Archive of SID

فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی – سال هفدهم، شماره ۵۳، تابستان ۹۸
صفحات ۲۹۴-۲۴۷

ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین لوله‌های پلی‌اتیلن با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی

صابر شیری‌پور،* آمنه ادیب نیشابوری**

تاریخ دریافت:۹۵/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۵

چکیده

زنجیره تأمین شبکه‌ای متشکل از چندین بخش و روابط میان آن‌هاست. برای تحقق بهبود مداوم زنجیره تأمین، لازم است عملکرد زنجیره تأمین به طور مستمر ارزیابی گردد. یکی از نکات مهم در ارزیابی عملکرد، شناسایی نقاط ضعف زیرواحدها، درنظر گرفتن روابط میان واحدها در مدیریت سیستم و ایجاد تعادل میان بخش‌هاست. در این مقاله، روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفته است. شناسایی واحدهای ناکارا در زنجیره تأمین و بهبود عملکرد آن‌ها دارای اهمیت زیادی است. از آنجایی‌که زنجیره تأمین از واحدهای مختلفی تشکیل شده، بهبود همزمان چند واحد غیرممکن است. از اینرو تعیین اولویت برای بهبود واحدها ضروری می‌باشد. بعلاوه انتخاب واحدهای الگو، برای ایده گرفتن در مورد چگونگی بهبود واحدهای ناکارا دارای اهمیت است. بنابراین، در این مقاله، با استفاده از داده‌های فازی، یک روش سیستماتیک برای الگوبرداری زنجیره تأمین معرفی می‌شود، که علاوه بر ارزیابی عملکرد کل زنجیره تأمین و تعیین واحدهای تصمیم‌گیری کارا و ناکارا، کارایی هریک از بخش‌های زنجیره تأمین را نیز محاسبه می‌کند. ما از این روش برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین لوله‌های پلی‌اتیلنی استفاده می‌کنیم و به این ترتیب ارتباطات و فرآیندهای بخش‌های داخلی زنجیره تأمین آنرا بررسی می‌کنیم. در پایان با استفاده از روش الگوبرداری، اولویت بهبود برای سطوح مختلف زنجیره تأمین تعیین می‌گردد.

واژگان کلیدی: مدیریت زنجیره تأمین، ارزیابی عملکرد، تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی، الگوبرداری، لوله‌های پلی اتیلن.

---

* استادیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی ، دانشگاه گرمسار، گرمسار، ایران (نویسنده مسئول)
s_saber2004@yahoo.com

** کارشناس ارشد دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امروزه با تغییر شرایط کسب و کار، کوتاه شدن دوره عمر محصولات، کمرنگ شدن مرزهای تجارت، تغییر توقعات مشتریان، صاحبان کسب و کار از انگاره‌های سنتی مدیریت فاصله گرفته و به روش‌ها و تکنیک‌های نوین مدیریتی روی آورده‌اند، از اینرو مدیریت زنجیره تأمین در مباحث جدید نظام‌های مدیریت دارای اهمیت ویژه‌ای شده است. زنجیره تأمین شامل فرآیندهای اصلی برنامه‌ریزی، تأمین، ساخت و تحویل است. اجزای اصلی زنجیره، تأمین‌کنندگان موادخام، سازندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان هستند، که با یکدیگر از طریق جریان‌های رو به جلوی مواد و جریان رو به عقب اطلاعات مرتبط می‌شوند [۱]. برای دست‌یابی به هدف زنجیره تأمین در برآوردن سریع‌تر و کاراتر تقاضاهای مشتریان نسبت به رقبا، این زنجیره نیاز به بهبود مستمر دارد. در نتیجه نیازمند پیاده‌سازی اندازه‌گیری عملکرد کارا است و سیستمی برای ارزیابی عملکرد مورد نیاز است. بنابراین، از یک طرف هدف از اندازه‌گیری عملکرد داشتن اطلاعات بیشتر در مورد درجه‌ی دستیابی به اهداف است و از طرف دیگر یافتن راه‌هایی برای بهبود مقادیر شاخص‌ها و در نتیجه عملکرد کل است [۲]. طراحی نامناسب فرآیندها و عملکرد ضعیف آن‌ها می‌تواند دلیل ناکارایی واحدها باشد، از این‌رو برای شرکتی که قصد بهبود عملکردش را دارد، شناسایی و بهبود فرآیندهای ناکارا دارای اهمیت است. برای ارزیابی عملکرد روش‌های زیادی وجود دارد، و تحلیل پوششی داده‌ها[1] یک روش برنامه‌ریزی خطی غیرپارامتریک برای ارزیابی کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری[2] همسان است. تحلیل پوششی داده‌ها به طور گسترده برای ارزیابی و بهبود عملکرد تولید و خدمات استفاده می‌شود. این روش امتیاز کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری را مشخص می‌کند و مجموعه‌ای از واحدهای کارا را که می‌توانند به عنوان الگو برای بهبود واحدهای تصمیم‌گیری استفاده شوند، شناسایی می‌نماید. از سویی، ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین که در آن تنها به ورودی‌های اولیه و خروجی نهایی توجه شود، کافی

1. Data Envelopment Analysis
2. Decision Making unit (DMU)

www.SID.ir

Archive of SID

نیست، چراکه ارتباط فعالیت‌های داخلی میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان نادیده گرفته می‌شود. بهبود عملکرد در یک بخش از زنجیره تأمین، منجر به بهبود کل زنجیره نمی‌شود. در نتیجه، برای اندازه‌گیری مؤثر عملکرد زنجیره تأمین، لازم است که ساختار چند سطحی پیچیده میان موجودیت‌های مختلف در نظر گرفته شود [۳]. در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مرسوم واحدهای تصمیم‌گیری به عنوان "جعبه‌ی سیاه" با یک فرآیند در نظر گرفته می‌شود، ولی روش‌هایی تحت عنوان تحلیل پوششی داده‌ها شبکه‌ای[1] وجود دارد، که تمام سیستم را به عنوان ترکیبی از مراحل یا فرآیندهای متمایز بررسی می‌کند و هر مرحله دارای ورودی‌ها و خروجی‌ها و جریان‌های میانی است. فرض حاکم بر تحلیل پوششی داده‌ها، این است که داده‌های ورودی و خروجی به طور قطعی مشخص شده باشند. اما در بسیاری از موارد با داده‌هایی روبه‌رو می‌شویم که غیردقیق و مبهم هستند. در این موارد داده‌ها با اعداد قطعی نیازهای واقعی را برآورده نمی‌کنند و این محدودیت، در عمل انعطاف‌پذیری کاربردی تحلیل پوششی داده‌ها را کاهش می‌دهد. کوپر و همکاران (۱۹۹۹) این مسأله را در چارچوب داده‌های فاصله‌ای مورد بررسی قرار دادند. با این‌حال برای بیان بسیاری از متغیرها مانند کیفیت خدمات، کیفیت منابع ورودی، درجه رضایت و غیره از داده‌های زبانی مانند خوب، متوسط و ضعیف استفاده می‌شود، و امکان تحلیل آن‌ها با استفاده از داده‌های فاصله‌ای وجود ندارد. این مسأله باعث ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با نظریه مجموعه‌های فازی شده است [۴].

پیشینه تحقیق

تحلیل پوششی داده‌ها، یک ابزار ریاضی قدرتمند غیرپارامتریک است که از برنامه‌ریزی ریاضی برای اندازه‌گیری کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری متجانس استفاده می‌نماید. این روش در بخش‌های مختلفی مانند بانک‌داری، آموزش، مراقبت‌های بهداشتی، کشاورزی، حمل و نقل و ... کاربرد دارد. اولین مقاله تحلیل پوششی داده‌ها توسط چارنز و همکاران

1. Network DEA

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۹۷۸) به چاپ رسید. مدل ارائه شده در این مقاله CCR که مخفف اسامی معرفان آن است نامیده شد [۵]. بنکر و همکاران (۱۹۸۴) مدل دیگری را به نام BCC که مخفف اسامی معرفان آن است، مطرح کردند [۶]. این روش برای ارزیابی کارایی نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری قابل مقایسه با چندین ورودی و خروجی است. بر خلاف روش‌های پارامتریک که ملزم به داشتن اطلاعات جزئی در مورد فرآیند هستند، تحلیل پوششی داده‌ها به اطلاعات جزئی از فرآیند نیاز ندارد. می‌توان گفت مزیت اصلی تحلیل پوششی داده‌ها توانایی آن در مقایسه واحدهای تصمیم‌گیری با چند ورودی و خروجی بدون نیاز به جداسازی داده‌هاست، به این معنا که به تعیین میزان مصرف منابع برای هر واحد تصمیم‌گیری نیازی نیست [۷]. اگرچه تحلیل پوششی داده‌ها کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری را ارزیابی می‌کند، توانایی شناسایی منشأ ناکارایی در آن‌ها را ندارد، چرا که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی، واحدهای تصمیم‌گیری را به عنوان "جعبه سیاه" با تنها یک فرآیند در نظر می‌گیرند، که مجموعه‌ای از ورودی‌ها را برای تولید مجموعه‌ای از خروجی‌ها مصرف می‌کند [۸]. اگر هدف تحلیل، شناسایی واحدهای تصمیم‌گیری ناکارآمد و ارزیابی حد ناکارایی آن‌ها باشد، این نگرش مناسب است. ولی چنین روشی هیچ بینشی در مورد منبع ناکارایی ایجاد نمی‌کند و نمی‌تواند به مدیران برای بهبود کارایی واحدهای تصمیم‌گیری کمک کند. این دیدگاه برای یک فرآیند تولید ساده مناسب است، امّا در طبیعت پیچیده زنجیره تأمین، چنین روشی ارتباطات داخلی فعالیت‌ها را نادیده گرفته و تمام بخش‌های زنجیره تأمین را تحت نظر یک تصمیم‌گیرنده در نظر می‌گیرد، که در آن هر یک از فرآیندهای داخلی مطلقاً کارا هستند. در نتیجه عملکرد زنجیره تأمین را به درستی اندازه‌گیری نمی‌کند. بعلاوه، در زنجیره‌های تأمین ناکارا دیدگاه "جعبه سیاه" اطلاعات تشخیصی مناسبی برای مدیریت فراهم نمی‌نماید [۹]. تعدادی از روش‌های به اصلاح تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای وجود دارد، که سیستم را به عنوان ترکیبی از مراحل یا فرآیندهای مجزا درنظر می‌گیرد، و هر مرحله ورودی‌ها و خروجی‌های مختص به خود را همراه با جریان‌های میانی در بین مراحل دارد. برای اولین بار تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای توسط فارع و گرسکوف (۲۰۰۰) معرفی شد [۱۰].

www.SID.ir

Archive of SID

چیلینگرین و شرمن (۱۹۹۷) فرآیند دو مرحله‌ای را برای اندازه‌گیری مراقبت‌های پزشکی تعریف کردند. اولین مرحله فرآیند کنترل مدیریت با ورودی‌های پرستاران ثبت‌شده، تأمین دارو، سرمایه و هزینه‌های ثابت است. این ورودی‌ها، خروجی‌ها یا اندازه‌های واسطه (ورودی‌های مرحله دوم) را تولید می‌کنند، که عبارتند از تعداد روزهای مداوا، کیفیت معالجات و داروهای مصرف شده. خروجی‌های مرحله دوم (کنترل بیمار) شامل کمک‌های مالی پژوهش، کیفیت درمان و تعداد افراد درمان شده می‌شوند [۱۱]. در پژوهشی دیگر، لارنس و همکاران (۱۹۹۹) برای اندازه‌گیری سودآوری و بازاریابی بانک‌های تجاری آمریکا دو مرحله در نظر گرفتند، برای ورودی‌های مرحله اول (مرحله سودآوری) نیروی انسانی و دارایی و برای خروجی این مرحله درآمد و سود را منظور نمودند. سود و درآمد ورودی‌های مرحله دوم بودند، که مرحله بازاریابی نام داشت و خروجی‌های این مرحله ارزش بازار/قیمت بازار، بازگشت‌ها و درآمد به ازای هر سهم بود [۱۲]. در این مقاله، نویسندگان از روش تحلیل پوششی داده‌های استاندارد استفاده کردند، که در آن به تعارض میان دو مرحله که ناشی از اندازه‌های واسطه است، توجه ننمودند. همچنین ژو (۲۰۰۰) از ساختار مشابه برای بررسی عملکرد ۵۰۰ شرکت سرمایه‌گذاری نیز استفاده کرد [۱۳]. کائو و هوانگ (۲۰۱۰) فرآیند دو مرحله‌ای را در ۲۴ شرکت بیمه تعریف کردند، آن‌ها از هزینه‌های عملیات و بیمه در مرحله اول و سپس سود و هزینه سرمایه‌گذاری در مرحله دوم استفاده نمودند و مدلی را به عنوان کارایی کل دو مرحله فرموله کردند [۱۴]. چن و ژو (۲۰۰۴) تأثیر استفاده از فناوری اطلاعات را بر عملکرد شعبه‌های بانک بررسی کردند [۱۵]. با فرض بازگشت متغیر به مقیاس، چنا و همکاران (۲۰۰۶) مدل‌های خطی و غیرخطی برای اندازه‌گیری تأثیر فناوری اطلاعات بر عملکرد شرکت در فرآیند دو مرحله‌ای را توسعه دادند [۱۶]. لیانگ و همکاران (۲۰۰۶) از مفهوم شبکه‌ای برای اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از استراتژی بازی استکلبرگ استفاده کردند. در مدل دو مرحله‌ای آن‌ها، به مرحله دوم ورودی‌هایی به جز خروجی‌های مرحله اول وارد می‌شود [۱۷]. کائو وهافمن (۲۰۱۱) به ارائه رویکردی برای توسعه یک سیستم ارزیابی عملکرد پروژه پرداختند. آنها از یک رویکرد دو مرحله‌ای برای

