

A DEA Model for Performance Evaluation of Supply Chain Sustainability in the Presence of Undesirable Outputs and Dual-Role Factors: The Case: The Power Industry

Mojgan Pouralizadeh

Assistant Professor, Applied Mathematics
Department, Lahijan branch, Islamic Azad
university, Lahijan, Iran

Aliraza Amirtaimoori

Full Professor, Applied Mathematics
Department, Rasht branch, Islamic Azad
university, Rasht, Iran

Rossana Riccardi

Associate Professor, Economic and Management
Department, Brescia University, Brescia, Italy

Mohsen Vaez-Ghasemi *

Assistant Professor, Applied Mathematics
Department, Rasht branch, Islamic Azad
university, Rasht, Iran





Abstract

Data envelopment analysis is a useful method to measure unified operational and environmental efficiency of a supply chain. Supply chain divisions produce two types outputs based on economic activities and inputs are separated into two categories under natural and managerial disposability. The current paper proposes a new DEA-based model to evaluate a supply chain under investment on certain types of inputs to new technologic innovation. In hence, dual-role factors controls cleanup costs of flaring gas and the amount electricity consumptions of power plants also dual-role indices improve expertise in transmission entities. A real case study on Iran power industry is presented to demonstrate the applicability of the proposed model. To demonstrate the capability of the proposed approach this framework is implemented for the performance evaluation of a supply chain identified by oil and gas companies, power plants, transmissions companies, dispatching companies and final consumers in Iran.

Keyword: Natural Disposability, Managerial Disposability, Dual-role Factors, New Technology Innovation, Supply Chain Inefficiency



یک مدل DEA برای ارزیابی اجرای زنجیره تامین پایدار با حضور خروجی‌های نامطلوب و شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی: کاربرد از صنعت برق

- مژگان پورعلیزاده  استادیار دانشکده علوم پایه، گروه ریاضی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان
- علیرضا امیر تیموری  استاد تمام دانشکده علوم پایه، گروه ریاضی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت
- رسانا ریکاردی  دانشیار دانشکده اقتصاد، گروه مدیریت و اقتصاد دانشگاه برشا (Berscia) ایتالیا
- محسن واعظ قاسمی * استادیار دانشکده علوم پایه، گروه ریاضی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت

چکیده

تحلیل پوششی داده‌ها یک روش مفید جهت اندازه‌گیری کارایی عملکردی و محیطی یک زنجیره تامین پایدار می‌باشد. بخش‌های یک زنجیره تامین بر اساس فعالیت اقتصادی دو نوع خروجی تولید می‌کنند و ورودیها به دودسته تحت دسترس پذیری عادی و مدیریتی افزایشی شونند. این مقاله مدلی را برای تعیین کارایی یک زنجیره تامین جهت سرمایه‌گذاری روی نوع خاصی از ورودیها به منظور ابداع تکنولوژی جدید در حضور شاخص‌های دو نقشی جهت کنترل هزینه‌های بازایی گاز فلرینگ، مقدار الکتریسیته مصرفی نیروگاهها و ارتقای سطح علمی و آموزش کارکنان در امور بهره‌برداری و انتقال ارائه می‌کند. بخش کاربردی این مطالعه شامل ده زنجیره تامین از صنعت برق در نقاط متفاوت ایران می‌باشد هر زنجیره تامین شامل کمپانی نفت و گاز جهت تامین سوخت مورد نیاز نیروگاهها، نیروگاههای برق جهت تولید برق، شرکت‌های برق منطقه‌ای برای انتقال برق تولید شده، شرکت‌های توزیع برق جهت توزیع الکتریسیته مورد نیاز و همچنین مصرف کنندگان می‌باشد.

کلمات کلیدی: دسترس پذیری آزاد، دسترس پذیری مدیریتی، فاکتورهای دو نقشی، ابداع تکنولوژی نوین، ناکارایی زنجیره تامین

مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری رشته ریاضی کاربردی گرایش تحقیق در عملیات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت است.

* نویسنده مسئول: Mohsen.vaez@me.com

مقدمه

بخش انرژی یکی از مهمترین زیرساختارهای توسعه هر کشور محسوب می‌شود. نیروگاه‌ها از مرحله تولید تا مصرف، انواع آلاینده‌ها را در محیط زیست تولید می‌کنند. نیروگاه‌ها مهمترین مصرف کننده سوخت‌های فسیلی زغال سنگ، مازوت، گازوئیل و گاز طبیعی هستند بطوریکه این سوختها بیشترین نقش را در تولید برق ایفا می‌کنند بنابراین استفاده بیشتر آنها در تولید برق انتشار گازهای گلخانه ای را افزایش داده است. آلاینده‌های مربوط به نیروگاه‌ها، اکسیدهای کربن، اکسیدهای سولفور و دی اکسید کربن می‌باشند که دی اکسید کربن بیشترین سهم انتشار آلاینده‌های نیروگاهی را دارد. یکی از مشکلات نیروگاه‌ها گاز دی اکسید کربن است زیرا اختلاف زیادی بین این گاز و گازهای دیگر وجود دارد این گاز باعث تغییرات آب وهوا و گرمایش کره زمین می‌شود و همچنین تهدیدی برای سلامتی انسان و تمام موجودات زنده خواهد بود. میداین نفت و گاز و پالایشگاه‌ها یک بخش اساسی انرژی در ایران قلمداد می‌شوند و سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها توسط بخش انرژی تامین می‌شود. سالانه بالغ بر ۱۵۰ میلیارد متر مکعب گاز در جهان تحت عنوان فلرینگ (یا سوزاندن گازها توسط مشعل) به مواد آلاینده تبدیل می‌شود طبق آمار بانک جهانی این رقم معادل یک سوم مصرف گاز اروپا است که از کل حجم گازهای آلاینده ۷۵ درصد آن متعلق به ۱۰ کشور است که ایران با رتبه سوم جهانی و رتبه اول خاورمیانه جزو این ۱۰ کشور به حساب می‌آید. نیروگاه‌های برق ایران براساس تکنولوژی حرارتی، سیکل ترکیبی، گازی، برقآبی، اتمی و تجدید پذیر برق تولید می‌کنند همچنین نیروگاههای برقآبی و تجدید پذیر فاقد هر گونه آلودگی می‌باشند. یکی از راه‌های پیشگیری و کاهش آلودگی ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه و مدیریت گازهای مضر می‌باشد که شامل مواردی از جمله آموزش و مدیریت صحیح به منظور کاهش ایجاد آلودگی است. تحلیل پوششی داده‌ها روشی مفید برای ارائه ایده‌هایی جهت سرمایه گذاری ومجهز شدن به یک ظرفیت مهندسی پیشرفته بمنظور جلوگیری و کاهش اثرات مضر محیطی محسوب می‌شود. یک زنجیره تامین الکتریسیته یا یک تامین کننده برق مجموعه ای از بخشهای انرژی، نیروگاهی، خطوط انتقال و خطوط توزیع و مصرف

کنندگان یا مشترکین برق است که هر یک از بخشها با ارتباط هماهنگ و منسجم با سایر بخشها در جهت افزایش بازده اقتصادی و کاهش مضرات زیان‌آور محیطی و جلب رضایتمندی مصرف‌کنندگان یا مشترکین برق همکاری می‌کنند و همچنین بمنظور کسب بیشترین امتیاز کارآیی و پایداری در صنعت برق با یکدیگر رقابت می‌کنند. بخش انرژی و نیروگاهی علاوه بر اینکه تولیدکنندگان انرژی محسوب می‌شوند مقادیر زیادی انرژی مصرف می‌کنند. بعنوان مثال در میادین نفت و گاز روزانه بالغ بر ۴۵ میلیون متر مکعب گاز همراه نفت جهت جلوگیری از انفجار احتمالی سوزانده می‌شود که علاوه بر هدر رفت انرژی تأثیرات منفی قابل ملاحظه‌ای بر محیط زیست اعمال می‌کند در بخش نیروگاهی سوزاندن سوخت‌های فسیلی در نیروگاه‌های تجدید ناپذیر نه تنها اثرات زیان‌آور به محیط زیست اعمال مینماید بلکه سبب اتلاف مقادیر قابل توجهی انرژی می‌شود بعلاوه سیستم‌های مهندسی موجود در نیروگاه‌ها بمنظور تثبیت ولتاژ برق جهت انتقال به خطوط انتقال برق و کنترل فشار دیگهای بخار مقادیر قابل توجهی انرژی مصرف می‌کنند لذا کنترل مصارف نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی حائز اهمیت است همچنین تلفات ناشی از انتقال و توزیع جریان برق در خطوط انتقال و توزیع سبب هدر رفت جریان برق می‌شود و سرانجام قطع برق در بخشهای مصرف‌کنندگان جریان الکتریسیته عدم رضایتمندی مشتریان و ناتوانی در پایداری یک کسب و کار را به دنبال خواهد داشت. در این مقاله ما قصد داریم به سوالات ذیل پاسخ دهیم چطور یک واحد تصمیم‌گیرنده یا یک تامین‌کننده برق با کنترل سطح فعالیت می‌تواند انتشارات گازهای آلوده در میدانهای نفتی و گازی و نیروگاهها را مدیریت نماید و همچنین راهکارهایی را بمنظور جلوگیری از تلفات برق در خطوط انتقال و خطوط توزیع ارائه نماید بعلاوه اگر امکان سرمایه‌گذاری جهت تجهیزات مهندسی پیشرفته بمنظور کاهش گازهای فلرینگ در بخش انرژی و ابداع تکنولوژی جدید در بخش نیروگاهی و آموزش تخصصی کارکنان جهت بهره‌برداری مفید در خطوط انتقال و خطوط توزیع میسر و عملی باشد آنگاه مدیریت زنجیره تامین برق چه راهکارهایی جهت اختصاص سرمایه و واگذاری آن به اعضای تامین‌کننده یا زنجیره تامین ارائه می‌دهد؟ نتایج حاصل از سرمایه‌گذاری در بخشهای انرژی و تولید برق معمولاً در

یک بازه زمانی بخصوصی به طول می‌انجامد بعبارت دیگر فرآیند نوسازی و بهسازی تجهیزات مهندسی و یا ساخت و راه اندازی یک تکنولوژی جدید و بهره برداری از آن جهت دستیابی به امکانات لازم وابسته به مدت زمان بخصوصی می‌باشد بنابراین نقش مدیریت در نحوه تولید و انتخاب نوع ورودی بمنظور سرمایه گذاری جهت دستیابی به امکانات لازم بمنظور کاهش مواد مضر و آلوده در بخش انرژی و نیروگاهی و برنامه ریزی در کاهش اتلاف انرژی در خطوط انتقال و خطوط توزیع بسیار کلیدی و با اهمیت می‌باشد در حالیکه عدم مدیریت مناسب نه تنها سبب هدر رفت مقدار قابل توجهی انرژی خواهد شد که بازده اقتصادی حاصل از فعالیت تولید را بمیزان قابل ملاحظه ای تحت تاثیر قرار می‌دهد بلکه سبب افزایش انتشارات گازهای آلاینده و سمی می‌شود که تهدیدی بزرگ برای سلامتی انسان و محیط زیست می‌باشد. لذا جهت افزایش اجرای پایداری یک زنجیره تامین الکترونیسته سه هدف اقتصادی، محیطی و اجتماعی از اهمیت خاصی برخوردار است. به عبارت دیگر در صورتی که امکان سرمایه گذاری در ایجاد تکنولوژی مهندسی پیشرفته همراه با مجهز کردن بخش‌های زنجیره تامین به سیستم‌های پیشرفته مهندسی و ابداع تکنولوژی جدید میسر باشد میتوان با اختصاص دادن بعضی از ورودیها جهت سرمایه گذاری امتیاز کارآیی عملکردی و محیطی را به اندازه قابل توجه ای افزایش داد. مدل تحلیل پوششی داده‌ها تحت سرمایه گذاری در بخش‌های یک زنجیره تامین برق علاوه بر افزایش فعالیت تولید و بازده اقتصادی از انتشارات مضر گازهای آلوده در بخش‌های انرژی و نیروگاه‌ها و تلفات جریان برق در خطوط انتقال و خطوط توزیع جلوگیری مینماید. دسترس پذیری عادی با کاهش ورودیها صورت می‌گیرد بطوریکه این نوع استراتژی کاربرد ابداع تکنولوژی و تکنیک‌های مدیریتی و مهندسی را محدود می‌کند از طرفی باعث مینیمم سازی کل هزینه در ارزیابی واحد تصمیم گیرنده می‌شود. موضوع نگرانی هزینه در رابطه با سازمانهایی (عمومی یا دولتی) که سود دهی قابل توجهی ندارند از اهمیت خاصی برخوردار است اما درمورد سازمان‌های خصوصی یا نیمه خصوصی مفهوم افزایش نرخ سهام و بازده اقتصادی دارآیی و رقابت جدی در بازار فروش قابل توجه می‌باشد جهت تحقق بخشیدن به این امر دسترس پذیری مدیریتی میتواند مادامیکه میانگین فروش از میانگین هزینه بیشتر شود با حفظ کاهش اثرات منفی حاصل از تاثیر آلودگی‌های

محیطی ورودی‌ها را افزایش دهد. این مطالعه مدلی از تحلیل پوششی داده‌ها را با در نظر گرفتن دسترس پذیری آزاد و مدیریتی ورودی‌ها و اعمال هزینه پایین و کیفیت بالا جهت ماکزیمم شدن بازده اقتصادی و مینیمم کردن هزینه‌های فعالیت‌های اقتصادی حاصل از اثرات منفی انتشار گازهای آلوده ارائه می‌دهد. در این مطالعه مدل سوئوشی (۲۰۱۴ب) بر زنجیره تامین صنعت برق ایران همراه با شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی اجرا می‌شود و تاثیرات فاکتورهایی که همزمان دو نقش ورودی و خروجی را ایفا می‌کنند در امتیاز کارآیی مورد بررسی قرار می‌گیرد. عبارت دیگر پذیرفتن فرض دسترس پذیری ضعیف روی خروجیهای نامطلوب نشان دهنده افزایش خروجی‌های نامطلوب در یک فعالیت اقتصادی است. این مطالعه یک جنبه متضاد را در نظر می‌گیرد بطوریکه با تشخیص نوع ورودی یا انتخاب مناسب ورودی‌ها جهت سرمایه گذاری، کاهش خروجی‌های نامطلوب و افزایش خروجی‌های مطلوب را ایجاد می‌نماید لذا مدل ارائه شده با در نظر گرفتن دسترس پذیری آزاد و مدیریتی ورودی‌ها و دسترس پذیری آزاد خروجی‌های نامطلوب ماکزیمم کاهش در خروجیهای مطلوب را با فرض دسترس پذیری ضعیف خروجیهای مطلوب در حضور شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی جهت محاسبه امتیاز کارآیی زنجیره تامین بدست می‌آورد در واقع روش ارائه شده تاثیر فرصت‌های سرمایه گذاری را جهت رفع آلودگی‌های مضر و هدر رفت انرژی بوسیله جداسازی ورودی‌ها به دودسته تحت دسترس پذیری عادی (آزاد) و مدیریتی، کنترل هزینه‌های بازیابی گاز فلرینگ، کنترل الکتریسیته مصرفی نیروگاه‌ها و افزایش ارتقای سطح علمی در خطوط انتقال و بهره برداری را در زنجیره تامین برق نشان می‌دهد بطوریکه زنجیره تامین از پانزده بخش شامل دو ارسال کننده سوخت، سه نیروگاه، دو کمپانی برق منطقه ای، چهار کمپانی توزیع برق و چهار مصرف کننده می‌باشد همچنین هر بخش دارای ضرایب وزنی متفاوت در تابع هدف جهت محاسبه کارآیی است. هدف این مقاله ارائه یک روش مفید و موثر بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) جهت ارزیابی موفقیت‌های اقتصادی، محیطی و اجتماعی بمنظور بررسی پایداری یک زنجیره تامین در صنعت برق

