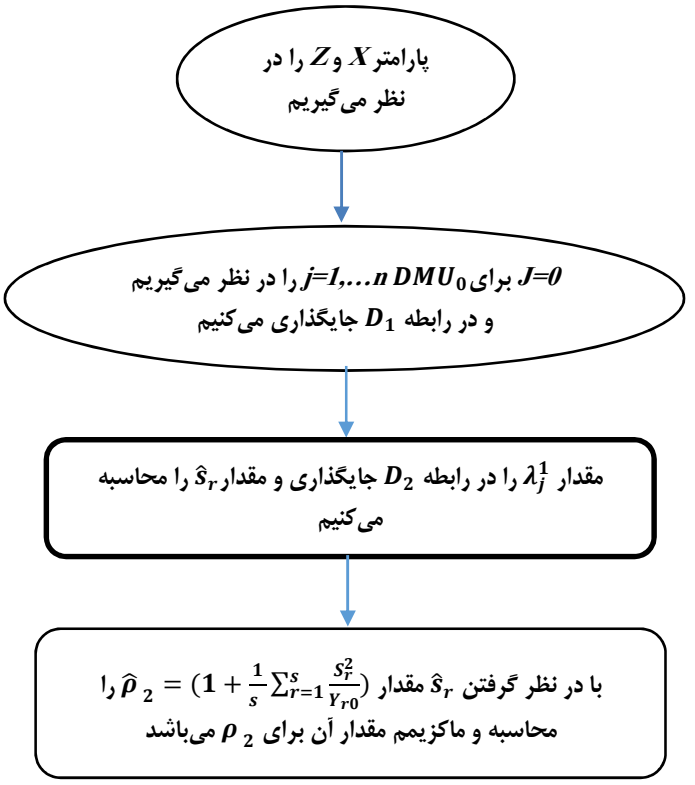
$$1 \leq K \leq 1$$

از اینرو با استفاده از $\lambda_j{}^2$ در دسته قیود دوم داریم:

$$D_2 = \ \lambda_j^{\vee 2} y_{rj} \quad s_r^2 =$$

$$y_{r0} \rightarrow s_r = y_{r0} \quad \lambda_j^2 \ y_{rj} \quad s_r \geq 0$$

فلوچارت حل مدل (۳-۲) بدون استفاده از مدل ریاضی به صورت زیر پیشنهاد می‌شود.



فلوچارت حل مدل (۳-۲)

بنابراین برای j=1,……n متغیر کمکی s_r^2 را محاسبه و $\hat{\rho_2} = 1 + {}^{1}/_{S} \sum_{r=2}^{s} \frac{s_r^2}{y_{r0}}$ را برای j=1,……n محاسبه کرده و درنهایت $\rho_2^n = \text{Max}\hat{\rho_2}$ را به دست می‌آوریم. و در نهایت مدل خطی تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیرمحدب FDH و غیرشعاعی SBM به صورت زیر پیشنهاد داده می‌شود:

$$\text{Max } w_1(1+\frac{1}{l}\sum_{k=1}^{1}\frac{t_X}{z_{XO}}) + w_2(1+\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\frac{s_r}{Y_{r0}}) \quad (۳\text{-}۳)$$

$$\text{s.t } \sum_{j=1}^{n}\mu_j^1.x_{ij} + \rho_i = x_{i0},\ i=1\ldots\ldots m_1$$

$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j^1.x_{ij} = x_{i0},\ i\ldots\ldots m_2$$

Stage 1
$$\sum_{j=0}^{n}\mu_j^1 z_{kj} \quad t_k = z_{k0},\ k=1\ldots..L$$
$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j^2 z_{kj} + g_k = z_{k0},\ k=1\ldots.L$$

Stage 2
$$\sum_{j=1}^{n}\mu_j^2 y_{rj} \quad s_r = y_{r0},\ r=1\ldots..s$$
$$\sum_{j=0}^{n}\mu_j^1 z_{kj} \geq \sum_{j=1}^{n}\mu_j^2 z_{kj},\ k=1\ldots.m$$
$$\sum_{j=1}^{n}\sigma_j^1 = 1,\ \sum_{j=1}^{n}\sigma_j^2 = 1$$

$\sigma_j^1, \sigma_j^2 \in \{0,1\}$, $\mu_j^1 = \sigma_j^1$, $\mu_j^2 = \sigma_j^2$, j=1……n