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی یک سیستم ارزیابی عملکرد استفاده شد. در گام اول از روشی با عنوان (FM&T) برای تعیین معیارهای عملکرد پروژه‌ها استفاده شد و در مرحله دوم مدل تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی با استفاده از معیارهای تعیین شده به کار گرفته شد [۱۸]. لی و همکاران (۲۰۱۲) مدل لیانگ و همکاران (۲۰۰۶) را با در نظر گرفتن ساختار عمومی‌تری برای فرآیند دو مرحله‌ای توسعه دادند و برای مرحله دوم ورودی‌های اضافه، علاوه بر خروجی‌های مرحله اول در نظر گرفتند. آن‌ها یک مدل غیر متمرکز و یک مدل غیر مشارکتی برای ارزیابی فرآیندها در نظر گرفته و عملکرد تحقیق و توسعه ۳۰ استان چین را که دارای مقام اول اقتصادی هستند، بررسی کردند نتایج نشان داد که تنها ۶ استان کارآمد فنی هستند، بنابراین عملکرد سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه در چین به طور چشمگیری نیاز به بهبود دارد [۱۹]. تن و تیسوتسویی (۲۰۰۹) مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای بر مبنای وزن‌دهی به متغیرهای کمبود را پیشنهاد دادند، که اهمیت هر بخش را نیز در نظر می‌گرفت. در مدل آن‌ها کارایی کل و کارایی بخش‌ها در نظر گرفته می‌شد. آنها مطالعات موردی را در شرکت‌های برق، بیمارستان‌ها، شرکت‌های پخش تلویزیونی و شرکت‌های نگهداری مالی که هر یک از بخش-های متفاوتی تشکیل می‌شده‌اند، انجام دادند [۲۰]. گلانی و همکاران (۲۰۰۶) سیستم اندازه‌گیری عملکردی را طراحی کردند که از دو زیر سیستم متصل به هم تشکیل شده بود. هر دو زیر سیستم از منابع جداگانه برای تولید خروجی استفاده می‌کردند. این منابع سرمایه و نیروی انسانی بود. مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای آن‌ها عملکرد هر زیر سیستم را همانند عملکرد کل سیستم اندازه‌گیری می‌نمود [۲۱]. چن و یان (۲۰۱۱) مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای را با در نظر گرفتن ساختار داخلی ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین بررسی کردند. آن‌ها سه مدل با ساختار شبکه‌ای را تحت مفهوم مکانیزم‌های سازمانی متمرکز، غیر متمرکز و مختلط بررسی کردند و کارایی را با در نظر گرفتن روابط میان زنجیره تأمین و بخش‌ها و روابط میان مکانیزم‌های سازمانی مختلف مطرح کردند [۹]. لای و همکاران (۲۰۱۱) یک چهارچوب یکپارچه برای طراحی یک سیستم دانش محور به منظور الگوبرداری با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها ارائه دادند. سپس، آنها یک سیستم دانش محور

www.SID.ir

Archive of SID

الگوبرداری ذهنی را برای الگوبرداری، ارزیابی عملکرد و بهبود فرآیند توسعه دادند و این سیستم را در یک مرکز پزشکی پیاده سازی کردند [۲۲]. توانا و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای جدید بر اساس اپسیلون را برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین ارائه دادند. این مدل، اقدامات شعاعی و غیرشعاعی کارایی را به یک چهارچوب یکپارچه برای حل مسایل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای ترکیب می‌کند. آنها این مدل را در یک صنعت نیمه رسانا پیاده سازی کردند. این صنعت از ۱۰ زنجیره تامین تشکیل شده بود که شامل سه تامین کننده، دو تولید کننده یکپارچه، دو توزیع کننده و سه مشتری می‌باشد [۲۳]. ابراهیم‌نژاد و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای پیشنهاد دادند که در آن دو مرحله موازی مستقل با یک مرحله پایانی سوم مرتبط می‌باشند. نویسندگان کارایی این مدل را با در نظر گرفتن یکسری محدودیت‌ها و اقدامات میانی محاسبه کردتد و سپس مدل پیشنهادی را در یک صنعت بانکداری پیاده‌سازی کردند [۸]. میرهدایتیان و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه ای جدید را برای ارزیابی مدیریت زنجیره تامین سبز در حضور فاکتورهای دوگانه، خروجی‌های نامطلوب و اطلاعات فازی معرفی کردند. آنها یک زنجیره تامین متشکل از چهار بخش تامین‌کننده، تولیدکننده، توزیع کننده و مشتری را در نظر گرفتند و از مدل پیشنهادی برای ارزیابی۱۰ شرکت تولید کننده نوشیدنی بدون الکل ایرانی استفاده کردند [۲۴]. الفت و همکاران (۱۳۹۱) از یک مدل متناسب با ماهیت شبکه‌ای و چند مرحله‌ای زنجیره تامین استفاده کردند که این مدل، عملکرد کل زنجیره را در قالب یک مدل ریاضی و با استفاده از شاخص‌های مالی، دانشی، مشارکت و پاسخگویی زنجیره تامین، ارزیابی می‌کند .در بخش اول، شاخص‌ها در سه سطح استراتژیک، فرایندی و عملیاتی درنظر گرفته شده و با تحلیل عاملی، تائید آن بررسی گردید. در بخش دوم، از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای استفاده شده است. آنها یک مطالعه موردی را بر روی ۲۸ زنجیره از زنجیره‌های تامین شرکت‌های داروسازی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران انجام دادند. نتایج نشان داد که ۴ زنجیره از ۲۸ زنجیره مورد مطالعه دارای عملکرد یک می‌باشند و سطح استراتژیک بعنوان مهم‌ترین سطح عملکردی شناخته شد [۲۵].

www.SID.ir

Archive of SID

شفیعی و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل جدید با تکیه بر تحلیل پوششی داده‌ها و تکنیک کارت امتیازدهی متوازن برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین ارائه دادند. آنها مدل پیشنهادی را روی زنجیره‌های تامین صنایع غذایی در بازار ایران پیاده‌سازی کردند. نتایج نشان دادند که از میان ۲۲ زنجیره تامین ارزیابی شده، تنها عملکرد ۹ زنجیره تامین توسط مدل پیشنهادی کارا شناخته شد [۲۶]. کوون و همکاران (۲۰۱۷) یک مدل سه مرحله‌ای با بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی پس انتشار برای پشتیبانی از الگوی "عمل بهتر" در مقایسه با الگوی "بهترین عمل" را پیشنهاد دادند. آنها نشان دادند که مدل پیشنهادیشان بصورت یک ابزار پشتیبانی تصمیم‌گیری هوشمند، قادر به تولید گزینه‌های بهبود بخش شدنی برای مدیران می‌باشد. آنها کارایی مدل را در صنعت بهداشت و درمان مورد بررسی قرار دادند [۲۷]. ویاز و جها (۲۰۱۷) الگوبرداری خواص ساختمان سبز برای دستیابی به اثر بخشی هزینه به کمک تحلیل پوششی داده‌ها را مورد مطالعه قرار دادند. آنها به خواص مهم زیر دست یافتند: (۱) استفاده از زباله‌ها در ساختمان، (۲) افزایش آگاهی‌های زیست محیطی، (۳) امکانات اختصاصی برای کارکنان خدماتی، (۴) طراحی برای دسترسی جهانی و (۵) طراحی کم تاثیر [۲۸]. هدف اصلی این مقاله ارائه چارچوبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، الگوبرداری فرآیندها و بهبود مستمر است. برای این منظور عملکرد زنجیره‌های تأمین فعال در صنایع تولید لوله‌های پلی‌اتیلن مورد بررسی قرار گرفته است. این زنجیره‌ها را در سه سطح و با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای ارزیابی می‌گردد. با استفاده از این روش زنجیره‌های تأمین به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم شده و همین‌طور واحدهای مرجع برای بهبود عملکرد نیز تعیین می‌شوند. در این مقاله، برای محاسبه کارایی کل و کارایی بخش‌ها از تکنیک معرفی شده بوسیله تن و تیسوتسویی (۲۰۰۹) استفاده شده است چرا که مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای یشنهاد شده توسط آنها بر مبنای وزن‌دهی به متغیرهای کمبود می‌باشد. همچنین، در این مدل متغیرهای واسطه در نظر گرفته می‌شوند و اهمیت هر بخش نیز لحاظ می‌گردند و علاوه بر کارایی کل، کارایی بخش‌ها را نیز محاسبه می‌نماید. همچنین، در این مدل به دلیل وجود λ می‌توان الگوبرداری را برای هر بخش جداگانه انجام داد و بردار $\lambda = \lambda^k$ که برای

www.SID.ir

Archive of SID

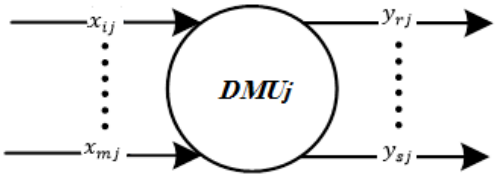
هر بخش K در نظر گرفته شده است، باعث کاهش منطقه موجه مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های سنتی می‌شود. محتوای این مقاله بصورت زیر می‌باشد: در فصل سوم روش انجام پژوهش و مدل مورد بررسی می‌باشد. در فصل چهارم جامعه آماری، ورودی‌ها و خروجی‌های مدل با توجه به صنعت مورد مطالعه و نتایج حل مدل در نرم‌افزار LINGO9، رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ارائه می‌شود، و نتایج حاصل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در فصل پنجم، نتیجه‌گیری از آنچه که در این مقاله انجام شده صورت می‌گیرد و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی بیان می‌گردد.

بیان مساله

فرض کنیم DMU_j، $(j=1,\ldots,n)$، n واحد تصمیم‌گیرنده‌ی متجانس هستند که با بکار بردن بردار ورودی x_{ij}، $(i=1,\ldots,m)$، بردار خروجی y_{rj} $(r=1,\ldots,s)$ را تولید می‌نماید. $x_{ij} \in R^{m\geq 0}$، $(i=1,\ldots,n)$، $y_{rj} \in R^{s\geq 0}$، $(j=1,\ldots,n)$ یعنی بردار x_j دارای m مؤلفه و بردار y_j دارای s مؤلفه می‌باشد که نمای DMU_j در شکل۱ نمایش داده شده است. منظور از واحدهای تصمیم‌گیرنده‌ی متجانس واحدهایی است که عملکرد مشابه دارند و با دریافت ورودی‌های مشابه، خروجی‌های مشابه تولید می‌نمایند. مثلاً شعبات یک بانک واحدهای متجانس می‌باشند که با دریافت امکاناتی مانند پرسنل، فضای اداری، کامپیوتر،... به جمع‌آوری سپرده، حصول سود و عرضه‌ی خدمات می‌پردازند. فرض کنیم هدف، ارزیابی عملکرد DMU_0 است، که در آن $0 \in \{1,2,\ldots,n\}$. برای این منظور اگر در T_c امکان تولیدی مانند (x,y) یافت نشود که بر (x_0,y_0) غالب باشد، در اینصورت کارای نسبی است، در غیر اینصورت ناکارا است. در روش تحلیل پوششی داده‌ها واحد یا سازمان تحت بررسی واحد تصمیم‌گیرنده نامیده می‌شود. منظور از یک واحد تصمیم‌گیرنده، واحدی است که با دریافت بردار ورودی مانند $(x_1,\ldots,x_m)$، بردار خروجی مانند $(y_1,y_2,\ldots,y_s)$ را تولید نماید [۵] (شکل ۱ را ببینید).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. واحد تصمیم گیرنده.

