دسترسی در سایتِ http://jnrm.srbiau.ac.ir
سال هشتم، شماره چهلم، بهمن و اسفند ۱۴۰۱
شماره شاپا: ۵۸۸-۲۵۸۸X

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

پژوهش‌های نوین در ریاضی

ارائه مدل ارزیابی کارایی زنجیره تامین بر مبنای جریان اطلاعات با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی

تهمینه نوحی تهرانی[۱]، مریم شعار[۲*]، صابر ساعتی مهتدی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۳] دانشیار، گروه ریاضی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۳

چکیده

توسعه سریع به سمت جهانی‌سازی، بازار رقابتی، پیشرفت چشمگیر فناوری و انتظارات زیاد مشتری، شرکت‌ها را در کاهش هزینه‌ها و افزایش مزیت‌های رقابتی خود ترغیب کرده است. یکی از مواردی که می‌تواند به دستیابی به مزیت رقابتی به شرکت‌ها کمک کند مدیریت زنجیره تامین می‌باشد. اطلاعات همچون رابطی بین تمامی فعالیت‌ها و عملیات-های درون یک زنجیره تأمین عمل می‌کنند. نوآوری این تحقیق را می‌توان در دو جنبه کاربردی و مدلسازی ریاضی نشان داد. به لحاظ جنبه کاربردی، با مرور ادبیات موضوع و بررسی کاربرد تحلیل پوششی‌داده‌های چندمرحله‌ای و شبکه‌ای در زنجیره تامین، مشخص گردید که تاکنون بیشتر به ارزیابی کارایی جریان‌های مالی و فیزیکی در ادبیات موضوع پرداخته شده است و شاخص‌ها بیشتر به دو جریان مالی و فیزیکی در زنجیره تامین مربوط می‌شود، بنابراین فضای تحقیقاتی بسیاری برای ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین وجود دارد. اندازه‌گیری کارایی جریان اطلاعات باید بخش جدایی‌ناپذیر مدیریت زنجیره تامین باشد. از این رو هدف این تحقیق، ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین می‌باشد. به لحاظ جنبه مدلسازی ریاضی، نوآوری تحقیق، در نظرگرفتن مدل شبکه و روابط برگشت‌پذیر در زنجیره تامین می‌باشد. با بررسی ادبیات موضوع، شاخص‌ها برای ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین تعیین و با روش دلفی فازی اعتبار شاخص‌ها بررسی شد. سپس واحد تصمیم گیرنده و ورودی‌ها و خروجی‌های مدل معرفی شدند. در این تحقیق جهت ارزیابی کارایی، از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی استفاده شد و جهت پیاده‌سازی مدل از نرم افزار GAMS استفاده شد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی، کارایی، مدیریت زنجیره تامین، جریان اطلاعات.

* عهده‌دار مکاتبات: Email: m_shoar@iau-tnb.ac.ir

۱- مقدمه

توسعه سریع به سمت جهانی‌سازی، بازار رقابتی، پیشرفت چشمگیر فناوری و انتظارات زیاد مشتری، شرکت‌ها را در کاهش هزینه‌ها و افزایش مزیت‌های رقابتی خود ترغیب کرده است. یکی از مواردی که می‌تواند به دستیابی به مزیت رقابتی به شرکت‌ها کمک کند مدیریت زنجیره تامین می‌باشد[۱]. زنجیره تامین، شبکه‌ای از سازمان‌ها است که با ارتباط بالادستی به پایین دستی در فرآیندها و فعالیت‌ها درگیر است و به صورت محصولات و خدمات ارائه شده به مشتری نهایی تولید ارزش می‌نماید [۲]. حرکت به سوی زنجیره تامین به عنوان یک مزیت رقابتی برای سازمان‌ها و واحدهای کسب وکار محسوب می‌شود [۳].

سازمان‌های تولیدی در تمام دنیا هر روز بیشتر از قبل به اهمیت یکپارچه شدن و پیوستن به زنجیره تامین‌کنندگان و مشتریان خود واقف شده‌اند تا توان رقابت خود را در بازارهای رقابتی حفظ کنند. این جریان تجربه‌های مدیریتی، باعث خلق مفهوم مدیریت زنجیره تامین به عنوان یکی از مهمترین مفاهیم وپارادایم‌های مدیریت جدید شده است [۴].

مدیریت زنجیره تامین به مجموعه‌ای از نگرش‌ها به منظور انسجام تولیدکنندگان،تأمین‌کنندگان، ذخایر و انبارها گفته می‌شود تا محصول در زمان مقرر، درمکان‌های درست و به مقدار مناسب تولید و توزیع شود و سطح خدمات درخواستی را با کمترین هزینه انجام دهد [۵]. اشتراک اطلاعات در میان شرکا معمولاً به عنوان یک عامل کلیدی برای افزایش عملکرد زنجیره تأمین در نظر گرفته می‌شود[۶]. برای پشتیبانی از فرایندهای تصمیم‌گیری، اطلاعات دقیق و قابل اعتماد لازم است [۷]. اطلاعات به موقع و دقیق، هماهنگ‌سازی و تصمیم‌گیری بهتر را تسهیل می‌کند. اطلاعات، پایه تصمیم‌گیری درباره چهار محرک دیگر زنجیره تأمین است. اطلاعات همچون رابطی بین تمامی فعالیت‌ها و عملیات‌های درون یک زنجیره تأمین عمل می‌کنند. اطلاعات در هر زنجیره تامین با دو هدف استفاده می‌شود: ۱. هماهنگ‌سازی فعالیت‌های روزانه مربوط به چهار محرک دیگر زنجیره تامین یعنی تولید، موجودی، موقعیت و حمل و نقل. ۲. پیش‌بینی و برنامه‌ریزی جهت برآورده ساختن تقاضای آینده. شرکت‌ها و زنجیره‌های تامینی که یاد بگیرند چگونه جهت رسیدن به کارکرد بهینه سایر محرک‌ها، از اطلاعات حداکثر استفاده را نمایند، در بلند مدت سهم بیشتری از بازار را به دست آورده و لذا سودآوری بیشتری خواهند داشت. همکاری در زنجیره تامین به هماهنگی نزدیک شرکت‌ها با هم بستگی دارد و این هماهنگی نیز هنگامی اثربخش خواهد بود که تمامی اعضا به اطلاعات مورد نیازشان به آسانی دسترسی داشته باشند [۸]. جریان اطلاعات در زنجیره تأمین به اندازه جریان‌های مادی و مالی برجسته است و از بین این سه جنبه یک زنجیره تأمین، جریان اطلاعات می‌تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد، زیرا زمینه‌ای برای جریان مداوم کالاها و امور مالی نیز فراهم می‌کند[۹]. ارزیابی کارایی، عامل کلیدی در بهبود کیفیت فرآیندها است و مبنایی برای ارتقا و توسعه برنامه‌های سازمان، واحد و افراد است. سیستم ارزیابی کارایی با توجه به ماهیت کار و سازمان متفاوت است [۱۰] . اهمیت قطعی جریان اطلاعات در عملکرد زنجیره تامین لزوم توجه به مدیریت رسمی را به وجود می آورد. اندازه گیری کارایی جریان اطلاعات باید بخش جدایی‌ناپذیر مدیریت زنجیره تامین باشد[۱۱].

مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[۲] در ارزیابی عملکرد بر اساس تفکر تولید به عنوان جعبه سیاه هستند به گونه‌ای که ورودی ها در این جعبه‌ها (واحدهای تصمیم‌گیری) به خروجی‌ها تبدیل می‌شوند؛ درحالی‌که فرآیند تبدیل واقعی

[2] Data Envelopment Analysis

عموما به‌صورت واضح مدل‌سازی نمی‌شوند. این مدل‌ها کارایی یک DMU [۳]را در مقایسه با دیگر واحدها می‌سنجند و کارایی نسبی آن را تعیین نموده و معین می‌کنند که برای رسیدن به مرز کارایی چه تغییراتی باید در ورودی‌ها و خروجی‌ها صورت گیرد؛ اما درون واحدهای تصمیم گیری به عنوان یک جعبه سیاه باقی می‌ماند و هیچ بررسی درون آن‌ها صورت نمی‌گیرد و فقط به ورودی‌های ابتدایی و خروجی‌های نهایی مدل نگاه می‌شود. تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) [۴]به مدیران هر کدام از واحدهای تصمیم‌گیری کمک می‌کند تا تمرکز بیشتری بر روی استراتژی افزایش کارایی مراحل منحصر به فرد فرآیند تولید داشته باشند. در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، به‌جای ساختار سلسله مراتبی فعالیت‌ها، از ساختار شبکه‌ای کمک گرفته شده است، برخلاف مدل تحلیل پوششی داده‌های معمولی، مدل تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای یک شکل استانداردی ندارد و بستگی به شبکه مورد بررسی دارد. در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، نتایج بسیار معنی‌دار و حاوی اطلاعات مفیدتری نسبت به رویکرد متداول جعبه سیاه که عملیات اجزای فرآیند نادیده گرفته می‌شود به دست می‌آید [۱۲].

هدف این تحقیق ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی می‌باشد. در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه تحقیق بیان می‌شود، سپس در بخش سوم مراحل انجام تحقیق (تعیین شاخص‌ها، بررسی اعتبار شاخص‌ها و معرفی واحد تصمیم‌گیرنده و ورودی‌ها و خروجی‌های مدل و مدلسازی ریاضی می‌باشد) بیان می‌شود، در بخش چهارم به حل مدل پرداخته و نتایج مدل بدست آمده ارائه می‌گردد و بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها اختصاص دارد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

اولین بار فارل در سال ۱۹۵۷ مدلی برای ارزیابی و محاسبه کارایی با ورودی‌های چندگانه و یک خروجی ارائه داد، تقریبا پس از دو دهه چارنز و همکاران در سال ۱۹۷۸ این تکنیک را برای چند خروجی تعمیم دادند و آن را تحلیل پوششی داده‌ها نامیدند [۱۳].

تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) روشی نو در ((تحقیق در عملیات)) است که برای سنجش کارایی نسبی به کار می‌رود . این روش روز به روز گسترش بیشتری یافته و کاربردهای گوناگونی پیدا می‌کند. تحلیل پوششی داده‌ها ضمن شناسایی بهترین عملکرد، اهدافی را برای بهبود عملکرد واحدهای ضعیف‌تر و الگوهایی به عنوان گروه مرجع برای واحدهای ناکارآمدتر، ارایه می‌کند [۱۴].

در تحلیل پوششی داده‌ها، کارایی بر مبنای مقایسه ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده با ورودی‌ها و خروجی‌های سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید. و در نهایت نقطه‌ای روی مرز کارایی پیدا می‌شود که واحد تصمیم‌گیرنده با آن مقایسه می‌شود. منظور از یک واحد تصمیم‌گیرنده، عبارت هست از واحدی که با دریافت بردار ورودی مانند $X=(x_1,\cdots,x_m)$ بردار خروجی مانند $Y=(y_1,\cdots,y_s)$ را تولید می‌نماید. و منظور از واحدهای تصمیم‌گیرنده متجانس عبارت است از واحدهایی که عمل مشابه دارند و با دریافت ورودی‌های مشابه خروجی‌های مشابه تولید می‌نمایند. n واحد تصمیم‌گیرنده DMU_j $(j=1,\cdots,n)$ که DMU_j با مصرف بردار ورودی $X_j=(x_{1j},\cdots,x_{mj})$ بردار خروجی $Y_j=(y_{1j},\cdots,y_{sj})$ را تولید می‌کند، را در نظر بگیرید. فرض کنید

[3] Decision Making Unit
[4] Network Data Envelopment Analysis

وزن‌هایی به صورت شکل (۱) به ورودی‌ها و خروجی‌ها نسبت داده‌ایم [۱۳]:

فرم مضربی CCR که با استفاده از تعریف کارایی نسبی حاصل گردید، به‌صورت زیر می‌باشد:

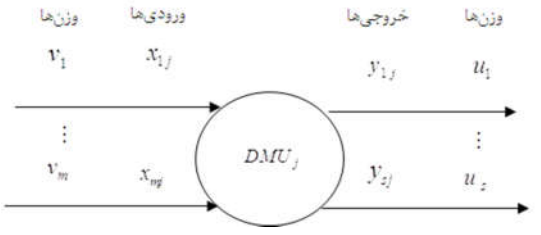
$$\begin{aligned} Max \quad & U^t Y_o \\ S.t. \quad & U^t Y_j - V^t X_j \le 0 \quad , j = 1,...,n \\ & V^t X_o = 1 \\ & U \ge 0 \ , \ V \ge 0 \end{aligned} \qquad (۱)$$

چنان‌چه در تحلیل پوششی داده‌ها کارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده کمتر از ۱ باشد، آن واحد قطعاً ناکارا می‌باشد و اگر کارایی یک واحد تصمیم‌گیرنده برابر۱ باشد، آن واحد کاندیدای کارای نسبی می‌باشد[۱۳].

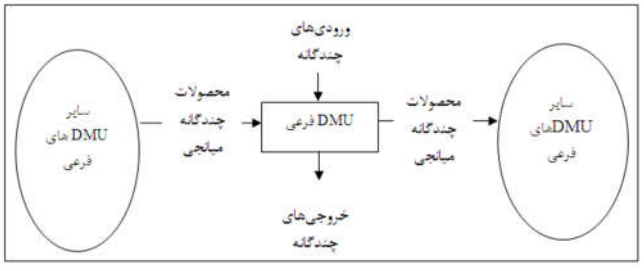
۲-۱- تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای

مدل‌های مرسوم تحلیل پوششی داده‌ها، در محاسبه کارایی سیستم های پیچیده و فرآیندهایی که متشکل از چند مرحله‌اند و دارای اندازه‌های میانی هستند، مشکل دارند و نمی‌توانند کارایی هر یک از فرآیندهای داخلی را به‌درستی محاسبه کنند [۱۵].

