ارزیابی عملکرد و رتبه بندی کارایی شعب شهر تهران با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی دومرحله‌ای و تکنیک رتبه بندی بردا

مهدی معمارپور[1]، احسان واعظی[2]، سید اسماعیل نجفی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱

چکیده: بانک‌ها از جمله مراکز اقتصادی کشور به حساب می‌آیند که عملکرد آنها در زمینه افزایش بهره‌وری و کارایی موجب توسعه اقتصادی کشور می شود. بر این اساس، بررسی وضعیت عملکردی و کارا بودن یک بانک متاثر از عملکرد و کارایی شعب آن خواهد بود. هدف از این مقاله بررسی کارایی و رتبه بندی ۱۲۱ شعبه یک بانک خصوصی در شهر تهران می باشد.برای این منظور ابتدا از تحلیل پوششی دو مرحله ای به منظور بدست آوردن کارایی دقیق شعب بوسیله ۷ مورد شاخص به عنوان متغیر ورودی ، ۴ شاخص به عنوان متغیر میانی و ۱ شاخص به عنوان متغیر خروجی استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که در مرحله اول تحلیل پوششی دو مرحله ای ۵۱ شعبه کارا شدند که این تعداد در مرحله دوم به ۱۸ شعبه تقلیل یافت.با مشخص شدن کارایی دقیق هر شعبه بعد از دو مرحله جهت رتبه بندی شعبی که دارای کارایی یک بودند از روش کارایی سکستون، اندرسون-پیترسون و چالز-کوپر استفاده شد.در مرحله آخر با استفاده از تکنیک بردا نتایج حاصل از مدل های قبلی ترکیب شده و رتبه بندی نهایی شعب بانک انجام گرفته است.

واژگان کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله ای، کارایی سکستون، اندرسون-پیترسون، چالز-کوپر، شعب بانک خصوصی، ،تکنیک رتبه بندی بردا

---

۱. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات؛ EMAIL:mehdi.memarpour@srbiau.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری مهندسی صنایه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات؛ EMAIL: ehsan.vaezi@srbiau.ac.ir

۳. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات؛ EMAIL:najafi1515@gmail.com

۱. مقدمه

بسیاری از فرآیندهای موجود در جهان واقعی، دارای ساختار دو مرحله‌ای می‌باشند؛ به این ترتیب که خروجی بدست آمده از مرحله اول، به عنوان ورودی مرحله دوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیندهای دو مرحله‌ای علاوه بر ورودی‌ها و خروجی‌ها، دارای شاخص میانی نیز می‌باشند که در واقع همان خروجی بدست آمده از مرحله اول است. بر این اساس، در بسیاری از مطالعات تحلیل پوششی داده‌ها مشاهده شده است که واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌توانند یک ساختار دومرحله‌ای داشته باشند. به عنوان مثال، اگر صنعت بانکداری را به عنوان یک فرآیند دو مرحله‌ای درنظر بگیریم، ورودی‌های فناوری اطلاعات، نیروی انسانی و مبلغ سرمایه‌گذاری شده برای تولید سپرده‌ها در مرحله اول و همچنین تولید وام‌ها در مرحله دوم، مشترک می‌باشند. در واقع یک بانک، منابع خود را برای تولید خروجی‌هایی مانند وام و تسهیلات، سپرده‌ها و سایر فعالیت‌های خدماتی- به عنوان یک واحد تولیدی- مصرف می‌کند و متعاقباً، از این خروجی‌های میانی برای تولید سود استفاده می‌کند. بنابراین فرآیندهای تولیدی بانک یک فرآیند متوالی دو مرحله‌ای هستند که یک گزینه جذاب برای مطالعات DEA دوطبقه‌ای محسوب می‌شوند.

تاکنون مطالعات زیادی در مورد فرآیندهای دو مرحله‌ای صورت گرفته است. سیفورد و ژو یک فرآیند دو مرحله‌ای برای سنجش سودآوری و بازاریابی بانک‌های تجاری ایالات متحده آمریکا پیشنهاد کردند. در مرحله اول سودآوری به این صورت سنجیده شده است که فناوری اطلاعات، نیروی انسانی و مبلغ سرمایه‌گذاری به عنوان ورودی‌ها استفاده می‌شوند و سود و درآمد معرف خروجی‌ها می‌باشند. در مرحله دوم، برای بازاریابی، سود و درآمد به عنوان ورودی‌ها به کار برده می‌شوند؛ درصورتیکه ارزش بازار، بازده‌ها و درآمدهای هر سهم به عنوان خروجی‌ها بدست می‌آیند[۱].کاو و هوانگ مجموعه‌ای از شرکت‌های بیمه تعاونی را با یک فرآیند دو مرحله‌ای، از گرفتن حق بیمه و تولید سود، مورد بررسی قرار دادند[۲]. چن و همکارانش یک مدل DEA با منابع مشترک ورودی معرفی کردند[۳]. وانگ و همکاران برای مطالعه سودهای نهایی فناوری اطلاعات موجود

در یک فرآیند دو مرحله‌ای در سطح موسسات صنعت بانکداری (۲۷ موسسه) از DEA استفاده کردند. در مرحله اول، بانک‌ها، دارایی‌های ثابت، فناوری اطلاعات سرمایه‌گذاری شده و تعدادی از کارمندان را به عنوان ورودی به مصرف رساندند تا دلارهای امانت داده شده (سپرده و پول) را تولید کنند. در دومین مرحله، بانک‌ها دلارهای سپرده شده را به عنوان منبعی از وجوه سرمایه‌گذاری شده برای تولید اوراق بهادار و دادن وام‌ها، مصرف کردند. در نتیجه سود و بخشی از وام‌های بدست آمده، به عنوان خروجی‌های مرحله دوم درنظر گرفته شدند. بودجه فناوری اطلاعات، کارمندان و دارایی‌های ثابت، مستقیماً در هر دو مرحله مشترک هستند؛ درنتیجه آنها باید به عنوان ورودی‌های مشترک هر دو مرحله عمل کنند. پس در این مورد، بیست و هفت DMU ، سه نوع ورودی مشترک، یک شاخص میانی و دو خروجی برای مرحله دوم وجود داشته است. همچنین در این مسئله α_1تا α_3 به ترتیب مقدار بهینه درصد مصرفی ورودی‌های مشترک برای هر مرحله بوده‌اند[۴].

از سوی دیگر، kao و hwang در سال‌های ۲۰۰۸و ۲۰۱۱، یک مدل ورودی‌محور برای طبقه اول و یک مدل خروجی‌محور برای طبقه دوم به منظور اجتناب از اختلاف پیشنهاد دادند. با این وجود ناسازگاری بین خروجی های مدل اول و ورودی‌های مدل دوم، می‌تواند روابط بین ۲ مرحله را قطع کند. پس به عنوان یک نتیجه، مدل DEA دو طبقه‌ای نتوانست خروجی‌ها و به ویژه خروجی‌های افزایشی را در مجموعه دو مرحله‌ای پیش‌بینی کند. به علاوه فقدان یادگیری عمومی و توانایی پیش‌بینی، کاربرد عملیاتی مدل را کاهش می‌دهد[۵و۶]. بنابراین وجود یک ابزار یا تکنیک برای پیش‌بینی خروجی‌ها و کارایی DMUهای ناکارا ضروری است. در جدول زیر خلاصه ای از تحقیقات صورت گرفته در صنعت بانکداری با استفاده از DEA آورده شده است.