اگر واحد تصمیم گیرنده با مصرف بردار ورودی $(x_1, x_2, \dots, x_m)$، بردار خروجی $(y_1, y_2, \dots, y_s)$ را تولید نماید و قیمت همه‌ی خروجی‌ها مشخص و هزینه‌ی همه‌ی ورودی‌های واحد معلوم باشد، کارایی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\textbf{کارایی} = \frac{u_1 y_1 + \cdots + u_s y_s}{v_1 x_1 + \cdots + v_m x_m}$$

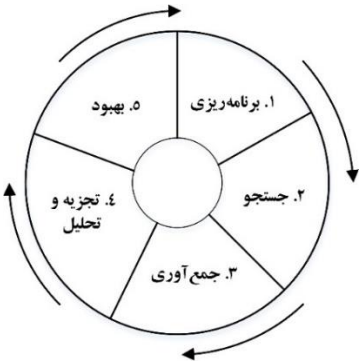
که در آن u_r قیمت/وزن خروجی rام یعنی y_r، $(r=1,\dots,s)$، و v_i هزینه/وزن ورودی iام یعنی x_i، $(i=1,\dots,m)$ است. کارائی فوق به کارایی اقتصادی معروف است. براساس پژوهش‌های گذشته، چارچوب الگوبرداری شامل مراحل زیر می‌باشد [۲۲]:

- **برنامه**: فرآیندها را بر اساس فاکتورهای موفقیت سازمان، انتخاب می‌کنیم، در این گام عملکرد فرآیندها اندازه‌گیری می‌شود. این گام فاز آماده‌سازی است.
- **جستجو:** جستجو و شناسایی شرکای الگوبرداری فاکتور کلیدی برای موفقیت فرآیند الگوبرداری است.
- **جمع‌آوری:** این گام شامل شناسایی شاخص‌های اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات مالی و غیرمالی شرکت‌ها است. در این گام ورودی‌ها و خروجی‌های فرآیند ارزیابی تعیین می‌شوند.
- **تجزیه و تحلیل:** در این گام مدل مناسب برای ارزیابی انتخاب و اجرا می‌شود.
- **بهبود:** با توجه به نتایج مدل، اقدامات لازم برای بهبود عملکرد پیشنهاد می‌گردد.

در شکل ۲، چرخه الگوبرداری نمایش داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. چرخه الگوبرداری.

شاخص‌های ارزیابی عملکرد

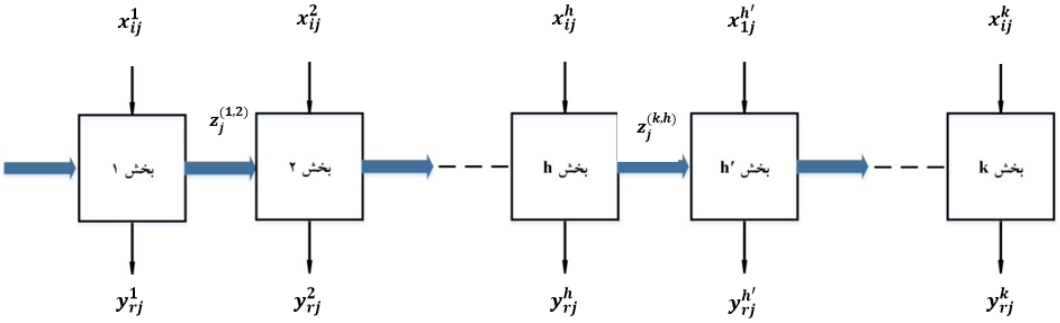
انتخاب شاخص‌ها به عنوان معیارهایی برای تعیین کارایی و اثربخشی فعالیت‌ها دارای اهمیت زیادی است، این شاخص‌ها باید با استراتژی‌ها سازمان مرتبط باشند. از اینرو استفاده از یک سیستم اندازه‌گیری عملکرد که با اهداف و استراتژی‌های سازمان هماهنگ باشد، دارای اهمیت زیادی است [۲۶]. انتخاب متغیرهای ورودی و خروجی سیستم در ارزیابی کارایی یک واحد از اهمیت بالایی برخوردار است. در عمل می‌توان تعداد زیادی از متغیرها را به عنوان عوامل مؤثر بر کارایی در نظر گرفت. در این مقاله، شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین با مرور بر ادبیات و با استفاده از نظر کارشناسان انتخاب شده‌اند.

مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای فازی

مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای این ظرفیت را دارند که در ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین مورد استفاده قرار گیرند. با در نظر گرفتن ساختار کلی زنجیره تأمین که در شکل ۳ نمایش داده شده است، متغیرهای مربوط به مدل پیشنهادی بصورت زیر تعریف شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. ساختار کلی زنجیره تأمین

نمادهای مساله

نمادهای به کار رفته در مسأله به شرح جدول زیر هستند:

i: اندیس متغیرهای ورودی مرتبط با هر بخش

r_k: اندیس متناظر با خروجی‌های بخش k

j: اندیس واحدهای تصمیم‌گیری تحت بررسی

k: اندیس شمارنده متناظر با بخش‌ها

$s_{(k,h)}$: اندیس شمارنده شاخص‌های واسطه از بخش k ام، به بخش h ام، واحد تصمیم‌گیرنده j ام

m_k: تعداد ورودی‌های k امین بخش

R_k: تعداد خروجی‌های k امین بخش

n: تعداد واحدهای تصمیم‌گیری

K: تعداد بخش‌ها

$S_{(k,h)}$: تعداد شاخص‌های واسطه از k امین بخش به h امین بخش، واحد تصمیم‌گیرنده j ام

$\tilde{x}_{ij}^k$: ورودی فازی i ام، بخش k ام، واحد تصمیم‌گیری j ام

$\tilde{y}_{rj}^k$: خروجی فازی r ام، بخش k ام، واحد تصمیم‌گیری j ام

$z_{s_{(k,h)}j}^{(k,h)}$: شاخص‌های واسطه از k امین بخش به h امین بخش واحد تصمیم‌گیری j ام

www.SID.ir

Archive of SID

s_r^{k+}: کمبود خروجی متناظر با خروجی‌های k امین بخش

λ_j^k: بردار شدت متناظر با k امین بخش واحد تصمیم‌گیری j ام

$\tilde{\tau}_o^*$: کارایی فازی واحد تصمیم‌گیری o

w^k: وزن بخش‌ها که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود.

با در نظر گرفتن ساختار کلی زنجیره تأمین در این بخش ابتدا مدل شبکه‌ای مبتنی بر متغیرهای کمکی[1] پیشنهادی تن و تیسوتسویی (۲۰۰۹) معرفی می‌شود [۲۰].

$$Max \frac{1}{\tau_O^*} = \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ro}^k}\right)\right] \quad (۱)$$

St:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^k \lambda_j^k \le x_{ro}^k; \qquad \forall\, i = 1,2,\dots,m_k; k = 1,2,\dots,K \quad (۲)$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}^k \lambda_j^k - s_r^{k+} = y_{ro}^k; \qquad \forall\, r = 1,2,\dots,R_k; k = 1,2,\dots,K \quad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{s_{(k,h)}}^{S_{(k,h)}} z_{s_{(k,h)}{}_j}^{(k,h)} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} \sum_{s_{(k,h)}}^{S_{(k,h)}} z_{s_{(k,h)}{}_j}^{(k,h)} \lambda_j^h; \qquad \forall (k,h) \quad (٤)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \quad (۵)$$

$$\lambda_j^k, s_r^{k+} \ge 0 \qquad r = 1,2,\dots,R_k; k = 1,2,\dots,K, j = 1,2,\dots,n$$

x_{ij}^k و $y_{r_j}^k$، به ترتیب نشان‌دهنده i امین ورودی، $(i = 1,2,\dots,m_k)$ و r امین خروجی $(r = 1,2,\dots,R_k)$، مرتبط با k امین بخش $(k = 1,2,\dots,K)$، واحد تصمیم‌گیری j ام $(j = 1,2,\dots,n)$ است. s_r^{k+} مقدار کمبود مرتبط با r امین خروجی از k امین بخش است. زیرنویس "o" نیز نشان‌دهنده واحد تصمیم‌گیری تحت بررسی است. $z_{s_{(k,h)}}^{(k,h)}$، معیار

1. Slacks_based Network DEA (SBM)

www.SID.ir

Archive of SID

واسطه از k امین بخش به بخش h ام $(h \neq k)$ است. $s(k,h)$، تعداد معیارهای واسطه‌ای است که از k امین بخش به h امین بخش منتقل می‌شوند. λ_j^k بردار شدت متناظر با k امین بخش است. τ_O^* امتیاز کارایی $\mathrm{DMU_o}$ ، و w^k وزن بخش k ام است که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود و $\sum_{k=1}^{K} w^k = 1$ در نظر گرفته می‌شود. در این مدل بازگشت به مقیاس متغیر در نظر گرفته شده است، اگر محدودیت $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ حذف گردد، می‌توان بازگشت به مقیاس ثابت را بررسی نمود. این مدل کارایی خروجی محور $\mathrm{DMU_o}$ را محاسبه می‌کند. برای محاسبه کارایی ماهیت ورودی $\mathrm{DMU_o}$ تابع هدف را به صورت زیر می‌نویسیم:

$$\theta_o^* = min_{\lambda^k, s^{k-}} \sum_{k=1}^{K} w^k \left[1 - \frac{1}{m_k} \left(\sum_{i=1}^{m_k} \frac{s_i^{k-}}{x_{io}^k} \right) \right]$$

تئوری فازی

به علت فقدان دانش و اطلاعات، ریاضیات دقیق برای مدلسازی سیستم‌های پیچیده کافی نیست و تصمیمات بر اساس داده‌های کمّی و کیفی گرفته می‌شود؛ روش فازی برای چنین مسائلی مناسب به نظر می‌رسد [۲۹]. تئوری فازی برای بررسی مفهوم نسبی حقیقت توسعه یافته است. تفکر فازی با لحاظ نمودن ابهام و عدم اطمینان- به جای حذف و نادیده گرفتن آن- و ترویج منطق چند ارزشی به جای منطق دو ارزشی درست و نادرست، امکان بررسی دقیق‌تر مسائل و نگاهی ویژه‌تر به پدیده‌ها را فراهم نموده است [۲۴]. اعداد فازی توسعه اعداد حقیقی هستند، ولی به یک مقدار خاص اشاره نمی‌کنند، بلکه به مجموعه‌ای از مقادیر احتمالی مرتبط هستند که هر مقدار احتمالی وزنی بین صفر و یک دارد، این وزن تابع عضویت نامیده می‌شود.اعداد فازی ممکن است به صورت مثلثی[1] یا ذوزنقه‌ای[2] بیان شود، که اعداد فازی مثلثی کاربردی‌تر هستند [۲۴].

1. Triangular Fuzzy Number
2. Trapezoidal

www.SID.ir

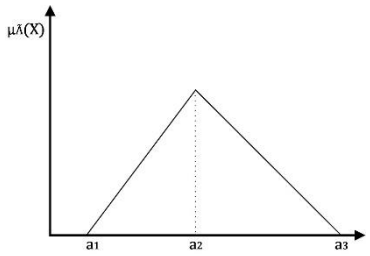
Archive of SID

اعداد فازی مثلثی

عدد فازی مثلثی، به صورت $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ نشان داده می‌شود و تابع عضویت آن به شرح زیر است [۲۹]:

$$\mu_{\tilde{A}}(X) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} & ; \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & ; \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & ; \quad x \geq a_3 \end{cases}$$

این عدد در فضای هندسی به صورت مثلثی مانند شکل ۴ نمایش داده می‌شود.



شکل ٤. عدد فازی مثلثی

تحلیل پوششی داده‌های فازی

فرض حاکم بر تحلیل پوششی داده‌ها، این است که داده‌های ورودی و خروجی به طور قطعی مشخص شده باشند. اما در بسیاری از موارد با داده‌هایی روبه‌رو می‌شویم که غیردقیق و مبهم هستند. در این موارد داده‌ها با اعداد قطعی نیازهای واقعی را برآورده نمی‌کنند و این محدودیت، در عمل انعطاف‌پذیری کاربردی تحلیل پوششی داده‌ها را کاهش می‌دهد [۳۰]. کوپر و همکاران (۱۹۹۹) این مسأله را در چارچوب داده‌های فاصله‌ای مورد بررسی قرار دادند. با این‌حال برای بیان بسیاری از متغیرها مانند کیفیت خدمات، کیفیت منابع ورودی،

www.SID.ir

Archive of SID

درجه رضایت و غیره از داده‌های زبانی مانند خوب، متوسط و ضعیف استفاده می‌شود، و امکان تحلیل آن‌ها با استفاده از داده‌های فاصله‌ای وجود ندارد. این مسأله باعث ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با نظریه مجموعه‌های فازی شده است [۴]. انواع مختلفی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی عملکرد، در زمینه‌های گوناگون، با انواع مختلف داده‌ها فرموله شده‌اند، مانند قطعی، بازه‌ای، فازی، تصادفی و غیره [۳۱]. روش‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی اغلب در چهار گروه دسته‌بندی می‌شوند [۲۹]:

- رتبه‌بندی فازی
- غیرفازی‌سازی
- حدود قابل تحمل
- مبتنی بر سطح α

در این مقاله از روش غیرفازی‌سازی استفاده شده است.