ایران می‌باشد. بطور کلی روش تحقیق این مقاله بررسی نحوه جلوگیری از آلودگی‌های صنعتی و هدر رفت انرژی بوسیله سرمایه گذاری موثر در ابداع تکنولوژی نوین می‌باشد که بر مبنای کنترل هزینه‌ها و ارتقای بهره‌وری پایگذاری شده است. حال فرض کنید هریک از بخشها در یک زنجیره تامین برق بر اساس فعالیت اقتصادی دو نوع خروجی تولید کنند در اینصورت خروجیهای مسئله به دو نوع مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌شوند و همچنین فرض کنید ورودیهای هر بخش به دودسته تحت دسترس پذیری عادی (آزاد) و دسترس پذیری مدیریتی افزایش می‌شوند بطوریکه دسته ای از ورودی‌ها که تحت دسترس پذیری مدیریتی انتخاب می‌شوند بر اساس تشخیص تصمیم گیرنده افزایش میابند و این افزایش از ورودی‌ها جهت سرمایه گذاری بمنظور آموزش سطح علمی و تخصصی کارکنان در بخش انرژی، کیفیت سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها یا ابداع تکنولوژی جدید بمنظور نصب و احداث نیروگاههای جدید در بخش نیروگاهی، آموزش سطح علمی کارکنان در جلوگیری از تلفات برق در خطوط انتقال و توزیع اعمال می‌شود همچنین از فاکتورهایی که همزمان دو نقش ورودی و خروجی را ایفا می‌کنند جهت کنترل هزینه بازیابی گاز فلرینگ و پاکسازی محیط از انتشار گازهای مضر و زیان آور در بخش انرژی، کنترل و بررسی مصارف الکتریسیته نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی در بخش نیروگاهی و افزایش سطح علمی کارکنان خطوط انتقال بمنظور مجهز کردن خطوط انتقال به سیستم‌های مهندسی جهت جلوگیری از اتلاف انرژی در فرآیند تولید برق استفاده می‌شود بعلاوه اندازه‌های میانی هر مرحله از زنجیره تامین برق توسط متغیر کمکی آزاد کنترل می‌شود بطوریکه مدل قادر است جهت بهبود کارایی زنجیره تامین همزمان کاهش و افزایش اندازه‌های میانی را از هر بخش در یک مرحله به بخشهای مرحله متوالی مشخص نماید. بخش کاربردی این مطالعه شامل ده زنجیره تامین از صنعت برق در ناحیه‌های متفاوت مرکز، شمال، جنوب، شرق و غرب ایران می‌باشد هر زنجیره تامین برق شامل پنج مرحله و پانزده بخش می‌باشد. مقاله از بخش‌های زیر تشکیل شده است. بخش ۲ شامل تحقیقات پیشین در زمینه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها و زنجیره‌های تامین می‌باشد در بخش ۳ مدل جدید ارزیابی اجرای زنجیره تامین برق تحت دو نوع خروجی مطلوب و نامطلوب و فاکتورهایی با دو نقش ورودی و خروجی مطرح می‌شود. کاربردی از مدل تحلیل پوششی

داده‌ها در زنجیره تامین صنعت برق ایران و همچنین نتایج حاصل از اجرای مدل و تجزیه تحلیل آن در بخش ۴ ارائه می‌شود و سرانجام در بخش ۵ نتیجه گیری مطرح می‌شود.

پیشینه پژوهش

نیاز به سیستم‌های اندازه‌گیری عملکرد اجرای زنجیره تامین یک امر اجتناب ناپذیر برای مدیریت یک زنجیره تامین بشمار می‌آید. مدل‌های پایداری جهت ایجاد تعادل در نیازهای اقتصادی، محیطی و اجتماعی بکاربرده می‌شوند و عملکرد پایداری یک زنجیره تامین تحت سه هدف اقتصادی، محیطی و اجتماعی ارزیابی می‌شود. بنابراین مدیریت پایداری زنجیره تامین یک رکن اساسی مدیریت هوشمند است که بصورت فعالیت‌های کسب و کار جهت کمینه سازی ریسک‌های پایداری محیطی، اقتصادی و اجتماعی و پیشینه سازی بازده اقتصادی تعریف می‌شود. از جنبه نظر اقتصادی پیشرفت‌های صنعتی برای تمام ملل از اهمیت خاصی برخوردار است اما این پیشرفت‌ها سبب انتشار انواع آلودگی‌ها روی آب، هوا و خاک می‌شوند و سایر مواد سمی و زیان آور جانی را تولید می‌کنند بطوریکه انتشارات گازهای آلوده تاثیر زیان آوری را روی سلامتی انسان و سایر موجودات خواهد داشت. فلرینگ و رهاسازی گازهای همراه نفت باعث انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده می‌شود از طرفی فلرینگ گازهای همراه نفت بمنظور جلوگیری از انفجار خطرهای احتمالی و ایمنی تجهیزات و تاسیسات میدان‌های نفتی و گازی بکار می‌رود اما بعد از جمع آوری و جداسازی در مشعلها سوزانده می‌شوند که سبب مشکلات زیست محیطی مانند گرم شدن کره زمین و آلودگی هوا می‌شود که در نتیجه مقادیر زیادی انرژی در صنایع نفت و گاز به هدر میرود بنابراین کنترل و مهار خروجی‌های نامطلوب یا گازهای فلرینگ در بخش انرژی از صنعت برق حائز اهمیت بوده بطوریکه با مهار این گازها نه تنها محیط از انواع آلاینده‌های سمی و زیان آور در امان خواهد بود بلکه مقادیر بسیار زیادی انرژی تلف شده به چرخه گاز طبیعی برمی‌گردد. سوئیوشی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ روی تاریخچه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها که اولین بار توسط کوپر در قرن هیجدهم ارائه شد بحث گفتگو نمودند آنها در سال ۲۰۱۰ مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها را از جنبه نظر اقتصاد

اجتماعی و حسابداری اقتصادی مورد بحث و بررسی قرار دادند و توانستند با ارائه استدلال محکم نشان دهند که مدل تحلیل پوششی داده‌ها دارای اشکالات و موانع قابل توجهی می‌باشد همچنین سوئوشی و همکارانش در مقالات متعددی کاربرد ارزیابی محیطی را در مدل DEA ارائه نمودند که نتایج مربوط به آن در مقالات (۲۰۱۰، آ، ب) دیده می‌شود. بعلاوه آنها توانستند ارزیابی محیطی در سوخت فسیلی مولد جریان برق (۲۰۱۱، آ) و صنعت الکتریکی (۲۰۱۱، ب) و یک ترکیبی از دو مقاله (۲۰۱۲، ج) را ارائه دهند. یک جنبه مهم در این مطالعات این است که تمامی تحقیقات بر اساس چهار چوب محاسباتی بدون چهار چوب مفهومی جهت ارزیابی محیطی واحد تصمیم گیرنده پایگذاری شده اند اما اولین مقاله ای که دو مفهوم دسترس پذیری آزاد و مدیریتی را جهت ارزیابی محیطی مورد استفاده قرار داد در سال ۲۰۱۲ تحت عنوان (۲۰۱۲، آ) منتشر شد و آنگاه دو مفهوم دسترس پذیری آزاد و مدیریتی بعنوان یک مفهوم اساسی جهت پیشرفت در تلاش‌های تحقیقاتی بکار گرفته شد که منجر به یک سری از مطالعات در سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۴ گردید که ورودیها در تمامی مقالات به دو دسته تحت دو نوع دسترس پذیری تقسیم می‌شوند همچنین سوئوشی و همکارانش در سال ۲۰۱۴ از مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی انرژی تجدید پذیر استفاده نمودند بعلاوه آنها توانستند با ترکیب آن با سایر روش‌های ارائه شده در مقالات (۲۰۱۱، ج) و (۲۰۱۲، ج) تحقیقات خود را تحت مقاله (۲۰۱۴، ج) معرفی نمایند همچنین در تمامی روش‌های بکاربرده شده جهت ارزیابی کارآیی واحدهای تصمیم گیرنده از مدل‌های یک مرحله ای ساده استفاده شده است. تلاش‌های تحقیقاتی متعددی در سالهای اخیر توسط محققان در زمینه ارزیابی زنجیره تامین صورت گرفته است همچنین در رابطه با مدل‌های ارائه شده بمنظور ارزیابی زنجیره تامین، ژو سال ۲۰۰۶ در رابطه با یک زنجیره تامین تنها با دو تصمیم گیرنده نشان داد مدل چارنز، کوپر و رادوز (CCR) نمیتواند جهت اندازه گیری کارآیی یک زنجیره تامین بکار رود زیرا مدل قادر نیست به درستی مقدار کارآیی زنجیره تامین را محاسبه نماید و توانست چندین روش براساس تحلیل پوششی داده‌ها جهت اندازه گیری کارآیی زنجیره تامین با در نظر گرفتن اندازه‌های میانی ارائه دهد همچنین کوک و ژو در (۲۰۰۷) یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها را جهت دسته بندی ورودی‌ها و خروجی‌ها ارائه دادند. کئو در (۲۰۰۹) مدلی را برای ارزیابی

زنجیره تامین ارائه داد که شامل دو زیر فرآیند می‌باشد و همچنین نشان داد کارآیی کل فرآیند تولید بصورت حاصلضرب کارآیی دو زیر فرآیند آن تجزیه می‌شود به عبارتی دیگر کتو کارآیی کل را به کارآیی زیر فرآیندها تجزیه نمود همچنین مدلی را بر اساس تحلیل پوششی داده‌ها برای یک شبکه ارائه داد که با در نظر گرفتن ارتباط میانی بین اجزای سیستم، کارآیی سیستم را اندازه گیری می‌نماید. طلوع و همکارانش در (۲۰۰۹) با تجدید نظر مدل ژو و همکارانش (۲۰۰۷) روشی جهت انتخاب بهترین ارسال کنندگان در حضور محدودیت‌های وزنی و شاخص‌های ورودی و خروجی ارائه دادند. هاتفی و همکارانش (۲۰۱۰) یک مدل بر اساس تابع فاصله برای دسته بندی ورودی و خروجی ارائه دادند. تن و تسوتسوی در (۲۰۱۰) یک مدل شبکه تحلیل پوششی داده‌ها را بر اساس متغیرهای کمکی فاکتورهای تولید معرفی نمودند همچنین آنها توانستند یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها را جهت سومین قطب کارآیی تکنیکی با ترکیب کارآیی شعاعی و غیر شعاعی برای ارزیابی عملکرد واحد تصمیم گیرنده ارائه دهند. چن و یان در (۲۰۱۱) با در نظر گرفتن یک ساختار کلی شبکه، مدل تحلیل پوششی داده‌ها را بر اساس سه مفهوم کنترل مرکزی، غیر مرکزی و مختلط جهت ارزیابی یک زنجیره تامین با یک ارسال کننده کالا و دو سازنده ارائه نمودند که در آن ابتدا مجموعه امکان تولید هر بخش در شبکه با در نظر گرفتن دسترس پذیری آزاد شاخص‌های تولید ساخته شد و سپس مجموعه امکان تولید زنجیره تامین بوسیله ترکیب مجموعه امکان تولید بخش‌ها تشکیل گردید همچنین کارایی زنجیره تامین بر اساس تصویر شعاعی فارال روی مرز کارایی زنجیره تامین محاسبه گردید. توانا و همکارانش در (۲۰۱۳) با بکار بردن مدل ارائه شده توسط تن و تسوتسوی توانستند امتیاز کارایی یک زنجیره تامین را با یازده بخش محاسبه کنند. تمامی روش‌های ذکر شده در بالا جهت مشخص کردن امتیاز کارایی تنها خروجی‌های مطلوب را در نظرمی گیرند همچنین فرضی پور در (۲۰۱۱) یک مدل در حضور داده‌های فازی و شاخص‌های دونقش ورودی و خروجی مطرح نمود. فرضی پور و همکارانش در (۲۰۱۴) جهت ارزیابی یک زنجیره تامین مدلی را در حضور خروجی‌های نامطلوب و شاخص‌های دونقش ورودی و خروجی ارائه دادند آنها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها از داده‌های فازی استفاده

نمودند بطوریکه زنجیره تامین شامل یک ارسال کننده و یک تولید کننده و یک توزیع کننده کالا می‌باشد.

دسترس پذیری عادی (آزاد) و مدیریتی - دسترس پذیری قوی و ضعیف

در این بخش چهار نوع دسترس پذیری تحت عنوان دسترس پذیری عادی (آزاد) و مدیریتی و دسترس پذیری قوی و ضعیف معرفی می‌شود همچنین مدل یک مرحله ای سوئیوشی و گتو برای ارزیابی واحد تصمیم گیرنده مطرح می‌شود بعلاوه یک مدل تحلیل پوششی داده‌ها شامل شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی جهت ارزیابی کارایی واحد تصمیم گیرنده ارائه می‌شود.

دسترس پذیری عادی (آزاد) و مدیریتی

فرض کنید $X \in R^m$ یک بردار ستونی از ورودیها با m مولفه و $G \in R_+^s$ یک بردار ستونی از خروجی‌های مطلوب با s مولفه و $B \in R_+^h$ یک بردار ستونی از خروجی‌های نامطلوب با h مولفه بعنوان شاخص‌های تولید معرفی شوند آنگاه مجموعه امکان تولید تحت مفهوم دسترس پذیری آزاد و مدیریتی بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$P^N(x) = \left\{ (G, B) : G \leq \sum_{j=1}^n G_j \lambda_j, B \geq \sum_{j=1}^n B_j \lambda_j, X \geq \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, (j=1, \dots, n) \right\} \quad (1)$$

$$P^M(x) = \left\{ (G, B) : G \leq \sum_{j=1}^n G_j \lambda_j, B \geq \sum_{j=1}^n B_j \lambda_j, X \leq \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, (j=1, \dots, n) \right\} \quad (2)$$

تحت دسترس پذیری عادی یا $P^N(x)$ تکنولوژی تولید شامل قید $X \geq \sum \lambda_j X_j$ می‌باشد در حالیکه در دسترس پذیری مدیریتی یا $P^M(x)$ مدیر یا تصمیم گیرنده با کنترل ورودیها می‌تواند جهت ارتقای تکنولوژی تولید، ورودی‌ها را افزایش دهد. قید $X \leq \sum \lambda_j X_j$ در مجموعه امکان تولید تحت دسترس پذیری مدیریتی منظور می‌شود

همچنین دو قید $B \geq \sum_{j=1}^n B_j \lambda_j$ و $G \leq \sum G \lambda_j$ در دو مجموعه امکان تولید، دسترس پذیری آزاد خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را نشان می‌دهد.