یکی از نقاط ضعف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی این است که این مدل‌ها فعالیت‌های درونی یا ارتباطی را نادیده می‌گیرند. در مدل های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، هر فعالیت باید متعلق به ورودی یا خروجی باشد ونمی‌تواند جز هر دو باشد. بنابراین معمولاً آن‌ها چندین مرحله برای ارزیابی در نظر می‌گیرند (استفاده از محصولات میانجی به‌عنوان خروجی‌ها در یک مرحله و به عنوان ورودی‌ها در مرحله دیگر) و نمی‌توانند محصولات میانجی را مستقیما در یک مرحله مورد بررسی قرار دهند. در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، هر واحد تصمیم‌گیرنده از دو یا چند واحد تصمیم‌گیرنده جزئی‌تر تشکیل شده است. هرمنبع توسط یک واحد تصمیم‌گیرنده فرعی مصرف شده و خروجی تولید شده به‌عنوان ورودی وارد واحد تصمیم‌گیرنده فرعی بعد می‌شود تا این‌که خروجی نهایی از واحد تصمیم‌گیرنده فرعی آخر خارج شود. شکل (۲) نمایی از واحدهای تصمیم‌گیرنده را در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای نمایش می‌دهد [۱۲].



شکل(۱): واحد تصمیم‌گیرنده و وزن‌ها [۱۳]



شکل(۲): نمای داخلی از DMU ها در تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای [۱۲]

۲-۲- پیشینه تحقیق

بخشی از مقالات بررسی شده جهت شناسایی شاخص‌های تاثیرگذار بر کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین در جدول (۱) ارائه شده است. و بخشی از مقالاتی که به منظور مروری بر ادبیات تحلیل پوششی داده‌های چندمرحله‌ای و شبکه‌ای در مدیریت زنجیره تامین بررسی گردیده در جدول (۳) ارائه شده است. در مقاله سالاری و همکاران [۱۶] فرایند خدمت‌دهی فروشگاه‌های اینترنتی به دو مرحله عرضه‌پذیری و سودآوری تقسیم شده است. بنابراین برای محاسبه کارایی از یک مدل دومرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود. براساس داده‌های جمع‌آوری شده، کارایی ۳۷ فروشگاه اینترنتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده شامل کارایی کلی فروشگاه‌های اینترنتی و کارایی مراحل عرضه‌پذیری و سودآوری می‌شود. با مشخص‌شدن کارایی مراحل عرضه‌پذیری و مرحله سودآوری، نقاط ناکارآمد فروشگاه مشخص شدند و راهکارهایی برای بهبود آن پیشنهاد شده است. در مقاله نیلچی و همکاران [۱۷] با نگاهی به ساختار فعالیت بانک‌ها در ایران، مدلی متشکل از پنج بخش مختلف ارائه شده که جریان امور را در بانک‌ها به تصویر می‌کشد. بر این اساس یک مدل ریاضی مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی این ساختار پنج بخشی ارائه و با بهره‌گیری از رویکرد فازی، روشی برای حل آن پیشنهاد شده است. در مقاله سلیمانی دامنه [۱۸] یک مدل چندهدفه مضربی که همزمان کارایی کل و کارایی مراحل را مدنظر قرار می‌دهد توسعه داده شده است. 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 دو مرحله کارا باشد. مدل‌های توسعه داده 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. مقاله واعظی و همکاران [۱۹] یک روش را برای اندازه‌گیری کارایی، رتبه‌بندی و خوشه‌بندی شبکه‌های پیچیده با در نظر گرفتن مرز دوگانه پیشنهاد می‌دهد. مدل پیشنهادی ساختار جعبه سیاه را باز می‌کند و اطلاعات مهمی در خصوص نقاط کارا و ناکارای شبکه ارائه می‌دهد. بدین منظور در این مقاله یک شبکه سه مرحله‌ای شامل ورودی‌ها و خروجی‌های اضافی مطلوب و نامطلوب در نظر گرفته می‌شود و از رویکرد همکارانه کارایی کل شبکه محاسبه می‌گردد. به دلیل اینکه هر نتیجه‌گیری که یکی از این دو دیدگاه خوشبینانه یا بدبینانه را شامل شود یکطرفه و ناقص خواهد بود، در این مقاله از مرز دوگانه جهت تحلیل شبکه استفاده می‌شود. همچنین با توجه به پیچیدگی مدل همکارانه، یک روش حل اکتشافی برای خطی سازی مدل‌های غیرخطی ارایه می‌گردد. پس از مشخص شدن نقاط کارا و ناکارای شبکه، از الگوریتم کامینز جهت خوشه‌بندی واحدها استفاده می‌شود. نهایتا در این مقاله به منظور کاربرد مدل پیشنهادی یک کارخانه تولید محصولات لبنی با یک منطقه تولید، یک منطقه انبار و یک منطقه تحویل شبیه‌سازی و بصورت پویا در ۲۴ دوره زمانی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هدف از پژوهش پیکانی و همکاران [۲۰]، ارائه یک سیستم ارزیابی عملکرد با قابلیت در نظر گرفتن ساختار شبکه‌ای زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده تحت عدم قطعیت داده‌ها می‌باشد. از این رو به منظور دستیابی به این هدف، از رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای و برنامه‌ریزی امکانی برای ارائه یک رویکرد تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی بهره گرفته شده است. لازم به ذکر

است که ساختار حاکم بر زنجیره ارزش در قالب سه مرحله شامل تحقیق و توسعه، ساخت و تست و در نهایت عملیات در نظر گرفته شده است. در نهایت رویکرد پیشنهادی پژوهش با استفاده از داده‌های مربوط به ده پروژه تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده در ایران پیاده‌سازی و اجرا گردید که نتایج حاکی از توانمندی و کاربردی بودن رویکرد پیشنهادی تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی می‌باشند. در مقاله قلیها و همکاران [۲۱]، عملکرد ایستگاه‌های مترو شهر تهران با لحاظ نمودن ساختار شبکه دومرحله‌ای که در آن مرحله اول نشان‌دهنده کارایی و مرحله دوم نشان‌دهنده اثربخشی آن می‌باشد، تعریف و سپس با توجه به وجود شاخص‌ها، ورودی وابسته به هم را در مرحله اول و دوم مدل‌های دومرحله‌ای را اصلاح نموده و مدل حاصل را برای ۷۱ ایستگاه مترو در شهر تهران به کار گرفته شد.

اگرچه مطالعات گسترده‌ای در مورد ارزیابی کارایی زنجیره تامین از طریق رویکرد کارت امتیازی متوازن (BSC) به ثبت رسیده است، اما این مطالعات بر روابط بین چهار دیدگاه رویکرد کارت امتیازی متوازن تاکید نمی‌کنند. مقاله شفیعی و همکاران [۲۲]، تلاشی است که بر این روابط، به‌ویژه روابط بازگشتنی یا قابل بازگشت تاکید می‌کند. برای این منظور، ابتدا، کلیه روابط بین چهار دیدگاه کارت امتیازی متوازن تعیین و سپس از رویکرد دیمتل برای دستیابی به ساختار شبکه استفاده گردید. در ادامه از ساختار شبکه مذکور برای ساخت مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه استفاده گردید. از آن‌جایی که محاسبه نمره ارزیابی کارایی با کارت امتیازی متوازن ممکن نبود، پس از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای چنین ارزیابی استفاده گردید. علاوه براین، پس از مرور ابزارهای مختلف برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین، رویکرد جدیدی متکی بر تحلیل پوششی داده‌های شبکه با رویکرد کارت امتیازی متوازن، تولید گردید. بالاخره، از این مدل در صنعت غذای ایران برای ارزیابی کارایی زنجیره‌های تامین استفاده گردید و نتایج بدست آمده کارایی بالای مدل طراحی شده را اثبات نمود.

در مقاله توانا و همکاران [۲۳]، یک روش تحلیل پوششی داده‌های دومرحله‌ای برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سه سطحی شامل تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان مطرح می‌شود. از روش پیشنهادی می‌توان تحت فرضیات بازده‌های ثابت نسبت به مقیاس و بازده‌های متغیر نسبت به مقیاس استفاده کرده و برای تحلیل جامع زنجیره‌های تامین چندسطحی آن را به‌راحتی پیاده نمود. یک مثال عددی مطرح می‌شود تا به وسیله آن کاربردپذیری روش پیشنهادی را شرح داده و کارایی و اثربخشی الگوریتم‌ها و رویه‌های پیشنهادی را نشان دهند. هدف اصلی مطالعه هوانگ و همکاران [۲۴]، ایجاد یک مدل تحلیل پوششی داده‌های هیبریدی برای اندازه‌گیری عملکرد یکپارچه و تقسیم‌بندی در زنجیره تامین است. برای آزمایش مدل پیشنهادی، عملکرد زنجیره تامین گردشگری در میان ۳۰ منطقه از چین مورد ارزیابی قرار گرفت.

باتوجه به بررسی مقالات مطرح شده در جدول (۳)، نوآوری این تحقیق را می‌توان در دو جنبه کاربردی و مدلسازی ریاضی نشان داد. به لحاظ جنبه کاربردی، با مرور ادبیات موضوع و بررسی کاربرد تحلیل پوششی داده‌های چند مرحله‌ای و شبکه‌ای در زنجیره تامین، مشخص گردید که تاکنون بیشتر به ارزیابی کارایی جریان های مالی و فیزیکی در ادبیات موضوع پرداخته شده است و شاخص‌ها بیشتر به دو جریان مالی و فیزیکی در زنجیره تامین مربوط می‌شود، بنابراین فضای تحقیقاتی بسیاری برای ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین وجود دارد.

جدول (۱): بخشی از مقالات بررسی شده جهت شناسایی شاخص‌های تاثیرگذار بر کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین

شاخص / نویسند	قابلیت دسترسی	قابلیت تفسیر	سازگاری	بهنگام بودن	مرتبط بودن	دقت	امنیت	قابلیت پذیرش	سودمندی	باورپذیری	تکرارپذیری	پاسخ‌دهی	جامعیت
[۱۱]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
[۲۵]		✓	✓	✓			✓			✓		✓	
[۲۶]	✓			✓			✓						
[۲۷]	✓												✓
[۲۸]	✓	✓		✓			✓					✓	
[۲۹]	✓				✓				✓				✓
[۳۰]	✓		✓			✓	✓	✓		✓		✓	✓
[۳۱]		✓					✓		✓				
[۳۲]	✓			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	
[۳۳]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
[۳۴]	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓			
[۳۵]	✓		✓				✓		✓				✓
[۳۶]	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
[۶]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓

جدول (۲) معرفی شاخص‌ها جهت بررسی کیفیت عملکرد جریان اطلاعات [۱۱]

شاخص	معیار
قابلیت دسترسی	دسترسی به اطلاعات، صفحه‌های دسترسی کاربرپسند، دسترسی شخصی شده یا سفارشی شده، انتخاب محتوای اطلاعاتی خود، هزینه‌های مرتبط با دسترسی به اطلاعات
قابلیت تفسیر	تعریف مشخصی از متغیرها در ارائه اطلاعات، طبقه‌بندی‌های قابل درک، در دسترس بودن توابع کمکی، در نظرگرفتن چندزبانگی
سازگاری	قابلیت قیاس، تطبیق با تغییرات در سطح سازمان، تعریف مشخص از فرایندهای ارائه اطلاعات
بهنگام بودن	زمان صرف شده برای بازیابی داده‌ها، ارائه به موقع داده‌ها، بازه زمانی بین دریافت و خواندن داده، بازه زمانی بین دریافت و پاسخ، گزارش داده‌های از دست رفته یا تاخیر در انتقال داده‌ها
مرتبط بودن	برآوردن نیازهای مربوط به ارائه داده‌ها، قدرت تطبیق محتوا با نیازهای آینده، بررسی منظم نیازهای اطلاعاتی، در نظر گرفتن اولویت‌های اطلاعاتی
دقت	صحت و درستی، تعداد تصحیح‌های مورد نیاز، وجود استانداردهای کیفی برای اطلاعات،کنترل سازگاری اطلاعات، برخورد با داده‌های نادرست، سطوح دقت خاص برای اطلاعات
امنیت	حفاظت در برابر دسترسی بدون مجوز، حفاظت در برابر تغییرات بدون مجوز، بکاپ‌گیری‌های منظم
قابلیت پذیرش	توافق همه کاربران با ارائه داده‌ها، تسهیل سفارشی‌سازی روش‌های ارائه اطلاعات، استفاده از روش‌های ارائه خاص برای کاربران خاص
سودمندی	سودمند برای کاربر، محو شدن استفاده از نمایش داده درطول زمان، سودمندی داده‌ها برای همه کاربران از سطح عملیاتی تا استراتژیک
باورپذیری	صحت داده‌ها، تعداد برخورد داده‌های غلط با هم، وجود نسخه‌های مختلفی از داده‌ها، جایگزین کردن داده‌های قدیمی‌تر با داده‌های جدیدتر