از آنجایی‌که در مساله پیشنهاد، مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌توانند اعداد فازی مثلثی اختیار کنند، بنابراین تابع هدف مدل (۱) را می‌توان به فرم زیر نوشت [۲۴]:

$$\frac{1}{\tau_O^*} = \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{(y_{ij}^{k^L}, y_{ij}^{k^M}, y_{ij}^{k^U})}\right)\right)$$

$$= \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^U}}\right), \left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^M}}\right), \left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^L}}\right)\right)\right] \quad (۶)$$

معادله (۶) در حقیقت بیان‌کننده $1/\tilde{\tau}_o^* = \left(\frac{1}{\tau_O^{U^*}}, \frac{1}{\tau_O^{M^*}}, \frac{1}{\tau_O^{L^*}}\right)$ است که:

$$\frac{1}{\tau_O^{U^*}} = \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^U}}\right)\right] \quad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{1}{\tau_O^{M^*}} = \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^M}}\right)\right] \quad (۸)$$

$$\frac{1}{\tau_O^{L^*}} = \sum_{h=1}^{k} w^k \left[1 + \frac{1}{R_K}\left(\sum_{r_k=1}^{R_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ij}^{k^L}}\right)\right] \quad (۹)$$

با استفاده از محاسبات جمع و ضرب فازی محدودیت (۲) به صورت زیر تغییر پیدا می‌کند:

$$\left(\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^L} \lambda_j^k, \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^M} \lambda_j^k, \sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^U} \lambda_j^k\right) \leq (x_{io}^{k^L}, x_{io}^{k^M}, x_{io}^{k^U}) \quad (۱۰)$$

همچنین، می‌توان محدودیت (۱۰) را بصورت سه محدودیت زیر نوشت:

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^L} \lambda_j^k \leq x_{io}^{k^L} \quad (۱۱)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^M} \lambda_j^k \leq x_{io}^{k^M} \quad (۱۲)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{k^U} \lambda_j^k \leq x_{io}^{k^U} \quad (۱۳)$$

محدودیت (۳) با انجام محاسبات جمع و ضرب فازی به صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\left(\sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^L} \lambda_j^k - s_r^{k+}, \sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^M} \lambda_j^k - s_r^{k+}, \sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^U} \lambda_j^k - s_r^{k+}\right) = (y_{r_{k^o}}^{k^L}, y_{r_{k^o}}^{k^M}, y_{r_{k^o}}^{k^U}) \quad (۱۴)$$

محدودیت بالا را می‌توان به صورت محدودیت‌های زیر نوشت:

$$\sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^L} \lambda_j^k - s_r^{k+} = y_{r_{k^o}}^{k^L} \quad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^M} \lambda_j^k - s_r^{k+} = y_{r_{k^o}}^{k^M} \quad (۱۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{j=1}^{n} y_{r_{kj}}^{k^U} \lambda_j^k - s_r^{k+} = y_{r_{k^o}}^{k^U} \quad (۱۷)$$

محدودیت (۴) که مربوط به شاخص‌های واسطه می‌باشد نیز به صورت زیر بازنویسی می‌شوند:

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^L} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^L} \lambda_j^h \quad (۱۸)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^M} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^M} \lambda_j^h \quad (۱۹)$$

$$\sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^U} \lambda_j^k = \sum_{j=1}^{n} \sum_{s(k,h)}^{S(k,h)} z_{s(k,h)^j}^{(k,h)^U} \lambda_j^h \quad (۲۰)$$

امتیاز کارایی بهینه‌ی فازی معکوس DMU_0 با استفاده از مدل فازی معرفی شده، به صورت رابطه زیر بدست می‌آید:

$$1/\tilde{\tau}_o^* = \left(1/\tau_0^{U^*}, 1/\tau_0^{M^*}, 1/\tau_0^{L^*}\right) \quad (۲۱)$$

امتیاز کارایی بهینه فازی DMU_0 با معکوس کردن $1/\tilde{\tau}_o^*$ بدست می‌آید.

$$\tilde{\tau}_o^* = \frac{1}{1/\tilde{\tau}_o^*} = \frac{1}{\left(1/\tau_0^{U^*}, 1/\tau_0^{M^*}, 1/\tau_0^{L^*}\right)} = (\tau_o^{L^*}, \tau_o^{M^*}, \tau_o^{U^*}) \quad (۲۲)$$

با توجه به مدل فوق یک واحد تصمیم‌گیری کاراست، اگر امتیاز کارایی آن برابر با یک باشد، یعنی:

$$\tilde{\tau}_o^* = \left(\tau_o^{L^*}, \tau_o^{M^*}, \tau_o^{U^*}\right) = (1,1,1) \quad (۲۳)$$

به منظور رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس امتیاز کارایی، لازم است امتیاز کارایی محاسبه شده به اعداد قطعی تبدیل شود، از این‌رو از مفهوم تابع حقیقی برای رتبه‌بندی امتیاز کارایی فازی واحدهای تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. فرض می‌کنیم مقادیر $\tilde{\tau}_i^*$ و $\tilde{\tau}_j^*$،

www.SID.ir

Archive of SID

به‌ترتیب امتیازهای کارایی فازی iامین و jامین، واحد تصمیم‌گیری باشد. با توجه به مفهوم تابع حقیقی، داریم:

$$T = \left(\tilde{\tau}_i^* \geq \tilde{\tau}_j^*\right) = sup\left\{\min\left(\mu_{\tilde{\tau}_i^*}(s), \mu_{\tilde{\tau}_j^*}(t)\right), (s \geq t)\right\} \quad (۲۴)$$

$T = \left(\tilde{\tau}_i^* \geq \tilde{\tau}_j^*\right)$ مقدار حقیقی نامساوی $\tilde{\tau}_i^* \geq \tilde{\tau}_j^*$ است، که می‌تواند به صورت زیر فرموله شود:

$$t_{ij} = \left(\tilde{\tau}_i^* \geq \tilde{\tau}_j^*\right) = \begin{cases} 1; & \tau_i^M \geq \tau_j^M \\ 0; & \tau_i^U < \tau_j^L \\ \dfrac{\tau_j^L - \tau_i^U}{\left(\tau_i^M - \tau_i^U\right) - \left(\tau_j^M - \tau_j^L\right)}; & \text{درغیراینصورت} \end{cases} \quad (۲۵)$$

ماتریس حقیقی با استفاده از مقادیر t_{ij} به صورت زیر به دست می‌آید:

$$T_{n*n} = \left[t_{ij}\right]_{n*n} \quad (۲۶)$$

با توجه به ماتریس حقیقی $\bar{t}_i$ متوسط حقیقی نامساوی $\left(\tilde{\tau}_i^* \geq \tilde{\tau}_j^*\right)$ است، و به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\bar{t}_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{ij}}{n} \quad (۲۷)$$

هرچه مقدار $\bar{t}_i$ بیشتر باشد، رتبه بالاتر می‌شود. رابطه (۲۲) کارایی کل با ماهیت خروجی $\mathrm{DMU_o}$ را اندازه‌گیری می‌کند.

محاسبه کارایی بخش k

پس از محاسبه کارایی کل، برای محاسبه کارایی ماهیت خروجی هریک از بخش‌ها تابع هدف به صورت زیر بازنویسی می‌گردد [۲۰]:

$$\tau_k = \frac{1}{1+\frac{1}{r_k}\left(\sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^{k+}}{y_{ro}^k}\right)}; \quad k = 1,2,\dots,K \quad (۲۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که s_r^{k+}، مقدار متغیر کمبود خروجی بهینه است. τ_k مقدار کارایی هر بخش است، که امتیاز کارایی کل τ_o^* را بهینه می‌کند. باید این نکته را در نظر گرفت که با وجود اینکه کارایی کل مقدار بهینه برنامه‌ریزی خطی و منحصر به فرد است، امتیاز کارایی بخش K می‌تواند منحصر به فرد نباشد. امتیاز کارایی کل ماهیت خروجی میانگین وزن‌داده شده امتیاز کارایی بخش‌هاست.

$$\frac{1}{\tau_o^*} = \sum_{k=1}^{K} \frac{w_k}{\tau_k} \qquad (۲۹)$$

تعیین مجموعه مرجع

واحدهای ناکارا برای بهبود کارایی وکارا شدن، نیازمند الگو گیری از واحدهای کارا هستند. واحدهای مرجع هر واحد ناکارا واحدهایی هستند که قیمت سایهٔ آن (یعنی λ ی مربوط به آن واحد) غیر صفر هستند. با استفاده از بردار شدت بهینه λ^{*k}، مجموعه‌ی مرجع بخش k برای DMU_0 را به صورت زیر تعریف می‌شود [۲۰]:

$$R_o^k = \{j | \lambda_j^{k^*} > 0\};\ j = 1,2,\dots,n \qquad (۳۰)$$

مطالعه موردی

در این تحقیق ما به ارزیابی عملکرد زنجیره‌های تأمین لوله‌های پلی‌اتیلنی با استفاده از مدل پیشنهادی می‌پردازیم. یکی از مهمترین دلایل انتخاب این زنجیره تامین، اهمیت بالای این صنعت در مباحث کلان کشور می‌باشد. صنایع پتروشیمی به عنوان فراهم‌آورنده فرصت برای ایجاد ارزش افزوده و تبدیل مواد خام (نفت و گاز) به محصولات با ارزش در کشور ما جایگاهی ویژه دارد. کشورهای پیشرو در عرصه تولید محصولات پتروشیمی و شیمیایی با ارزش مانند آلمان با وجود دوری از مواد اولیه ارزان توانسته‌اند با توسعه نظام‌مند صنایع پایین‌دستی پتروشیمی در قالب پارک‌های صنعتی پتروشیمی و شیمیایی و ایجاد بنگاه‌های کوچک و متوسط پتروشیمی دانش‌بنیان، زمینه تولید محصولات با ارزش، نوآوری و تولید

www.SID.ir

Archive of SID

محصولات جدید، کارآفرینی و ایجاد شغل‌های پایدار، مدیریت و کاهش هزینه تولید و در نهایت کسب حداکثر ارزش افزوده از مواد خام پتروشیمی را فراهم کنند و از این رهگذر به یکی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان مواد پلیمر و پتروشیمی جهان تبدیل شوند. از اینرو، عملکرد صحیح و اصولی زنجیره‌های تأمین مربوط به این صنعت می‌تواند بسیار تاثیرگذار و حائز اهمیت باشد.

صنایع تولید لوله پلی‌اتیلن در ۵۰ سال گذشته، پیشرفت‌های زیادی در راستای بالا بردن کیفیت خود داشته است و خود را به عنوان جایگزین مناسبی برای انواع دیگر لوله‌ها اعم از فولادی، چدنی، GRP و PVC مطرح نموده است. سیستم‌های لوله‌کشی پلی اتیلن[1] در حوزه وسیعی از خطوط لوله شهری، صنعتی، دریایی، حفاری، دفن زباله و کشاورزی به کار می‌روند. این لوله‌ها قابلیت انتقال آب آشامیدنی، فاضلاب، مواد شیمیایی و ... را دارد. امروزه استفاده از لوله‌های پلی‌اتیلن در شبکه‌های آبرسانی رو به رشد بوده و مدیران پروژه‌های اجرائی در اکثر مواقع این لوله‌ها را جایگزین انواع دیگر لوله‌ها می‌نمایند. محصول مورد بررسی، لوله‌های طیف نامیده می‌شود، و کاربرد آن آبیاری زمین‌های کشاورزی است. در این مقاله، عملکرد ۱۸ زنجیره تأمین فعال در صنایع تولید این لوله‌ها با استفاده از تکنیک پیشنهادی مورد بررسی قرار گرفته است. واحدهای تولیدی ارزیابی شده عبارتند از:

۱) آبانگاه صنعت باران
۲) تدبیر نوین‌سازان
۳) آب گستر
۴) پلی تهران
۵) مشهد صدرا شرق
۶) آبان بسپار پارسیان
۷) رام پلاست شرق
۸) مهرآوند مشهد

1. High-density_polyethylene (HDPE)

www.SID.ir

Archive of SID

۹) خوشنام خراسان
۱۰) نشت‌آب توس
۱۱) تک ستاره گلپایگان
۱۲) اصفهان پلاست
۱۳) سبز آب لوله سپاهان
۱۴) آب لوله
۱۵) آب‌رسانی دشت زاینده رود
۱۶) آب حیات کرمان
۱۷) پلیمر کامیاب کرمان
۱۸) پلی اتیلن کرمان

که ۶ کارخانه تولیدکننده این لوله‌ها در استان خراسان رضوی، ۴ کارخانه در تهران، ۵ کارخانه در استان اصفهان و ۳ کارخانه در استان کرمان واقع شده است. زنجیره‌های تأمین پایه‌ای و مورد نیاز این صنعت به شرح زیر می‌باشند:

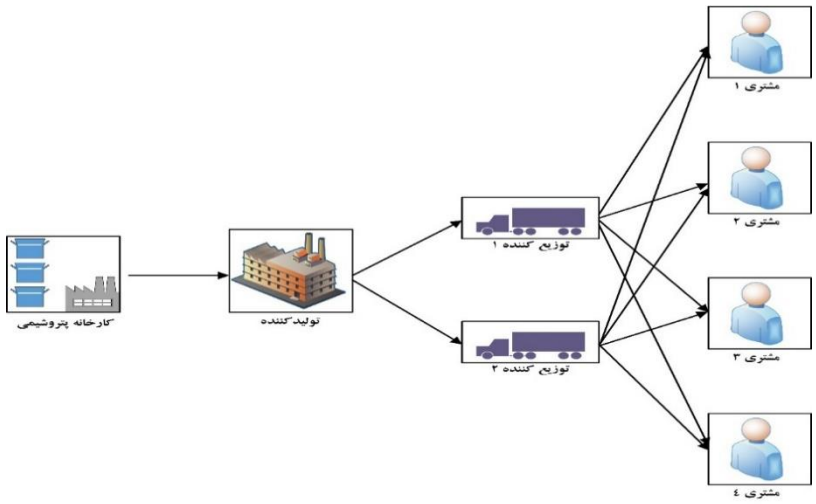
۱) واحدها و پالایشگاه‌های تولید و توزیع مواد اولیه پلیمری
۲) واحدهای تولید، مونتاژ و یا فروش ماشین‌آلات تزریق مواد پلیمری
۳) واحدهای تولید زیرساخت‌های لازم جهت پشتیبانی تولیدات این زنجیره (انواع قالب‌های تزریق و ...)