دسترس پذیری ضعیف وقوی

فر (Fare) و همکارانش (۱۹۸۹) دسترس پذیری ضعیف وقوی را بر اساس دو نوع بردار خروجی و ورودی ارائه دادند. مجموعه امکان تولید تحت دسترس پذیری قوی ورودی‌ها و خروجی‌های مطلوب و دسترس پذیری ضعیف خروجی‌های نامطلوب بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$P^w(x) = \left\{ (G, B) : G \leq \sum_{j=1}^n G_j \lambda_j, B = \sum_{j=1}^n B_j \lambda_j, X \leq \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, (j=1, \dots, n) \right\} \quad (3)$$

علامت تساوی در قید مربوط به خروجی‌های نامطلوب فرض دسترس پذیری ضعیف خروجی‌های نامطلوب را نشان می‌دهد همچنین مجموعه امکان تولید تحت دسترس پذیری قوی روی دو بردار خروجی‌های مطلوب و نامطلوب و بردار ورودی بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$P^s(x) = \left\{ (G, B) : G \leq \sum_{j=1}^n G_j \lambda_j, B \leq \sum_{j=1}^n B_j \lambda_j, X \geq \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, (j=1, \dots, n) \right\} \quad (4)$$

از آنجاییکه در هر فعالیت اقتصادی خروجی‌های نامطلوب در کنار خروجی‌های مطلوب تولید می‌شوند، قید نامساوی روی خروجی‌های مطلوب و نامطلوب بیانگر فرض دسترس پذیری قوی می‌باشد.

مدل تحلیل پوششی داده‌ها جهت ارزیابی کارایی واحد تصمیم گیرنده

در این بخش مدل یک مرحله ای سوئوشی و گتو سال ۲۰۱۴ جهت ارزیابی امتیاز کارایی واحد تصمیم گیرنده ارائه می‌شود. فرض کنید $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$ و

$$B_j = (b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{hj})^T > 0, \quad G_j = (g_{1j}, g_{2j}, \dots, g_{sj})^T > 0$$

به ترتیب

بردارهای ستونی ورودی و خروجی مطلوب و خروجی نامطلوب برای [امین واحد تصمیم گیرنده تعریف شوند. تحت دسترس پذیری عادی و مدیریتی هدف کسب کمترین هزینه در یک فعالیت اقتصادی و حفظ محیط از تاثیر آلودگی‌های مضر و زیان آور می‌باشد. سوئیوشی و گتو (۲۰۱۴ب) مدل شعاعی زیر را تحت دسترس پذیری عادی (آزاد) و دسترس پذیری مدیریتی ورودی‌ها، جهت اجرای ناکارایی واحد تصمیم گیرنده k معرفی کردند. این مدل با در نظر گرفتن دسترس پذیری آزاد خروجی‌های نامطلوب و دسترس پذیری ضعیف خروجی‌های مطلوب با افزاز ورودی‌ها به دو دسته مجزا مقدار ناکارایی واحد تصمیم گیرنده را محاسبه می‌کند.

$$\begin{aligned} \text{Maximize } \xi + \varepsilon & \left[\sum_{i=1}^{m^-} R_i^x d_i^x + \sum_{q=1}^{m^+} R_q^x d_q^x + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right] \\ \sum_{j=1}^n x_{ij}^- \lambda_j + d_i^x & = x_{ik}^- \quad i = 1, \dots, m^- \\ \sum_{j=1}^n x_{iq}^+ \lambda_j - d_q^x & = x_{qk}^+ \quad q = 1, \dots, m^+ \\ \sum_{j=1}^n g_{rj} \lambda_j + \xi g_{rk} & = g_{rk} \quad r = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n b_{fj} \lambda_j - d_f^b & = b_{fk} \quad f = 1, \dots, h \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j & = 1 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, \dots, n, \quad \xi \text{ URS}, \quad d_i^x \geq 0, i = 1, \dots, m^-$$

$$d_q^x \geq 0, q = 1, \dots, m^+, \quad d_f^b \geq 0, f = 1, \dots, h$$

در مدل بالا ورودی‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند بطوریکه اولین و دومین دسته قیود دسترس‌پذیری آزاد و مدیریتی ورودی‌ها را نشان می‌دهند همچنین سومین و چهارمین دسته قیود مربوط به خروجی‌های مطلوب و نامطلوب می‌باشند. ξ یک امتیاز ناکارایی تحت اندازه فاصله بین مرز کارا و یک بردار مشاهده شده از خروجی‌های مطلوب تعریف

می‌شود d_f^b, d_q^x, d_i^x به ترتیب متغیرهای کمکی مربوط به دو دسته از ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب می‌باشند همچنین ε یک مقدار بسیار کوچک است که جهت راحتی مسئله بصورت $0/0001$ در نظر گرفته می‌شود بطوریکه می‌توان $\varepsilon = 0$ در نظر گرفت.

مدل (5) امتیاز ناکارایی واحد تصمیم گیرنده را تحت دسترس‌پذیری عادی و مدیریتی محاسبه می‌کند که مقدار کارایی واحد تصمیم گیرنده k از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$UEN_k = 1 - \left[\xi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^{m^-} R_i^x d_i^x + \sum_{q=1}^{m^+} R_q^x d_q^x + \sum_{f=1}^h R_f^b d_f^b \right) \right] \quad (6)$$

مدل مقادیر آنها از روابط زیر محاسبه می‌شوند.

$$\begin{aligned} R_i^x &= (m+s+h)^{-1} \left(\max \{x_{ij} | j=1, \dots, n\} - \min \{x_{ij} | j=1, \dots, n\} \right)^{-1} \\ R_q^x &= (m+s+h)^{-1} \left(\max \{x_{qj} | j=1, \dots, n\} - \min \{x_{qj} | j=1, \dots, n\} \right)^{-1} \\ R_f^b &= (m+s+h)^{-1} \left(\max \{b_{fj} | j=1, \dots, n\} - \min \{b_{fj} | j=1, \dots, n\} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (7)$$

شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی در فرایند تولید

فاکتورهای دو نقش ورودی و خروجی نقش بسیار مهمی در مدیریت یک زنجیره تامین پایدار ایفا می‌کنند بعنوان مثال در صنعت برق ایران ارسال کنندگان سوخت مورد نیاز نیروگاه‌های برق با منظور نمودن هزینه‌های مربوط به طرح توسعه و تحقیقات می‌توانند میزان گاز فلرینگ را در میادین نفت و گاز کاهش دهند این هزینه از جنبه نظر تصمیم گیرنده که قصد دارد بهترین ارسال کننده باشد یک مولفه مهم به شمار می‌آید و بعنوان شاخص ورودی در نظر گرفته می‌شود از طرفی بکار بردن این هزینه نه تنها می‌تواند سبب کاهش انتشار گازهای آلوده حاصل از سوزاندن گاز در میادین نفت و گاز شود بلکه میلیونها متر

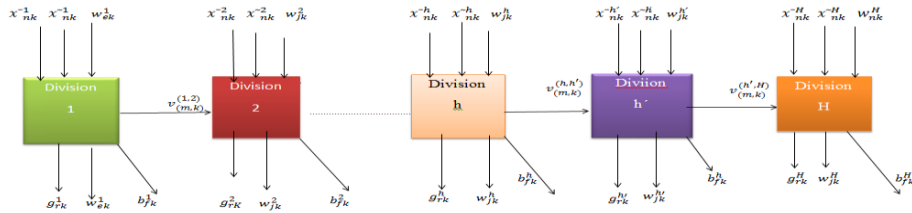
مکعب گاز را به چرخه گاز طبیعی برگشت می‌دهد و بعلاوه از انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری می‌شود بطوریکه علاوه بر بازده اقتصادی و حفظ محیط از آلودگی‌ها، کیفیت و راندمان تولید را افزایش می‌دهد بنابر این بعنوان شاخص خروجی در نظر گرفته می‌شود. این مطالعه هزینه‌های بازیابی گاز فلرینگ در میدان نفت و گاز و مصارف داخلی نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی را در بخش نیروگاهی و همچنین نیروی انسانی جهت آموزش در سطح توسعه و بهره برداری خطوط انتقال در بخش انتقال را بعنوان شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی در نظر گرفته است.

ژو و همکارانش سال ۲۰۰۶ مدل تحلیل پوششی داده‌ها (۸) را جهت حضور شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی ارائه نمودند.

$$\begin{aligned}
 & \min \theta_o \\
 & x_{io}\theta_o - \sum_{k=1}^n x_{ik}\lambda_k \geq 0 \quad i=1, \dots, I \\
 & \sum_{k=1}^n y_{rk}\lambda_k \geq y_{ro} \quad r=1, \dots, R \\
 & \sum_{k=1}^n w_k\lambda_k = w_o \\
 & \lambda_k \geq 0 \quad k=1, \dots, n \\
 & \theta_o \text{ unrestricted in sign}
 \end{aligned} \tag{8}$$

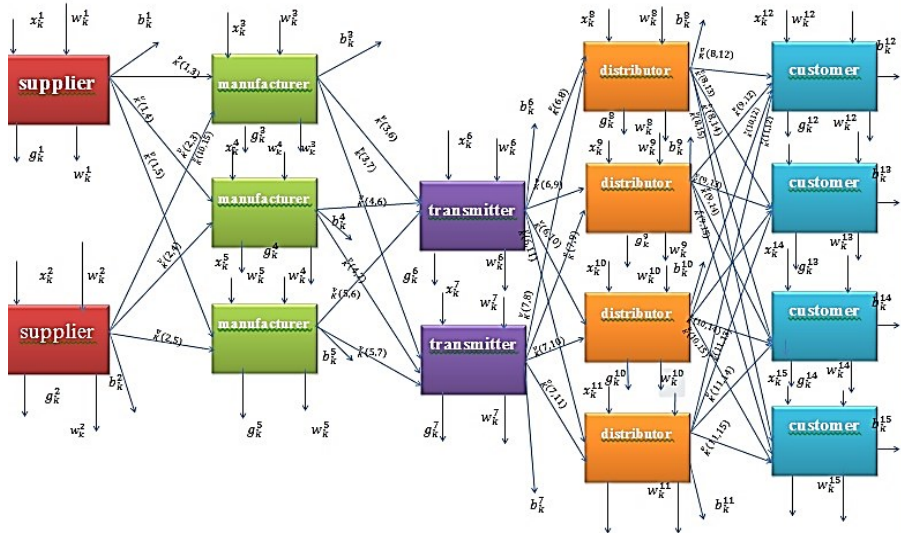
x_{io} برای $(i=1, \dots, I)$ مقدار ورودی i ام مصرف شده جهت تولید مقدار خروجی i ام یعنی y_{ro} برای $(r=1, \dots, R)$ از DMU_o یا واحد تصمیم گیرنده O تعریف می‌شود هم چنین w_k ، k امین فاکتور دو نقش ورودی و خروجی تعریف می‌شوند. θ_o امتیاز کارایی واحد تصمیم گیرنده O معرفی می‌شود.

شکل ۱ ساختار کلی زنجیره تامین را نشان می‌دهد که شامل یک تعداد از شرکت‌ها کمپانیه، سازمان‌ها است بطوریکه هر بخش با استفاده از دو نوع ورودی و شاخص‌های دو نقشی، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب را تولید می‌کنند.



شکل ۱ - ساختار کلی زنجیره تامین

شکل ۲ یک زنجیره تامین را در صنعت برق ایران نشان میدهد که از پنج مرحله و پانزده بخش تشکیل شده است بطوریکه شامل دو ارسال کننده سوخت، سه نیروگاه، دو کمپانی انتقال، چهار کمپانی توزیع و چهار مصرف کننده برق می باشد هر بخش جهت تولید دو نوع خروجی ازدو نوع ورودی تحت دسترس پذیری عادی و مدیریتی و فاکتورهای دو نقش ورودی و خروجی استفاده می کند همچنین اندازه های میانی از هر بخش در هر مرحله به بخش دیگر به مرحله مجاور ارسال می گردد.



شکل ۲ - ساختار زنجیره تامین

روش شناسی

در این بخش مدل ارزیابی اجرای زنجیره تامین تحت دو نوع ورودی، خروجی‌های مطلوب و نامطلوب و شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی ارائه می‌شود. فرض کنید یک زنجیره تامین یا DMU از پنج مرحله ارسال کنندگان سوخت، نیروگاه‌های برق، انتقال دهندگان جریان الکتریسیته، توزیع کنندگان و مصرف کنندگان جریان برق در بخش‌های خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی تشکیل شده باشد همچنین فرض کنید h_c, h_d, h_t, h_m, h_s به ترتیب تعداد ارسال کنندگان سوخت مورد نیاز نیروگاه‌ها، تعداد نیروگاه‌ها، تعداد کمپانی‌های برق منطقه‌ای، تعداد شرکت‌های توزیع برق و تعداد مشترکین در بخش‌های خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی باشند. متغیرها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها در زنجیره تامین بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$i - \bar{x}_{ij}^h \quad \text{امین ورودی نوع اول از } h \text{ امین بخش در زنجیره تامین } j \text{ برای}$$

$$j = 1, \dots, n, \quad h = 1, \dots, H, \quad i = 1, \dots, m^-$$

$$q - \tilde{x}_{ij}^h \quad \text{امین ورودی نوع دوم از } h \text{ امین بخش در زنجیره تامین } j \text{ برای}$$

$$j = 1, \dots, n, \quad h = 1, \dots, H, \quad i = 1, \dots, m^+$$

$$r - g_{rj}^h \quad \text{امین خروجی مطلوب از } h \text{ امین بخش در زنجیره تامین } j \text{ برای}$$

$$j = 1, \dots, n, \quad h = 1, \dots, H, \quad r = 1, \dots, s$$

$$f - b_{fj}^h \quad \text{امین خروجی نامطلوب از } h \text{ امین بخش در زنجیره تامین } j \text{ برای}$$

$$j = 1, \dots, n, \quad h = 1, \dots, H, \quad f = 1, \dots, F$$

$$e - w_{ej}^h \quad \text{امین فاکتور دو نقشی از } h \text{ امین بخش در زنجیره تامین } j \text{ برای}$$

$$j = 1, \dots, n, \quad h = 1, \dots, H, \quad e = 1, \dots, E$$

$$z - v_{zj}^{(h,h')} \quad \text{امین اندازه میانی از بخش } h \text{ به بخش } h' \text{ در } j \text{ امین زنجیره تامین}$$

متغیرهای کمکی Z امین اندازه میانی از بخش تامین کننده سوخت به نیروگاهها از نیروگاهها به کمپانیهای انتقال جریان الکتریسیته و از آنجا به کمپانیهای توزیع جریان برق و سرانجام به مصرف کنندگان در بخشهای متفاوت برای $j = 1, \dots, n$ - امتیاز ناکارایی h امین بخش تعریف می شود. حال فرض کنید ساختار زنجیره تامین از دو تامین کننده سوخت مورد نیاز کمپانی و سه نیروگاه برق و دو انتقال دهنده جریان برق و چهار توزیع کننده الکتریسیته و چهار بخش مشترکین تشکیل شده باشد همچنین فرض کنید داده های تولید برای $(j = 1, \dots, n)$ و $(h = 1, \dots, H)$ بصورت بردار $(x_j^h, g_j^h, b_j^h, v_j^h)$ مشخص شود آنگاه مجموعه امکان تولید بصورت

$$P(x) = \left\{ (g_j^h, b_j^h, v_k^h) \mid (x_j^h, g_j^h, b_j^h, v_j^h) \in Y \right\}$$

تعریف می شود که Y تکنولوژی تولید از h امین بخش در Z امین زنجیره تامین تعریف می شود. مدل (۹) بمنظور ارزیابی ناکارایی نسبی یک زنجیره تامین k ارائه می شود.