تکرارپذیری	تکرار پذیری داده‌ها درصورتی‌که در روز چندبار به‌صورت مجدد به‌وجود آمده‌اند، دوره اعتبار داده‌ها، تکرار پذیری داده‌ها درصورتی‌که از ابزارهای گزارشی مختلفی به‌صورت مجدد به وجود آمده‌اند
پاسخ‌دهی	تاخیر زمانی بین رخداد و گزارش انتقال یا تراکنش، به روزرسانی به‌موقع گزارش‌ها، به روزرسانی به موقع داده‌های انتقال یافته
جامعیت	داده‌های پوشش‌دهنده همه ابعاد مورد نیاز،گزارش‌ها/ اطلاعات پوشش‌دهنده الزامات همه سطوح سازمانی، توانایی آبشاری‌کردن در قالب شاخص عملکرد سطح بعدی

جدول (۳) بخشی از مقالات بررسی شده جهت مروری بر ادبیات کاربرد تحلیل پوششی داده‌های چندمرحله‌ای و شبکه‌ای در مدیریت زنجیره تامین

نویسنده	[۱۶]
شاخص	هزینه‌ها، سرمایه‌ها، کارمندان، بازدیدکنندگان، درآمدها، مشتریان
متدولوژی	مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی‌داده‌ها
نویسنده	[۱۷]
شاخص	هزینه غیرعملیاتی، هزینه آموزش، هزینه تبلیغات، کارانه مدیریت، هزینه عملیاتی، درآمد غیرمشاع، سپرده‌های دیداری، سپرده پس‌اندازو مشابه، سپرده سرمایه‌گذاری مدت‌دار، درآمد مشاع، معکوس مطالبات غیرجاری، سود خالص
متدولوژی	تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد فازی
نویسنده	[۱۸]
شاخص	نیروی انسانی، دارایی های ثابت، سپرده، سود
متدولوژی	توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای(NDEA) مضربی
نویسنده	[۱۹]
شاخص	ورودی‌ها: هزینه تولید، هزینه رزرو انبارها، هزینه نگهداری، باقیمانده کالا از دوره قبل، هزینه حمل کالا به نقاط تحویل. متغیرهای میانی و خروجی‌ها: مقدار کالای تولیدی، مقدار کالای تحویلی، هزینه حمل کالا به انبار، باقیمانده کالا برای دوره بعد، سود
متدولوژی	اندازه‌گیری کارایی یک شبکه سه مرحله‌ای با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن مرزدوگانه، ارائه یک روش حل اکتشافی برای خطی سازی مدل‌های غیرخطی، استفاده از الگوریتم کامینز جهت خوشه‌بندی واحدها، شبیه‌سازی
نویسنده	[۲۰]
شاخص	ابزار و تجهیزات، نیروی انسانی، مجموع هزینه‌ها، زمان صرف‌شده، محصول طراحی شده، محصول تایید شده، ارزش نهایی، درآمد فروش
متدولوژی	تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی
نویسنده	[۲۱]
شاخص	موقعیت مکانی، بودجه، پرسنل، تجهیزات، مساحت ایستگاه، میزان مسافران جابجا شده، رضایت مسافران
متدولوژی	طراحی مدل تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای جدید
نویسنده	[۲۲]
شاخص	شاخص‌های رشد و یادگیری، شاخص‌های کسب و کار داخلی، شاخص های مشتری و شاخص‌های مالی
متدولوژی	کارت امتیازی متوازن ، رویکرد دیمتل، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای
نویسنده	[۲۳]
شاخص	سرمایه، تجربه همکاری، هزینه حمل ونقل، تحویل به‌موقع، سطح تکنولوژی، فهرست موجودی، مقدار سفارش، سود سفارش
متدولوژی	در این مقاله یک روش تحلیل پوششی داده‌های دو مرحله‌ای برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سه سطحی مطرح می‌شود.
نویسنده	[۲۴]

شاخص	ورودی شعاعی (اولیه): معلمان آموزش گردشگری. ورودی غیر شعاعی: مدارس آموزش گردشگری، دارایی‌های ثابت هتل گردشگری، دارایی‌های ثابت آژانس مسافرتی، نقاط توریستی. میانی: کارمندان در هتل توریستی، کارمندان در آژانس مسافرتی، کارمندان در مقصد گردشگری، اتاق‌های فراهم شده برای اجاره، میهمانان پذیرفته شده توسط آژانس مسافرتی. خروجی: درآمد هتل توریستی، درآمد آژانس مسافرتی. خروجی: درآمد نقاط توریستی، تعداد گردشگران
متدولوژی	ایجاد یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه هیبریدی

اندازه‌گیری کارایی جریان اطلاعات باید بخش جدایی‌ناپذیر مدیریت زنجیره تامین باشد. از این رو هدف این تحقیق، ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین می‌باشد. به لحاظ جنبه مدلسازی ریاضی، نوآوری تحقیق، در نظر گرفتن مدل شبکه و روابط برگشت‌پذیر در زنجیره تامین می‌باشد.

۳- مراحل انجام تحقیق

۳-۱- معرفی شاخص‌ها جهت بررسی کیفیت عملکرد جریان اطلاعات

پس از بررسی مقالات به منظور شناسایی شاخص‌های تاثیرگذار بر کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین در جدول (۱)، شاخص‌ها و معیارهای مربوطه که جهت مقداردهی همه‌ی ورودی‌هاو خروجی‌ها استفاده شد، در جدول (۴) مشخص شده است.

۳-۲- تثبیت شاخص‌ها

پس از مرور ادبیات موضوع و شناسایی شاخص‌های ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در مدیریت زنجیره تامین، با استفاده از تکنیک دلفی فازی، اعتبار شاخص‌ها مشخص گردید. روش دلفی فازی در دهه ۱۹۸۰ میلادی توسط کافمن‌و گوپتا ابداع شد [۳۷]. در روش دلفی فازی، اطلاعات در قالب زبان نوشتاری از خبرگان دریافت شده و به صورت فازی تحلیل می‌شود [۳۸].

جدول (۴): ورودی‌ها و خروجی‌های واحد تصمیم‌گیرنده

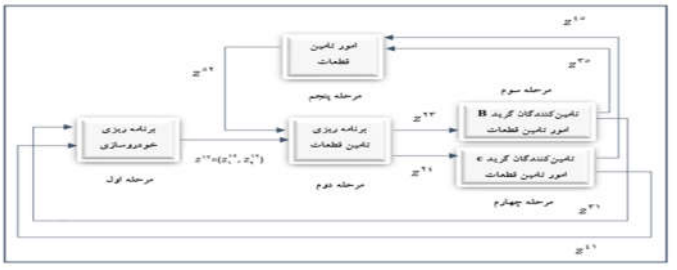
مرحله اول	ورودی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات ASN تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{31}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات ASN تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{41}$
	خروجی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات برنامه تولید $= Z_1^{12}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات رسید کالا و برگشتی $= Z_2^{12}$
مرحله دوم	ورودی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات برنامه تولید $= Z_1^{12}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات رسید کالا و برگشتی $= Z_2^{12}$
	خروجی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات سفارش برای تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{23}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات سفارش برای تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{24}$
مرحله سوم	ورودی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات سفارش برای تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{23}$
	خروجی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات ASN تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{31}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات بازخور تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{35}$
مرحله چهارم	ورودی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات سفارش برای تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{24}$
	خروجی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات ASN تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{41}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات بازخور تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{45}$
مرحله پنجم	ورودی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات بازخور تامین‌کنندگان گرید B امور تامین قطعات $= Z_{35}$ کیفیت عملکرد جریان اطلاعات بازخور تامین‌کنندگان گرید C امور تامین قطعات $= Z_{45}$
	خروجی‌ها	کیفیت عملکرد جریان اطلاعات درخواست تغییر درصد MRP $= Z_{52}$

در اجرای روش دلفی فازی، اطلاعات خبرگان (۱۰ نفر از متخصصین) شرکت ساپکو و تامین‌کنندگان قطعات به کمک پرسشنامه جمع‌آوری شده است. در این پرسشنامه، هر یک از خبرگان نظر خود را درباره اهمیت هر یک از شاخص‌ها با توجه به طیف پنج گانه لیکرت از طریق متغیرهای کلامی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) ابراز کردند. متغیرهای مذکور به شکل اعداد فازی مثلثی تعریف شدند. در نظرسنجی مرحلهٔ اول، پرسشنامه ای در اختیار اعضای گروه خبره قرار گرفت و از آن‌ها درخواست شد نظرشان را دربارهٔ اهمیت هر یک از شاخص‌ها بر عملکرد جریان اطلاعات در زنجیره تامین شرکت در قالب متغیرهای کلامی مندرج در پرسشنامه بیان کنند و چنان‌چه شاخص‌های موثر دیگری از نظر آن‌ها وجود دارند مطرح نمایند. با توجه به نتایج به دست آمده از پرسشنامهٔ مرحلهٔ اول، میانگین فازی هر یک از مؤلفه‌ها به دست آمد. عملیات فازی‌زدایی با استفاده از رابطه مینکووسکی محاسبه شده است. در نظرسنجی مرحله دوم، نظرهای قبلی هر خبره و میزان اختلاف آن‌ها با دیدگاه سایرخبرگان، همراه با پرسشنامه‌ای بار دیگر برای اعضای گروه خبره ارسال شد. نتایج شمارش پاسخ‌های ارائه شده در مرحلهٔ دوم، همانند مرحلهٔ اول تحلیل شد و عملیات فازی‌زدایی با استفاده از رابطه مینکووسکی محاسبه شد. سپس میزان اختلاف مرحله‌های اول و دوم مشخص شد. براساس نظر چنگ و همکارانش، چنانچه اختلاف بین دو مرحلهٔ نظرسنجی کمتر از حد (۰/۲) باشد، فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود. در این تحقیق، میزان اختلاف نظر خبرگان در مرحله‌های اول و دوم کمتر از حد (۰/۲) می‌باشد، لذا نظرسنجی در این مرحله متوقف می‌شود. از آن‌جا که میانگین فازی‌زدایی شده همه شاخص‌ها از مقدار متوسط بالاتر می‌باشد همه‌ی شاخص‌ها با اهمیت شناخته شد.

۳-۳- معرفی واحد تصمیم‌گیرنده و ورودی‌ها و خروجی‌ها

هدف این تحقیق، ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین می‌باشد. در این تحقیق، ۸ واحد تصمیم‌گیرنده در شرکت ساپکو (واحد تصمیم‌گیرنده شماره ۱ الی واحد تصمیم گیرنده شماره ۸) درنظر گرفته شده است.

مقادیر شاخص‌های ارزیابی از طریق پرسشنامه برای چهار مقطع زمانی از سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۷ جمع‌آوری گردید و با توجه به این که تعداد تامین‌کنندگان قطعات خیلی زیاد بود برای دو گرید B و C طیفی از تامین‌کنندگان در نظر گرفته شد. ارزیابی کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی انجام گردید. ساختار هر واحد تصمیم‌گیرنده در شکل (۳) نشان داده شده است. مدل مفهومی ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین شرکت ساپکو از طریق مصاحبه با خبرگان طراحی شد.



شکل (۳): مدل مفهومی ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین شرکت ساپکو

۳-۴- مدلسازی ریاضی

مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی با استفاده از روش $\propto -cut$ در این قسمت طراحی گردید.

۳-۴-۱- تبیین مدل

فرمول ریاضی مدل مفهومی طراحی شده به شرح زیر است:

$$\theta_p^1 = \frac{w^{12}\, z_p^{12}}{w^{31}\, z_p^{31} + w^{41}\, z_p^{41}} \qquad (۲)$$

$$\theta_p^2 = \frac{w^{23} z_p^{23} + w^{24}\, z_p^{24}}{w^{52}\, z_p^{52} + w^{12}\, z_p^{12}}$$

$$\theta_p^3 = \frac{w^{31} z_p^{31} + w^{35}\, z_p^{35}}{w^{23}\, z_p^{23}}$$

$$\theta_p^4 = \frac{w^{41} z_p^{41} + w^{45}\, z_p^{45}}{w^{24}\, z_p^{24}}$$

$$\theta_p^5 = \frac{w^{52}\, z_p^{52}}{w^{35}\, z_p^{35} + w^{45}\, z_p^{45}}$$

مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی با استفاده از روش $\propto -cut$ در این قسمت برای هر یک از ۵ مرحله فوق طراحی گردید.