ورود مواد اولیه خارجی که دارای کیفیت بالاتری هستند ممنوع می‌باشد و مواد اولیه مورد نیاز از کارخانه‌جات پتروشیمی داخلی تأمین می‌شوند. هر کارخانه پتروشیمی تمام تولیداتش را در سایت بورس کالا قرار می‌دهد و خریداران نیز مواد اولیه مورد نیاز را از سایت بورس خریداری می‌نمایند. از این‌رو هزینه تأمین مواد اولیه و کیفیت آن‌ها که از جمله فاکتورهای حائز اهمیت در ارزیابی تأمین‌کننده محسوب می‌شود، را می‌توان ثابت درنظر گرفت. محصول مورد بررسی (لوله طیف) ۲۰ تولیدکننده داخلی دارد و مشابه خارجی محصول نیز در بازار

www.SID.ir

Archive of SID

موجود است. از این رو اهمیت بهبود کیفیت و کاهش قیمت محصول افزایش می‌یابد. تولیدکنندگان و سیستم توزیع در این زنجیره‌ها هم نسبتاً مشابه عمل می‌کند. توزیع یا فروش محصول از طریق نمایندگی‌هایی که در سرتاسر کشور وجود دارد و یا فروش مستقیم به کشاورزان صورت می‌گیرد. بازار اصلی محصول ایران و کشورهای آسیای میانه است. هدف این پژوهش ارزیابی عملکرد این ۱۸ زنجیره تأمین است، که در یک صنعت و با ساختار مشابه فعالیت می‌نمایند و در نهایت ارائه الگویی برای بهبود کارایی عملیاتی آن‌هاست. تعداد تأمین‌کنندگان این شرکت‌ها محدود است، چهار کارخانه پتروشیمی امیرکبیر، پتروشیمی مارون، نویدور شیمی، پروپیلن جم دانه‌های پلی‌اتیلن را تولید می‌کنند. شمای کلی از ساختار زنجیره تأمین محصول مورد بررسی در شکل ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵. ساختار زنجیره تأمین لوله‌های طیف.

شاخص‌های ارزیابی عملکرد

در این پژوهش شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین با مروری بر ادبیات و با استفاده از نظر کارشناسان این حوزه و محققین دانشگاهی انتخاب و به منظور دربرگرفتن تمام دیدگاه‌های زنجیره تأمین، این معیارها در قالب چهار دیدگاه کارت امتیازی متوازن دسته‌بندی

www.SID.ir

Archive of SID

گردید ([۲۶] [۲۴] [۳۲]). در جدول ۱ این معیارها نمایش داده شده‌اند. با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده و ماهیت مسأله مورد بررسی، از هر یک از شاخص‌های معرفی شده در این جدول می‌توان به عنوان ورودی، خروجی یا میانی استفاده کرد.

جدول ۱. معیارهای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس روش کارت امتیازی متوازن.

دیدگاه مالی				دیدگاه مشتری			
شاخص‌ها	دوره اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	نوع متغیر	شاخص‌ها	دوره اندازه‌گیری	واحد اندازه‌گیری	نوع متغیر
هزینه به ازای هر واحد محصول	سالانه	تومان	غیرفازی	ارسال به موقع	ماهانه	–	فازی
هزینه به ازای هر ساعت عملیات	سالانه	تومان	غیرفازی	انعطاف‌پذیری سیستم خدمات برای برآورده کردن نیازهای خاص مشتریان	سه ماه یکبار	تعداد موارد خاص	غیرفازی
هزینه انتقال اطلاعات	سالانه	تومان	غیرفازی	محدوده محصولات و خدمات	سالانه	تعداد محصولات	غیرفازی
سود خالص در برابر نرخ بهره‌وری	سالانه	تومان	غیرفازی	هزینه قابلیت اطمینان	سالانه	تومان	غیرفازی
هزینه‌های کارکنان	سالانه	تومان	غیرفازی	رضایت مشتری	سه ماه یکبار	–	غیرفازی
درآمد کل	سالانه	تومان	غیرفازی	پاسخگویی به ارسال فوری	سه ماه یکبار	تعداد ارسال‌ها	فازی

www.SID.ir

Archive of SID

رشد فروش	سالانه	تومان	غیرفازی	کیفیت محصول	سالانه	تعداد نقص‌ها	غیرفازی
نقدینگی	سالانه	تومان	غیرفازی	قیمت محصول	سالانه	تومان	فازی
سهم بازار	سالانه	تومان	غیرفازی	مدت زمان سفارش‌دهی	سالانه	دقیقه	غیرفازی
نرخ بازگشت سرمایه	سالانه	تومان	غیرفازی				
هزینه‌های خرید مواد اولیه	سالانه	تومان	غیرفازی				
دیدگاه فرآیند داخلی				**دیدگاه آموزش و رشد**			
شاخص‌ها	**دوره اندازه‌گیری**	**واحد اندازه‌گیری**	**نوع متغیر**	**شاخص‌ها**	**دوره اندازه‌گیری**	**واحد اندازه‌گیری**	**نوع متغیر**
هزینه‌های حمل و نقل	سالانه	تومان	غیرفازی	سطح اشتراک اطلاعات	سالانه	-	فازی
هزینه‌های نگهداری	سالانه	تومان	غیرفازی	سرمایه‌گذاری سالانه در آموزش کارکنان	سالانه	تومان	غیرفازی
هزینه‌های ارسال	سالانه	تومان	غیرفازی	ظرفیت تکنولوژی اطلاعات	سالانه	-	غیرفازی
هزینه‌های موجودی	سالانه	تومان	غیرفازی	رضایت کارکنان	سه ماه یکبار	-	فازی
هزینه‌های کیفیت	سالانه	تومان	غیرفازی	هزینه‌های تحقیق و توسعه	سالانه	تومان	غیرفازی
مدت زمان تولید	سالانه	تومان	غیرفازی	همکاری خریدار- تولیدکننده در	سالانه	-	فازی

www.SID.ir

Archive of SID

			حل مشکلات تکنیکی				
فعالیت‌های صرفه‌جویانه تولیدکننده	–	تومان	فازی	عملکرد تحویل	سالانه	–	فازی
هزینه خدمات	سالانه	تومان	غیرفازی	تعداد پیشنهادات اجرا شده سالیانه به ازای هر کارمند	سالانه	تعداد پیشنهادات	غیرفازی
کیفیت مواد اولیه	ماهانه	تعداد نقص	فازی				
مجموعه زمان سیکل زنجیره تأمین	سه ماه یکبار	–	غیرفازی				
ظرفیت بهره‌برداری	سالانه	مقدار تولید	غیرفازی				
صحت تکنیک‌های پیش‌بینی	سالانه	موارد نقض	فازی				
نرخ عدم قبول کالای تأمین‌کننده	سه ماه یکبار	موارد برگشتی	غیرفازی				
قیمت مواد اولیه	سالانه	تومان	غیرفازی				
هزینه ضایعات	سالانه	تومان	غیرفازی				

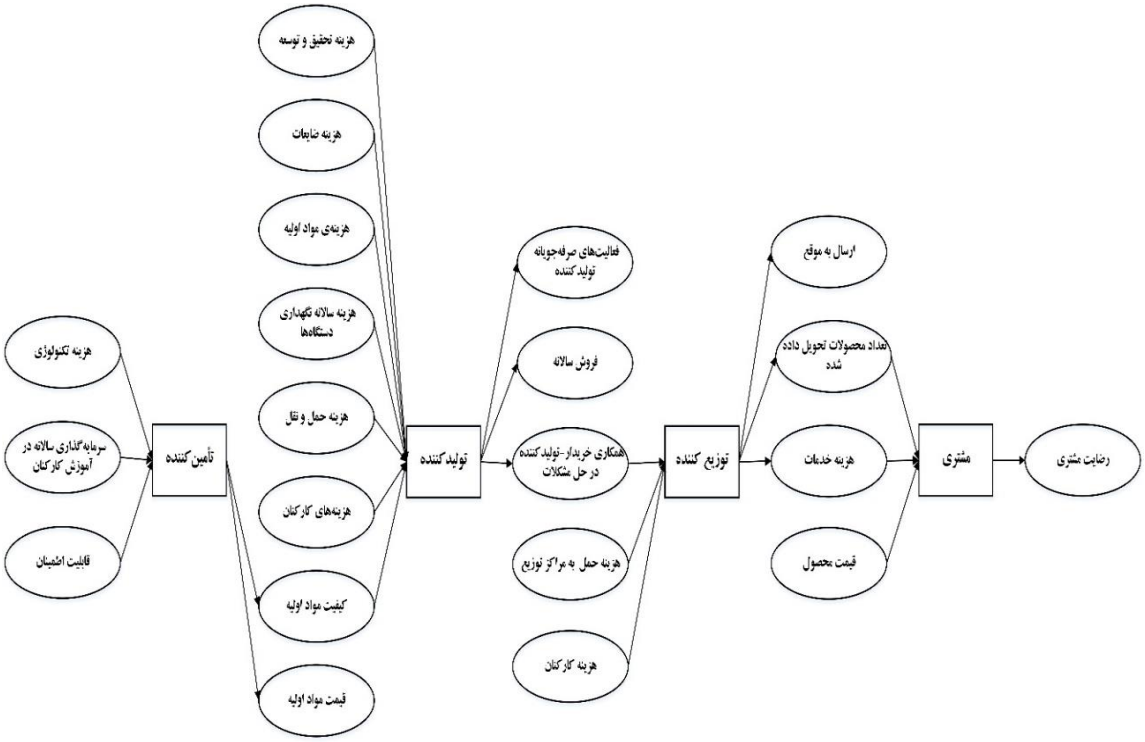
با در نظر گرفتن صنعت مورد مطالعه، از میان این شاخص‌ها، تعداد ۳۶ شاخص انتخاب، و در قالب پرسشنامه در اختیار افراد خبره صنعت پلی اتیلن قرار گرفت و با توجه به نتایج حاصل از آن، تعداد ۱۸ شاخص برای بررسی در مدل انتخاب شد، که ارتباط این شاخص‌ها در شکل ۶ نمایش داده شده است. لازم به ذکر است که افراد خبره این حوزه شامل متخصصان فنی فعال

www.SID.ir

Archive of SID

در این صنعت، مشتریان این صنعت به خصوص کشاورزان علاقه‌مند به مکانیزاسیون و همین‌طور اساتید دانشگاهی در رشته‌های مهندسی صنایع و مدیریت صنعتی بوده‌اند. در انتخاب این افراد سعی شده است که به فاکتورهای سابقه‌کاری، سطح تحصیلات، سن و رشته تحصیلی توجه ویژه‌ای داشته باشیم تا نتایج حاصل از اعتبار کافی برخوردار باشد.

با در نظر گرفتن شیوه‌ی ارائه و سفارش‌دهی مواد اولیه، مرحله ارزیابی تأمین‌کننده در تمام واحدهای تصمیم‌گیری نتایج تقریباً مشابهی خواهد داشت، از این‌رو این مرحله از مدل حذف گردید. با توجه به ساختار تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای، این شاخص‌ها در قالب متغیرهای ورودی، واسطه و خروجی تعریف شده‌اند.



شکل ٦. شماتیک شاخص‌های ارزیابی عملکرد.

www.SID.ir

Archive of SID

متغیرهای ورودی

صرف‌نظر از تشخیص ماهیت یک متغیر، از حیث ورودی یا خروجی، تعداد متغیرهای مؤثر بر عملکرد یک سیستم، معمولاً بسیار زیاد هستند. در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با هر منبع به کار گرفته شده برای یک واحد تصمیم‌گیری به عنوان یک متغیر ورودی رفتار می‌شود. متغیرهای ورودی به عنوان عوامل تأثیرگذار بر عملکرد و بر خروجی‌های یک واحد تصمیم‌گیرنده می‌باشند، نوسان موجود در این متغیرها، منجر به ایجاد تغییر در خروجی واحد تصمیم‌گیرنده می‌شود و بسته به میزان تأثیرگذاری، نتایج مختلفی رقم می‌زند. در این مطالعه موردی، متغیرهای ورودی به صورت جدول ۲ تعریف می‌شوند.

جدول ۲. متغیرهای ورودی

ردیف	عنوان ورودی	علامت		نوع متغیر
۱	هزینه حمل و نقل	x_{1j}^{2}		غیرفازی
۲	هزینه سالانه نگهداری دستگاه‌ها	x_{2j}^{2}		غیرفازی
۳	هزینه‌های کارکنان	x_{3j}^{2}		غیرفازی
۴	هزینه مواد اولیه	x_{4j}^{2}		غیرفازی
۵	هزینه ضایعات	x_{5j}^{2}		غیرفازی
۶	هزینه تحقیق و توسعه	x_{6j}^{2}		غیرفازی
۷	هزینه حمل به مراکز توزیع	x_{1j}^{3}		غیرفازی
۸	هزینه کارکنان	x_{2j}^{3}		غیرفازی
۹	قیمت محصول	x_{1j}^{4}		غیرفازی

www.SID.ir

Archive of SID

متغیرهای واسطه

بر خلاف مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مرسوم، روش شبکه‌ای از چند زیر فرآیند تشکیل شده است، که در آن متغیرهای واسطه خروجی یک بخش و ورودی بخش دیگر هستند. متغیرهای واسطه تعریف شده در این مطالعه موردی به شرح جدول ۳ هستند.