مدل (۳-۳) بر اساس ماکزیمم کردن متغیرهای کمکی برای محاسبه ناکارایی کلی شبکه دو مرحله‌ای در راستای FDH پیشنهاد شده است. مدل (۳-۳) فرم خطی نمی باشد ازینرو با استفاده از نسبت‌های پارامتاهی ورودی یا خروجی ابتدا متغیر μ_j^1 و سپس متغیرهای کمکی قید ورودی محاسبه می‌شود. برای مرحله دوم نیز ابتدا متغیر μ_j^2 و سپس متغیرهای کمکی قید خروجی و میانی محاسبه می‌شود.

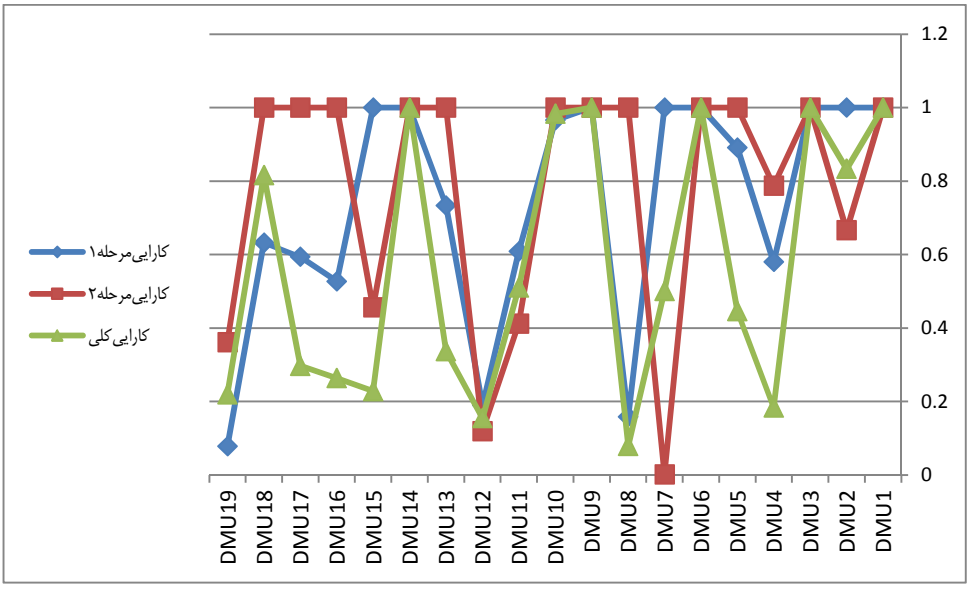
۵- یافته‌های پژوهش

نتایج کارایی مرحله اول و مرحله دوم و همچنین کارایی کل حاصل از مدل خطی (۳-۳) محاسبه شده‌است و در جدول۳ آمده است.

جدول ۳: نتایج کارایی با مدل(۳-۳)

شعبه‌های مورد ارزیابی	کارایی‌مرحله۱	کارایی‌مرحله۲	کارایی‌کلی
DMU1	۱	۱	۱
DMU2	۱	/۶۶۶۰	/۸۳۳۰
DMU3	۱	۱	۱
DMU4	/۵۷۹۶	/۷۸۷۳	/۱۸۳۴
DMU5	/۸۹۰۷	۱	/۴۴۵۳
DMU6	۱	۱	۱
DMU7	۱	/۰۰۱۶	/۵۰۰۸
DMU8	/۱۵۷۸	۱	/۰۷۸۹
DMU9	۱	۱	۱
DMU10	/۹۶۵۶	۱	/۹۸۲۸
DMU11	/۶۰۸۳	/۴۱۱۳	/۵۰۹۸
DMU12	/۱۸۹۲	/۱۱۹۱	/۱۵۴۱
DMU13	۰/۷۳۳۵	۱	۰/۳۳۶۸
DMU14	۱	۱	۱
DMU15	۱	/۴۵۶۰	/۲۲۸۰
DMU16	/۵۲۶۶	۱	/۲۶۳۳
DMU17	/۵۹۳۳	۱	/۲۹۶۶
DMU18	/۶۳۲۴	۱	/۸۱۶۲
DMU19	/۰۷۷۵	.۳۶۱۲	/۲۱۹۳

