چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۵ ـ بهار ۱۳۹۶
ص‌ص ۸۹ ° ۶۷

توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها

رضا سلیمانی دامنه*، منصور مؤمنی، امین مصطفایی***،
محسن رستمی مال خلیفه*****

چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک ریاضی برای ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیرنده با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه است. مدل‌های سنتی DEA به ساختار داخلی واحدها توجه نمی‌کنند و دیدگاه جعبه سیاه دارند؛ بنابراین برای ارزیابی ساختارهای با بیش از یک مرحله، مدل‌های شبکه‌ای (NDEA) توسعه پیدا کردند؛ اما این مدل‌ها ایستا هستند و زمان را در ارزیابی لحاظ نمی‌کنند؛ از طرف دیگر مدل-های پویا (DDEA) که جهت ارزیابی واحدها در طول زمان توسعه پیدا کردند، ساختار واحد را در هر دوره زمانی به‌صورت جعبه سیاه در نظر می‌گیرند. بسیاری از سازمان‌ها (ازجمله بانک‌ها) دارای فرایند چندمرحله‌ای هستند و فعالیت آن‌ها یک فرایند ادامه‌دار در دوره‌های متوالی است و استفاده از مدل‌های شبکه‌ای و پویا به‌تنهایی برای ارزیابی آن‌ها کافی نیست. در این پژوهش یک مدل DEA شبکه‌ای پویا (DNDEA) توسعه داده می‌شود که هم‌زمان ساختار و زمان را در ارزیابی در نظر می‌گیرد و دو روش برای محاسبه کارایی معرفی می‌شود. پس از توسعه مدل از آن در یک مطالعه تجربی برای ارزیابی عملکرد چهارده بانک استفاده شد و کارایی هر مرحله، کارایی شبکه و کارایی شبکه‌ای پویا آن‌ها محاسبه شد.

کلیدواژه‌ها: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا؛ کارایی شبکه‌ای؛ کارایی شبکه‌ای پویا، بانک.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول).
E-mail: rsoleymani@ut.ac.ir
** استاد، دانشگاه تهران.
*** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات.
**** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال.

۱. مقدمه

ارزیابی عملکرد یک وظیفه مهم در مدیریت به‌منظور کنترل، برنامه‌ریزی و غیره است. تکنیکی که به‌طور گسترده برای ارزیابی عملکرد مجموعه‌ای از واحدهای تصمیم‌گیرنده (DMUها)[1] با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه استفاده می‌شود، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[2] است. در مدل‌های سنتی DEA، واحدها به‌عنوان جعبه‌های سیاه در نظر گرفته می‌شوند و فقط ورودی‌ها و خروجی‌های آن‌ها در ارزیابی لحاظ می‌شود و به ساختار داخلی آن‌ها توجه نمی‌شود؛ بنابراین برای واحدهای ناکارا منبع عدم‌کارایی مشخص نمی‌شود [۲۳]. برای رفع عیب مدل‌های سنتی، فار و گراسکوپف (۲۰۰۰)، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA[3]) را معرفی کردند که عملیات فرایندها و اجزا را در ارزیابی کارایی سیستم بررسی می‌کند [۱۶]. بعد از فار و گراسکوپف (۲۰۰۰)، پژوهشگران دیگر به توسعه مدل‌های شبکه‌ای پرداختند. مطالعات NDEA، هنوز یک حقیقت مهم که فرایندهای واحدها یک بُعد زمانی دارد و عدم‌بررسی این بعد به ارزیابی کارایی غیرواقعی منجر می‌شود را نادیده می‌گیرند و درواقع مدل‌های ایستا هستند [۱۰،۸].

عملیات سازمان‌ها در طی حیاتشان به‌صورت یک زنجیره به یکدیگر مرتبط است؛ بنابراین ارزیابی عملکرد آن‌ها در طی چند دوره زمانی ضروری است و اطلاعات بهتری به مدیران می‌دهد. بدین منظور، نموتو و گوتو (۱۹۹۹، ۲۰۰۳)، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های پویا (DDEA[4]) را معرفی کردند که با درنظرگرفتن ارتباط هر واحد با خودش در دوره‌های متوالی کارایی دوره و کارایی کل را می‌دهد [۳۹، ۴۰]؛ اما این مدل‌ها ساختار واحدها در هر دوره را به‌صورت جعبه سیاه در نظر می‌گیرند و به ساختار داخلی آن توجه نمی‌کنند.

تا اینجا بیان شد که پژوهشگران برای رفع عیب دیدگاه جعبه سیاه مدل‌های سنتی، مدل‌های شبکه‌ای و برای ارزیابی واحدها در دوره‌های زمانی متوالی مدل‌های DDEA را توسعه دادند؛ اما مدل‌های شبکه‌ای ایستا هستند و مدل‌های DDEA معرفی‌شده عمدتاً DMU را در هر دوره زمانی به‌صورت تک‌مرحله‌ای در نظر می‌گیرند؛ بنابراین مدلی که بتواند هم‌زمان ساختار داخلی واحد و زمان را در نظر بگیرد، موردنیاز است و می‌تواند اطلاعات کامل‌تری از نحوه عملکرد واحدها بدهد. کائو (۲۰۱۴b) با مروری جامع روی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و مدل‌های پویا، سه جهت و پیشنهاد را برای پژوهش‌های آینده مطرح کرد که یکی از آن‌ها توسعه مدل‌های پویا به ساختارهای شبکه‌ای، یعنی توسعه مدل‌های DNDEA[5] است [۲۸]. علاوه بر

1. Decision Making Units
2.Data Envelopment Analysis
3.Network DEA
4. Dynamic DEA
5. Dynamic Network DEA

کائو (۲۰۱۴b)، سایر پژوهشگران بر توسعه چنین مدل‌هایی تأکید کرده‌اند [۱۹، ۴۲،۳۰، ۴۳]؛ البته مقالاتی در این زمینه ارائه شده است؛ اما هدف پژوهش حاضر توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا جدید با رویکردی متفاوت برای بانک است.

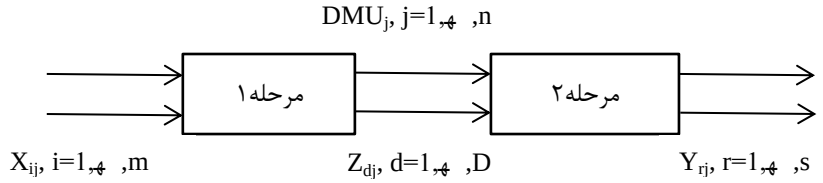
بانک‌ها نقش مهمی در اقتصاد هر کشوری دارند؛ بنابراین ارزیابی صحیح عملکرد آن‌ها ضروری است. DEA که یک تکنیک غیرپارامتریک است هیچ محدودیتی در شکل تابع روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها ندارد. این ویژگی برای مؤسسه‌های مالی مناسب است؛ زیرا تابع تولید خوب تعریف‌شده‌ای ندارند [۲۳]. ازآنجاکه عملکرد بانک یک فرایند چندمرحله‌ای است، مدل‌های سنتی DEA به‌دلیل دیدگاه جعبه سیاه نمی‌توانند ارزیابی جامعی از عملکرد بانک‌ها داشته باشند. علاوه بر ضعف مدل‌های سنتی، یکی دیگر از دلایلی که استفاده از مدل‌های NDEA را در ارزیابی بانک ضروری می‌کند، بحث تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها است. دو رویکرد برای تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های بانک وجود دارد: رویکرد تولید و رویکرد واسطه‌ای. در رویکرد تولید سپرده‌ها خروجی و در رویکرد واسطه‌ای ورودی هستند. هیچ‌یک از رویکردها نسبت به دیگری برتری ندارد و این امر به ناسازگاری در تخمین کارایی در میان مطالعات منجر شده است [۳۶،۲۳]. با درنظرگرفتن ساختار شبکه برای بانک می‌توان این معضل را حل کرد،.در دیدگاه شبکه سپرده‌ها خروجی یک مرحله و ورودی مرحله دیگر هستند و سپرده‌ها نقش دوگانه دارند؛ همچنین با توجه به اینکه فعالیت بانک‌ها در دوره‌های متوالی به یکدیگر وابسته است، پژوهشگران مختلف بحث ارزیابی عملکرد بانک‌ها در طول زمان را پیشنهاد کردند [۳۰، ۳۲، ۳۶، ۴۱]؛ بنابراین ضروری است که در ارزیابی بانک از مدل‌هایی استفاده شود که هم ساختار داخلی و هم زمان را در نظر بگیرند و نه‌تنها استفاده از مدل‌های سنتی، بلکه استفاده از مدل‌های شبکه‌ای و مدل‌های پویا به‌تنهایی برای ارزیابی عملکرد بانک کافی نیست. در این پژوهش با درنظرگرفتن ساختار بانک یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا توسعه داده می‌شود که کارایی هر مرحله، کارایی شبکه، کارایی شبکه‌ای پویا هر دوره و کارایی شبکه‌ای پویا کل دوره‌ها را می‌دهد و از آن در یک مطالعه تجربی برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها استفاده می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش ابتدا پیشینه نظری در دو زیربخش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و تحلیل پوششی داده‌های پویا و سپس پیشینه تجربی باعنوان «ارزیابی بانک» ارائه می‌شود.

تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای. رودز و همکارن (۱۹۷۸)، تحلیل پوششی داده‌ها را ارائه کردند که به مدل CCR معروف شد [۷]. برای ارزیابی واحدهای با بازده به مقیاس متغیر، بنکر و

همکاران (۱۹۸۴)، مدل‌های BCC را عرضه کردند [۵]؛ اما مدل‌های CCR و BCC به فرایند داخلی و نحوه تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها توجهی نمی‌کنند و صرفاً ورودی‌ها و خروجی‌ها را با اتخاذ دیدگاه جعبه سیاه برای ارزیابی استفاده می‌کنند. سیفورد و زو (۱۹۹۹) و لو (۲۰۰۳) برای ارزیابی بانک، ساختار دومرحله‌ای مطابق شکل ۱ را به‌کار بردند [۳۶، ۴۱]. آن‌ها از ۳ مدل DEA به‌صورت مستقل و جداگانه جهت محاسبه کارایی هر مرحله و کارایی کل استفاده کردند. آن‌ها با اینکه ساختار داخلی DMU را در نظر گرفتند؛ اما تعارض بین ۲ مرحله ناشی از متغیرهای میانی را حل نکردند [۱۲].



شکل ۱. ساختار دومرحله‌ای متوالی [۴۱]

کائو و هوانگ (۲۰۰۸)، مدل مستقلی که توسط سیفورد و زو (۱۹۹۹)، ارائه شده بود را ارتقا دادند و بیان کردند که کارایی کل یک شبکه دومرحله‌ای که زیرفرایندهای آن به شکل متوالی با هم در ارتباط هستند، برابر با حاصل‌ضرب کارایی زیرفرایندها است ($_{۲}$ $_{۱}$)؛ به این ترتیب در صورتی یک DMU کارا می‌شود که اجزای آن نیز کارا باشند [۲۹]. مصلح شیرازی و خلیفه (۱۳۹۴) از مدل ثانویه کائو و هوانگ (۲۰۰۸)، برای اندازه‌گیری کارایی رقابت‌پذیری ایران در مقایسه با سایر کشورها استفاده کردند [۳۸]. چن و همکاران (۲۰۰۹)، برای ارزیابی ساختارهای دومرحله‌ای مدلی ارائه کردند. آن‌ها برای بیان ارتباط کارایی کل و کارایی مراحل از میانگین وزنی ($w_{1\ 1}+w_{2\ 2}$) استفاده کردند که وزن‌ها، ورودی‌های هر مرحله به نسبت کل ورودی‌ها بودند [۹]؛ اما در مدل آن‌ها متغیر میانی هم به‌عنوان ورودی و هم خروجی کلی شبکه در نظر گرفته شد. تن و تسوتسوی (۲۰۰۹)، مدلی مبتنی بر متغیرهای کمبود (NSBM[1]) برای ساختارهای شبکه‌ای متوالی ارائه دادند [۴۲]. لوزانو (۲۰۱۵)، یک مدل DEA شبکه‌ای ارائه کرد که در آن خروجی‌های فعلی مراحل با حداکثر خروجی‌های مراحل درصورتی‌که یک تصمیم-گیرنده مرکزی ورودی‌ها را به مراحل تخصیص دهد، مقایسه می‌شود [۳۴]. کوک و همکاران (۲۰۱۰)، مدل‌های جمعی برای ساختارهای شبکه‌ای متوالی ارائه کردند [۱۲]. دسپوتیس و همکاران (۲۰۱۵)، برای انواع ساختارهای چندمرحله‌ای متوالی مدل‌هایی معرفی کردند [۱۳].

1. Network Slacks-Based Measure

دسپوتیس و همکارن (۲۰۱۶) به تفکیک مدل‌های دومرحله‌ای به دو دسته تجزیه و ترکیب پرداختند. در مدل‌های تجزیه ابتدا کارایی شبکه محاسبه می‌شود؛ سپس با استفاده از آن کارایی مراحل به‌دست می‌آید و در مدل‌های ترکیب برعکس [۱۴]. مدل‌های شبکه‌ای بیان‌شده برای ساختارهای دومرحله‌ای، ایستا هستند و زمان را در ارزیابی در نظر نمی‌گیرند و تنها برای ارزیابی تک‌دوره‌ای قابلیت استفاده دارند.

تحلیل پوششی داده‌های پویا. نموتو و گوتو (۱۹۹۹، ۲۰۰۳)، با تقسیم ورودی‌های یک واحد به ۲ دسته ورودی‌های نیمه‌ثابت و متغیر، مدل DEA پویا (DDEA) را ارائه کردند [۳۹، ۴۰]. امروزی‌نژاد و تاناسلیس (۲۰۰۵)، مدل پویایی را توسعه دادند که کارایی فرایندهای تولید پویا را با درنظرگرفتن ورودی و خروجی‌های بین زمانی به‌عنوان متغیرهای اضافی در مدل DEA ایستا ارزیابی می‌کرد [۱۵]؛ اما در مدل آن‌ها بُعد فضای حل به‌طور مضربی با توجه به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و دوره‌های ارزیابی افزایش می‌یابد [۸]. امیرتیموری (۲۰۰۶) با معرفی کارایی درامد پویا، یک مدل DDEA را توسعه داد و از آن برای ارزیابی شرکت‌های گاز در ایران استفاده کرد [2]، در مدل وی ترکیب محدب کارایی دوره‌ها، کارایی کل را تشکیل می‌دهد. چن (۲۰۰۹)، مدلی برای ارزیابی عملکرد شبکه تولید پویا که از واحدهای تولید فرعی چندگانه تشکیل شده، پیشنهاد داد [۱۰]. او یک شاخص کارایی جدید برای درنظرگرفتن اثرات زمان در ارزیابی عملکرد معرفی کرد؛ اما وی روشی برای تعیین مقدار پارامتر زمان معرفی نکرد. چن و دالن (۲۰۱۰)، با نقد مدل‌های ایستا، یک مدل DEA پویا توسعه دادند و از آن برای ارزیابی کارایی تبلیغاتی چندین شرکت دارویی و خودرویی در امریکای شمالی استفاده کردند [۸]. حسینی (۱۳۹۱) به‌منظور ارزیابی واحدها در طول زمان، از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالمکوئیست برای بررسی تغییرات بهره‌وری شرکت‌های مدیریت تولید برق طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷ استفاده کردند [۲۲]، اما شاخص مالمکوئیست متغیرهای بین زمانی و ارتباط واحدها در دوره‌های متوالی را در نظر نمی‌گیرد. تن و تسوتسوی (۲۰۱۰) مدل مبتنی بر متغیرهای کمبود تحلیل پوششی داده‌های پویا (DSBM) را توسعه دادند [۴۳]. چانگ، تن و وو (۲۰۱۵) بر مبنای مدل تن و تسوتسوی (۲۰۱۰) مدل‌هایی را ارائه کردند که حیطه زمانی گذشته، حال و آینده را شامل می‌شد و فعالیت‌های هر سه دوره را در نظر می‌گرفت [۶]. کائو (۲۰۱۳) نیز مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ساختارهای پویا معرفی کردند [۲۶]؛ اما مدل‌های DDEA معرفی‌شده، DMU را در هر دوره زمانی به‌صورت جعبه سیاه در نظر می‌گیرند و به ساختار داخلی آن توجه نمی‌کنند.

به‌منظور توسعه مدل‌های پویا به ساختارهای شبکه‌ای، مطالعاتی انجام شده است. تن و تسوتسوی (۲۰۱۴)، یک مدل شبکه‌ای پویا مبتنی بر متغیرهای کمبود ارائه کردند که در آن متغیرهای بین زمانی می‌تواند تأثیر مثبت یا منفی بر تولیدات دوره بعد داشته باشد [۴۴]. اوکیران

و مککریستال (۲۰۱۴) با معرفی یک مدل شبکه‌ای پویا به مقایسه مدل خود با مدل‌های شبکه‌ای پویا مبتنی بر متغیرهای کمبود با استفاده از آزمون استواری پرداخت [۳]. اوکیران (۲۰۱۵)، فوکویاما و وبر (۲۰۱۵a، a ۲۰۱۶) ، مورنو و لوزانو (۲۰۱۶) ، وو، تینگ، لو و نورانی (۲۰۱۶) و ژا، لیانگ، وو و بیان (۲۰۱۶) از دیگر پژوهشگرانی هستند که مدل‌هایی را برای ارزیابی ساختارهای شبکه‌ای پویا معرفی کردند [۴، ۲۰، ۲۱، ۳۷، ۴۶، ۴۷]. در این مقاله با دیدگاه و رویکردی متفاوت یک مدل تحلیل پوششی شبکه‌ای پویا جدید ارائه می‌شود.

ارزیابی بانک. کارایی عملکرد صنعت بانکداری یک جریان پژوهشی مهم است که توجه بسیاری از پژوهشگران دانشگاهی و خط‌مشی‌گذاران را به خود جلب کرده است و عمدتاً با مدل‌های DEA انجام می‌شود؛ به‌گونه‌ای که بیشترین پژوهش‌های کاربردی DEA در بانک صورت گرفته است و کاربردهای گوناگون آن از زمان ارائه در مبانی نظری پژوهش ارزیابی بانک به چشم می‌خورد و جزو کاربردهایی است که بیشترین رشد را داشته‌اند [۳۳]. پژوهش‌های بانک عمدتاً فقط به ارزیابی کارایی سودآوری با استفاده از مدل‌های سنتی DEA که دیدگاه جعبه سیاه دارند پرداخته‌اند. سیفورد و زو (۱۹۹۹)، عملکرد ۵۵ بانک تجاری امریکا را با یک فرایند دو-مرحله‌ای (سودآوری و بازاریابی) بررسی کردند [۴۱]. آن‌ها از مدل‌های سنتی DEA به‌صورت مستقل و جداگانه برای محاسبه کارایی سودآوری، بازاریابی و کارایی کل بهره گرفتند. لو (۲۰۰۳) از مدل سیفورد و زو (۱۹۹۹)، برای ارزیابی عملکرد ۲۴۵ بانک بزرگ در آمریکا استفاده کرد؛ بنابراین عمومیت نتایج او از کار سیفورد و زو (۱۹۹۹)، بیشتر بود [۳۶]. علی‌رغم اینکه آن‌ها رویکرد جعبه سیاه را کنار گذاشتند و نسبت به سایر مطالعات ارزیابی بانک دیدگاه بهتری اتخاذ کردند، مدل آن‌ها ارتباط مراحل با یکدیگر را در نظر نمی‌گرفت؛ بنابراین از مدل‌های DEA به‌صورت مستقل و جداگانه برای ارزیابی هر مرحله بهره گرفتند.

کوک و همکاران (۲۰۰۰) با تفکیک عملکرد بانک به ۲ مرحله فروش و خدمات که شامل ورودی‌های مشترک برای ۲ مرحله می‌شد، مدلی برای ارزیابی کارایی آن ارائه کردند [۱۱]. جهانشاهلو و همکاران (۲۰۰۴) با توسعه مدل کوک به ارزیابی عملکرد ۳۱ شعبه بانک در ۸ شهر ایران پرداختند [۲۴]. ساختار آن‌ها برای بانک همانند کوک و همکارن (۲۰۰۰)، شامل فروش و خدمات بود؛ اما ۲ مرحله علاوه بر ورودی‌های مشترک، خروجی‌های مشترکی نیز داشتند. فوکویاما و وبر (۲۰۱۰) از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود برای ارزیابی عملکرد بانک‌های ژاپن استفاده کردند [۱۹]. هولود و لویس (۲۰۱۱)، ضمن تشریح مشکل تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها، به‌خصوص سپرده‌ها در ارزیابی بانک، برای رفع آن یک مدل NDEA غیرشعاعی توسعه دادند که سپرده‌ها را به‌عنوان میانی در نظر می‌گرفت [۲۳]؛ اما

آن‌ها در مدل خود بانک مرجع را مجبور کردند تا میزان یکسانی سپرده همانند بانک تحت‌بررسی داشته باشد و این سؤال را مطرح کردند که با میزان مشخصی از سپرده‌ها تا چه سطحی یک بانک می‌تواند ورودی‌های خود را کاهش و خروجی‌هایش را افزایش دهد. لین و چیو (۲۰۱۳) از روش تحلیل اجزا مستقل و NDEA برای ارزیابی عملکرد ۴ بُعد بانک‌های برتر تایوان استفاده کردند [۳۲]. اکتر و همکاران (۲۰۱۳) با درنظرگرفتن یک ساختار دومرحله‌ای، عدم‌کارایی در بانک‌های بنگلادش را تخمین زدند [۱]. فوکویاما و ماتوسک (۲۰۱۶) با تعریف یک تابع درآمد شبکه‌ای به ارزیابی ساختار دومرحله‌ای بانک پرداختند [۱۸]. لوزانو (۲۰۱۶) با توسعه یک معیار عدم‌کارایی شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمبود که هم خروجی نامطلوب و هم خروجی مطلوب را در نظر می‌گرفت عملکرد بانک‌ها را ارزیابی کردند [۳۵].

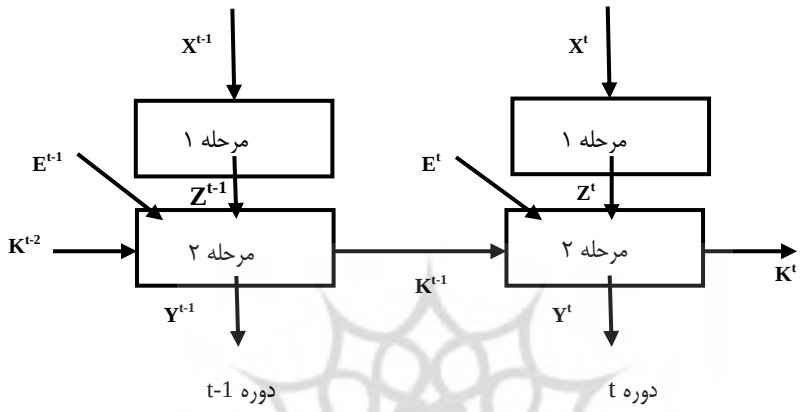
بسیاری از پژوهشگران پیشنهاد ارزیابی بانک در طول زمان را مطرح کردند. برای این منظور کائو و لیو (۲۰۱۴) به ارزیابی چنددوره‌ای بانک‌های تجاری تایوان پرداختند [۳۱]. آن‌ها DMUها (بانک‌ها) در دوره‌های متوالی را به‌صورت یک شبکه موازی در نظر گرفتند؛ سپس از مدل کائو (۲۰۰۹b) برای ساختارهای موازی [۲۵]، برای اندازه‌گیری کارایی استفاده کردند و با این روش هم کارایی کل و هم کارایی هر دوره را به‌دست آوردند؛ اما عیب کار آن‌ها این بود که ارتباط هر DMU با خودش در دوره‌های متوالی را در نظر نگرفتند. ژا و همکارن (۲۰۱۶) با درنظرگرفتن یک ساختار دومرحله‌ای پویا برای بانک، مدلی مبتنی بر متغیرهای کمبود برای ارزیابی این ساختار ارائه کردند و از آن برای ارزیابی عملکرد بانک‌های چین بهره بردند [۴۷]. اوکیران (۲۰۱۵)، یک مدل شبکه‌ای پویا برای بانک‌های تجاری با تأکید بر آزمون استواری ارائه کرد و نشان داد زمانی که ابعاد شبکه و پویا هم‌زمان در نظر گرفته شوند، تحلیل جامع‌تری از تخمین کارایی حاصل می‌شود [۴]. مورنو و لوزانو (۲۰۱۶)، به‌منظور شناسایی عدم‌کارایی مالی، یک تکنیک ابرکارایی شبکه‌ای پویا مبتنی بر متغیرهای کمبود ارائه کردند [۳۷]. وو و همکاران (۲۰۱۶) با ارائه یک مدل شبکه‌ای پویا مبتنی بر متغیرهای کمبود به ارزیابی اثر مدیریت درآمد بر عملکرد بانک‌ها پرداختند [۴۶]. فوکویاما و وبر (۲۰۱۵a، ۲۰۱۶a) با معرفی یک ساختار شبکه‌ای پویا برای بانک‌های ژاپنی، مدل‌های شبکه‌ای پویا برای آن‌ها توسعه دادند [۲۰، ۲۱].

۳. روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش. با توجه به طبقه‌بندی واکر (۱۹۸۸)، روش پژوهش این مطالعه از نوع روش‌های تحلیلی از زیرگروه پژوهش تحلیلی ریاضی است که هدف آن‌ها توسعه روابط بین مفاهیم تعریف‌شده از طریق روابط ریاضی است[۴۵]. این مدل‌ها به‌صورت ریاضی روابط را توسعه داده و مثال عددی از محاسبات آن‌ها نشان می‌دهند؛ یعنی از داده‌ها برای آزمون و اثبات نظریه خود

استفاده نمی‌کنند. در این پژوهش پس از ارائه مدل، از آن برای ارزیابی بانک‌ها (مثال عددی) استفاده می‌شود. پژوهش از نظر هدف توسعه‌ای و کاربردی است.

مدل پژوهش. برای ساختن مدل فرض می‌شود n واحد تصمیم‌گیرنده (j=1, ..., n) با ساختار ۲مرحله‌ای متوالی در طول T دوره زمانی (t=1, ..., T) موجود است. شکل ۲، این ساختار را در دو دوره زمانی متوالی نشان می‌دهد. در هر دوره DMU دارای یک ساختار دومرحله‌ای متوالی است که بخشی از خروجی آن به‌عنوان ورودی به مرحله ۲ همان DMU در دوره زمانی بعدی وارد می‌شود (ساختار شبکه‌ای پویا مطابق با ساختار بانک).



شکل ۲. ساختار شبکه‌ای پویا

مرحله ۲، علاوه بر ورودی از مرحله قبل (Z) دارای ورودی از دوره قبل (متغیر بین زمانی K) و ورودی مازاد (E) نیز است. Z متغیر شبکه است که بین دو مرحله و K متغیر پویا است که بین دو دوره ارتباط برقرار می‌کنند. جدول ۱، متغیرهای مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۱. متغیرهای مدل

متغیر	شرح
X_{ij}^t	ورودی i(1, ..., I)ام، مرحله ۱ واحد j(1, ..., n)ام در دوره t(1, ..., f, ..., T)
Z_{hj}^t	متغیر میانی h(1, ..., H)ام، واحد jام در دوره t
E_{pj}^t	ورودی p(1, ..., P)ام، مرحله ۲ واحد jام در دوره t
K_{qj}^{t-1}	ورودی q(1, ..., Q)ام (متغیر بین زمانی)، مرحله ۲ واحد jام در دوره t
Y_{rj}^t	خروجی r(1, ..., R)ام، مرحله ۲ واحد jام در دوره t
K_{qj}^t	خروجی q(1, ..., Q)ام (متغیر بین زمانی)، مرحله ۲ واحد jام در دوره t

علاوه بر متغیرهای جدول بالا، $\frac{1}{\theta_1^t}$ ، $\frac{1}{\theta_2^t}$ ، $\frac{1}{\theta_N^t}$ و $\frac{1}{\theta_{DN}^t}$ به ترتیب نشان‌دهنده کارایی مرحله ۱، مرحله ۲، شبکه و شبکه پویا دوره t و θ_{DN} نشان‌دهنده کارایی شبکه پویای کل است. با توجه به تفاوت واحد مرجع در محاسبه هر کارایی، ها با اندیس‌های ۱، ۲، N و DN از هم متمایز شد که به‌ترتیب مرتبط با واحد مرجع مرحله ۱، ۲، شبکه (N) و شبکه پویا (DN) است.

برای محاسبه کارایی هر مرحله و ارزیابی عملکرد آن (برای مثال، مرحله ۱) در هر دوره زمانی (برای مثال، دوره f)، آن مرحله با همان مرحله DMUهای دیگر مقایسه می‌شود:

مدل (۱) [۷]

$$\min \frac{1}{\theta_1^f}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{1j}^f X_{ij}^f \le X_{io}^f \qquad i=1,...,I$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{1j}^f Z_{hj}^f \ge \theta_1^f Z_{ho}^f \qquad h=1,...,H$$

$$\lambda_{1j}^f \ge 0, \quad j=1,...,n$$

$$\theta_1^f \quad free$$

و کارایی مرحله دوم در دوره زمانی f:

مدل (۲) [۷]

$$\min \frac{1}{\theta_2^f}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{2j}^f E_{pj}^f \le E_{Po}^f \qquad p=1,...,P$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{2j}^f K_{qj}^{f-1} \le K_{qo}^{f-1} \qquad q=1,...,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{2j}^f Z_{hj}^t \le Z_{ho}^f \qquad h=1,...,H$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{2j}^f K_{qj}^f \ge \theta_2^f K_{qo}^f \qquad q=1,...,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{2j}^f Y_{rj}^f \ge \theta_2^f Y_{ro}^f \qquad r=1,...,R$$

$$\lambda_{2j}^f \ge 0, \quad j=1,...,n$$

$$\theta_2^f \ free$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

برای محاسبه کارایی شبکه در دوره f، ابتدا مرحله اول کارا می‌شود (مدل ۱)؛ یعنی مقدار بهینه Z از کارایی مرحله نخست به‌دست می‌آید ($\theta_1^{f^*} Z_{do}^f$)؛ سپس با مقدار بهینه متغیر شبکه (متغیر Z) محاسبه می‌شود که خروجی کل باید چقدر باشد تا کل شبکه کارا شود (مدل ۳). به‌این‌ترتیب اثر هر دو مرحله در خروجی کل دیده می‌شود و کارایی شبکه به‌دست می‌آید. مدل کارایی شبکه در دوره f:

مدل (۳)

$$\min \frac{1}{\theta_N^f}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{Nj}^f E_{pj}^f \le E_{Po}^f \qquad p = 1,\dots,P$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{Nj}^f K_{qj}^{f-1} \le K_{qo}^{f-1} \qquad q = 1,\dots,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{Nj}^f Z_{hj}^f \le \theta_1^{f^*} Z_{ho}^f \qquad h = 1,\dots,H$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{Nj}^f K_{qj}^f \ge \theta_N^f K_{qo}^f \qquad q = 1,\dots,Q$$

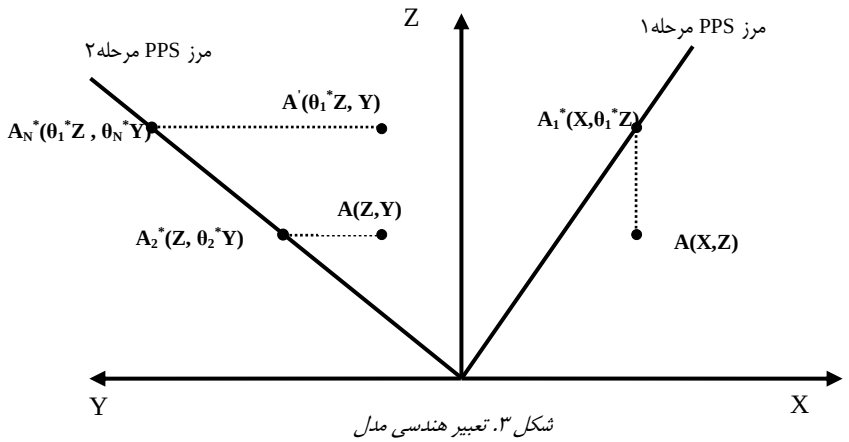
$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{Nj}^f Y_{rj}^f \ge \theta_N^f Y_{ro}^f \qquad r = 1,\dots,R$$

$$\lambda_{Nj}^f \ge 0, \quad j = 1,\dots,n$$

$$\theta_N^f \ free$$

شکل ۳، تعبیر هندسی مدل کارایی شبکه را نشان می‌دهد. به‌دلیل امکان بیان این تعبیر در یک نمودار دوبُعدی فرض می‌شود فقط یک متغیر ورودی (X)، یک متغیر میانی (Z) و یک متغیر خروجی (Y) وجود دارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۳. تعبیر هندسی مدل

در واحد $A(X,Z,Y)$، نقطه $A_1^*(X,\theta_1^*Z)$ تصویر این واحد روی مرز مرحله نخست را نشان می‌دهد که با استفاده از آن کارایی مرحله نخست به‌دست می‌آید. نقطه $A_2^*(Z,\theta_2^*Y)$ تصویر واحد A روی مرز مرحله ۲ را نشان می‌دهد که با استفاده از آن کارایی مرحله دوم و چگونگی عملکرد این مرحله به‌دست می‌آید. نقطه $A'(\theta_1^*Z,Y)$ تصویر واحد A در مرحله دوم به شرط بهینه‌بودن در مرحله نخست است و $A_N^*(X,\theta_1^*Z,\theta_N^*Y)$ تصویر نقطه A' روی مرز است که با استفاده از آن کارایی شبکه (θ_N^*) به‌دست می‌آید. به‌این‌ترتیب در نقطه A_N^* تأثیر هر دو مرحله بر خروجی دیده شده و بنابراین با استفاده از آن کارایی شبکه محاسبه می‌شود؛ یعنی برای محاسبه کارایی شبکه ابتدا متغیر میانی (Z) بهینه می‌شود (مدل ۱)؛ سپس با توجه به آن، مقدار بهینه خروجی کل (مدل ۳) به‌دست می‌آید؛ درواقع ارزیابی می‌شود که اگر DMU در هر دو مرحله کارا عمل کند، خروجی کل چقدر می‌شود و با مقایسه آن با خروجی فعلی، کارایی شبکه محاسبه می‌شود.

برای محاسبه کارایی شبکه پویا دوره f ابتدا متغیری که بین دو دوره متوالی ارتباط برقرار می‌کند (K) با استفاده از کارایی شبکه پویا دوره قبل (f-1) و متغیر شبکه (Z) با استفاده از مرحله قبل بهینه می‌شود؛ سپس کارایی شبکه پویا دوره f با درنظرگرفتن مقدار بهینه این متغیرها به‌دست می‌آید (مدل ۴)؛ بنابراین برای محاسبه کارایی شبکه پویا هر دوره، مدل ۴، برای آن دوره نوشته و حل می‌شود. فقط برای دوره اول، سمت راست محدودیت دوم مدل ۴، K_{q0}^0 قرار می‌گیرد؛ زیرا نخستین دوره است و کارایی شبکه پویا دوره قبل معنا ندارد؛ بنابراین برای دوره نخست کارایی شبکه و شبکه پویا یکسان است.

مدل (۴)

$$\min \frac{1}{\theta_{DN}^{f}}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{(DN)j}^{f} E_{pj}^{f} \le E_{Po}^{f} \qquad p=1,...,P$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{(DN)j}^{f} K_{qj}^{f-1} \le \theta_{DN}^{f-1^{*}} K_{qo}^{f-1} \qquad q=1,...,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{(DN)j}^{f} Z_{hj}^{f} \le \theta_{1}^{f^{*}} Z_{ho}^{f} \qquad h=1,...,H$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{(DN)j}^{f} K_{qj}^{f} \ge \theta_{DN}^{f} K_{qo}^{f} \qquad q=1,...,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{(DN)j}^{f} Y_{rj}^{f} \ge \theta_{DN}^{f} Y_{ro}^{f} \qquad r=1,...,R$$

$$\lambda_{(DN)j}^{f} \ge 0 \quad j=1,...,n$$

$$\theta_{DN}^{f} \; free$$

این مدل هم تأثیر شبکه و هم تأثیر زمان را در محاسبه کارایی لحاظ کرده و مشخص می‌کند که چه میزان از ناکارایی ناشی از شبکه و چه میزان ناشی از دوره‌های قبل است. کارایی شبکه پویا کل T دوره، میانگین هندسی (چون نسبت هستند) کارایی دوره‌ها می‌شود:

$$\theta_{DN} = \sqrt[T]{\frac{1}{\theta_{DN}^{1^{*}}} \times \frac{1}{\theta_{DN}^{2^{*}}} \times ... \times \frac{1}{\theta_{DN}^{f^{*}}} \times ... \times \frac{1}{\theta_{DN}^{T^{*}}}}$$

بنابراین در صورتی یک واحد کارا می‌شود که در همه دوره‌ها کارا باشد. برای محاسبه کارایی از رویکرد ترکیب استفاده شد؛ بدین گونه که کارایی هر دوره به‌ترتیب از نخستین دوره محاسبه شد؛ سپس با استفاده از کارایی دوره‌ها، کارایی کل به‌دست آمد. در بسیاری از مدل‌های مبانی نظری پژوهش، ابتدا کارایی کل محاسبه می‌شود؛ سپس با استفاده از آن کارایی دوره‌ها به‌دست می‌آید (رویکرد تجزیه).