جدول۳. متغیرهای واسطه

ردیف	عنوان متغیر واسطه	علامت	نوع متغیر
۱	همکاری خریدار - تولیدکننده در حل مشکلات	$\tilde{\boldsymbol{z}}_{\boldsymbol{1j}}^{\boldsymbol{(2,3)}}$	فازی
۲	تعداد محصولات تحویل داده شده	$\boldsymbol{z}_{\boldsymbol{1j}}^{\boldsymbol{(3,4)}}$	غیرفازی
۳	هزینه خدمات	$\boldsymbol{z}_{\boldsymbol{2j}}^{\boldsymbol{(3,4)}}$	غیرفازی

متغیرهای $\tilde{z}_{1j}^{(2,3)}$ و اعداد فازی مثلثی است و به صورت $\tilde{z}_{s_{(k,h)}j}^{(k,h)} = (z_{s_{(k,h)}j}^{(k,h)^L}, z_{s_{(k,h)}j}^{(k,h)^M}, z_{s_{(k,h)}j}^{(k,h)^U})$ در نظر گرفته می‌شوند.

متغیرهای خروجی

متغیرهای خروجی در نتیجه فعالیت بنگاه به منظور تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها به وجود می‌آیند. متغیرهای خروجی در این مقاله بیان‌گر نتایج حاصل از عوامل تأثیرگذار یا ورودی‌ها و متغیرهای واسطه واحد تصمیم‌گیرنده هستند. خروجی‌های مسأله مورد مطالعه در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. خروجی‌های فازی به صورت $\tilde{y}_{ij}^{k} = (y_{ij}^{k^L}, y_{ij}^{k^M}, y_{ij}^{k^U})$ در نظر گرفته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. متغیرهای خروجی

ردیف	عنوان متغیر خروجی	علامت	نوع متغیر
۱	فعالیت‌های صرفه‌جویانه تولیدکننده	y_{1j}^{2}	غیرفازی
۲	فروش سالانه	y_{2j}^{2}	غیرفازی
۳	ارسال به موقع	$\tilde{y}_{1j}^{3}$	فازی
۴	رضایت مشتری	$\tilde{y}_{1j}^{4}$	فازی

در این بخش داده‌های جمع‌آوری شده مربوط به ۱۸ زنجیره تأمین فعال در صنایع تولید لوله‌های پلی اتیلن در جداول ۵ تا ۷ ارائه شده است، مقادیر مربوط به متغیرهای مالی در این جداول بر حسب میلیون تومان می‌باشد. بخش‌های تحت بررسی در این پژوهش تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتری هستند و وزن‌های تخصیص یافته به آن‌ها به ترتیب عبارتند از ۰٫۵، ۰٫۲، ۰٫۳. که وزن‌ها به صورت سهم ورودی هر واحد تصمیم‌گیری نسبت به مجموع ورودهای مصرف شده تمام واحدهای تصمیم‌گیری در هر بخش در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. داده‌های بخش۲.

DMU	تولیدکننده (بخش۲)، وزن ۰,۵							
	x_{1j}^2	x_{2j}^2	x_{3j}^2	x_{4j}^2	x_{5j}^2	x_{6j}^2	y_{1j}^2	y_{2j}^2
۱	۰.۱	۱۱۲	۲۵۰.۸	۲۱۵٦	۱۰.۰۸	۲۰.۷۲	۸٤	۲۸۰۰
۲	۰.۱	٤٥۳	۷۲۷.٥	٦۳۸٤	٥٥.۱۸۸	٦۰.٤۸	۳۳٦	۸٤۰۰
۳	۰.۱	٤۸۸	۱۰۰۳.٤	۷٥٤۸	۷٦.٥	۷۲.٤۲	۱۰۲	۱۰۲۰۰
۴	۰.۱	۱۷۳	۳۲۳.۳	۲۷۳٦	۲٦.٦۷٦	۲۳.٥٦	۱٥۲	۳۸۰۰
٥	۰.۱	۲۰۸	۷٥۷.۳	٥۲٥۰	٤٥	۷۰.٥	۱٥۰	۷٥۰۰
۶	۰.۱۲	۲۸٥	٦۰۳.٦	٥٥۳۰	٥۱.۸	٥۲.٥	۷۰	۷۰۰۰
۷	۰.۱۲	۲۲۱	٥۰۰.۱	٤۲۸٤	۳۲.۱۳	۳۱.۲۱۲	۲٤٤.۸	٦۱۲۰
۸	۰.۱۲	۱۷۸	٤۰۰.۲	۳٥۲٥	۲۷.٤٤۸	۲٥.۸٥	۱٤۱	٤۷۰۰
۹	۰.۱۲	۳۲۰	۷۰٦	٥۲۳٦	٥۱.٦۸	٤۱.٤۸	٦۸	٦۸۰۰
۱۰	۰.۱۲	۳۳٦	۸۲۱.۱	٥۷۷٥	۳٦	٤۳.٥	۲۲٥	۷٥۰۰
۱۱	۰.۰۹	۲٥۱	٦٦٦.٤	٤۹۰۰	۳۳.٦	٦٦.٥	۷۰	۷۰۰۰
۱۲	۰.۰۹	۱۸۹	٥۹۲.۱	٤۳٦۸	۳٤.۹٤٤	٥۱.۷۹۲	۱۲٤.۸	٦۲٤۰
۱۳	۰.۰۹	۲۰۱	۲۷۰.۱	۲٥۹۰	۱۷.۷٦	۱٦.۲۸	۷٤	۳۷۰۰
۱۴	۰.۰۹	۳۷۳	۷۱۱.۹	٥۸٥۲	۳۰.۰۳	٥۰.۸۲	۱٥٤	۷۷۰۰
۱٥	۰.۰۹	۳۷٥	۷٦۱	٦٥۳۲	۳۲.۲	۸۱.۸۸	۲۷٦	۹۲۰۰
۱۶	۰.۰۷	۳۲٥	٦٤۲.۸	٦٦۰۰	٥٥.٦۱٦	٤۱.۳٦	۱۷٦	۸۸۰۰
۱۷	۰.۰۷	۲۸۹	٥٤۰.٦	٥۱۳٥	٤۳.۲۹	۳۷.۷	٦٥	٦٥۰۰
۱۸	۰.۰۷	۲۳۳	٤۰۷.۲	۲۸٤۷	۱۸.۰۱۸	۲٦.۹۱	۱۱۷	۳۹۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦. داده‌های بخش ۳ و ٤

DMU	توزیع‌کننده (بخش۳)، وزن ۰,۲			مشتری (بخش٤)، وزن ۰,۳	
	x_{1j}^3	x_{2j}^3	$\tilde{y}_{1j}^3$	x_{1j}^4	$\tilde{y}_{1j}^4$
۱	۰.۰۸۹	۷.٤	(۱،۲،۳)	۰.۸۳	۳)، ٤، (٥
۲	۰.۰۷۷	٥.٦	(۱،۲،۳)	۰.۹٤٥	۱)، ۲، (۳
۳	۰.۰۸	۸.۳	(۳،۴،٥)	۰.۹٥	۲)، ۳، (٤
۴	۰.۰۷۸	٤.۷	(۳،۴،٥)	۰.۹۷	۳)، ٤، (٥
٥	۰.۰۸۹	٦	(۲،۳،۴)	۱.۰٥	۳)، ٤، (٥
۶	۰.۰۸٥	۸.۲	(۱،۲،۳)	۰.۸٥	۲)، ۳، (٤
۷	۰.۰۹	٤.٤	(۳،۴،٥)	۰.۹۷	۳)، ٤، (٥
۸	۰.۰۸۷	٥.٦	(۱،۲،۳)	۰.۸۱	۱)، ۲، (۳
۹	۰.۰۹	۷.۳	(۳،۴،٥)	۰.۸٥	۲)، ۳، (٤
۱۰	۰.۰۸۳	٥.۹	(۳،۴،٥)	۰.۹۹٥	۱)، ۲، (۳
۱۱	۰.۰۸۷	۸.۱	(۲،۳،۴)	۰.۸۲	۳)، ٤، (٥
۱۲	۰.۱	۷	(۳،۴،٥)	۱.۰٥	۲)، ۳، (٤
۱۳	۰.۰۹۸	٤.۲	(۲،۳،۴)	۰.۸٥	۲)، ۳، (٤
۱۴	۰.۰۸٦	۸.٥	(۲،۳،۴)	۰.۸۳	۳)، ٤، (٥
۱٥	۰.۰۸٦	٤.۸	(۳،۴،٥)	۰.۹٥	۱)، ۲، (۳
۱۶	۰.۰۹	۷.۳	(۱،۲،۳)	۰.۸۲	۳)، ٤، (٥
۱۷	۰.۰۸۱	٦.٥	(۳،۴،٥)	۰.۹٥	۲)، ۳، (٤
۱۸	۰.۰۹٥	٤.٤	(۲،۳،۴)	۰.۸۱	۲)، ۳، (٤

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷. داده‌های مربوط به اندازه‌های واسطه.

DMU	توزیع کننده (بخش۳)، وزن ۰,۲		
	$\tilde{Z}_{1j}^{(2,3)}$	$Z_{1j}^{(3,4)}$	$\mathbf{z}_{2j}^{(3,4)}$
۱	(۲،۳،۴)	٦۱۳۹۰	۰.۱۳
۲	(۲،۳،۴)	۱٤۲۲٦۰	۰.۱۲
۳	(۱،۲،۳)	۱۱٦۳۰۰	۰.۱
۴	(۱،۲،۳)	۱۰۰۰۰	۰.۱۲
۵	(۳،۴،۵)	۱۲۸۲۰۰	۰.۱٤
۶	(۳،۴،۵)	۸٦۲۳۰	۰.۱٤
۷	(۲،۳،۴)	۱۹۹٤۰	۰.۱٦
۸	(۳،۴،۵)	۷۵۷۸۰	۰.۱۲
۹	(۳،۴،۵)	۱٤۵۲۰	۰.۱۳
۱۰	(۲،۳،۴)	۷۵۳۸۰	۰.۱٤
۱۱	(۳،۴،۵)	۵٤۸۵۰	۰.۱۳
۱۲	(۱،۲،۳)	۹٦۵۹۰	۰.۱۳
۱۳	(۲،۳،۴)	۹٤۹۳۰	۰.۱۱
۱۴	(۱،۲،۳)	۵۰۸۵۰	۰.۱۳
۱۵	(۳،۴،۵)	۵۲۳۱۰	۰.۱۳
۱۶	(۲،۳،۴)	۳۱۰۹۰	۰.۱۲
۱۷	(۱،۲،۳)	۲۵۰۸۰	۰.۱٤
۱۸	(۳،۴،۵)	۱۰۸٤۱۰	۰.۰۹

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه و تحلیل

در ادامه برای هر واحد تصمیم‌گیری کارایی کل و کارایی هر بخش محاسبه شده و با استفاده از نتایج بدست آمده، واحدهای مرجع نیز تعیین می‌گردد.

محاسبه کارایی کل

بمنظور ارزیابی عملکرد، هر زنجیره تأمین به عنوان یک واحد تصمیم‌گیری در نظر گرفته می‌شود و مدل فازی معرفی شده در بخش پیشین، برای رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری اجرا می‌شود. این مدل با استفاده از نرم‌افزار LINGO9 حل شده است. امتیاز کارایی فازی هر زنجیره تأمین که با استفاده از مدل فازی معرفی شده در بخش پیشین محاسبه شده‌اند ، در جدول ۸ نمایش داده شده است.

جدول ۸. امتیاز کارایی فازی.