مدل (۳-۳) یک مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌باشد که هدف آن کاهش غیرشعاعی ورودی‌های واحد تصمیم‌گیرنده و افزایش غیرشعاعی خروجی‌ها می‌باشد. قیدهای مدل (۳-۳) بر سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول کاهش ورودی‌ها مانند تعداد پرسنل و ساعت‌هایی که پرسنل آموزش می‌بینند. دسته دوم افزایش خروجی‌ها مانند کارمزد دریافتی و وصول مطالبات معوق می‌باشد. همچنین دسته سوم سپرده‌های بدون هزینه و هزینه‌دار و تسهیلات بانکی می‌باشد که بین ورودی‌ها و خروجی‌ها واسطه‌اند و هدف مراقبت و در نظر گرفتن پارامترهای پیوندی می‌باشد. همان‌طور که از جدول ۳ مشخص است، کارایی ۱۹شعب بانک تجاری مورد نظر در مرحله۱ و مرحله۲ و کل محاسبه شده‌است. در این میان شعبه‌هایی که نمره کارایی‌اشان یک می‌باشد، کارا هستند و شعبه‌هایی که نمره کارایی‌اشان زیر یک می‌باشد، ناکارا هستند.



مقدار کارایی شعبه‌های مرحله اول عبارتند از شعبه‌های ۱،۲،۳،۶،۷،۹،۱۴،۱۵ و مقدار کارایی‌های به‌دست‌آمده برای مرحله دوم با استفاده از مدل (۳-۳) نیز شعب کارا و ناکارا در مرحله دوم را مشخص می‌کند. شعبه‌های کارای مرحله‌دوم نیز عبارتند از: ۱،۳،۵،۶،۸،۹،۱۰،۱۳،۱۴،۱۶،۱۷،۱۸ و شعبه‌هایی که در حالت کلی کارا هستند نیز عبارتند از ۱،۳،۶،۹،۱۴ و مابقی شعبه‌ها ناکارا هستند. نکته قابل توجه این که شعبه‌های ۸،۱۶، ۱۷،۱۳،۷،۵ با وجود اینکه در یکی از مرحله‌ها کارا هستند اما از نظر کارایی کل نسبت به شعبه ۱۱ ضعیف‌تر عمل کرده‌اند و آن هم به دلیل مزایای همکاری متقابل مرحله۱ و ۲ در شعبه ۱۱دانست. همچنین شعبه‌های ناکارا با الگو گرفتن از شعبه‌های کارا می‌توانند به سطح بهینه برسند. از مزایای مدل استفاده شده در این پژوهش می‌توان این موارد را بر شمرد:

با توجه به این که از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در این پژوهش استفاده شده‌است لذا به ساختار میانی و زیر واحدها توجه شده‌است. زیرا اگر در اندازه‌گیری کارایی، عملکرد زیر واحدها در نظر گرفته‌نشود، درواقع یک تخمین ظاهری از کیفیت عملکرد صورت گرفته است، خصوصا در مورد عملکرد بانک‌ها که همانند بسیاری از

سازمان‌ها یک فرایند چندمرحله‌ای است.

۲. با توجه به این که از ترکیب یک مدل FDH غیرمحدب شبکه‌ای استفاده شده‌است لذا امکان استفاده از شاخص‌های ورودی و خروجی با مقدار صحیح امکان‌پذیر است و سازگاری بیشتری با مسائل حقیقی دارد و می‌تواند مقیاسی مقیاسی برای تعیین پیشرفت یا پسرفت یک واحد باشد.

۳. با توجه به این از یک مدل مبتنی بر متغیرکمکی SBM استفاده شده‌است با توجه به این که یک روش غیرشعاعی است لذا توانایی این را دارد که همزمان هم ورودی‌ها و هم خروجی‌ها به یک نسبت تغییر کنند.