$$\frac{w^{12}\, z_j^{12} + N_j^1}{w^{31}\, z_j^{31} + w^{41}\, z_j^{41}} = 1 \qquad ,\forall j$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{2} w_r^{12}\, z_{rj}^{12} + N_j^1}{\sum_{r=1}^{1} w_r^{31}\, z_{rj}^{31} + \sum_{r=1}^{1} w_r^{41}\, z_{rj}^{41}} = 1$$

$$w_1^{12}\, \tilde{z}_{1j}^{12} + w_2^{12}\, \tilde{z}_{2j}^{12} + N_j^1 - \qquad (۳)$$

$$w_1^{31}\, \tilde{z}_{1j}^{31} - w_1^{41}\, \tilde{z}_{1j}^{41} = \tilde{0}$$

با درنظر گرفتن $Z = (l, m, u)$

$$w_1^{12}\left(l_{1j}^{12}, m_{1j}^{12}, u_{1j}^{12}\right) + w_2^{12}\left(l_{2j}^{12}, m_{2j}^{12}, u_{2j}^{12}\right) + N_j^1 -$$

$$w_1^{31}\left(l_{1j}^{31}, m_{1j}^{31}, u_{1j}^{31}\right) - w_1^{41}\left(l_{1j}^{41}, m_{1j}^{41}, u_{1j}^{41}\right) = (0,0,0)$$

$$z_\alpha = [a,b] \quad a = \alpha m + (1-\alpha) l \ ,$$

$$b = \alpha m + (1-\alpha) u$$

اعمال $\propto$ برش

$$w_1^{12}\left[\propto m_{1j}^{12} + (1-\propto) l_{1j}^{12} \ , \propto m_{1j}^{12} + (1-\propto) u_{1j}^{12}\right] +$$

$$w_2^{12}\left[\propto m_{2j}^{12} + (1-\propto) l_{2j}^{12} \ , \propto m_{2j}^{12} + (1-\propto) u_{2j}^{12}\right] +$$

$$N_j^1 - w_1^{31}\left[\propto m_{1j}^{31} + (1-\propto) l_{1j}^{31} \ , \propto m_{1j}^{31} + (1-\propto) u_{1j}^{31}\right]$$

$$-w_1^{41}\left[\propto m_{1j}^{41} + (1-\propto) l_{1j}^{41} \ , \propto m_{1j}^{41} + (1-\propto) u_{1j}^{41}\right]$$

$$= [.,.,.]$$

با جایگذاری $\propto = 0$

$$w_1^{12}\left[l_{1j}^{12}, u_{1j}^{12}\right] + w_2^{12}\left[l_{2j}^{12}, u_{2j}^{12}\right] + N_j^1 -$$

$$w_1^{31}\left[l_{1j}^{31}, u_{1j}^{31}\right] - w_1^{41}\left[l_{1j}^{41}, u_{1j}^{41}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

با جایگذاری $\propto = 1$

$$w_1^{12}\left[m_{1j}^{12}, m_{1j}^{12}\right] + w_2^{12}\left[m_{2j}, m_{2j}^{12}\right] + N_j^1 -$$

$$w_1^{31}\left[m_{1j}^{31}, m_{1j}^{31}\right] - w_1^{41}\left[m_{1j}^{41}, m_{1j}^{41}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

تعریف یک متغیر $z_{1j}^{12} \in \left[a_{1j}^{12}, b_{1j}^{12}\right]$

$$\begin{cases} w_1^{12} z_{1j}^{12} \\ a_{1j}^{12} \le z_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{12} z_{1j}^{12} = t_{1j}^{12} \\ a_{1j}^{12}.w_1^{12} \le t_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12}.w_1^{12} \end{cases}$$

تعریف یک متغیر $z_{2j}^{12} \in \left[a_{2j}^{12}, b_{2j}^{12}\right]$

$$\begin{cases} w_2^{12} z_{2j}^{12} \\ a_{2j}^{12} \le z_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_2^{12} z_{2j}^{12} = t_{2j}^{12} \\ a_{2j}^{12}.w_2^{12} \le t_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12}.w_2^{12} \end{cases}$$

تعریف یک متغیر $z_{1j}^{31} \in \left[a_{1j}^{31}, b_{1j}^{31}\right]$

$$\begin{cases} w_1^{31} z_{1j}^{31} \\ a_{1j}^{31} \le z_{1j}^{31} \le b_{1j}^{31} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{31} z_{1j}^{31} = t_{1j}^{31} \\ a_{1j}^{31}.w_1^{31} \le t_{1j}^{31} \le b_{1j}^{31}.w_1^{31} \end{cases}$$

تعریف یک متغیر $z_{1j}^{41} \in \left[a_{1j}^{41}, b_{1j}^{41}\right]$

$$\begin{cases} w_1^{41} z_{1j}^{41} \\ a_{1j}^{41} \le z_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{41} z_{1j}^{41} = t_{1j}^{41} \\ a_{1j}^{41}.w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}.w_1^{41} \end{cases}$$

$$t_{1j}^{12} + t_{2j}^{12} + N_j^1 - t_{1j}^{31} - t_{1j}^{41} = 0$$

$$a_{1j}^{12}\ .w_1^{12} \le t_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12}\ .w_1^{12}$$

$$a_{2j}^{12}\ .w_2^{12} \le t_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12}\ .w_2^{12}$$

$$a_{1j}^{31}\ .w_1^{31} \le t_{1j}^{31} \le b_{1j}^{31}\ .w_1^{31}$$

$$a_{1j}^{41}\ .w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}\ .w_1^{41}$$

$$\frac{w^{23}\ z_j^{23} + w^{24} z_j^{24} + N_j^2}{w^{52}\ z_j^{52} + w^{12}\ z_j^{12}} = 1 \qquad ,\forall j \qquad (۴)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{1} w_r^{23}\ z_{rj}^{23} + \sum_{r=1}^{1} w_r^{24} z_{rj}^{24} + N_j^2}{\sum_{r=1}^{1} w_r^{52}\ z_{rj}^{52} + \sum_{r=1}^{2} w_r^{12}\ z_{rj}^{12}} = 1$$

$$w_1^{23}\ \tilde{z}_{1j}^{23} + w_1^{24}\ \tilde{z}_{1j}^{24} + N_j^2 -$$

$$w_1^{52}\ \tilde{z}_{1j}^{52} - w_1^{12}\ \tilde{z}_{1j}^{12} - w_2^{12}\ \tilde{z}_{2j}^{12} = \tilde{0}$$

$Z = \ (l,\ m,u)$ با درنظر گرفتن

$$w_1^{23}\left(l_{1j}^{23}, m_{1j}^{23}, u_{1j}^{23}\right) +$$

$$w_1^{24}\left(l_{1j}^{24}, m_{1j}^{24}, u_{1j}^{24}\right) + N_j^2 -$$

$$w_1^{52}\left(l_{1j}^{52}, m_{1j}^{52}, u_{1j}^{52}\right) -$$

$$w_1^{12}\left(l_{1j}^{12}, m_{1j}^{12}, u_{1j}^{12}\right) -$$

$$w_2^{12}\left(l_{2j}^{12}, m_{2j}^{12}, u_{2j}^{12}\right) = (0,0,0)$$

$z_\alpha = [a,b]\ \ a = \alpha m + (1-\alpha) l\ ,$

$b = \alpha m + (1-\alpha) u$ اعمال $\propto$ برش

$$w_1^{23}\left[\propto m_{1j}^{23} + (1-\propto) l_{1j}^{23}\ , \propto \tilde{m}_{1j}^{23} + (1-\propto) u_{1j}^{23}\right] +$$

$$w_1^{24}\left[\propto m_{1j}^{24} + (1-\propto) l_{1j}^{24}\ , \propto m_{1j}^{24} + (1-\propto) u_{1j}^{24}\right] + N_j^2$$

$$-w_1^{52}\left[\propto m_{1j}^{52} + (1-\propto) l_{1j}^{52}\ , \propto m_{1j}^{52} + (1-\propto) u_{1j}^{52}\right]$$

$$-w_1^{12}\left[\propto m_{1j}^{12} + (1-\propto) l_{1j}^{12}\ , \propto m_{1j}^{12} + (1-\propto) u_{1j}^{12}\right]$$

$$-w_2^{12}\left[\propto m_{2j}^{12} + (1-\propto) l_{2j}^{12}\ , \propto m_{2j}^{12} + (1-\propto) u_{2j}^{12}\right] =$$

$[.,.,.]$

$\propto = 0$ با جایگذاری

$$w_1^{23}\left[l_{1j}^{23}, u_{1j}^{23}\right] + w_1^{24}\left[l_{1j}^{24}, u_{1j}^{24}\right] + N_j^2 -$$

$$w_1^{52}\left[l_{1j}^{52}, u_{1j}^{52}\right] - w_1^{12}\left[l_{1j}^{12}, u_{1j}^{12}\right] -$$

$$w_2^{12}\left[l_{2j}^{12}, u_{2j}^{12}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

$\propto = 1$ با جایگذاری

$$w_1^{23}\left[m_{1j}^{23}, m_{1j}^{23}\right] + w_1^{24}\left[m_{2j}^{24}, m_{2j}^{24}\right] + N_j^2 -$$

$$w_1^{52}\left[m_{1j}^{52}, m_{1j}^{52}\right] - w_1^{12}\left[m_{1j}^{12}, m_{1j}^{12}\right] -$$

$$w_2^{12}\left[m_{2j}^{12}, m_{2j}^{12}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

$z_{1j}^{23} \in \left[a_{1j}^{23}, b_{1j}^{23}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{23} z_{1j}^{23} \\ a_{1j}^{23} \le z_{1j}^{23} \le b_{1j}^{23} \end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{23} z_{1j}^{23} = t_{1j}^{23} \\ a_{1j}^{23}.w_1^{23} \le t_{1j}^{23} \le b_{1j}^{23}.w_1^{23} \end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{1j}^{24} \in \left[a_{1j}^{24}, b_{1j}^{24}\right]$

$$\begin{cases} w_1^{24} z_{1j}^{24} \\ a_{1j}^{24} \le z_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24} \end{cases}$$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{24} z_{1j}^{24} = t_{1j}^{24} \\ a_{1j}^{24}.w_1^{24} \le t_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24}.w_1^{24} \end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{1j}^{52} \in \left[a_{1j}^{52}, b_{1j}^{52}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{52} z_{1j}^{52} \\ a_{1j}^{52} \le z_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52} \end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{52} z_{1j}^{52} = t_{1j}^{52} \\ a_{1j}^{52}\ .w_1^{52} \le t_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52}.w_1^{52} \end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{1j}^{12} \in \left[a_{1j}^{12}\ , b_{1j}^{12}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{12} z_{1j}^{12} \\ a_{1j}^{12} \le z_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12} \end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{12} z_{1j}^{12} = t_{1j}^{12} \\ a_{1j}^{12}\ .w_1^{12} \le t_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12}.w_1^{12} \end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{2j}^{12} \in \left[a_{2j}^{12}\ , b_{2j}^{12}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_2^{12} z_{2j}^{12} \\ a_{2j}^{12} \le z_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12} \end{cases}$$

$$\begin{cases} w_2^{12} z_{2j}^{12} = t_{2j}^{12} \\ a_{2j}^{12}\ .w_2^{12} \le t_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12}.w_2^{12} \end{cases}$$ تغییر متغیر

$$t_{1j}^{23}+t_{2j}^{24}+N_j^2-t_{1j}^{52}-t_{1j}^{12}-t_{2j}^{12}=0$$

$$a_{1j}^{23}\ .w_1^{23}\le t_{1j}^{23}\le b_{1j}^{23}\ .w_1^{23}$$

$$a_{1j}^{24}\ .w_1^{24}\le t_{1j}^{24}\le b_{1j}^{24}\ .w_1^{24}$$

$$a_{1j}^{52}\ .w_1^{52}\le t_{1j}^{52}\le b_{1j}^{52}\ .w_1^{52}$$

$$a_{1j}^{12}\ .w_1^{12}\le t_{1j}^{12}\le b_{1j}^{12}\ .w_1^{12}$$

$$a_{2j}^{12}\ .w_2^{12}\le t_{2j}^{12}\le b_{2j}^{12}\ .w_2^{12}$$

$$\frac{w^{31}\,z_j^{31}+w^{35}z_j^{35}+N_j^3}{w^{23}\,z_j^{23}}=1\quad,\forall j \qquad (۵)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{1}w_r^{31}\,z_{rj}^{31}+\sum_{r=1}^{1}w_r^{35}z_{rj}^{35}+N_j^3}{\sum_{r=1}^{1}w_r^{23}\,z_{rj}^{23}}=1$$

$$w_1^{31}\,\tilde{z}_{1j}^{31}+w_1^{35}\,\tilde{z}_{1j}^{35}+N_j^3-w_1^{23}\,\tilde{z}_{1j}^{23}=\tilde{0}$$

$Z=(l,\ m,u)$ با درنظر گرفتن

$$w_1^{31}\left(l_{1j}^{31},m_{1j}^{31},u_{1j}^{31}\right)+w_1^{35}\left(l_{1j}^{35},m_{1j}^{35},u_{1j}^{35}\right)+$$

$$N_j^3-w_1^{23}(l_1j^{23},m_1j^{23},u_1j^{23})=$$

$$(0,0,0)$$

$z_\alpha=[a,b]\ \ a=\alpha m+(1-\alpha)l$ ،

$b=\alpha m+(1-\alpha)u$ اعمال $\propto$ برش

$$w_1^{31}\left[\propto m_{1j}^{31}+(1-\propto)l_{1j}^{31}\ ,\propto m_{1j}^{31}+(1-\propto)u_{1j}^{31}\right]+$$

$$w_1^{35}\left[\propto m_{1j}^{35}+(1-\propto)l_{1j}^{35}\ ,\propto m_{1j}^{35}+(1-\propto)u_{1j}^{35}\right]+$$

$$N_j^3-w_1^{23}\left[\propto m_{1j}^{23}+(1-\propto)l_{1j}^{23}\ ,\propto m_{1j}^{23}+(1-\propto)u_{1j}^{23}\right]$$

$$=[0,0,0]$$

$\propto=0$ با جایگذاری

$$w_1^{31}\left[l_{1j}^{31},u_{1j}^{31}\right]+w_1^{35}\left[l_{1j}^{35},u_{1j}^{35}\right]$$

$$+N_j^3-w_1^{23}\left[l_{1j}^{23},u_{1j}^{23}\right]=\left[0^l,0^u\right]$$

$\propto=1$ با جایگذاری

$$w_1^{31}\left[m_{1j}^{31},m_{1j}^{31}\right]+w_1^{35}\left[m_{2j}^{35},m_{2j}^{35}\right]+$$

$$N_j^3-w_1^{23}\left[m_{1j}^{23},m_{1j}^{23}\right]=\left[0^l,0^u\right]$$

$z_{1j}^{31}\in\left[a_{1j}^{31},b_{1j}^{31}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{31}z_{1j}^{31} \\ a_{1j}^{31}\le z_{1j}^{31}\le b_{1j}^{31}\end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{31}z_{1j}^{31}=t_{1j}^{31} \\ a_{1j}^{31}\ .w_1^{31}\le t_{1j}^{31}\le b_{1j}^{31}.w_1^{31}\end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{1j}^{35}\in\left[a_{1j}^{35},b_{1j}^{35}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{35}z_{1j}^{35} \\ a_{1j}^{35}\le z_{1j}^{35}\le b_{1j}^{35}\end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{35}z_{1j}^{35}=t_{1j}^{35} \\ a_{1j}^{35}.w_1^{35}\le t_{1j}^{35}\le b_{1j}^{35}.w_1^{35}\end{cases}$$ تغییر متغیر