DMU	$\frac{1}{\tilde{\tau}_j^*} = (\frac{1}{\tau_j^{U^*}}, \frac{1}{\tau_j^{M^*}}, \frac{1}{\tau_j^{L^*}})$	$\tilde{\tau}_j^* = (\tau_j^{L^*}, \tau_j^{M^*}, \tau_j^{U^*})$
۱	(۱/۴، ۱/۲، ۱/۱۳۳)	(۰/۷۱۴، ۰/۸۳۳، ۰/۸۸۲)
۲	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
۳	(۱/۱۵، ۱/۱، ۱/۰۷۵)	(۰/۸۶۹، ۰/۹۰۹، ۰/۹۳)
۴	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
۵	(۱/۳۱۲، ۱/۲۹۵، ۱/۲۷۱)	(۰/۷۶۲، ۰/۷۷۲، ۰/۷۸۶)
۶	(۱/۵۵۹، ۱/۳۰۹، ۱/۲۱۷)	(۰/۶۴۱، ۰/۷۶۴، ۰/۸۲۱)
۷	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
۸	(۱/۸۵۴، ۱/۴۲۷، ۱/۲۸۴)	(۰/۵۴، ۰/۷، ۰/۷۷۸)
۹	(۱/۳۲۵، ۱/۲۷۵، ۱/۲۵)	(۰/۷۵۴، ۰/۷۸، ۰/۸)
۱۰	(۱/۶، ۱/۳، ۱/۲)	(۰/۶۲۵، ۰/۷۷، ۰/۸۳۳)
۱۱	(۱/۰۵۵، ۱/۰۳۶، ۱/۰۲۷)	(۰/۹۴۷، ۰/۹۶۵، ۰/۹۷۳)

www.SID.ir

Archive of SID

۱۲	(۱/۰۳۲، ۱/۰۳۱، ۱/۰۲۸)	(۰/۹۷۲، ۰/۹۷، ۰/۹۶۸)
۱۳	(۱/۱۵، ۱/۱، ۱/۰۷۵)	(۰/۹۳، ۰/۹۰۹، ۰/۸۶۹)
۱۴	(۱/۲۷۷، ۱/۲۴۴، ۱/۲۲۷)	(۰/۸۱۵، ۰/۸۰۳، ۰/۷۸۳)
۱۵	(۱، ۱، ۱)	(۱، ۱، ۱)
۱۶	(۱/۴، ۱/۲، ۱/۱۳۳)	(۰/۸۸۲، ۰/۸۳۳، ۰/۷۱۴)
۱۷	(۱/۱۹۳، ۱/۱۴۳، ۱/۱۱۸)	(۰/۸۹۴، ۰/۸۷۴، ۰/۸۳۸)
۱۸	(۱/۸۹۷، ۱/۸۱۳، ۱/۷۷۲)	(۰/۵۶۴، ۰/۵۵۱، ۰/۵۲۷)

برای رتبه‌بندی $\tilde{\tau}_j^*$ها از ماتریس حقیقی استفاده می‌شود. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB ماتریس حقیقی ۱۸ رنجیره تأمین محاسبه و در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۹. ماتریس حقیقی.

ماتریس حقیقی																	
۱.۰۰۰	۰.۵۲	۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۱۵	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۱.۰۰۰	۱.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۱۵	۰.۰۰۰	۱.۰۰۰
۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰
۱.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۰	۰.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰
۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰
۱.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۱.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۱.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۱.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰	۰.۰
۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰	۱.۰

www.SID.ir

Archive of SID

۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.
۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.
۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.
۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.
۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.
۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۰.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.
۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.
۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.	۱.
۱.	۰.	۱.	۰.	۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۰.
۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۱.	۱.	۰.	۱.	۱.	۰.	۰.	۰.	۱.	۰.
۱.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.	۰.

رتبه بندی واحدهای تصمیم‌گیری از طریق محاسبه $\bar{t}_i$ صورت می‌گیرد و عملکرد زنجیره‌های تأمین از کاراترین تا ناکاراترین رتبه‌بندی می‌گردد. عملکرد تمام واحدها به‌طور خلاصه، در جدول ۱۰ نمایش داده شده است.

جدول ۱۰. رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری.

ردیف	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤	۱٥	۱٦	۱۷	۱۸
$\bar{t}_i$	۰,۵۴	۱	۰,۶۷	۱	۰,۳۹	۰,۴۱	۱	۰,۲۵	۰,۴۳	۰,۴۳	۰,۷۵	۰,۷۸	۰,۶۷	۰,۴۷	۱	۰,۵۴	۰,۶	۰,۰۶
رتبه	۶	۱	۴	۱	۱۰	۹	۱	۱۱	۸	۸	۳	۲	۴	۷	۱	۶	۵	۱۲

مشاهده می‌شود که DMU_2، DMU_4، DMU_7 و DMU_{15} بالاترین مقدار $\bar{t}_i$ را دارند و DMU_{18} ناکاراترین واحد است.

محاسبه کارایی بخش‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از مقادیر متغیرهای کمبود خروجی بهینه (s^{k+*})، و رابطه (۲۶) امتیاز کارایی ماهیت خروجی بخش‌ها محاسبه گردیده و مقادیر محاسبه شده در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۱۱. امتیاز کارایی هر بخش

ردیف	بخش ۲	بخش ۳	بخش ٤
۱	۱	۰.۸٦	۰.۹۲
۲	۱	۱	۱
۳	۱	۰.۹۳	۰.٦۷
٤	۱	۱	۱
٥	۰.٦٤	۱	۱
٦	۱۰.۹	٦۴۰.	۰.٦٦
۷	۱	۱	۱
۸	۱	۴۳۰.	۷۰.۳
۹	۰.۷٤	۰.۷۹	۰.۷۳
۱۰	۱	۰.۹۲	۰.۳٤
۱۱	۰.۸٥	۰.۸۳	۰.۹٦
۱۲	۰.۹٤	۰.۸٦	۱
۱۳	۱	۱	۰.٦٦
۱٤	۶۰.۷	۱۰.۷	٥۰.۸
۱٥	۱	۱	۱
۱٦	۱	۰.۳۷	۰.۹۲
۱۷	۰.۹۲	٥۰.۸	۰.٦۸
۱۸	۰.٤۳	۲۰.۷	۰.٦۷

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مرجع

با محاسبه کارایی هریک از سطوح زنجیره تأمین به صورت مجزا، یافتن نقاط ضعف و بهبود عملکرد کل زنجیره امکان‌پذیر می‌شود. مجموعه‌های مرجع هر بخش k برای هر زنجیره تأمین، با استفاده از مقدار بهینه $\lambda_j^{k^*}$ و رابطه (۲۸) تعیین گردیده و در جداول ۱۲ تا ۱۴ مقادیر بهینه $\lambda_j^{k^*}$ و همچنین در جدول ۱۵ مجموعه‌های مرجع برای بهبود عملکرد بخش‌ها نمایش داده شده است. با توجه به مجموعه مرجع تعیین‌شده برای هر بخش می‌توان مقدار تغییری که در خروجی‌های واحدهای ناکارا لازم است را تخمین زد.

جدول ۱۲. مقادیر λ تولیدکننده (بخش۲).

ردیف	امتیاز کارایی	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}	λ_{16}	λ_{17}	λ_{18}
۱	۱	۱								۰,۲۴			۰,۱۱		۰,۰۶			۰,۱۸	۰,۷۲
۲	۰.۹۶		۱							۰,۱۶			۰,۱۴		۰,۳				
۳	۰.۸۶			۱															
٤	۱				۱.۰۰							۰,۵۶							
٥	۱											۰,۲							
٦	۰.٦٦٥																		
۷	۱							۱.۰۰											
۸	۱					۰,۰۲			۱										
۹	۰.۷٤																		
۱۰	۰.۸۲٥						۰,۶			۰,۴۶	۱				۰,۲۲				۰,۲۷
۱۱	۰.۸٥۱					۰,۷۲	۰,۴						۰,۰۸		۰,۱۴				
۱۲	۰.۸۲۳																	۰,۱۲	
۱۳	۰.٦۸۳													۱					
۱٤	۰.۷۳۷																		

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵	۰.۸۳٤				۰,۲۶								۰,۲۴	۰,۳۸		۱		۰,۱۳	
۱٦	۰.۷۹۳							۰,۱۲						۰,۲۹		۰,۲۶	۱	۰,۵۳	
۱۷	۰.۷۹٦																		
۱۸	۰.٦۰۳					۰,۰۷													

جدول ۱۳. مقادیر λ توزیع کننده (بخش۳).

ردیف	امتیاز کارایی	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}	λ_{16}	λ_{17}	λ_{18}
۱	۰.٤۸																		
۲	۱		۱																
۳	۰.۹۳																		
٤	۱	۰,۳		۰,۹۶	۱.۰۰		۰,۲۴			۰,۵	۰,۴۴		۰,۶۵		۰,۲۴		۰,۳۹	۰,۶۲	۰,۳
۵	۱	۰,۳				۱.۰۰	۰,۲۹		۰,۲۸			۰,۲۳			۰,۳۱		۰,۳		۰,۳
٦	۰.۹۹																		
۷	۱	۰,۴					۰,۰۷	۱.۰۰		۰,۰۳	۰,۱۲	۰,۲۳			۰,۳۱		۰,۳۱		۰,۴
۸	۰.۹۹											۰,۰۷							
۹	۰.۸٦												۰,۳۳						
۱۰	۱																		
۱۱	۰.۹۹								۰,۱۴										
۱۲	۱			۰,۰۴															
۱۳	۰.۷۵													۱					
۱٤	۰.۹۹																		
۱۵	۰.۹۹						۰,۴		۰,۵۴	۰,۴۷	۰,۴۴	۰,۴۶	۰,۱		۰,۱۲	۱		۰,۳۸	
۱٦	۰.۳۳																		
۱۷	۱																		
۱۸	۰.۵۸																		

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ١٤. مقادیر λ مشتری (بخش٤).

ردیف	امتیاز کارایی	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	λ_{10}	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{15}	λ_{16}	λ_{17}	λ_{18}
۱	۱													۰,۰۳					
۲	۰.۳۳		۱						۰,۰۵										
۳	۰.٦٦																		
٤	۱	۰,۳		۰,۹	۱		۰,۱۱			۰,۰۶	۰,۱۹				۰,۲۱		۰,۳۷	۰,۳۹	۰,۳
٥	۱	۰,۳				۱	۰,۲۵		۰,۲			۰,۱۹		۰,۱	۰,۳		۰,۳۳		۰,۲
٦	۰.٦٦																		
۷	۱	۰,۴					۰,۶	۱	۰,۵۶	۰,۶۷	۰,۷۶	۰,۳۸		۰,۰۳	۰,۴۷		۰,۳	۰,۵۴	۰,۵
۸	۰.۳۳																		
۹	۰.٦۷										۰,۰۵							۰,۰۳	
۱۰	۰.۷۳																		
۱۱	۱						۰,۰۲							۰,۸۳	۰,۰۲				
۱۲	۰.۹۳			۰,۰۴					۰,۱۲	۰,۲۶			۱					۰,۰۳	
۱۳	۰.٦٦																		
۱٤	۱											۰,۴۲							
۱٥	۰.۳۳															۱			
۱٦	۱								۰,۰۶										
۱۷	۰.٦٦																		
۱۸	۰.۸٥																		

جدول ١٥. مجموعه مرجع.

واحد تصمیم‌گیری	مجموعه مرجع		
	بخش ۲	بخش ۳	بخش ٤
۱		DMU_4, DMU_5, DMU_7	DMU_4, DMU_5, DMU_7
۲			
۳		DMU_4, DMU_{12}	DMU_4, DMU_{12}

www.SID.ir

Archive of SID

			٤
		DMU_{15}, DMU_{11}, DMU_{8}	٥
DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{11}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{15}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{15}	٦
			٧
DMU_{2}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{12}	DMU_{5}, DMU_{11}, DMU_{15}	DMU_{5}, DMU_{11}, DMU_{15}	٨
DMU_{4}, DMU_{7}, DMU_{12}	DMU_{4}, DMU_{7}, DMU_{15}	DMU_{1}, DMU_{2}, DMU_{10}, DMU_{16}	٩
DMU_{4}, DMU_{7}, DMU_{9}	DMU_{4}, DMU_{7}, DMU_{15}	DMU_{5}, DMU_{8}	١٠
DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{14}	DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{8}, DMU_{15}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{15}	١١
	DMU_{4}, DMU_{9}, DMU_{15}	DMU_{1}, DMU_{2}, DMU_{11}, DMU_{15}, DMU_{16}	١٢
DMU_{1}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{11}			١٣
DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{11}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}, DMU_{15}	DMU_{1}, DMU_{2}, DMU_{10}, DMU_{11}, DMU_{16}	١٤
			١٥
DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}	DMU_{5}, DMU_{12}	١٦
DMU_{4}, DMU_{7}, DMU_{9}, DMU_{12}	DMU_{4}, DMU_{15}	DMU_{1}, DMU_{12}, DMU_{15}, DMU_{16}	١٧
DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}	DMU_{4}, DMU_{5}, DMU_{7}	DMU_{1}, DMU_{10}	١٨

در ادامه می‌خواهیم یک نمونه واحد تصمیم‌گیری ناکارا را در نظر بگیریم و الگوی کارا شدن آنرا معرفی کنیم. با توجه به جدول ۱۰، ناکارامدترین واحد تصمیم‌گیری واحد ۱۸ می‌باشد. امتیاز کارایی هریک از بخش‌های این واحد در جدول ۱۱ نشان داده شده است و میانگین کارایی کل این واحد تصمیم‌گیری برابر ۰,۱ می‌باشد. برای بهبود کارایی این واحد تصمیم‌گیری باید مقادیر λ بدست آمده برای هر بخش را مشخص کنیم. در جدول

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵ واحدهای تصمیم‌گیری که برای بهبود کارایی هرواحد به عنوان الگو می‌توانند درنظر گرفته شوند مشخص شده‌اند. حال با توجه به این جدول، برای هریک از بخش‌های DMU_{18} واحدهای الگو بصورت جدول ۱۶ می‌باشد.

جدول ١٦. واحدهای الگو برای هریک از بخش‌های DMU_6.

واحد تصمیم‌گیری	مجموعه مرجع		
	بخش ۲	بخش ۳	بخش ٤
۱۸	DMU_1, DMU_{10}	DMU_4, DMU_5, DMU_7	DMU_4, DMU_5, DMU_7

برای بهبود بخش ۲ این واحد تصمیم‌گیری می‌توان واحدهای ۱و ۱۰ را به عنوان الگو درنظر گرفت، که ما از داده‌های واحد ۱ برای این بخش استفاده کردیم و کارایی کل به شرح جدول ۱۷ تغییر کرد.

جدول ۱۷.کارایی کل پس از بکارگیری داده‌های واحد ۱۲.

$\frac{1}{\tilde{\tau}_j^*} = (\frac{1}{\tau_j^{U^*}}, \frac{1}{\tau_j^{M^*}}, \frac{1}{\tau_j^{L^*}})$	$\tilde{\tau}_j^* = (\tau_j^{L^*}, \tau_j^{M^*}, \tau_j^{U^*})$	$\bar{t}_i$
(۱,۲۱٤ ،۱,۱٤۲ ،۱,۱۰۷)	(۰,۸۲، ۰,۸۷ ،۰,۹)	۰,٦٥۹

برای بهبود کارایی بخش۳ این واحد تصمیم‌گیری، می‌توان واحدهای ۴, ۵ و ۷ را به عنوان الگو قرار داد. در اینجا از داده‌های واحد ۷ برای بهبود استفاده کردیم و کارایی کل به شرح جدول ۱۸ تغییر کرد.

جدول ۱۸. کارایی کل پس از بکارگیری داده‌های واحدهای ۳ و ۱۲.

$\frac{1}{\tilde{\tau}_j^*} = (\frac{1}{\tau_j^{U^*}}, \frac{1}{\tau_j^{M^*}}, \frac{1}{\tau_j^{L^*}})$	$\tilde{\tau}_j^* = (\tau_j^{L^*}, \tau_j^{M^*}, \tau_j^{U^*})$	$\bar{t}_i$
(۱ ،۱ ،۱)	(۱ ،۱ ،۱)	۱

www.SID.ir

Archive of SID

و برای بهبود آخرین بخش این واحد از داده‌های واحد ۷ به عنوان الگو استفاده شد و کارایی آن مطابق جدول ۱۹ می‌باشد.

جدول ۱۹. کارایی کل پس از بکارگیری داده‌های واحد۱۱.

$\bar{t}_i$	$\tilde{\tau}_j^* = (\tau_j^{L^*}, \tau_j^{M^*}, \tau_j^{U^*})$	$\frac{1}{\tilde{\tau}_j^*} = (\frac{1}{\tau_j^{U^*}}, \frac{1}{\tau_j^{M^*}}, \frac{1}{\tau_j^{L^*}})$
۰,۵۲	(۰,۶۳،۰,۵۷،۰,۶۱)	(۱,۵۹، ۱,۶۲، ۱,۷۵)

مشاهده می‌شود که با ایجاد تغییر در هر بخش با توجه به مقادیر λ، امتیاز کارایی بهبود می‌یابد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

ارزیابی عملکرد جزء ضروری مدیریت زنجیره تأمین کاراست و برای تحقق بهبود مداوم زنجیره تأمین، لازم است عملکرد زنجیره تأمین به طور مستمر ارزیابی گردد. یکی از نکات مهم در ارزیابی عملکرد، شناسایی نقاط ضعف زیرواحدها، درنظر گرفتن روابط میان واحدها در مدیریت سیستم و ایجاد تعادل میان بخش‌هاست. بنابراین در نگاه اول به نظر می‌رسد روش کارت امتیازی متوازن برای ایجاد تعادل در سیستم مناسب است. اما این روش نمی‌تواند کارایی یا ناکارایی واحدهای تصمیم‌گیری را تعیین نماید، از این‌رو در مقالات زیادی ترکیب کارت امتیازی متوازن و روش تحلیل پوششی داده‌ها مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی‌که ارزیابی عملکرد تنها براساس ورودی‌های اولیه و خروجی‌های نهایی کافی نیست و با این رویکرد تعامل میان بخش‌ها نادیده گرفته می‌شود، پس برای ارزیابی عملکرد مؤثر زنجیره تأمین، در نظر گرفتن ساختار پیچیده داخلی ضروری است. با توجه به این موارد در این مقاله، روش تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای برای ارزیابی عملکرد مورد استفاده قرار گرفت. بهبود عملکرد زنجیره تأمین هدف نهایی ارزیابی است، بنابراین شناسایی واحدهای ناکارا و بهبود عملکرد آن‌ها دارای اهمیت زیادی است. از آنجایی‌که زنجیره تأمین از واحدهای مختلفی تشکیل شده، بهبود همزمان چند واحد غیرممکن است. از اینرو تعیین اولویت برای بهبود واحدها ضروری می‌باشد. بعلاوه انتخاب واحدهای الگو، برای ایده گرفتن

www.SID.ir

Archive of SID

در مورد چگونگی بهبود واحدهای ناکارا دارای اهمیت است. الگوبرداری ابزاری است که اگر به درستی استفاده شود، منجر به مدیریت بهتر منابع و افزایش امتیاز رقابتی می‌گردد. در این مقاله، از چارچوبی برای الگوبرداری استفاده شد که در تعیین واحدهایی که می‌بایستی بهبود یابند و همچنین واحدهای الگو، از دیدگاه کارایی کل زنجیره تأمین، مفید واقع شود. بطور خلاصه در این چارچوب، ابتدا کارایی کل زنجیره تأمین با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای محاسبه شد. سپس، کارایی هریک از سطوح زنجیره تأمین، با تغییر تابع هدف اندازه‌گیری شده و از این طریق بخش‌هایی از زنجیره تأمین که عملکرد ضعیف‌تری دارند شناسایی شدند. در پایان با تعیین مجموعه‌های مرجع برای هربخش، امکان بهبود عملکرد واحدها فراهم شد. ما از این روش برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین لوله‌های پلی‌اتیلن استفاده کردیم و به این ترتیب ارتباطات و فرآیندهای بخش‌های داخلی زنجیره تأمین آنرا مورد بررسی قرار دادیم.

حذف این فرض که تمام زنجیره‌های تأمین از بخش‌های کاملاً مشابه تشکیل شده‌اند (هم از نظر تعداد بخش‌ها و هم از نظر نوع آن‌ها) می‌تواند در تحقیقات آینده سودمند باشد. در مطالعات آتی می‌توان با استفاده از سایر روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک مانند آنالیز مرز تصادفی، مدل تعالی کیفیت بنیاد اروپا، برنامه‌ریزی آرمانی و ... عملکرد زنجیره تأمین را ارزیابی نمود. استفاده از دیگر روش‌های تلفیقی مانند، تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی آرمانی و مقایسه آن‌ها با روش ارائه شده در این مقاله می‌تواند موضوع تحقیقات بعدی باشد. در مطالعات آتی می‌توان شاخص‌های متنوع‌تری را برای سنجش کارایی زنجیره تأمین در نظر گرفت. در این مقاله به علت محدودیت اطلاعات، شاخص "ارسال به موقع" به عنوان خروجی توزیع‌کننده در نظر گرفته شده است و از میزان تأثیر آن در شاخص "رضایت مشتری" صرف‌نظر شده است. لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی این مسأله درنظر گرفته شود. همچنین، شناسایی روش‌های مناسب جهت بکارگیری مفهوم فازی به صورت کامل در طی مراحل انجام تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها بجای استفاده مجزا از اعداد فازی، می‌تواند سودمند باشد مانند روش آلفا کات.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

خواجوی، ش، سلیمی فرد، ع و ربیعه، م، *کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین پرتفویی از کاراترین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران*،مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، دوره بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۸۴.

باقرزاده، ف، *ارائه یک چارچوب مناسب برای اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین*، ۱۳۸۷.

طحاری مهرجردی، م.ح، مروتی شریف آبادی، ع، بابایی میبدی، ح و زارعی محمود آبادی، م، *کاربرد متدولوژی ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و ماتریس درجه ترجیح در ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با رویکرد فازی*، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، دوره ۳۲، شماره اول، بهار ۱۳۹۱.

الفت، ل، بامداد صوفی، ج، امیری، م و ابراهیم پور ازبری، م، *مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های شبکه‌ای(مورد :زنجیره تامین شرکتهای داروسازی بورس اوراق بهادار تهران)*، فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال دهم، شماره ۲۶، صفحات ۹-۲۶، پاییز ۱۳۹۱.

Cooper, W.W., Park, K.S., and Yu, G, "*IDEA and ARIDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA*", Management Science, 45, (1999), 597–607.

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E, "*Measuring the efficiency of decision making units*", European Journal of Operational Research, 2, (1978), 429-444.

Banker, R. D. Charnes, A. and Cooper, W. W, "*Some models for estimating technical and scale in inefficiencies in Data Envelopment Analysis*", Management Science, 9, (1984).

Homburg, C, "*Using data envelopment analysis to benchmark activities*", Int. J. Production Economics, 73, (2001), 51–58.

Ebrahimnejad, A., Tavana, M., Hosseinzadeh Lotfi, F., Shahverdi, R. And Yousefpour, M, "*A three-stage Data Envelopment Analysis model with application to banking industry*", Measurement, 49, (2014), 308–319.

www.SID.ir

Archive of SID

Chen, C. And Yan, H, "*Network DEA model for supply chain performance evaluation*", European Journal of Operational Research, 213, (2011), 147–155.

Fare, R. and Grosskopf, S, "*Network DEA*", Socio Economics Planning Science, 4(1), (2000), 35–49.

Chilingerian, J.A. and H.D. Sherman, "*DEA and Primary Care Physician Report Cards: Deriving Preferred Practice Cones from Managed Care Service Concepts and Operating Strategies*", Ann Oper Res, 73, (1997), 35-66.

Lawrence, Seiford, M. and Zhu, J, "*Profitability and Marketability of the Top 55 U.S. Commercial Banks*", Management Science, 45, (1999), 1270-1288.

Zhu, J, "*Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies*", European Journal of Operational Research, 123, (2000), 105-124.

Kao, C. and Hwang, S.N., "*Efficiency measurement for network systems: IT impact on firm performance*", Decision Support Systems, 48 (3), 2010, 437–446.

Chen, Y. and Zhu, J, "*Measuring Information Technology's Indirect Impact on Firm Performance*", Information Technology and Management, 5, (2004), 9–22.

Chena, Y., Liang, L., Yang, F. and Zhu, J, "*Evaluation of information technology investment: a data envelopment analysis approach*", Computers & Operations Research, 33, (2006), 1368–1379.

Liang, L. Yang, F. Cook, W.d. and Zhu, J, "*DEA model for supply chain efficiency evaluation*", Ann. Oper. Res, 145 (1), (2006), 35–49.

Cao, Q. and Hoffman, J. J. "*A case study approach for developing a project performance evaluation system*", International Journal of Project Management, 29, (2011), 155–164.

Li, Y., Chen, Y., Liang, L. and Xie, J, "*DEA models for extended two-stage network structures*", Omega, 40, (2012), 611–618.

www.SID.ir

Archive of SID

Tone, K. and Tsutsui, M, "*Network DEA: A slacks-based measure approach*", European Journal of Operational Research, 197, (2009), 243–252.

Golany, B., Hackman, S.T. and Passy, U, "*An efficiency measurement framework for multi-stage production systems*", Ann. Oper. Res, 145, (2006), 51–68.

Lai, M.C., Huang, H.C. and Wang, W.K, "*Designing a knowledge-based system for benchmarking: A DEA approach*", Knowledge-Based Systems, 24, (2011), 662–671.

Tavana, M., Mirzagoltabar, H., Mirhedayatian, S.M., Farzipoor Saen, R. and Azadi, M, "*A new network epsilon-based DEA model for supply chain performance evaluation*", Computers & Industrial Engineering, 66, (2013), 501–513.

Mirhedayatian, S.M., Azadi, M. and Farzipoor Saen, R, "*A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management*", Int. J. Production Economics, 147, (2014), 544–554.

Shafiee, M., Hosseinzade Lotfi, F. and Saleh, H, "*Supply Chain Performance Evaluation with Data Envelopmnet Analysis and Balanced Scorecard Approach*", Appl. Math. Modelling, 38, (2014), 5092–5112.

Kwon, H.B., Marvel, J.H. and Roh, J.J, "*Three-stage per-formance modeling using DEA-BPNN for better practice benchmarking*", Expert Systems With Applica-tions, (2016), doi: 10.1016/j.eswa.2016.11.009.

Vyas, G.S., and Jha, K.N., "*Benchmarking Green Building Attributes to Achieve Cost Effectiveness Using a Data Envelopment Analysis*", Sustainable Cities and Society,

http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.028.

M. Zerafat Angiz L, A. Emrouznejad, A. Mustafa, "*Fuzzy assessment of performance of a decision making units using DEA: A non-radial approach*", Expert Systems with Applications 37 (2010) 5153–5157

Shivi Agarwal, "*Efficiency Measure by Fuzzy Data envelopment Analysis Model*", Fuzzy Inf. Eng. 6 (2014), 59-70.

www.SID.ir

Archive of SID

Rashed Khanjani Shiraz, Vincent Charles, Leila Jalalzadeh, "*Fuzzy rough DEA model: A possibility and expected value approaches*", Expert Systems with Applications 41 (2014) 434–444.

Lee, Tzong-Ru (Jiun-Shen), Shiu, Yi-siang, P.Sivakumar.b, "*The Application of SCOR in Manufacturing: Two Cases in Taiwan*", Procedia Engineering, 38, (2012), 2548-2563.

www.SID.ir