۶- نتیجه‌گیری

مساله ارزیابی کارایی بانک‌ها از مسائل مهم و ضروری در صنعت بانکداری به شمار می‌آید. سبب کارایی باعث بالارفتن هزینه‌ها، کاهش بهره‌وری و ایجاد بحران‌های مالی در بانک‌ها می‌شود. از این رو نگاهی پایاتر و جزئی‌گرانه به مساله ارزیابی کارایی در بانک‌ها بسیار حائز اهمیت است. مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها کاربردهای وسیعی در حوزه سنجش و ارزیابی کارایی بانک‌ها داشته‌اند. با این وجود مدل‌های کلاسیک دارای ایراداتی است از جمله این که مدل‌ها توجهی به ساختار و جریان کاری درون شعب و بخش‌های آن ندارند و این امر منجر به عدم سازگاری در تخمین کارایی می‌شود لذا به منظور رفع این مشکل در این پژوهش از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای استفاده شد و کارایی ۱۹ شعبه یک بانک تجاری را به وسیله مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. استفاده از سپرده‌های هزینه و بدون هزینه به عنوان متغیر میانه سبب می‌شود تا مدل از قدرت تفکیک بیشتری برخوردار باشد و همچنین در این مدل به مساله مطالعات معوق توجه شده‌است و همچنین بیشتر مدل‌های کلاسیک به ماهیت ورودی و خروجی کمتر توجه می‌کنند و اساس این تحقیق به دنبال تمرکز بیشتر بر ماهیت ورودی و خروجی به وسیله یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی است لذا به منظور رفع این مشکل در این پژوهش از ترکیب مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای با مدل غیر محدب FDH استفاده شده‌است تا علاوه بر تمرکز بیشتر به ماهیت شاخص‌های ورودی و خروجی، استفاده از اعداد صحیح در ورودی و خروجی را نیز ممکن سازد و عملکرد سیستم بسیار واقعی‌تر نشان دهد. همچنین به منظور استفاده از نسبت تغییر هم ورودی و هم خروجی به طور همزمان از ترکیب مدل شبکه‌ای و غیرمحدب پژوهش با مدل مبتنی بر متغیر کمکی SBM استفاده شد. از مزایای دیگر مدل SBM این است که کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با کارای ضعیف را مناسب‌تر از مدل‌های شعاعی نشان می‌دهد. لذا با توجه به موارد ذکر شده در این پژوهش از مدل جدید شبکه‌ای غیر محدب FDH با مدل غیرشعاعی SBM استفاده شد تا از مزایای هر سه مدل استفاده شود و با قدرت تفکیک بالاتری به ارزیابی عملکرد شعبه‌های بانک بپردازد. و نهایتاً به رتبه‌بندی شعبه‌های بانک پرداخته شد و شعبه‌های کارا و ناکارا به وسیله مدل پژوهش مشخص شد.

فهرست منابع

[۱] اسکندری اعظم(۱۳۹۰). تحلیل کارایی به وسیله مدل تحلیل پوششی‌داده‌ها و شبکه عصبی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، پایان نامه کارشناسی ارشد.

[۲] جهانشاهلو، غلامرضا، نیکو مرام، هاشم، حسین‌زاده لطفی، فرهاد، (۱۳۹۵). تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

[۳] رجبی‌تنها معصومه، عبدالله‌زاده غلام حسین(۱۳۸۹)، ارزیابی نابرابری‌های استانی بهره‌وری محصولات کشاورزی ایران: معرفی یک استان مرجع واقعی برای استان‌های نابهره‌ور، سال دهم، شماره۱، صص۱۷۱-۱۹۹.

[۴] سلیمانی‌دامنه رضا، مؤمنی منصور، مصطفایی امین، رستمی‌مال‌خلیفه محسن (۱۳۹۶)، توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها، مجله چشم‌انداز مدیریت صنعتی، صص ۶۷-۸۹.

[۵] صالح‌زاده سیدجواد، حجازی رضا، ارکان علی، حسینی سیدمهران (۱۳۹۰). ارائه روش تلفیقی اندازه گیری کارایی ساختارهای شبکه‌ای شامل دور و لینک تخصصی، مجله علمی و پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، شماره۲، صص ۶۰-۴۷.

[۶] عرب‌مازار عباس، ورهرامی ویدا، حسنی حسین (۱۳۹۷)، ارزیابی عملکرد بانک‌های کشور به وسیله مدل تحلیل‌پوششی‌داده‌ها، فصلنامه‌اقتصادمقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، دوره۱۵، شماره۲، صص۱-۲۱.

[۷] کردرستمی سهراب، امیرتیموری علیرضا، باقری سیده فاطمه (۱۳۸۹)، بهبودی بر مدل FDH در ماهیت ورودی-خروجی، مجله ریاضیات کاربردی واحد لاهیجان.