$$\begin{aligned}
 & \theta = \max \omega_h \xi^h \\
 \text{s.t. } & \sum_{j=1}^n \bar{x}_{ij}^h \lambda_j^h + d_i^h = \bar{x}_{ik}^h & i = 1, \dots, m^-, h = 1, \dots, H \\
 & \sum_{j=1}^n \tilde{y}_{ij}^h = \tilde{y}_{ik}^h & q = 1, \dots, m^+, h = 1, \dots, H \\
 & \sum_{j=1}^n g_{rj}^h \lambda_j^h + \xi^h g_{rk}^h = g_{rk}^h & r = 1, \dots, s, h = 1, \dots, H \\
 & \sum_{j=1}^n b_{fj}^h \lambda_j^h - d_f^h = b_{fk}^h & f = 1, \dots, F, h = 1, \dots, H \\
 & \sum_{j=1}^n w_{ej}^h \lambda_j^h = w_{ek}^h & e = 1, \dots, E, h = 1, \dots, h_s \\
 & \sum_{j=1}^n w_{ej}^h \lambda_j^h = w_{ek}^h & e = 1, \dots, E, h = 1, \dots, h_m \\
 & \sum_{j=1}^n w_{ej}^h \lambda_j^h = w_{ek}^h & e = 1, \dots, E, h = 1, \dots, h_t \quad (9) \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^h v_{zj}^{(h,h')} + s_z^{(h,h')} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{h'} v_{zj}^{(h,h')} & h = 1, \dots, h_s, z = 1, \dots, Z_s, h' = 1, \dots, h_m \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^h v_{zj}^{(h,h')} + s_z^{(h,h')} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{h'} v_{zj}^{(h,h')} & h = 1, \dots, h_m, z = 1, \dots, Z_m, h' = 1, \dots, h_t \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^h v_{zj}^{(h,h')} + s_z^{(h,h')} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{h'} v_{zj}^{(h,h')} & h = 1, \dots, h_t, z = 1, \dots, Z_t, h' = 1, \dots, h_d \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^h v_{zj}^{(h,h')} + s_z^{(h,h')} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^{h'} v_{zj}^{(h,h')} & h = 1, \dots, h_d, z = 1, \dots, Z_d, h' = 1, \dots, h_c \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j^h = 1 & h = 1, \dots, H, j = 1, \dots, n \\
 & \lambda_j^h \geq 0, s_{zj}^{(h,h')}, \xi \text{ UR}, & k = 1, \dots, n, h = 1, \dots, H \\
 & d_i^h \geq 0, i = 1, \dots, m^-, d_q^h \geq 0, q = 1, \dots, m^+, d_f^h \geq 0, f = 1, \dots, F, h = 1, \dots, H
 \end{aligned}$$

حال فرض کنید ورودیهای تحت دو نوع دسترس پذیری آزاد و مدیریتی به دو دسته تقسیم شوند بطوریکه تحت دسترس پذیری آزاد دسته ای از ورودیها جهت مینیم سازی هزینه کاهش می یابند همچنین تحت دسترس پذیری مدیریتی ورودیهای بخصوصی بمنظور سرمایه گذاری و ابداع تکنولوژی جدید افزایش می یابند. جهت ارزیابی ناکارایی یک زنجیره تامین، فرض دسترس پذیری ضعیف برای خروجیهای مطلوب و فرض دسترس پذیری قوی برای ورودیها و خروجیهای نامطلوب در نظر گرفته شده است همچنین شرط تحدب مجموعه امکان تولید و بازده به مقیاس متغیر فرض شده است و شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی برای میادین نفت و گاز، نیروگاهها، خطوط انتقال مورد بررسی قرار گرفته است.

θ مقدار ناکارایی واحد تصمیم گیرنده یا زنجیره تامین k را محاسبه می کند بطوریکه مقدار کارایی از رابطه $\beta = 1 - \theta$ بدست می آید. ω^h ضرایب وزنی h امین بخش از یک زنجیره تامین است که توسط تصمیم گیرنده مشخص می شود. اولین و دومین دسته قیود مربوط به دو دسته ورودی در بخشها می باشند سومین و چهارمین دسته از قیود بترتیب خروجیهای مطلوب و نامطلوب در بخشهای ارسال کنندگان سوخت، نیروگاههای برق، انتقال دهندگان، توزیع کنندگان و سرانجام مصرف کنندگان برق را نشان می دهند همچنین پنجمین و ششمین و هفتمین دسته قیود مربوط به شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی در سه مرحله ارسال کنندگان سوخت، نیروگاهها، انتقال دهندگان برق می باشند. قیدهای متعلق به اندازههای میانی بصورت هشتمین و نهمین و دهمین و یازدهمین دسته قیود معرفی می شوند همچنین سمت چپ و سمت راست این قیدها به ترتیب نشان دهنده اندازههای میانی است که از h امین بخش خارج می شوند و به h' امین بخش وارد میشوند. بعلاوه متغیر کمکی مربوط به قیدهای اندازههای میانی از نظر علامت آزاد در نظر گرفته شده اند که این موضوع باعث انعطاف بیشتری در ارسال اندازههای میانی از یک بخش با ماهیت بخصوص به بخش دیگر با ماهیت متفاوت خواهد شد. همچنین مقدار این متغیر نوع اندازه میانی که باید افزایش یا کاهش یابد را مشخص می نماید بطوریکه این متغیرها می توانند بوسیله همزمان کاهش در خروجیهای مطلوب و نامطلوب سبب بهبود در مقدار

کارایی زنجیره تامین شوند بعبارت دیگر مقدارمتغیرهای کمکی در جواب بهینه نحوه مدیریت واگذاری یا تخصیص اندازه میانی را به بخشهای زنجیره تامین مشخص مینماید. DMU_k کارای BCC (بنکر، چارنز، کوپر) است اگر خروجیهای مطلوب در تمامی بخشهای زنجیره تامین کاهش نیابند بعبارت دیگر $\xi_k^h = 0$ به ازای $h = 1, \dots, H$

قضیه ۱- DMU_k (۳ زنجیره تامین k) کارای BCC (بنکر، چارنز، کوپر) است اگر $\theta_k^* = 0$ بعبارت دیگر DMU_k کارا است اگر $(\xi_k^{h(s)}, \xi_k^{h(m)}, \xi_k^{h(t)}, \xi_k^{h(d)}, \xi_k^{h(c)}) = (0, 0, 0, 0, 0)$

کاربردی از مدل تحلیل پوششی داده‌ها در زنجیره تامین صنعت برق ایران در این بخش مدل زنجیره تامین معرفی شده (۹) را برای تحلیل صنعت برق ایران بکار برده و همچنین مجموعه داده‌های مدل اعم از ورودی‌ها و خروجی‌ها و فاکتورهای دو نقش ورودی و خروجی و اندازه‌های میانی معرفی می‌شوند و سرانجام نتایج واقعی حاصل از اجرای مدل مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

مجموعه داده‌ها در مدل ارزیابی زنجیره تامین

در مثال کاربرد زنجیره تامین در صنعت برق شامل پنج مرحله اصلی می‌باشد که از ارسال کنندگان سوخت، ژنراتورهای برق (نیروگاه‌های برق)، شبکه انتقال، ظرفیت‌های توزیع و مصرف کنندگان پایانی تشکیل می‌شود. نیروگاه‌های برق برای تولید جریان الکتریسته یا از سوخت نفت و گاز طبیعی و گازوئیل استفاده می‌کنند یا تجدیدپذیرند و از انرژی خورشید و باد، برق تولید می‌کنند. همچنین نیروگاه‌هایی که از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌کنند وابسته به نوع تکنولوژی بکار برده شده به نیروگاه‌های حرارتی، گازی و سیکل ترکیبی تقسیم می‌شوند بطور کلی نیروگاه‌های حرارتی از سوخت‌های فسیلی برای تولید الکتریسته استفاده می‌کنند و مقادیر زیادی از آلودگی‌ها را در هوا، آب و خاک منتشر می‌نمایند. گازهای منواکسید نیتروژن، منواکسید گوگرد و دی‌اکسید کربن آلودگی‌های در نظر گرفته شده در مدل می‌باشند در میادین نفتی، نفت همراه گاز استخراج می‌شود که

بعد از عملیات جداسازی گاز مایع از نفت سیستم‌های بازیابی گاز فلرینگ عملیات جداسازی گاز را انجام می‌دهند و سرانجام مقادیر گاز باقیمانده جهت سوزاندن به مشعل‌ها ارسال می‌شود. آمار شرکت توانیر در سال ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که از ۸۳۰ میلیون متر مکعب گاز تولید شده در روز در میداین گازی کشور حدود ۱۳ درصد آن از محل گازهای همراه نفت بدست می‌آید. همچنین با توجه به آمار مربوط به گازهای فلرینگ روزانه بالغ بر ۴۵ میلیون متر مکعب گاز یعنی معادل ۶ درصد تولید گاز کشور برای جلوگیری از انفجار احتمالی و حفظ ایمنی سیستم‌ها در میداین سوزانده می‌شود لذا لازم است بمنظور جلوگیری از هدر رفت انرژی در میداین نفتی و گازی و قطع مشعل سوزی گاز و جمع آوری گاز سرمایه‌گذاری شود. آمار مربوط به تلفات ناشی از انتقال و توزیع برق در خطوط انتقال و توزیع بیانگر هدر رفت مقادیر زیادی انرژی می‌باشد بطوریکه تلفات برق یک درصد ظرفیت اسمی نیروگاه‌ها را به خود اختصاص می‌دهند که حداقل ۷۰۰ میلیون دلار ارزش دارد و کاهش تلفات شبکه انتقال و توزیع بیش از هرگونه هزینه تجهیزاتی به کار مهندسی و نیروی انسانی وابسته است لذا با کاهش یک درصد از تلفات برق نه تنها سالیانه ۲/۵ میلیاردکیلو وات ساعت برق به خطوط انتقال و توزیع افزوده می‌شود بلکه حدود ۱/۸ تن دی اکسید کربن کمتر در هوا منتشر می‌شود بنابر این سرمایه‌گذاری روی نیروی انسانی مجرب در خطوط انتقال و توزیع یک امر ضروری تلقی می‌شود. در این مطالعه از ده زنجیره تامین بصورت یک DMU (واحد تصمیم گیرنده) استفاده می‌شود همچنین واحدهای تصمیم گیرنده متجانس هستند بطوریکه با دریافت ورودی‌های مشابه خروجی‌های مشابه تولید می‌کنند و هرزنجیره تامین شامل دو ارسال کننده سوخت (نفت، گازوئیل، نفت کوره) و گاز (کمپانی‌های نفت و گاز) که تامین کننده سوخت مورد نیاز نیروگاهها (محصولات میانی) می‌باشند و تامین کنندگان سوخت یک ورودی نوع اول (سرمایه) و یک ورودی نوع دوم (نیروی انسانی) استفاده می‌کنند و یک خروجی مطلوب (نفت و گاز) و یک خروجی نامطلوب (گازفلرینگ) تولید می‌کنند. خروجی مطلوب میداین نفتی و گازی بصورت تفاضل میانگین ظرفیت تولید روزانه از مقادیر نفت و گاز ارسال شده به نیروگاه‌ها محاسبه می‌شود همچنین هزینه برگشت گاز فلرینگ به چرخه گاز

طبیعی بعنوان شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی در نظر گرفته می‌شود. در بخش نیروگاهی جهت استفاده از ظرفیت کل نیروگاه‌های موجود در ده زنجیره تامین برق حداقل سه نیروگاه برای هر تامین کننده در نظر گرفته شده است بطوریکه هر نیروگاه شامل مجموعه ای از نیروگاه‌ها با تکنولوژی‌های متفاوت می‌باشد که در ناحیه بخصوصی قرار دارند لذا تولید کنندگان برق (نیروگاهها) شامل حداقل سه نیروگاه با تکنولوژیهای حرارتی، سیکل ترکیبی، گازی، برق آبی، بادی و خورشیدی می‌باشند که از دو نوع ورودی نوع اول سوخت و سرمایه و یک ورودی نوع دوم نیروی کار برای تولید الکتریسیته استفاده می‌نمایند و برق تولید شده را به کمپانی‌های برق منطقه ای می‌فروشند و همچنین برای افزایش ظرفیت خودشان با جایگزین نمودن نیروگاه‌های موجود با نیروگاه-های کارآتر اقدام به ساخت نیروگاههای جدید می‌نمایند بطوریکه خروجی مطلوب نیروگاه‌ها مقدار الکتریسیته تولید شده در نیروگاه‌های جدید می‌باشد همچنین سه نوع خروجی نامطلوب بصورت انتشار گازهای Co_2 , Sox , Nox برای تولید کنندگان برق در نظر گرفته شده است. شاخصهای دونقش ورودی و خروجی بصورت مصارف الکتریسیته داخلی نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی تعریف میشوند. کمپانی‌های برق منطقه ای جریان الکتریسیته برق را از نیروگاه‌ها به کمپانیهای پخش و توزیع برق انتقال می‌دهند و آنها ظرفیت خطوط انتقال و طول خطوط انتقال را به عنوان ورودی نوع اول و سرمایه گذاری روی آموزش کارکنان و مجهز کردن خطوط انتقال به سیستم‌های مهندسی بمنظور کاهش تلفات ناشی از انتقال برق را بعنوان ورودی نوع دوم و تلفات جریان الکتریسته را بصورت خروجی نامطلوب و ساخت خطوط انتقال جدید بصورت خروجی مطلوب در نظرمی‌گیرند همچنین استفاده از نیروی انسانی کارآمد در خطوط انتقال و بهره برداری بعنوان شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی در نظر گرفته می‌شود. کمپانی‌های توزیع برق، جریان الکتریسیته دریافت شده از کمپانی‌های برق منطقه ای را به مصرف کنندگان توزیع می‌کنند و آنها از دو نوع ورودی نوع اول بصورت ظرفیت خطوط توزیع و طول خطوط توزیع و یک ورودی نوع دوم جهت سرمایه گذاری در کاهش اتلاف انرژی برق استفاده می‌نمایند بطوریکه یک خروجی مطلوب پایانی به عنوان متر الکتریسیته و یک خروجی نامطلوب بصورت تلفات خط توزیع را تولید مینمایند و سرانجام مشترکین

جریان برق به بخشهای خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی دسته‌بندی می‌شوند بطوریکه آنها از یک ورودی نوع اول بصورت میانگین هزینه سوخت مصرفی همراه با یارانه سوخت استفاده می‌نمایند و دو خروجی مطلوب بصورت تعداد مشترکین برق و فروش جریان برق و یک خروجی نامطلوب بصورت مدت زمان خاموشی یا قطع برق تولید می‌کنند. پارامترهای بکار برده شده در مدل زنجیره تامین بصورت زیر تعریف می‌شوند.

$$h(s) - \text{شمارنده کمپانیهای تامین کننده سوخت } (h(s) = 1, 2)$$

$\bar{x}_{1j}^{h(s)}$ - ظرفیت تولید سالانه از $h(s)$ کمپانی نفت (هزار بشکه) و گاز (میلیون متر مکعب) در j امین زنجیره تامین

$\tilde{\cdot}$ - تعداد کارکنان از $h(s)$ کمپانی نفت و گاز در j امین زنجیره تامین

$g_{1j}^{h(s)}$ - نفت (هزار بشکه) و گاز (میلیون متر مکعب) فروخته شده از $h(s)$ امین کمپانی نفت و گاز به سایر کمپانیها (غیر از نیروگاهها) در j امین زنجیره تامین

$b_{1j}^{h(s)}$ - نفت (هزار بشکه) و گاز (میلیون متر مکعب) سوزانده شده (گاز فلرینگ) از $h(s)$ امین کمپانی نفت و گاز در j امین زنجیره تامین