همان‌طور که بیان شد برای محاسبه کارایی شبکه هر دوره ابتدا باید مدل ۱، برای آن دوره حل شود؛ سپس مدل ۳ (درمجموع 2T مدل برای همه دوره‌ها) و همچنین مدل ۴، برای محاسبه کارایی شبکه پویا باید برای هر دوره حل شود (درمجموع T مدل). به‌جای مدل‌های بالا می‌توان از یک مدل برای شبکه هر دوره (درمجموع T مدل برای همه دوره‌ها) و یک مدل برای شبکه پویا (۱ مدل به‌جای T مدل) به‌صورت زیر استفاده کرد. مجموعه امکانات تولید برای ساختار شکل ۳، به‌صورت زیر است:

X^t بتواند Z^t را تولید کند و Z^t، E^t و K^{t-1} بتواند K^t و Y^t را تولید کند. درواقع فضای تولید دوقسمتی است:

$$PPS=\left\{ \left(X^t,Z^t,K^{t-1},E^t,K^t,Y^t\right) \middle| X^t\geq\sum\lambda_{1j}^t X_j^t, Z^t\leq\sum\lambda_{1j}^t Z_j^t;\ Z^t\geq\sum\lambda_{2j}^t Z_j^t, \right.$$
$$\left. K^t\geq\sum\lambda_{2j}^t K_j^{t-1}, E^t\geq\sum\lambda_{2j}^t E_j^t, K^t\leq\lambda_{2j}^t K_j^t, Y^t\leq\sum\lambda_{2j}^t Y_j^t, \lambda_{1j}^f\geq 0, \lambda_{2j}^f\geq 0 \right\}$$

واحد موردبررسی (DMU_O) دارای (X^t, Z^t, K^{t-1}, E^t, K^t, Y^t) متغیر ورودی، متغیر میانی، متغیر بین زمانی و متغیر خروجی است. تصویر این واحد روی مرز شبکه نقطه (X^t, $_1{}^tZ^t$, K^{t-1}, E^t, $_N{}^tK^t$, $_N{}^tY^t$) قرار دارد. قسمت نخست PPS تعیین‌کننده مقدار $_1{}^tZ^t$ و قسمت دوم تعیین‌کننده مقدار $_N{}^t$ است. مدل ۵، بر همین مبنا، کارایی مرحله نخست و کارایی شبکه را برای هر دوره (برای مثال دوره f) محاسبه می‌کند.

مدل (۵)

$$\min \frac{1}{\theta_1^f}+\frac{1}{\theta_N^f}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f X_{ij}^f \leq X_{io}^f \qquad i=1,\ldots,I$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f Z_{hj}^f \geq \theta_1^f Z_{ho}^f \qquad h=1,\ldots,H$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f Z_{hj}^f \leq \theta_1^f Z_{ho}^f \qquad h=1,\ldots,H$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f K_{qj}^{f-1} \leq K_{qo}^{f-1} \qquad q=1,\ldots,Q$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f E_{pj}^f \leq E_{po}^t \qquad p=1,\ldots,P$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f K_{qj}^f \geq \theta_N^f K_{qo}^f \qquad q=1,\ldots,Q$$
$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f Y_{rj}^f \geq \theta_N^f Y_{ro}^f \qquad r=1,\ldots,R$$
$$\lambda_{1j}^f, \lambda_{Nj}^f \geq 0, \quad j=1,\ldots,n$$
$$\theta_1^f, \theta_N^f \quad free$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدار بهینه متغیر میانی ($_1{}^tZ^t$) باید به‌گونه‌ای به‌دست آید که خروج از PPS مرحله نخست صورت نگیرد. ۲ قید نخست این کار را انجام می‌دهد و مقدار بهینه خروجی کل با درنظرگرفتن مقدار بهینه Z به‌دست می‌آید که ۵ قید آخر این کار را انجام می‌دهد. چون هر چه Z بیشتر شود، خروجی کل افزایش می‌یابد (یعنی کارایی مرحله اول و کارایی شبکه هم‌راستا هستند)؛ بنابراین مدل ابتدا مقدار Z را به حداکثر ممکن می رساند تا جایی که خروج از فضای PPS صورت نگیرد (۲ قید نخست و قسمت اول تابع هدف)؛ سپس با درنظرگرفتن مقدار حداکثر Z (قید سوم) خروجی کل حداکثر می‌شود (۵ قید آخر و قسمت دوم تابع هدف)؛ بنابراین با یک مدل هم کارایی مرحله اول و هم کارایی شبکه به‌دست می‌آید. برای محاسبه کارایی مرحله ۲ باید از مدل ۲ استفاده کرد. به همین ترتیب برای محاسبه کارایی شبکه پویای دوره‌ها به‌جای Tبار حل مدل ۴، می‌توان از مدل ۶ استفاده کرد:

مدل (۶)

$$\min \sum_{t=1}^{T}\left(\frac{1}{\theta_1^t}+\frac{1}{\theta_{DN}^t}\right)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{1j}^t X_{ij}^t \le X_{io}^t \qquad i=1,...,I,\ \ t=1,...,f,...,T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{1j}^t Z_{hj}^t \ge \theta_1^t Z_{ho}^t \qquad h=1,...,H,\ \ t=1,...,f,...T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^t Z_{hj}^t \le \theta_1^t Z_{ho}^t \qquad h=1,...,H,\ \ t=1,...,f,...,T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^1 K_{qj}^0 \le K_{qo}^0 \qquad q=1,...,Q$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^t K_{qj}^{t-1} \le \theta_{DN}^{t-1} K_{qo}^{t-1} \qquad q=1,...,Q,\ \ t=2,...,.f,..,T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^t E_{pj}^t \le E_{po}^t \qquad p=1,...,P,\ \ t=1,...,f,...,T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^t K_{qj}^t \ge \theta_{DN}^t K_{qo}^t \qquad q=1,...,Q,\ \ t=1,...,f,...T$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_{(DN)j}^t Y_{rj}^t \ge \theta_{DN}^t Y_{ro}^t \qquad r=1,...,R,\ \ t=1,...,f,...T$$

$$\lambda_{1j}^t,\lambda_{(DN)j}^t \ge 0,\quad j=1,...,n\ \ ,t=1,...,f,...,T$$

$$\theta_1^t,\theta_{DN}^t \quad free,\quad t=1,...,f,...,T$$

چون خروجی هر دوره وابسته به دوره قبلی است، مدل ۶ به‌ترتیب از نخستین دوره، کارایی شبکه پویا همه دوره‌ها را محاسبه می‌کند $(\frac{1}{\theta_{DN}^{1}},\frac{1}{\theta_{DN}^{2}},...,\frac{1}{\theta_{DN}^{f}},...,\frac{1}{\theta_{DN}^{T}})$ و نیازی نیست برای هر دوره یک مدل جداگانه حل کرد. برای دوره نخست کارایی شبکه پویا همان کارایی شبکه این دوره است. کارایی شبکه پویا کل T دوره، میانگین هندسی کارایی شبکه پویا این دوره‌ها می‌شود (رابطه ۱). این مدل دارای ۲ خاصیت است:

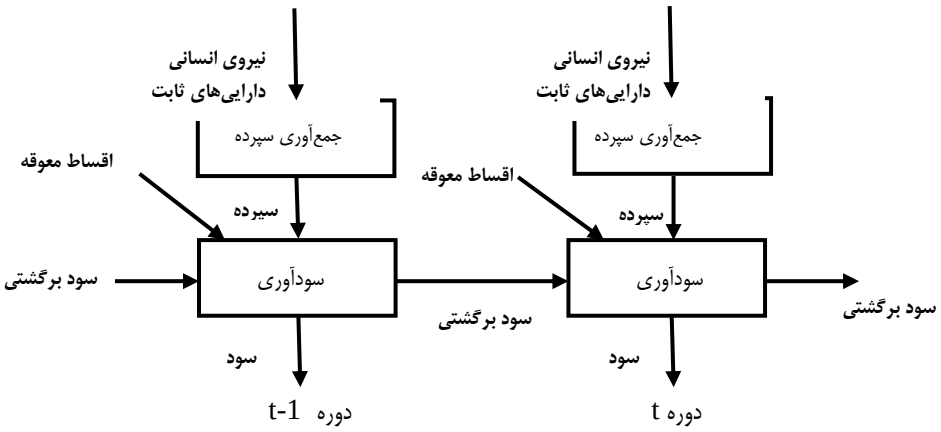
۱. یک واحد کارای شبکه پویا است، اگر و فقط اگر در همه دوره‌ها کارا باشد؛

۲. در صورت محاسبه کارایی تصویر یک واحد ناکارا، آن واحد دارای کارایی شبکه پویا ۱ می‌شود.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

