مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیست و یکم، شماره اول (پیاپی ۸۰)، بهار ۰۳، ص ص ۱۲۵-۱۰۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

# ارایه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های متمرکز به منظور ارزیابی کارایی زنجیره تامین گروه زمزم

**مرضیه صداقت صیدآبادی[۱]، محمدرضا غلامیان[۲*]**

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

رسید مقاله: ۲۱ شهریور ۱۴۰۲

پذیرش مقاله: ۱۱ بهمن ۱۴۰۲

## چکیده

برآورد کارایی بخش‌های وابسته به هم در یک شرکت یا ارزیابی فرآیندهای مرتبط در یک سیستم تولید، بینش‌هایی را برای بهبود عملکرد تولید فراهم می‌کند. در بسیاری از سناریوهای دنیای واقعی، موقعیت‌هایی وجود دارد که در آن همه DMUها زیر چتر یک تصمیم‌گیر متمرکز قرار می‌گیرند که بر آنها نظارت می‌کند. این نوع وضعیت زمانی رخ می‌دهد که همه واحدها متعلق به یک سازمان (دولتی یا خصوصی) باشند که منابع لازم را برای دستیابی به خروجی‌ها در اختیار واحدها قرار می‌دهد. تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای قادر به در نظر گرفتن عملیات و وابستگی متقابل فرآیندهای اجزای یک سیستم برای اندازه‌گیری کارایی است. پیشرفت‌های اخیر در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، واحدهای تصمیم‌گیری را قادر می‌سازد تا از فرآیندهای ناکارآمد در سیستم مطلع شوند. در این تحقیق، با استفاده از مدل های DEA متمرکز و مدل‌های NDEA و با توجه به رویکردهای مختلف درباره به‌کارگیری محصولات میانی، به معیارسازی برای زنجیره تامین سه مرحله‌ای پرداخته شده است. مدل ارایه‌شده در این مقاله برای ارزیابی کارایی زنجیره تامین ۱۰ تولیدکننده شرکت زمزم مورد استفاده قرار گرفته است و نتایج به‌دست آمده از مدل با شبکه سه مرحله‌ای غیرمتمرکز مقایسه شده است.

**کلمات کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، تخصیص متمرکز منابع، کارایی، زنجیره تامین.

## ۱ مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) رویکردی جهت اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) با ورودی‌ها و خروجی‌های متعدد است. این روش اولین بار توسط چارنز و همکاران [۱] معرفی شد و مدل CCR نامگذاری شد. پس از آن بسیاری از محققین مدل‌های خود را در آن گسترش داده‌اند. در بسیاری از موارد

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: Gholamian@iust.ac.ir



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

DMUها ممکن است از ساختار شبکه با فعالیت‌های میانی تشکیل شوند، با این حال مدل‌های سنتی DEA هر DMU را به عنوان یک جعبه سیاه در نظر می‌گیرند و تنها با در نظر گرفتن ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی، اقدامات میانی را نادیده می‌گیرند. بنابراین، آن مدل‌ها نمی‌توانند برای تصمیم‌گیری صحیح چندان مفید باشند. برای غلبه بر چنین اشکالی، محققین مدل‌های سنتی DEA را توسعه دادند و مدل‌های DEA شبکه‌ای را ارایه کرده‌اند [۲].

در روش‌های جعبه سیاه، درک فرآیند درونی و فعالیت‌هایی که باعث ناکارآمدی می‌شوند دشوار و شاید غیرممکن است. برای پرداختن به این موضوع، تمرکز بر ساختار داخلی یک DMU و اندازه‌گیری عملکرد هر یک از فرآیندهای فرعی می‌تواند مفید باشد. در مطالعات اخیر نشان داده شده است که فرآیند چند مرحله‌ای مبتنی بر DEA کاربردی است که در آن فرض می‌شود که هر DMU از دو DMU فرعی تشکیل شده است که به صورت سری کار می‌کنند. در برخی سازمان‌ها شرایط به گونه‌ای است که تصمیم‌گیرنده مرکزی بر کل زنجیره نظارت دارد و می‌تواند برخی از موقعیت‌های مدیریتی را کنترل نماید. در مدل‌های تخصیص متمرکز منابع (CRA)کاهش کل مصرف ورودی‌ها به جای کاهش ورودی‌های هر DMU و همچنین افزایش کل خروجی‌ها به جای افزایش خروجی‌های هر DMU، به عنوان هدف مدیران مرکزی در نظر گرفته می‌شود [۳].

هدف اصلی این مقاله پیشنهاد یک مدل جدید تحلیل پوششی داده‌های متمرکز، با در نظر گرفتن ساختارهای درونی DMUها است. همچنین اکثریت قریب به اتفاق رویکردهای DEA فرض می‌کنند که واحدهای تصمیم‌گیری تحت ارزیابی، دارای استقلال کامل از نظر تخصیص منابع و برنامه‌ریزی تولید بر اساس ترجیحات فردی خود هستند. برخلاف مواردی که از یک مدیریت کاملاً غیرمتمرکز استفاده شده است، بررسی واحدها در این مطالعه بر روی رویکردهای DEA متمرکز است.

ساختار این مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. ابتدا مروری بر مقالات مربوطه در دو حوزه NDEA و CRA-DEA در بخش ۲ ارایه شده است. در بخش ۳، پیشینه نظری تحقیق شامل روش تحلیل پوششی داده‌های کلاسیک، NDEA و رویکردهای مختلف برای شاخص‌های میانی و مدل‌های کلاسیک DEA متمرکز توضیح داده می‌شوند. سپس در بخش ۴، رویکرد تحلیل پوششی داده‌های ساختار متمرکز ارایه می‌گردد. در ادامه در بخش ۵، نتیجه مدل پیشنهادی تحقیق با هدف تخصیص متمرکز منابع در گروه زمزم پیاده‌سازی می‌شود. در نهایت بخش ۶ شامل برخی نتایج و پیشنهادات است.

## ۲ پیشینه تجربی

مدل‌های مختلف DEA شبکه‌ای جهت اندازه‌گیری کارایی توسعه داده شده است که با توجه به دیدگاه‌های مختلف، دسته‌بندی‌های متفاوتی دارند. عمرانی و سلطان‌زاده (۲۰۱۶)، یک مدل شبکه‌ی پویا با رویکرد DEA پیشنهاد کرده‌اند که کارایی سیستم و فرآیندهای داخلی آن را در طول زمان، به طور همزمان اندازه‌گیری می‌کند. آن‌ها کارایی هشت شرکت هواپیمایی ایرانی را در چندین دوره توسط جریان‌های انتقالی به کمک این مدل اندازه‌گیری نمودند و نتایج را با مدل های DEA پویا و DEA شبکه ای در یک بازه زمانی مقایسه کردند [۴].



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

کلانتری و فرضی‌پور صائن (۲۰۱۷)، در مقاله‌ای یک مدل DEA شبکه پویا را برای ارزیابی پایداری زنجیره‌های تامین در دوره‌های مختلف معرفی نمودند و علاوه بر آن، یک مدل شبکه معکوس DEA را در زمینه پویا معرفی کردند [۵]. شاو و همکاران (۲۰۱۹)، یک تحلیل تجربی برای ارزیابی عملکرد پویای زنجیره تولید کک منطقه‌ای چین از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ با استفاده از NDEA انجام داده‌اند. این مطالعه از طریق اتخاذ معیار SBM در تحلیل پوششی داده‌ها و یک چارچوب معروف DEA شبکه پویا، زنجیره تولید کک را در یک فرآیند سه مرحله‌ای ساده کرده است و تعاملات بین واسطه‌ها را در هر مرحله نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، در مراحل تامین کک، بالاترین و بدترین سطح بازدهی در مناطق چین مشخص گردید. همچنین از نظر کارایی یکپارچه کل زنجیره تامین، استان‌های چین رتبه‌بندی شدند [۶]. فتحی و فرضی‌پور صائن در سال ۲۰۱۸ برای اولین بار یک مدل NDEAرا برای مقابله با اتصالات دو طرفه توسعه داده‌اند. همچنین برای اولین بار، اتصالات به صورت محدود در نظر گرفته شده است. در اتصالات کران‌دار، برای هر معیار، حد و مرزهای مشخصی تعیین می‌شود. آنها در این مطالعه پایداری شعب یک شرکت حمل و نقل ایرانی را ارزیابی کرده‌اند. مدل آنها می تواند زنجیره‌های تامین توزیعی را رتبه‌بندی کرده و راه حل‌های بهبود را توصیه کند [۷]. امینی و همکاران (۲۰۲۱)، یک مدل NDEA چند لایه فازی تعمیم‌یافته (GFML-NDEA) با شاخص‌های ترکیبی مبتنی بر (GFML-NDEA-CI)را برای ترکیب ساختارهای سلسله مراتبی شاخص‌ها در محدوده NDEA دو مرحله‌ای خاص پیشنهاد کرده‌اند. آنها برای نشان دادن سودمندی مدل GFML-NDEA-CI پیشنهادی، کارایی سیستم بودجه‌ریزی مبتنی بر عملکرد (PBB) را در ۱۴ سازمان دولتی ایران مورد ارزیابی قرار دادند. قدرت تمایز مدل چند مرحله‌ای پیشنهادی با مشاهده این‌که انحراف استاندارد نمرات کارایی برای سطوح امکان ۰، ۰/۵ و ۱ افزایش و پراکندگی اطلاعات کاهش‌یافته است، مشخص می‌گردد. بنابراین نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی نمرات قابل اعتمادتری به‌دست آورده است [۸]. کائو (۲۰۲۰) در پژوهشی با در نظر گرفتن داده‌های منفی در PPS، یک مدل شعاعی را تعمیم و ارایه نموده است و این مدل را به یک سیستم دو مرحله‌ای گسترش داده است. او با استفاده از مدل پیشنهادی کارایی برای کل سیستم (بدون در نظر گرفتن زیر فرآیندها) و سیستم دو مرحله‌ای را، برای بیست و نه زنجیره تامین تولید تجهیزات پزشکی، محاسبه کرده است. مقایسه بین نتایج به‌دست آمده نشان داد که کارایی سیستم محاسبه‌شده از مدل دو مرحله‌ای کمتر از مدل کلی بدون در نظر گرفتن فعالیت‌های داخلی سیستم است [۹]. ملائیان و همکاران (۲۰۲۲)، کارایی کلی DMU سه مرحله‌ای را با پیشنهاد یک مدل DEA شبکه تحلیل می‌کنند. در مدل آن‌ها مرحله اول و دوم تحت بازده ثابت به مقیاس و مرحله آخر تحت فناوری تولید بازده به مقیاس متغیر قرار دارد [۲].

فانگ (۲۰۱۳)، یک مدل تخصیص منابع متمرکز تعمیم‌یافته جدید را معرفی کرد که مدل‌های لوزانو و ویلا و اسمیلد و همکاران را به یک مورد کلی‌تر گسترش داده و به منظور شناسایی ناکارایی‌ها در مدل تخصیص منابع متمرکز تعمیم‌یافته، کارایی ساختاری را برای تجزیه بیشتر آن به سه جزء اعمال کرد: کارایی فنی کل، کارایی تخصیصی کل و مولفه‌های کارایی قابل انتقال مجدد. مدل‌های پیشنهادی تقریبا انعطاف‌پذیر بوده تا تصمیم‌گیرنده مرکزی بتواند ورودی‌ها و خروجی‌ها را برای دستیابی به انقباض کل ورودی تنظیم کند، و منابع این انقباض کل



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

ورودی را نیز شناسایی نماید، در نتیجه باعث ایجاد تفسیر و درک مهم از مدل متمرکز تعمیم‌یافته شد [۱۰]. ورماز و همکاران (۲۰۱۳) چارچوبی را برای چگونگی ایجاد انگیزه با موضوع عملکرد بهتر واحدهای سازمان‌های چندواحدی که تحت مدیریت متمرکز عمل می‌کنند، پیشنهاد کرده‌اند. در رویکرد آنها محاسبه شکلی از ابرکارایی برای هر واحد با استفاده از یک نوع مدل تخصیص متمرکز منابع (CRA-DEA) لوزانو و ویلا (۲۰۰۴) ارایه شده است. آنها از این اندازه‌گیری ابر کارایی در چارچوب فرمول مبتنی بر DEA پیشنهاد شده توسط بوجتافت (۱۹۹۷) به عنوان مبنایی برای محاسبه تخصیص منابع به واحدها برای تشویق آنها به عملکرد بهتر استفاده کردند [۱۱]. ایراد کلیدی در رویکرد آنها این بود که اندازه‌گیری ابر کارایی تأثیر یک واحد بر کل سیستم را به درستی دریافت نمی‌کرد، زیرا سیستم به روشی پایدار تعریف نشده بود. برای رفع این نقص، افشاریان و همکاران (۲۰۱۷)، رویکرد آنها را گسترش داده‌اند. در مرحله اول، آن‌ها تاثیر یک واحد را بر کل سیستم به شیوه ای پایدار در مدل ارزیابی DEA در نظر گرفته‌اند و سپس، تأثیر را بر سیستم واحدها با توجه به اینکه مرز کارای کل سیستم با و بدون هر واحد در نظر گرفته شده متفاوت است، اندازه‌گیری کرده‌اند. آن‌ها با شناسایی کاستی‌ها در رویکرد قبلی از آن به عنوان نقطه شروعی برای توسعه یک سیستم جدید مبتنی بر DEA برای تشویق واحدهای عملیاتی برای عملکردی به نفع سیستم کل واحدها استفاده کردند. در نهایت داده‌های یک بانک آلمانی کوچک برای نشان دادن این روش استفاده شده است [۱۲]. در چارچوب DEA، حکیم و همکاران (۲۰۱۶) یک فرمول دو سطحی برای تخصیص منابع متمرکز تحت محدودیت‌های کارایی پیشنهاد کردند. مدل آن‌ها جهت سنجش اثربخشی سازمانی (کل خروجی ها منهای کل ورودی‌ها) بهینه شده است و در عین حال سعی در بهبود کارایی همه DMU ها دارد. آن‌ها ثابت کردند که مدل DEA دو سطحی را می توان به یک مساله بهینه‌سازی یک سطحی تبدیل کرد [۱۳]. روسنا و همکاران (۲۰۲۰)، یک مدل فاصله جهت دار را برای تخصیص کارآمد منابع، زمانی که یک تصمیم‌گیرنده متمرکز بر همه واحدها نظارت دارد پیشنهاد کرده‌اند. مدل آن‌ها جهت تخصیص کمک‌های مالی از یک دولت سطح بالا به شهرداری‌های تحت صلاحیت آن طراحی شده است. هدف از مدل آن‌ها بهینه‌سازی تخصیص کمک‌های مالی در بین شهرداری‌ها با در نظر گرفتن معیارهای کارایی، اثربخشی و عدالت مالی افقی است. مدل آن‌ها برای تخصیص کمک های مالی جاری در جامعه خودمختار ناوار در شمال اسپانیا اعمال شده است [۱۴]. یدالهی و همکاران (۲۰۲۱)، یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه متمرکز را پیشنهاد کرده‌اند که مدل تحلیل پوششی داده متمرکز را با امکان کوچک‌سازی و تحلیل پوششی داده‌های شبکه دو مرحله‌ای ترکیب کرده است. همچنین پژوهش آن‌ها وضعیتی را در نظر گرفته است که در آن ورودی‌های مشترک در هر مرحله به طور مشترک مصرف می‌شوند. همچنین فرض شده است که می‌توان برخی از خروجی‌ها را با استفاده از ورودی‌های جداگانه در مراحل اول و دوم تولید کرد. مدل پیشنهادی آن‌ها در یک مثال تجربی از بیست نماینده فروش در دو استان گلستان و مازندران به‌کار گرفته شده است. نتایج این مطالعه، اطلاعاتی برای تصمیم‌گیرندگان متمرکز در مورد نحوه تخصیص مجدد منابع بین واحدها ارایه می‌کند [۱۵]. افشاریان و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه ای دیگر مروری بر رویکردهای DEA با استفاده از یک مجموعه وزن مشترک (CSW) بر اساس مقایسه جنبه‌های تمرکز در زمینه‌های تئوری سازمان و ادبیات DEA داشته‌اند. همچنین



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

طرحی برای طبقه‌بندی رویکردهای DEA مربوطه با توجه به روشی که وزن‌های ورودی/خروجی را در نظر می‌گیرند، استخراج کردند [۱۶]. لوزانو و کنتراس (۲۰۲۲)، یک رویکرد جدید برنامه‌ریزی آرمانی (lexGP) با استفاده از سه سطح اولویت پیشنهاد دادند که شامل: هدف کل مصرف ورودی و تولید خروجی، هدف ورودی و خروجی هر واحد عملیاتی و کارایی فنی اهداف محاسبه‌شده می‌گردد. فرض بر این است که اهداف کل سازمان توسط تصمیم‌گیرنده مرکزی (CDM) ایجاد شده و با اهداف واحدهای عملیاتی منطبق است. این رویکرد در سیستم دانشگاه دولتی اسپانیا که شامل ۴۷ موسسه است، اعمال شده است. با توجه به اولویت‌های CDM از نظر اهداف کل ورودی و خروجی و وزن‌های اهمیت نسبی، اهداف کارآمد فنی خاصی برای هر دانشگاه محاسبه شده است. نتایج حاکی از آن است که رویکرد پیشنهادی مناسب‌تر از رویکرد DEA غیرمتمرکز است و اهدافی را تولید می‌کند که مؤثرتر از سایر رویکردهای تخصیص منابع متمرکز هستند، به این معنا که هم به اهداف کل CDMو هم به اهداف خاص از هر دانشگاه نزدیک‌تر هستند [۱۷].

شفیعی و همکاران (۱۴۰۰)، با استفاده از برنامه‌ریزی دوسطحی، مدل جدیدی جهت تخصیص مجدد منابع در واحدهای با ساختار شبکه موازی ارایه نموده‌اند. این مدل در صنعت پتروشیمی برای محاسبه تخصیص عادلانه و بهینه منابع به کار برده شده است [۱۸]. محمدی اردکانی و افخمی اردکانی (۱۳۹۷) مدلی شبکه‌ای موازی در حالت عدم اطمینان داده‌ها جهت ارزیابی عملکرد شعب بانک‌های خصوصی ارایه کرده‌اند. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که با کاهش سطح اطمینان مدل و افزایش سطح خطا، کارایی DMU ها کاهش بیشتری دارد. این مدل قدرت تفکیک‌پذیری بیشتری نسبت به مدل‌های سنتی دارد و با ایجاد انحراف در داده‌ها، انحراف کمتری را در نتایج نشان می‌دهد [۱۹]. قیصری و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای و روش اندرسون- پیترسون کارایی پالایشگاه‌های گاز ایران را محاسبه نموده و آنها را رتبه‌بندی نمودند. سپس با استفاده از شاخص بهره‌وری مالم‌کوئیست روند رشد یا پسرفت کارایی واحدها را طی سه سال متوالی بررسی نمودند [۲۰].

در سال‌های اخیر با وجود این‌که کارایی زنجیره‌های تامین بسیار مورد توجه قرار گرفته است و از DEA برای بررسی ابعاد مختلف و متنوع در این حوزه استفاده شده است، ولی اغلب این مطالعات بر روی شبکه‌های غیرمتمرکز بوده و کارایی فردی DMU ها با استفاده از مدل‌های کلاسیک DEA محاسبه و ارزیابی شده‌اند و به ندرت از مدل‌های تخصیص متمرکز منابع با در نظر گرفتن ساختار داخلی DMUها استفاده شده است. نادیده گرفتن ساختارهای داخلی DMU ها باعث شده است تا نتوانیم بسیاری از شرایط مسایل دنیای واقعی را در نظر بگیریم. با توجه به شکاف‌های موجود (عدم بررسی کارایی کل زنجیره تامین از دیدگاه مدیران مرکزی و در نظر گرفتن DMU ها به عنوان جعبه سیاه) در این پژوهش به بررسی کارایی کل زنجیره تامین بر پایه مدل‌های تخصیص متمرکز منابع با در نظر گرفتن ساختارهای درونی DMU ها پرداخته شده است.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

**جدول ۱.** خلاصه مطالعات پیشین

| ردیف | نویسندگان | سال | ورودی یا خروجی-محور | بازده به مقیاس | شعاعی یا غیرشعاعی | متمرکز یا غیر متمرکز | نوع ساختار DMUها |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | عمرانی و سلطان‌زاده | ۲۰۱۶ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس ثابت | شعاعی | غیرمتمرکز | شبکه دومرحله‌ای پویا |
| ۲ | کلانتری و فرضی‌پور صائن | ۲۰۱۷ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس متغیر | غیرشعاعی | غیرمتمرکز | شبکه دومرحله‌ای پویا |
| ۳ | شاو و همکاران | ۲۰۲۰ | ورودی و خروجی-محور | بازده به مقیاس ثابت | غیرشعاعی | غیرمتمرکز | شبکه سه مرحله‌ای |
| ۴ | فتحی و فرضی‌پور صائن | ۲۰۱۸ | ورودی و خروجی-محور | بازده به مقیاس ثابت | غیرشعاعی | غیرمتمرکز | شبکه دومرحله‌ای |
| ۵ | امینی و همکاران | ۲۰۲۱ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس ثابت | شعاعی | غیرمتمرکز | شبکه سلسله مراتبی |
| ۶ | کائو | ۲۰۲۰ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس ثابت | شعاعی | غیرمتمرکز | شبکه دومرحله‌ای |
| ۷ | ملائیان و همکاران | ۲۰۲۲ | ورودی‌محور | مرحله اول و دوم بازده به مقیاس ثابت، مرحله سوم بازده به مقیاس متغیر | شعاعی | غیرمتمرکز | سه مرحله‌ای |
| ۸ | فانگ | ۲۰۱۳ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس متغیر | شعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۹ | ورماز و همکاران | ۲۰۱۳ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس متغیر | شعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۱۰ | افشاریان و همکاران | ۲۰۱۷ | ورودی‌محور | بازده به مقیاس متغیر | شعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۱۱ | حکیم و همکاران | ۲۰۱۶ | ورودی و خروجی-محور | بازده به مقیاس متغیر | شعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۱۲ | آروسنا و همکاران | ۲۰۲۰ | ورودی و خروجی-محور | بازده به مقیاس متغیر | غیرشعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۱۳ | یدالهی و همکاران | ۲۰۲۱ | ورودی و | بازده به | غیرشعاعی | متمرکز | شبکه |



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

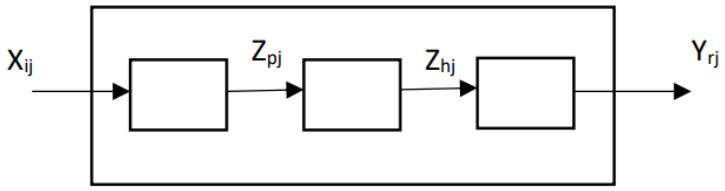
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | خروجی-محور | مقیاس متغیر | | | دومرحله‌ای |
| ۱۴ | لوزانو و کنتراس | ۲۰۲۲ | ورودی و خروجی-محور | بازده به مقیاس متغیر | غیرشعاعی | متمرکز | یک مرحله‌ای |
| ۱۵ | این مقاله | - | ورودی و خروجی-محور | مرحله اول بازده به مقیاس ثابت، مرحله دوم و سوم بازده به مقیاس متغیر | فاز اول شعاعی، فاز دوم غیرشعاعی | متمرکز | شبکه سه مرحله‌ای |

## ۳ پیشینه نظری تحقیق

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) یک روش ناپارامتریک، مبتنی بر برنامه ریزی خطی، برای ارزیابی کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری همتا (DMUs) است. دو مدل اساسی DEA عبارتند از CCR [۱] و BCC [۲۱] که به ترتیب بر فرضیات بازده ثابت به مقیاس (CRS) و بازده متغیر به مقیاس (VRS) تاکید دارند.

### ۳-۱ تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

در یک DMU چندبخشی وقتی فعالیت واحدها در امتداد یکدیگر قرار می‌گیرد و خروجی یک زیربخش ورودی زیربخش دیگر می‌شود، سیستم، ساختارشبکه سری دارد. در این حالت ورودی کل سیستم به بخش اول وارد می‌شود و خروجی نهایی سیستم از آخرین بخش خارج می‌شود. یک توصیف گرافیکی از سیستم شبکه‌ای سری در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل ۱.** ساختار شبکه سری سه مرحله ای

کائو(۲۰۱۴) برای ارزیابی DMU چندبخشی که بخش‌های آن ساختار سری دارند، مدل زیر را پیشنهاد داده است [۲۲]:



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

$$E_k = Max \sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rk} \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{m} v_i X_{ik} = 1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p^{1} z_{pj}^{1} - \sum_{i=1}^{m} v_i X_{ij} \le 0, \qquad j = 1,...,n$$

$$\sum_{p=1}^{q} w_p^{t} z_{pj}^{t} - \sum_{p=1}^{q} w_p^{t-1} z_{pj}^{t-1} \le 0, \quad j = 1,...,n, t = 2,...,h-1$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r Y_{rj} - \sum_{p=1}^{q} w_p^{h-1} z_{pj}^{h-1} \le 0, \quad j = 1,...,n$$

$$u_r, v_i, w_p^t \ge \varepsilon, r = 1...s, i = 1...m, p = 1...q, t = 1...h-1$$

به منظور فرمول‌بندی واضح مدل‌ها، متغیرها و پارامترهای اصلی در جدول ۲ آورده شده است.

**جدول ۲.** نمادهای استفاده‌شده در مدل‌ها

| نمادها | توضیح |
|---|---|
| $i = 1,...,m$ | مجموعه ورودی‌ها |
| $r = 1,...,s$ | مجموعه خروجی‌های سیستم |
| $p = 1,...,q$ | مجموعه شاخص‌های میانی |
| $t = 1,...,h-1$ | مجموعه زیرسیستم های هر DMU |
| $E_k$ | کارایی $DMU_k$ |
| $\theta$ | ضریب کاهش ورودی‌ها |
| $\delta$ | ضریب کاهش شاخص‌های میانی |
| $\varphi$ | ضریب افزایش خروجی‌ها |
| $\lambda_{jl}$ | ضریبی از منابع $DMU_j$ که به عنوان الگویی برای $DMU_l$ معرفی می‌شود. |
| $s_i$ | متغیر کمکی مازاد ورودی‌ها |
| $t_r$ | متغیر کمکی کمبود خروجی‌ها |
| $v_i$ | متغیر وزن ورودی iام |
| $u_r$ | متغیر وزن خروجی rام |
| $w_p^t$ | متغیر وزن pامین شاخص میانی مربوط به tامین دوره |
| $X_{ij}$ | iامین ورودی متعلق به jامین DMU |
| $Y_{rj}$ | rامین خروجی مطلوب متعلق به jامین DMU |
| $Z_{pj}^t$ | pامین شاخص میانی دوره t متعلق به jامین DMU |



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

### ۳-۲ به‌کارگیری سناریوهای مختلف برای شاخص‌های میانی

در ساختارهای کلاسیک، مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) تنها از ورودی‌های خارجی و خروجی‌های نهایی در اندازه‌گیری عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری (DMUs) استفاده می‌کنند و عملیات داخلی آن‌ها نادیده گرفته می‌شود. بنابراین، این مدل‌ها نمی‌توانند به طور دقیق منبع ناکارآمدی داخل سازه‌ها را تعیین کنند [۲۲]. از طرف دیگر، یکی از مشکلات در مطالعه NDEA، محاسبه محصولات میانی هدف است [۲۳]. نویسندگان مختلف از رویکردهای متفاوتی برای این منظور استفاده کرده‌اند، بدون اینکه مشخص شود کدام رویکرد در چه موقعیتی و چرا مناسب است. حسن‌زاده و مصطفایی (۲۰۱۹)، شش سناریو مرتبط با مفهوم کنترل پیوند از طریق مراحل مختلف شناسایی کرده‌اند. این سناریوها کمک می‌کند تا محصولات میانی هدف در NDEA محاسبه شوند [۲۴] . این سناریوها عبارتند از:

۱. کنترل پیوند توسط مرحله قبل.
۲. کنترل پیوند توسط مرحله بعدی.
۳. کنترل پیوند توسط هر دو مرحله (رویکرد غیر تعاونی).
۴. کنترل پیوند توسط هر دو مرحله (رویکرد تعاونی).
۵. کنترل پیوند بدون مرحله (رویکرد تعاونی).
۶. کنترل پیوند بدون مرحله (رویکرد غیرهمکاری).

چهار مورد از این سناریوها شامل فرض "تداوم بین ارسال و دریافت مقدار پیوند" است. اما این فرض در مورد دو سناریو دیگر ساخته نشده است، و از این رو مقادیر هدف برای این سناریوها را نمی‌توان به طور منحصر به فرد مشخص کرد. محصولات میانی هدف $\left(\hat{z}^{(k,h)}\right)$ برای واحد مورد ارزیابی، بسته به سناریوهای مختلف، می‌تواند بیشتر یا کمتر یا مساوی با محصولات میانی فعلی باشد. یعنی $\hat{z}^{(k,h)} \leq = \geq z^{(k,h)}$. بنابراین، محدودیت های مربوط به محصولات میانی را می‌توان به صورت زیر نوشت:

**جدول ۳.** سناریوهای کنترل لینک‌ها برای شاخص‌های میانی

| سناریو | محدودیت متناظر |
|---|---|
| سناریو ۱ | $z_{lo}^{(k,h)} + s_{lz}^{k+} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |
| سناریو ۲ | $z_{lo}^{(k,h)} - s_{lz}^{k-} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |
| سناریو ۳ | $z_{lo}^{(k,h)} + s_{lz}^{k+} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k$<br>$z_{lo}^{(k,h)} - s_{lz}^{h-} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]
[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

| | |
|---|---|
| سناریو ۴ | $z_{lo}^{(k,h)} + s_{lz}^{k+} - s_{lz}^{k-} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |
| سناریو ۵ | $z_{lo}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k$<br>$z_{lo}^{(k,h)} = \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |
| سناریو ۶ | $\sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^k \geq \sum_{j=1}^{n} z_{lj}^{(k,h)} \lambda_j^h$ |

## ۳-۳ تحلیل پوششی داده‌های متمرکز

مدل تخصیص متمرکز منابع شعاعی ورودی‌محور [۲۵] شامل دو فاز است. در فاز اول این مدل یک کاهش متناسب برای همه‌ی ورودی‌ها خواهیم داشت و در فاز دوم کاهش بیشتر هر ورودی و یا افزایش هر خروجی را به ترتیب به وسیله متغیرهای مازاد ورودی و کمبود خروجی دنبال می‌نماییم.

فرض کنید $j = 1,2,...,n$ اندیس DMUها، $i = 1,2,...,m$ اندیس ورودی‌ها، $r = 1,2,...,s$ اندیس خروجی‌ها، $X_{ij}$ مقدار ورودی i ام مصرف شده و $Y_{rj}$ مقدار خروجی rام تولید شده توسط $DMU_j$ ، $\theta$ عامل کاهش شعاعی دست یافتنی برای ورودی‌ها، $S_i$ متغیرکمبود ورودی iام ، $t_r$ متغیر مازاد خروجی rام و $(\lambda_{1l}, \lambda_{2l}, ..., \lambda_{nl})$ بردار مربوط به تصویر کردن $DMU_1$ باشند.

فاز اول مدل تخصیص متمرکز ورودی محور شعاعی به شرح ذیل می‌باشد:

$$Min\ \theta \qquad (2)$$

$$s.t.$$

$$\sum_{l=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} x_{ij} \leq \theta \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \qquad ,i = 1,...,n$$

$$\sum_{l=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} y_{rj} \geq \sum_{j=1}^{n} y_{rj} \qquad ,r = 1,...,s$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} = 1 \qquad ,l = 1,...,n$$

$$\lambda_{jl} \geq 0 \qquad ,j = 1,...,n;\ l = 1,...,n$$

$$\theta\ free$$

مدل بالا، شامل $n^2 + 1$ مجهول و m+s+n محدودیت است. برای برخی ورودی‌ها، کاهش بیشتر و برای بعضی خروجی‌ها، افزایش بیشتر، معمولاً امکان‌پذیر است که آن‌ها این مقادیر را در متغیرهای کمبود ورودی و



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

مازاد خروجی در مدل فاز دوم می‌گیرند. فرض کنیم $\theta^*$ مقدار بهینه مدل فوق باشد، در این صورت فاز دوم مدل تخصیص متمرکز شعاعی ورودی محور به صورت زیرخواهد شد:

(۳)

$$Max \sum_{i=1}^{m} s_i + \sum_{r=1}^{s} t_r$$

$$s.t. \sum_{l=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} x_{ij} = \theta^* \sum_{j=1}^{n} x_{ij} - s_i \quad , i = 1,...,m$$

$$\sum_{l=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} y_{rj} = \sum_{j=1}^{n} y_{rj} + t_r \quad , r = 1,...,s$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl} = 1 \quad , l = 1,...,n$$

$$\lambda_{jl} \geq 0 \quad , j = 1,...,n, l = 1,...n$$

$$s_i \geq 0 \quad , i = 1,...,m$$

$$t_r \geq 0 \quad , r = 1,...,s$$

با حل فاز دوم مدل تخصیص ورودی متمرکز شعاعی، بردار $(\lambda_{11}^*, \lambda_{21}^*, ..., \lambda_{nl}^*)$ متناظر با هر DMU$_l$، به‌دست می‌آید. ورودی‌ها و خروجی‌ها برای این واحدها به صورت زیر محاسبه می‌گردند:

$$\hat{x}_{il} = \sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl}^* x_{ij} \quad , i = 1,...,m$$

$$\hat{y}_{rl} = \sum_{j=1}^{n} \lambda_{jl}^* y_{rj} \quad , r = 1,...,s$$

## ٤ تحلیل پوششی داده‌های متمرکز در ساختار شبکه‌ای

در بسیاری از موقعیت‌ها، در ارزیابی عملکرد زنجیره تامین، هیچ تصمیم‌گیرنده (DM) منحصر به فردی برای همه زیر واحدها وجود ندارد و هر زیر واحد ممکن است به صورت فردی ارزیابی شود. در مدل پیشنهادی، هر زیر واحد توسط یک تصمیم‌گیرنده منحصر به فرد کنترل می‌شود و هر کدام ممکن است از تکنولوژی تولید متفاوتی پیروی کنند. در این تحقیق فرض شده است که مرحله اول و دوم از بازده به مقیاس ثابت (CRS) پیروی می‌کنند و آخرین مرحله، بازده به مقیاس متغیر (VRS) دارد و بر این اساس، یک روش تخصیص منابع متمرکز پیشنهاد شده است که روش لوزانو و ویلا (۲۰۰۴) [۲۵] را به موارد کلی‌تر گسترش می‌دهد. فرض اصلی در این مطالعه این است که تمامی DMU ها تحت نظارت یک مدیریت مرکزی به منظور معرفی اهداف ورودی و خروجی برای همه واحدها در دوره تولید بعدی فعالیت می‌کنند.

بدین منظور یک DMU سه مرحله‌ای را مانند شکل ۲ به عنوان یک DMU شبکه فرض کنید. $X = (x_1,...,x_m)$ بردار ورودی اولیه DMU است و $Z = (z_1,...,z_k)$ محصولات میانی مرحله اول به مرحله دوم و مرحله دوم به مرحله سوم است. $Y = (y_1,...,y_s)$ خروجی مرحله نهایی DMU است. همچنین با گرفتن



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

فرض CRS برای مرحله اول و دوم و VRS برای مرحله آخر، مجموعه امکان تولید (PPS) مطابق با این فرض به صورت مدل (۴) خواهد بود. توسعه مدل پیشنهادی با فرم پوششی در نظر گرفته شده است. مناسب ترین سناریوها برای ارزیابی عملکرد شرکت زمزم به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

در پیوندهای بین کارخانه- انبار از سناریوی ۵ "کنترل پیوند بدون مرحله" استفاده شده است، زیرا کارخانه زمزم نقش هدایت‌کننده از خارج زنجیره تامین را در رابطه با انبار کارخانه و مقادیر لینک ارسالی از کارخانه به انبار را دارد و اعضای زنجیره نقشی در تعیین ارزش آنها ندارند. همچنین سناریوی ۲ "کنترل پیوند توسط مرحله بعدی" در پیوند بین انبار - آژانس استفاده شده است. زیرا نمایندگی‌ها با توجه به نیاز بازار، محصولات را از انبار سفارش می‌دهند و با مشتریان نهایی سروکار دارند. بنابراین آژانس‌ها مقدار لینک ارسالی را کنترل می‌کنند و از این رو از سناریوی کنترل لینک توسط مرحله بعد استفاده می گردد. لذا فاز اول مدل به صورت زیر ارایه می گردد:

$$Min \ \ (\delta - \varphi) \qquad (۴)$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۱}x_{ij} \le \sum_{j=۱}^{n}x_{ij} \qquad i = ۱,۲,...,m$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۱}z_{kj}^{۱۲} = \sum_{j=۱}^{n}z_{kj}^{۱۲} \qquad k = ۱,۲,....\mathrm{K}$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۲}z_{kj}^{۱۲} = \sum_{j=1}^{n}z_{kj}^{۱۲} \qquad k = ۱,۲,....\mathrm{K}$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۲}z_{hj}^{۲۳} = \sum_{j=۱}^{n}z_{hj}^{۲۳} \qquad h = ۱,۲,...,H$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۳}z_{hj}^{۲۳} = \delta\sum_{j=1}^{n}z_{hj}^{۲۳} \qquad h = ۱,۲,...,H$$

$$\delta \le ۱$$

$$\sum_{r=۱}^{n}\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۳}y_{cj} \ge \varphi\sum_{j=۱}^{n}y_{cj} \qquad c = ۱,۲,...,C$$

$$\varphi \ge ۱$$

$$\sum_{j=۱}^{n}\lambda_{jr}^{۳} = ۱ \qquad r = ۱,۲,...,\mathrm{n}$$

معمولا افزایش بیشتر برای برخی خروجی‌ها و یا کاهش بیشتر برخی ورودی‌ها امکان‌پذیر است که این مقادیر با حل فاز دوم مدل و به دست آوردن متغیرهای کمکی مشخص می شوند. بدین ترتیب، ابتدا مدل (۴) حل می‌شود و مقدار $\delta^*$ و $\varphi^*$ بهینه به‌دست می‌آید و سپس در فاز دوم مدل با استفاده از متغیرهای کمکی کاهش یا افزایش غیرشعاعی خواهیم داشت:



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

$$Max \quad \sum_{h=1}^{H} S_h^- + \sum_{c=1}^{C} S_c^+ \qquad (۵)$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{1} x_{ij} \le \sum_{j=1}^{n} x_{ij} \qquad i = 1,2,...,m$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{1} z_{kj}^{12} = \sum_{j=1}^{n} z_{kj}^{12} \qquad k = 1,2,....\mathrm{K}$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{2} z_{kj}^{12} = \sum_{j=1}^{n} z_{kj}^{12} \qquad k = 1,2,....\mathrm{K}$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{2} z_{hj}^{23} = \sum_{j=1}^{n} z_{hj}^{23} - S_h^- \qquad h = 1,2,...,H$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{3} z_{hj}^{23} = \delta^{*} \sum_{j=1}^{n} z_{hj}^{23} - S_h^- \qquad h = 1,2,...,H$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{2} z_{hj}^{23} = \sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{3} z_{hj}^{23} \qquad h = 1,2,...,H$$

$$\sum_{r=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{3} y_{cj} = \varphi^{*} \sum_{j=1}^{n} y_{cj} + S_c^- \qquad c = 1,2,...,C$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_{jr}^{2} = 1 \qquad r = 1,2,...,\mathrm{n}$$

از طریق حل مدل (۵) می‌توان مقادیر کمکی ورودی‌ها، خروجی‌ها و شاخص‌های میانی و همچنین واحدهای مرجع را به‌دست آورد.

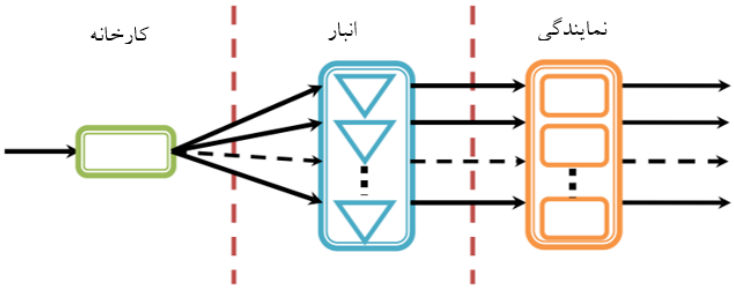
## ۵ پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی برای زنجیره تامین شرکت زمزم

در این بخش از یک مثال تجربی برگرفته از مقاله [۲۴] استفاده شده است تا سودمندی مدل پیشنهادی نشان داده شود و نتایج آن با مدل غیرمتمرکز ارایه شده در [۲۴] مقایسه شده است. گروه زمزم با ۱۰ زنجیره تامین زیر نظر هلدینگ صنایع غذایی سینا فعالیت می‌کند. از سوی دیگر، تولیدکننده‌ای به نام زمزم ایران وظیفه بازاریابی، توزیع و فروش کلیه محصولات تولیدی زنجیره‌های تامین زمزم را بر عهده دارد. بدین ترتیب، با سفارش تولیدکننده زمزم ایران، انواع محصولات تولید و در انبارهای داخلی ذخیره و سپس به نمایندگی های هر استان برای فروش به عمده فروشان، خرده فروشان، رستوران‌ها و ... در نقاط تعیین‌شده در سراسر کشور توزیع می‌شود. بنابراین زنجیره تامین شرکت زمزم شامل سه بخش در نظر گرفته شده است، که شامل تولیدکننده (مرحله ۱)، عمده فروش (مرحله ۲) و خرده فروش (مرحله ۳) می‌گردد. ساختار DMUها در شکل زیر نشان داده شده است.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]




**شکل ۲.** ساختار زنجیره تامین شرکت زمزم [۲۴]

ورودی‌های مرحله تولیدکننده عبارتند از شکر، افزودنی‌های مجاز (طعم‌دهنده‌ها)، میزان آب در هر نوشابه. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، بردار ورودی که وارد مرحله اول می‌شود با $(x_{1j}, x_{2j}, x_{3j})$ نمایش داده می‌شود. $z_{12}$ بردار خروجی است که تعداد نوشابه‌های ۳۰۰ و ۱۵۰۰ سی‌سی تولید شده را نشان می‌دهد. این مقدار از مرحله ۱ خارج‌شده و به عنوان ورودی وارد مرحله دوم می‌شود. $z_{23}$ بردار خروجی است که از مرحله ۲ خارج می‌شود و به عنوان ورودی به مرحله نهایی وارد می‌شود. این بردار نشان‌دهنده میزان فروش انواع نوشابه به نمایندگی‌ها است. بردار Y خروجی‌های مرحله آخر یعنی میزان فروش انواع نوشابه به مشتریان نهایی است.

جدول ۵ اطلاعات ورودی، خروجی و پیوند ۱۰ زنجیره تامین زمزم را نشان می‌دهد. جهت حفظ محرمانه بودن اطلاعات، از مقیاس نرمال شده استفاده شده است. لذا هیچ عددی واحد اندازه‌گیری ندارد [۲۴].

**جدول ٤.** شاخص‌های ارزیابی و نمادهای مرتبط

| نماد | تعریف |
|---|---|
| $X$ ۱ | شکر |
| $X$ ۲ | افزودنی (طعم‌دهنده) |
| $X$ ۳ | میزان آب در هر نوشابه |
| $Z$ ۱۲ | تعداد نوشابه های ۳۰۰ و ۱۵۰۰ سی سی |
| $Z$ ۲۳ | میزان فروش نوشابه به نمایندگی |
| $Y$ | میزان فروش نوشابه به مشتریان نهایی. |

خروجی فاز اول مدل تخصیص متمرکز شبکه به شرح زیر است:

$\varphi^* = ۱/۵۰۱$

$\delta^* = ۱/۰۰۰$

خروجی فاز دوم مدل تخصیص متمرکز شبکه در جدول ۶ آورده شده است.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

**جدول ۵.** اطلاعات ورودی، خروجی و پیوند ۱۰ زنجیره تامین زمزم

| واحد | کارخانه | | | | | | انبار | | | | نمایندگی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $X_{1_{3..}}$ | $X_{1_{15..}}$ | $X_{2_{3..}}$ | $X_{2_{15..}}$ | $X_{3_{3..}}$ | $X_{3_{15..}}$ | $Z_{12_{3..}}$ | $Z_{12_{15..}}$ | $Z_{23_{3..}}$ | $Z_{23_{15..}}$ | $Y_1$ | $Y_2$ |
| ۱ | ۱/۰۶ | ۱/۷۵ | ۱/۸ | ۱/۹۶ | ۱/۶۲ | ۱/۷۷ | ۶/۰۰ | ۱/۳۱ | ۲/۹۳ | ۸/۷۳ | ۳/۷۸ | ۱/۴۷ |
| ۲ | ۳/۳۵ | ۱۴/۲۰ | ۳/۷۶ | ۱۵/۹۷ | ۳/۳۸ | ۱۴/۳۶ | ۱۲/۵۵ | ۱۰/۶۴ | ۷/۱۳ | ۲۷/۸۵ | ۱۴/۸ | ۱۱/۲۷ |
| ۳ | ۸/۶۶ | ۲۵/۵۲ | ۹/۷۴ | ۲۸/۷۰ | ۸/۷۶ | ۲۵/۸۰ | ۳۲/۴۷ | ۱۹/۱۳ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۴ | ۱۷/۶۶ | ۴۹/۶۶ | ۱۹/۸۷ | ۵۵/۸۵ | ۱۷/۸۶ | ۵۰/۲۲ | ۶۶/۲۳ | ۳۷/۲۳ | ۳۴/۹۲ | ۱۱۸/۰۵ | ۶۴/۲۰ | ۳۵/۶۷ |
| ۵ | ۲/۹۲ | ۶/۱۱ | ۳/۲۸ | ۶/۸۷ | ۲/۹۵ | ۶/۱۸ | ۱۰/۹۴ | ۴/۵۸ | ۱۰/۱۹ | ۳۱/۵۸ | ۱۱/۷۰ | ۴/۶۱ |
| ۶ | ۵/۰۷ | ۱۱/۸۹ | ۵/۷۰ | ۱۳/۳۷ | ۵/۱۲۷ | ۱۲/۰۲ | ۱۹/۰۰ | ۸/۹۲ | ۱۵/۰۱ | ۵۴/۵۳ | ۱۵/۱ | ۷/۷۰ |
| ۷ | ۳/۲۸ | ۷/۰۷ | ۳/۶۹ | ۷/۹۵ | ۳/۳۲ | ۷/۱۵ | ۱۲/۲۹ | ۵/۳۰ | ۳/۸۲ | ۲۰/۰۷ | ۵/۸۱ | ۴/۱۰ |
| ۸ | ۰/۶۰ | ۶/۵۲ | ۰/۶۸ | ۷/۳۳ | ۰/۶۱ | ۶/۵۹ | ۲/۲۷ | ۴/۸۹ | ۲/۶۷ | ۱۴/۲۹ | ۳/۵۵ | ۴/۸۹ |
| ۹ | ۲/۳۱ | ۱۰/۲۸ | ۲/۶ | ۱۱/۵۶ | ۲/۳۴ | ۱۰/۳۹ | ۸/۶۷ | ۷/۷۱ | ۴/۶۴ | ۲۰/۴۳ | ۷/۸۰ | ۷/۷۵ |
| ۱۰ | ۲/۴۹ | ۲۷/۰۴ | ۲/۸۱ | ۳۰/۴۲ | ۲/۵۲ | ۲۷/۳۵ | ۹/۳۶ | ۲۰/۲۸ | ۶/۰۴ | ۶۶/۹۰ | ۸/۰۹ | ۱۹/۳۷ |

**جدول ٦.** نتایج فاز دوم مدل تخصیص متمرکز شبکه زنجیره تامین شرکت زمزم

| واحد | $Z_{23_1}$ | $Z_{23_2}$ | $Y_1$ | $Y_2$ |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۳/۹۴ | ۳۴/۱۲ | ۵/۲۶ | ۱۰/۳۵ |
| ۲ | ۶/۰۴ | ۶۶/۹۰ | ۸/۰۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۳ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۴ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۵ | ۵/۳۳ | ۲۱/۶۱ | ۱۲/۱۵ | ۹/۰۲ |
| ۶ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۷ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۸ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۹ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۱۰ | ۱۲/۰۱ | ۳۹/۹۷ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| مجموع | ۹۹/۳۸ | ۴۰۲/۴۲ | ۲۶۱/۳۳ | ۱۷۴/۳۳ |

نتایج به‌دست آمده از مدل شبکه غیرمتمرکز ارایه‌شده در [۲۴] در جدول ۷ آمده است.

این مقاله بهترین سطح از عوامل DMU را تعیین کرده است که نیاز به تعدیل دارند و در عین حال سطح کارایی کلی DMUها را بهبود می‌بخشد. این حالت ممکن است یک معیار برای واحد ارزیابی‌شده ایجاد کند و ممکن است پیشنهاد خوبی برای مدیران جهت اتخاذ تصمیمات بهتر باشد.

همان‌طور که در شکل ۳ و جداول ۵ و ۶ و ۷ مشخص شده است، با مقایسه مقادیر هر شاخص قبل و بعد از تخصیص و مجموع آن‌ها نتایج زیر به دست می آید:

در مدل متمرکز، در همه شاخص‌ها بیشترین تغییر مربوط به زنجیره تامین ۴ است و مقادیر شاخص‌ها برای زنجیره تامین ۳ در هر دو مدل هیچ تغییری نکرده است لذا این زنجیره تامین به عنوان الگوی کارا برای سایر زنجیره های تامین معرفی می‌شود.



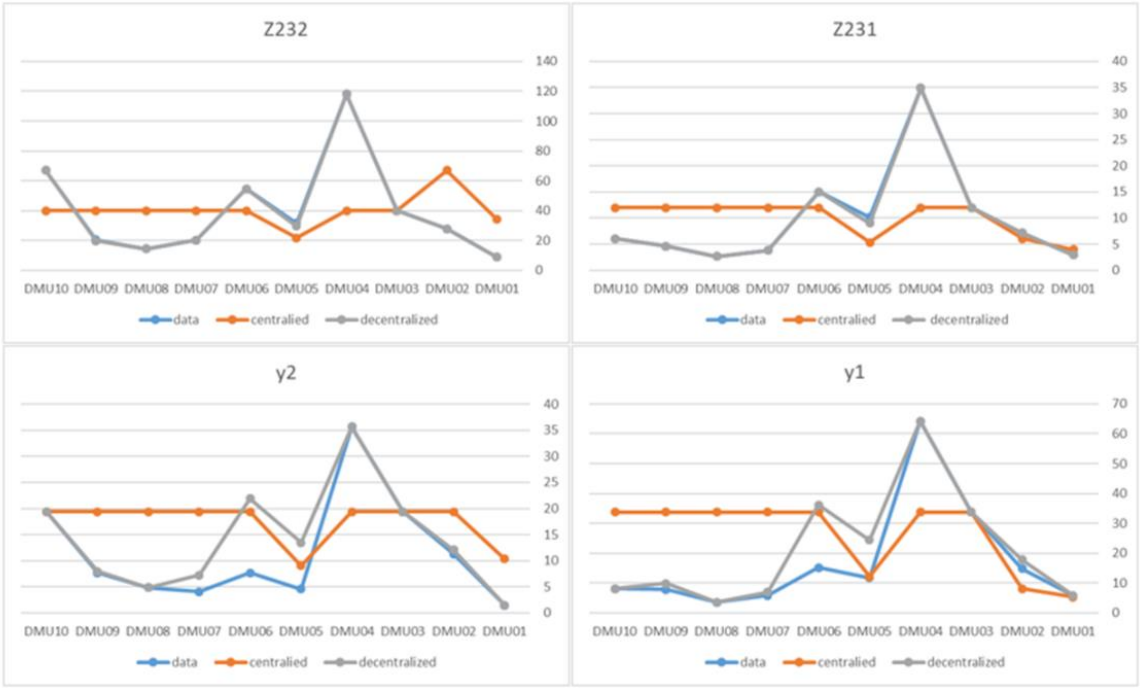
[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

با توجه به تخصیص مجدد منابع، شاخص‌های خروجی $Y$ ۱ و $Y$ ۲ به ترتیب قابلیت افزایش **۵۳** و **۵۰** درصدی را دارند. این درحالی است که در مدل غیرمتمرکز شاخص‌های خروجی $Y$ ۱ و $Y$ ۲ مجموعا هر کدام **۲۳** درصد افزایش دارند.

**جدول ۷.** نتایج مدل غیرمتمرکز [۲۴]

| واحد | کارایی سراسری شبکه | کارایی مرحله اول | کارایی مرحله دوم | کارایی مرحله سوم | $Z$ ۲۳$_1$ | $Z$ ۲۳$_2$ | $Y$ ۱ | $Y$ ۲ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲/۹۲ | ۸/۷۳ | ۵/۷۸ | ۱/۴۷ |
| ۲ | ۰/۹۴۸ | ۱ | ۱ | ۰/۸۸۰ | ۷/۱۲ | ۲۷/۸۵ | ۱۷/۷۵ | ۱۲/۰۸ |
| ۳ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱۲/۰۰ | ۳۹/۹۶ | ۳۳/۶۹ | ۱۹/۳۷ |
| ۴ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۳۴/۹۲ | ۱۱۸/۰۵ | ۶۴/۲۰ | ۳۵/۶۷ |
| ۵ | ۰/۵۸۵ | ۱ | ۰/۹۰۹ | ۰/۳۶۳ | ۸/۹۸ | ۲۹/۵۹ | ۲۴/۴۲ | ۱۳/۴۲ |
| ۶ | ۰/۶۰۷ | ۱ | ۱ | ۰/۳۸۲ | ۱۵/۰۱ | ۵۴/۵۲ | ۳۶/۰۸ | ۲۱/۹۰ |
| ۷ | ۰/۸۴۰ | ۱ | ۱ | ۰/۶۷۷ | ۳۸/۲۵ | ۲۰/۰۶ | ۶/۸۹ | ۷/۲۲ |
| ۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۲/۶۷ | ۱۴/۲۸ | ۳/۵۵ | ۴/۸۹ |
| ۹ | ۰/۹۲۹ | ۱ | ۰/۹۷۲ | ۰/۸۵۵ | ۴/۶۳ | ۱۹/۶۹ | ۹/۸۹ | ۷/۹۳ |
| ۱۰ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۶/۰۳ | ۶۶/۹۰ | ۸/۰۹ | ۱۹/۳۷ |
| مجموع | – | – | – | – | ۹۸/۱۵۷ | ۳۹۹/۶۹۱ | ۲۱۰/۳۶۷ | ۱۱۹/۲۹۲ |




**شکل ۳.** نقاط تصویر خروجی مدل متمرکز



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

با توجه به اینکه هماهنگی بین مرحله دو و سه در مدلسازی با رویکرد تعاونی در نظر گرفته شده است، لذا مجموع این شاخص در مدل متمرکز تغییری نداشته است (نمودار $Z_{23_1}$ و $Z_{23_2}$). با توجه به تخصیص مجددی که در واحدهای مختلف دیده می‌شود، زنجیره‌ها با ایجاد تغییرات و الگوبرداری از سایر واحدها پتانسیل افزایش خروجی نهایی (فروش نوشابه) را دارند. درصورتی که در مدل غیرمتمرکز با دیدگاه تعاونی، تغییری در نقاط تصویر بردار $Z_{23_1}$ و $Z_{23_2}$ ایجاد نمی‌شود.

با توجه به این‌که تخصیص منابع به گونه‌ای انجام شده است که کارایی کل افزایش یابد، مدیریت می‌تواند با در نظر گرفتن این مقادیر، نتایج به‌دست آمده را در برنامه‌ریزی راهبردی زنجیره‌های تامین مد نظر قرار دهد.

## ٦ نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مقاله حاضر کارایی کلی DMU سه مرحله‌ای را با پیشنهاد یک مدل DEA شبکه متمرکز تحلیل می‌کند. در این مدل مرحله اول و دوم تحت بازده به مقیاس ثابت (CCR) و همچنین مرحله آخر تحت فناوری تولید بازده متغیر به مقیاس (VRS) است. نمایندگی‌ها با توجه به نیاز بازار محصولات را از انبار سفارش می‌دهند زیرا نمایندگی‌ها با مشتریان نهایی سروکار دارند لذا در مدل ارایه‌شده مناسب‌ترین سناریو در جدول ۲ برای مرحله اول سناریو ۵، و برای مرحله دوم سناریو ۲ می‌باشد.

در زنجیره‌های تامین، سازمان‌های متفاوتی در تصمیم‌گیری دخیل هستند. لذا هماهنگی بین اعضا نیاز به تلاش‌های فراوانی دارد. این مساله زمینه مناسبی برای محققان به وجود می‌آورد تا به مدلسازی جریان‌ها پرداخته و فرصت‌ها، نقاط ضعف و نقاط قوت را جهت بهبود در کل زنجیره شناسایی نمایند؛ به خصوص مواردی که نمی‌تواند از طریق هر عضو کانال به طور مستقل محقق شود، موضوع مطالعه می‌باشد. سناریوهای مطرح‌شده در این تحقیق برای مدلسازی لینک‌های ارتباطی در مدل شبکه DEA با دیدگاه مدیریت مرکزی، راهنمای مناسبی برای محققان است تا جریان‌های زنجیره تامین را مدلسازی کرده و فرصت‌هایی را برای بهبود در کل زنجیره شناسایی کنند.

یکی دیگر از مشکلاتی که می‌توان در مدیریت زنجیره تامین به آن اشاره کرد، ذخیره فریبنده است. این مشکل زمانی اتفاق می‌افتد که مشتری محصولی را می‌خواهد که علی‌رغم موجود بودن در زنجیره، امکان دسترسی مشتری به آن فراهم نیست. نتایج این مدل می‌تواند راهنمای مناسبی جهت رفع این مشکل باشد. همچنین توصیه می‌شود در تحقیقات آتی این مساله در دوره‌های زمانی متفاوت مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

توسعه مدل پیشنهادی با فرم پوششی در نظر گرفته شده است، این مدل را می‌توان برای در نظر گرفتن DMUها با ساختار چندمرحله‌ای بیشتر گسترش داد. در نهایت، روش ارایه‌شده را می‌توان برای در نظر گرفتن انواع دیگر داده‌های نادقیق، مانند داده‌های تصادفی، اعداد فازی و ... بهبود بخشید. برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود از این مدل برای ارزیابی پایداری سایر زنجیره‌های تامین مانند شرکت‌های توزیع برق و گاز، خطوط تولید و غیره استفاده شود.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

## منابع


[1] Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research, 2(6), 429-444.

[2] Mollaeian, E., Hosseinzade Lotfi, F., Toloie-Eshlaghy, A., Rostamy Malkhalifeh, M., & Kazemi, A. (2021). Congestion-Based Benchmarking and Accessing Sustainability in Network DEA, Case study: Nine Iranian T omato Paste Supply Chains. International Journal of Industrial Mathematics, 14(1), 15-28.

[3] Yu, M. M., & Hsiao, B. (2018). Single-phase slack-based centralized DEA for resource reallocation. International Transactions in Operational Research, 25(2), 737-751.

[4] Omrani, H., & Soltanzadeh, E. (2016). Dynamic DEA models with network structure: An application for Iranian airlines. Journal of Air Transport Management, 57, 52-61.

[5] Kalantary, M., & Saen, R. F. (2017). Assessing sustainability of supply chains: An inverse network dynamic DEA model. Computers & Industrial Engineering, 135, 1224-1238.

[6] Xia, P., Wu, J., Ji, X., & Xi, P. (2020). A DEA-based empirical analysis for dynamic performance of China's regional coke production chain. Science of The Total Environment, 717, 136890.

[7] Fathi, A., & Saen, R. F. (2018). A novel bidirectional network data envelopment analysis model for evaluating sustainability of distributive supply chains of transport companies. Journal of Cleaner Production, 184, 696-708.

[8] Amini, M. R., Azar, A., Eskandari, H., & Wanke, P. F. (2021). A generalized fuzzy Multiple-Layer NDEA: An application to performance-based budgeting. Applied Soft Computing, 100, 106984.

[9] Kao, C. (2020). Measuring efficiency in a general production possibility set allowing for negative data. European journal of operational research, 282(3), 980-988.

[10] Fang, L. (2013). A generalized DEA model for centralized resource allocation. European Journal of Operational Research, 228(2), 405-412.

[11] Varmaz, A., Varwig, A., & Poddig, T. (2013). Centralized resource planning and Yardstick competition. Omega, 41(1), 112-118.

[12] Afsharian, M., Ahn, H., & Thanassoulis, E. (2017). A DEA-based incentives system for centrally managed multi-unit organisations. European Journal of Operational Research, 259(2), 587-598.

[13] Hakim, S., Seifi, A., & Ghaemi, A. (2016). A bi-level formulation for DEA-based centralized resource allocation under efficiency constraints. Computers & industrial engineering, 93, 28-35.

[14] Arocena, P., Cabasés, F., & Pascual, P. (2020). A centralized directional distance model for efficient and horizontally equitable grants allocation to local governments. Socio-Economic Planning Sciences, 100947.

[15] Yadolladi, A. H., & Matin, R. K. (2021). Centralized resource allocation with the possibility of downsizing in two-stage network production systems. RAIRO-Operations Research, 55(4), 2583-2598.

[16] Afsharian, M., Ahn, H., & Harms, S. G. (2021). A review of DEA approaches applying a common set of weights: The perspective of centralized management. European Journal of Operational Research, 294(1), 3-15.

[17] Lozano, S., & Contreras, I. (2022). Centralised resource allocation using Lexicographic Goal Programming. Application to the Spanish public university system. Socio-Economic Planning Sciences, 101419.

[18] Shafiee M, Rostamy-Malkhalifeh M, Saleh H. Resource Re-Allocation at Network Units Using Bi-Level Data Envelopment Analysis. jor 2022; 19 (4) :1-16.( In Persian)

[19] Alimohammadi Ardekani M, Afkhami Ardekani M. Relative Efficiency Measurement of Banks Using Network DEA Model in Uncertainty Situation. jor 2019; 16 (1) :51-68.( In Persian)

[20] heisari H, Farajpour Khanaposhtani G, Alemi M. Measuring the Efficiency, Productivity and Ranking of the Iranian Gas Refineries Based on the Two-Stage Data Envelopment Analysis. jor 2018; 15 (2) :135-156.( In Persian)

[21] Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management science, 30(9), 1078-1092.

[22] Kao, C. (2014). Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis. European Journal of Operational Research, 232(1), 117-124.

[23] Chen, Y., Cook, W. D., Kao, C., & Zhu, J. (2014). Network DEA pitfalls: Divisional efficiency and frontier projection. In Data envelopment analysis (pp. 31-54). Springer, Boston, MA.

[24] Hassanzadeh, A., & Mostafaee, A. (2019). Measuring the efficiency of network structures: Link control approach. Computers & Industrial Engineering, 128, 437-446.




[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]

[25] Lozano, S., & Villa, G. (2004). Centralized resource allocation using data envelopment analysis. Journal of Productivity Analysis, 22(1-2), 143-161.

[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01 ]

[ DOI: 10.71773/jamlu-2024-1-2175 ]