$w_{1j}^{h(s)}$ - هزینه بازبایی گاز سوزانده شده (گاز فلرینگ) از $h(s)$ امین کمپانی نفت و گاز در j امین زنجیره تامین (میلیون دلار)

$$h(m) - \text{شمارنده نیروگاهها } (h(m) = 3, 4, 5)$$

$\bar{x}_{1j}^{h(m)}$ - ظرفیت نامی سالانه از $h(m)$ امین نیروگاه در j امین زنجیره تامین (میلیون کیلو وات ساعت)

$\bar{x}_{2j}^{h(m)}$ - تعداد کارکنان نیروگاه از $h(m)$ امین نیروگاه در j امین زنجیره تامین

$\tilde{\cdot}$ - تعداد کارکنان نیروگاههای برقآبی از $h(m)$ امین نیروگاه در j امین زنجیره تامین

$g_{1j}^{h(m)}$ - درصد ساخت نیروگاههای جدید از $h(m)$ امین نیروگاه در j امین زنجیره تامین

$b_{1j}^{h(m)}$ - انتشار گاز No_x منو اکسید نیتروژن از $h(m)$ امین نیروگاه در j امین زنجیره تامین

(میلیون کیلو وات ساعت/هزار کیلو گرم)

$b_{2j}^{h(m)}$ - انتشار گاز So_x منو اکسید گوگرد از $h(m)$ امین نیروگاه در J امین زنجیره تامین

(میلیون کیلو وات ساعت/هزار کیلو گرم)

$b_{3j}^{h(m)}$ - انتشار گاز Co_2 دی اکسید کربن از $h(m)$ امین نیروگاه در J امین زنجیره تامین

(میلیون کیلو وات ساعت/هزار کیلو گرم)

$W_{1j}^{h(m)}$ - مصرف داخلی جریان الکتریسیته در نیروگاه‌ها (مصرف فنی و غیر فنی) از $h(m)$ امین

نیروگاه در J امین زنجیره تامین (میلیون کیلو وات ساعت)

$h(t)$ - شمارنده شرکتهای برق منطقه ای $(h(t) = 6, 7)$

$\bar{x}_{1j}^{h(t)}$ - ظرفیت خطوط انتقال جریان الکتریسیته از $h(t)$ شرکت برق منطقه ای در J امین زنجیره

تامین

(مگاوات آمپر)

$\bar{x}_{2j}^{h(t)}$ - طول خطوط انتقال جریان الکتریسیته از $h(t)$ شرکت برق منطقه ای در J امین زنجیره

تامین

(کیلومتر مدار)

$\tilde{}$ - تعداد کارکنان حوزه معاونت برنامه ریزی و تحقیقات شرکت برق منطقه ای $h(t)$ در J

امین زنجیره تامین

$g_{1j}^{h(t)}$ - ساخت خطوط انتقال جدید از $h(t)$ امین شرکت برق منطقه ای در J امین زنجیره تامین

(کیلومتر مدار)

$b_{1j}^{h(t)}$ - تلفات جریان الکتریسیته ناشی از انتقال از $h(t)$ امین شرکت برق منطقه ای در J امین

زنجیره تامین

(میلیون کیلو وات ساعت)

$W_{1j}^{h(t)}$ - کارکنان حوزه معاونت انتقال و بهره برداری از $h(t)$ امین شرکت برق منطقه ای در J امین

زنجیره تامین

$h(d)$ - شمارنده شرکتهای توزیع برق $(h(d) = 8, 9, 10, 11)$

$\bar{x}_{1j}^{h(d)}$ - ظرفیت خطوط توزیع جریان الکتریسیته از $h(d)$ شرکت‌های توزیع برق در ژامین زنجیره تامین (مگا ولت آمپر)

$\bar{x}_{2j}^{h(d)}$ - طول خطوط توزیع جریان الکتریسیته از $h(d)$ شرکت‌های توزیع برق در ژامین زنجیره تامین (کیلومتر)

$\tilde{}$ - تعداد کارکنان حوزه معاونت برنامه ریزی و مهندسی شرکت توزیع برق از $h(d)$ کمپانی توزیع در ژامین زنجیره تامین

$g_{1j}^{h(d)}$ - تعداد کنتورهای نصب شده شرکت‌های توزیع از $h(d)$ کمپانی توزیع در ژامین زنجیره تامین

$b_{1j}^{h(d)}$ - درصد تلفات جریان الکتریسیته شرکت‌های توزیع از $h(d)$ کمپانی توزیع در ژامین زنجیره تامین

$h(c)$ - شمارنده مصرف کنندگان جریان برق الکتریسیته ($h(c) = 12, 13, 14, 15$)

$\bar{x}_{1j}^{h(c)}$ - میانگین هزینه سوخت مصرفی با یارانه سوخت جهت تولید جریان الکتریسیته از $h(c)$ بخش مصرف کننده در ژامین زنجیره تامین (ریال)

$g_{1j}^{h(c)}$ - تعداد مشترکین در بخش‌های خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی از $h(c)$ بخش مصرف کننده در ژامین زنجیره تامین

$g_{2j}^{h(c)}$ - فروش جریان اتکتریسیته به مشترکان در بخش‌های متفاوت از $h(c)$ بخش مصرف کننده در ژامین زنجیره تامین (میلیون کیلو وات ساعت)

$b_{2j}^{h(c)}$ - میزان خاموشی یا قطع برق در بخش‌های متفاوت از $h(c)$ بخش مصرف کننده در ژامین زنجیره تامین (سال / دقیقه)

$V_{zj}^{(h,h')}$ - اندازه میانی از بخش h به بخش h'

مجموعه داده‌های مدل از وب سایت توانیر کمپانی صنعت برق ایران در سال ۲۰۱۵ جمع آوری شده است. بدلیل تولید الکتریسته در ایران انتشار گازهای آلوده با توجه به مقدار و

نوع سوخت استفاده شده در نیروگاه‌ها در محاسبه خروجی نامطلوب در نظر گرفته شده است. تمامی داده‌ها در دو میدان نفتی و گازی (ارسال کننده‌های سوخت) نیروگاه‌های برق (تولید کنندگان) کمپانی‌های برق منطقه ای (انتقال دهندگان برق) کمپانی‌های توزیع (بخش کنندگان) و مشترکین برق (خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی) در وب سایت توانیر موجود است همچنین یک ورودی نوع اول و یک ورودی نوع دوم تامین کنندگان سوخت از آمار میدانهای نفتی و گازی در صنعت انرژی ایران بدست آمده است و خروجی مطلوب بصورت تفاوت بین میانگین تولید سالانه گاز و نفت و مقادیر ارسال شده به نیروگاه‌ها و خروجی‌های نامطلوب (فلرینگ گاز) با نرخ ۰/۰۳ درصد تولید سالانه گاز و نفت محاسبه شده است. همچنین شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی بر اساس سرمایه گذاری جهت جلوگیری از گازهای فلرینگ و هزینه صرف شده جهت برگشت آن به چرخه گاز در میدان‌های نفت و گاز محاسبه می‌شود. اطلاعات مربوط به مقدار و نوع سوخت نیروگاه‌ها از کمپانی توانیر در صنعت برق ایران جمع آوری شده است و بصورت اندازه میانی از میدانهای نفت و گاز به نیروگاه‌ها معرفی شده است ظرفیت نامی آنها بصورت ظرفیت نیروگاه‌ها در نظر گرفته شده و خروجی‌های نامطلوب بر اساس نوع تکنولوژی نیروگاه‌ها و سوخت‌های متفاوت بکار برده شده محاسبه می‌شوند بطوریکه مقادیر گازهای منتشر شده بر اساس تولید یک میلیون وات ساعت برق و نوع تکنولوژی مورد استفاده نیروگاه‌ها از آمار مربوط به بخش تولید وب سایت شرکت توانیر جمع آوری شد و سرانجام برای هر نیروگاه بر اساس مقدار برق تولید شده محاسبه گردید. همچنین آمار خروجی مطلوب تولید کنندگان برق از ساخت نیروگاه‌های جدید از بخش تولید وب سایت کمپانی توانیر صنعت برق ایران جمع آوری شده است. شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی بر اساس مصارف فنی و غیر فنی (مصارف داخلی) نیروگاه‌ها از بخش تولید کمپانی توانیر بدست آمده است. داده‌های ورودی و خروجی مطلوب کمپانی‌های برق منطقه ای از بخش انتقال صنعت برق جمع آوری شده است و خروجی نامطلوب بصورت تلفات خط انتقال با نرخ ۳/۰۲ درصد بر اساس مقدار تلفات خط انتقال در ایران تخمین زده شده است همچنین فاکتورهای دو نقشی جهت آموزش و برنامه ریزی و تحقیقات به منظور ارتقای سطح دانش و پیشرفت تکنولوژی کارکنان در بهره برداری از خطوط انتقال جریان

الکتریسیته بمنظور کاهش تلفات برق تعریف شده است. تمامی داده‌های کمپانی توزیع از بخش توزیع وب سایت کمپانی توانیر صنعت برق بدست آمده است همچنین ورودیهای چهار بخش مشترکین برق بصورت میانگین هزینه مصرفی سوخت و یارانه سوخت جهت تولید برق از کمپانی توانیر جمع آوری شده و اولین خروجی مطلوب بصورت فروش جریان الکتریسیته در بخشهای خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی بوسیله اندازه‌های میانی ارسال شده از کمپانی‌های توزیع برق به چهار مشترکین برق بر اساس آمار درصد برق مصرفی چهار بخش مصرف کنندگان از وب سایت توزیع کمپانی توانیر محاسبه شده است و دومین خروجی مطلوب تعداد مشترکین برق در بخشهای مصرف کنندگان است که از بخش توزیع وب سایت کمپانی توانیر بدست آمده است اما خروجی نامطلوب بوسیله مدت زمان قطعی برق در بخش‌های متفاوت مشترکین برق در سال ۲۰۱۵ محاسبه شده است بعلاوه اندازه‌های میانی از ارسال کنندگان سوخت به نیروگاه‌ها مقادیر سوخت مورد نیاز نیروگاهها جهت تولید برق می‌باشند و اندازه‌های میانی از نیروگاه‌ها به خطوط انتقال و از خطوط انتقال به خطوط توزیع جریان برق بطور محاسبه شده اند همچنین اندازه‌های میانی یا جریان برق ارسال شده به چهار نوع مشترکین برق بر اساس مقادیر توزیع برق تولید شده در ایران به چهار بخش مشترکین محاسبه شده است. مجموعه داده‌ها متناظر با ۱۰ زنجیره تامین تحت بررسی در جدول‌های ۱ تا ۲۲ معرفی شده است. جدول ۱ یک ورودی نوع اول و یک ورودی نوع دوم و جدول ۲ خروجی‌های مطلوب و نامطلوب و فاکتورهای دونقشی تامین کنندگان سوخت (ارسال کنندگان) را نشان می‌دهند جدول‌های ۳ تا ۶ داده‌های مربوط به نیروگاه‌های برق را نشان می‌دهد همچنین جدول ۷ و ۸ داده‌های کمپانی‌های انتقال دهنده برق را با دو ورودی نوع اول و یک ورودی نوع دوم و یک خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب و فاکتورهای دو نقش ورودی و خروجی معرفی مینماید همچنین در جدول‌های ۹ تا ۱۲ داده‌های بخش توزیع با دو ورودی نوع اول و یک ورودی نوع دوم و یک خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب و شاخص‌های دو نقش ورودی و خروجی معرفی می‌شوند سرانجام در جدول‌های ۱۳ تا ۱۵ داده‌هایی از مشترکین برق با یک ورودی نوع اول و دو خروجی مطلوب و یک خروجی نامطلوب گزارش شده

است اندازه‌های میانی از ارسال کنندگان سوخت به تولید کنندگان برق و از بخش تولید کنندگان به انتقال دهندگان و از انتقال دهندگان به توزیع کنندگان و سرانجام از توزیع کنندگان برق به مشترکین در جدولهای ۱۶ تا ۲۰ معرفی شده است همچنین مقادیر مربوط به وزنهای پانزده بخش از زنجیره تامین در جدول ۲۱ نشان داده شده است.

Table 1: The supplier level- inputs

DMU	supplier 1 (division 1)		supplier 2 (division 2)	
	\bar{x}_{1k}^1	$\tilde{\cdot}$	\bar{x}_{1k}^2	$\tilde{\cdot}$
1	2550	3200	7200	2500
2	61200	1300	21600	2500
3	21600	3200	10800	2400
4	32400	3110	6480	1400
5	12600	2800	19440	3000
6	43200	2200	10800	2400
7	46800	2400	10800	1380
8	39600	1600	21600	2250
9	9360	2150	19440	2180
10	64800	2500	6480	2900

source: category: oil field of iran-wikipedia

<https://en.wikipedia.org/wiki/category:oil>

field of iran [https://en.wikipedia.org/wiki/category:natural gas in iran](https://en.wikipedia.org/wiki/category:natural_gas_in_iran)

Table2: The supplier level desirable and undesirable outputs and dual-role factors.

DMU	Supplier1 (Division1)			Supplier2 (Division 2)	
	w_{1k}^1	g_{1k}^1	b_{1k}^1	w_{1k}^2	g_{1k}^2
1		1739.693	54	4.725	1186.216
	0.011				151.2
2		40572.996	1296	10.8	7203.230
	0.255				345.6
3		8995.883	432	5.738	3726.203
	0.085				183.6
4		26527.191	972	4.388	1930.025
	0.191				140.4
5		4552.857	216	11.475	10438.190
	0.042				367.2
6		23324.391	756	5.738	3350.675
	0.149				183.6
7		17080.471	756	5.4	2353.130
	0.149				172.8
8		15872.914	648	10.8	9455.104
	0.127				345.6
9		6062.772	194.4	11.475	9849.593
	0.038				367.2
10		25603.400	1296	4.388	2208.415
	0.255				140.4

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations million kilo watt hour

Table 3: Manufacturers level inputs.

DMU	Manufacturer1			Manufacturer 2		Manufacturer3			
	\bar{x}_{1k}^3	\bar{x}_{2k}^3	\sim	\bar{x}_{1k}^4	\bar{x}_{2k}^4	\sim	\bar{x}_{1k}^5	\bar{x}_{2k}^5	\sim
1	63224	4070	610	15408	1600	5	11903	1200	0
2	16200	2263	27	10400	700	0	2626.952	2600	27
3	10448	1000	0	5701.12	3300	0	16760	2005	26
4	80224	1000	7	8622.4	3300	0	8344	2005	0
5	5184	890	0	1920.48	900	7	16417.760	2823	0
6	13672.88	2300	0	3312	2500	35	3936	800	0
7	966.32	1450	0	8352	2700	34	17844.8	890	0
8	1491.2	1520	21	10320	2260	9	16800	1300	0
9	3872	1500	0	10590	3600	17	7072	4100	106
10	11453.6	3180	40	6787.2	760	0	2053.28	1590	0

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations million kilo watt hour

Table 4: Manufacturers level desirable and undesirable outputs and Dual-role factor.

DMU	Manufacturer 1 (Division 3)				
	w_{1k}^3	g_{1k}^3	b_{1k}^3	b_{2k}^3	b_{3k}^3
1	598.234	12.2	454610.278	23891876.280	288025420.100
2	92.234	12.2	302399.805	4207069.806	191952930.500
3	180.638	13	235104.740	195553.061	149621794
4	394.18	12.2	229464.218	12059407.75	145380628.200
5	10.78	73.6	43498.708	38755.471	27536231.770
6	25.768	100	256638.343	217529.667	163094448.800
7	2.939	85.5	6683.633	5954.829	4230977.926
8	81.863	85.5	15138.687	184259.151	9585079.623
9	42.59	13	92035.892	76552.691	58572086.910
10	139.981	86.6	236364.062	196600.528	150423232.700

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations 1000kg/million kilo watt hour

Table5. Manufacturers level desirable and undesirable outputs and Dual-role factor.

