

## 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 مدل‌های پویا (DDEA) که جهت ارزیابی واحدها در طول زمان توسعه پیدا کردند، ساختار واحد را در هر دوره زمانی به صورت جعبه سیاه در نظر می‌گیرند. بسیاری از سازمان‌ها (از جمله بانک‌ها) دارای فرایند چندمرحله‌ای هستند و فعالیت آن‌ها یک فرایند ادامه‌دار در دوره‌های متوالی است و استفاده از مدل‌های شبکه‌ای و پویا به تنهایی 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)<sup>۱</sup> با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه استفاده می‌شود، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)<sup>۲</sup> 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 گراسکوف (۲۰۰۰)، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA)<sup>۳</sup> را معرفی کردند که عملیات فرایندها و اجزا را در ارزیابی کارایی سیستم بررسی می‌کند [۱۶]. بعد از فار و گراسکوف (۲۰۰۰)، پژوهشگران دیگر به توسعه مدل‌های شبکه‌ای پرداختند. مطالعات NDEA، هنوز یک حقیقت مهم که فرایندهای واحدها یک بُعد زمانی دارد و عدم‌بررسی این بُعد به ارزیابی کارایی غیرواقعی منجر می‌شود را نادیده می‌گیرند و در واقع 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)<sup>۴</sup> را معرفی کردند که با در نظر گرفتن 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 معرفی شده 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<sup>۵</sup> 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، ۳۰، ۴۲، 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.

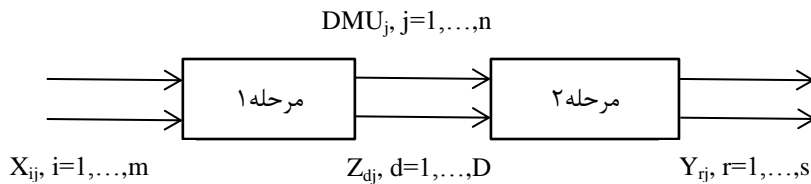
بانک‌ها نقش مهمی در اقتصاد هر کشوری دارند؛ بنابراین ارزیابی صحیح عملکرد آن‌ها ضروری است. DEA که یک تکنیک غیرپارامتریک است هیچ محدودیتی در شکل تابع روابط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها ندارد. این ویژگی برای مؤسسه‌های مالی مناسب است؛ زیرا تابع تولید خوب تعریف شده‌ای ندارند [۲۳]. از آنجا که عملکرد بانک یک فرایند چندمرحله‌ای است، مدل‌های سنتی DEA به دلیل 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 در نظر گرفتن ساختار شبکه برای بانک می‌توان این معضل را حل کرد. در دیدگاه شبکه سپرده‌ها خروجی یک مرحله و ورودی 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 نه تنها استفاده از مدل‌های سنتی، بلکه استفاده از مدل‌های شبکه‌ای و مدل‌های پویا به‌تنهایی برای ارزیابی عملکرد بانک کافی نیست. در این پژوهش با در نظر گرفتن 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 با عنوان «ارزیابی بانک» ارائه می‌شود.

**تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای.** رودز و همکاران (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 به کار بردند [۳۶، ۴۱]. آن‌ها از ۳ مدل DEA به صورت 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 حاصل ضرب کارایی زیرفرایندها است  $(\theta_1, \theta_2)$ ؛ 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  $(w_1\theta_1 + w_2\theta_2)$  استفاده کردند که وزن‌ها، ورودی‌های هر مرحله به نسبت کل ورودی‌ها بودند [۹]؛ اما در مدل آن‌ها متغیر میانی هم به عنوان ورودی و هم خروجی کلی شبکه در نظر گرفته شد. تن و تسوتسوی (۲۰۰۹)، مدلی مبتنی بر متغیرهای کمبود (NSBM) 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 در صورتی که یک تصمیم‌گیرنده 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].

دسپوتیس و همکاران (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 به دست می‌آید و در مدل‌های ترکیب برعکس [۱۴]. مدل‌های شبکه‌ای بیان شده 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 نیمه ثابت 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 در نظر گرفتن ورودی و خروجی‌های بین زمانی به عنوان متغیرهای اضافی در مدل DEA ایستا ارزیابی می‌کرد [۱۵]؛ اما در مدل آن‌ها بُعد فضای حل به طور مضربی با توجه به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها و دوره‌های ارزیابی افزایش می‌یابد [۸]. امیرتیموری (۲۰۰۶) با معرفی کارایی درآمد پویا، یک مدل DDEA را توسعه داد و از آن برای ارزیابی شرکت‌های گاز در ایران استفاده کرد [۲]. 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 در نظر گرفتن 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 خودروبی در امریکای شمالی استفاده کردند [۸]. حسینی (۱۳۹۱) به منظور ارزیابی واحدها در طول زمان، از تحلیل پوششی داده‌ها و شاخص مالکویست برای بررسی تغییرات بهره‌وری شرکت‌های مدیریت تولید برق طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷ استفاده کردند [۲۲]، اما شاخص مالکویست 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) مدلی را ارائه کردند که حیطة 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 معرفی شده، DMU را در هر دوره زمانی به صورت جعبه سیاه در نظر می‌گیرند و به ساختار داخلی آن توجه نمی‌کنند.

به منظور 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، ۲۰۱۶ a)، 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 آمریکا 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 همکاران (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 چپو (۲۰۱۳) از روش تحلیل اجزا مستقل و NDEA برای ارزیابی عملکرد ۴ بُعد بانک‌های برتر تایوان استفاده کردند [۳۲]. اکثر و همکاران (۲۰۱۳) با در نظر گرفتن 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].

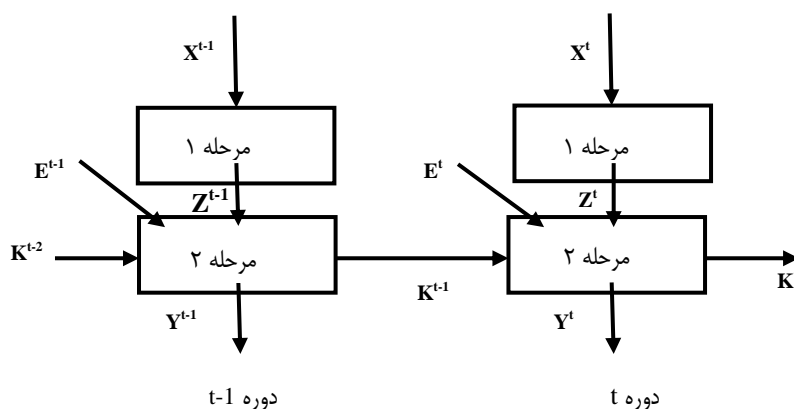
بسیاری از پژوهشگران پیشنهاد ارزیابی بانک در طول زمان را مطرح کردند. برای این منظور کائو و لیو (۲۰۱۴) به ارزیابی چنددوره‌ای بانک‌های تجاری تایوان پرداختند [۳۱]. آن‌ها DMUها (بانک‌ها) در دوره‌های متوالی را به صورت یک شبکه موازی در نظر گرفتند؛ سپس از مدل کائو (۲۰۰۹b) برای ساختارهای موازی [۲۵]، برای اندازه‌گیری کارایی استفاده کردند و با این روش هم کارایی کل و هم کارایی هر دوره را به دست آوردند؛ اما عیب کار آن‌ها این بود که ارتباط هر DMU با خودش در دوره‌های متوالی را در نظر نگرفتند. ژا و همکاران (۲۰۱۶) با در نظر گرفتن 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)، به منظور 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 به صورت 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 ( $j=1, \dots, n$ ) با ساختار ۲ مرحله‌ای متوالی در طول  $T$  دوره زمانی ( $t=1, \dots, T$ ) موجود است. شکل ۲، این ساختار را در دو دوره زمانی متوالی نشان می‌دهد. در هر دوره  $DMU$  دارای یک ساختار دو مرحله‌ای 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 $i(1, \dots, I)$ ، مرحله ۱ واحد $j(1, \dots, n)$ زام در دوره $t(1, \dots, T)$
$Z_{hj}^t$	متغیر میانی $h(1, \dots, H)$ ، واحد زام در دوره $t$
$E_{pj}^t$	ورودی $p(1, \dots, P)$ ، مرحله ۲ واحد زام در دوره $t$
$K_{qj}^{t-1}$	ورودی $q(1, \dots, Q)$ (متغیر بین زمانی)، مرحله ۲ واحد زام در دوره $t$
$Y_{rj}^t$	خروجی $r(1, \dots, R)$ ، مرحله ۲ واحد زام در دوره $t$
$K_{qj}^t$	خروجی $q(1, \dots, Q)$ (متغیر بین زمانی)، مرحله ۲ واحد زام در دوره $t$



علاوه بر متغیرهای جدول بالا،  $\frac{1}{\theta'_1}$ ،  $\frac{1}{\theta'_2}$ ،  $\frac{1}{\theta'_N}$  و  $\frac{1}{\theta'_{DN}}$  به ترتیب نشان‌دهنده کارایی مرحله ۱، مرحله ۲، شبکه و شبکه پویا دوره  $t$  و  $\theta'_{DN}$  نشان‌دهنده کارایی شبکه پویای کل است. با توجه به تفاوت واحد مرجع در محاسبه هر کارایی،  $\lambda$ ها با اندیس‌های ۱، ۲،  $N$  و  $DN$  از هم متمایز شد که به ترتیب 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:

$$\begin{aligned} & \min \frac{1}{\theta'_1} \\ & s.t. \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f X_{ij}^f \leq X_{io}^f \quad i=1, \dots, I \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f Z_{hj}^f \geq \theta'_1 Z_{ho}^f \quad h=1, \dots, H \\ & \lambda_{1j}^f \geq 0, \quad j=1, \dots, n \\ & \theta'_1 \text{ free} \end{aligned} \quad \text{مدل (۱) [۷]}$$

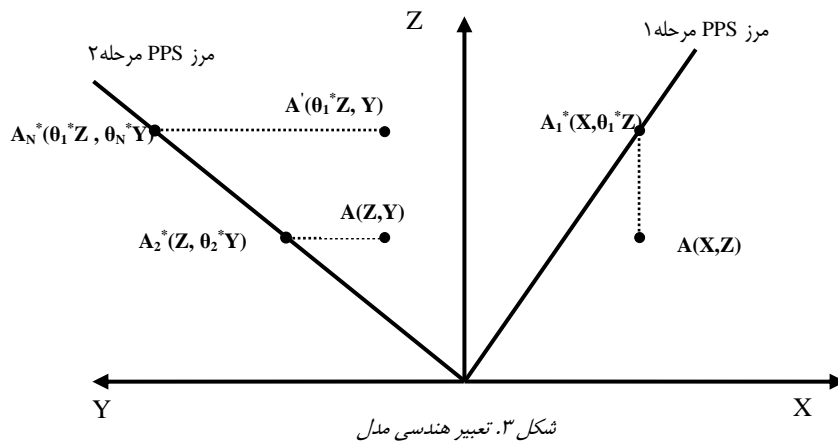
و کارایی مرحله دوم در دوره زمانی  $f$ :

$$\begin{aligned} & \min \frac{1}{\theta'_2} \\ & s.t. \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{2j}^f E_{pj}^f \leq E_{po}^f \quad p=1, \dots, P \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{2j}^f K_{qj}^{f-1} \leq K_{qo}^{f-1} \quad q=1, \dots, Q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{2j}^f Z_{hj}^f \leq Z_{ho}^f \quad h=1, \dots, H \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{2j}^f K_{qj}^f \geq \theta'_2 K_{qo}^f \quad q=1, \dots, Q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{2j}^f Y_{rj}^f \geq \theta'_2 Y_{ro}^f \quad r=1, \dots, R \\ & \lambda_{2j}^f \geq 0, \quad j=1, \dots, n \\ & \theta'_2 \text{ free} \end{aligned} \quad \text{مدل (۲) [۷]}$$

برای محاسبه کارایی شبکه در دوره  $f$ ، ابتدا مرحله اول کارا می‌شود (مدل ۱)؛ یعنی مقدار بهینه  $Z$  از کارایی مرحله نخست به دست 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). به این ترتیب اثر هر دو مرحله در خروجی کل دیده می‌شود و کارایی شبکه به دست می‌آید. مدل کارایی شبکه در دوره  $f$ :

$$\begin{aligned} & \min \frac{1}{\theta_N^f} \\ & s.t. \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f E_{pj}^f \leq E_{Po}^f \quad p = 1, \dots, P \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f K_{qj}^{f-1} \leq K_{qo}^{f-1} \quad q = 1, \dots, Q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f Z_{hj}^f \leq \theta_1^{f*} Z_{ho}^f \quad h = 1, \dots, H \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f K_{qj}^f \geq \theta_N^f K_{qo}^f \quad q = 1, \dots, Q \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f Y_{rj}^f \geq \theta_N^f Y_{ro}^f \quad r = 1, \dots, R \\ & \lambda_{Nj}^f \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\ & \theta_N^f \text{ free} \end{aligned} \quad \text{مدل (۳)}$$

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



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 به دست 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 به دست 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  $(\theta_N^*)$  به دست می‌آید. به این ترتیب 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) به دست می‌آید؛ در واقع 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 در نظر گرفتن مقدار بهینه این متغیرها به دست 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  $K_{q0}^0$  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.

$$\begin{aligned}
 & \min \frac{1}{\theta_{DN}^f} \\
 & s.t. \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^f E_{pj}^f \leq E_{Po}^f \quad p=1, \dots, P \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^f K_{qj}^{f-1} \leq \theta_{DN}^{f-1} K_{qo}^{f-1} \quad q=1, \dots, Q \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^f Z_{hj}^f \leq \theta_1^{f*} Z_{ho}^f \quad h=1, \dots, H \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^f K_{qj}^f \geq \theta_{DN}^f K_{qo}^f \quad q=1, \dots, Q \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^f Y_{rj}^f \geq \theta_{DN}^f Y_{ro}^f \quad r=1, \dots, R \\
 & \lambda_{(DN)j}^f \geq 0 \quad j=1, \dots, n \\
 & \theta_{DN}^f \text{ free}
 \end{aligned} \tag{۴}$$

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:

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

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 به ترتیب از نخستین دوره محاسبه شد؛ سپس با استفاده از کارایی دوره‌ها، کارایی کل به دست آمد. در بسیاری از مدل‌های مبنای نظری پژوهش، ابتدا کارایی کل محاسبه می‌شود؛ سپس با استفاده از آن کارایی دوره‌ها به دست 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). به جای مدل‌های بالا می‌توان از یک مدل برای شبکه هر دوره (درمجموع T مدل برای همه دوره‌ها) و یک مدل برای شبکه پویا (۱ مدل به جای T مدل) به صورت زیر استفاده کرد. مجموعه امکانات تولید برای ساختار شکل ۳، به صورت زیر است:

$X^t$  بتواند  $Z^t$  را تولید کند و  $E^t, Z^t$  و  $K^{t-1}$  بتواند  $K^t$  و  $Y^t$  را تولید کند. در واقع فضای تولید دو قسمتی است:

$$PPS = \left\{ (X^t, Z^t, K^{t-1}, E^t, K^t, Y^t) \mid X^t \geq \sum \lambda'_{1j} X^t_j, Z^t \leq \sum \lambda'_{1j} Z^t_j, Z^t \geq \sum \lambda'_{2j} Z^t_j, \right. \\ \left. K^t \geq \sum \lambda'_{2j} K^{t-1}_j, E^t \geq \sum \lambda'_{2j} E^t_j, K^t \leq \lambda'_{2j} K^t_j, Y^t \leq \sum \lambda'_{2j} Y^t_j, \lambda'_{1j} \geq 0, \lambda'_{2j} \geq 0 \right\}$$

واحد مورد بررسی ( $DMU_0$ ) 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  $(X^t, \theta_1^t Z^t, K^{t-1})$ ، قسمت نخست PPS تعیین کننده مقدار  $\theta_1^t Z^t$  و قسمت دوم تعیین کننده مقدار  $\theta_N^t$  است. مدل ۵، بر همین مبنا، کارایی مرحله نخست و کارایی شبکه را برای هر دوره (برای مثال دوره  $f$ ) محاسبه می‌کند.

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

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f X_{ij}^f \leq X_{io}^f \quad i = 1, \dots, I \quad \text{مدل (۵)}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{1j}^f Z_{hj}^f \geq \theta_1^f Z_{ho}^f \quad h = 1, \dots, H$$

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

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{Nj}^f E_{pj}^f \leq E_{po}^f \quad p = 1, \dots, P$$

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

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

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

$$\theta_1^f, \theta_N^f \text{ free}$$

مقدار بهینه متغیر میانی  $(\theta_1^t Z^t)$  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 در نظر گرفتن 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 می‌رساند تا جایی که خروج از فضای PPS صورت نگیرد (۲ قید نخست و قسمت اول تابع هدف)؛ سپس با در نظر گرفتن 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 به جای  $T$  بار حل مدل ۴، می‌توان از مدل ۶ استفاده کرد:

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

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^t X_{ij}^t \leq X_{io}^t \quad i = 1, \dots, I, \quad t = 1, \dots, f, \dots, T$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}^t Z_{hj}^t \geq \theta_1^t Z_{ho}^t \quad h = 1, \dots, H, \quad t = 1, \dots, f, \dots, T \quad \text{مدل (۶)}$$

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^t K_{qj}^0 \leq K_{qo}^0 \quad q = 1, \dots, Q$$

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{(DN)j}^t E_{pj}^t \leq E_{po}^t \quad p = 1, \dots, P, \quad t = 1, \dots, f, \dots, T$$

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

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

$$\lambda_{ij}^t, \lambda_{(DN)j}^t \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad t = 1, \dots, f, \dots, T$$

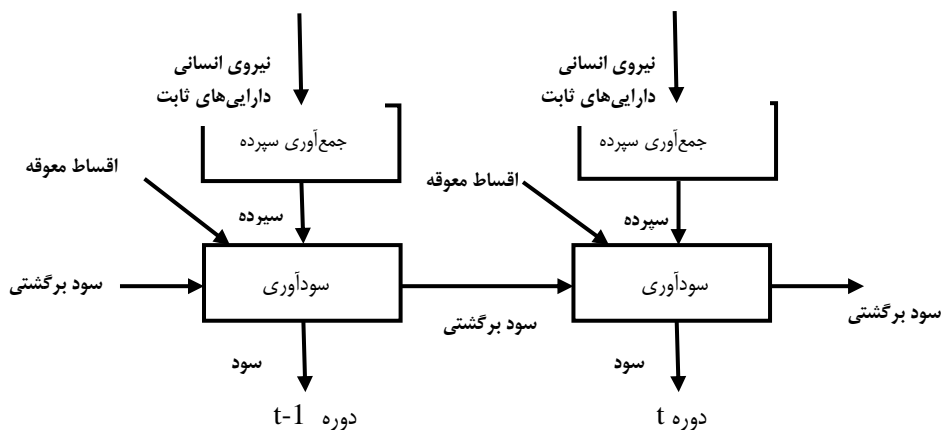
$$\theta_1^t, \theta_{DN}^t \text{ free}, \quad t = 1, \dots, f, \dots, T$$

چون خروجی هر دوره وابسته به دوره قبلی است، مدل ۶ به ترتیب از نخستین دوره، کارایی شبکه پویا همه دوره‌ها را محاسبه می‌کند ( $\frac{1}{\theta_{DN}^1}, \frac{1}{\theta_{DN}^2}, \dots, \frac{1}{\theta_{DN}^f}, \dots, \frac{1}{\theta_{DN}^T}$ ) 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 کارایی 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.

#### ۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

از مدل‌های ارائه شده برای ارزیابی ۱۴ بانک در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ استفاده شد. در مبنای 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 به دست می‌آورند (مرحله سودآوری)، آن‌ها در مرحله ۲ خروجی نامطلوبی با عنوان «اقساط معوقه» نیز دارند [۳۰، ۲۳، ۱۸، ۹]؛ همچنین بانک‌ها بخشی از سود به دست آمده 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 به عنوان متغیر بین زمانی عمل می‌کند؛ یعنی خروجی یک دوره زمانی است که به عنوان ورودی همان DMU در دوره زمانی بعدی عمل کرده و بین دو دوره متوالی ارتباط برقرار می‌کند [۲۱، ۲۰، ۳۰]. ساختار شبکه‌ای پویای به دست آمده از مقاله‌های ذکر شده و مبنای نظری پژوهش در اختیار خبرگان بانکی و دانشگاهی قرار گرفت و پس از تأیید برای ساخت مدل و ارزیابی بانک‌ها مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۴، این ساختار را با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب (اقساط معوقه) به عنوان ورودی برای دو دوره متوالی نشان می‌دهد.



شکل ۴. ساختار شبکه‌ای پویا بانک

داده‌های موردنیاز از ترازنامه، صورت‌های سودو زیان، گزارش‌های بانکی و مراجعه حضوری به بانک‌ها به دست آمد. برای تحلیل داده‌ها از داده‌های نرمال شده 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<sup>۱</sup>

کل ۳ سال		سال ۹۳			سال ۹۲			سال ۹۱				
DN	DN	مرحله ۲ شبکه	مرحله ۱	مرحله ۲ شبکه	مرحله ۱	مرحله ۲ شبکه	مرحله ۱	مرحله ۲ شبکه	مرحله ۱	مرحله ۲ شبکه	واحد	
-۰/۴۰۶	-۰/۵۵۸	-۰/۵۷۹	-۰/۶۳۳	-۰/۷۸۷	-۰/۳۸۹	-۰/۵۷۶	-۰/۶۷۲	-۰/۷۹	-۰/۳۰۸	-۰/۳۸۵	-۰/۷۳۳	۱
-۰/۲۹۴	-۰/۲۹۶	-۰/۳۴۱	-۰/۶۸۶	-۰/۱۱۴۵	-۰/۱۹۰	-۰/۳۵۵	-۰/۴۱۱	-۰/۴۹۳	-۰/۴۵۱	-۰/۵۹۳	-۰/۶۱۸	۲
-۰/۷۱۵	-۰/۴۸۵	-۰/۴۸۵	-۰/۵۲۴	-۰/۷۴۳	-۰/۷۵۵	-۰/۷۵۵	۱	-۰/۴۹۳	۱	۱	-۰/۴۳۲	۳
-۰/۲۴۳	-۰/۴۹۱	-۰/۴۹۱	-۰/۵۱۵	-۰/۳۲۹	-۰/۱۶۴	-۰/۳۵۸	-۰/۳۹۸	-۰/۷۱۹	-۰/۱۷۸	-۰/۳۴۸	-۰/۴۸۴	۴
-۰/۵۱۵	-۰/۷۷۷	-۰/۸۲۳	۱	-۰/۴۶۲	-۰/۶۶	-۰/۷۳۳	-۰/۷۳۳	-۰/۷۹۷	-۰/۲۶۷	-۰/۲۶۷	-۰/۷۶۶	۵
-۰/۶۶۸	-۰/۹۹۲	۱	۱	-۰/۵۸۷	-۰/۹۴	۱	۱	-۰/۹۶	-۰/۳۲	-۰/۳۸۹	-۰/۶۴۸	۶
-۰/۷۴۳	-۰/۸۹۲	-۰/۸۹۲	۱	-۰/۱۶۱	۱	۱	۱	-۰/۴۶۶	-۰/۴۶	-۰/۶۸۱	-۰/۴۲۲	۷
-۰/۲۶۸	-۰/۷۴۶	-۰/۷۴۶	-۰/۸۳	-۰/۳۸۴	-۰/۱۲۵	-۰/۳۸۳	-۰/۳۹۵	-۰/۷۲۶	-۰/۱۹۱	-۰/۳۴۴	-۰/۵۲۲	۸
-۰/۶۲۳	-۰/۹۵۴	۱	۱	۱	-۰/۴۷۲	-۰/۶۲۹	-۰/۸۵۲	-۰/۵۲۳	-۰/۵۳۸	۱	-۰/۴۵۲	۹
-۰/۳۲۶	-۰/۱۲۱	-۰/۱۳۲	-۰/۱۷۶	-۰/۲۱۶	-۰/۵۵۴	۱	۱	-۰/۴۷۹	-۰/۵۱۶	-۰/۹۰۰	-۰/۳۴۰	۱۰
-۰/۱۳۳	-۰/۰۹۸	-۰/۳۰۴	-۰/۸۸۸	-۰/۱۴	-۰/۰۴۱	-۰/۰۶۸	-۰/۰۸۵	-۰/۴۶۱	-۰/۵۸۳	۱	-۰/۳۱۸	۱۱
-۰/۵۰۹	۱	۱	۱	-۰/۵۸۴	-۰/۵۰۷	-۰/۷۲۲	-۰/۷۲۲	۱	-۰/۲۶	-۰/۳۴۰	-۰/۷۵۳	۱۲
-۰/۴۳۸	-۰/۳۹۵	-۰/۴۵۱	-۰/۴۵۱	۱	-۰/۴۸	-۰/۶۴۴	۱	-۰/۴۷۵	-۰/۴۴۳	-۰/۹۲۸	-۰/۴۱	۱۳
-۰/۳۹۵	-۰/۸۹۷	-۰/۸۹۷	-۰/۹۹۰	-۰/۵۲۳	-۰/۳۲۶	-۰/۶۷۳	-۰/۶۸۶	-۰/۹۶۵	-۰/۲۰۴	-۰/۲۰۴	۱	۱۴

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 هر دو 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 بین‌زمانی 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 قابل بررسی 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 جمع‌آوری 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 قابل تفسیر 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 قابل بیان 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 در نظر گرفتن 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 ناکارایی هر بانک را با جزئیات نشان می‌دهد؛ چون مدل‌ها ماهیت خروجی محور دارند، ناکاراشدن هر بانک به این معنا است که بانک دیگری یا ترکیب محدودی 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 محدودی 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 عدم کارایی 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 به ترتیب 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 به دست 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 تولیدشده است. به همین ترتیب دلایل ناکارایی و چگونگی کاراشدن هر بانک با توجه به خروجی مدل‌های مربوط به آن قابل تفسیر و بیان است و هر بانک ناکارا متوجه می‌شود که در چه مرحله‌ای ضعف دارد.

ساختاری که بر مبنای آن مدل ارائه شد، ساختار یک بانک با در نظر گرفتن خروجی نامطلوب به عنوان ورودی است؛ اما مدل ارائه‌شده برای ساختارها و کاربردهای دیگر نیز قابل استفاده 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 به راحتی 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 ارائه شده برای ارزیابی ساختارهای دو یا چندمرحله‌ای با یا بدون ورودی و خروجی مازاد و ساختارهای پویا نیز قابل استفاده 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 ارائه شده 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، ۲۰۱۴a). برای ساختارهای پویا و ساختارهای چندمرحله‌ای با ورودی و خروجی اضافی نیز این عیب را دارند [۲۶، ۲۷]؛ همچنین در مدل‌های کائو (۲۰۱۳، ۲۰۱۴a، 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 حداکثر کردن 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 میانی 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]. فارس‌جانی 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-خروجی محور 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 شبکه‌ای پویا با رویکرد غیرشعاعی از جمله پیشنهادات 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 Research*, 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 Comparison 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>.