[۸] کوپر، سیفورد و تون (۱۳۹۶). تحلیل پوششی داده‌ها؛ مدل‌ها و کاربردها (علی میرحسینی، مترجم). تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
مهرگان، م.ر. (۱۳۸۷) مدل‌های کمی در ارزیابی عملکرد سازمان‌ها.تهران، ایران: دانشگاه تهران.

[۹] مومنی منصور، صفری حسین، رستمی محسن، مصطفایی امین، سلیمانی‌دامنه رضا (۱۳۹۶). طراحی یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای غیرشعاعی جهت ارزیابی عملکرد، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات (مدیریت بهبود و تحول)، سال بیست و ششم، شماره ۶۸، صص ۲۳-۱.

[۱۰] نیلچی مسلم، اسماعیل فدائی نژاد محمد، رضوی حاجی آقا سیدحسین، بدری احمد (۱۳۹۶)، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های چند بخشی جدید برای ارزیابی کارایی شعب بانک‌ها، فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال پانزدهم، شماره ۴۶، صص ۷۳-۹۶.

[1] Agrel, P. J. Tind, J. "A Dual Approach to Non Convex Frontier Models", *Journal of Productivity Analysis*, Vol.16, No.2, (September 2001): 129-147.

[2] Avkiran, N.K., (2015), ‘‘An illustration of dynamic network DEA in commercial banking including robustness tests’’, *Omega* 55, 141-150.

[3] SHAFIEE, M. (2018). A Non-Convex Data Envelopment Analysis Model (FDH) for Rostam High School Performance Evaluation.

[4] Banker RD, Charnes A, Cooper WW.(1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science,* 30, 1078–92.

[5] Castelli, L., Pesenti, R., Ukovich, W. (2004). DEA-like models for the efficiency evaluation of hierarchically structured units. European Journal of Operational Research ,Volume 154 (Issue 2), pp. 465-476.

[6] Charnes A, Cooper, W.W., Rhodes E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429–44.

[7] Chen, C., Yan, H. (2011). Network DEA model for supply chain performance evaluation. European Journal of Operational Research, Volume 213 (Issue. 1), pp. 147– 155.

[8] Fare, R., Grosskopf, S. (2000). Network DEA. Socio-economic planning science ,Volume 34, pp. 35-49.

[9] Farrel, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, *Series,* A 120,253-281.

[10] Deprins D, Simar L, Tullkens H, Measuring labor-efficiency in post officies. In Marchand M, Pestieau p, Tullkens H, editors(1984). The performance of public enterprises. Amsterdam: Etsvier science publishers: 1984, 243-267.

[11] Fu, P., & Tian, Y. (2019). Research on the Efficiency of Commercial Banks in China: Based on Two-Stage FDH Method.

[12] Fujii, H., Managi, S., & Matousek, R. (2014). Indian bank ef ciency and productivity changes with undesirable outputs: A disaggregated approach. *Journal of Banking & Finance*, 38, 41-50.

[13] Fukuyama, H., Weber, W.L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a twostage system with bad outputs. Omega, Volume 38 (Issue. 5), pp. 398-409.

[14] Huang, J., Chen, J. and Yin, Z. (2014). A Network DEA Model with Super Efficiency and Undesirable Outputs: An Application to Bank Efficiency in China, Mathematical Problems in Engineering (DOI: 10.1155/ 2014/793192).

[15] Kao, C., & Hwang, S. N. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European journal of operational research*, *185*(1), 418-429.

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

[17] Liang, L., Yang, F., Cook, W.D., Zhu, J. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation. Annals of Operations Research, Volume 145 (Issue. 1), pp. 35-49.

[18] Liu, W., Zhou, Z., Ma., C., Liu, D., Shen, W. (2015). Two-stage DEA models with undesirable input-intermediate-outputs. *Omega*, 56: 74-87.

[19] Lozano, S. (2016). Slacks-based inefficiency approach for general networks with bad outputs: An application to the banking sector. *Omega*, 60, 73-84.

[20] Sexton, TR., Lewis, HF., (2004). Two-stage DEA: An application to major league baseball, *Journal of Productivity Analysis*, 19, 227-249.

[21] Tavakoli, I. M., & Mostafaee, A. (2019). Free disposal hull efficiency scores of units with network structures. European Journal of Operational Research, 277(3), 1027-1036.

[22] Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis, European Journal of Operational Research, 130, 498–509.

[23] Tone, K. , Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research,* 197. 243–252.