DMU	Manufacturer2 (Division 4)				
	w_{1k}^4	g_{1k}^4	b_{1k}^4	b_{2k}^4	b_{3k}^4
1	0	85.5	5715.366	5092.145	3618030.390
2	541.271	0	283431.105	14895617.700	179572190
3	291.571	12.2	174773.192	9070013.802	110729096.200
4	86.474	25.2	182851.984	152090.788	116367887.400
5	96.326	12.2	49845.037	2619587.603	3158009.070
6	10.299	85.5	27420.014	24430.049	17357845.530
7	424.975	12.2	273496.466	14373506.370	173277944.500
8	0.063	12.2	311634.456	21776302.480	197440862.200
9	102.151	98.8	176752.534	147351.908	112467128.500
10	170.387	86.6	79593.197	66419.786	50641168.170

Table6. Manufacturers level desirable and undesirable outputs and Dual-role factor

DMU	Manufacturer 3 (Division 5)				
	w_{1k}^5	g_{1k}^5	b_{1k}^5	b_{2k}^5	b_{3k}^5
1	0	73.600	19603.894	17519.680	12447945.190
2	6.325	73.600	27423877.76	24433491.25	17360291475
3	103.532	98.800	212448.268	690393.877	135090771.800
4	92.426	13	140748.540	117070.408	89573051.780
5	47.29	87	300157.654	9178172.226	190308335.200
6	35.747	13	77463.980	64432.212	49298451.340
7	290.054	13	471751.939	21768344.370	299051808
8	782.679	13	510495.755	21776302.480	323709891.900
9	45.519	13	94829.614	78876.425	60350025.180
10	138.404	1.200	59895.401	3147780.793	37947663.670

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations 1000kg/million kilo watt hour

Table 7. The Transmitter level inputs

DMU	Transmitter 1 (division 6)			Transmitter 2 (division 7)		
	\bar{x}_{1k}^6	$\tilde{}$	\bar{x}_{2k}^6	\bar{x}_{1k}^7	$\tilde{}$	\bar{x}_{2k}^7
1	27542	74	8704	25086	39	14697.700
2	41011	78	9127.800	4938	17	2244.500
3	13659	38	8643.400	41011	78	9127.800
4	16545	25	10367.900	41011	78	9127.800
5	6871	26	2850.700	13659	38	8643.400
6	14068	42	11166.400	4938	17	2244.500
7	14171	51	5780.500	8762	26	4480.400
8	10812	33	8273.300	15407	23	6095.800
9	25086	39	14697.700	7367	35	3776.100
10	10812	33	8273.300	7716.4	22	1453.800

Table 8: Transmitter level desirable and undesirable outputs and Dual-role factor.

DMU	Transmitter 1 (division 6)			Transmitter 2 (division 7)		
	w_{1k}^6	g_{1k}^6	b_{1k}^6	w_{1k}^7	g_{1k}^7	b_{1k}^7
1	1592	990	508.845	868	1541.4	51.880
2	115		200.566	183	110	301.829
	1302.3					
3	729		175.381	1155	1302.3	357.789
	1961.5					
4	566	1596	328.197	1155	1302.3	117.468
5	330	324	67.759	729	1961.5	263.987
6	559	431.3	254.862	183	110	107.780
7	615		447.605	330	747	61.919
	1576.2					
8	88	601.2	373.774	479	386	202.020
9	868		273.358	231	110	84.462
	1541.2					
10	88	601.2	294.146	426	1453.8	38.828

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//entaghal> and calculations loose of electri

Table 9: The distributor level inputs.

DMU	Distributor 1 (division 8)			Distributor 2 (division 9)		
	\bar{x}_{1k}^8	\bar{x}_{2k}^8	\bar{x}_{2k}^8	\bar{x}_{1k}^9	\bar{x}_{2k}^9	\bar{x}_{2k}^9
1	7792	47	40437	4067	54	60332
2	11349	292	64702	2330	61	19739
3	11349	292	64702	3068	79	28043
4	8612	55	12406	1787	42	8942
5	900	36	13383	2480	122	26770
6	11349	292	64702	3175	29	15731
7	3639	109	37153	1444	115	13785
8	2084	30	51688	4221	69	24689
9	7792	47	40437	1894	71	18162
10	2690	26	35606	2084	30	51688

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee>

Table 10. The distributor level inputs

DMU	Distributor 3 (division 10)			Distributor 4 (division 11)		
	\bar{x}_{1k}^{10}	\bar{x}_{2k}^{10}	\bar{x}_{2k}^{10}	\bar{x}_{1k}^{11}	\bar{x}_{2k}^{11}	\bar{x}_{2k}^{11}
1	3325	36	13761	4492	58	10052
2	1787	42	18122	1324	19	11101
3	3651	115	32533	900	36	13383
4	1874	38	12075	3175	47	56184
5	3965	115	32533	3068	79	28043
6	1324	19	11101	1894	71	18162
7	900	36	13383	11349	292	64702
8	4067	54	60332	5395	65	52340
9	3325	36	13761	4067	54	60332
10	4067	54	60332	5395	65	52340

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee>

Table11. Distributor level desirable and undesirable outputs.

DMU	Distributor 1 (Division 8)		Distributor 2 (Division 9)	
	g_{1k}^8	b_{1k}^8	g_{1k}^9	b_{1k}^9
1	576253	14.210	576253	8.030
2	2046151	7.200	323920	10.400
3	2046151	15.570	631924	11.390
4	1288350	15.570	345484	10.730
5	265678	13.250	662102	12.670
6	2046151	15.57	513660	11.510
7	497281	13.600	429044	11.050
8	294579	11.230	368658	13.330
9	576253	14.210	513660	7.250
10	469733	12.540	347768	11.230

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee>

Table12. Distributor level desirable and undesirable outputs

DMU	Distributor 3 (Division 10)		Distributor 4 (Division 11)	
	g_{1k}^{10}	b_{1k}^{10}	g_{1k}^{11}	b_{1k}^{11}
1	248079	13.590	327034	14.200
2	345484	10.730	208346	7.990
3	429044	11.050	265678	13.250
4	329071	7.670	309704	12.030
5	429044	11.05	631924	11.390
6	208346	7.990	333449	7.250
7	265678	13.25	2046151	15.570
8	550244	8.030	691491	8.100
9	208346	13.590	631924	8.030
10	550244	8.030	691491	8.100

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee>

Table13. The customer level inputs under managerial disposability

DMU	Customer 1 (Division 12) \bar{x}_{1k}^{12}	Customer 2 (Division 13) \bar{x}_{1k}^{13}	Customer 3 (Division 14) \bar{x}_{1k}^{14}	Customer 4 (Division 15) \bar{x}_{1k}^{15}
1	1400	1094.800	1096.400	2802.500
2	1400	1094.800	1096.800	2802.500
3	1400	1094.800	1096.800	2802.500
4	1400	1094.800	1096.800	2802.500
5	1400	1094.800	1096.800	2802.500
6	1400	1098.800	1096.800	2802.500
7	1400	1098.800	1096.800	2802.500
8	1400	1098.800	1096.800	2802.500
9	1400	1098.800	1096.800	2802.500
10	1400	1098.800	1096.800	2802.500

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee>

Table14. The Customer level desirable and undesirable outputs

DMU	Customer 1 (division 12)			Customer 2 (division 13)		
	g_{1k}^{12}	g_{2k}^{12}	b_{1k}^{12}	g_{1k}^{13}	g_{2k}^{13}	b_{2k}^{13}
1	1830958	6122.147	778.277	347030	3241.136	147.510
2	6441756	5485.296	725.081	1778416	2903.980	200.178
3	7866277	5821.292	725.323	2168359	3081.860	199.937
4	6560395	4865.888	727.327	1791210	2576.059	198.585
5	3804176	3622.099	752.559	855850	1917.582	169.308
6	8009286	3996.064	734.466	2078242	2115.563	190.588
7	8271676	5563.775	693.427	2196721	2945.528	184.154
8	3602333	6217.991	718.110	962150	3291.877	191.801
9	3213868	3906.777	752.079	691239	2068.293	161.757
10	3683518	3635.504	722.771	953080	1924.679	187.011

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee> and calculations time cut off of electricity

Table15. The Customer level desirable and undesirable outputs

DMU	Customer 3 (division 14)			Customer 4 (division 15)		
	g_{1k}^{14}	g_{2k}^{14}	b_{1k}^{14}	g_{1k}^{15}	g_{2k}^{15}	b_{1k}^{15}
1	16364	2700.947	6.956	7663	5942.083	3.257
2	37745	2419.983	4.249	57685	5323.964	6.492
3	51444	2568.217	4.743	65030	5650.077	5.996
4	37480	2146.715	4.155	53509	4722.774	5.932
5	42460	1597.985	8.400	28981	3515.567	5.733
6	45458	1762.970	4.169	73999	3878.533	6.786
7	624532	2454.607	52.355	72330	5400.135	6.064
8	106646	2743.231	21.259	24231	6035.109	4.830
9	54540	1723.578	15.103	30174	3791.871	7.061
10	110055	1603.899	21.595	23562	3528.578	4.623

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tozee> and calculations time cut off of electricity

Table16. The material flow (intermediate products desirable outputs) (106 Kwa)

DMU	$v(3,6)$	$v(3,7)$	$v(4,6)$	$v(4,7)$	$v(5,6)$	$v(5,7)$
	1	1	1	1	1	1
	j (2,7)	(3,7)	(4,6)	(4,7)	(5,6)	(5,7)
1	16849.166	0	0	954.941	0	762.931
2	6641.271	2846.259	0	6081.337	0	1066.752
3	0	7144.31	3791.372	0	2015.572	4703.002
4	4923.416	0	1666.995	3889.655	4277.035	0
5	1174.200	503.228	1069.482	0	0	8238.071
6	8439.133	0	0	1214.901	0	2353.958
7	0	259.243	4179.104	1791.044	10644.237	0
8	550.870	0	0	6689.385	11825.766	0
9	0	2796.766	5426.567	0	3625.006	0
10	7291.361	0	2448.571	0	0	1285.702

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations million kilo watt hour

Table17. The material flow (intermediate products desirable outputs) (106 Kwa)

DMU	$v(6,8)$ 1 (6,8)	$v(6,9)$ 1 (6,9)	$v(6,10)$ 1 (6,10)	$v(6,11)$ 1 (6,11)	$v(7,8)$ 1 (7,8)	$v(7,9)$ 1 (7,9)
1	11438.225	0	0	4902.096	0	499.798
2	4508.493	1932.211	0	0	0	0
3	0	0	3942.347	1689.577	8042.661	3446.851
4	0	7377.474	3161.775	0	2640.531	0
5	652.777	0	0	1523.146	0	2543.194
6	0	8184.271	0	0	356.886	0
7	10062.973	0	0	4312.703	0	1391.858
8	8402.003	0	0	3600.858	0	4399.742
9	0	0	2633.465	6144.751	813.691	1898.613
10	0	6612.050	2833.736	0	827.812	0

Table18. The material flow (intermediate products desirable outputs) (106 Kwa)

DMU	$V_{(7,10)}^j$ 1 (7,10)	$V_{(7,11)}^j$ 1 (7,11)	$V_{(8,12)}^j$ 1 (8,12)	$V_{(8,13)}^j$ 1 (8,13)	$V_{(8,14)}^j$ 1 (8,14)	$V_{(8,15)}^j$ 1 (8,15)
1	1166.195	0	3888.996	2058.880	1715.834	3774.614
2	2907.756	6784.863	1532.888	811.529	676.274	1487.803
3	0	0	2734.506	1447.680	1206.400	2654.080
4	574.437	377.219	897.781	475.297	396.080	871.375
5	5934.119	0	221.944	117.500	97.917	215.416
6	2498.201	713.772	121.341	64.239	53.533	117.772
7	596.511	0	3421.411	1811.335	1509.446	3320.781
8	1885.604	0	2856.681	1512.361	1260.300	2772.661
9	0	0	276.655	146.464	122.054	268.518
10	0	374.062	296.755	157.106	130.922	288.028

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations million kilo watt hour.

Table19. The material flow (intermediate products desirable outputs) (106 Kwa)

DMU	$v(9,12)$	$v(9,13)$	$v(9,14)$	$v(9,15)$	$v(10,12)$	$v(10,13)$
	$\frac{1}{(9,12)}$	$\frac{j}{(9,13)}$	$\frac{1}{(9,14)}$	$\frac{1}{(9,15)}$	$\frac{1}{(10,12)}$	$\frac{1}{(10,13)}$
1	169.931	89.964	74.970	164.933	396.506	209.915
2	656.952	347.798	289.832	637.630	988.637	523.396
3	1171.931	620.434	517.029	1137.463	1340.398	709.622
4	2508.341	1327.945	1106.621	2434.567	1331.512	704.918
5	864.686	457.775	381.490	839.254	2017.600	1068.141
6	2782.652	1473.169	1227.641	2700.809	849.388	449.376
7	473.232	250.534	208.779	459.311	202.814	107.372
8	1495.912	791.954	659.961	1451.915	641.105	339.409
9	645.528	341.750	284.792	626.542	895.378	474.024
10	2248.097	1190.169	991.808	2181.977	963.470	510.072

Table20. The material flow (intermediate products desirable outputs) (106 Kwa)

DMU	$v(10,14)$	$v(10,15)$	$v(11,12)$	$v(11,13)$	$v(11,14)$	$v(11,15)$
	$\frac{1}{(10,14)}$	$\frac{j}{(10,15)}$	$\frac{1}{(11,12)}$	$\frac{1}{(11,13)}$	$\frac{1}{(11,14)}$	$\frac{1}{(11,15)}$
1	174.922	384.844	1666.713	882.377	735.314	1617.692
2	436.163	959.559	2306.820	1221.257	1017.714	2238.972
3	591.352	1300.974	574.456	304.124	253.437	557.560
4	587.432	1292.350	128.254	67.899	56.583	124.482
5	890.118	1958.259	517.870	274.166	228.472	502.638
6	374.830	824.406	242.682	128.479	107.066	235.545
7	89.477	196.849	1466.319	776.276	646.905	1423.192
8	282.841	622.250	1224.292	648.155	540.129	1188.283
9	395.020	869.043	2089.215	1106.055	921.713	2027.768
10	425.060	935.133	127.181	67.331	56.109	123.441

Source: <http://amar.tavanir.org.ir//tolid> and calculations million kilo watt hour

Table 21. The weights of the divisions

Supply chains	Importance	Division	Division	Overall
Entity	Weights		Weight	Weight
Suppliers	0.15	S1	0.45	0.0675
		S2	0.55	0.0825
Manufacturers	0.20	M1	0.35	0.07
		M2	0.30	0.06
		M3	0.35	0.07
Transmitters	0.20	T1	0.65	0.13
		T2	0.35	0.07
Distributers	0.15	D1	0.25	0.0375
		D2	0.30	0.045
		D3	0.20	0.03
		D4	0.25	0.0375
Customers	0.30	C1	0.27	0.081
		C2	0.24	0.072
		C3	0.20	0.06
		C4	0.29	0.087

وزنها در هر بخش توسط تصمیم گیرنده تعریف می شوند گاهی اوقات وزنها نمی توانند بطور دقیق اندازه گرفته شوند و تصمیم گیرنده ها ممکن است برای بیان ایده های شخصی خودشان از کلماتی مانند خیلی عالی، عالی، نسبتا عالی، خوب، نسبتا بد، بد و خیلی بد استفاده کنند. منطق فازی یک روش مفید برای محاسبه وزنها در یک زنجیره تامین می باشد زمانیکه موقعیتی بوسیله یک تعریف مبهم و غیر دقیق بیان شود و یا فقدان

اطلاعات مورد نیاز سبب ایجاد ناتوانی کارشناسان برای ساختن یک ارزیابی دقیق و علمی گردد در این حالت تصمیم گیرنده میتواند برای دستیابی به یک ارزیابی علمی از منطق فازی استفاده کند بطوریکه ایده‌های کارشناسی میتوانند با یک تابع عضویت مشخص شوند آنگاه اعداد فازی متناسب بمنظور بیان نظرات کارشناسی معرفی می‌شوند و عملیات ساده حسابی جهت ترکیب اعداد فازی به یک عدد فازی بکار برده میشوند. یانگ و همکارانش در ۲۰۰۲ توانستند هر کدام از ایده‌های کارشناسی را به یک عدد مثلثی فازی متناظر نمایند که این اعداد مثلثی عبارت کارشناسی را تخمین می‌زند

نتایج و تحلیل داده‌ها

حال نتایج بدست آمده از روش ارائه شده را بررسی مینماییم ابتدا مدل جهت محاسبه امتیازنا کارایی ۱۰ زنجیره تامین با نرم افزار GAMS اجرا گردید که زمان اجرای محاسبه در مدل بسیار ناچیز است. نتایج مدل در جدول ۲۲ درج شده است.