جدول۱- مشخصات تحقیقات صورت گرفته پیرامون روش‌های DEA در صنعت بانکداری

تحقیقاتی پیرامون روش‌های DEA در صنعت بانکداری	محقق (محققین)	نتیجه تحقیق	سال اثر
گروه اول	آزاده، صابری و انواری[۷]	برآورد امتیازات کارایی هر یک از DMUها به صورت جداگانه (انفرادی)	۲۰۱۰
	آزاده و دیگران[۸]		۲۰۱۱
	Sreekumar&Mahapatra[9]		۲۰۱۱
	Ulengin[10]		۲۰۱۱
	Wu[11]و دیگران		۲۰۰۹
	Vaninsky[12]		۲۰۰۴
گروه دوم	Mostafa[13]	طبقه‌بندی DMUها به خوشه‌ها و دسته‌های مختلف بر حسب سطوح کارایی	۲۰۰۹
	Wu[11] و دیگران		۲۰۰۹
	Wu[14] و دیگران		۲۰۰۶
گروه سوم	Liao& Li[15]	توالی متقابل شبکه عصبی- تحلیل پوششی داده‌ها با قصد پردازش کردن اطلاعات	۲۰۰۸
	Samoilenko&Osei-Brayson[16]		۲۰۱۰
	Celeby&Bayraktar[17]		۲۰۰۸

در مجموع، این مطالعات، از تکنیک ترکیب‌سازی بهره برده‌اند و خروجی‌های دلگرم‌کننده‌ای برای مجموعه‌های اطلاعاتی کوچک گزارش نموده‌اند. به علاوه تحقیقات پیشین اثربخشی رویکرد ترکیبی را برای محدوده وسیعی از DMUها شامل جدول زیر توضیح داده‌اند:

جدول۲- اثربخشی رویکرد ترکیبی برای محدوده‌های مختلف DMUها

ردیف	نام DMU	تعداد DMUها	محقق(محققین)	سال اثر
۱.	تامین کننده	۲۳	Wu[11] و دیگران	۲۰۰۹
۲.	شرکت(کمپانی)	۶۲	Mostafa[13]	۲۰۰۹
۳.	Dmuهای شبیه‌سازی شده	۱۰۰۰۰	Emrouznejad&shale[18]	۲۰۰۹
٤.	شعب بانک	۱۶۲	We[14] و دیگران	۲۰۰۶

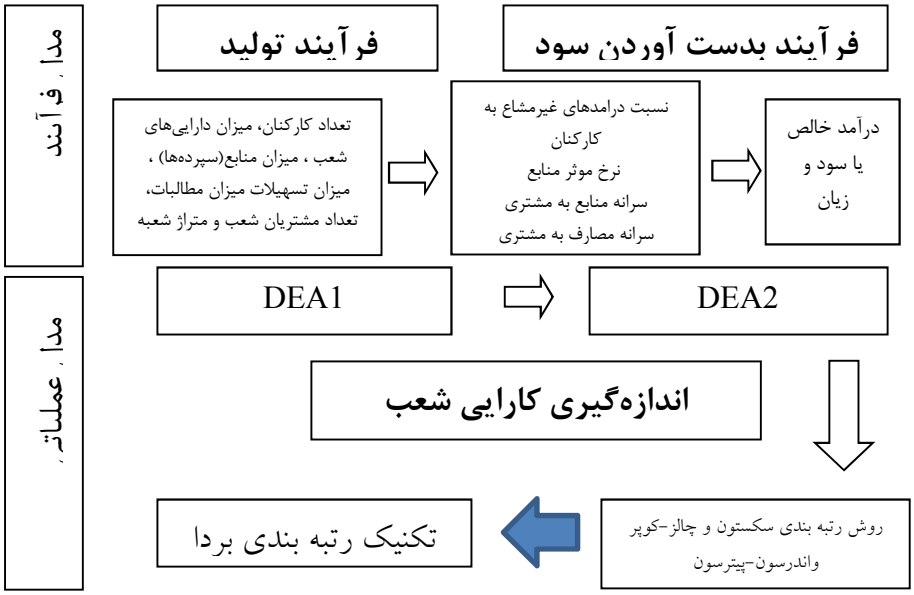
۲. روش تحقیق

در این مطالعه قصد بر آن است تا کارایی شعب شهر تهران یک بانک خصوصی (DMU ۱۲۱) بر اساس شاخص‌های جدول۳ از طریق مدل تحلیل پوششی داده‌های ۲ طبقه‌ای سنجیده شده و پس از شناسایی شعب کارا رتبه بندی آنها انجام شود.

جدول۳- فهرست شاخص‌های ورودی، خروجی و میانی به منظورمدل‌سازی تولید ۲ مرحله‌ای شعب بانک خصوصی

ردیف	ورودی‌ها	متغیرهای میانی	خروجی‌ها
۱	تعداد کارکنان	نسبت درامدهای غیر مشاع به کارکنان	سود و زیان
۲	میزان دارایی‌ها	نرخ موثر منابع	
۳	منابع(سپرده‌ها)	سرانه منابع به مشتری	
٤	تسهیلات	سرانه مصارف به مشتری	
٥	مطالبات		
٦	تعداد مشتریان		
۷	متراژ شعبه		

در ادامه با توجه به متغیرهای جدول ۳ و مطابق با دیاگرام زیر به رتبه بندی شعب می پردازیم.



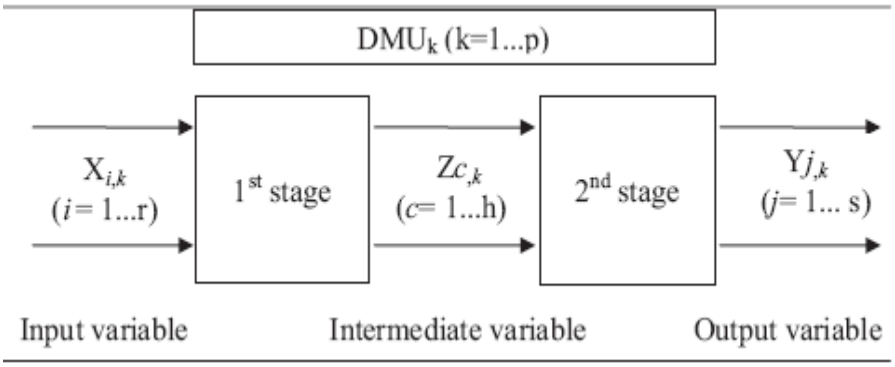
شکل ۱- مدل مفهومی تحقیق: نمودار مدل‌سازی تولید ۲ مرحله‌ای در بانک خصوصی

برای تعیین کارایی شعب ۱۲ متغیر تعریف شده اند که جهت تمامی متغیرها بجز مطالبات مثبت می باشد.با عکس کردن این متغیر جهت تمامی متغیرها مثبت می شود.در ادامه از طریق فرمول زیر داده ها را نرمال سازی و بدون واحد در نظر می گیریم.

$$n_{ik} = \frac{r_{ik}}{(\sum_{i=1}^{m} r_{ik})} \qquad \text{رابطه}(۱)$$

۲-۱. تحلیل پوششی داده‌های ۲ طبقه‌ای

باتوجه به توضیحات ارائه شده، دیاگرام مدل فرآیند تولید دومرحله‌ای به شرح ذیل می‌باشد:



شکل۲- فرآیند تولید ۲ مرحله‌ای

همانگونه که ملاحظه می‌شود، متغیر Z به عنوان شاخص میانی عمل می‌کند. به عبارتی Z، در مرحله اول به عنوان خروجی تولید می‌شود و در مرحله دوم به عنوان ورودی مصرف می‌گردد. در نتیجه امکان دارد مرحله دوم برای رسیدن به یک کارایی بهتر، میزان Z را کاهش دهد که این عمل به کاهش کارایی مرحله اول منجر می‌شود. در واقع، مدل در جهت بهینه کردن کارایی، میزان شاخص میانی Z را افزایش یا کاهش خواهد داد.

$$E_K = \max \frac{\sum_{j=1}^{s} o_j y_{jk}}{\sum_{i=1}^{r} q_i x_{ik}} \qquad E_K = E_K^1 * E_K^2$$

رابطه(۲)

$$E_K^1 = \max \frac{\sum_{c=1}^{h} w_c z_{ck}}{\sum_{i=1}^{r} q_i x_{ik}}$$

$$E_K^2 = \max \frac{\sum_{j=1}^{s} o_j y_{jk}}{\sum_{c=1}^{h} w_c z_{ck}}$$

برای ساختن و اجرای مدل عملکردی دومرحله‌ای، ۲ مدل CCR ورودی‌محور مجزا درنظر گرفته شده است.

جدول٤- نتایج حاصل از مدل عملکردی CCR ورودی محور در مرحله اول برای ۱۲۱ شعبه بانک خصوصی

کارایی	شعبه	کارایی	شعبه	کارایی	شعبه
۰,۸۱۹	۵۰۹	۱	۵۱۷	۱	۲۰۱
۰,۸۱۷	۴۸۳	۱	۵۱۸	۱	۲۰۵
۰,۸۰۵	۲۰۷	۱	۵۲۰	۱	۲۱۱
۰,۷۹۴	۲۲۴	۱	۵۲۲	۱	۲۱۶
۰,۷۷۹	۳۱۵	۱	۵۲۳	۱	۲۱۸
۰,۷۷۱	۲۱۳	۱	۵۳۰	۱	۲۱۹
۰,۷۵۶	۵۲۴	۱	۵۳۱	۱	۲۲۱
۰,۷۴۸	۴۰۵	۱	۵۳۲	۱	۲۲۷
۰,۷۴۳	۳۳۶	۱	۵۳۳	۱	۲۴۰
۰,۷۴۳	۵۳۵	۱	۵۳۷	۱	۲۴۴
۰,۷۴۲	۲۳۱	۰,۹۹۹	۳۳۱	۱	۲۴۸
۰,۷۲۶	۲۱۴	۰,۹۹۵	۲۴۲	۱	۲۵۳
۰,۷۱۵	۴۷۲	۰,۹۹۳	۳۵۴	۱	۲۶۵
۰,۷۰۶	۵۱۴	۰,۹۷۹	۵۰۴	۱	۳۳۸
۰,۶۹۷	۴۷۶	۰,۹۶۹	۲۶۲	۱	۳۴۵
۰,۶۹۴	۲۲۸	۰,۹۶۸	۳۷۹	۱	۳۵۰
۰,۶۸۶	۲۳۰	۰,۹۵۲	۴۸۴	۱	۳۵۲
۰,۶۷	۲۴۷	۰,۹۵۱	۵۱۹	۱	۳۵۵
۰,۶۷	۵۳۸	۰,۹۴۶	۵۳۶	۱	۳۵۶
۰,۶۶۶	۵۲۱	۰,۹۴۴	۲۵۲	۱	۳۸۲
۰,۶۶۵	۲۲۰	۰,۹۴۴	۴۹۸	۱	۳۸۳
۰,۶۵۴	۲۲۳	۰,۹۳۸	۲۳۸	۱	۳۸۴
۰,۶۲۶	۵۱۵	۰,۹۱۸	۴۷۵	۱	۴۷۳
۰,۶۲۳	۲۵۵	۰,۹۱۵	۳۳۴	۱	۴۷۴
۰,۶۰۴	۳۶۱	۰,۹۱۱	۵۲۹	۱	۴۷۷
۰,۶۰۳	۵۰۷	۰,۸۹۶	۳۳۵	۱	۴۷۸
۰,۵۷۶	۲۰۲	۰,۸۸۳	۴۹۲	۱	۴۷۹

کارایی	شعبه	کارایی	شعبه	کارایی	شعبه
۰,۵۴۸	۴۹۳	۰,۸۸	۲۰۴	۱	۴۸۰
۰,۵۱۳	۲۰۸	۰,۸۷۹	۳۴۶	۱	۴۸۶
۰,۵۱۱	۲۵۱	۰,۸۷۷	۳۱۶	۱	۴۸۷
۰,۵۱	۳۶۳	۰,۸۷۲	۵۲۸	۱	۴۸۹
۰,۴۹۶	۵۰۶	۰,۸۶۹	۴۸۵	۱	۴۹۰
۰,۴۷۹	۳۲۲	۰,۸۶۹	۵۱۲	۱	۴۹۱
۰,۴۷۳	۲۶۴	۰,۸۵۵	۳۴۷	۱	۴۹۴
۰,۴۷۱	۳۲۵	۰,۸۵۴	۵۲۶	۱	۴۹۵
۰,۴۵۲	۲۳۹	۰,۸۵۱	۵۰۱	۱	۴۹۶
۰,۴۴۸	۲۲۲	۰,۸۴۹	۲۳۵	۱	۴۹۹
۰,۴۴۲	۲۱۰	۰,۸۳۵	۵۱۰	۱	۵۰۲
۰,۴۴۱	۲۰۶	۰,۸۳۴	۲۰۹	۱	۵۰۵
		۰,۸۲۷	۴۸۱	۱	۵۱۳
		۰,۸۲۵	۳۲۹	۱	۵۱۶

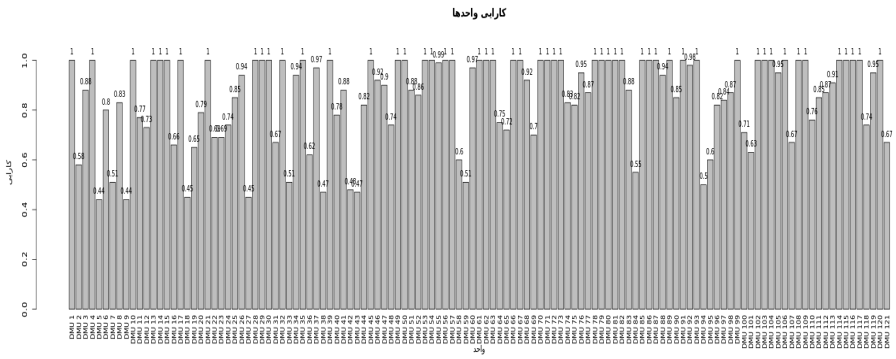
جدول۵- نتایج حاصل از مدل عملکردی CCR ورودی‌محور در مرحله دوم برای ۱۲۱ شعبه بانک خصوصی

کارایی	شعبه	کارایی	شعبه	کارایی	شعبه
۰,۵۲۷	۵۳۳	۰,۷۴۸	۳۲۲	۱	۲۰۱
۰,۵۱۶	۵۱۶	۰,۷۴۷	۳۷۹	۱	۲۰۲
۰,۵۱۳	۵۱۸	۰,۷۴۲	۵۲۳	۱	۲۱۰
۰,۵۱۳	۵۳۸	۰,۷۳۶	۲۴۲	۱	۲۱۸
۰,۵۰۶	۴۷۷	۰,۷۳۲	۳۴۷	۱	۲۱۹
۰,۵۰۶	۴۹۲	۰,۷۲	۴۰۵	۱	۲۲۰
۰,۴۹۹	۲۴۸	۰,۷۰۶	۲۲۸	۱	۲۲۱
۰,۴۹۳	۳۳۵	۰,۶۸۹	۳۳۱	۱	۲۵۱
۰,۴۸۸	۵۰۱	۰,۶۸۷	۲۱۱	۱	۲۵۳
۰,۴۸۶	۵۰۲	۰,۶۸۷	۴۹۳	۱	۲۶۵
۰,۴۶۳	۴۸۱	۰,۶۸۶	۳۵۶	۱	۳۱۵
۰,۴۴۱	۵۲۸	۰,۶۸۱	۲۰۷	۱	۳۲۵
۰,۴۲۷	۵۱۲	۰,۶۷۵	۲۱۳	۱	۳۳۶
۰,۴۲۵	۴۷۴	۰,۶۷۴	۲۰۶	۱	۳۸۲

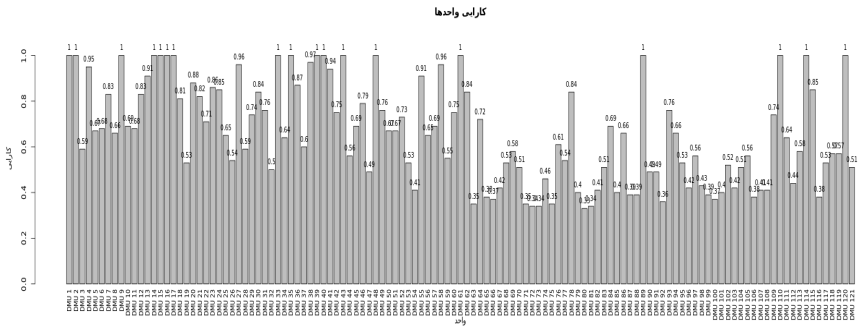
کارایی	شعبه	کارایی	شعبه	کارایی	شعبه
۰,۴۲۴	۵۱۷	۰,۶۷۴	۳۴۵	۱	۴۹۹
۰,۴۲۲	۵۰۹	۰,۶۷۲	۳۴۶	۱	۵۲۴
۰,۴۰۹	۴۹۱	۰,۶۶۵	۲۰۹	۱	۵۳۰
۰,۴۰۸	۵۲۲	۰,۶۶۱	۴۹۵	۱	۵۳۷
۰,۴۰۷	۵۲۱	۰,۶۵۸	۵۰۶	۰,۹۶۸	۲۶۴
۰,۴۰۶	۳۵۲	۰,۶۵۴	۲۳۵	۰,۹۵۵	۲۳۹
۰,۴۰۲	۴۸۷	۰,۶۵۴	۳۵۵	۰,۹۵۵	۳۶۱
۰,۴۰۱	۴۹۴	۰,۶۴۳	۲۵۲	۰,۹۴۶	۲۰۵
۰,۳۹۹	۵۱۵	۰,۶۴۱	۵۲۶	۰,۹۳۶	۳۱۶
۰,۳۹۴	۴۹۶	۰,۶۰۷	۴۸۴	۰,۹۱	۲۱۶
۰,۳۹۳	۴۹۸	۰,۶۰۲	۲۶۲	۰,۹۰۹	۳۵۴
۰,۳۹۲	۵۱۳	۰,۵۹۴	۲۰۴	۰,۸۸	۲۲۴
۰,۳۸۵	۴۷۲	۰,۵۸۹	۲۴۰	۰,۸۷۳	۲۵۵
۰,۳۸۴	۵۲۰	۰,۵۸۳	۵۲۹	۰,۸۵۶	۲۳۰
۰,۳۸۴	۵۳۲	۰,۵۸۱	۴۷۶	۰,۸۵۲	۵۳۱
۰,۳۷	۵۱۴	۰,۵۷۴	۵۳۶	۰,۸۴۷	۲۳۱
۰,۳۶۹	۴۷۳	۰,۵۶۸	۵۳۵	۰,۸۴۴	۲۴۴
۰,۳۵۷	۵۰۴	۰,۵۶۵	۳۲۹	۰,۸۴۳	۴۸۶
۰,۳۵۲	۴۸۳	۰,۵۶۵	۵۱۰	۰,۸۳۶	۳۸۳
۰,۳۴۸	۴۷۸	۰,۵۵۸	۵۱۹	۰,۸۳۲	۲۰۸
۰,۳۴۷	۳۸۴	۰,۵۴۷	۳۶۳	۰,۸۲۷	۲۱۴
۰,۳۴۱	۴۸۰	۰,۵۴۴	۴۸۵	۰,۸۱۸	۲۲۷
۰,۳۳۹	۴۹۰	۰,۵۳۹	۲۳۸	۰,۸۱۴	۲۲۲
۰,۳۳۸	۴۷۹	۰,۵۳۳	۴۷۵	۰,۷۸۶	۳۳۴
۰,۳۲۹	۴۸۹	۰,۵۳۲	۳۵۰	۰,۷۶۵	۲۴۷
		۰,۵۳	۲۲۳	۰,۷۵۹	۵۰۵
		۰,۵۲۸	۵۰۷	۰,۷۵۶	۳۳۸

بر این اساس، نتیجه تجزیه و تحلیل ۱۲۱ DMU با استفاده از نرم‌افزار DEA FRONTIER و استفاده از مدل پوششی ورودی‌محور بازده به مقیاس متغیر، با ۷ ورودی(تعداد کارکنان،میزان دارایی،میزان سپرده ها،تسهیلات،مطالبات،تعداد مشتریان و

متراژ شعبه) و ۴ خروجی(نسبت درآمدهای غیرمشاع به کارکنان،نرخ موثر منابع،سرانه منابع به مشتری و سرانه مصارف به مشتری) نشان می‌دهد که در مرحله اول ۵۱ dmu کارا و ۷۰ dmu ناکارا هستند. نتیجه حاصل در جدول ۴ ارائه شده است:در مرحله دوم، ۴ خروجی مرحله قبل به عنوان ورودی و خروجی سود و یا زیان به عنوان تک خروجی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مرحله ۱۸ DMU کارا بوده و ۱۰۳ DMU ناکارا تشخیص داده شده‌اند. نتایج حاصل در جدول ۵ ارائه شده است.شکل زیر نحوه پراکندگی DMUها را در دو مرحله نشان می دهد.



شکل ۳-نتایج کارایی ۱۲۱ شعبه بانک در مدل CCR ورودی‌محور مرحله اول



شکل ٤-نتایج کارایی ۱۲۱ شعبه بانک در مدل CCR ورودی‌محور مرحله دوم

نتایج جداول ۴ و ۵ نشان‌دهنده امتیازات کارایی بالاتر و موثرتر DMU ها در مرحله اول است. تعداد DMU های کارا در مرحله اول بیشتر از تعداد DMU های کارا در مرحله دوم است. (۵۰>۲۸). همچنین میزان میانگین کارایی در مرحله اول(۰/۸۶۶) بیشتر از میزان میانگین کارایی در مرحله دوم(۰/۷۸۱) است. این اختلاف بین خروجی‌های دو مدل نشان می‌دهد که اغلبDMU ها به صورت درستی، کارایی تولید را در سطح هم‌ارز یا مساوی کارایی سود بدست آمده تفسیر نکرده‌اند.

۲-۲. رتبه بندی

برای رتبه بندی DMUها کافی است کارایی مرحله یک را در کارایی مرحله دو ضرب کنیم تا کارایی نهایی هر شعبه بدست آید.در جدول زیر کارایی نهایی هر شعبه و رتبه آن آورده شده است.

جدول٦- نتایج حاصل از مدل عملکردی CCR دو مرحله ای ۱۲۱ شعبه بانک خصوصی

رتبه	کارایی	شعبه	رتبه	کارایی	شعبه	رتبه	کارایی	شعبه
۸۳	۰,۴۲۲۰۲۴	۵۳۵	۴۲	۰,۵۸۹	۲۴۰	۱	۱	۲۰۱
۸۴	۰,۴۱۵۲۸۸	۵۰۱	۴۳	۰,۵۸۷۲۱۶	۲۳۰	۱	۱	۲۱۸
۸۵	۰,۴۰۹	۴۹۱	۴۴	۰,۵۸۳۳۳۸	۲۶۲	۱	۱	۲۱۹
۸۶	۰,۴۰۸	۵۲۲	۴۵	۰,۵۷۷۸۶۴	۴۸۴	۱	۱	۲۲۱
۸۷	۰,۴۰۶	۳۵۲	۴۶	۰,۵۷۶۸۲	۳۶۱	۱	۱	۲۵۳
۸۸	۰,۴۰۴۹۵۷	۴۷۶	۴۷	۰,۵۷۶	۲۰۲	۱	۱	۲۶۵
۸۹	۰,۴۰۲	۴۸۷	۴۸	۰,۵۵۵۲۴۶	۲۳۵	۱	۱	۳۸۲
۹۰	۰,۴۰۱	۴۹۴	۴۹	۰,۵۵۴۶۱	۲۰۹	۱	۱	۴۹۹
۹۱	۰,۳۹۴	۴۹۶	۵۰	۰,۵۴۸۲۰۵	۲۰۷	۱	۱	۵۳۰
۹۲	۰,۳۹۲	۵۱۳	۵۱	۰,۵۴۷۴۱۴	۵۲۶	۱	۱	۵۳۷
۹۳	۰,۳۸۴۵۵۲	۵۲۸	۵۲	۰,۵۴۳۸۷۹	۲۵۵	۱۱	۰,۹۴۶	۲۰۵
۹۴	۰,۳۸۴	۵۲۰	۵۳	۰,۵۴۳۰۰۴	۵۳۶	۱۲	۰,۹۱	۲۱۶
۹۵	۰,۳۸۴	۵۳۲	۵۴	۰,۵۳۸۵۶	۴۰۵	۱۳	۰,۹۰۲۶۳۷	۳۵۴
۹۶	۰,۳۸۲۹۰۱	۴۸۱	۵۵	۰,۵۳۲	۳۵۰	۱۴	۰,۸۵۲	۵۳۱
۹۷	۰,۳۷۶۴۷۶	۴۹۳	۵۶	۰,۵۳۱۱۱۳	۵۲۹	۱۵	۰,۸۴۴	۲۴۴

رتبه	کارایی	شعبه	رتبه	کارایی	شعبه	رتبه	کارایی	شعبه
۹۸	۰,۳۷۱۰۶۳	۵۱۲	۵۷	۰,۵۳۰۶۵۸	۵۱۹	۱۶	۰,۸۴۳	۴۸۶
۹۹	۰,۳۷۰۹۹۲	۴۹۸	۵۸	۰,۵۲۷	۵۳۳	۱۷	۰,۸۳۶	۳۸۳
۱۰۰	۰,۳۶۹	۴۷۳	۵۹	۰,۵۲۲۷۲	۲۰۴	۱۸	۰,۸۲۰۸۷۲	۳۱۶
۱۰۱	۰,۳۶۴۶۷۲	۲۲۲	۶۰	۰,۵۲۰۴۲۵	۲۱۳	۱۹	۰,۸۱۸	۲۲۷
۱۰۲	۰,۳۵۸۲۹۲	۳۲۲	۶۱	۰,۵۱۶	۵۱۶	۲۰	۰,۷۷۹	۳۱۵
۱۰۳	۰,۳۴۹۵۰۳	۵۰۴	۶۲	۰,۵۱۳	۵۱۸	۲۱	۰,۷۵۹	۵۰۵
۱۰۴	۰,۳۴۸	۴۷۸	۶۳	۰,۵۱۲۵۵	۲۴۷	۲۲	۰,۷۵۶	۳۳۸
۱۰۵	۰,۳۴۷	۳۸۴	۶۴	۰,۵۱۱	۲۵۱	۲۳	۰,۷۵۶	۵۲۴
۱۰۶	۰,۳۴۶۶۲	۲۲۳	۶۵	۰,۵۰۶	۴۷۷	۲۴	۰,۷۴۳	۳۳۶
۱۰۷	۰,۳۴۵۶۱۸	۵۰۹	۶۶	۰,۵۰۵۵۸۲	۲۳۸	۲۵	۰,۷۴۲	۵۲۳
۱۰۸	۰,۳۴۳۷۱	۵۳۸	۶۷	۰,۴۹۹	۲۴۸	۲۶	۰,۷۳۲۳۲	۲۴۲
۱۰۹	۰,۳۴۱	۴۸۰	۶۸	۰,۴۸۹۹۶۴	۲۲۸	۲۷	۰,۷۲۳۰۹۶	۳۷۹
۱۱۰	۰,۳۳۹	۴۹۰	۶۹	۰,۴۸۹۲۹۴	۴۷۵	۲۸	۰,۷۱۹۱۹	۳۳۴
۱۱۱	۰,۳۳۸	۴۷۹	۷۰	۰,۴۸۶	۵۰۲	۲۹	۰,۶۹۸۷۲	۲۲۴
۱۱۲	۰,۳۲۹	۴۸۹	۷۱	۰,۴۷۲۷۳۶	۴۸۵	۳۰	۰,۶۸۸۳۱۱	۳۳۱
۱۱۳	۰,۳۲۶۳۶۸	۵۰۶	۷۲	۰,۴۷۱۷۷۵	۵۱۰	۳۱	۰,۶۸۷	۲۱۱
۱۱۴	۰,۳۱۸۳۸۴	۵۰۷	۷۳	۰,۴۷۱	۳۲۵	۳۲	۰,۶۸۶	۳۵۶
۱۱۵	۰,۲۹۷۲۳۴	۲۰۶	۷۴	۰,۴۶۶۱۲۵	۳۲۹	۳۳	۰,۶۷۴	۳۴۵
۱۱۶	۰,۲۸۷۵۸۴	۴۸۳	۷۵	۰,۴۵۷۸۶۴	۲۶۴	۳۴	۰,۶۶۵	۲۲۰
۱۱۷	۰,۲۷۸۹۷	۳۶۳	۷۶	۰,۴۴۶۷۹۸	۴۹۲	۳۵	۰,۶۶۱	۴۹۵
۱۱۸	۰,۲۷۵۲۷۵	۴۷۲	۷۷	۰,۴۴۲	۲۱۰	۳۶	۰,۶۵۴	۳۵۵
۱۱۹	۰,۲۷۱۰۶۲	۵۲۱	۷۸	۰,۴۴۱۷۲۸	۳۳۵	۳۷	۰,۶۲۸۴۷۴	۲۳۱
۱۲۰	۰,۲۶۱۲۲	۵۱۴	۷۹	۰,۴۳۱۶۶	۲۳۹	۳۸	۰,۶۲۵۸۶	۳۴۷
۱۲۱	۰,۲۴۹۷۷۴	۵۱۵	۸۰	۰,۴۲۶۸۱۶	۲۰۸	۳۹	۰,۶۰۶۹۹۲	۲۵۲
			۸۱	۰,۴۲۵	۴۷۴	۴۰	۰,۶۰۰۴۰۲	۲۱۴
			۸۲	۰,۴۲۴	۵۱۷	۴۱	۰,۵۹۰۶۸۸	۳۴۶

با توجه به داده های جدول ۶ تعداد ۱۰ شعبه دارای کارایی ۱ شده اند و برای رتبه بندی این ۱۰ شعبه از روش کارایی اندرسون-پیترسون، کارایی سکستون و چالز-کوپر استفاده می کنیم.

۲-۲-۱. روش کارایی اندرسون و پیترسون

در ارزیابی ها به وسیله مدل های DEA معمولا تعداد واحدهای کارا بیش از یکی می باشد. از این رو باید آن ها را رتبه بندی کنیم . یکی از مدل های پیشنهادی در این زمینه توسط اندرسون و پیترسون ارایه گردید که به مدل AP معروف و در سال ۱۹۹۳ توسط افرادی با همین نام که به نتیجه ای مناسب رسیدند، ابداع شده است که به صورت زیر می باشد.

$$\text{Min } \theta$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j X_j \le \theta X,$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 0}}^{n} \lambda_j Y_j \ge Y_o,$$

$$\lambda_j \ge 0, \quad j = 1,...,n.$$

رابطه(۳)

در مدل AP هرچقدر مقدار بهینه ی تابع هدف بیشتر باشد واحد تحت ارزیابی در رتبه ی بالاتری قرار می گیرد.جدول زیر نتایج کارایی نتایج کارایی اندرسون و پیترسون را برای ۱۰ شعبه بانک که در مرحله قبل کارا شده بودند نشان می دهد.برای بدست آوردن کارایی اندرسون پیترسون با توجه به شکل ۲ مدل دو مرحله ای زیر در نظر گرفته شده است که در آن هدف با لحاظ شدن متغیرهای میانی کارایی اندرسون پیترسون حساب شده است.

$$\max \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp}$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$$

$$\sum_{b=1}^{o} w_b z_{bj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} - \sum_{b=1}^{o} w_b z_{bj} \le 0$$

$$u_r, v_i, w_b \ge 0, j = 1...n$$

رابطه(۴)

کارایی که از مدل بالا بدست می آید حداکثر کارایی می باشد ولی با کارایی دو مرحله ای بدست آمده از جدول ۶ تفاوت دارد که چون کارایی مرحله یک و دو مستقلا حساب شده است طبیعی است ولی برای اینکه ابرکارایی نهایی محاسبه شود برای هر DMU کارایی و ابرکارایی مدل اندرسون –پیترسون محاسبه شده و جهت رتبه بندی و تشکیل ابرکارایی نهایی این دو مقادیر بر هم تقسیم شده اند و نتایج در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- ابر کارایی اندرسون و پیترسون برای رتبه بندی ۱۰ شعبه کارای بانک

رتبه	ابرکارایی نهایی	ابرکارایی دو مرحله ای مدل ٤	کارایی دو مرحله ای مدل ٤	شعبه
۱	۲۶,۰۳۲	۲۶,۰۳۲	۱	۲۰۱
۶	۱,۱۱	۱,۰۴۸	۰,۹۴۴	۲۱۸
۷	۱,۱۰۶	۰,۰۸۳	۰,۰۷۵	۲۱۹
۴	۱,۷۱۶	۱,۷۱۶	۱	۲۲۱
۸	۱,۰۴۳	۰,۱۴۳	۰,۱۳۷	۲۵۳
۵	۱,۳۰۴	۰,۸۵۷	۰,۶۵۷	۲۶۵
۲	۶,۵۱	۲,۷۵۴	۰,۴۲۳	۳۸۲
۹	۱,۰۲۶	۰,۰۷۷	۰,۰۷۵	۴۹۹
۱۰	۱,۰۱	۰,۰۸۵	۰,۰۸۴	۵۳۰
۳	۲,۵۹۳۴	۰,۵۹۹	۰,۲۳۱	۵۳۷

۲-۲-۲. چالز-کوپر

روش رتبه بندی چالز-کوپر بر مبنای این نکته که هر DMU که بیشتر مورد ارجاع قرار گرفته رتبه بالاتری دارد استوار است.جدول زیر نشان می دهد طی دو مرحله ارزیابی عملکرد ۱۲۱ شعبه بانک هر DMU چند بار مورد ارجاع قرار گرفته است.

جدول ۸-کارایی چالز و کوپر برای رتبه بندی ۱۰ شعبه کارای بانک

شعبه	تعداد ارجاعات دومرحله	رتبه
۲۰۱	۲۵	۴
۲۱۸	۲۸	۲
۲۱۹	۲۹	۳
۲۲۱	۲۰	۷
۲۵۳	۲۵	۴
۲۶۵	۱۳	۹
۳۸۲	۳۳	۱
۴۹۹	۱۳	۹
۵۳۰	۲۲	۶
۵۳۷	۲۰	۷

۲-۲-۳. روش کارایی سکستون

این روش در سال ۱۹۸۶ توسط سکستون ارائه شده است. در این روش عملکرد یک واحد تصمیم گیری با توجه به وزنهای بهینه سایر واحدها مقایسه می شود و در یک جدول متقاطع ترسیم می شود.

Table(1)

	DMU1	DMU2	...	DMUn
DMU1	θ_{11}	θ_{12}	...	θ_{1n}
DMU2	θ_{21}	θ_{22}	...	θ_{2n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
DMUn	θ_{n1}	θ_{n2}	...	θ_{nn}

شکل ۵-جدول متقاطع روش کارایی سکستون

انتخاب مقدار وزن ها در مدل برنامه ریزی خطی به گونه ایست که به واحد تحت بررسی اجازه می دهد که اندازه کارایی خود را نسبت به سایر واحدها حداکثر کند. سنجش کارایی هر واحد با بهترین مجموعه وزنهایی که توسط مدل محاسبه می گردد "کارایی ساده" نامیده می شود، کارایی ساده محاسبه شده برای واحد k (θ_{KK})، بر اساس وزن های دلخواه و مطابق با میل واحد(kام)محاسبه می گردد با θ_{KJ}نشان داده شده و کارایی متقاطع نام می گیرد. کارایی متقاطع، "ارزیابی همپایه" نیز نامیده می شود.به طور خلاصه می توان گفت که برای تمامی واحدها امکان محاسبه کارایی ساده و متقاطع وجود داشته که حاصل عملیات ارائه دهنده ماتریس کارایی متقاطع است. θ_{KJ} کارایی واحد jام با استفاده از وزن های واحد k می باشد و از رابطه زیر بدست می آید.

$$\theta_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r^k y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i^k x_{ij}} \qquad \text{رابطه}(۵)$$

برای بدست آوردن امتیاز کارایی واحدها ، میانگین ستون های ماتریس کارایی متقاطع با حذف عناصر روی قطر

اصلی که همگی یک هستند محاسبه می شود، به این ترتیب e_k امتیاز کارایی واحدها را نشان می دهد .

$$e_k = \frac{\sum_{j \neq k} \theta_{jk}}{n-1} \qquad \text{رابطه}(۶)$$

جدول زیر کارایی متقاطع ۱۰ شعبه بانک که کارا شده بودند را نشان می دهد.برای بدست آوردن وزن ها جهت محاسبه کارایی متقاطع از مدل ۴ که مدل دومرحله ای است استفاده شده است.

جدول ۹-کارایی متقابل دو مرحله ای برای رتبه بندی ۱۰ شعبه کارای بانک

شعبه	۲۰۱	۲۱۸	۲۱۹	۲۲۱	۲۵۳	۲٦۵	۳۸۲	٤۹۹	۵۳۰	۵۳۷
۲۰۱	۱	۰,۲۳۲	۰,۰۰۷	۰,۶۶۲	۰,۱۲۲	۰,۲۱۴	۰,۰۹۸	۰	۰,۰۰۸	۰,۰۶۷
۲۱۸	۰,۹۹۹	۱	۰,۰۵۲	۰,۹۹۹	۰,۵۲۱	۰,۶۲۳	۰,۴۶۲	۰,۰۰۰۱	۰,۰۵۵	۰,۳۰۶
۲۱۹	۰,۰۲۲	۰,۰۹۶	۱	۰,۰۴۵	۰,۶۵۶	۰,۰۵	۰,۱۴۲	۰,۰۱	۰,۹۰۳	۰,۲۶
۲۲۱	۰,۹۹۹	۰,۶۵۳	۰,۱۵۷	۱	۰,۴۵	۰,۱۸۸	۰,۲۹	۰,۰۰۰۴	۰,۱۹۹	۰,۳۷۶
۲۵۳	۰,۰۳۸	۰,۱۶	۰,۴۷۲	۰,۰۷۶	۱	۰,۰۸۴	۰,۲۳۲	۰,۰۰۱	۰,۴۷	۰,۴۰۵
۲٦۵	۰,۹۸۵	۰,۱۰۹	۰,۰۰۲	۰,۷۲۹	۰,۰۴۷	۱	۰,۰۳۶	۰	۰,۰۰۳	۰,۰۲۵
۳۸۲	۰,۹۹۹	۰,۰۷	۰,۰۱۹	۰,۱۹۵	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۱	۰,۰۰۰۴	۰,۱۰۱	۰,۱۱۲
٤۹۹	۰,۰۳۷	۰,۰۰۲	۰,۰۰۰۶	۰,۰۰۷	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۳۵	۱	۰,۰۰۹	۰,۰۱۷
۵۳۰	۰,۰۲۶	۰,۱۰۹	۰,۹۷۲	۰,۰۵۲	۰,۷۲۱	۰,۰۵۷	۰,۱۶۳	۰,۰۰۹	۱	۰,۲۹۸
۵۳۷	۰,۳۹۸	۰,۲۵۸	۰,۱۱۸	۰,۵۳۱	۰,۲۹۳	۰,۰۶۷	۰,۱۲۲	۰,۰۰۱	۰,۵۸۵	۱
کارایی	۰,۵	۰,۱۸۷	۰,۱۹۹	۰,۳۶۶	۰,۳۱۶	۰,۱۴۷	۰,۱۷۵	۰,۰۰۲	۰,۲۵۹	۰,۲۰۷
رتبه	۱	۷	۶	۲	۳	۹	۸	۱۰	۴	۵

نکته مهم در جدول بالا این است که با استفاده از مدل ۴ کارایی هر واحد حداکثر می شود ولی این مقدار لزوما یک نیست که با تقسیم مقادیر هر ستون بر ماکزیمم کارایی مقادیر که مربوط به همان DMU است که وزن آن در ستون مورد نظر برای کل ستون درنظر گرفته شده است.

۲-۲-٤. رتبه بندی نهایی با استفاده از تکنیک بردا

در دنیای واقعی، تصمیم گیرندگان، خود را محدود به یک روش تصمیم گیری نمیکنند و امکان دارد با استفاده از روشهای مختلف، به نتایج مختلفی دست پیدا کنند .در این شرایط، فنونی برای تلفیق رتبه تکنیکها پیشنهاد شده است که یکی از آنها روش بردا است. هر گاه در استفاده از روشهای گوناگون رتبه بندی نتایج متفاوتی به دست آمد، از روش بردا برای رسیدن به یک رتبه بندی واحد استفاده می شود. این روش بر قاعده اکثریت استوار است.

به منظور رتبه بندی واحدهای کارا با استفاده از روش بردا اگر سطر بر ستون برتری داشت نماد M و اگر ستون بر سطر برتری داشت نماد X بیانگر ارجحیت می باشد. در پایان، مجموع بردهای هر سطح را در ستون وارد می کنیم و سطری که بیشترین برد را داشته باشد رتبه بالاتری بدست می آورد.با توجه به الگوریتم روش بردا ابتدا با استفاده از داده های جداول ۷ و ۸ و ۹ رتبه بندی نهایی ۱۰ شعبه بانک را در جدول ۱۰ نشان می دهیم سپس در جدول ۱۱ به مقایسه دو به دو شعب می پردازیم.

جدول ۱۰- مقایسه رتبه سه روش چالز و کوپر،اندرسون و پیترسون،سکستون برای ۱۰ شعبه کارای بانک

رتبه روش چالز و کوپر	رتبه روش اندرسون و پیترسون	رتبه روش سکستون	شعبه
۴	۱	۱	۲۰۱
۲	۶	۷	۲۱۸
۳	۷	۶	۲۱۹
۷	۴	۲	۲۲۱
۴	۸	۳	۲۵۳
۹	۵	۹	۲۶۵
۱	۲	۸	۳۸۲
۹	۹	۱۰	۴۹۹
۶	۱۰	۴	۵۳۰
۷	۳	۵	۵۳۷

به این ترتیب با توجه به جدول ۱۱ می توان به ترتیب شعب ۲۰۱ ،۳۸۲، ۲۲۱ را کاراترین شعب و بعد به طور مشترک شعب ۲۱۸و۵۳۷ ،به طور مشترک ۲۱۹و۲۵۳ و بعد از آن شعب ۴۹۹،۲۶۵،۵۳۰ را کاراترین شعب در بین ۱۲۱ شعبه بانک شناخت.در جدول شماره ۶ به ترتیب کارایی و رتبه ۱۱۱ شعبه باقیمانده ذکر گردیده است.

جدول ۱۱- رتبه بندی شعب با استفاده از روش بردا

شعبه	۲۰۱	۲۱۸	۲۱۹	۲۲۱	۲۵۳	۲٦۵	۳۸۲	٤۹۹	۵۳۰	۵۳۷	تعداد برتری
۲۰۱	-	M	M	M	M	M	M	M	M	M	۹
۲۱۸	X	-	M	X	M	M	X	M	M	X	۵
۲۱۹	X	X	-	X	M	M	X	M	M	X	۴
۲۲۱	X	M	M	-	M	M	X	M	M	M	۷
۲۵۳	X	X	X	X	-	M	X	M	M	M	۴
۲٦۵	X	X	X	X	X	-	X	M	X	X	۱
۳۸۲	X	M	M	M	M	M	-	M	M	M	۸
٤۹۹	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	۰
۵۳۰	X	X	X	X	X	M	X	M	-	M	۳
۵۳۷	X	M	M	M	X	M	X	M	X	-	۵

۳. نتیجه‌گیری

رتبه بندی واحدهای تصمیم گیرنده یکی از مهمترین مفاهیم در تحلیل پوششی داده ها می باشد و سهم عمده ای از تحقیقات در زمینه DEA را به خود اختصاص داده است. در این مقاله اطلاعات مربوط به ۱۲۱ شعبه یک بانک خصوصی جمع آوری شد و از طریق مدل ccr مضربی ورودی محور طی دو مرحله کارایی شعب مورد ارزیابی قرار گرفت.نتایج نشان داد ۵۱ شعبه از ۱۲۱ شعبه در مرحله اول و ۱۸ شعبه نیز در مرحله دوم کارا شدند که در مجموع دو مرحله ۱۰ شعبه بانک کارای قوی تشخیص داده شد.در مرحله بعد از سه روش کارایی سکستون،کارایی چالز و کوپر،کارایی اندرسون و پیترسون جهت رتبه بندی ۱۰ شعبه کارا استفاده شد.با مشخص شدن رتبه این ۱۰ شعبه در هر روش با استفاده از روش تصمیم گیری گروهی بردا به رتبه بندی نهایی شعب پرداخته ایم.بدین ترتیب در این مقاله ۱۲۱ شعبه از یک بانک خصوصی رتبه بندی شدند و برای هر شعبه مشخص شد که در جذب سرمایه و منابع(مرحله اول DEA) یا استفاده از منابع برای رسیدن به سود(مرحله دوم DEA) چقدر تا مقدار مطلوب فاصله دارند.

مراجع

1. Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 U.S. commercial banks. Management Science, 45(9), 1270–1288.
2. Kao, C., & Hwang, S. (2014). Multi-period efficiency and Malmquist productivity index in two-stage production systems. European Journal of Operational Research, 232(3), 512–521.
3. Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. European Journal of Operational Research, 196(3), 1170–1176.
4. Wang, Y.-M., & Chin, K.-S. (2010). Some alternative DEA models for two-stage process. Expert Systems with Applications, 37(12), 8799–8808.
5. Kao, C., & Hwang, S. (2008). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. European Journal of Operational Research, 185(3), 418–429.
6. Kao, C., & Hwang, S. (2011). Decomposition of technical and scale efficiencies in two-stage production systems. European Journal of Operational Research, 211(3), 515–519.
7. Azadeh, A., Saberi, M., & Anvari, M. (2010). An integrated artificial neural network algorithm for performance assessment and optimization of decision making units. Expert Systems with Applications, 36(8), 5688–5697.
8. Azadeh, A., Saberi, M., Moghaddam, R. T., & Javanmardi, L. (2011). An integrated data envelopment analysis-artificial neural network-rough set algorithm for assessment of personnel efficiency. Expert Systems with Applications, 38(3), 1364–1373.
9. Sreekumar, S., & Mahapatra, S. S. (2011). Performance modeling of Indian business schools: A DEA-neural network approach. Benchmarking: An International Journal, 18(2), 221–239.
10. Ülengin, F., Kabak, Ö., Önsel, S., Aktas, E., & Parker, B. R. (2011). The competitiveness of nations and implications for human development. Socio-Economic Planning Sciences, 45(1), 16–27.
11. Wu, J., Liang, L., Yang, F., & Yan, H. (2009). Bargaining game model in the evaluation of decision making units. Expert Systems with Applications, 36(3), 4357–4362.
12. Vaninsky, A. (2004). Combining data envelopment analysis with neural networks: Application to analysis of stock prices. Journal of Information and Optimization Sciences, 25(3), 589–611.

13. Mostafa, M. M. (2009a). A probabilistic neural network approach for modeling and classifying efficiency of GCC banks. International Journal of Business Performance Management, 11(3), 236–258.
14. Wu, D., Yang, Z., & Liang, L. (2006). Using DEA-neural network approach to evaluate branch efficiency of a large Canadian bank. Expert Systems with Applications, 31(1), 108–115.
15. Liao, H., & Li, Z. (2008). Multiobjective design of equivalent accelerated life testing plans. International Journal of Reliability, Quality & Safety Engineering, 15(6), 515–538.
16. Samoilenko, S., & Osei-Bryson, K.-M. (2010). Determining sources of relative inefficiency in heterogeneous samples: Methodology using cluster analysis, DEA and neural networks. European Journal of Operational Research, 206(2), 479–487.
17. Çelebi, D., & Bayraktar, D. (2008). An integrated neural network and data envelopment analysis for supplier evaluation under incomplete information. Expert Systems with Applications, 35(4), 1698–1710.
18. Emrouznejad, A., & Shale, E. (2009). A combined neural network and DEA for measuring efficiency of large scale data sets. Computers & Industrial Engineering, 56(1), 249–254.