از مدل‌های ارائه‌شده برای ارزیابی ۱۴ بانک در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ استفاده شد. در مبانی نظری پژوهش ارزیابی عملکرد بانک با مدل‌های شبکه‌ای، عمدتاً یک ساختار دومرحله‌ای متوالی برای بانک در نظر گرفته می‌شود. در مرحله نخست، بانک‌ها از نیروی انسانی و دارایی‌ها استفاده کرده و سپرده جمع‌آوری می‌کنند (مرحله جمع‌آوری سپرده) و در مرحله دوم از این سپرده‌ها با سرمایه‌گذاری و وام‌دهی سود به‌دست می‌آورند (مرحله سودآوری)، آن‌ها در مرحله ۲ خروجی نامطلوبی باعنوان «اقساط معوقه» نیز دارند [۳۰، ۲۳، ۱۸، ۹]؛ همچنین بانک‌ها بخشی از سود به‌دست‌آمده از مرحله سودآوری (خروجی بانک در یک دوره) را مجدداً برای سرمایه‌گذاری و وام‌دهی به بانک برمی‌گردانند (ورودی مرحله ۲ بانک در دوره زمانی بعد) که به‌عنوان متغیر بین زمانی عمل می‌کند؛ یعنی خروجی یک دوره زمانی است که به‌عنوان ورودی همان DMU در دوره زمانی بعدی عمل کرده و بین دو دوره متوالی ارتباط برقرار می‌کند [۲۰،۲۱، ۳۰].ساختار شبکه‌ای پویای به‌دست‌آمده از مقاله‌های ذکرشده و مبانی نظری پژوهش در اختیار خبرگان بانکی و دانشگاهی قرار گرفت و پس از تأیید برای ساخت مدل و ارزیابی بانک‌ها مورداستفاده قرار گرفت. شکل ۴، این ساختار را با درنظرگرفتن خروجی نامطلوب (اقساط معوقه) به‌عنوان ورودی برای دو دوره متوالی نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴. ساختار شبکه‌ای پویا بانک

داده‌های موردنیاز از ترازنامه، صورت‌های سودوزیان، گزارش‌های بانکی و مراجعه حضوری به بانک‌ها به‌دست آمد. برای تحلیل داده‌ها از داده‌های نرمال‌شده استفاده شد؛ چون مدل‌ها نسبت به تغییر واحد پایدار هستند (تغییرناپذیری واحد). جدول ۲، نتایج ارزیابی بانک‌ها با مدل‌های ۲، ۵ و ۶ را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج تحلیل داده‌های بانک[1]

	سال ۹۱			سال ۹۲			سال ۹۳			کل ۳ سال	
واحد	مرحله ۱	مرحله ۲	شبکه	مرحله ۱	مرحله ۲	شبکه	DN	مرحله ۱	مرحله ۲	شبکه	DN	DN
۱	۰/۷۳۳	۰/۳۸۵	۰/۳۰۸	۰/۷۹	۰/۶۷۲	۰/۵۷۶	۰/۳۸۹	۰/۷۸۷	۰/۶۳۳	۰/۵۷۹	۰/۵۵۸	۰/۴۰۶
۲	۰/۶۱۸	۰/۵۹۳	۰/۴۵۱	۰/۴۹۳	۰/۴۱۱	۰/۳۵۵	۰/۱۹۰	۰/۱۴۵	۰/۶۸۶	۰/۳۴۱	۰/۲۹۶	۰/۲۹۴
۳	۰/۴۳۲	۱	**۱**	۰/۴۹۳	۱	۰/۷۵۵	۰/۷۵۵	۰/۷۴۳	۰/۵۲۴	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵	۰/۷۱۵
۴	۰/۴۸۴	۰/۳۴۸	۰/۱۷۸	۰/۷۱۹	۰/۳۹۸	۰/۳۵۸	۰/۱۶۴	۰/۳۲۹	۰/۵۱۵	۰/۴۹۱	۰/۴۹۱	۰/۲۴۳
۵	۰/۷۶۶	۰/۲۶۷	۰/۲۶۷	۰/۷۹۷	۰/۷۳۳	۰/۷۳۳	۰/۶۶	۰/۴۶۲	۱	۰/۸۲۳	۰/۷۷۷	۰/۵۱۵
۶	۰/۶۴۸	۰/۳۸۹	۰/۳۲	۰/۹۶	۱	**۱**	۰/۹۴	۰/۵۸۷	۱	**۱**	۰/۹۹۲	۰/۶۶۸
۷	۰/۴۲۲	۰/۶۸۱	۰/۴۶	۰/۴۶۶	۱	**۱**	**۱**	۰/۱۶۱	۱	۰/۸۹۲	۰/۸۹۲	۰/۷۴۳
۸	۰/۵۲۲	۰/۳۴۴	۰/۱۹۱	۰/۷۲۶	۰/۳۹۵	۰/۳۸۳	۰/۱۳۵	۰/۳۸۴	۰/۸۳	۰/۷۴۶	۰/۷۴۶	۰/۲۶۸
۹	۰/۴۵۲	۱	۰/۵۳۸	۰/۵۳۳	۰/۸۵۲	۰/۶۲۹	۰/۴۷۲	۱	۱	۱	۰/۹۵۴	۰/۶۲۳
۱۰	۰/۳۴۰	۰/۹۰۰	۰/۵۱۶	۰/۴۷۹	۱	**۱**	۰/۵۵۴	۰/۲۱۶	۰/۱۷۶	۰/۱۳۲	۰/۱۲۱	۰/۳۲۶
۱۱	۰/۳۱۸	۱	۰/۵۸۳	۰/۴۶۱	۰/۰۸۵	۰/۰۶۸	۰/۰۴۱	۰/۱۴	۰/۸۸۸	۰/۲۰۴	۰/۰۹۸	۰/۱۳۳
۱۲	۰/۷۵۳	۰/۳۴۰	۰/۲۶	۱	۰/۷۲۲	۰/۷۲۲	۰/۵۰۷	۰/۵۸۴	۱	**۱**	**۱**	۰/۵۰۹
۱۳	۰/۴۱	۰/۹۲۸	۰/۴۴۳	۰/۴۷۵	۱	۰/۶۴۴	۰/۴۸	۱	۰/۴۵۱	۰/۴۵۱	۰/۳۹۵	۰/۴۳۸
۱۴	۱	۰/۲۰۴	۰/۲۰۴	۰/۹۶۵	۰/۶۸۶	۰/۶۷۳	۰/۳۳۶	۰/۵۲۳	۰/۹۹۰	۰/۸۹۷	۰/۸۹۷	۰/۳۹۵

۱. موارد بولدشده، کارایی‌های ضعیف را نشان می‌دهند.

سه دسته ورودی در تعیین خروجی هر دوره به‌طور مستقیم نقش دارند: ورودی از مرحله قبل (متغیر میانی)، ورودی از دوره قبل (متغیر بین زمانی) و ورودی مازاد. محاسبه مقدار بهینه خروجی کل با مقدار واقعی این ورودی‌ها، کارایی مرحله دوم، با مقدار بهینه متغیر میانی کارایی شبکه و با مقدار بهینه متغیر میانی و بین زمانی کارایی شبکه‌ای پویا را می‌دهد. در بعضی واحدها ممکن است افزایش متغیر میانی به مقدار بهینه آن، تأثیری در مقدار بهینه خروجی نداشته باشد؛ بنابراین در این حالت کارایی مرحله ۲ با کارایی شبکه مساوی می‌شود (برای مثال، واحد ۵ در سال ۹۱)؛ همچنین ممکن است یک واحد در مرحله ۲، کارای قوی باشد که با افزایش متغیر میانی تنها از یک واحد کارای قوی به کارای ضعیف تبدیل شود و افزایش متغیر میانی به افزایش خروجی‌های آن منجر نشود (برای مثال، واحد ۳ در سال ۹۱، واحد ۶ در سال ۹۲ و ۹۳ و واحد ۷ در سال ۹۲). همین اتفاق ممکن است برای متغیر بین‌زمانی رخ دهد؛ یعنی افزایش آن به مقدار بهینه‌اش با توجه به دوره قبل، تأثیری در خروجی‌های این دوره نداشته باشد و بنابراین کارایی شبکه و کارایی شبکه‌ای پویا هردو یک عدد را نشان می‌دهد (برای مثال، واحد ۴، ۷ و ۱۲ در سال ۹۳). می‌توان مدل‌ها را به‌گونه‌ای نوشت که این اتفاق رخ ندهد و متغیر میانی و متغیر بین-زمانی تنها تا جایی افزایش یابند که به افزایش خروجی منجر شوند؛ اما در این صورت مقدار بهینه متغیر شبکه و متغیر بین‌زمانی، مقدار بهینه لازم برای کاراشدن مرحله ۱ و دوره‌های قبل را نشان نمی‌دهند؛ از طرف دیگر با پیشرفت فناوری در سال‌های بعد، یک واحد برای رسیدن به الگو باید تمام مراحل و متغیرها را بهینه کند؛ ولی اگر متغیر بین‌زمانی و متغیر میانی بهینه باشند تنها باید خروجی کل و مرحله ۲ را بهینه کند؛ درواقع سپرده‌ها و خروجی‌های اضافی را که در این دوره تأثیری بر خروجی نداشته‌اند برای افزایش خروجی در دوره‌های بعد ذخیره می‌کند.

دست‌آوردهای مدل‌های ارائه‌شده با توجه به تحلیل داده‌های بانک، از دو جنبه قابل‌بررسی است: یکی بحث ارزیابی عملکرد است؛ یعنی عملکرد نسبی هر بانک در مقایسه با سایر بانک‌ها با نمره کارایی بین صفر تا ۱ مشخص می‌شود. مزیت مدل‌های مقاله در مقایسه با مدل‌های سنتی این است که در ارزیابی عملکرد، ساختار داخلی و زمان را نیز در نظر گرفته و جزئیات عملکرد هر بانک به تفکیک هر دوره و هر مرحله مشخص است. برای مثال، بانک ۱ با نمره کارایی شبکه‌ای پویای ۰/۴۰۶ ناکارا شده است و مشخص است که منبع این ناکارایی مربوط به چه سال و چه مرحله‌ای می‌باشد که سطر یک جدول ۲، آن‌ها را نشان می‌دهد؛ یعنی بانک ۱ هم عملکرد خود به‌صورت کلی و هم عملکرد هر مرحله و هر سالش را در مقایسه با سایر بانک‌ها متوجه می‌شود و می‌داند سهم هر مرحله و هر سال در این ناکارایی چه میزان است.