Table 22. The overall inefficiency score of 10 supply chain and 15 division

DMU	θ_0	ξ_k^{S1}	ξ_k^{S2}	ξ_k^{M2}	ξ_k^{M3}	ξ_k^{T1}	ξ_k^{T2}	ξ_k^{D1}	ξ_k^{D2}	ξ_k^{D3}	ξ_k^{D4}	ξ_k^{C1}	ξ_k^{C2}	ξ_k^{C3}	ξ_k^{C4}	
1	0.009	0	0	0	0	0	0.05	0.02	0	0.16	0	0	0	0	0	
2	0.092	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.24	0	0.33	0	0.16	0.30	
3	0.298	0	0.41	0	0	0.92	0.73	0	0	0.60	0	0	0.36	0	0.29	0.36
4	0.224	0	0	0	0.52	0.42	0.65	0	0	0.61	0	0.0.7	0.23	0	0.09	0.24
5	0.054	0	0	0	0.64	0	0	0	0	0	0	0.24	0	0	0	0
6	0.067	0	0.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0
7	0.123	0	0.21	0	0	0	0	0.42	0	0	0	0	0.32	0.32	0	0.32
8	0.131	0.18	0.24	0	0	0	0	0.10	0.43	0.53	0.54	0	0	0	0	0.23
9	0.192	0.25	0	0	0.82	0	0.61	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0.080	0	0	0	0	0	1	0	0.43	0.69	0.53	0.54	0	0	0	0

اولین ستون جدول شماره ۲۲ امتیاز ناکارایی ۱۰ زنجیره تامین را نشان می‌دهد از جدول به آسانی دیده می‌شود که هیچکدام از زنجیره‌های تامین نتوانستند ناکارایی صفر را بدست

آورند. زنجیره تامین شماره یک یا DMU شماره یک کمترین مقدار ناکارایی را کسب کرده و همچنین هیچکدام از زنجیره‌های تامین کارآ نیستند بنابراین ۱۰ زنجیره تامین یا تامین کنندگان جریان الکتریسیته باید بتوانند کارایی مربوط به هر یک از بخشها را بهبود دهند. زنجیره تامین شماره ۱ با کمترین مقدار ناکارایی $\theta = 0/009$ شامل سه بخش ناکارا می‌باشد در حالیکه زنجیره تامین شماره ۳ با بیشترین ناکارایی $\theta = 0/298$ شامل هفت بخش ناکارا است. حال با توجه به جوابهای بهینه حاصل از اجرای مدل 9 مربوط به متغیرهای K^k (کاهش خروجی مطلوب) و متغیرهای کمکی دو دسته از ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب و همچنین مقادیر متغیرهای کمکی مربوط به اندازه‌های میانی بخش-های ارسال کننده سوخت، نیروگاه‌ها، خطوط انتقال و خطوط توزیع در پانزده بخش از زنجیره تامین شماره یک می‌توان راهکارهای مفیدی را در رابطه با ناکارایی زنجیره تامین شماره یک بدست آورد. تامین کننده برق یا DMU شماره یک ناکارا است زیرا بخش-های، دومین کمپانی انتقال برق، اولین و سومین کمپانی توزیع برق ناکارا هستند. با توجه به مقدار متغیر K^k (کاهش خروجی مطلوب) در جواب بهینه، خروجی مطلوب دومین کمپانی برق منطقه ای از $1541/40$ کیلومتر مدار به $1464/33$ کیلومتر مدار کاهش یافته است که کاهش خروجی مطلوب در دومین انتقال دهنده برق سبب افزایش خروجیهای نامطلوب (تلفات جریان الکتریسیته) از $51/880$ میلیون وات ساعت به $293/621$ میلیون وات ساعت خواهد شد و این افزایش ناشی از مازاد استفاده از ظرفیت‌های موجود در طول خطوط انتقال می‌باشد بطوریکه از $14697/4$ کیلومتر مدار مورد بهره برداری شده بمنظور افزایش کارایی بهتر است $8482/98$ کیلومتر مدار مورد استفاده قرار گیرد همچنین بمنظور کاهش خروجی‌های نامطلوب (تلفات الکتریسیته ناشی از انتقال برق) دومین کمپانی انتقال برق نیازمند به ظرفیت‌های سرمایه گذاری بیشتری در زمینه افزایش نیروی انسانی کارآمد و مجهز شدن به سیستم‌های مهندسی پیشرفته می‌باشد بعلاوه تغییرات اندازه‌های میانی ارسال شده از اولین و دومین و سومین نیروگاه به دومین کمپانی انتقال برق به-منظور کارا شدن و رفع ناکارایی‌ها در این بخش لازم و ضروری است همچنین اولین کمپانی توزیع برق بدلیل کاهش خروجی‌های مطلوب ناکارا است که این امر به دلیل

استفاده مازاد از ظرفیت‌های خطوط توزیع و طول خطوط توزیع اتفاق می‌افتد همچنین اولین توزیع کننده برق باید قادر باشد جریان الکتریسیته بیشتری را به صورت اندازه‌های میانی به مشترکین برق ارسال کند سرانجام ناکارایی سومین کمپانی توزیع بدلیل کاهش خروجیهای مطلوب و ارسال مازاد اندازه‌های میانی یا مقدار الکتریسیته فرستاده شده به چهار بخش مشترکین برق ایجاد می‌شود و بخصوص این بخش نیازمند جریان الکتریسیته یا اندازه میانی بیشتری از اولین کمپانی انتقال برق می‌باشد. نتایج کلی زیر را می‌توان با توجه به مقادیر متغیرها در جواب بهینه بدست آورد.

تامین کننده برق یا DMU شماره یک کارآ خواهد شد هر گاه کاهش خروجی مطلوب دومین کمپانی برق منطقه ای از ۴۰ / ۱۵۴۱ کیلومتر مدار به ۳۳ / ۱۴۶۴ کیلومتر مدار اتفاق نیفتد زیرا عدم استفاده از ظرفیتهای موجود در سرمایه گذاری جهت ابداع تکنولوژی جدید و یا عدم بکارگیری از سیستم‌های مهندسی پیشرفته در دومین کمپانی برق منطقه ای سبب افزایش خروجی‌های نامطلوب (تلفات جریان الکتریسیته) از ۸۸۰ / ۵۱ میلیون وات ساعت به ۶۲۱ / ۲۹۳ میلیون وات ساعت خواهد شد و همچنین می‌توان استفاده مازاد از ظرفیت‌های موجود در طول خطوط انتقال را یکی از عوامل ناکارایی دومین کمپانی انتقال برق عنوان نمود بطوریکه ۴۲۵ / ۶۲۱۴ کیلومتر مدار بطور مازاد مورد بهره برداری و استفاده قرار گرفته است.

حال با توجه به مقادیر متغیرهای کمکی مربوط به اندازه‌های میانی از سه نیروگاه به دومین کمپانی انتقال برق داریم:

$$S(5,7) = 4871.92 \quad S(3,7) = 3147.30, \quad S(4,7) = -14.54,$$

بمنظور رفع ناکارایی لازم است جریان الکتریسیته ارسالی از اولین و سومین نیروگاه به دومین کمپانی برق منطقه ای افزایش و از دومین نیروگاه برق به آن کاهش یابد. با توجه به جدول شماره ۲۲ اولین کمپانی توزیع برق در زنجیره تامین شماره یک ناکارا است بمنظور بهبود کارایی لازم است از کاهش خروجی مطلوب آن از ۵۷۶۲۵۳ متر الکتریسیته به ۹۴ / ۵۶۴۷۲۷ متر الکتریسیته جلوگیری شود. همچنین استفاده مازاد از ظرفیت خطوط توزیع و طول خطوط توزیع در اولین کمپانی توزیع برق سبب ایجاد ناکارایی در این توزیع کننده برق می‌شود با توجه به نتایج بدست آمده در جواب بهینه از متغیرهای کمکی مربوط

به ظرفیت و طول خطوط توزیع می‌توان گفت که مقدار $207/390$ مگا ولت آمپراز ظرفیت خطوط توزیع و $751/303$ کیلومتر از طول خطوط توزیع بطورمازاد استفاده شده است بعلاوه با توجه مقادیر متغیرهای کمکی اندازه‌های میانی از اولین انتقال دهنده به سومین توزیع کننده برق و از دومین انتقال دهنده به توزیع کنندگان جریان برق لازم است.

$$2932.16, -10) = (7, -2673.80, S 2500.13, S(7,9) = -S(7,8) = S(6,10) = 2633.47$$

جریان الکتریسیته انتقال یافته از دومین انتقال دهنده به اولین و دومین و سومین شرکت توزیع برق کاهش داده شود و همچنین جریان برق از اولین انتقال دهنده برق به اولین شرکت توزیع نیز افزایش یابد بعلاوه از مقادیر مربوط به متغیرهای کمکی ورودی نوع اول مشاهده می‌شود که اولین کمپانی توزیع برق از 7792 مگا ولت آمپر مربوط به ظرفیت خط توزیع جهت بهبود کارایی لازم است $7584/61$ مگا ولت آمپرا مورد بهره برداری قرار دهد و بطور مشابه طول خطوط توزیع باید از 40437 کیلومتر به مقدار $3968/70$ کیلومتر کاهش یابد همچنین مقادیر متغیرهای کمکی مربوط به اندازه‌های میانی از اولین کمپانی توزیع به مشترکین برق نشان می‌دهند که بمنظور افزایش امتیاز کارایی، افزایش اندازه‌های میانی از اولین کمپانی توزیع به چهار بخش مصرف کنندگان خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی لازم و ضروری می‌باشد.

$$S(8,12) = 3598.66, S(8,13) = 1905.187, S(8,14) = 1587.65, S(8,15) = 3492.818$$

سرانجام آخرین بخش ناکارای زنجیره تامین شماره یک، سومین کمپانی توزیع برق می‌باشد با توجه به اینکه از تمامی ظرفیتهای موجود در خط توزیع و طول خطوط توزیع استفاده مینماید بمنظور کارا شدن لازم است از کاهش خروجی مطلوب آن از 248079 به $208386/36$ جلوگیری شود اما با توجه به متغیرهای کمکی اندازه‌های میانی و جریان الکتریسیته فرستاده شده از سومین کمپانی توزیع برق به چهار بخش مشترکین جریان

الکتریسیته، بمنظور رفع ناکارایی موجود لازم است جریانهای ارسالی به بخشهای خانگی، عمومی، کشاورزی و صنعتی کاهش یابند.

$$S(10,12) = -3492.82, \quad S(10,13) = -497.87, \quad S(10,14) = -220.09, \quad S(10,15) = -484.20$$

مقادیر کارایی ۱۰ زنجیره تامین و پانزده بخش آنرا میتوان از رابطه زیر محاسبه نمود.

$$\beta = 1 - \theta \quad (10)$$

حال عواملی که سبب می شود DMU یا تامین کننده شماره یک کاراترین زنجیره تامین شود مورد بررسی قرار می دهیم.

بر طبق اولین ستون از جدول ۲۲ و محاسبه امتیاز کارایی کل زنجیره تامین از فرمول (10) به آسانی دیده می شود که هیچکدام از زنجیره های تامین کارآیی مساوی یک ندارند این مسئله ایجاب می کند که هر ۱۰ زنجیره تامین میتوانند امتیاز کارایی کسب نموده را در بعضی از بخشها بهبود دهند. زنجیره تامین شماره یک در بین ۱۰ زنجیره تامین بالاترین کارآیی (۰/۹۹۱) را بدست آورده است در حالیکه زنجیره تامین شماره سه با کارآیی (۰/۷۰۲) بدترین اجرا را در ده زنجیره تامین داشته است بخصوص اگر بصورت موازی به جدول ۲۲ نگاه کنیم میتوان پی برد که کدام بخشها در زنجیره های تامین کاراترند و کدام بخشها باید کارایی خودشان را بهبود دهند همچنین اگر بصورت عمودی به جدول نگاه کنیم اولین نیروگاه با کارایی ۱۰۰ درصد و مشترکین برق در بخش عمومی با کارایی ۹۰ درصد و همچنین دومین نیروگاه و دومین کمپانی برق منطقه ای با کارایی ۸۰ درصد و سومین نیروگاه و اولین کمپانی برق منطقه ای و اولین کمپانی توزیع با کارایی ۷۰ درصد و سرانجام سومین و چهارمین کمپانی توزیع با کارایی ۶۰ درصد بیشترین امتیاز کارایی را به خود اختصاص داده اند. DMU شماره یک شامل ۶۲/۵ درصد نیروگاه های برق آبی است در واقع اژهشت نیروگاه موجود در اولین زنجیره تامین تعداد پنج نیروگاه برق آبی می باشند و شایان ذکر است که نیروگاه های برق آبی در زنجیره تامین شماره یک نسبت به سایر تامین کنندگان بیشترین جریان الکتریسیته را جهت ارسال به کمپانی های برق منطقه ای بدون

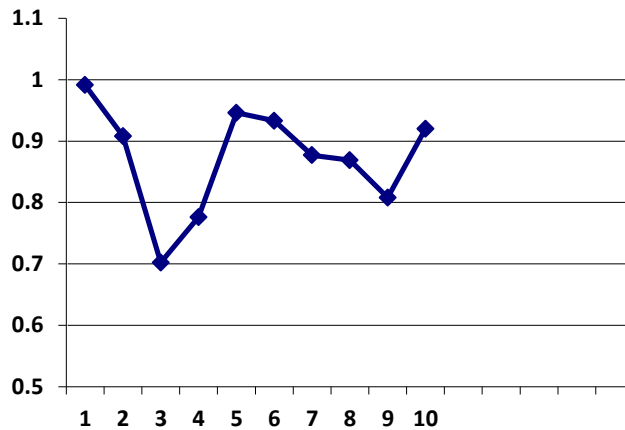
هیچگونه آلودگی تولید می‌کنند در صورتیکه زنجیره تامین شماره سه با کمترین کارایی شامل ۲۵ درصد نیروگاه‌های تجدید پذیر است که ۱۲/۵ درصد نیروگاه‌ها بادی و خورشیدی و ۱۲/۵ درصد دیگر برقی هستند همچنین ۷۵ درصد نیروگاه‌ها در زنجیره تامین شماره سه نیروگاه‌های حرارتی و سیکل ترکیبی و گازی هستند که باعث انتشار مقادیر زیادی از گازهای آلوده می‌شوند.

اکنون فاکتورهایی که سبب افزایش کارایی بخشهای متفاوت یک زنجیره تامین می‌شوند در ده تامین کننده برق از صنعت برق ایران مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ارسال کنندگان سوخت (میادین نفت و گاز) اگر سرمایه گذاری روی کارکنان میدانهای نفت و گاز جهت افزایش سطح علمی و تخصصی نیروی انسانی اجرا شود و همچنین در هزینه‌های صرف شده روی پاکسازی محیط از گازهای آلوده و یا بازیابی گازهای همراه نفت کنترل صورت گیرد آنگاه ۸۰ درصد میدان نفتی و ۶۰ درصد میدان گازی در ده زنجیره تامین کارا می‌شوند بعلاوه در بخش نیروگاهی اگر سرمایه گذاری بر سطح علمی و تحقیقاتی نیروهای متخصص در نیروگاه‌های برقی انجام شود بطوریکه کنترل و نظارت بر مصارف داخلی نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی انجام گیرد آنگاه اولین نیروگاه کارایی ۱۰۰ درصد و دومین نیروگاه کارایی ۸۰ درصد و سرانجام سومین نیروگاه کارایی ۶۰ درصد را در ده زنجیره تامین کسب مینمایند و بطور کلی اگر در رابطه با کمپانی‌های برق منطقه ای در زمینه برنامه ریزی و تحقیقات کارکنان برق منطقه ای جهت جلوگیری از هدر رفت جریان برق در خطوط انتقال سرمایه گذاری شود و یا بعبارت دیگر اگر در پیشرفت دانش و سطح علمی نیروی انسانی در زمینه بهره برداری از ظرفیت انتقال و خطوط انتقال کمپانی‌های برق منطقه ای توجهات خاصی صورت پذیرد می‌توانیم به ۷۰ درصد کارایی در اولین کمپانی برق منطقه ای و ۸۰ درصد کارایی در دومین کمپانی برق منطقه ای از ده زنجیره تامین دست یابیم و سرانجام با توجه به نتایج می‌توان گفت اولین کمپانی توزیع برق در ده زنجیره تامین ۷۰ درصد کارایی و سومین و چهارمین کمپانی توزیع ۶۰ درصد کارایی را کسب می‌کنند اگر سرمایه گذاری در نیروی انسانی مجرب در زمینه تجهیز کردن خطوط توزیع به سیستمهای مهندسی پیشرفته جهت بهره برداری بهینه و جلوگیری از

هدررفت انرژی در خطوط توزیع برق از کمپانیهای توزیع انجام شود و سرانجام دومین مصرف کننده برق یعنی بخش عمومی در ۹۰ درصد از زنجیره‌های تامین کارا خواهد شد.

اعتبار نتایج

تحلیل پوششی دادها (DEA) روشی مناسب جهت ارزیابی کارایی و یا سنجش بهره‌وری واحد تصمیم‌گیرنده است. درواقع (DEA) تصمیم‌کار فارل در ابداع روش غیر پارامتری می‌باشد فارل با استفاده از مجموعه ورودیها و خروجیهای واحد تصمیم‌گیرنده مجموعه‌ای را بعنوان مجموعه امکان تولید ارائه نمود و قسمتی از مرز آنرا بعنوان تابع تولید معرفی نمود این مرز بعنوان مرز کارا نامیده می‌شود و واحدهایی که روی این مرز قرار گیرند بعنوان واحد کارآ ارزیابی می‌شوند. تحلیل پوششی داده‌ها کارایی واحد تصمیم‌گیرنده را بر مبنای مقایسه شاخصهای تولید یا ورودیها و خروجیهای واحد مورد ارزیابی با ورودیها و خروجیهای سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده بدست می‌آورد و سرانجام نقطه‌ای روی مرز کارایی پیدا می‌شود که واحد تصمیم‌گیرنده با آن مقایسه می‌شود. مدل کاربردی ارائه شده همواره شدنی بوده و جواب بهینه متناهی دارد و جواب بهین در شرط $0 \leq \theta^* \leq 1$ صدق می‌کند. شرط لازم و کافی برای کارآیی آنست که $1 - \theta^* = 1$ باشد. تابع هدف مدل ارائه شده بصورت مجموع ضرایب وزنی از متغیر k^* یعنی کاهش خروجیهای نامطلوب محاسبه می‌شود لذا یک زنجیره تامین کارا است یا ناکارایی برابر صفر دارد اگر تمامی بخشهای آن فاقد ناکارایی باشند یا $k^* = 0$ شود. اولین ستون جدول شماره ۲۲ ناکارایی ده زنجیره تامین و ستونهای دیگر ناکارایی پانزده بخش را نشان میدهند که تمامی این مقادیر عددی بین صفر و یک هستند همچنین نتایج حاصل از اجرای مدل راهکارهای مفیدی را ارائه می‌کند که نقش کلیدی در مدیریت پایداری زنجیره تامین ایفا می‌نماید بطوریکه نه تنها خط و مشی اساسی را جهت پایداری تامین کنندگان در اختیار مدیران قرار می‌دهد بلکه رقابت کسب و کار را جهت افزایش بازده اقتصادی فراهم مینماید. شکل شماره ۳ امتیاز کارایی ده زنجیره تامین را در اجرای مدل نشان می‌دهد.



شکل ۳- امتیاز کارایی ده زنجیره تامین در تحلیل پوششی داده‌ها

نتیجه گیری

سیستم‌های اندازه‌گیری اجرا نقش بسیار مهمی جهت مدیریت موثر یک زنجیره تامین دارند بکاربردن منابع کل اعضای زنجیره تامین جهت ایجاد کارآترین راه ممکن برای وجود رقابت در میان تصمیم گیرندگان و تولید محصولاتی با کیفیت بالا و کمترین هزینه، لازم و ضروری است. مدل ارائه شده یک مدل چند مرحله‌ای است که ناکارایی یک زنجیره تامین را با تعداد پانزده بخش شامل ارسال کنندگان مواد اولیه، نیروگاه‌ها، انتقال دهندگان جریان برق، توزیع کنندگان و مشتریان محاسبه مینماید بطوریکه هر مرحله دارای وزنهای متفاوت می‌باشد. این مدل با در نظر گرفتن فرض دسترس پذیری ضعیف خروجیهای مطلوب و دسترس پذیری آزاد خروجیهای نامطلوب با افزایش ورودی‌ها به دو دسته مجزا تحت دسترس‌پذیری عادی (آزاد) و دسترس‌پذیری مدیریتی در حضور شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی ناکارایی زنجیره تامین را محاسبه می‌کند بعلاوه با در نظر گرفتن شاخصهای دو نقش ورودی و خروجی در میادین نفت و گاز بصورت هزینه‌های بازیابی گاز فلرینگ نه تنها از انتشارات مضر گازهای آلوده جلوگیری می‌شود بلکه مقادیر بسیار زیادی گاز به چرخه گاز طبیعی برگشت داده می‌شود همچنین با افزایش

سطح علمی نیروی انسانی بعنوان دومین دسته از ورودیها جهت آموزش تخصصی کارکنان در بخش ارسال کنندگان سوخت میتوان نتیجه گرفت که با سرمایه گذاری در سطح آموزش کارکنان در میادین نفت و گاز و کنترل و نظارت در هزینه‌های پاکسازی محیط از گازهای آلوده میتوان به راندمان قابل توجهی دست یافت بطور مشابه این سرمایه گذاری در نیروی انسانی مجرب در نیروگاه‌های برقآبی و بادی و خورشیدی و کنترل و بررسی مصارف داخلی نیروگاه‌ها اعم از مصارف فنی و غیر فنی میتواند کارآیی نیروگاه‌ها را به اندازه قابل توجهی افزایش دهد و سرانجام با افزایش دانش و سطح علمی نیروی انسانی در بخش برنامه ریزی و تحقیقات در خطوط انتقال جهت جلوگیری از هدر رفت برق و همچنین با کنترل هزینه‌های مربوط به بهره برداری و انتقال در کمپانی‌های برق منطقه ای و با سرمایه گذاری در سطح مهارت و توانایی نیروی انسانی در کمپانی‌های توزیع برق بمنظور جلوگیری از اتلاف برق میتوان به نتایج قابل قبولی در کارآیی بخشهای زنجیره تامین دست یافت. بعلاوه این مقاله چگونگی عملکرد صنعت برق را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و کارآیی را برای ده زنجیره تامین تعیین می کند بطوریکه صنعت برق را به زیر ناحیه‌های متفاوتی تقسیم می کند که هر زیر ناحیه بصورت یک زنجیره تامین یا DMU نشان داده می شود و عملکرد اجرای این ناحیه‌ها بوسیله مقدار الکتریسیته تولید شده و حفظ محیط بررسی می شود. مدل ارائه شده سرمایه گذاری در ایجاد تکنولوژیهای مفید جهت کاهش آلودگیها و حفظ محیط از انتشار گازهای آلوده را موثر و مفید پیشنهاد می کند و توجه به بخش های مصرف کنندگان برق را به منظور بالا بردن امتیاز کارآیی بخصوص در بخشهای مصرف کنندگان خانگی، صنعتی و کشاورزی لازم و ضروری میدانند.

تعارض منافع: تعارض منافع ندارم

ORCID

- Mojgan Pouralizadeh**  <http://orcid.org/0000-0002-5623-7993>
- Aliraza Amirtaimoori**  <http://orcid.org/0000-0003-4160-8509>
- Rossana Riccardi**  <http://orcid.org/0000-0002-1038-180X>
- Mohsen Vaez-Ghasemi**  <http://orcid.org/0000-0002-4239-6109>

Reference

- [1] Cook, W D., Green, R H., & Zhu, J. (2006). Dual- role factors envelopment analysis. *IIE Transaction*, 38(2), 105-115.
- [2] Cook, W D., Zhu, J. (2007). Classifying inputs and outputs in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 180 (2), 692-699.
- [3] Kao, C., Hwang, S N. (2007). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment Analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418-429.
- [4] Fare, R., Grosskopf, S., & Lovell, K. Pasurka, C. (1989). Multilateral productivity comparison When some outputs are undesirable. A nonparametric approach: *The Review of Economics and statistical*, 71(1), 90- 98.
- [5] Farzipoor, Saen R. (2010a). Technology selection in the presence of dual- role factors. *International Journal of Advance Operation Management* 2 (Nos, 3/4), 249-269.
- [6] Farzipoor, Saen R. (2010b) .Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. *International Journal of advance Manufacturing Technology*, 51 (9), 1 243-1250.

- [7] Farzipoor, Saen R. (2010c). Restricting weights in supplier selection decision in the presence of dual –role factors. *Applied mathematical modeling*, 34 (10), 2820-2830.
- [8] Farzipoor, Saen, R. (2011). A decision model for selecting third – party reverse logistics provider in the presence of dual – role factors and imprecise data .Asia- pacific. *Journal of Operation Research*, 28 (9), 239-254.
- [9] Farzipoor, Sean R., Mirhedayatian, SM., & Azadi, M. (2014). A novel network data envelopment analysis model for evaluation green supply chain Management .*International Journal Production Economics*, 147, 544-554.
- [10] Hatefi, SM., Jolia, F. (2010). A new model for classifying inputs and outputs and evaluating the performance of DMUs based on trans log outputs distance function. *Applied Mathematical Modeling*, 34 (6), 1439-1449.
- [11] Kao, C., Hwang, S N. (2007). Efficiency decomposition in two-stage data envelopment analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 418-429.
- [12] Sueyoshi, T., Goto, M. (2009). Can environment investment and expenditure enhance financial performance of US electric utility firm under the clean air act amendment of 1990? *Energy policy*, 37, 4819-4826.
- [13] Sueyoshi, T., Goto, M. (2010a) .Measurement of a linkage among environmental, operation al and financial performance in Japanese manufacturing firms : A use of data envelopment analysis with Strong complement slackness condition *European Journal of Operational Research*, 207, 1742-1753.

- [14] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2010b). Should the US clean air act include CO2 emission control? Examination by data envelopment analysis. *Energy policy*, 38, 5902-5911.
- [15] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2011a). DEA approach for unified efficiency measurement assessment of Japanese fossil fuel power generation. *Energy Econ*, 33, 195-208.
- [16] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2011b). DEA approach for unified efficiency measurement assessment of Japanese fossil fuel power generation. *Energy Econ*, 33, 195-208.
- [17] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2011c). A combined use of DEA (data envelopment analysis) with strong complementary slackness condition and DEA-DA (discriminant analysis). *Appl Math Lett*, 24, 1051-1056.
- [18] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012a). Data envelopment analysis of environmental assessments comparison between public and private ownership in petroleum industries. *European Journal of Operational Research*, 216, 668-678.
- [19] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012b). Methodological comparison between two unified (operational and environmental efficiency measurements for environmental assessment. *European Journal of Operational Research*, 210, 684-693.
- [20] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012c). Efficiency-based rank assessment for electric power industry :a combined use of data envelopment analysis(DEA)and DEA discriminant analysis(DA). *Energy Econ*, 34, 634-644.
- [21] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012 e). DEA radial and non-radial for unified efficiency under natural and managerial disposability theoretical extension by Strong complement slackness condition. *Energy Econ*, 34, 700-713

- [22] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012 g). A Returns to scale vs , damages to scale under Strong complement slackness condition in DEA assessment Japanese corporate effort on environmental protection .*Energy Econ* ,34,1422-1434.
- [23] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2012 k). Efficiency –based rank assessment for electric power Industry. A combined use of data envelopment analysis DEA and DEA discriminant analysis DEA. *Economic*, 34, 634-644.
- [24] Sueyoshi, T., Gotto, M. (2013). A Returns to scale vs, damages to scale in data envelopments analysis: A impact of US clean air act on coal fired power plants. *OMEGA* ,41, 164-175.
- [25] Sueyoshi, T., Gotto, M (2014a). DEA radial measurement for environment assessment .A Comparative study between Japanese chemical and pharmaceutical firms, *Applied Energy* , 115,502- 513.
- [26] Sueoshi, T. Gotto, M. (2014c). photovoltaic power station in Germany and the united states ,A comparative study by data envelopment analysis. *Energy Economic*,42, 271-288.
- [27] Toolo, M. (2009). On classifying inputs and outputs in DEA: a revised model. *European journal of operational research*, 198 (1), 358-360.
- [28] Tone, U., Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slack-based measure approach. *European Journal of Operation research*, 197(1), 243-252.
- [29] Tone, K., Tsutsui, M. (2010). An epsilon-based measure of efficiency in DEA-A third pole of technical efficiency. *European Journal of operational research*, 207(3), 1554-156
- [30] Tavana, M., Mirzagoltabar, H., Mirhedayatian, S m., & Farzipoor, Saen R. (2013). A new Network epsilon-based DEA model for supply chain performanceevaluation. *Computer an industrial Engineering* 66, 501-513.
- [31] Yang, SL., Li, TF. (2002). Agility evaluation of mass customization product.*Manufacturing. Journal of materials processing Technology*, 129, 640-644.

- [32] Zhu, J. (2003). Quantitative models for performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment analysis with spreadsheets. *Boston; Xluwer academic publishers*
- [33] Zhu, J., Cook, WD., & Liang, L. (2006). DEA models for supply chain efficiency evaluation Data Envelopment analysis with spreadsheets. *Boston: Xluwer Academic publishers*, 145, 35-49.
- [34] <http://amar.tavanir.org.ir/pages/report/stat94/sanatebargh/sanatebargh>