$z_{1j}^{23}\in\left[a_{1j}^{23},b_{1j}^{23}\right]$ تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{23}z_{1j}^{23} \\ a_{1j}^{23}\le z_{1j}^{23}\le b_{1j}^{23}\end{cases}$$

$$\begin{cases} w_1^{23}z_{1j}^{23}=t_{1j}^{23} \\ a_{1j}^{23}.w_1^{23}\le t_{1j}^{23}\le b_{1j}^{23}.w_1^{23}\end{cases}$$ تغییر متغیر

$$t_{1j}^{31}+t_{1j}^{35}+N_j^3-t_{1j}^{23}=0$$

$$a_{1j}^{31}.w_1^{31}\le t_{1j}^{31}\le b_{1j}^{31}.w_1^{31}$$

$$a_{1j}^{35}.w_1^{35}\le t_{1j}^{35}\le b_{1j}^{35}.w_1^{35}$$

$$a_{1j}^{23}.w_1^{23}\le t_{1j}^{23}\le b_{1j}^{23}.w_1^{23}$$

$$\frac{w^{41}\,z_j^{31}+w^{45}z_j^{45}+N_j^4}{w^{24}\,z_j^{24}}=1\quad,\forall j \qquad (۶)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{1}w_r^{41}\,z_{rj}^{41}+\sum_{r=1}^{1}w_r^{45}z_{rj}^{45}+N_j^4}{\sum_{r=1}^{1}w_r^{24}\,z_{rj}^{24}}=1$$

$$w_1^{41}\,\tilde{z}_{1j}^{41}+w_1^{45}\,\tilde{z}_{1j}^{45}+N_j^4-w_1^{24}\tilde{z}_{1j}^{24}=\tilde{0}$$

$Z=(l,\ m,u)$ با درنظر گرفتن

$$w_1^{41}\left(l_{1j}^{41},m_{1j}^{41},u_{1j}^{41}\right)+w_1^{45}\left(l_{1j}^{45},m_{1j}^{45},u_{1j}^{45}\right)$$

$$+N_j^4-w_1^{24}\left(l_{1j}^{24},m_{1j}^{24},u_{1j}^{24}\right)=(0,0,0)$$

$z_\alpha=[a,b]\ \ a=\alpha m+(1-\alpha)l$ ،

$b=\alpha m+(1-\alpha)u$ اعمال $\propto$ برش

$$w_1^{41}\left[\propto m_{1j}^{31}+(1-\propto)l_{1j}^{41}\ ,\propto m_{1j}^{41}+(1-\propto)u_{1j}^{41}\right]+$$

$$w_1^{45}\left[\propto m_{1j}^{45}+(1-\propto)l_{1j}^{45}\ ,\propto m_{1j}^{45}+(1-\propto)u_{1j}^{45}\right]+$$

$$N_j^4-w_1^{24}\left[\propto m_{1j}^{24}+(1-\propto)l_{1j}^{24}\ ,\propto m_{1j}^{24}+(1-\propto)u_{1j}^{24}\right]$$

$$=[.,.,.]$$

$\propto=0$ با جایگذاری

$$w_1^{41}\left[l_{1j}^{41},u_{1j}^{41}\right]+w_1^{45}\left[l_{1j}^{45},u_{1j}^{45}\right]+$$

$$N_j^4-w_1^{24}\left[l_{1j}^{24},u_{1j}^{24}\right]=\left[0^l,0^u\right]$$

$\propto=1$ با جایگذاری

$$w_1^{41}\left[m_{1j}^{41},m_{1j}^{41}\right]+w_1^{45}\left[m_{2j}^{45},m_{2j}^{45}\right]+$$

$$N_j^4-w_1^{24}\left[m_{1j}^{24},m_{1j}^{24}\right]=\left[0^l,0^u\right]$$

$$z_{1j}^{41} \in \left[a_{1j}^{41}, b_{1j}^{41}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{41} z_{1j}^{41} \\ a_{1j}^{41} \le z_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{41} z_{1j}^{41} = t_{1j}^{41} \\ a_{1j}^{41}.w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}.w_1^{41} \end{cases}$$

$$z_{1j}^{45} \in \left[a_{1j}^{45}, b_{1j}^{45}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{45} z_{1j}^{45} \\ a_{1j}^{45} \le z_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{45} z_{1j}^{45} = t_{1j}^{45} \\ a_{1j}^{45}.w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}.w_1^{45} \end{cases}$$

$$z_{1j}^{24} \in \left[a_{1j}^{24}, b_{1j}^{24}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{24} z_{1j}^{24} \\ a_{1j}^{24} \le z_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{24} z_{1j}^{24} = t_{1j}^{24} \\ a_{1j}^{24}.w_1^{24} \le t_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24}.w_1^{24} \end{cases}$$

$$t_{1j}^{41} + t_{1j}^{45} + N_j^4 - t_{1j}^{24} = 0$$

$$a_{1j}^{41}.w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}.w_1^{41}$$

$$a_{1j}^{45}.w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}.w_1^{45}$$

$$a_{1j}^{24}.w_1^{24} \le t_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24}.w_1^{24}$$

$$\frac{w^{52} z_j^{52} + N_j^5}{w^{35} z_j^{35} + w^{45} z_j^{45}} = 1 \quad ,\forall j \qquad (۷)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^{2} w_r^{52} z_{rj}^{52} + N_j^5}{\sum_{r=1}^{1} w_r^{35} z_{rj}^{35} + \sum_{r=1}^{1} w_r^{45} z_{rj}^{45}} = 1$$

$$w_1^{52} \tilde{z}_{1j}^{52} + N_j^5 - w_1^{35} \tilde{z}_{1j}^{35} - w_1^{45} \tilde{z}_{1j}^{45} = \tilde{0}$$

با درنظر گرفتن $Z = (l, m, u)$

$$w_1^{52}\left(l_{1j}^{52}, m_{1j}^{52}, u_{1j}^{52}\right) + N_j^5$$
$$-w_1^{35}\left(l_{1j}^{35}, m_{1j}^{35}, u_{1j}^{35}\right)$$
$$-w_1^{45}\left(l_{1j}^{45}, m_{1j}^{45}, u_{1j}^{45}\right)$$
$$= (0,0,0)$$

$z_\alpha = [a,b]$ $a = \alpha m + (1-\alpha) l$ ،

$b = \alpha m + (1-\alpha) u$ اعمال $\propto$ برش

$$w_1^{52}\left[\propto m_{1j}^{52} + (1-\propto) l_{1j}^{52}, \propto m_{1j}^{52} + (1-\propto) u_{1j}^{52}\right]$$
$$+N_j^5 - w_1^{35}\left[\propto m_{1j}^{35} + (1-\propto) l_{1j}^{35}, \propto m_{1j}^{35} + (1-\propto) u_{1j}^{35}\right]$$
$$-w_1^{45}\left[\propto m_{1j}^{45} + (1-\propto) l_{1j}^{45}, \propto m_{1j}^{45} + (1-\propto) u_{1j}^{45}\right]$$
$$= [.,.,.]$$

$\propto = 0$ با جایگذاری

$$w_1^{52}\left[l_{1j}^{52}, u_{1j}^{52}\right] + N_j^5 - w_1^{35}\left[l_{1j}^{35}, u_{1j}^{35}\right] -$$
$$w_1^{45}\left[l_{1j}^{45}, u_{1j}^{45}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

$\propto = ۱$ با جایگذاری

$$w_1^{52}\left[m_{1j}^{52}, m_{1j}^{52}\right] + N_j^5 - w_1^{35}\left[m_{1j}^{35}, m_{1j}^{35}\right]$$
$$-w_1^{45}\left[m_{1j}^{45}, m_{1j}^{45}\right] = \left[0^l, 0^u\right]$$

$$z_{1j}^{52} \in \left[a_{1j}^{52}, b_{1j}^{52}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{52} z_{1j}^{52} \\ a_{1j}^{52} \le z_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{52} z_{1j}^{52} = t_{1j}^{52} \\ a_{1j}^{52}.w_1^{52} \le t_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52}.w_1^{52} \end{cases}$$

$$z_{1j}^{35} \in \left[a_{1j}^{35}, b_{1j}^{35}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{35} z_{1j}^{35} \\ a_{1j}^{35} \le z_{1j}^{35} \le b_{1j}^{35} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{35} z_{1j}^{35} = t_{1j}^{35} \\ a_{1j}^{35}.w_1^{35} \le t_{1j}^{35} \le b_{1j}^{35}.w_1^{35} \end{cases}$$

$$z_{1j}^{45} \in \left[a_{1j}^{45}, b_{1j}^{45}\right]$$

تعریف یک متغیر

$$\begin{cases} w_1^{45} z_{1j}^{45} \\ a_{1j}^{45} \le z_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45} \end{cases}$$

تغییر متغیر

$$\begin{cases} w_1^{45} z_{1j}^{45} = t_{1j}^{45} \\ a_{1j}^{45}.w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}.w_1^{45} \end{cases}$$

$$t_{1j}^{52} + N_j^5 - t_{1j}^{35} - t_{1j}^{45} = 0$$

$$a_{1j}^{52}.w_1^{52} \le t_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52}.w_1^{52}$$

$$a_{1j}^{35}.w_1^{35} \le t_{1j}^{35} \le b_{1j}^{35}.w_1^{35}$$

$$a_{1j}^{45}.w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}.w_1^{45}$$

$$Min\ N_p^1 + N_p^2 + N_p^3 + N_p^4 + N_p^5 \qquad (۸)$$

$$s.t.$$

$$t_{1j}{}^{12} + t_{2j}{}^{12} + N_j^1 - t_{1j}{}^{13} - t_{1j}{}^{41} = 0$$

$$a_{1j}^{12}\ .w_1^{12} \le t_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12}\ .w_1^{12}$$
$$a_{2j}^{12}\ .w_2^{12} \le t_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12}\ .w_2^{12}$$
$$a_{1j}^{31}\ .w_1^{31} \le t_{1j}^{31} \le b_{1j}^{31}\ .w_1^{31}$$
$$a_{1j}^{41}\ .w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}\ .w_1^{41}$$
$$t_{1j}^{23} + t_{1j}^{24} + N_j^2 - t_{1j}^{52} - t_{1j}^{12} - t_{2j}^{12} = 0$$
$$a_{1j}^{23}\ .w_1^{23} \le t_{1j}^{23} \le b_{1j}^{23}\ .w_1^{23}$$
$$a_{1j}^{24}\ .w_1^{24} \le t_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24}\ .w_1^{24}$$
$$a_{1j}^{52}\ .w_1^{52} \le t_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52}\ .w_1^{52}$$
$$a_{1j}^{12}\ .w_1^{12} \le t_{1j}^{12} \le b_{1j}^{12}\ .w_1^{12}$$
$$a_{2j}^{12}\ .w_2^{12} \le t_{2j}^{12} \le b_{2j}^{12}\ .w_2^{12}$$
$$t_{1j}^{31} + t_{1j}^{35} + N_j^3 - t_{1j}^{23} = 0$$
$$a_{1j}^{31}\ .w_1^{31} \le t_{1j}^{31} \le b_{1j}^{31}\ .w_1^{31}$$
$$a_{1j}^{35}\ .w_1^{35} \le t_{1j}^{35} \le b_{1j}^{35}\ .w_1^{35}$$
$$a_{1j}^{23}\ .w_1^{23} \le t_{1j}^{23} \le b_{1j}^{23}\ .w_1^{23}$$
$$t_{1j}^{41} + t_{1j}^{45} + N_j^4 - t_{1j}^{24} = 0$$
$$a_{1j}^{41}\ .w_1^{41} \le t_{1j}^{41} \le b_{1j}^{41}\ .w_1^{41}$$
$$a_{1j}^{45}\ .w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}\ .w_1^{45}$$
$$a_{1j}^{24}\ .w_1^{24} \le t_{1j}^{24} \le b_{1j}^{24}\ .w_1^{24}$$
$$t_{1j}^{52} + N_j^5 - t_{1j}^{35} - t_{1j}^{45} = 0$$
$$a_{1j}^{52}\ .w_1^{52} \le t_{1j}^{52} \le b_{1j}^{52}\ .w_1^{52}$$
$$a_{1j}^{35}\ .w_1^{35} \le t_{1j}^{35} \le b_{1j}^{35}\ .w_1^{35}$$
$$a_{1j}^{45}\ .w_1^{45} \le t_{1j}^{45} \le b_{1j}^{45}\ .w_1^{45}$$
$$w_r^{12} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{23} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{24} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{31} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{41} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{35} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{45} \ge 1\varepsilon$$
$$w_r^{52} \ge 1\varepsilon$$

$$w_1^{23} \ge \frac{5}{3/5} w_1^{52}$$
$$w_1^{24} \ge \frac{5}{3/5} w_1^{52}$$
$$w_1^{52} \ge \frac{3/5}{3} w_1^{31}$$
$$w_1^{52} \ge \frac{3/5}{3} w_1^{41}$$
$$w_1^{52} \ge \frac{3/5}{3} w_1^{35}$$
$$w_1^{52} \ge \frac{3/5}{3} w_1^{45}$$
$$w_1^{31} \ge \frac{3}{2} w_2^{12}$$
$$w_1^{41} \ge \frac{3}{2} w_2^{12}$$
$$w_1^{35} \ge \frac{3}{2} w_2^{12}$$
$$w_1^{45} \ge \frac{3}{2} w_2^{12}$$
$$w_2^{12} \ge 2\, w_1^{12}$$
$$w^{ij} \ge 1\varepsilon\ ,\forall i,\forall j,\forall r \quad t_{rj}^{ij} \quad \forall i,\forall j,\forall r \text{ همه متغیرها}$$
$$N_j^1, N_j^2, N_j^3, N_j^4, N_j^5 \ge 0$$

چنانچه در تحلیل پوششی داده‌ها کارایی یک واحد تصمیم‌گیری کمتر از ۱ باشد، آن واحد قطعا ناکارا می‌باشد و اگر کارایی یک واحد تصمیم‌گیری برابر ۱ باشد، آن‌واحد کاندیدای کارای نسبی می‌باشد [۱۳].

۴- حل مدل

با استفاده از نرم افزارGAMS، مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای فازی با $\propto = 0/5$ پیاده‌سازی گردید و با اجرای نرم افزار، اعداد کارایی واحدها استخراج گردید. جداول ۵ الی ۸ نتایج اجرای این مدل را نشان می‌دهند. جدول ۹ رتبه بندی نتایج میانگین کارایی کل در چهار مقطع زمانی را نشان می‌دهد.

جدول (۵) نتایج مدل در مقطع زمانی اول برای هر پنج مرحله و $\alpha= 0/5$

مقطع زمانی اول (سال ۱۳۹٤)										
میانگین کارایی کل مرحله پنجم	کارایی مرحله پنجم	میانگین کارایی کل مرحله چهارم	کارایی مرحله چهارم	میانگین کارایی کل مرحله سوم	کارایی مرحله سوم	میانگین کارایی کل مرحله دوم	کارایی مرحله دوم	میانگین کارایی کل مرحله اول	کارایی مرحله اول	شماره واحد
۰/۷۳۱۵	[۰/۵۱۵، ۰/۹٤۸]	۰/۵٦۳	[۰/۳۸۹، ۰/۷۳۷]	۰/٦۷۹	[۰/۵، ۰/۸۵۸]	۰/۸۳۱	[۰/۷۰۳، ۰/۹۵۹]	۰/۳۹۰۵	[۰/۲۹۸، ۰/٤۸۳]	۱
۰/۷٤۵	[۰/۵۲٤، ۰/۹٦٦]	۰/۵۷۱۵	[۰/۳۹۸، ۰/۷٤۵]	۰/٦۷۲	[۰/٤۹۵، ۰/۸٤۹]	۰/۸۲۸۵	[۰/۷۰۱، ۰/۹۵٦]	۰/۳۸۷۵	[۰/۲۹۷، ۰/٤۷۸]	۲
۰/۷۳۳۵	[۰/۵۱۳، ۰/۹۵٤]	۰/۵۸۲	[۰/٤۰٦، ۰/۷۵۸]	۰/٦۲٤	[۰/٤٤۸، ۰/۸]	۰/۸۲٤	[۰/٦۹٦، ۰/۹۵۲]	۰/٤۰٤۵	[۰/۳۰۸، ۰/۵۰۱]	۳
۰/۷٤۲۵	[۰/۵۲۱، ۰/۹٦٤]	۰/۵۹۵	[۰/٤۱۹، ۰/۷۷۱]	۰/٦۵۰۵	[۰/٤۷۱، ۰/۸۳]	۰/۸۲۱	[۰/٦۹۳، ۰/۹٤۹]	۰/۳۸۸۵	[۰/۲۹۷، ۰/٤۸]	٤
۰/۷٤٦۵	[۰/۵۳۳، ۰/۹٦]	۰/۵۷٦	[۰/٤۰۲، ۰/۷۵]	۰/٦۵۹۵	[۰/٤۸۱، ۰/۸۳۸]	۰/۸۲۳۵	[۰/٦۹۸، ۰/۹٤۹]	۰/۳۹٤۵	[۰/۳۰۱، ۰/٤۸۸]	۵
۰/۷۷۱	[۰/۵٤٤، ۰/۹۹۸]	۰/۵٦۳	[۰/۳۸۹، ۰/۷۳۷]	۰/٦۳۸۵	[۰/٤٦۳، ۰/۸۱٤]	۰/۸۲۳۵	[۰/٦۹۷، ۰/۹۵]	۰/٤۰۰۵	[۰/۳۰۵، ۰/٤۹٦]	٦
۰/۷٤۵۵	[۰/۵۲۸، ۰/۹٦۳]	۰/۵۷۷۵	[۰/٤۰۲، ۰/۷۵۳]	۰/٦۵۵	[۰/٤۷۷، ۰/۸۳۳]	۰/۸۲٦۵	[۰/۷، ۰/۹۵۳]	۰/۳۹٤	[۰/۳، ۰/٤۸۸]	۷
۰/۷٤۸۵	[۰/۵۲٤، ۰/۹۷۳]	۰/۵۵۱	[۰/۳۷۹، ۰/۷۲۳]	۰/٦٤۳۵	[۰/٤٦۸، ۰/۸۱۹]	۰/۸۳۱	[۰/۷۰۳، ۰/۹۵۹]	۰/٤۰۲۵	[۰/۳۰۷، ۰/٤۹۸]	۸
۰/۷۷۱	[۰/۵٤٤، ۰/۹۹۸]	۰/۵۹۵	[۰/٤۱۹، ۰/۷۷۱]	۰/٦۷۹	[۰/۵، ۰/۸۵۸]	۰/۸۳۱	[۰/۷۰۳، ۰/۹۵۹]	۰/٤۰٤۵	[۰/۳۰۸، ۰/۵۰۱]	ماکزیمم
	٦		٤		۱		۸ و ۱		۳	شماره واحد
۰/۷۳۱۵	[۰/۵۱۵، ۰/۹٤۸]	۰/۵۵۱	[۰/۳۷۹، ۰/۷۲۳]	۰/٦۲٤	[۰/٤٤۸، ۰/۸]	۰/۸۲۱	[۰/٦۹۳، ۰/۹٤۹]	۰/۳۸۷۵	[۰/۲۹۷، ۰/٤۷۸]	مینیمم
	۱		۸		۳		٤		۲	شماره واحد

بر اساس نتایج مدل در مقطع زمانی اول با $\alpha= 0/5$:

در کران پائین کارایی مرحله اول، واحد شماره ۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ واحد شماره۳ نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحدهای شماره ۲و۴ پائین‌ترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۳۱}$ واحد شماره۲ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست و میزان $z_{۴۱}$ واحد شماره۴ نسبت به‌دیگر واحدهای‌کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به‌واحدهای دیگرکران بالای کارایی‌این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتر است.

در کران پائین کارایی مرحله دوم، واحدهای شماره۱و۸ بالاترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحدها نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۴ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست.

در کران بالای کارایی مرحله دوم، واحدهای شماره۱و۸ بالاترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحدها نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد های شماره۴و۵ پائین‌ترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ واحد شماره۴ نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است ومیزان $z_{۵۲}$ واحد شماره ۵ نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتر است.

در کران پائین کارایی مرحله سوم، واحد شماره ۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۳ پائین ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد

نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است.

در کران بالای کارایی مرحله سوم، واحد شماره ۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۳ پائین‌ترین کارایی را داردزیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد نسبت‌به دیگر واحدهای کران‌بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست.

در کران پائین کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این‌مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۸ پائین ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست. در کران پائین کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۳ پائین ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۱ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

(جدول ۶) نتایج مدل در مقطع زمانی دوم برای پنج مرحله و$\alpha = 0/5$

مقطع زمانی دوم (سال ۱۳۹۵)										
میانگین کارایی کل مرحله پنجم	کارایی مرحله پنجم	میانگین کارایی کل مرحله چهارم	کارایی مرحله چهارم	میانگین کارایی کل مرحله سوم	کارایی مرحله سوم	میانگین کارایی کل مرحله دوم	کارایی مرحله دوم	میانگین کارایی کل مرحله اول	کارایی مرحله اول	شماره واحد
۰/۷۱۸	[۰/۵۱۷، ۰/۹۱۹]	۰/۵۹۵۵	[۰/۴۲، ۰/۷۷۱]	۰/۷۳۵	[۰/۵۵۵، ۰/۹۱۵]	۰/۸۵۳	[۰/۷۰۴، ۱]	۰/۴۰۲	[۰/۳۱۴، ۰/۴۹]	۱
۰/۷۲۸۵	[۰/۵۲۶، ۰/۹۳۱]	۰/۶۰۹۵	[۰/۴۳۳، ۰/۷۸۵]	۰/۷۲۳۵	[۰/۵۴۶، ۰/۹۰۱]	۰/۸۵۱	[۰/۷۰۵، ۰/۹۹۷]	۰/۴۹۸	[۰/۳۱۲، ۰/۴۸۴]	۲
۰/۷۱۱۵	[۰/۵۰۹، ۰/۹۱۴]	۰/۶۱	[۰/۴۳۳، ۰/۷۸۷]	۰/۶۸۸۵	[۰/۵۰۹، ۰/۸۶۸]	۰/۸۴۹	[۰/۷۰۱، ۰/۹۹۷]	۰/۴۱۵	[۰/۳۲۲، ۰/۵۰۸]	۳
۰/۷۱۴۵	[۰/۵۱۶، ۰/۹۱۳]	۰/۶۳۹۵	[۰/۴۶۱، ۰/۸۱۸]	۰/۷۰۸	[۰/۵۲۸، ۰/۸۸۸]	۰/۸۴۴	[۰/۶۹۸، ۰/۹۹]	۰/۴	[۰/۳۱۳، ۰/۴۸۷]	۴
۰/۷۲۹	[۰/۵۳، ۰/۹۲۸]	۰/۶۰۹۵	[۰/۴۳۴، ۰/۷۸۵]	۰/۷۱۱۵	[۰/۵۳۳، ۰/۸۹]	۰/۸۴۸۵	[۰/۷۰۲، ۰/۹۹۳]	۰/۴۰۵	[۰/۳۱۶، ۰/۴۹۲]	۵
۰/۷۷۹۵	[۰/۵۲۶، ۰/۸۹۳]	۰/۵۹۰۵	[۰/۴۱۵، ۰/۷۶۴]	۰/۶۹۱	[۰/۵۱۲، ۰/۸۴۸]	۰/۸۴۰۵	[۰/۶۹۸، ۰/۹۸۳]	۰/۴۱۱	[۰/۳۲، ۰/۵۰۲]	۶
۰/۷۴۲۵	[۰/۵۰۴، ۰/۹۶۵]	۰/۶۲۱۵	[۰/۴۴۳، ۰/۷۹۹]	۰/۶۹۴	[۰/۵۱۹، ۰/۸۷۳]	۰/۸۳۸	[۰/۶۹۷، ۰/۹۷۹]	۰/۴۰۵	[۰/۳۱۶، ۰/۴۹۲]	۷
۰/۷۵۴	[۰/۵۳۱، ۰/۹۷۱]	۰/۵۸۲	[۰/۴۱۱، ۰/۷۵۷]	۰/۶۸۷	[۰/۵۰۹، ۰/۸۶۵]	۰/۸۵۱	[۰/۷۰۵، ۰/۹۹۷]	۰/۴۱۳	[۰/۳۲۱، ۰/۵۰۵]	۸
۰/۷۷۹۵	[۰/۵۴۶، ۰/۸۹۳]	۰/۶۳۹۵	[۰/۴۶۱، ۰/۸۱۸]	۰/۷۳۵	[۰/۵۵۵، ۰/۹۱۵]	۰/۸۵۳	[۰/۷۰۴، ۱]	۰/۴۱۵	[۰/۳۲۲، ۰/۵۰۸]	ماکزیمم
۶		۴		۱		۱		۳		شماره واحد
۰/۷۱۱۵	[۰/۵۰۹، ۰/۹۱۴]	۰/۵۸۲	[۰/۴۱۱، ۰/۷۵۷]	۰/۶۸۷	[۰/۵۰۹، ۰/۸۶۵]	۰/۸۳۸	[۰/۶۹۷، ۰/۹۷۹]	۰/۴۹۸	[۰/۳۱۲، ۰/۴۸۴]	مینیمم
۳		۸		۸		۷		۲		شماره واحد

بر اساس نتایج مدل در مقطع زمانی دوم با $\propto = 0/5$:

در کران پائین کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای‌کران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله دوم، واحد شماره ۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۷ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای کران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله دوم، واحد شماره ۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۷ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله سوم، واحد شماره۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحدهای شماره۳ و۸ پائین‌ترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۳۱}$ واحد شماره۳ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۳۵}$ واحدشماره ۸ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۲۳}$ واحد شماره ۸ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله سوم، واحد شماره۱بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۲۳}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست و واحد شماره۳ پائین‌ترین کارایی‌را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحدنسبت‌به دیگر واحدهای‌کران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله‌پائین‌تراست.

در کران بالای کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۴ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این مرحله بالاتراست.

بر اساس نتایج مدل در مقطع زمانی سوم با $\propto = 0/5$:

در کران پائین کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست و واحدهای شماره ۲و۴ پائین‌ترین کارایی را دارند زیرا میزان $z_{۳۱}$ واحد شماره۲ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست و میزان $z_{۴۱}$ واحد شماره۴ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله دوم، واحد شماره۱بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحدهای شماره۴و ۷ پائین‌ترین کارایی را دارند. زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ واحد شماره ۴ نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این‌مرحله پائین‌تر است ومیزان $z_{۵۲}$ واحد شماره ۷ نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتر است.

(جدول ۷) نتایج مدل در مقطع زمانی سوم برای پنج مرحله و $\propto = 0/5$

مقطع زمانی سوم (سال ۱۳۹۶)										
میانگین کارایی کل مرحله پنجم	کارایی مرحله پنجم	میانگین کارایی کل مرحله چهارم	کارایی مرحله چهارم	میانگین کارایی کل مرحله سوم	کارایی مرحله سوم	میانگین کارایی کل مرحله دوم	کارایی مرحله دوم	میانگین کارایی کل مرحله اول	کارایی مرحله اول	شماره واحد
۰/۶۱۰۵	[۰/۴۵۲، ۰/۷۶۷]	۰/۶۳۴۵	[۰/۴۶۲، ۰/۸۰۷]	۰/۷۵۲	[۰/۵۸، ۰/۹۲۲]	۰/۸۴۴۵	[۰/۶۹، ۰/۹۹۹]	۰/۳۹	[۰/۳۰۹، ۰/۴۷۱]	۱
۰/۶۳۱	[۰/۴۶۹، ۰/۷۹۳]	۰/۶۴۲۸	[۰/۴۵۷، ۰/۷۹۹]	۰/۷۴۵۵	[۰/۵۷۵، ۰/۹۱۶]	۰/۸۴۲۵	[۰/۶۸۹، ۰/۹۹۴]	۰/۳۸۷۵	[۰/۳۰۸، ۰/۴۶۷]	۲
۰/۶۲۷	[۰/۴۶۲، ۰/۷۹۲]	۰/۶۲۸۵	[۰/۴۵۶، ۰/۸۰۱]	۰/۷۰۷	[۰/۵۳۳، ۰/۸۸۱]	۰/۸۳۷	[۰/۶۸۲، ۰/۹۹۲]	۰/۳۰۲۵	[۰/۳۱۷، ۰/۴۸۸]	۳
۰/۶۱۲۵	[۰/۴۵۶، ۰/۷۶۹]	۰/۶۶۶۵	[۰/۴۹۲، ۰/۸۴۱]	۰/۷۳	[۰/۵۵۷، ۰/۹۰۳]	۰/۸۳۵	[۰/۶۸۱، ۰/۹۸۹]	۰/۳۸۸۵	[۰/۳۰۸، ۰/۴۶۹]	۴
۰/۶۲۴۵	[۰/۴۶۸، ۰/۷۸۱]	۰/۶۳۷۵	[۰/۴۶۶، ۰/۸۰۹]	۰/۷۳۳	[۰/۵۶۱، ۰/۹۰۵]	۰/۸۳۹۵	[۰/۶۸۷، ۰/۹۹۲]	۰/۳۹۲	[۰/۳۱۲، ۰/۴۷۶]	۵
۰/۶۵۱۵	[۰/۴۹۱، ۰/۸۱۲]	۰/۶۳۹	[۰/۴۶۶، ۰/۸۱۲]	۰/۷۱	[۰/۵۳۹، ۰/۸۸۱]	۰/۸۳۲	[۰/۶۸۲، ۰/۹۸۲]	۰/۳۹۸۵	[۰/۳۱۴، ۰/۴۸۳]	۶
۰/۶۴۱	[۰/۴۸۷، ۰/۷۹۵]	۰/۶۴۳۵	[۰/۴۷، ۰/۸۱۷]	۰/۷۳۸	[۰/۵۴۶، ۰/۹۱]	۰/۸۲۹۵	[۰/۶۸۱، ۰/۹۷۸]	۰/۳۹۳۵	[۰/۳۱۱، ۰/۴۷۴]	۷
۰/۶۴۳	[۰/۴۷۶، ۰/۸۱]	۰/۶۴۰۳	[۰/۴۳۳، ۰/۷۷۲]	۰/۷۲۰۵	[۰/۵۲۷، ۰/۸۹۴]	۰/۸۴۲۵	[۰/۶۸۹، ۰/۹۹۴]	۰/۴۰۱	[۰/۳۱۶، ۰/۴۸۴]	۸
۰/۶۵۱۵	[۰/۴۹۱، ۰/۸۱۲]	۰/۶۶۶۵	[۰/۴۹۲، ۰/۸۴۱]	۰/۷۵۲	[۰/۵۸، ۰/۹۲۲]	۰/۸۴۴۵	[۰/۶۹، ۰/۹۹۹]	۰/۴۰۲۵	[۰/۳۱۷، ۰/۴۸۸]	ماکزیمم
۶		۴		۱		۱		۳		شماره واحد
۰/۶۱۰۵	[۰/۴۵۲، ۰/۷۶۷]	۰/۶۰۳	[۰/۴۳۳، ۰/۷۷۲]	۰/۷۰۷	[۰/۵۳۳، ۰/۸۸۱]	۰/۸۲۹۵	[۰/۶۸۱، ۰/۹۷۸]	۰/۳۸۷۵	[۰/۳۰۸، ۰/۴۶۷]	مینیمم
۱		۸		۳		۷		۲		شماره واحد

در کران بالای کارایی مرحله دوم، واحد شماره۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۲۳}$ و$z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۷ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۵۲}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران‌بالای‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله سوم، واحد شماره۱ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله‌بالاتراستو واحد شماره۳ پائین‌ترین کارایی را داردزیرا میزان $z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ واحدشماره۳نسبت‌به‌دیگر واحدهای‌کران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله‌پائین‌تراست.

در کران بالای کارایی مرحله سوم، واحد شماره ۱بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحدهای شماره ۳و۶ پائین‌ترین کارایی را دارند زیرا میزان$z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ واحد شماره ۳ نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان$z_{۲۳}$ واحد شماره ۶ نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۴۱}$ و $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و میزان$z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ و$z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تراست و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره۱ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره۱ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست.

بر اساس نتایج مدل در مقطع زمانی چهارم با $\alpha = 0/5$:

در کران پائین کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای‌کران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله اول، واحد شماره۳ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره ۲ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این‌مرحله بالاتراست.

(جدول ۸) نتایج مدل در مقطع زمانی چهارم برای پنج مرحله و$\alpha = 0/5$

مقطع زمانی چهارم (سال ۱۳۹۷)										
میانگین کارایی کل مرحله پنجم	کارایی مرحله پنجم	میانگین کارایی کل مرحله چهارم	کارایی مرحله چهارم	میانگین کارایی کل مرحله سوم	کارایی مرحله سوم	میانگین کارایی کل مرحله دوم	کارایی مرحله دوم	میانگین کارایی کل مرحله اول	کارایی مرحله اول	شماره واحد
۰/۶۰۲۵	[۰/۴۴۴، ۰/۷۶۱]	۰/۶۴۸	[۰/۴۷۱، ۰/۸۲۵]	۰/۷۸۳	[۰/۶۰۵، ۰/۹۶۱]	۰/۸۵۱۵	[۰/۷۰۳، ۱]	۰/۳۸۹۵	[۰/۳۰۵، ۰/۴۷۴]	۱
۰/۵۹۵۵	[۰/۴۲، ۰/۷۵۱]	۰/۶۶۶۵	[۰/۴۸۹، ۰/۸۴۴]	۰/۷۸۱۵	[۰/۶۰۵، ۰/۹۵۸]	۰/۸۵۱۵	[۰/۷۰۳، ۱]	۰/۳۸۶۵	[۰/۳۰۳، ۰/۴۷]	۲
۰/۶۱۱۵	[۰/۴۴۶، ۰/۷۷۷]	۰/۶۵۲	[۰/۴۷۳، ۰/۸۳]	۰/۷۲۷۵	[۰/۵۴۸، ۰/۹۰۷]	۰/۸۴۷۵	[۰/۶۹۸، ۰/۹۹۷]	۰/۴۰۲	[۰/۳۱۲، ۰/۴۹۲]	۳
۰/۵۷۹	[۰/۴۲۵، ۰/۷۳۳]	۰/۶۹۱	[۰/۵۱۱، ۰/۸۷۱]	۰/۷۶۰۵	[۰/۵۸۱، ۰/۹۴]	۰/۸۵	[۰/۷، ۱]	۰/۳۸۸	[۰/۳۰۴، ۰/۴۷۲]	۴
۰/۶۰۸۵	[۰/۴۴۹، ۰/۷۴۸]	۰/۶۵۴	[۰/۴۷۹، ۰/۸۳۳]	۰/۷۵۴	[۰/۵۷۷، ۰/۹۳۱]	۰/۸۵۲	[۰/۷۰۴، ۱]	۰/۳۹۳	[۰/۳۰۷، ۰/۴۷۹]	۵
۰/۶۳۲۵	[۰/۴۴۸، ۰/۸۰۱]	۰/۶۵۷۵	[۰/۴۷۹، ۰/۸۳۴]	۰/۷۶۲۵	[۰/۵۴۹، ۰/۹۰۱]	۰/۸۴۴۵	[۰/۷، ۰/۹۹۳]	۰/۳۹۸۵	[۰/۳۱، ۰/۴۸۷]	۶
۰/۶۲۷۵	[۰/۴۴۷، ۰/۷۸۸]	۰/۶۵۷۵	[۰/۴۷۹، ۰/۸۳۴]	۰/۷۵۴	[۰/۵۷۷، ۰/۹۳۱]	۰/۸۴۴	[۰/۶۹۹، ۰/۹۸۹]	۰/۳۹۳	[۰/۳۰۷، ۰/۴۷۹]	۷
۰/۶۲۶	[۰/۴۵۸، ۰/۷۹۴]	۰/۶۲۵۵	[۰/۴۵۱، ۰/۸]	۰/۷۴۴	[۰/۵۴۷، ۰/۹۲۵]	۰/۸۵۱۵	[۰/۷۰۳، ۱]	۰/۴۰۰۵	[۰/۳۱۱، ۰/۴۹]	۸
۰/۶۳۲۵	[۰/۴۴۸، ۰/۸۰۱]	۰/۶۹۱	[۰/۵۱۱، ۰/۸۷۱]	۰/۷۸۳	[۰/۶۰۵، ۰/۹۶۱]	۰/۸۵۲	[۰/۷۰۴، ۱]	۰/۴۰۲	[۰/۳۱۲، ۰/۴۹۲]	ماکزیمم
۶		۴		۱		۵		۳		شماره واحد
۰/۵۷۹	[۰/۴۲۵، ۰/۷۳۳]	۰/۶۲۵۵	[۰/۴۵۱، ۰/۸]	۰/۷۶۲۵	[۰/۵۴۹، ۰/۹۰۱]	۰/۸۴۴	[۰/۶۹۹، ۰/۹۸۹]	۰/۳۸۶۵	[۰/۳۰۳، ۰/۴۷]	مینیمم
۴		۸		۶		۷		۲		شماره واحد

در کران پائین کارایی مرحله دوم، واحد شماره ۵ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۲۳}$ و $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۳ پائین‌ترین کارایی‌رادارد‌زیرامیزان$z_{۲۳}$ و$z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای‌دیگرکران‌پائین‌کارایی‌این‌مرحله‌پائین‌تراست در کران بالای کارایی مرحله دوم، واحدهای شماره ۱و۲و۴و ۵ و۸ بالاترین کارایی را دارند زیرا میزان$z_{۲۳}$ و$z_{۲۴}$ واحدهای شماره ۱و۲و۵ و۸ نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و میزان $z_{۵۲}$ واحد شماره ۴ نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۷ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۵۲}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگر کران بالای کارایی این مرحله بالاتر است.

در کران پائین کارایی مرحله سوم، واحد شماره۳ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است.

در کران بالای کارایی مرحله سوم، واحد شماره۱بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۳۱}$ و$z_{۳۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و واحد شماره۶ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان$z_{۲۳}$ این واحد نسبت به دیگرواحدهای‌کران‌بالای‌کارایی‌این مرحله‌بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان$z_{۴۱}$ و $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله بالاتر است و میزان$z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران پائین کارایی این مرحله پائین تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ و$z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست

و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله چهارم، واحد شماره۴ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ و $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله بالاتر است و میزان$z_{۲۴}$ این واحد نسبت به واحدهای دیگرکران بالای کارایی این مرحله پائین تر است و واحد شماره ۸ پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۴۱}$ و$z_{۴۵}$ این واحد نسبت به‌دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۲۴}$ این واحد نسبت به‌دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران پائین کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تراست و واحد شماره۴ پائین ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحد نسبت به دیگر واحد های کران پائین کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران پائین کارایی این مرحله بالاتراست.

در کران بالای کارایی مرحله پنجم، واحد شماره ۶ بالاترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۳۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و واحد شماره۴پائین‌ترین کارایی را دارد زیرا میزان $z_{۵۲}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران‌بالای کارایی این مرحله پائین‌تر است و میزان $z_{۴۵}$ این واحد نسبت به دیگر واحدهای کران بالای کارایی این مرحله بالاتر است.

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۹، بر اساس نتایج بدست آمده در سال ۱۳۹۴، واحد شماره ۲ بالاترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره ۳ پائین‌ترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بدتر است. بر اساس نتایج بدست آمده در سال ۱۳۹۵، واحد شماره ۷ بالاترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره ۳ پائین‌ترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بدتر است. بر اساس نتایج بدست آمده در سال ۱۳۹۶، واحد شماره ۷ بالاترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره ۳ پائین‌ترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بدتر است. بر اساس نتایج بدست آمده در سال ۱۳۹۷، واحد شماره ۲ بالاترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بهتر است و واحد شماره ۳ پائین‌ترین میانگین کارایی کل را دارد زیرا مجموع وزندار شده این واحد بدتر است.

جدول (۹) رتبه‌بندی نتایج میانگین کارایی کل در هر چهار مقطع زمانی و $\alpha = 0/5$

سال ۱۳۹۷	واحد	سال ۱۳۹۶	واحد	سال ۱۳۹۵	واحد	سال ۱۳۹۴	واحد
۰.۶۴۸۱	۳	۰.۶۴۰۴	۳	۰.۶۵۴۸	۳	۰.۶۳۳۶	۳
۰.۶۴۹۹	۸	۰.۶۴۲	۸	۰.۶۵۸۲	۸	۰.۶۳۵۳	۸
۰.۶۵۲۴	۶	۰.۶۴۵۷	۵	۰.۶۶۰۷	۱	۰.۶۳۹	۱
۰.۶۵۲۷	۵	۰.۶۴۶۲	۶	۰.۶۶۰۷	۵	۰.۶۳۹۳	۶
۰.۶۵۳۷	۴	۰.۶۴۶۳	۱	۰.۶۶۱۲	۴	۰.۶۳۹۵	۴
۰.۶۵۴۹	۱	۰.۶۴۶۵	۴	۰.۶۶۲۱	۲	۰.۶۳۹۷	۷
۰.۶۵۵۲	۷	۰.۶۴۶۹	۲	۰.۶۶۲۵	۶	۰.۶۴	۵
۰.۶۵۶۳	۲	۰.۶۴۹۱	۷	۰.۶۶۴۶	۷	۰.۶۴۰۹	۲

۰.۶۵۶۳	ماکزیمم	۰.۶۴۹۱	ماکزیمم	۰.۶۶۴۶	ماکزیمم	۰.۶۴۰۹	ماکزیمم
۲	واحد	۷	واحد	۷	واحد	۲	واحد
۰.۶۴۸۱	مینیمم	۰.۶۴۰۴	مینیمم	۰.۶۵۴۸	مینیمم	۰.۶۳۳۶	مینیمم
۳	واحد	۳	واحد	۳	واحد	۳	واحد

۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

بر اساس هدف این تحقیق که ارائه مدلی جهت ارزیابی کارایی جریان اطلاعات در زنجیره تامین می‌باشد، در ابتدا با بررسی ادبیات موضوع شاخص‌ها برای ارزیابی کارایی جریان اطلاعات

در زنجیره تامین تعیین و با روش دلفی فازی اعتبار شاخص‌ها بررسی شد. سپس واحد تصمیم‌گیرنده و ورودی‌ها و خروجی‌ها معرفی شدند. در این تحقیق جهت ارزیابی کارایی، از تحلیل پوششی داده‌ها در حالت فازی و با در نظر گرفتن مدل شبکه و روابط برگشت‌پذیر در زنجیره تامین استفاده گردید و جهت پیاده‌سازی مدل از نرم افزار GAMS استفاده شد. بر اساس نتایج بدست آمده با ۰/۵ =∝ واحد شماره ۲ در سال‌های ۱۳۹۴و ۱۳۹۷، واحد شماره۷ در سال‌های ۱۳۹۵و۱۳۹۶ بالاترین میانگین کارایی کل را دارند. واحد شماره ۳ در چهار مقطع زمانی پائین‌ترین میانگین کارایی کل را دارد. به منظور مقایسه نتایج ، نمی‌توان از مدل‌های مطرح شده در مقالات بررسی شده در بخش پیشینه تحقیق، در این مقاله استفاده کرد زیرا این مدل‌ها با داده‌های این تحقیق قابل تطبیق نمی‌باشد.

پیشنهادات کاربردی

- مدیران هر یک از واحدهای تصمیم‌گیرنده می‌بایست با الگوگرفتن از کاراترین واحدها به شکل مطلوبی میزان ورودی و خروجی‌های مربوطه را تغییر دهند تا بهبود یابند.
- با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان بازه ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده را کوتاه‌تر کرد و درصورت انحراف از مقادیر پیش‌بینی شده، اصلاحات لازم انجام گردد.
- به دلیل گستردگی زنجیره تامین شرکت، پیشنهاد می‌گردد برای سایر واحدهای شرکت، واحدهای تصمیم گیرنده و ورودی‌ها و خروجی‌های مربوطه شناسایی گردد و پس از طراحی واحد تصمیم‌گیرنده، کارایی جریان اطلاعات ارزیابی شود.
- اعتبار شاخص‌های تاثیرگذار بر کارایی جریان اطلاعات در زنجیره‌های تامین گسترده‌تر و در صنایع دیگر بررسی گردد.

پیشنهادات تحقیق‌های آتی

- الگویابی برای آینده.
- تاثیر وابستگی ورودی‌ها نسبت به هم (خروجی‌ها نسبت به هم) در کارایی.
- تحیل حساسیت روی عوامل موثر بر کارایی.

فهرست منابع

[1] Sahebjamnia, N., (2020), Resilient supplier selection and order allocation under uncertainly. Scientia Iranica, 27(1), 411-426.

[2] Dai, Z., Aqlan, F., Zheng, X., & Gao, k., (2018), A location-inventory supply chain network model using two heuristic algorithms for perishable products with fuzzy constraints. Computers & Industrial Engineering, 5(8), 15-33.

[3] Quang, H & et al. (2016). An extensive structural model of supply chain quality management and firm performance. International Journal of Quality & Reliability Management, 33 (4): 1-22.

[4] Kros, S.A., (2014). An exploration of quality management practices ،perceptions and program maturity. International Journal of Operations & Production Management, 34(6), 786 -806.

[5] Tripathy, S., Aich, S., Chakraborty, A. & Lee, G., M.,(2016), Information technology is an enabling factor affecting supply chain performance in Indian SMEs: a structural equation modelling approach. Journal of Modelling in Management, 11(1), 269 - 287.

[6] Pham, H.C., Nguyen, T-T., McDonald,S., Tran-Kieu,N,Q.,(2019), Information Sharing in Logistics Firms: An Exploratory Study of the Vietnamese Logistics Sector, The Asian Journal of Shipping and Logistics 35(2),87-95.

[7] Mitchell, Erin. M, Kovach,Jamison.V, (2016), Improving supply chain information sharing using Design for Six Sigma, European Research on Management and Business Economics 22,147-154.

[۸] هوگس، مایکل.، (۱۳۸۷). اصول و مبانی مدیریت زنجیره تامین، شیخ سجادیه، محسن.، اکبری جوکار، محمدرضا.،تهران، آدینه.

[9] Farajpour, F., Yousefli, A., (2018), Information flow in supply chain: A fuzzy TOPSIS parameters ranking, Uncertain Supply Chain Management 6, 181-194.

[10] Shaout, A., & Yousif, M. K., (2014), Performance evaluation–Methods and techniques survey. International Journal of Computer and Information Technology, 3(5), 966-979.

[11] Badenhorst-Weiss, J.A., Maurer, C. & Brevis-Landsberg, T., (2013), Developing measures for the evaluation of information flow efficiency in supply chains. Journal of Transport and Supply Chain Management7(1),Art. #88, 13 pages. http://dx.doi.org/ 10.4102/ jtscm. v7il.88.

[۱۲] زارعی محمودآبادی، محمد.، (۱۳۹۷)، مدل‌های نوین تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، انتشارات دانشگاه یزد، ص۷۵-۷۷.

[۱۳] جهانشاهلو، غ.، حسین‌زاده لطفی، ف.، نیکومرام، ه.، (۱۳۸۷)، تحلیل پوششی داده‌ها و کاربردهای آن، تهران، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد علوم و تحقیقات.

[۱۴] مومنی، م.، (۱۳۸۹)، مباحث نوین تحقیق در عملیات، مولف، ص۱۶۶و۱۷۵.

[15] Chen, C., Yan, H., (2011), Network DEA model for supply chain performance evaluation, European Journal of Operational Research 213 (1), 147-155.

[۱۶] سالاری، م.، زندیه، م.، (۱۳۹۵)، ارزیابی کارایی فروشگاه‌های اینترنتی با استفاده از مدل دو مرحله‌ای تحلیل پوششی داده‌ها، پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۲۰، شماره ۳.

[۱۷] نیلچی،م.، فدائی نژاد، م. ا.، رضوی حاجی آقا، س.ح.، بدری، ا.، (۱۳۹۶) ، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های چند بخشی جدید برای ارزیابی کارایی شعب بانک‌ها، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی- سال پانزدهم، شماره۴۶، ص۷۳ تا۹۶.

[۱۸] سلیمانی دامنه، ر.، (۱۳۹۸)، توسعه یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای (NDEA) مضربی جهت بررسی ساختار درونی واحدهای تصمیم‌گیرنده، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج- سال چهاردهم، شماره ۴۹، ص ۵۳-۷۲.

[۱۹] واعظی، ا.، نجفی، س. ا.، حاجی مولانا، س.م.، حسین‌زاده لطفی، ف.، احدزاده نمین،م.، (۱۳۹۹)، اندازه‌گیری کارایی یک شبکه سه مرحله‌ای با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با در نظر گرفتن مرز دوگانه، پژوهش‌های نوین در ریاضی، سال ششم، شماره بیست و چهارم، ۱۴۱-۱۵۸.

[۲۰] پیکانی، پ.، قیدر خلجانی، ج.، (۱۳۹۹)، ارزیابی عملکرد زنجیره ارزش پروژه‌های تحقیق و توسعه برای سیستم‌ها و محصولات پیچیده: رویکرد تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای فازی، پژوهش‌های نوین در ریاضی، سال ششم، شماره بیست و پنجم، ۴۱-۵۸.

[۲۱] قلی‌ها، ع.م.، حسین‌زاده لطفی، ف.، شهریاری، م. ر.، واعظ قاسمی، م.، (۱۳۹۹)، ارایه یک مدل بر اساس متغیرهای کمکی برای محاسبه کارایی و اثربخشی ایستگاه‌های مترو شهر تهران در تحلیل پوششی داده‌ها با ورودی و خروجی‌های وابسته، پژوهش‌های نوین در ریاضی، سال ششم، شماره بیست و هفتم، ۵-۱۶.

[22] Shafiee, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Saleh, H., (2014), Supply chain performance evaluation with data envelopment analysis and balanced scorecard approach, Applied Mathematical Modelling 38, 5092-5112.

[23] Tavana, M., Kaviani, M.A., Di caprio, D., Rahpeyma, B., (2016), A two-stage data envelopment analysis model for measuring performance in three-level supply chains, Measurement 78,322-333.

[24] Huang, C-W., (2018), Assessing the performance of tourism supply chains by using the hybrid network data envelopment analysis model, Tourism Management 65,303-316.

[25] Cannella, S.,(2014), Order-Up-To policies in Information Exchange supply chains, Applied Mathematical Modelling 38, 5553-5561.

[26] Dominguez, R., Cannella, S., M.Framinan, J., (2014), On bullwhip-limiting strategies in divergent supply chain networks, Computers & Industrial Engineering 73, 85-95.

[27] Fu, D., M.lonescu, C., Aghezzaf, EL-H., De Keyser, R., (2014), Decentralized and centralized model predictive control to reduce the bullwhip effect in supply chain management, Computers & Industrial Engineering 73, 21-31.

[28] Costantino, F., Di Gravio, G., Shaban, A., Tronci, M., (2015), The impact of information sharing on ordering policies to improve supply chain performances, Computers & Industrial Engineering 82, 127-142.

[29] Hosoda, T., M.Disney, S., Gavirneni, S., (2015), The impact of information shring, random yield, correlation, and lead times in closed loop supply chains, European Journal of Operational Research 246, 827-836.

[30] Li, T., Zhang, H.,(2015), information sharing in a supply chain with a make-to-stock manufacturer, Omega 50, 115-125.

[31] Wang, X., M.Disney, S., (2016), The bullwhip effect: progress, trends and directions, European Journal of Operational Research 250, 691-701.

[32] Kaipia, R., Holmstrom, J., Smaros, J., Rajala, R., (2017), Information sharing for sales and operations planning: Contextualized solutions and mechanisms, Journal of Operations Management 52, 15-29.

[33] Kembro, J., Naslund, D., Olhager, J., (2017), Information sharing across multiple supply chain tiers: A Delphi study on antecedents, International Journal of Production Economics 193, 77-86.

[34] M.Ali, M., Zied Babai, M., E.Boylan, J., A.Syntetos, A., (2017), Supply chain forcasting when information is not shared, European Journal of Operational Research 260, 984-994.

[35] Quigley, J., Walls, L., Demirel, G., L. MacCarthy, B., Parsa, M., (2018), Supplier quality improvement: The value of information under uncertainly, European Journal of Operational Research 264, 932-947.

[36] Chileshe, N., Senerath Jayasinghe, R., Rameezdeen, R., (2019), Information flow-centric approach for reverse logistics supply chains, Automation in construction 106, 102858.

[37] Cheng, C-H. & Lin, Y., (2002), Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation, European. Journal of Operational Research, 142: 174-186.

[38] Yuan, T., Chen, P., (2012), Data Mining Applications in E-Government Information Security, Procedia Engineering, 29: 235–240.