مزیت دیگر بحث الگودهی و نحوه رسیدن به کارایی برای واحدهای ناکارا است. مدل‌های ارائه‌شده برای هر مرحله و هر دوره ناکارا الگو معرفی می‌کنند تا بانک با توجه به آن‌ها بتواند کارا

شود. نمرات کارایی هر مرحله و هر دوره تفاوت خروجی‌های فعلی را با خروجی‌های الگو نشان می‌دهد. برای مثال کارایی مرحله ۱ (مرحله جمع آوری سپرده) بانک ۱ در سال ۹۱، ۰/۷۳۳ شده است؛ یعنی این واحد برای کاراشدن مرحله جمع‌آوری سپرده خود باید خروجی‌های این مرحله (سپرده‌ها) را ۱/۳۶ (۱ تقسیم بر ۰/۷۳۳) برابر کند. کارایی شبکه سال ۹۱ این واحد ۰/۳۰۸ شده است؛ یعنی این واحد پس از بهینه‌کردن سپرده‌های خود باید خروجی‌های شبکه، یعنی سود و سود برگشتی را ۳/۲۵(۱ تقسیم بر ۰/۳۰۸) برابر کند تا کارا شود و در این مقدار بهینه سود، هر دو مرحله نقش دارند. کارایی مرحله ۲ (مرحله سودآوری) این بانک ۰/۳۸۵ شده است؛ یعنی اگر این بانک بخواهد فقط مرحله سودآوری خود را مستقل از مرحله ۱ و ساختار شبکه و با میزان فعلی سپرده‌ها بهینه کند باید خروجی خود را ۲/۶ (۱ تقسیم بر ۰/۳۸۵) برابر کند. در سال ۹۲، نمرات کارایی‌های دو مرحله و کارایی شبکه و نحوه رسیدن به کارایی همانند سال ۹۱ قابل‌تفسیر است و کارایی شبکه‌ای پویای این سال ۰/۳۸۹ شده است؛ یعنی برای رسیدن به الگو و کاراشدن باید به ترتیب مرحله ۱ و ۲ سال ۹۱ و مرحله ۱ و ۲ سال ۹۲ کارا شوند و در این صورت میانگین هندسی نسبت افزایش خروجی‌های بانک (سود) در این دو سال ۲/۵۷ (۱ تقسیم بر ۰/۳۸۹) می‌شود که در آن هر دو مرحله سال ۹۱ و ۹۲ نقش دارند. الگودهی برای سال ۹۳ نیز مشابه سال ۹۱ و ۹۲ قابل‌بیان است. اگر بانک‌ها با مدل‌های سنتی ارزیابی شده بودند، این الگودهی به تفکیک هر مرحله و هر سال مشخص نبود؛ یعنی فقط مشخص می‌شد که یک بانک باید خروجی‌های خود را چند برابر کند؛ ولی سهم هر مرحله از هر سال در این افزایش مشخص نمی‌شد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با توجه به اهمیت درنظرگرفتن ساختار و زمان در ارزیابی واحدها، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای پویا توسعه داده شد و ۲ روش برای تعیین کارایی شبکه و کارایی شبکه پویا ارائه شد که بهتر است از روش دوم استفاده شود؛ زیرا نیاز به حل مدل‌های کمتری دارد و روش نخست برای تبیین نحوه ساختن مدل بیان شد. از مدل‌های روش دوم برای ارزیابی بانک‌ها استفاده شد و نتایج، کارایی هر مرحله و هر سال را به تفکیک نشان می‌دهد که هم نشان‌دهنده عملکرد آن مرحله و دوره است و هم برای بانک‌های ناکارا الگو معرفی می‌کند. مدل‌های ارائه‌شده دلایل ناکاریی هر بانک را با جزئیات نشان می‌دهد؛ چون مدل‌ها ماهیت خروجی‌محور دارند، ناکاراشدن هر بانک به این معنا است که بانک دیگری یا ترکیب محدبی از بانک‌های دیگر وجود دارد که با همین ورودی‌ها یا ورودی‌های کمتر، خروجی‌های بیشتری تولید می‌کند. برای مثال، کارایی شبکه سال ۹۱ بانک ۲، ۰/۴۵۱ شده است و دلیل این ناکارایی این

است که ترکیب محدبی از بانک‌های دیگر وجود دارد که با ورودی‌های (دارایی‌های ثابت و نیروی انسانی) برابر با بانک ۲، توانسته ۲/۲۲ (۱ تقسیم بر ۰/۴۵۱) برابر این بانک خروجی (سود) تولید کند؛ یعنی دلیل عدم‌کارایی این بانک تولید خروجی کمتر از میزان بهینه است و برای رسیدن به کارایی باید سود خود را ۲/۲۲ برابر کند. مدل‌های ارائه‌شده چگونگی این افزایش را نیز نشان می‌دهند.، بانک ۲ برای ۲/۲۲ برابر کردن سود خود باید ابتدا سپرده‌های خود را با توجه به نمره کارایی مرحله ۱، ۱/۶۲ برابر کند و سپس با این میزان سپرده، سود خود را ۲/۲۲ برابر کند. کارایی شبکه پویا ۳ سال بانک ۲، ۰/۲۹۴ شده است که ناکارا است. دلیل این ناکارایی، تولید خروجی کمتر از مقدار بهینه از ورودی‌های خود در طول ۳ سال است و این بانک به طور متوسط ۰/۲۹۴ خروجی کمتر از میزان بهینه در این ۳ سال تولید کرده است. در این ناکارایی تمامی مراحل و دوره‌های قبل نقش دارند و سهم هر یک در جدول ۲ مشخص است؛ یعنی دلیل ناکارایی بانک ۲ یا هر بانک ناکارا به تفکیک هر مرحله و سال مشخص است؛ بنابراین بانک متوجه می‌شود که تمرکز خود را باید بر چه مرحله‌ای بگذارد. بانک ۲ برای رسیدن به کارایی باید خروجی‌های خود را به طور متوسط ۳/۴ (۱ تقسیم بر ۰/۲۹۴) برابر کند و باید به‌ترتیب از نخستین مرحله اولین سال، خروجی خود را با توجه به نمرات کارایی ردیف مربوط به این بانک در جدول ۲، افزایش دهد تا اینکه خروجی‌های هر دوره به میزان بهینه برسد. بعضی بانک‌ها در برخی از مراحل یا دوره‌ها دارای نمره کارایی ۱ هستند؛ یعنی کارا شده‌اند به این دلیل که امکان افزایش خروجی‌های آن‌ها به بیشتر از میزان فعلی وجود ندارد. برای مثال، بانک ۱۴ در مرحله اول سال ۹۱ کارا شده است ؛چراکه با توجه به ورودی‌های خود (دارایی‌های ثابت و نیروی کار) توانسته است بیشترین خروجی (سپرده) را داشته باشد؛ اما همین بانک در مرحله دوم ناکارا شده است؛ زیرا نتوانسته است از این سپرده‌های خود حداکثر سود ممکن را به‌دست آورد و باید برای کاراشدن سود خود را ۴/۹ (۱ تقسیم بر ۰/۲۰۴) برابر کند. این افزایش خروجی‌ها با توجه به مجموعه امکانات تولیدشدنی است. به همین ترتیب دلایل ناکارایی و چگونگی کاراشدن هر بانک با توجه به خروجی مدل‌های مربوط به آن قابل‌تفسیر و بیان است و هر بانک ناکارا متوجه می‌شود که در چه مراحلی ضعف دارد.

ساختاری که بر مبنای آن مدل ارائه شد، ساختار یک بانک با درنظرگرفتن خروجی نامطلوب به‌عنوان ورودی است؛ اما مدل ارائه‌شده برای ساختارها و کاربردهای دیگر نیز قابل‌استفاده است. اگر ساختاری ورودی و خروجی دیگری هم داشته باشد، برای مثال بخشی از خروجی مرحله نخست در هر دوره به مرحله ۱ یا ۲ دوره بعد وارد شود، یا بخشی از خروجی مرحله ۲ یک دوره، ورودی مرحله ۱ دوره بعدی باشد، می‌توان به‌راحتی این مدل را به آن ساختار توسعه داد. تنها باید

قیدهای مربوط به این ورودی‌ها و خروجی‌ها را به مدل اضافه کرد و در محاسبه کارایی شبکه‌ای پویا، مقدار بهینه آن‌ها از مرحله و دوره قبل را در نظر گرفت.

مدل ارائه‌شده برای ارزیابی ساختارهای دو یا چندمرحله‌ای با یا بدون ورودی و خروجی مازاد و ساختارهای پویا نیز قابل‌استفاده است. یکی از مهم‌ترین مدل‌هایی که برای ارزیابی ساختارهای دومرحله‌ای متوالی بدون ورودی و خروجی مازاد استفاده می‌شود، مدل کائو و هوانگ (۲۰۰۸)، [۲۹] است که اگر در مدل ثانویه آن‌ها مقدار بهینه خروجی قرار گیرد و مجدداً مدل حل شود، ممکن است آن واحد کارا نشود. مدل ارائه‌شده در پژوهش حاضر این عیب را ندارد و تصویر واحد تصمیم‌گیرنده کارا است و برای رسیدن به کارایی واحد مرجع معرفی می‌کند. مدل‌های کائو (۲۰۱۳، a۲۰۱۴). برای ساختارهای پویا و ساختارهای چندمرحله‌ای با ورودی و خروجی اضافی نیز این عیب را دارند [۲۶، ۲۷]؛ همچنین در مدل‌های کائو (۲۰۱۳، a۲۰۱۴، ۲۰۰۸) خروجی همه مراحل و همه دوره‌ها به یک نسبت افزایش می‌یابد؛ اما در این پژوهش، خروجی هر دوره و هر مرحله متناسب با همان دوره و مرحله افزایش می‌یابد؛ نه به یک نسبت مساوی. مدل‌های شبکه‌ای پویا تن و تسوتسوی (۲۰۱۴) ، مورنو و لوزانو (۲۰۱۶) ، ژا، لیانگ، وو و بیان (۲۰۱۶) و وو و همکاران (۲۰۱۶) با رویکرد مبتنی بر متغیرهای کمبود هستند [۴۴، ۳۷، ۴۶، ۴۷]؛ اما مدل شبکه‌ای پویای پژوهش مبتنی بر رویکرد خروجی‌مدار برای حداکثرکردن خروجی کل است و به واحدها اجازه می‌دهد متغیرهای بین‌زمانی و میانی خود را برای تولید خروجی بیشتر در دوره‌های بعد ذخیره کنند. اغلب مدل‌های مبانی نظری پژوهش برای ساختارهای شبکه‌ای و شبکه‌ای پویا دارای رویکرد تجزیه است؛ اما در این پژوهش ابتدا کارایی مراحل و دوره‌ها و سپس با استفاده از آن‌ها کارایی کل محاسبه شد (رویکرد ترکیب). دسپوتیس و همکاران (۲۰۱۶)، نشان دادند که تخمین کارایی روش تجزیه دارای خطا و انحراف است [۱۴]. فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۰) یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها با رویکرد ورودی–خروجی محور ارائه کردند [۱۷]. چگونگی تعمیم ایده آن‌ها به ساختارهای شبکه‌ای پویا و ارائه مدل‌های شبکه‌ای و شبکه‌ای پویا ورودی–خروجی‌محور از جمله پیشنهادات برای تحقیقات آینده است. همچنین چگونگی تعمیم مدل به ساختارهایی با ورودی یا خروجی مشترک بین مراحل و ساختارهای ترکیبی و ساخت مدل‌های بازده به مقیاس متغیر، مبتنی بر متغیر کمبود و FDH بر این مبنا و ارائه مدل شبکه‌ای و شبکه-ای پویا با رویکرد غیرشعاعی ازجمله پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی است.

منابع

1. Akther, S., Fukuyama, H., & Weber, W.L. (2013). Estimating two-stage network slacks-based inefficiency: An application to Bangladesh banking. *Omega, 41(1),* 88-96.

2. Amirteimoori, A. (2006). Data envelopment analysis in dynamic framework. *Applied mathematics and computation*, 181, 21-28.

3. Avkiran, N., Mccrystal, A. (2014). Dynamic network range-adjusted measure vs. dynamic network slacks-based measure. *Journal of the Operations Research Society of japan, 57(1),* 1-14.

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

5. Banker, R.D., Chanes, A., U cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, *30,* 1078-1092.

6. Chang, T. S., Tone, K. & Wu, C. (2015). Past-present-future Intertemporal DEA models. *Journal of the Operational Research Society*, *66,* 16-32.

7. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, *2,* 429-444.

8. Chen, Chien M., & van Dalen, J. (2010). Measuring dynamic efficiency: theories and an integrated methodology. *European Journal of Operational Research*, *203,* 749-760.

9. Chen, Y., Cook, W. D., Li, N., & Zhu, J. (2009). Additive efficiency decomposition in two-stage DEA. *European Journal of Operational Reaearch*, *196,* 1170-1176.

10. Chen., C., M. (2009). A network-DEA model with new efficiency measures to incorporate the dynamic effect in production networks. *European Journal of Operational Research*, *194,* 687-699.

11. Cook, W. D., Hababou, M., Tuenter, H.J.H. (2000). Multicomponent efficiency measurement and shared inputs in DEA: an application to sales and service performance in bank branches. *Journal of Productivity Analysis*, *14,* 209-224.

12. Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G. B., & Yang, F. (2010). Network DEA: Additive efficiency decomposition. *European Journal of Operational Research*, *207,* 1122-1129.

13. Despotis, K. D., Sotiros, D., Koronakos, G. (2015). A Network DEA approach for series multi-stage process. *Omega*.

14. Despotis, K., D., Koronakos, G., Sotiros, D. (2016). Composition versus decomposition in two-stage network DEA: a reverse approach. *Journal of Productivity Analysis*, *45,* 71-87.

15. Emrouznejad, A., & Thanassoulis, E. (2005). A mathematical model for dynamic efficiency using data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, *160,* 363-378.

16. Fare, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences*, *34,* 35-49.

17. Farsijani, H., Arman, M.H., Hoseinbeigi, A. & Jalili, A. (2011). Presenting DEA model by input-output oriented approach. *Journal of Industrial Management Perspective,* 1, 39-56. (In Persian)

18. Fukuyama, H., & Matousek, R. (2016). Modelling Bank Performance: A Network DEA Approach, *European Journal of Operational Research*, doi: 10.1016/j.ejor.2016.10.044

19. Fukuyama, H., & Weber, W.L. (2010). A slacks-based inefficiency measure for a two stage system with bad outputs. *Omega, 38,* 398-409.

20. Fukuyama, H., & Weber, W.L. (2015a). Measuring Japanese bank performance: A dynamic network DEA approach. *Journal of Productivity Analysis*, 44(3), 249-264.

21. Fukuyama, H., & Weber, W.L. (2016a). Japanese bank productivity, 2007-2012: A dynamic network approach. *Mimeo*.

22. Hosseini, M. H. (2012). Measuring Productivity Changes Using DEA and MPI in Electronic Management Companies. *Journal of Industrial Management Perspective*, 6, 129-150 (In Persian).

23. Holod, D., & Lewis, H. F. (2011). Resolving the deposit dilemma: A new DEA bank efficiency model. *Journal of Banking and Finance, 35,* 2801-2810.

24. Jahanshahloo, G. R., Amirteimoori, A. R., & Kordrostami, S. (2004). Measuring the multi-component efficiency with shared inputs and outputs in data envelopment analysis. *Applied Mathematics and Computation*, *155,* 283-293.

25. Kao, C. (2009b). Efficiency measurement for parallel production systems. *European Journal of Operational Research*, *196,* 1107-1112.

26. Kao, C. (2013). Dynamic data envelopment analysis: A relational analysis. *European Journal of Operational Research.*

27. Kao, C. (2014a). Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, *232,* 117-124.

28. Kao, C. (2014b). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research, 239,* 1-16.

29. 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,* 418-429.

30. Kao, C., & Hwang, S. N. (2010). Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance. *Decision Support Systems, 48,* 437-446.

31. Kao, C., & Liu, S. T. (2014). Multi-period efficiency measurement in data envelopment analysis: The case of Taiwanese commercial banks. *Omega*, 47, 90-98.

32. Lin, T. Y., & Chiu, S. H. (2013). Using independent component analysis and network DEA to improve bank performance evaluation. *Economic Modelling*, *32,* 608-616.

33. Liu, J. S., Lu, L. Y., Lu, W. M. & Lin, B. j. (2013). A survey of DEA applications. *Omega*, *41,* 893-902.

34. Lozano, S. (2015). Alternative SBM model for network DEA. *Computers & Industrial Engineering*, *82,* 33-40.

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

36. Luo, X. M. (2003). Evaluating the profitability and marketability efficiency of large banks: An application of data envelopment analysis. *Journal of Business Research, 56,* 627-635.

37. Moreno, P. & Lozano, S. (2016). Super SBI Dynamic Network DEA approach to measuring efficiency in the provision of public services. *International Transactions In Operational Research*, 1-21.

38. 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. (In Persian)

39. Nemoto, J., & Goto, M. (1999). Dynamic data envelopment analysis: Modeling intertemporal behavior of a firm in the presence of productive inefficiencies. *Economics Letters*, 64, 51-56.

40. Nemoto, J., & Goto, M. (2003). Measurement of dynamic efficiency in production: An application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities. *Journal of Productivity Analysis*, *19*, 191-210.

41. Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Management Science*, 45, 1270-1288.

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

43. Tone, k., & Tsutsui, M. (2010). Dynamic DEA: A slacks-based measure approach. *Omega*, 38, 3-4.

44. Tone, T., & Tsutsui, M. (2014). Dynamic DEA with network structure: A slacks-based measure approach. *Omega*, *42*, 124-131.

45. Wacker, J. G. (1998). A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management. *Journal of Operations Management*, *16(4)*, 361-385.

46. Wu, Y., Ting, I., Lu, W., Nourani, M. & Kweh, Q. (2016). The impact of earnings management on the performance of ASEAN banks. *Economic Modelling*, *53*, 156-165.

47. Zha, Y., Liang, N., Wu, M. & Bian, Y. (2016). Efficiency evaluation of banks in china: A dynamic two-stage slacks-based measure approach, *Omega*, http://dx.doi.org/10.1016/j.omega. 2014.12.008.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی