فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال چهاردهم/ شماره ۴۹ / پاییز ۱۳۹۸

توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده های شبکه ای(NDEA) مضربی جهت بررسی ساختار درونی واحد های تصمیم گیرنده

رضا سلیمانی دامنه
استادیار گروه مدیریت دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
Email: r.soleymani@vru.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۴/۰۵ * تاریخ پذیرش ۹۸/۰۶/۲۶

چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها به دلیل عدم نیاز به تابع تولید، از زمان ارائه موردتوجه محققین جهت ارزیابی عملکرد بوده است. اما مدل‌های اولیه تحلیل پوششی داده‌ها جهت بررسی ساختار درونی واحدها ناتوان هستند و دیدگاه جعبه سیاه دارند. از جمله متداول‌ترین ساختارهای داخلی واحدها، دومرحله‌ای متوالی است. مدل‌های موجود جهت ارزیابی این ساختار عمدتا دارای رویکرد تجزیه می‌باشند، به عبارت دیگر اولویت آن‌ها کارایی کل است و از تجزیه کارایی کل، کارایی مراحل بدست می‌آید. در این مقاله تلاش شده است تا یک مدل چندهدفه مضربی که همزمان کارایی کل و کارایی مراحل را مدنظر قرار می‌دهد توسعه داده شود. همچنین برای حالت جواب چندگانه، مدل‌هایی جهت محاسبه کارایی‌ها ارائه و اثبات شد که در تمامی مدل‌ها نمرات کارایی بین صفر تا یک می‌شود و تنها در صورتی یک واحد کارای شبکه‌ای می‌شود که در هر دومرحله کارا باشد. مدل‌های توسعه‌داده شده به ساختار دومرحله‌ای با ورودی و خروجی مازاد نیز تعمیم داده شد. از مدل ارائه شده در یک مثال کاربردی استفاده شد و نتایج نشان داد که مدل موجود نسبت به مدل‌های سنتی ارزیابی واقع‌بینانه‌تری انجام می‌دهد.

کلمات کلیدی: ساختارهای شبکه‌ای، مدلی‌های مضربی، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، واحدهای تصمیم‌گیرنده.

۱- مقدمه

با توجه به منابع محدود، افراد تلاش می‌کنند که از این منابع بیشترین خروجی را داشته باشند. جهت تعیین بهترین خروجی از منابع موجود به تابع تولید نیاز است. مجموعه تحقیقات اولیه جهت پیداکردن تابع تولید، منجر به روش‌های پارامتری شد. اما این روش‌ها تنها برای ورودی‌ها و خروجی‌های محدود مناسب هستند و محاسبه پارامترها و تعیین تابع پارامتری آن‌ها آسان نیست. فارل (۱۹۵۷) نخستین بار یک روش غیرپارامتری را با برازش تابع تولید بر مجموعه‌ای از خروجی و ورودی‌ها با استفاده از خروجی و ورودی‌های واحدهای تصمیم‌گیرنده مطرح کرد. مطالعه فارل شامل اندازه‌گیری کارایی فنی، تخصیص و مشتق تابع تولید کارا بود. در سال ۱۹۷۶، چارنز، کوپر و رودز مدلی را تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها، برای اندازه‌گیری کارایی ارایه کردند که ضعف‌های مدل فارل را برطرف می‌کرد چرا که مدل فارل تنها قادر بود یک ورودی و یک خروجی را در نظر بگیرد(Charnes, Cooper, Rhodes,1978). تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک ریاضی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی است. در این روش با استفاده از یک مجموعه چندتایی از متغیرهای ورودی و خروجی، کارایی یک گروه از واحدهای مورد بررسی که باید ورودی‌ها و خروجی‌های مشابهی داشته باشند تعیین می‌شود. در واقع DEA، کارایی یک واحد را در مقایسه با سایر واحدها ارزیابی می‌کند، بنابراین امتیاز کارایی واحدها یک امتیاز نسبی می‌باشد. محاسبه کارایی در این روش بر مبنای نسبت مجموع موزون خروجی‌ها به ورودی‌ها است.

پس از آن توسعه‌های زیادی در تئوری و کاربرد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها اتفاق افتاد. اما مدل‌های اولیه DEA، 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. بنابراین برای ساختارهای با بیش از یک مرحله مناسب نیستند، در حالی که بسیاری از سازمان‌ها دارای ساختار چندمرحله‌ای هستند و استفاده از مدل‌های سنتی برای ارزیابی آن‌ها کافی نیست. جهت رفع عیب مدلهای سنتی، فار و گراسکوپف (۲۰۰۰) مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA[1]) را معرفی کردند(Fare, Grosskopf,2000). بعد از فار و گراسکوپف، محققان دیگر به توسعه مدلهای NDEA پرداختند. برخلاف مدل‌های سنتی، مدل‌های تحلیل پوششی داده-های شبکه‌ای یک فرم استاندارد ندارند(Kao,2009a) و مدل آن‌ها بستگی به ساختار DMU، نحوه ارتباط اجزا و نوع ورودی‌ها و خروجی‌ها دارد. از طرف دیگر حتی با وجود ساختار مشابه ممکن است چند مدل NDEA متفاوت برای یک ساختار خاص ارائه شود. به طور کلی مدل‌های شبکه را بر حسب ساختار می‌توان به سه دسته مدل‌های متوالی، موازی و ترکیبی تقسیم کرد.

از جمله متداول‌ترین ساختارهای داخلی واحدهای تصمیم‌گیرنده، ساختار دومرحله‌ای متوالی است. در این ساختار ممکن است مرحله اول خروجی به بیرون ساختار نداشته باشد و مرحله دوم تنها از مرحله قبل ورودی داشته باشد (ساختار دومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد) و یا مراحل ورودی و خروجی مختص خودشان را داشته باشند(ساختار دومرحله‌ای با ورودی و خروجی مازاد). علی‌رغم اینکه مدل‌های زیادی برای این ساختار ارائه شده است اما آن‌ها دارای ضعف‌هایی هستند و نتایجشان دارای خطا است و یا قابل استفاده برای شرایط مختلف و انواع ساختارهای دومرحله‌ای نیستند. در مدل‌های شبکه‌ای مضربی ادبیات تحقیق، عمدتا اولویت کارایی کل است و از تجزیه کارایی کل، کارایی مراحل محاسبه می‌شود. در این پژوهش تلاش می‌شود که مدلی ارائه شود که همزمان کارایی کل و کارایی مراحل را مدنظر قرار می‌دهد و برای شرایط مختلف و انواع ساختارهای دومرحله‌ای قابل استفاده باشد. سپس از مدل‌های ارائه‌شده جهت ارزیابی مدیریت‌های استانی بانک کشاورزی استفاده خواهد شد.

با توجه به اینکه عملیات بانک یک فرایند چندمرحله‌ای است، بنابراین نمی‌توان عملکرد آن را با مدل‌های سنتی ارزیابی کرد و نیازمند استفاده از مدل‌های شبکه‌ای می‌باشد. همچنین دو رویکرد ارزیابی بانک، رویکرد تولید و رویکرد واسطه‌ای دارای تضاد در بحث سپرده‌ها می‌باشند. سپرده‌ها در رویکرد تولید خروجی و در رویکرد واسطه‌ای ورودی هستند و این امر منجر به ناسازگاری در ارزیابی عملکرد شده است. اما با رویکرد شبکه‌ای این مشکل حل می‌شود و سپرده‌ها ورودی یک مرحله و خروجی مرحله دیگر در نظر گرفته می‌شوند و به نقش دوگانه آن‌ها توجه می‌شود. از انجا که هدف از ارزیابی کارایی این است که نقاط ضعف را کشف کند و منبع عدم کارایی مشخص شود، بنابراین جهت ارزیابی عملکرد بانک باید از مدل‌های DEAشبکه‌ای استفاده کرد. در

[1] Network Data Envelopment Analysis

بخش دوم مقاله به مرور و بررسی مدل‌های دومرحله‌ای موجود پرداخته می‌شود و در بخش بعدی مدل‌های پژوهش ارائه و اثبات می‌شوند. سپس به مطالعه کاربردی موردنظر و تحلیل داده‌های آن پرداخته می‌شود، در انتها نیز نتایج پژوهش با سایر مدل‌ها مقایسه و برتری‌های آن نشان داده می‌شود و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آینده بیان می‌شود.

سیفورد و زو (۱۹۹۹) از سه مدل DEA به شکل مستقل جهت محاسبه کارایی هر مرحله و کارایی کل یک ساختار دو مرحله‌ای متوالی استفاده کردند(Seiford & Zhu,1999). بنابراین با وجود اینکه ساختار داخلی DMU را در نظر گرفتند، اما تعارض بین دو مرحله ناشی از متغیرهای میانی را حل نکردند. 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(Kao, Hwang, 2008). در مدل آن‌ها، هدف حداکثر کردن کارایی کل است به گونه‌ای که کارایی هیچ یک از مراحل از ۱ بزرگتر نباشد. جهت اندازه‌گیری کارایی مقیاس، کائو و هوانگ (۲۰۱۱) یک مدل ورودی‌محور BCC را جهت محاسبه کارایی مقیاس مرحله اول و یک مدل خروجی‌محور را برای مرحله دوم استفاده کردند و کارایی سیستم را به دو بخش کارایی مقیاس و تکنیکی تقسیم کردند.

چن و همکاران (۲۰۰۹)، برای ارزیابی ساختارهای دومرحله‌ای مدل جمعی را ارائه کردند(Chen, et al. 2009). آن‌ها برای بیان ارتباط کارایی کل و کارایی مراحل از میانگین حسابی وزنی استفاده کردند که وزن‌ها، ورودی‌های هر مرحله به نسبت کل ورودی‌ها بودند، اما در مدل آن‌ها متغیر میانی هم به‌عنوان ورودی و هم خروجی کلی شبکه در نظر گرفته شد. پرماچاندرا و همکاران (۲۰۱۲) مدل چن و همکاران (۲۰۰۹) را به ساختار دو مرحله‌ای که مرحله دوم ورودی اضافی دارد، توسعه دادند(Premachandra, et al.,2012) و گوان و چن (۲۰۱۲) از این مدل جهت ارزیابی نظام ملی نوآوری کشورها استفاده کردند(Guan, Chen,2012). امیرتیموری و همکاران (۲۰۱۶) نیز یک مدل جمعی را برای ساختارهای شبکه‌ای دومرحله‌ای ارائه کردند(Amirteimoori, et al.,2016). کائو (۲۰۱۴a) و کوک و همکاران (۲۰۱۰) به ترتیب مدل ضربی وجمعی را به ساختارهای دومرحله‌ای با ورودی و خروجی مازاد تعمیم دادند(Kao,2014a, Cook, et al.,2010). کائو (۲۰۱۴b)، ان و همکاران (۲۰۱۷) و ژانگ و چن(۲۰۱۸) به مرور مدل‌های شبکه‌ای دومرحله‌ای پرداختند(Kao, 2014b, An et al. 2017, Zhang, Chen, 2018).

در مطالعات داخلی، عمدتا به کاربرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای در زمینه‌های گوناگون پرداخته‌اند. نورا و همکاران (۱۳۹۶) به تعیین و بررسی بهره‌ورترین اندازه مقیاس واحدهای تولید با استفاده از فرایند دومرحله‌ای بر اساس سطح تقاضا پرداختند(Noora, et al., 2018). زارعی (۱۳۹۵) با استفاده از رویکرد SBM شبکه‌ای و آذر و همکاران (۱۳۹۳) با روش NDEA مضربی به ارزیابی کارایی صنعت بانک‌داری کشور در یک ساختار دومرحله‌ای پرداختند(Zarei, 2016, Azar,2014). رضوی، شهریاری و احمدپور(۱۳۹۴) ارزیابی عملکرد نوآورانه شرکت‌های دانش‌بنیان را در چارچوب یک فرایند دومرحله‌ای انجام دادند و برای ارزیابی آن از رویکرد تئوری بازی‌های مدل‌های شبکه‌ای استفاده کردند(Razavi, Shahriari, Ahmadpor, 2016). خلج و اصیل‌فرید (۱۳۹۶) ارزیابی پروژه‌های بازرسی و حفاظت الکترونیکی شرکت سورناسیستم را با بهبود مدل‌های دومرحله‌ای انجام دادند(Khalaj, Asilfarid, 2017). رضایی، محمودی‌نژاد و بخشی(۱۳۹۶) با در نظر گرفتن یک فرایند دومرحله‌ای برای توسعه انسانی، به اندازه‌گیری کارایی نسبی توسعه انسانی استان‌های کشور برای دوره زمانی ۸۹-۹۳ با استفاده از NDEA پرداختند(Rezaei, Mahmudinejad, Bakhshi, 2018). شفیعی، یاکیده و اویسی (۱۳۹۵) با هدف ارزیابی کارایی نواحی تولید و انتقال نیرو در صنعت برق ایران در طی زمان و با توجه به ماهیت سیستمی مراحل تولید و انتقال برق، دو رویکرد DEAدومرحله‌ای و تحلیل پنجره‌ای را با هم ترکیب کردند(Shafiei, Yakideh, Oveisi, 2017). سلیمانی دامنه و همکاران (۱۳۹۶) ضمن توسعه یک مدل دومرحله‌ای و تعمیم آن به ساختارهای دومرحله‌ای پویا به ارزیابی عملکرد ۱۴ بانک پرداختند(Soleymani-Damaneh, et al., 2017). اصیل‌فرید، خلج و زائری(۱۳۹۷) به ارزیابی عملکرد منابع انسانی شرکت آذرنوش شکوفه با استفاده از مدل دومرحله‌ای تن و تسوتسوی (۲۰۰۹) پرداختند(Asilfarid, Khalaj, Zaeri, 2018). مومنی و

همکاران (۱۳۹۶) یک مدل DEAدومرحله‌ای غیرشعاعی را جهت ارزیابی عملکرد توسعه دادند(Momeni, et al., 2017). جدول (۱) به بررسی و مرور مدل‌های شبکه‌ای (با تاکید بر مدل‌های دومرحله‌ای) می‌پردازد.

جدول شماره (۱): مرور مدل‌های شبکه‌ای ادبیات تحقیق

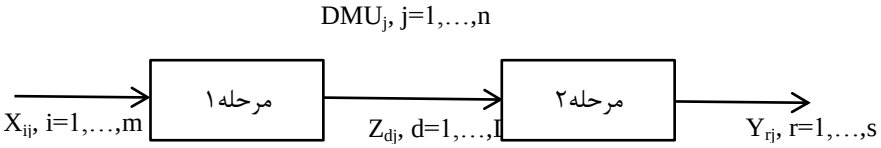
محققین	موضوع	نوع ساختار	مثال کاربردی	عیوب
کائو و هوانگ (۲۰۰۸)	طراحی مدل شبکه‌ای رابطه‌ای	دومرحله‌ای متوالی بدون ورودی و خروجی مازاد	۲۴ شرکت بیمه در تایوان	– نمرات کارایی آن به علت رویکرد تجزیه دارای خطا است.
کائو و هوانگ (۲۰۱۰)	ارزیابی اثرIT روی عملکرد شرکت	دومرحله‌ای با ورودی مازاد	۲۷ بانک	– تنها برای شرایط CRS قابل استفاده است.۱
کائو و هوانگ (۲۰۱۱)	تجزیه کارایی مدل دومرحله‌ای	دومرحله‌ای متوالی بدون ورودی و خروجی مازاد	۴ واحد فرضی	– ممکن است واحدی کارا نشان داده شود ولی در هردومرحله کارا نباشد.
کائو (۲۰۰۹a)	تجزیه کارایی مدل رابطه‌ای	انواع ساختار شبکه‌ای	۲۴ شرکت بیمه(دومرحله‌ای) ۵واحد فرضی(سه‌مرحله‌ای)	
کائو(۲۰۱۴)	تجزیه کارایی مدل چندمرحله‌ای	چندمرحله‌ای متوالی با ورودی و خروجی مازاد	۱۰ واحد فرضی(سه‌مرحله‌ای)	– مقدار فعلی متغیرمیانی نقشی در تعیین مقدار بهینه آن ندارد.
کائو(۲۰۱۶)	تجزیه و ادغام کارایی در DEAشبکه‌ای	ساختار ترکیبی	۳۰ تیم بئیس‌بال	– الگوی واحدها لزوما در مراحل کارا نیست.
کائو(۲۰۰۹b)	ارزیابی کارایی سیستم‌های شبکه‌ای موازی	ساختار موازی	۳۴ جنگل ملی تایوان	
چن، کوک و ژو (۲۰۱۰)	ترسیم مرز کارایی (بهبودمدل رابطه‌ای)	دومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد	۲۴شرکت بیمه	
چن،کوک،لی‌و ژو(۲۰۰۹)	طراحی یک مدل جمعی	دومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد	۲۴شرکت بیمه	– نقش و جایگاه متغیرهای میانی مشخص نیست.
کوک،ژو، بی و یانگ(۲۰۱۰)	توسعه مدل جمعی به ساختارهای شبکه‌ای	چندمرحله‌ای متوالی با ورودی و خروجی مازاد	۱۰ زنجیره تامین (خریدار– فروشنده)	– الگو برای واحدهای ناکارا ارائه نمی‌کند.
پرماچاندرا و همکاران(۲۰۱۲)	توسعه مدل جمعی به ساختار با ورودی مازاد	دومرحله‌ای متوالی با ورودی مازاد	۶۶ موسسه مالی آمریکا	– دارای رویکرد تجزیه است و نمرات کارایی آن دارای خطا است.
گوان و چن(۲۰۱۲)	ارزیابی کارایی نظام ملی نواوری(NIS) کشورها	دومرحله‌ای متوالی با ورودی و خروجی مازاد	نظام ملی نواوری ۲۲ کشور	
تن و تسوتسوی(۲۰۰۹)	طراحی یک مدل مبتنی بر متغیرهای کمبود(SBM)	انواع ساختارهای شبکه-ای	۱۰شرکت برق(سه‌مرحله‌ای متوالی)	مقداربهینه متغیرهای میانی در تعریف کارایی‌ها در نظر گرفته نشده است و این امر منجر به محاسبه اشتباه نمرات کارایی می‌شود.
دسپوتیس و همکاران(۲۰۱۶)	توسع یک مدل شبکه‌ای چندهدفه	دومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد	۲۴ شرکت بیمه	– تنها برای ساختاردومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد قابل استفاده است و نه برای انواع ساختارهای دومرحله‌ای. – نحوه محاسبه کارایی‌ها در حالت بهینه چندگانه مشخص نیست.
کائو (۲۰۱۸)	توسعه یک مدل NSBM	انواع ساختارهای شبکه-ای	۱۰شرکت برق(سه‌مرحله‌ای متوالی)	متغیرهای کمبود مربوط به میانی‌ها را در نظر نگرفته است.

در ستون سوم نوع ساختار مورداستفاده مطالعات ادبیات تحقیق بیان شده است، برخی از محققین برای یک ساختار شبکه‌ای کلی از جمله دومرحله‌ای مدل‌شان را ارائه کرده‌اند. در ستون چهارم مطالعه کاربردی یا مثال عددی مورداستفاده آن‌ها آورده شده که عمدتا از داده‌های شرکت‌های بیمه تایوان استفاده کرده‌اند. در ستون آخر عیوب مدل‌های موجود بررسی شده است. همانطور که مشخص است هیچ یک از مدل‌های ادبیات تحقیق نتوانستند تمامی مباحث مرتبط با ساختارهای دومرحله‌ای را پاسخ دهند و هر

یک دارای عیوب خاص خود می‌باشند. در این پژوهش تلاش می‌شود تا مدل‌هایی توسعه داده شود که فاقد ضعف‌های موجود باشد.

۲- روش شناسی پژوهش

شکل (۱) یک ساختار دومرحله‌ای متوالی را نشان می‌دهد. در این ساختار تمامی خروجی مرحله اول، وارد مرحله دوم می‌شود و تنها ورودی مرحله دوم را تشکیل می‌دهد(بدون ورودی و خروجی مازاد).



شکل(۱). ساختار دومرحله‌ای متوالی بدون ورودی و خروجی مازاد

نحوه تعیین تابع هدف و ارتباط کارایی کل با مراحل در این ساختار موردبحث بوده است. در مدل کائو و هوانگ (۲۰۰۸، ۲۰۱۴a، ۲۰۱۷) و بسیاری از مدل‌های ادبیات پژوهش هدف کارایی شبکه قرار داده شده و از وزن‌های بهینه‌ای که کارایی کل را حداکثر می‌کند، کارایی مراحل محاسبه می‌شود، یعنی اولویت کارایی کل است و نه کارایی مراحل. می‌توان با استفاده از یک مدل چندهدفه که همزمان کارایی کل و کارایی مراحل را حداکثر می‌کند، وزن‌ها را بدست آورد. مدل (۱) این مدل چندهدفه را در حالت کسری نشان می‌دهد که بدون اولویت به کارایی خاصی، به دنبال بهینه کردن همه کارایی‌ها است. محدودیت‌های مدل اجازه نمی‌دهد که کارایی‌های واحدهای تصمیم‌گیرنده از یک بیشتر شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدل (۱)

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{io}}$$

$$\max \frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do}}{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{io}}$$

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do}}$$

$$s.t.$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij}} \le 1, \qquad j = 1, \ldots, n$$

$$\frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij}} \le 1, \qquad j = 1, \ldots, n$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}} \le 1, \qquad j = 1, \ldots, n$$

$$v_i, w_d, u_r \ge 0$$

با توجه به اینکه هدف اولی (کارایی کل) حاصل‌ضرب هدف دومی (کارایی مرحله اول) و سومی (کارایی مرحله دوم) است بنابراین می‌توان آن را حذف کرد. به عبارت دیگر جواب بهینه هدف اولی از دو هدف دیگر حاصل می‌شود. این نشان می‌دهد که اگر کارایی مراحل حداکثر شود، خود به خود کارایی کل هم حداکثر می‌شود ولی عکس این، یعنی رویکرد تجزیه مدل‌های کائو و هوانگ (۲۰۰۸، ۲۰۱۴a، ۲۰۱۷)، چن و همکاران (۲۰۰۹)، کوک و همکاران (۲۰۱۰) که هدف کارایی کل است و از تجزیه کارایی کل، کارایی مراحل بدست می‌آید صادق نیست، یعنی لزوما با حداکثرشدن کارایی کل، کارایی مراحل حداکثر نمی‌شود. محدودیت اولی (محدودیت کارایی کل) نیز با برقرار بودن محدودیت کارایی مراحل برقرار می‌باشد و می‌توان آن را حذف کرد. بنابراین مدل (۱) با مدل (۲) برابر است.

مدل (۲)

$$\min \frac{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{io}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do}}$$

$$\max \frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do}}$$

$$s.t.$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{R} u_r y_{rj}}{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}} \le 1, \qquad j = 1,\ldots, n$$

$$\frac{\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj}}{\sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij}} \le 1, \qquad j = 1,\ldots, n$$

$$v_i, w_d, u_r \ge 0$$

اگر از تغییر متغیر $wz_o = t$ استفاده کرده و دوطرف محدودیت‌ها را در $\frac{1}{t}$ ضرب کنیم، با متغیرهای برداری خواهیم داشت:

مدل (۳)

$$\min \left(\frac{v}{t}\right) x_o$$

$$\max \left(\frac{u}{t}\right) y_o$$

$$s.t.$$

$$\left(\frac{u}{t}\right) y \le \left(\frac{w}{t}\right) z$$

$$\left(\frac{w}{t}\right) z \le \left(\frac{v}{t}\right) x$$

$$wz_o = t \quad \Rightarrow \quad \left(\frac{w}{t}\right) z_o = 1$$

$$v, w, u \ge 0$$

در مدل (۳) اگر از تغییر متغیرهای ($\frac{v}{t} = v'$، $\frac{u}{t} = u'$، $\frac{w}{t} = w'$) استفاده شود در نهایت مدل (۴) حاصل می‌شود:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\min\ v' x_o$$
$$\max\ u' y_o \qquad \text{مدل (۴)}$$
$$s.t.$$
$$u' y - w' z \le 0$$
$$w' z - v' x \le 0$$
$$w' z_o = 1$$
$$u', w', v' \ge 0$$

این مدل دوهدفه را می‌توان تبدیل به یک هدف کرد (متغیرهای غیربرداری):

$$\max \sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{io} \qquad \text{مدل (۵)}$$
$$s.t.$$
$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} = 1$$
$$\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} \le 0, \qquad j = 1, \ldots, n$$
$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij} \le 0, \qquad j = 1, \ldots, n$$
$$u_r, v_i, w_d \ge 0$$

این مدل مقدار بهینه وزن ورودی‌ها (v_i^*)، میانی‌ها (w_d^*) و خروجی‌ها (u_r^*) را می‌دهد، که با استفاده از آن‌ها کارایی کل و کارایی مراحل به صورت زیر بدست می‌آید:

کارایی کل: $\frac{u^* y_o}{v^* x_o}$ کارایی مرحله۱: $\frac{w^* z_o}{v^* x_o} = \frac{1}{v^* x_o}$ کارایی مرحله۲: $\frac{u^* y_o}{w^* z_o} = u^* y_o$

مدل (۵) دارای دو خاصیت مهم است:

قضیه۱. کارایی کل و کارایی مراحل بین ۰ تا ۱ می‌شود.

اثبات: با توجه به اینکه $wz_o = 1$ و یکی از محدودیت‌های مدل (۷)، $uy_o - wz_o \le 0$ است، بنابراین $u^* y_o \le 1$ (کارایی مرحله۲) می‌شود. همچنین با توجه به محدودیت $wz_o - vx_o \le 0$، $v^* x_o \ge 1$ می‌شود و بنابراین کارایی مرحله اول از ۱ کوچکتر می‌شود. کارایی کل($\frac{u^* y_o}{v^* x_o}$) نیز با توجه به اینکه $u^* y_o \le 1$ و $v^* x_o \ge 1$ است، کوچکتر از یک می‌شود. از طرفی با توجه به مثبت بودن تمامی وزن‌ها و مقادیر ورودی، میانی و خروجی کارایی مراحل و کل از ۰ بزرگتر می‌شود.

قضیه۲. در صورتی واحدی کارا می‌شود که در هر دو مرحله کارا باشد.

اثبات: با توجه به خاصیت ۱ که $u^* y_o \le 1$ و $v^* x_o \ge 1$ است، بنابراین تنها در صورتی $\frac{u^* y_o}{v^* x_o} = 1$ می‌شود که $u^* y_o = 1$ و $v^* x_o = 1$ شود یعنی دومرحله کارا باشند. بنابراین با توجه به خاصیت ۱ و ۲، اگر یک واحد کارای کل باشد تابع هدف مدل (۵) برای آن واحد، صفر می‌شود.

دسپوتیس و همکاران (۲۰۱۶) با رویکردی متفاوت، مدلی مشابه با مدل (۵) را ارائه کردند، اما مدل آن‌ها برای شرایط بهینه چندگانه و برای ساختارهای دومرحله‌ای با ورودی یا خروجی مازاد قابل استفاده نبود. در صورتی که مدل (۵) دارای جواب

چندگانه باشد و جواب بهینه تابع هدف آن ψ^* باشد، اگر مرحله اول دارای اولویت باشد از مدل (۶) برای تعیین کارایی مرحله اول می‌توان استفاده کرد.

مدل (۶)

$$\begin{aligned}
&\min \ vx_o \\
&s.t. \\
&uy_o - vx_o = \psi^* \\
&uy - wz \le 0 \\
&wz - vx \le 0 \\
&wz_o = 1 \\
&v, w, u \ge 0
\end{aligned}$$

سپس با استفاده از وزن بهینه بدست‌آمده از از مدل (۶) کارایی مرحله دوم $u^* y_o$ می‌شود. اگر اولویت با مرحله دوم باشد، ابتدا کارایی مرحله دوم با مدل (۷) بدست می‌آید و سپس با وزن بهینه از مدل (۷)، کارایی مرحله اول $\frac{1}{v^* x_o}$ می‌شود.

مدل (۷)

$$\begin{aligned}
&\max \ uy_o \\
&s.t. \\
&uy_o - vx_o = \psi^* \\
&uy - wz \le 0 \\
&wz - vx \le 0 \\
&wz_o = 1 \\
&v, w, u \ge 0
\end{aligned}$$

همانند مدل (۵) برای مدل (۶) و (۷) نیز می‌توان نشان داد که خاصیت‌های گفته شده وجود دارد. این مدل‌ها تحت شرایط بازده به مقیاس ثابت هستند، اگر شرایط بازده به مقیاس متغیر باشد، همانند روند اثبات مدل (۵)، می‌توان نشان داد که مدل تعیین وزن‌های بهینه کل به صورت مدل (۸) می‌شود.

مدل (۸)

$$\begin{aligned}
&\max \sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} + U^1 - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{io} - U^2 \\
&s.t. \\
&\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} = 1 \\
&\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} + U^1 \le 0, \qquad j = 1, \ldots, n \\
&\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij} - U^2 \le 0, \qquad j = 1, \ldots, n \\
&u_r, v_i, w_d \ge 0 \\
&U^1, U^2 \ \ free
\end{aligned}$$

سپس در صورتی که اولویت با مرحله اول باشد، از مدل (۹) جهت محاسبه کارایی آن استفاده می‌شود.

مدل (۹)

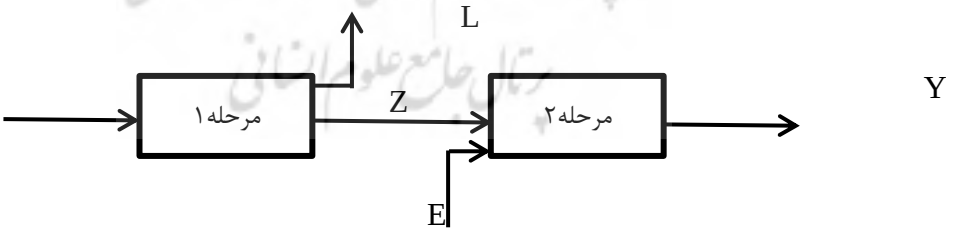
$$\begin{aligned}
&\min\ vx_o + U^2 \\
&s.t. \\
&uy_o + U^1 - vx_o - U^2 = \psi^* \\
&uy_j + U^1 - wz_j \le 0 \\
&wz_j - vx_j - U^2 \le 0 \\
&wz_o = 1 \\
&v, w, u \ge 0 \\
&U^1, U^2 \quad free
\end{aligned}$$

و کارایی مرحله دوم $u^* y_o$ می‌شود. اگر اولویت با مرحله دوم باشد، کارایی این مرحله به صورت مدل (۱۰) محاسبه می‌شود و کارایی مرحله اول با توجه به اوزان بهینه حاصل از آن، $\frac{1}{v^* x_o}$ می‌شود.

مدل (۱۰)

$$\begin{aligned}
&\max\ uy_o + U^1 \\
&s.t. \\
&uy_o + U^1 - vx_o - U^2 = \psi^* \\
&uy_j + U^1 - wz_j \le 0 \\
&wz_j - vx_j - U^2 \le 0 \\
&wz_o = 1 \\
&v, w, u \ge 0 \\
&U^1, U^2 \quad free
\end{aligned}$$

مدل‌های بیان شده تا اینجا برای ساختار دومرحله‌ای بدون ورودی و خروجی مازاد بود. اما ممکن است مراحل ورودی و خروجی مخصوص خودشان را نیز داشته باشند. شکل (۲) ساختار دومرحله‌ای با ورودی و خروجی مازاد را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۲). ساختار دومرحله‌ای متوالی با ورودی و خروجی مازاد

متغیرهای L و E به ترتیب خروجی مازاد مرحله اول و ورودی مازاد مرحله دوم را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در بسیاری از کاربردها با این ساختار مواجه هستیم، تعمیم مدل(۵) به آن، به صورت مدل (۱۱) می‌شود.

$$\max \sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{io}$$

مدل (۱۱)

$$s.t.$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} + \sum_{f=1}^{F} \varsigma_f L_{fo} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} + \sum_{p=1}^{P} \eta_p E_{po} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{p=1}^{P} \eta_p E_{po} \le 0, \qquad j = 1,\ldots,n$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} + \sum_{f=1}^{F} \varsigma_f L_{fo} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij} \le 0, \qquad j = 1,\ldots,n$$

$$u_r, v_i, w_d, \eta_p, \varsigma_f \ge 0$$

و با توجه به وزن‌های بهینه بدست آمده از آن، کارایی‌ها اینگونه محاسبه می‌شود:

کارایی کل: $\dfrac{u^* y_o}{v^* x_o}$ کارایی مرحله۱: $\dfrac{w^* z_o + \varsigma^* L_o}{v^* x_o} = \dfrac{1}{v^* x_o}$ کارایی مرحله۲: $\dfrac{u^* y_o}{w^* z_o + \eta^* E_o} = u^* y_o$

و در شرایط VRS به صورت مدل (۱۲) می‌شود.

$$\max \sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} + U^1 - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{io} - U^2$$

مدل (۱۲)

$$s.t.$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} + \sum_{f=1}^{F} \varsigma_f L_{fo} = 1$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{do} + \sum_{p=1}^{P} \eta_p E_{po} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{R} u_r y_{ro} + U^1 - \sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} - \sum_{p=1}^{P} \eta_p E_{po} \le 0, \qquad j = 1,\ldots,n$$

$$\sum_{d=1}^{D} w_d z_{dj} + \sum_{f=1}^{F} \varsigma_f L_{fo} - \sum_{i=1}^{I} v_i x_{ij} - U^2 \le 0, \qquad j = 1,\ldots,n$$

$$u_r, v_i, w_d, \eta_p, \varsigma_f \ge 0$$

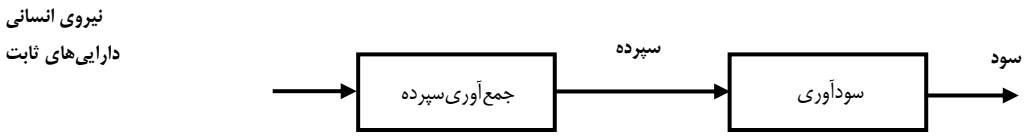
$$U^1, U^2 \quad free$$

در صورتی که مدل‌های (۱۱) و (۱۲) دارای جواب بهینه چندگانه باشند، همانند مدل‌های قبلی می‌توان برای مراحل نیز مدل نوشت.

پژوهش حاضر از نظر هدف تحقیق (بنیادی، کاربردی و تحقیق و توسعه)، از نوع توسعه‌ای و همچنین با توجه به اجرای مدل در بانک کاربردی می‌باشد. از نظر گردآوری داده‌ها (توصیفی، غیرآزمایشی و آزمایشی) این تحقیق از نوع توصیفی- پیمایشی است، چرا که به توصیف روابط میان متغیرها می‌پردازد. واکر (۱۹۸۸) بیان می‌کند که روش تحقیق مطالعات تحقیق در عملیات از نوع تحلیلی ریاضی است یعنی از طریق توسعه روابط ریاضی مدل‌هایشان را تعریف و اثبات می‌کنند و از مثال عددی صرفا برای

نشان دادن محاسباتشان و نه برای اثبات تئوری‌شان استفاده می‌کنند. در این پژوهش نیز بعد از توسعه و اثبات ریاضی مدل در بخش قبلی، یک مثال عددی و کاربردی بیان می‌شود و از مدل ارائه‌شده جهت ارزیابی مدیریت استانی شعب بانک کشاورزی استفاده می‌شود.

از مدل‌های بیان شده در یک مطالعه کاربردی جهت ارزیابی مدیریت استانی بانک کشاورزی استفاده شد. بانک‌ها ابتدا با استفاده از نیروی انسانی و دارایی‌ها، سپرده جمع‌آوری می‌کنند و سپس با سرمایه‌گذاری این سپرده‌ها سود کسب می‌کنند، یعنی دارای یک ساختار دومرحله‌ای متوالی به شرح شکل(۳) هستند(Wang, et al.,2014, Fukuyama, weber, 2016, Fukuyama, Matousek, 2017, Huang, et al., 2017).



شکل(۳). ساختار دومرحله‌ای بانک

داده‌های موردنیاز ۳۳ استان با مراجعه حضوری به شعبه مرکزی بانک کشاورزی در تهران جمع‌آوری شد که داده‌های ۷ استان به دلیل کامل نبودن قابل استفاده نبودند، بنابراین در نهایت داده‌های سال ۹۵، ۲۶ مدیریت استانی مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به تغییر واحد پایدار هستند، از نرمال شده داده‌ها جهت حل مدل‌ها با استفاده از نرم-افزار لینگو استفاده شد. منظور از نرمال این است که داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها، بر داده ماکزیمم آن متغیر تقسیم شده است. جدول (۲) نتایج تحلیل داده‌ها با مدل چندهدفه تحقیق، مدل (۵) را تحت شرایط CRS نشان می‌دهد.

جدول شماره (۲): نتایج تحلیل داده‌ها(شرایط CRS)

بانک	کارایی مرحله ۱	کارایی مرحله۲	کارایی کل	بانک	کارایی مرحله ۱	کارایی مرحله۲	کارایی کل
۱	۰/۵۳	۰/۳۵	۰/۱۸	۱۴	۰/۳۱	۰/۸۱	۰/۲۵
۲	۰/۳۴	۰/۷۰	۰/۲۴	۱۵	۰/۴۱	۱	۰/۴۱
۳	۰/۳۹	۰/۵۸	۰/۲۲	۱۶	۰/۳۶	۰/۰۴	۰/۰۱
۴	۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۱۷	۰/۳۸	۰/۵۴	۰/۲۰
۵	۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۱۸	۰/۷۹	۰/۱۵	۰/۱۲
۶	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۱۰	۱۹	۰/۴۲	۰/۲۴	۰/۱۰
۷	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۳۰	۲۰	۰/۳۰	۰/۴۴	۰/۱۳
۸	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۱۷	۲۱	۰/۸۲	۰/۲۸	۰/۲۳
۹	۰/۴۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۲۲	۰/۴۷	۰/۵۹	۰/۲۸
۱۰	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۰۶	۲۳	۰/۵۳	۰/۰۰۱	۰/۰۱
۱۱	۰/۵۷	۰/۲۴	۰/۱۴	۲۴	۰/۵۶	۰/۸۳	۰/۴۷
۱۲	۰/۲۵	۰/۸۴	۰/۲۱	۲۵	۰/۶۷	۰/۱۱	۰/۰۸
۱۳	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/۱۹	۲۶	۰/۳۷	۰/۵۰	۰/۱۹

با توجه به جدول (۱) هیچ بانکی کارای کل نشد، چرا که هیچ بانکی در هر دو مرحله همزمان کارا عمل نکرده است. بانک ۵ تنها بانکی است که در مرحله جمع‌آوری سپرده کارا شده است و بانک ۱۵ تنها بانک کارا در مرحله سودآوری است. کارایی بانک ۱ در

مرحله جمع‌آوری سپرده ۰/۵۳ و در مرحله سودآوری ۰/۳۵ و کارایی کل آن ۰/۱۸ است. بنابراین برای این بانک منبع ناکارایی و دلیل عدم کارایی مشخص است. این بانک می‌تواند با کارا شدن در هر دو مرحله سود خود را به ($\frac{1}{0.18} = 5.5$) ۵/۵ برابر فعلی برساند. اگر تنها مرحله دوم خود را کارا کند می‌تواند سود خود را به ($\frac{1}{0.35} = 2.8$) ۲/۸ برابر فعلی برساند، اما کارا کردن مرحله اول به تنهایی و بدون تغییر در مرحله دوم منجر به افزایش سود نمی‌شود و تنها منجر به افزایش سپرده‌ها می‌شود که بدون کارا شدن مرحله دوم بانک نمی‌تواند سود متناسب با این سپرده‌ها را بدست آورد. به طور کلی با توجه به اینکه خروجی مرحله دوم (سود)، خروجی کل سیستم نیز می‌باشد، برای بانک‌ها باید این مرحله جهت رسیدن به کارایی اولویت داشته باشد یعنی ابتدا بانک‌ها باید درصدد رفع عدم کارایی خود در این مرحله باشند. اینکه بانکی در مرحله دوم کارا عمل نکرده است به این معنی است که از میزان فعلی متغیر میانی (سپرده) نتوانسته سود متناسب را بدست آورد پس کارا کردن مرحله اول صرفا منجر به افزایش خروجی و سود نمی‌شود، بلکه باید ابتدا مرحله دوم و سپس مرحله اول کارا شوند. بنابراین کارا شدن مرحله اول به تنهایی کافی نیست، چرا که اگر بانک بتواند مرحله اول خود را کارا کند یعنی توانسته میزان خروجی این مرحله (سپرده) را به میزان بهینه برساند ولی بدون کارا شدن مرحله دوم عملا این افزایش سپرده منجر به افزایش سود نمی‌شود، چون بانک با میزان فعلی سپرده هم به دلیل ناکارایی مرحله دوم نتوانسته سود بهینه بدست آورد. از طرف دیگر بانک اگر در مرحله دوم کارا باشد یعنی با میزان فعلی سپرده‌ها توانسته سود متناسب و بهینه بدست آورد و باید تمرکز خود را روی مرحله اول بگذارد تا در جمع‌آوری سپرده نیز کارا شود، چون با کارا شدن در مرحله اول می‌تواند سپرده بیشتری جمع‌آوری کند و از این سپرده‌ها سود بیشتری بدست آورد. بنابراین به طور کلی کارا شدن شبکه وابسته به کارا شدن در هر دو مرحله است و کارا بودن یک مرحله به تنهایی کافی نیست. جدول (۳) نتایج تحلیل داده‌ها در شرایط VRS را نشان می‌دهد.

جدول شماره (۳): نتایج تحلیل داده‌ها(شرایط VRS)

بانک	کارایی مرحله ۱	کارایی مرحله۲	کارایی کل	بانک	کارایی مرحله ۱	کارایی مرحله۲	کارایی کل
۱	۰/۶۵	۰/۴۱	۰/۲۷	۱۴	۰/۳۲	۰/۹۳	۰/۳۰
۲	۰/۳۸	۰/۸۳	۰/۳۱	۱۵	۱	۰/۹۹	۱
۳	۰/۴۳	۰/۶۰	۰/۲۶	۱۶	۰/۳۹	۰/۵۰	۰/۱۹
۴	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۲۵	۱۷	۰/۶۹	۰/۹۹	۰/۶۹
۵	۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۱۸	۰/۸۵	۰/۲۳	۰/۱۹
۶	۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۲۶	۱۹	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۲۵
۷	۰/۷۵	۰/۹۶	۰/۷۲	۲۰	۰/۳۲	۰/۴۶	۰/۱۵
۸	۰/۵۷	۰/۴۰	۰/۲۳	۲۱	۱	۰/۳۳	۰/۳۳
۹	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۱۷	۲۲	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۳۷
۱۰	۰/۴۴	۰/۳۰	۰/۱۳	۲۳	۰/۹۹	۰/۶۱	۰/۶۱
۱۱	۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۲۴	۰/۶۲	۱	۰/۶۲
۱۲	۰/۲۶	۰/۹۵	۰/۲۴	۲۵	۰/۷۹	۳۳	۰/۲۶
۱۳	۰/۵۸	۰/۴۰	۰/۲۳	۲۶	۰/۸۲	۰/۶۷	۰/۵۵

در اینجا نیز دلیل عدم‌کارایی و منبع عدم کارایی برای هر بانک مشخص است. بانک ۲ در مرحله اول با ۰/۳۸ و در مرحله دوم با ۰/۸۳ ناکارا شده است و بنابراین در کل با ۰/۳۱ ناکاراست. بنابراین دلیل ناکارایی این بانک این است که نتوانسته است متناسب

با نیروی انسانی و دارایی خود (ورودی‌های مرحله جمع‌آوری سپرده)، سپرده جمع‌آوری کند و در واقع تنها با ۳۸ درصد میزان فعلی نیروی انسانی و دارایی خود می‌بایست همین میزان سپرد را جمع‌آوری کند. از طرف دیگر از همین میزان سپرده هم نتوانسته است جهت سوددهی بهینه استفاده کند و تنها ۸۳ درصد سود بهینه را بدست آورده است و باید سود خود را به۱/۲ $(\frac{1}{0.83})$ برابر برساند. به همین ترتیب برای تمامی بانک‌های ناکارا می‌توان دلیل و منبع ناکارایی و چگونگی کاراشد را مشخص کرد. به عبارت دیگر مدل‌های DEA هم وضعیت موجود و هم وضعیت مطلوب را نشان می‌دهند.

۳- نتایج و بحث

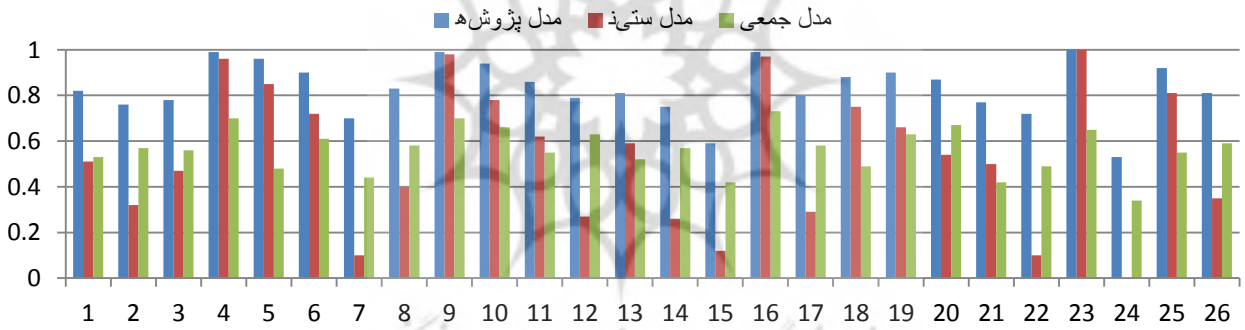
مدل‌های سنتی و مدل‌های شبکه‌ای موجود نیز در ارزیابی ساختار دارای ضعف‌هایی هستند. مدل مضربی کائو و هوانگ(۲۰۰۸) تنها برای شرایط CRS قابل استفاده است و مدل مضربی جمعی چن و همکاران (۲۰۰۸) و کوک و همکاران (۲۰۱۰) نیز نمرات کارایی را با خطا محاسبه می‌کند. جدول (۴) نتایج حاصل از تحلیل داده‌های بانک با مدل پژوهش، مدل سنتی و مدل جمعی شبکه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول شماره(۴): مقایسه نتایج تحلیل داده‌ها با مدل پژوهش و سایر مدل‌ها (شرایطCRS)

بانک	کارایی (مدل پژوهش)	رتبه	کارایی (رویکرد جعبه‌سیاه)	رتبه	کارایی (رویکرد جمعی)	رتبه
۱	۰/۱۸	۱۳	۰/۴۹	۱۳	۰/۴۷	۹
۲	۰/۲۴	۶	۰/۶۸	۸	۰/۴۳	۱۳
۳	۰/۲۲	۸	۰/۵۳	۱۱	۰/۴۴	۱۲
۴	۰/۰۱	۲۳	۰/۰۴	۲۳	۰/۳۰	۲۴
۵	۰/۰۴	۲۲	۰/۱۵	۲۲	۰/۵۲	۵
۶	۰/۱۰	۱۹	۰/۲۸	۱۸	۰/۳۹	۱۸
۷	۰/۳۰	۳	۰/۹	۲	۰/۵۶	۴
۸	۰/۱۷	۱۴	۰/۶	۱۰	۰/۴۲	۱۵
۹	۰/۰۱	۲۳	۰/۰۲	۲۵	۰/۳۰	۲۴
۱۰	۰/۰۶	۲۱	۰/۲۲	۲۰	۰/۳۴	۲۲
۱۱	۰/۱۴	۱۵	۰/۳۸	۱۶	۰/۴۵	۱۰
۱۲	۰/۲۱	۹	۰/۷۳	۶	۰/۳۷	۱۹
۱۳	۰/۱۹	۱۱	۰/۴۱	۱۵	۰/۴۸	۸
۱۴	۰/۲۵	۵	۰/۷۴	۵	۰/۴۳	۱۳
۱۵	۰/۴۱	۲	۰/۸۸	۴	۰/۵۸	۲
۱۶	۰/۰۱	۲۳	۰/۰۳	۲۴	۰/۲۷	۲۶
۱۷	۰/۲۰	۱۰	۰/۷۱	۷	۰/۴۲	۱۵
۱۸	۰/۱۲	۱۷	۰/۲۵	۱۹	۰/۵۱	۶
۱۹	۰/۱۰	۱۸	۰/۳۴	۱۷	۰/۳۷	۱۹
۲۰	۰/۱۳	۱۶	۰/۴۶	۱۴	۰/۳۳	۲۳
۲۱	۰/۲۳	۷	۰/۵	۱۲	۰/۵۸	۲
۲۲	۰/۲۸	۴	۰/۹	۲	۰/۵۱	۶

۲۳	۰/۰۰۰۲	۲۶	۰/۰۰۱	۲۶	۰/۳۵	۲۱
۲۴	۰/۴۷	۱	۱	۱	۰/۶۶	۱
۲۵	۰/۰۸	۲۰	۰/۱۹	۲۱	۰/۴۵	۱۰
۲۶	۰/۱۹	۱۱	۰/۶۵	۹	۰/۴۱	۱۷

برتری مدل پژوهش به مدل‌های سنتی این است که برای واحدهای ناکارا منبع ناکارایی و سهم هر مرحله مشخص است، برای مثال بانک ۲۶ با ۰/۱۹ ناکارا شده است و این ناکارایی ناشی از عملکرد ضعیف در هر دومرحله است و برای این بانک معلوم است که مرحله اول با ۰/۳۷ و مرحله دوم با ۰/۵ ناکارا شده‌اند، اما همین بانک در مدل سنتی با ۰/۶۵ ناکارا شده است که هم منبع ناکارایی مشخص نیست و هم میزان ناکارایی را کمتر نشان می‌دهد. بانک ۲۴ که در رویکرد سنتی کارا شده است در هر دو مرحله ناکاراست، بنابراین در رویکرد جعبه سیاه ممکن است واحدی کارا شود که در مراحل کارا نیست. علی‌رغم اینکه نمرات کارایی مدل شبکه‌ای جمعی چن و همکاران(۲۰۰۸) پایین‌تر از نمرات کارایی رویکرد جعبه‌سیاه است و میزان ناکارایی را بیشتر نشان می‌دهد اما در مقایسه با مدل پژوهش، نمرات کارایی آن بالاتر است. شکل(۴)، میزان ناکارایی بانک‌ها را در مدل پژوهش، سنتی و جمعی نشان می‌دهد.



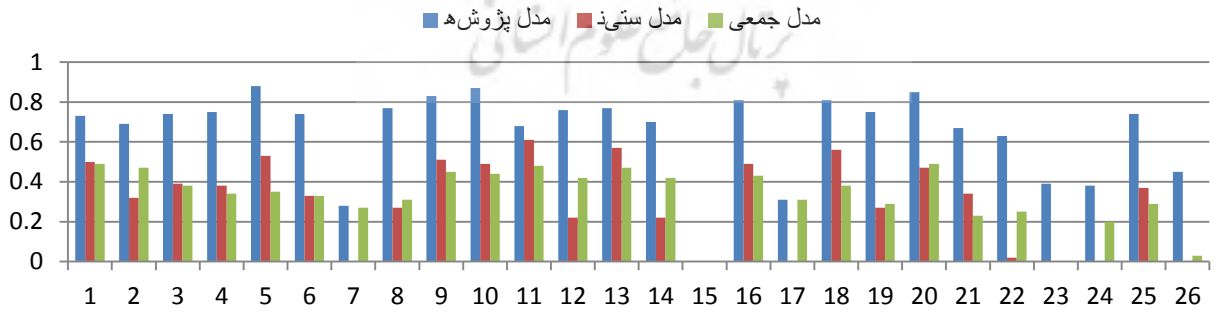
شکل شماره (۴): نمودار مقایسه عدم‌کارایی بانک‌ها در مدل‌های پژوهش و سایر مدل‌ها(شرایط CRS)

همانطور که مشخص است در همه ۲۶ بانک ناکارایی نشان داده‌شده بوسیله مدل پژوهش بالاتر یا مساوی دو مدل دیگر است. در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها هر مدلی که ناکارایی را بیشتر نشان دهد، بهتر است(Kao,2009b,Lu,Lo,2012). مقایسه رتبه بانک‌ها در سه مدل نشان می‌دهد که مدل‌های سنتی و جمعی در این زمینه هم دارای ضعف هستند و ممکن است عملکرد واحدی به اشتباه بهتر از واحد دیگر نشان داده شود. جدول (۵) و شکل(۵) همین مقایسات را در شرایط VRS نشان می‌دهد که همانند شرایط CRS نمرات کارایی مدل پژوهش کمتر و عدم‌کارایی را بیشتر نشان می‌دهد.

جدول شماره (۵): مقایسه نتایج تحلیل داده‌ها با مدل پژوهش و سایر مدل‌ها (شرایط VRS)

بانک	کارایی (مدل پژوهش)	رتبه	کارایی (رویکرد جعبه‌سیاه)	رتبه	کارایی (رویکرد جمعی)	رتبه
۱	۰/۲۷	۱۲	۰/۵	۲۱	۰/۵۱	۲۵
۲	۰/۳۱	۱۰	۰/۶۸	۱۲	۰/۵۳	۲۲
۳	۰/۲۶	۱۳	۰/۶۱	۱۷	۰/۶۲	۱۵

۴	۰/۲۵	۱۶	۰/۶۲	۱۶	۰/۶۶	۱۳
۵	۰/۱۲	۲۶	۰/۴۷	۲۳	۰/۶۵	۱۴
۶	۰/۲۶	۱۳	۰/۶۷	۱۳	۰/۶۷	۱۲
۷	۰/۷۲	۲	۱	۱	۰/۷۳	۷
۸	۰/۲۳	۱۹	۰/۷۳	۱۰	۰/۶۹	۱۰
۹	۰/۱۷	۲۳	۰/۴۹	۲۲	۰/۵۵	۲۱
۱۰	۰/۱۳	۲۵	۰/۵۱	۱۹	۰/۵۶	۱۹
۱۱	۰/۳۲	۹	۰/۳۹	۲۶	۰/۵۲	۲۴
۱۲	۰/۲۴	۱۸	۰/۷۸	۸	۰/۵۸	۱۷
۱۳	۰/۲۳	۱۹	۰/۴۳	۲۵	۰/۵۳	۲۲
۱۴	۰/۳۰	۱۱	۰/۷۸	۸	۰/۵۸	۱۷
۱۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۱۶	۰/۱۹	۲۱	۰/۵۱	۱۹	۰/۵۷	۱۹
۱۷	۰/۶۹	۳	۱	۱	۰/۶۹	۱۰
۱۸	۰/۱۹	۲۱	۰/۴۴	۲۴	۰/۶۲	۱۵
۱۹	۰/۲۵	۱۶	۰/۷۳	۱۰	۰/۷۱	۸
۲۰	۰/۱۵	۲۴	۰/۵۳	۱۸	۰/۵۱	۲۵
۲۱	۰/۳۳	۸	۰/۶۶	۱۴	۰/۷۷	۵
۲۲	۰/۳۷	۷	۰/۹۸	۷	۰/۷۵	۶
۲۳	۰/۶۱	۵	۱	۱	۱	۱
۲۴	۰/۶۲	۴	۱	۱	۰/۸۰	۴
۲۵	۰/۲۶	۱۳	۰/۶۳	۱۵	۰/۷۱	۸
۲۶	۰/۵۵	۶	۱	۱	۰/۹۷	۳



شکل شماره(۵): نمودار مقایسه عدم‌کارایی بانک‌ها در مدل‌های پژوهش و سایر مدل‌ها(شرایط VRS)

در مطالعه کاربردی دیده شد که در مدل پژوهش همانند سایر مدل‌های شبکه‌ای هیچ واحدی کارا نشد، در حالی که در مدل‌های سنتی حداقل یک واحد کارا وجود دارد که مرز با آن ساخته می‌شود. چگونگی تعریف کارایی در شبکه‌ای به گونه‌ای که حداقل یک واحد روی مرز قرار گیرد جای بررسی و مطالعه دارد. همچنین تعمیم مدل به ساختارهای چندمرحله‌ای، موازی، ترکیبی و

پیچیده‌تر و توسعه آن برای ارزیابی داده‌های فازی و فازی شهودی و بحث و بررسی ثانویه آن و ترسیم مرزکارایی از جمله پیشنهادات برای تحقیقات آینده است.

٤- منابع

1. Amirteimoori, A., Despotis, D. K., Kordrostami, S. & Azizi, H. (2016). Additive models for network data envelopment analysis in the presence of shared resources. *Transportation Research Part D*, http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.016.
2. An, Q., Chen, H., Xiong, B., Wu, J., & Liang, L., (2017). Target intermediate products setting in a two-stage system with fairness concern. *Omega*, 73, 49-59.
3. Asilfarid, H., Khalaj, M. & Zaeri, M. (2018). Analysis of Human Resources Performance Using the Two-Stage Data Envelopment Analysis Approach-Case Study: Azar Noosh Shokofeh Co., *Journal of Industrial Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Sanandaj Branch,* 13, 43.
4. Azar, A., Moghbel, A., Zarei, M. & Khadivar, A. (2014). Bank Branch Productivity Measurement Using Network Data Envelopment Analysis(One of the banks of Guilan province). Journal of Monetary and Banking Research, 7, 20.
5. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978), "Measuring the efficiency of decision-making units". *European Journal of Operational Research,* 2, 429-444.
6. Chen, Y., Cook, W. D., & Zhu, J. (2010). Deriving the DEA frontier for two-stage processes. *European Journal of Operational Research*, 202, 138-142.
7. 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.
8. Cook, W. D., Zhu, J., Bi, G. B., & Yang, F. (2010). Network DEA: Additive efficiency decomposition. *European Journal of Operational Research*, *207,* 1122-1129.
9. 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.
10. Emrouznejad, A. & Yang, G. L. (2018). A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978-2016. *Socio-Economic Planning Sciences,* 61, 4-8.
11. Färe, R., & Grosskopf, S. (1996). Productivity and intermediate products: A frontier approach. *Economics Letters*, 50, 65–70.
12. Fare, R., & Grosskopf, S. (2000). Network DEA. *Socio-Economic Planning Sciences, 34,* 35-49.
13. Färe, R., & Whittaker, G. (1995). An intermediate input model of dairy production using complex survey data. Journal of Agricultural Economics, 46, 201–213.
14. Fukuyama, H., & Matousek, R. (2017). Modelling Bank Performance: A Network DEA Approach, *European Journal of Operational Research*, 259, 721-732.
15. Fukuyama, H., & Weber, W.L. (2016). Japanese bank productivity, 2007-2012: A dynamic network approach. *Mimeo*.
16. Guan, J. C., & Chen, K. H. (2012). Modeling the relative efficiency of national innovation systems. Research Policy, 41, 102–115.
17. Huang, T.H., Lin, C. I., Chen, K, C. (2017). Evaluating Efficiencies of Chinese Commercial Banks in the Context of Stochastic Multistage Technologies. *Pacific-Basin Finance Journal*, 906.
18. Kao, C. (2009a). Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model. *European Journal of Operational Research, 192,* 949-962.
19. Kao, C. (2009b). Efficiency measurement for parallel production systems. *European Journal of Operational Research, 196,* 1107-1112.

20. Kao, C. (2014a). Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research, 232,* 117-124.
21. Kao, C. (2014b). Network data envelopment analysis: A review. *European Journal of Operational Research, 239,* 1-16.
22. 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.
23. Kao, C., & Hwang, S. N. (2011). Decomposition of technical and scale efficiencies in two-stage production systems. European Journal of Operational Research, 211, 515–519.
24. Khalaj, M., Asilfarid, H., R. (2017). A Two-stage DEA Model to Evaluate and Improve the Systems Function (Casestudy: Sorena System Sharq Company Projects). *Journal of Industrial Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University, Sanandaj Branch,* 12, 41.
25. Lewis, H, F., & Sexton, T. R. (2003). Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure. Computer and Operations Research, 31, 1365-1410.
26. Liu, J. S., & Lu, W. M. (2012). Network-based method for ranking of efficient units in two-stage DEA models. Journal of the Operational Research Society, 63, 1153-1164
27. Momeni, M., Safari, H., Rostami, M., Mostafaee, M. A. (2017). Designing a Non-oriented NDEA for Performance Evaluation: An Applied Study of Banks, Management Studies in Development & Evolution, 26, 86.
28. Noora, A., Hosseinzadeh, F. & Khodadadi, M. (2018). Determine the most productive scale of a production unit using a two-stage process based on the demand level. *Journal of Decisions and Operations Research,* 2, 2.
29. Premachandra, I. M., Zhu, J., Watson, J., & Galagedera, D. U. A. (2012). Bestperforming US mutual fund families from 1993 to 2008: Evidence from a novel two-stage DEA model for efficiency decomposition. Journal of Banking and Finance, 36, 3302–3317.
30. Razavi, S., M., Shahriari, S., Ahmadpor, D., M. (2016). Evaluation of Innovative Performance of Knowledge based Company by Network Data Envelopment Analysis-Game Theory Approach. *Industrial Management Journal,* 7, 4.
31. Rezaei, A., Mahmudinejad, E., Bakhshi, P. (2018). The Evaluation of Relative Efficiency of all provinces in Terms of human Development Using NDEA Method, *Journal of Economic Growth and Development Research,* 8, 29.
32. Seiford, L. M., & Zhu, J. (1999). Profitability and marketability of the top 55 US commercial banks. *Management Science,* 45, 1270-1288.
33. Shafiei, M., Yakideh, K., Oveisi, O. (2017). A combined approach of data envelopment analysis with a variety of outputs and window analysis in evaluating the efficiency of the electricity industry, Journal of Industrial Management Perspective, 6, 23.
34. Soleymani-Damaneh, R., Momeni, M., Mostafaee, A. & Rostami, M. (2017). Developing of a Dynamic Network Data Envelopment Analysis Model for Evaluating Banking Sector, Journal of Industrial Management Perspective, 25.
35. Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research, 197,* 243-252.
36. 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.
37. Wang, K, Huang, W, Wu, J, Liu, YN. (2014). Efficiency measures of the Chinese commercial banking system using an additive two-stage DEA. *Omega, 44,* 5-20.
38. Zarei M., M. (2016). Multilevel Measuring of Efficiency in Banking Industry (Network Slacks-Based Measure Approach). *Industrial Management Journal,* 8, 3.

39. Zhang, L., & Chen, Y. (2018). Equivalent solutions to additive two-stage network data envelopment analysis. *European Journal of Operation Research*, 264(3), 1189-91.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Development of a Multiplier Network Data Envelopment Analysis (NDEA) model for investigation of the internal structure of decision-making units

Reza Soleymani-Damaneh
Assistant Professor at Vali-e-Asr University of Rafsanjan
Email: r.soleymani@vru.ac.ir

Abstract

Data envelopment analysis has been in the center of attention due to independency of the production function. But the initial models of data envelopment analysis are incapable of examining the internal structure of the units and have a black-box view. One of the most common network structures is consecutive two-staged structure. Available models for evaluating this structure are mainly based on the decomposition approach, in other words, their priority is overall efficiency, and the efficiency of the stages is obtained by decomposing the total efficiency. In this paper, an attempt is made to develop a multivariate model that simultaneously considers the overall efficiency and efficiency of the stages. In addition, for multi-response mode, the models were developed to calculate the efficiencies and it was proved that in all models, efficiency scores range from zero to one, and a unit is efficient if only it is efficient in both stages. The presented models were used in an applied example and the results showed that the existing model performed more realistic evaluation than traditional models.

Keywords: Network Structures, Multiplier Models, Network DEA, DMUs.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی