پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

ارائه یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا برای انتخاب تأمین‌کننده با وجود خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق

حسین عزیزی[۱*]، علیرضا امیرتیموری[۲]، سهراب کردرستمی[۳]

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پارس‌آباد مغان، پارس‌آباد مغان، ایران
۲- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران
۳- استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۲

چکیده

انتخاب تأمین‌کننده در سازمان‌ها نقشی کلیدی ایفا می‌کند، چرا که هزینه مواد اولیه بخش اصلی هزینه محصول نهایی را تشکیل می‌دهد. انتخاب یک تأمین‌کننده مناسب امروزه یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های بخش خرید است. این تصمیم عموماً به معیارهای مختلفی بستگی دارد. برای مدیریت مؤثر این عمل خرید که از نظر راهبردی حایز اهمیت است، باید روش و معیارهای مناسبی برای مسئله انتخاب شود. این مقاله رویکرد «تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا» را برای ارزیابی و انتخاب بهترین تأمین‌کننده در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق پیشنهاد می‌کند. تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا، دو کارایی را برای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد: یکی نسبت به مرز کارایی اندازه‌گیری می‌شود و بهترین کارایی نسبی یا کارایی خوشبینانه نامیده می‌شود و دیگری نسبت به مرز ناکارایی سنجش می‌شود و بدترین کارایی نسبی یا کارایی بدبینانه نامیده می‌شود. به‌علاوه با استفاده از این رویکرد، اندازه‌های عملکرد کلی جدیدی برای نمره‌دهی به تأمین‌کنندگان در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق ارائه می‌شود. در مقایسه با تحلیل پوششی داده‌های سنتی، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: hazizi@iaupmogan.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

ناکارا بهترین تأمین‌کننده را به‌درستی و به‌آسانی شناسایی می‌کند. دو مثال عددی کاربرد رویکرد پیشنهادی را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل پوششی داده‌ها، خروجی‌های نامطلوب، داده‌های نادقیق، انتخاب تأمین‌کننده، کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه، عملکرد کلی.

۱- مقدمه

انتخاب تأمین‌کننده در سازمان‌ها نقشی کلیدی ایفا می‌کند، چرا که هزینه مواد اولیه بخش اصلی هزینه محصول نهایی را تشکیل می‌دهد. معمولاً یک تولیدکننده ۶۰ درصد کل فروش خود را برای خرید اقلامی مانند مواد خام، قطعات، اجزای مونتاژ شده و سایر اجزا صرف می‌کند. در صنایع خودروسازی، این هزینه‌ها ممکن است بیش از ۵۰ درصد کل عواید باشد. برای بنگاه‌های فناوری بالا، ممکن است این نسبت تا ۸۰ درصد کل هزینه محصول افزایش پیدا کند. بسیاری از کارشناسان بر این باورند که انتخاب تأمین‌کننده مهم‌ترین فعالیت بخش خرید است. بنابراین به نظر می‌رسد که انتخاب مناسب‌ترین تأمین کننده فرصت‌های مهمی برای کاهش هزینه‌ها داشته باشد [۱، صص.۱۴۱۷-۱۴۲۹].

در طی سال‌ها، تکنیک‌های متعددی برای انتخاب بهترین نندگان ایجاد شده است. (۱) فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)؛ (۲) فرایند تحلیل شبکه‌ای؛ (۳) برنامه‌ریزی خطی؛ (۴) برنامه‌ریزی ریاضی؛ (۵) برنامه‌ریزی چندهدفی؛ (۶) تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)؛ (۷) شبکه‌های عصبی؛ (۸) استدلال مبتنی بر مورد و (۹) نظریه مجموعه فازی، روش‌هایی هستند که در مقالات به کار گرفته شده‌اند.

برای اینکه از تحلیل پوششی داده‌ها بهترین بهره گرفته شود و از محاسبات ذهنی و پیچیده اجتناب شود، در این مقاله رویکرد تحلیل پوششی داده‌های جدیدی را که «تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا» نامیده می‌شود، برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان معرفی می‌شوند. تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا دو کارایی را برای تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد: یکی نسبت به مرز کارایی اندازه‌گیری می‌شود و *بهترین کارایی نسبی* یا *کارایی خوشبینانه* نامیده می‌شود و دیگری نسبت به مرز ناکارایی که به آن مرز ورودی نیز می‌گویند، سنجش می‌شود

Archive of SID

www.SID.ir

و *بدترین کارایی نسبی* یا *کارایی بدبینانه* نامیده می‌شود. تحلیل پوششی داده‌های سنتی فقط بهترین کارایی‌های نسبی گروهی از واحدهای تصمیم‌گیری (DMUها) را ضمن اجتناب از کارایی‌های بدبینانه اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین نمی‌تواند یک سنجش کلی از واحدهای تصمیم‌گیری ارائه دهد. با در نظر گرفتن همزمان کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه، همه واحدهای تصمیم‌گیری را می‌توان به‌طور کامل ارزیابی کرد.

این مقاله تلاش می‌کند با ایجاد مدل‌های ارزیابی عملکرد مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌ها برای یک فرایند تولید که هم خروجی‌های مطلوب و هم نامطلوب ایجاد می‌کند، مشکل را حل کند. اما برخلاف مدل‌های پارامتری، گنجاندن خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق در تحلیل پوششی داده‌ها هنوز یک عرصه پژوهشی جدید در تحلیل پوششی داده‌ها به شمار می‌رود. تا جایی که مؤلفان اطلاع دارند، هیچ‌گونه مقاله‌ای منتشر نشده است که مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در حضور هر دو نوع داده‌های نادقیق و خروجی‌های نامطلوب از هر دو دیدگاه خوشبینانه و بدبینانه بررسی کرده باشد.

مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: قسمت ۲، مرور مقالات را در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان نشان می‌دهد. قسمت ۳، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای را برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه واحدهای تصمیم‌گیری بیان می‌کند، سپس تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای را مورد بحث قرار می‌دهد. قسمت ۴، رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا را معرفی می‌کند و اندازه‌های عملکرد کلی جدیدی را پیشنهاد می‌کند. قسمت ۵، یک مثال عددی را برای نشان دادن سادگی و اثربخشی استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با مرز کارا و ناکارا برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه می‌کند. قسمت ۶، مثال مربوط به اندازه‌گیری عملکرد نیروگاه‌های چرخه ترکیبی در ایران برای نشان دادن ایده شرح داده شده در قسمت‌های قبل را مورد استفاده قرار می‌دهد. قسمت ۷، ملاحظات پایانی مقاله را بیان می‌کند.

۲- بررسی مقالات

لی[۱] و همکاران مدلی را برای انتخاب عوامل جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز و

Archive of SID

www.SID.ir

ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان ارائه کردند [۲، صص. ۷۹۱۷-۷۹۲۹]. نخست با استفاده از روش دلفی مهم‌ترین زیرمعیارها برای تأمین‌کنندگان سنتی و تأمین‌کنندگان سبز انتخاب می‌شود. سپس نتایج برای تأمین‌کنندگان سبز اعمال می‌شود تا یک سلسله مراتب برای مسئله ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز ساخته شود. آن گاه یک مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی بسط یافته‌های فازی براساس این سلسله مراتب برای ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز برای یک تولیدکننده ناشناس در تایوان ساخته می‌شود و بر این اساس، مناسب‌ترین تأمین‌کنندگان را می‌توان انتخاب کرد. لین[۲] پیشنهاد کرد که از تکنیک فرایند تحلیل شبکه‌ای برای شناسایی تأمین‌کنندگان برتر با در نظر گرفتن اثرات وابستگی بینابینی در میان معیارهای انتخاب استفاده شود [۳، صص. ۲۷۳۰-۲۷۳۶]. همچنین برای نیل به تخصیص بهینه سفارش‌ها در میان تأمین‌کنندگان منتخب، یک روش برنامه‌ریزی خطی چندهدفی پیشنهاد شد. هسو[۳] و هو[۴] یک رویکرد فرایند تحلیل شبکه‌ای برای الحاق مسئله مدیریت مواد خطرناک در انتخاب تأمین‌کننده، پیشنهاد کردند [۴، صص. ۲۵۵-۲۶۴]. در این مطالعه، شناسایی معیارهای صلاحیت مدیریت مواد خطرناک به چهار بعد دسته‌بندی شده است و یک مدل تصمیم چندشاخصی پیشنهاد می‌شود. سپس فرایند تحلیل شبکه‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده اعمال می‌شود و با روابط بینابینی بین اجزای ساختار تصمیم مشخص می‌شود. کوکانگول[۵] و سوسوز[۶] یک فرایند تحلیل سلسله مراتبی تلفیقی و مدل‌های برنامه‌ریزی صحیح غیرخطی و برنامه‌ریزی صحیح چند هدفی را برای بیشینه‌سازی مقدار کل خرید، کمینه‌سازی هزینه کل خرید و بیشینه‌سازی مقدار کل خرید و کمینه‌سازی هزینه کل خرید به طور همزمان پیشنهاد کردند [۱، صص.۱۴۱۷-۱۴۲۹]. مدل آنها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده می‌کند که از مقایسه دو به دو برای متوازن کردن عوامل مشهود و نامشهود و محاسبه وزن تأمین‌کنندگان بهره می‌گیرد. با اعمال این وزن‌ها به عنوان ضرایب یک تابع هدف در مدل‌های پیشنهادی، بهترین تأمین‌کنندگان مشخص می‌شوند و مقادیر بهینه سفارش تحت قیودی مانند تخفیف کمیت و ظرفیت کل تأمین‌کنندگان منتخب به آنها اختصاص داده می‌شود.

گونری[۷] و همکاران یک رویکرد برنامه‌ریزی فازی و خطی تلفیقی برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند [۵، صص. ۹۲۲۳-۹۲۲۸]. نخست مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

زبان‌شناختی که به صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای بیان شده‌اند، برای سنجش وزن و نمره‌ی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده به کار برده می‌شوند. سپس یک مدل سلسله مراتب متعدد مبتنی بر نظریه مجموعه فازی بیان می‌شود و جواب‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی برای پیدا کردن ضریب نزدیکی هر تأمین‌کننده استفاده می‌شوند. درنهایت یک مدل برنامه‌ریزی خطی براساس ضرایب تأمین‌کنندگان، بودجه خریدار، کیفیت تأمین‌کنندگان و قیود ظرفیت ایجاد می‌شود و مقادیر سفارش براساس مدل برنامه‌ریزی خطی به هر تأمین‌کننده اختصاص داده می‌شود. وو[8] مدل جدیدی را برای حل مسائل تصمیم‌گیری با اعداد فازی براساس تحلیل وابستگی خاکستری و نظریه دمپستر-شافر[9] پیشنهاد کردند [۶، صص. ۸۸۹۲-۸۸۹۹]. روش پیشنهادی شامل دو مرحله است: (۱) تجمیع افراد با استفاده از تحلیل وابستگی خاکستری و (۲) تحلیل گروهی با استفاده از قاعده ترکیب دمپستر-شافر. وو و همکاران یک رویکرد امکان را برای حل یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفی فازی مورد بحث قرار دادند [۷، صص.۷۷۴-۷۸۷]. آنها از مدل خود برای انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن خطرهای متعدد استفاده کردند. آنها یک زنجیره تأمین متشکل از سه مقدار را مدلسازی و از داده‌های شبیه‌سازی شده استفاده کردند. آنها آلگوریتمی را برای حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفی فازی پیشنهاد کردند.

وو یک مدل دورگه ارزیابی تأمین‌کننده را با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه‌های عصبی، و درخت‌های تصمیم ایجاد کرد [۸، صص. ۹۱۰۵-۹۱۱۲]. این مدل با معیارهای متعدد ازجمله معیارهای قرار گرفته در داخل مسئله انتخاب تأمین‌کننده سر و کار دارد. این مدل می‌تواند هم به عنوان یک مدل طبقه‌بندی و هم به عنوان یک مدل رگرسیون عمل کند. این مدل متشکل از دو واحد است: واحد ۱ از تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌کند و براساس نمرات کارایی به‌دست آمده، تأمین‌کنندگان را به دو دسته کارا و غیرکارا تقسیم می‌کند. واحد ۲ از داده‌های مربوط به عملکرد بنگاه استفاده می‌کند و مدل درخت‌های تصمیم و شبکه‌های عصبی را آموزش می‌دهد و مدل درخت‌های تصمیم آموزش دیده را برای تأمین‌کنندگان جدید به کار می‌برد. کومار[10] و همکاران یک مدل جدید مبتنی بر منطق فازی برای رسیدگی به ویژگی‌های مختلف در ارتباط با مسایل ارزیابی تأمین‌کننده ارائه دادند [۹، صص. ۲۹۴۵-۲۹۶۰]. ونتورا[11] و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط را برای تعیین

Archive of SID

www.SID.ir

سیاست‌های موجودی بهینه توسعه دادند [۱۰، صص. ۲۵۸-۲۷۱]. در رویکرد پیشنهادی آنها، انتقال مواد بین مراحل متوالی زنجیره تأمین از یک دوره به دوره بعدی به‌درستی با قرار دادن سفارش‌های خرید برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تقاضای رضایت بخش مشتری در زمان صورت می‌گیرد. مدل پیشنهادی کل هزینه متغیر، از جمله خرید، تولید، موجودی و هزینه‌های حمل و نقل را به حداقل می‌رساند. این مدل می‌تواند برای انواع خاصی از ساختار هزینه، خطی‌سازی شود. علاوه بر این، دو تقریب پیوسته و مقعر تابع هزینه حمل و نقل را برای سادگی مدل و کاهش زمان محاسباتی آن ارائه کردند. برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی، فرضی‌پور صائن روشی را پیشنهاد کردند که مبتنی بر تحلیل پوششی داده‌های نادقیق است [۱۱، صص. ۷۴۱-۷۴۷]. فرضی‌پور صائن یک زوج مدل جدید تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان در حضور عوامل غیرقابل کنترل و داده‌های نادقیق ارائه کرد [۱۲، صص. ۱۵۷۵-۱۵۸۲]. باز فرضی‌پور صائن مدلی را برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در حضور محدودیت‌های وزنی، عوامل غیرقابل کنترل و داده‌های اصلی و ترتیبی معرفی کرد [۱۳، صص. ۱۷۷-۱۹۲]. عزیزی و جعفری شاعرلر مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای با ناحیه اطمینان را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد کردند [۱۴، صص. ۱-۱۶]. عزیزی با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه، اندازه جدیدی را برای انتخاب تأمین‌کنندگان پیشنهاد کرد [۱۵، صص. ۱۲۹-۱۵۰]. عزیزی و همکاران رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا را برای در نظر گرفتن عامل دارای نقش دوگانه در مسئله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد کردند [۱۶، صص. ۱۲۹-۱۴۴]. عزیزی و جاهد مدل‌هایی مبتنی بر رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرز دوگانه را برای انتخاب تأمین‌کنندگان در محیط‌های تخفیف حجمی در حضور هر دو نوع داده‌های اصلی و ترتیبی پیشنهاد کردند [۱۷، صص. ۱۹۱-۲۱۷]. برای مرور جامع از مقالات در حیطه تأمین‌کنندگان به منبع [۱۸، صص. ۱-۱۹؛۱۶، صص. ۳۸۷۲-۳۸۸۵] رجوع شود.

در ارزیابی عینی عملکرد واحدهای تصمیم‌گیری، دو مشکل وجود دارد. مشکل اول نحوه کار با خروجی‌های نامطلوب است که در کنار خروجی‌های مطلوب تشکیل می‌شوند. مقالات سنتی فقط به خروجی‌های مطلوب ارزش می‌دهند و خروجی‌های

Archive of SID

www.SID.ir

نامطلوب را به‌سادگی مورد چشم‌پوشی قرار می‌دهند ولی چشم‌پوشی از خروجی‌های نامطلوب درست مانند این است که بگوییم که آنها در ارزیابی نهایی هیچ ارزشی ندارند، و ممکن است به نتایج گمراه‌کننده‌ای منتهی شود. بنابراین باید به واحدهای تصمیم‌گیری در مقابل تولید خروجی‌های مطلوب اعتبار داده شود و در مقابل تولید خروجی‌های نامطلوب مجازات شوند. مشکل دوم در مورد نحوه مواجهه با داده‌های نادقیق است. اما با توجه به مشکلات ساخت مدل و فراهمی داده‌ها، مقالات کمی منتشر شده‌اند که هر دو مسئله را با هم در نظر گرفته باشند.

لیو[۱۲] و لئو[۱۳]، و فرضی‌پور صائن گزینه‌های مربوط به کار با خروجی‌های نامطلوب در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها را به صورت زیر طبقه‌بندی کردند [۲۰، صص. ۸۸۲-۸۹۴؛ ۲۱، صص. ۴۶-۵۶]. روش اول این است که خروجی‌های نامطلوب به‌سادگی مورد چشم‌پوشی قرار گیرند. روش دوم این است که خروجی‌های نامطلوب یا به صورت یک مدل تحلیل پوششی داده‌های غیرخطی در نظر گرفته شوند و یا اینکه اندازه‌گیری فاصله به صورتی تغییر داده شود که گسترش خروجی‌های نامطلوب را محدود نماید [۲۲، صص. ۹۰-۹۸]. روش سوم آن است که خروجی‌های نامطلوب به عنوان ورودی در نظر گرفته شوند و یا اینکه یک تبدیل نزولی یکنوا بر آنها اعمال شود (مثلاً $1/y^b$، که در اینجا y^b نشان‌دهنده خروجی نامطلوب است). سیفورد[۱۴] و ژو[۱۵] رویکردی را پیشنهاد کردند که خروجی‌های نامطلوب را در چارچوب تحلیل پوششی داده‌ها بررسی می‌کند [۲۳، صص. ۱۶-۲۰]. این رویکرد نسبت به تبدیل داده‌ها در مدل تحلیل پوششی داده‌ها تغییرناپذیر است.

عوامل نامطلوب از زمانی که فه‌ره[۱۶] و همکاران برای نخستین بار یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی را برای ارزیابی کارایی در حضور عوامل نامطلوب ارائه کردند، به‌طور قابل توجهی گسترش یافته‌اند [۲۲، صص. ۹۰-۹۸]. شیل[۱۷] برخی اندازه‌های شعاعی را ارائه کرد که هر گونه تغییر سطح خروجی هم شامل خروجی‌های مطلوب و هم شامل خروجی‌های نامطلوب خواهد بود [۲۴، صص. ۴۰۰-۴۱۰]. سیفورد و ژو یک مدل شعاعی را برای بهبود کارایی از طریق افزایش خروجی‌های مطلوب و کاهش خروجی‌های نامطلوب ایجاد کردند [۲۳، صص. ۱۶-۲۰]. هادی ونچه و همکاران مدلی را برای ارزیابی کارایی ایجاد

Archive of SID

www.SID.ir

کردند که به‌طور همزمان ورودی‌های نامطلوب و خروجی‌های نامطلوب را در نظر می‌گیرد [۲۵، صص. ۵۴۷-۵۵۲]. برای پژوهش‌های مرتبط دیگر رجوع شود به جهانشاهلو و همکاران [۲۶، صص. ۱۹-۳۲]، کورهنن[18] و لوپتاچیک[19] [۲۷، صص. ۴۳۷-۴۴۶]، جهانشاهلو و همکاران [۲۸، صص. ۹۱۷-۹۲۵]، ژانگ[20] و همکاران [۲۹، صص. ۳۰۶-۳۱۶]، لیانگ[21] و همکاران [۳۰، صص. ۵۸۹۵-۵۸۹۹]. فرضی‌پور صائن یک مدل جمعی را برای در نظر گرفتن داده‌های نادقیق و عوامل نامطلوب ارائه کردند [۲۱، صص. ۴۶-۵۶]. با این حال، به طوری که در فرضی‌پور صائن بحث شده است، این مدل جمعی هیچ‌گونه اندازه اسکالری (کارایی نسبتی) ندارد [۳۱، صص. ۱۴۴۰-۱۴۴۷]. گرچه مدل جمعی می‌تواند براساس وجود اسلک بین واحدهای تصمیم‌گیری کارا و غیرکارا افتراق قایل شود ولی به هیچ روشی نمی‌تواند عمق کارایی را شبیه مدل‌های شعاعی تحلیل پوششی داده‌ها اندازه‌گیری کند.

به طوری که در فرضی‌پور صائن بررسی شده است، در بسیاری از کاربردهای دنیای واقعی (به‌خصوص در مسائل انتخاب تأمین‌کننده)، مجبور هستیم زمان تصمیم‌گیری در مورد عملکرد یک واحد تصمیم‌گیری، وجود داده‌های کراندار را نیز در نظر بگیریم [۳۲، صص. ۱۸۰-۱۹۰]. خیلی از اوقات، وضعیت به این صورت است که برای عواملی مانند تعداد صورتحساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطا، تنها می‌توان داده‌های بازه‌ای از تأمین‌کنندگان ارائه کرد. ارائه‌ی داده‌های دقیق‌تر و قطعی از این قبیل معیارها ممکن است در عالم واقع امکان‌پذیر نباشد. بنابراین ممکن است داده‌ها نادقیق باشد. دقت کنید که عاملی مانند تعداد صورتحساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطا، یک خروجی مطلوب و همزمان یک عامل نادقیق است. برای کار با داده‌های نادقیق در تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌ها و روش‌های تحلیل پوششی داده‌های نادقیق ایجاد شده‌اند. منظور ما از داده‌های نادقیق آن است که برخی از داده‌ها فقط تا به آن حد معلوم هستند که می‌دانیم مقدار حقیقی آنها در داخل کران‌های تعیین شده قرار دارند، و برخی دیگر از داده‌ها به صورت ترتیبی تعیین شده‌اند.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه

۳-۱- مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های خوشبینانه واحدهای تصمیم‌گیری

فرض کنید n واحد تصمیم‌گیری باید ارزیابی شوند. هر واحد تصمیم‌گیری m ورودی را برای تولید s خروجی مصرف می‌کند. به‌طور خاص، DMU_j مقادیر $x_j=\{x_{ij}\}$ از ورودی $(i=1,\ldots,m)$ را مصرف می‌کند و مقادیر $y_j=\{y_{rj}\}$ از خروجی $(r=1,\ldots,s)$ را تولید می‌کند. بدون از دست رفتن کلیت موضوع، فرض می‌شود که همه داده‌های x_{ij} و y_{rj} $(i=1,\ldots,m$، $r=1,\ldots,s$، و $j=1,\ldots,n)$ به علت وجود عدم اطمینان به‌طور دقیق قابل تعیین نیستند. فقط می‌دانیم که در درون کران‌های بالا و پایین تعیین شده به صورت $[x_{ij}^L, x_{ij}^U]$ و $[y_{rj}^L, y_{rj}^U]$ قرار دارند که در اینجا $x_{ij}^L>0$ و $y_{rj}^L>0$.

برای کار کردن با چنین موقعیت نامطمئنی، وانگ[۲۲] و همکاران مدل‌های برنامه‌ریزی خطی (۱) و (۲) را برای به دست‌آوردن کران‌های بالا و پایین بازه‌ی کارایی هر واحد تصمیم‌گیری ارائه کردند که کارایی‌های خوشبینانه واحدهای تصمیم‌گیری را اندازه‌گیری می‌کنند [۳۳، صص. ۳۴۷-۳۷۰]:

$$
\begin{aligned}
&\max \quad \theta_o^U = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^U \\
&\text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \quad j=1,\ldots,n, \\
&\qquad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^L = 1, \\
&\qquad u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\ldots,s; \quad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

$$
\begin{aligned}
&\max \quad \theta_o^L = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^L \\
&\text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \quad j=1,\ldots,n, \\
&\qquad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\
&\qquad u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\ldots,s; \quad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

Archive of SID

www.SID.ir

که در اینجا DMU_o نشان‌دهنده واحد تصمیم‌گیری مورد ارزیابی است و v_i $(i=1,\ldots,m)$ و u_r $(r=1,\ldots,s)$ متغیرهای تصمیم‌گیری و ε بی‌نهایت کوچکِ غیرارشمیدسی است. θ_o^U و θ_o^L به‌ترتیب کارایی‌های خوشبینانه تحت مطلوب‌ترین موقعیت و نامطلوب‌ترین موقعیت برای DMU_o می‌باشند. آنها بازه کارایی خوشبینانه $[\theta_o^L,\theta_o^U]$ را تشکیل می‌دهند. اگر مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشند که باعث شود $\theta_o^{U^*}=1$، آنگاه DMU_o کارای تحلیل پوششی داده‌ها یا کارای خوشبینانه نامیده می‌شود؛ در غیر این صورت، به آن غیرکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا غیرکارای خوشبینانه می‌گویند.

۳-۲- مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی‌های بدبینانه واحدهای تصمیم‌گیری

چارچوب با ماهیت ورودی که مبتنی بر مجموعه نیازمندی ورودی و مرز ناکارایی آن است، درصدد آن است که ضمن حفظ خروجی، حداکثر در حد فعلی، مقادیر ورودی را تا حد امکان افزایش دهد و بر این واقعیت تأکید می‌کند که سطح خروجی بدون تغییر می‌ماند و مقادیر ورودی به صورت متناسب افزایش داده می‌شوند تا مرز تولید ناکارا حاصل شود. برآورد کننده تحلیل پوششی داده‌ها برای مجموعه امکان تولید ناکارا، در اصطلاح کارایی بدبینانه و یا بدترین کارایی نسبی نامیده می‌شود. برای یک واحد تصمیم‌گیری خاص، به طور مثال DMU_o، کارایی‌های بدبینانه را می‌توان از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های (۳) و (۴) محاسبه کرد [۳۴، صص. ۴۱۴۹-۴۱۵۶]:

$$
\begin{aligned}
&\min \quad \varphi_o^L = \textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^L \\
&\text{s.t.} \quad \textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U \geq 0, \quad j=1,\ldots,n, \\
&\qquad \textstyle\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\
&\qquad u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1,\ldots,s; \quad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۳}
$$

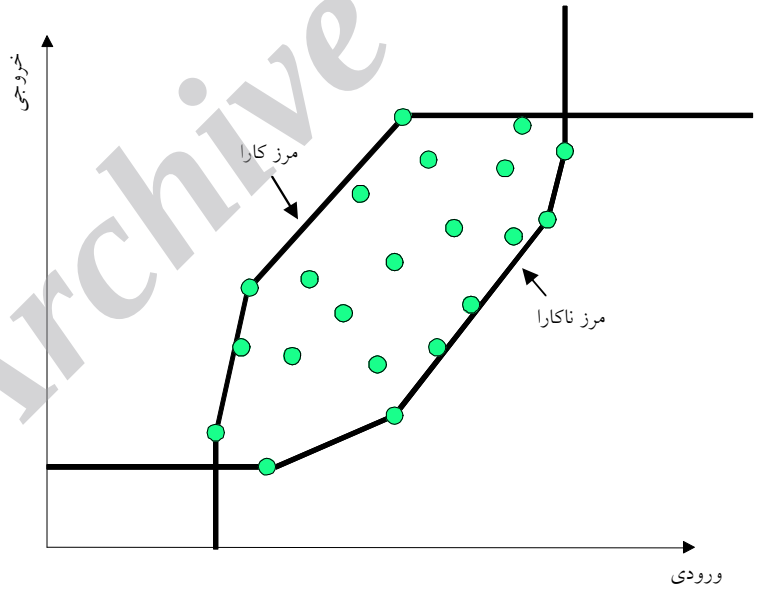
$$
\begin{aligned}
&\min \quad \varphi_o^U = \textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro}^U \\
&\text{s.t.} \quad \textstyle\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U \geq 0, \quad j=1,\ldots,n, \\
&\qquad \textstyle\sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^L = 1, \\
&\qquad u_r, v_i \geq \varepsilon, \quad r=1,\ldots,s; \quad i=1,\ldots,m.
\end{aligned}
\tag{۴}
$$

Archive of SID

www.SID.ir

در مدل‌های (۳) و (۴)، φ_o^L کارایی بدبینانه تحت نامطلوب‌ترین موقعیت و φ_o^U کارایی بدبینانه تحت مطلوب‌ترین موقعیت برای DMU_o می‌باشند. آنها برای DMU_o بازه کارایی بدبینانه $[\varphi_o^L, \varphi_o^U]$ را ارائه می‌کنند. زمانی که مجموعه‌ای از وزن‌های مثبت وجود داشته باشند تا $\varphi_o^{L^*} = 1$ را تأمین کند، می‌گوییم که DMU_o ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا ناکارای بدبینانه است. در غیر این صورت می‌گوییم که DMU_o غیرناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا غیرناکارای بدبینانه است.

دقت کنید که رویکرد تحلیل پوششی داده‌های متعارف به‌طور اکید بین واحدهای تصمیم‌گیری غیرکارا و ناکارا افتراق نمی‌دهد و آنها را به یک معنا به کار می‌برد. اما در مدل‌های (۱)-(۴)، واحدهای غیرکارا، ناکارا و غیرناکارا هر کدام به طور مؤکد افتراق داده می‌شوند، زیرا هر یک معنای خاصی دارند. واحدهای غیرکارا به‌طور لزوم نشان‌دهنده آن نیست که آنها ناکارا هستند. به همین ترتیب، واحدهای غیرناکارا نیز به‌طور لزوم کارا نیستند. مرزهای کارا و ناکارا با یک ورودی و یک خروجی، در شکل ۱ نشان داده شده است که از داده‌های مشاهده شده ساخته می‌شوند.



شکل ۱ مرزهای کارا و ناکارا برای یک ورودی و یک خروجی

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۳- مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای در حضور خروجی‌های نامطلوب

در اینجا مدل‌هایی را برای در نظر گرفتن هر دو نوع خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق ایجاد می‌کنیم. خروجی‌های متناظر با اندیس‌های $1,2,\ldots,k$ مطلوب هستند و خروجی‌های متناظر با اندیس‌های $k+1,k+2,\ldots,s$ نامطلوب هستند. ترجیح داده می‌شود که خروجی‌های مطلوب هر چه بیشتر تولید شوند و خروجی‌های نامطلوب تولید نشوند. فرض کنید $X \in R_+^{m\times n}$ و $Y \in R_+^{s\times n}$ ماتریس‌هایی متشکل از عناصر نامنفی باشند که حاوی اندازه‌های مشاهده شده‌ی ورودی و خروجی برای واحدهای تصمیم‌گیری هستند. بردار ورودی‌های مصرف شده به‌وسیله DMU_j با x_j نشان داده می‌شود (ستون j ماتریس X). کمیت ورودی i مصرف شده به‌وسیله DMU_j با x_{ij} نشان داده می‌شود. برای خروجی‌ها نیز از نماد مشابهی استفاده می‌شود.

برای در نظر گرفتن عوامل نامطلوب، کورهنن و لوپتاچیک یک مدل تحلیل پوششی داده‌های مرز بهترین عملکرد معرفی کردند [۲۷، صص. ۴۳۷-۴۴۶]. مدل آنها براساس این فکر است که همه خروجی‌ها به صورت یک مجموع وزنی ارائه می‌شوند، ولی برای خروجی‌های نامطلوب از وزن‌های منفی استفاده می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&\max \quad \theta_o = \sum_{r=1}^{k} u_r y_{ro} - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{to} \\
&\text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj} - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{tj} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \le 0, \quad j = 1,\ldots,n, \\
&\qquad \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io} = 1, \\
&\qquad u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r = 1,\ldots,s; \quad i = 1,\ldots,m
\end{aligned}
\qquad (۵)
$$

که در اینجا u_r و u_t به‌ترتیب وزن‌های داده شده به خروجی‌های مطلوب و خروجی‌های نامطلوب هستند.

درنهایت با الهام گرفتن از مدل (۵)، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای خوشبینانه و بدبینانه که در آن هم داده‌های بازه‌ای و هم خروجی‌های نامطلوب وجود دارند، به صورت مدل‌های (۶)-(۹) ارائه می‌شوند:

Archive of SID

www.SID.ir

$$\begin{aligned}
\max\quad & \theta_o^U = \sum_{r=1}^{k} u_r y_{ro}^U - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{to}^L \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}^U - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{tj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \quad j=1,\dots,n, \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^L = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\dots,s; \quad i=1,\dots,m.
\end{aligned} \tag{۶}$$

$$\begin{aligned}
\max\quad & \theta_o^L = \sum_{r=1}^{k} u_r y_{ro}^L - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{to}^U \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}^U - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{tj}^L - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^L \le 0, \quad j=1,\dots,n, \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\dots,s; \quad i=1,\dots,m.
\end{aligned} \tag{۷}$$

$$\begin{aligned}
\min\quad & \varphi_o^L = \sum_{r=1}^{k} u_r y_{ro}^L - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{to}^U \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}^L - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{tj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U \ge 0, \quad j=1,\dots,n, \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^U = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\dots,s; \quad i=1,\dots,m.
\end{aligned} \tag{۸}$$

$$\begin{aligned}
\min\quad & \varphi_o^U = \sum_{r=1}^{k} u_r y_{ro}^U - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{to}^L \\
\text{s.t.}\quad & \sum_{r=1}^{k} u_r y_{rj}^L - \sum_{t=k+1}^{s} u_t y_{tj}^U - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^U \ge 0, \quad j=1,\dots,n, \\
& \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}^L = 1, \\
& u_r, v_i \ge \varepsilon, \quad r=1,\dots,s; \quad i=1,\dots,m.
\end{aligned} \tag{۹}$$

۳-۴- تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای

فرض کنید برخی داده‌های ورودی و/یا خروجی برای واحدهای تصمیم‌گیری به صورت اطلاعات ترجیح ترتیبی داده شده‌اند. معمولاً ممکن است سه نوع اطلاعات ترجیح ترتیبی وجود داشته باشند:

۱- اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی، از قبیل $y_{rj} > y_{rk}$ و $x_{ij} > x_{ik}$، که می‌توان آنها را به صورت $y_{rj} \ge \chi_r y_{rk}$ و $x_{ij} \ge \eta_i x_{ik}$ بیان کرد که در اینجا $\chi_r > 1$ و $\eta_i > 1$ پارامترهایی در مورد درجه شدت ترجیح هستند که از سوی تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شوند؛

۲- اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف، از قبیل $y_{rp} \ge y_{rq}$ یا $x_{ip} \ge x_{iq}$؛

Archive of SID

www.SID.ir

۳- رابطه بی‌تفاوتی از قبیل $y_{rl} = y_{rt}$ یا $x_{il} = x_{it}$.

از آن جایی که مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های پیشنهادی در این مقاله دارای خاصیت عدم تغییر نسبت به واحد است، استفاده از تبدیل مقیاس برای اطلاعات ترجیح ترتیبی تأثیری بر کارایی واحدهای تصمیم‌گیری ندارد. بنابراین می‌توان یک تبدیل مقیاس را روی هر شاخص ورودی و خروجی انجام داد، به طوری که بهترین داده‌ی ترتیبی کمتر یا مساوی با واحد باشد و بعد یک برآورد بازه‌ای برای هر داده ترتیبی ارائه داد [۳۳، صص. ۳۴۷-۳۷۰].

حالا تبدیل اطلاعات ترجیح ترتیبی مثلاً درباره خروجی y_{rj} $(j = 1,\ldots,n)$ را در نظر بگیرید. اطلاعات ترجیح ترتیبی درباره داده‌های ورودی و خروجی را می‌توان به همان ترتیب تبدیل کرد.

برای اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف $y_{r1} \geq y_{r2} \geq \ldots \geq y_{rn}$، روابط ترتیبی زیر را پس از تبدیل مقیاس داریم:

$$1 \geq \hat{y}_{r1} \geq \hat{y}_{r2} \geq \ldots \geq \hat{y}_{rn} \geq \sigma_r \qquad (۱۰)$$

در اینجا σ_r عدد مثبت کوچکی است که نشان‌دهنده نسبت مقدار کمینه ممکن $\{y_{rj} \mid j = 1,\ldots,n\}$ به مقدار بیشینه ممکن آن است. همچنین تقریب آن را می‌تواند تصمیم‌گیرنده ارائه دهد. برای راحتی به این عدد پارامتر نسبت می‌گوییم. بازه مجاز به دست آمده برای هر $\hat{y}_{rj}$ به صورت زیر داده می‌شود:

$$\hat{y}_{rj} \in [\sigma_r, 1] \quad j = 1,\ldots,n \qquad (۱۱)$$

برای اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی $y_{r1} > y_{r2} > \ldots > y_{rn}$، روابط ترتیبی زیر برای تبدیل مقیاس وجود دارد:

$$1 \geq \hat{y}_{r1}; \quad \hat{y}_{rj} \geq \chi_r \hat{y}_{r,j+1}, \quad j = 1,\ldots,n-1; \quad \hat{y}_{rn} \geq \sigma_r \qquad (۱۲)$$

Archive of SID

www.SID.ir

در اینجا χ_r پارامتر شدت ترجیح است که در رابطه $\chi_r > 1$ ارائه شده از سوی تصمیم‌گیرنده صدق می‌کند و σ_r پارامتر نسبت است که آن هم توسط تصمیم‌گیرنده ارائه شده است. بازه مجاز به دست آمده برای هر $\hat{y}_{rj}$ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\hat{y}_{rj} \in [\sigma_r \chi_r^{n-j}, \chi_r^{1-j}] \quad j = 1,\ldots,n \;\; \sigma_r \le \chi_r^{1-n} \quad ; \tag{۱۳}$$

و بالاخره، برای رابطه بی‌تفاوتی، بازه‌های مجاز همان‌هایی هستند که برای اطلاعات ترجیح ترتیبی ضعیف به دست آمدند.

از طریق تبدیل مقیاس بالا و برآورد بازه‌های مجاز، همه اطلاعات ترجیح ترتیبی به داده‌های بازه‌ای تبدیل می‌شود که به این ترتیب می‌توان آن را در مدل‌های (۶)-(۹) الحاق کرد.

۴- تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا: اندازه‌های عملکرد کلی

از آن جایی که کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه از دیدگاه‌های مختلفی اندازه‌گیری می‌شوند و منجر به دو نمره‌دهی متفاوت برای تأمین‌کنندگان می‌شوند، از این رو یک اندازه عملکرد کلی مورد نیاز است تا نمره کلی تأمین‌کنندگان به دست آید. در این مقاله، ما از اندازه میانگین هندسی که به‌وسیله وانگ و همکاران برای نمره‌دهی واحدهای تصمیم‌گیری با داده‌های قطعی پیشنهاد شده است، استفاده می‌کنیم [۳۵، صص. ۹۲۹-۹۳۷]:

$$\phi_j = \sqrt{\varphi_j^* \cdot \theta_j^*}, \quad j = 1,\ldots,n \tag{۱۴}$$

که در اینجا θ_j^* و φ_j^* به‌ترتیب کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه DMU_j هستند. روشن است که اندازه میانگین هندسی تعریف شده در (۱۴)، بزرگی دو کارایی را

Archive of SID

www.SID.ir

همزمان در نظر می‌گیرد.

فرض کنید $\theta_j^* = [\theta_j^{L^*}, \theta_j^{U^*}]$ و $\varphi_j^* = [\varphi_j^{L^*}, \varphi_j^{U^*}]$ به‌ترتیب بازه‌ی کارایی خوشبینانه و بدبینانه DMU_j باشند. براساس قواعد عملیاتی روی داده‌های بازه‌ای، داریم [۳۶]:

$$\begin{aligned}\phi_j &= \sqrt{[\theta_j^{L^*}, \theta_j^{U^*}] \times [\varphi_j^{L^*}, \varphi_j^{U^*}]} = \sqrt{[\theta_j^{L^*} \cdot \varphi_j^{L^*}, \theta_j^{U^*} \cdot \varphi_j^{U^*}]} \\ &= \left[\sqrt{\theta_j^{L^*} \cdot \varphi_j^{L^*}}, \sqrt{\theta_j^{U^*} \cdot \varphi_j^{U^*}}\right], \quad j = 1, \ldots, n.\end{aligned} \tag{۱۵}$$

بدیهی است که ϕ_j $(j = 1, \ldots, n)$ نیز باید یک عدد بازه‌ای باشد که آن را با $[\phi_j^L, \phi_j^U]$ $(j = 1, \ldots, n)$ نشان می‌دهیم. در این صورت داریم:

$$\begin{aligned}\phi_j^L &= \sqrt{\theta_j^{L^*} \cdot \varphi_j^{L^*}}, \quad j = 1, \ldots, n, \\ \phi_j^U &= \sqrt{\theta_j^{U^*} \cdot \varphi_j^{U^*}}, \quad j = 1, \ldots, n.\end{aligned} \tag{۱۶}$$

برای راحتی، روشی را که عملکرد کلی هر تأمین‌کننده را نسبت به هر دو کارایی خوشبینانه و بدبینانه تعیین می‌کند، روش تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا می‌نامیم. مرز کارایی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان کارای خوشبینانه را مشخص می‌کند که عملکرد به‌نسبت خوبی دارند، در حالی که مرز ناکارایی مجموعه‌ای از تأمین کنندگان ناکارای بدبینانه را مشخص می‌کند که به نسبت، عملکرد ضعیف‌تری دارند. بهترین تأمین‌کننده را معمولاً می‌توان از میان تأمین‌کنندگان کارای خوشبینانه انتخاب کرد.

۵- یک مثال عددی

مجموعه داده‌ها برای این مثال از فرضی‌پور صائن گرفته شده است و حاوی مشخصات ۱۸ تأمین‌کننده است [۲۱، صص. ۴۶-۵۶]. ورودی کاردینال در نظر گرفته شده، هزینه *کل ارسال‌ها*[۲۳] (X_1) است. خروجی مطلوب استفاده شده در

Archive of SID

www.SID.ir

این مطالعه *تعداد صورتحساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطا*[۲۴] (y_1) است. تعداد صورتحساب‌های دریافت شده از تأمین‌کننده بدون خطا به عنوان خروجی کراندار در نظر گرفته خواهد شد. خروجی نامطلوب، *تعداد قطعات در میلیون*[۲۵] (y_2) برای قطعات معیوب است. *شهرت تأمین‌کننده*[۲۶] (x_2) به عنوان یک ورودی کیفی قرار داده شده است. شهرت تأمین‌کننده یک عامل نامشهود است که معمولاً به‌صراحت در مدل ارزیابی برای تأمین‌کننده منظور نمی‌شود. این متغیر کیفی روی یک مقیاس ترتیبی اندازه‌گیری می‌شود، به‌طوری که برای مثال به تأمین‌کننده شماره ۱۸ بالاترین شهرت داده می‌شود و به تأمین‌کننده شماره ۱۷، پایین‌ترین شهرت. جدول ۱ صفات تأمین‌کنندگان را نشان می‌دهد. مقدار بینهایت کوچک غیرارشمیدسی برای این مثال $\varepsilon = 10^{-4}$، منظور شده است.

فرض کنید پارامتر شدت ترجیح و پارامتر نسبت درباره اطلاعات ترجیح ترتیبی قوی به‌ترتیب به صورت $\eta_2 = 1.05$ و $\sigma_2 = 0.05$ داده شده‌اند. برای نشان دادن تکنیک تبدیل شرح داده شده در قسمت ۳-۴، برآورد بازه‌ای برای تأمین‌کننده شماره ۶ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\hat{x}_{26} \in [\sigma_2 \eta_2^{n-j}, \eta_2^{1-j}] = [0.05(1.05)^{18-17}, 1.05^{1-17}] = [0.0525, 0.4581]$$

برآورد بازه‌ای برای شهرت هر تأمین‌کننده در ستون دوم جدول ۲ نشان داده شده است. بنابراین همه داده‌های ورودی و خروجی اکنون به اعداد بازه‌ای تبدیل شده‌اند و می‌توان آنها را با مدل‌های پیشنهادی در این مقاله ارزیابی کرد. جدول ۲ نتایج سنجش کارایی ۱۸ تأمین‌کننده را که با استفاده از مدل‌های (۶)-(۹) به دست آمده است، نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱ صفات مربوط به ۱۸ تأمین‌کننده

شماره تأمین‌کننده	ورودی‌ها		خروجی مطلوب y_{1j}	خروجی نامطلوب y_{2j}
	x_{1j} (1000 $)	[a] x_{2j}		
۱	۲۵۳	۵	[۵۰،۶۵]	۱
۲	۲۶۸	۱۰	[۶۰،۷۰]	۵/۳
۳	۲۵۹	۳	[۴۰،۵۰]	۴/۶
۴	۱۸۰	۶	[۱۰۰،۱۶۰]	۳۰
۵	۲۵۷	۴	[۴۵،۵۵]	۳۰
۶	۲۴۸	۲	[۸۵،۱۱۵]	۳۰
۷	۲۷۲	۸	[۷۰،۹۵]	۳۰
۸	۳۳۰	۱۱	[۱۰۰،۱۸۰]	۱۳/۸
۹	۳۲۷	۹	[۹۰،۱۲۰]	۴
۱۰	۳۳۰	۷	[۵۰،۸۰]	۳۰
۱۱	۳۲۱	۱۶	[۲۵۰،۳۰۰]	۲۶/۴
۱۲	۳۲۹	۱۴	[۱۰۰،۱۵۰]	۲۵/۸
۱۳	۲۸۱	۱۵	[۸۰،۱۲۰]	۲۵/۸
۱۴	۳۰۹	۱۳	[۲۰۰،۳۵۰]	۲۱/۹
۱۵	۲۹۱	۱۲	[۴۰،۵۵]	۹
۱۶	۳۳۴	۱۷	[۷۵،۸۵]	۷
۱۷	۲۴۹	۱	[۹۰،۱۸۰]	۶/۳
۱۸	۲۱۶	۱۸	[۹۰،۱۵۰]	۲۸/۸

[a] رتبه‌بندی به صورتی که ۱۸ ≡ بالاترین رتبه، ...، ۱ ≡ پایین‌ترین رتبه ($x_{2,18} > x_{2,16} > \ldots > x_{2,17}$).

Archive of SID

www.SID.ir

با اعمال مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (۶) و (۷)، نمرات کارایی خوشبینانه تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون سوم جدول ۲ نشان داده شده‌اند. با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت که سه تأمین‌کننده، یعنی تأمین‌کنندگان شماره ۱، ۱۴ و ۱۷ برحسب مدل تحلیل پوششی داده‌های (۶)، کارای تحلیل پوششی داده‌ها یا کارای خوشبینانه می‌باشند. اگر آنها قادر باشند از ورودی کمینه برای تولید خروجی بیشینه استفاده کنند، کارای خوشبینانه خواهند بود؛ در غیر این صورت، غیرکارای خوشبینانه خواهند بود. پانزده تأمین‌کننده باقیمانده با نمرات کارایی نسبی کمتر از یک غیرکارای خوشبینانه دانسته می‌شوند. همچنین با اعمال مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (۸) و (۹)، نمرات کارایی بدبینانه تأمین‌کنندگان را به دست می‌آوریم که در ستون چهارم جدول ۴ نشان داده شده‌اند. از دیدگاه کارایی بدبینانه، سه تأمین‌کننده یعنی تأمین‌کنندگان شماره ۵، ۱۰ و ۱۵ برحسب مدل تحلیل پوششی داده‌های (۸)، ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها یا ناکارای بدبینانه می‌باشند. اگر از ورودی بیشینه برای تولید خروجی کمینه استفاده کنند، ناکارای بدبینانه خواهد بوند؛ در غیر این صورت، غیرناکارای بدبینانه خواهند بود. پانزده تأمین‌کننده باقیمانده با نمرات کارایی نسبی بیشتر از یک غیرناکارای بدبینانه دانسته می‌شوند. بعلاوه نتایج به همراه بازه‌ی کارایی عملکرد کلی ۱۸ تأمین‌کننده که با معادله (۱۶) تعیین می‌شود، در ستون دوم جدول ۳ نشان داده شده‌اند. درنهایت برای مقایسه و رتبه‌بندی بازه کارآیی عملکرد کلی ۱۸ تأمین کننده، ما از رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه که توسط وانگ و همکاران توسعه یافته است، استفاده کردیم [۳۳، صص.۳۴۷-۳۷۰]. ستون آخر جدول ۳، رتبه‌بندی ۱۸ تأمین‌کننده را براساس بازه کارایی عملکرد کلی نشان می‌دهد. روشن است که تأمین‌کننده شماره ۱۴ بهترین عملکرد کلی را دارد و بنابراین باید انتخاب شود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲ براورد بازه‌ای برای شهرت ۱۸ تأمین‌کننده و ارزیابی آنها با استفاده از کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه

شماره تأمین‌کننده	شهرت تأمین‌کننده	بازه کارایی خوشبینانه	بازه کارایی بدبینانه
۱	[۰/۰۶۰۸، ۰/۵۳۳۰]	[۰/۶۵۲۵، ۱/۰۰۰۰]	[۱/۴۳۸۸، ۱/۸۷۰۵]
۲	[۰/۰۷۷۶، ۰/۶۷۶۸]	[۰/۱۹۷۵، ۰/۲۳۱۳]	[۱/۶۲۹۶، ۱/۹۰۱۳]
۳	[۰/۰۵۵۱، ۰/۴۸۱۰]	[۰/۱۳۶۱، ۰/۲۳۱۱]	[۱/۱۲۴۰، ۱/۴۰۵۲]
۴	[۰/۰۶۳۸، ۰/۵۵۶۸]	[۰/۴۸۸۱، ۰/۷۸۲۸]	[۳/۱۳۷۶، ۶/۴۶۷۵]
۵	[۰/۰۵۷۹، ۰/۵۰۵۱]	[۰/۱۵۱۹، ۰/۲۳۹۷]	[۱/۰۰۰۰، ۱/۴۳۳۵]
۶	[۰/۰۵۲۵، ۰/۴۵۸۱]	[۰/۳۰۰۱، ۰/۵۵۵۹]	[۲/۴۱۴۵، ۳/۳۴۳۷]
۷	[۰/۰۷۰۴، ۰/۶۱۳۹]	[۰/۲۲۴۶، ۰/۳۴۲۸]	[۱/۷۲۱۳، ۲/۴۸۴۰]
۸	[۰/۰۸۱۴، ۰/۷۱۰۷]	[۰/۲۶۶۸، ۰/۵۶۴۳]	[۲/۲۰۵۴، ۳/۹۷۱۲]
۹	[۰/۰۷۳۹، ۰/۶۴۴۶]	[۰/۲۳۳۵، ۰/۵۸۵۹]	[۲/۰۰۴۰، ۲/۶۷۲۲]
۱۰	[۰/۰۶۷۰، ۰/۵۸۴۷]	[۰/۱۳۱۱، ۰/۳۰۰۸]	[۱/۰۰۰۰، ۱/۶۹۸۳]
۱۱	[۰/۱۰۳۹، ۰/۹۰۷۰]	[۰/۶۸۶۵، ۰/۸۲۴۳]	[۵/۱۶۱۸، ۶/۸۰۳۷]
۱۲	[۰/۰۹۴۳، ۰/۸۲۲۷]	[۰/۲۶۶۴، ۰/۴۰۶۳]	[۲/۱۹۳۱، ۳/۳۱۷۹]
۱۳	[۰/۰۹۹۰، ۰/۸۶۳۸]	[۰/۲۴۹۲، ۰/۳۷۵۲]	[۱/۵۸۷۰، ۳/۱۰۷۱]
۱۴	[۰/۰۸۹۸، ۰/۷۸۳۵]	[۰/۵۷۰۵، ۱/۰۰۰۰]	[۴/۷۱۱۱، ۸/۲۴۶۶]
۱۵	[۰/۰۸۵۵، ۰/۷۴۶۲]	[۰/۱۲۰۷، ۰/۱۶۶۳]	[۱/۰۰۰۰، ۱/۳۷۵۴]
۱۶	[۰/۱۰۹۱، ۰/۹۵۲۴]	[۰/۱۹۸۰، ۰/۲۲۴۵]	[۱/۴۷۵۵، ۱/۸۵۲۸]
۱۷	[۰/۰۵۰۰، ۰/۴۳۶۲]	[۰/۳۱۹۰، ۱/۰۰۰۰]	[۲/۶۳۱۰، ۵/۲۶۲۸]
۱۸	[۰/۱۱۴۶، ۱/۰۰۰۰]	[۰/۳۶۵۵، ۰/۶۱۱۲]	[۱/۵۶۴۴، ۵/۰۵۲۸]

و بالاخره، آنچه در اینجا می‌خواهیم بر آن تأکید کنیم، این است که هر نتیجه‌گیری ارزیابی که فقط یکی از این دو دیدگاه را در نظر بگیرد، بدون تردید یک‌طرفه، غیرواقع‌گرایانه، و غیر متقاعدکننده خواهد بود [۳۷، صص. ۱۵۳-۱۷۳؛۳۸، صص. ۹۹-۱۱۷]. به عنوان مثال، تأمین‌کنندگان شماره ۱۱، ۱، ۱۴، ۴ و ۱۸ زمانی که برحسب بازه کارایی خوشبینانه ارزیابی می‌شوند، از همه تأمین‌کنندگان دیگر عملکرد بهتری دارند و به‌ترتیب در رتبه اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم قرار می‌گیرند (ر.ک. جدول ۳). همچنین زمانی‌که تأمین‌کنندگان شماره ۱۱، ۱، ۱۴، ۴ و ۱۸ برحسب بازه کارایی بدبینانه ارزیابی می‌شوند، عملکرد آنها به‌ترتیب به صورت دوم، چهاردهم، اول، سوم و دهم رتبه‌بندی می‌شود (ر.ک. جدول ۳). این دو نتیجه ارزیابی به‌طور مسلم با یکدیگر تعارض دارند. یک مجموعه نمره‌دهی عملکرد باید مشتمل بر هر دوی آنها باشد. ارزیابی

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری‌های حاصل از فقط یکی از آنها یک‌طرفه خواهد بود [۳۹، صص. ۱۳۲۵-۱۳۳۲].

جدول ۳ رتبه‌بندی و ارزیابی ۱۸ تأمین‌کننده با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا

تأمین‌کنندگان	بازه کارایی عملکرد کلی	رتبه براساس بازه کارایی		
		خوشبینانه	بدبینانه	عملکرد کلی
۱	[۰/۹۶۸۹، ۱/۳۶۷۷]	۲	۱۴	۴
۲	[۰/۵۶۷۳، ۰/۶۶۳۲]	۱۴	۱۰	۱۳
۳	[۰/۳۹۱۱، ۰/۵۶۹۹]	۱۶	۱۵	۱۵
۴	[۱/۲۳۷۵، ۲/۲۵۰۱]	۴	۳	۳
۵	[۰/۳۸۹۷، ۰/۵۸۶۲]	۱۵	۱۷	۱۶
۶	[۰/۸۵۱۲، ۱/۳۶۳۴]	۸	۵	۶
۷	[۰/۶۲۱۸، ۰/۹۲۲۸]	۱۲	۹	۱۲
۸	[۱/۷۶۷۱، ۱/۴۹۷۰]	۹	۶	۸
۹	[۰/۸۱۷۵، ۱/۲۵۱۳]	۶	۸	۷
۱۰	[۰/۳۶۲۱، ۰/۷۱۴۷]	۱۷	۱۶	۱۷
۱۱	[۱/۸۸۲۴، ۲/۳۶۸۲]	۱	۲	۲
۱۲	[۰/۷۶۴۴، ۱/۱۶۱۱]	۱۰	۷	۹
۱۳	[۰/۶۲۸۹، ۱/۰۷۹۷]	۱۱	۱۱	۱۱
۱۴	[۱/۶۳۹۴، ۲/۸۷۱۷]	۳	۱	۱
۱۵	[۰/۳۴۷۴، ۰/۴۷۸۳]	۱۸	۱۸	۱۸
۱۶	[۰/۵۴۰۵، ۰/۶۴۴۹]	۱۳	۱۳	۱۴
۱۷	[۰/۹۱۶۱، ۲/۲۹۴۱]	۷	۴	۵
۱۸	[۰/۷۵۶۲، ۱/۷۵۷۳]	۵	۱۲	۱۰

۶- مطالعه‌ی موردی

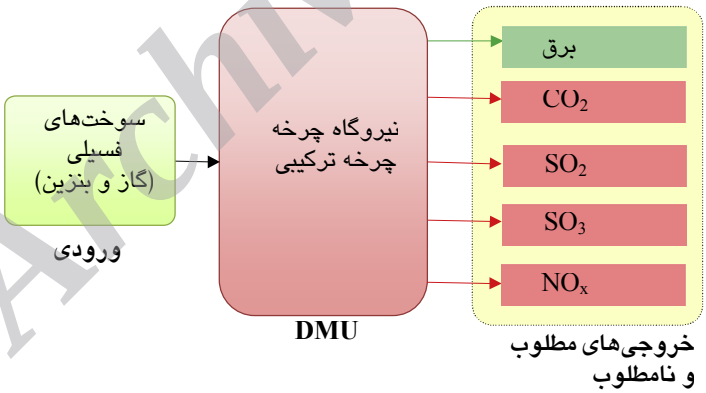
نیروگاه‌های ترکیبی با توربین‌های گازی و بخار کار می‌کند. توربین‌های گازی از سوخت گاز طبیعی یا بنزین برای تولید برق استفاده می‌کند و توربین بخار از حرارت تلف شده توربین گازی جهت تولید برق بهره می‌گیرد. این فرایند بسیار کارآمد است، زیرا که حرارت اگزوز به جای اینکه هدر برود، دوباره در سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. توربین گازی هوا را متراکم می‌کند و آن را با سوخت ترکیب می‌کند. سوخت می‌سوزد و هوای داغ حاصل شده منبسط می‌شود و پره‌های توربین را می‌چرخاند. توربین یک مولد برق را به حرکت در می‌آورد و ژنراتور حرکت چرخشی را به نیروی

Archive of SID

www.SID.ir

برق تبدیل می‌کند. گرمای خروجی تولید شده در توربین‌های گاز به یک ژنراتور بخار بازیافت حرارت ارسال می‌شود. این ژنراتور با استفاده از حرارت اگزوز توربین گازی، بخار ایجاد می‌کند و آن را به توربین بخار می‌فرستد. بخار در توربین بخار ایجاد انرژی بیشتر می‌کند و توربین بخار این انرژی را به شافت ژنراتور ارسال می‌کند. ژنراتور این انرژی را به برق تبدیل می‌کند.

روش پیشنهادی این مطالعه از سوی شرکت تولید و انتقال نیرو (توانیر) برای ارزیابی ۱۶ نیروگاه چرخه (سیکل) ترکیبی در ایران مورد استفاده قرار گرفت. توانیر مسئول تولید، انتقال و توزیع برق در ایران است. شش متغیر به عنوان ورودی و خروجی برای ارزیابی نمرات کارایی ۱۶ واحد نیروگاه چرخه ترکیبی انتخاب شدند. *سوخت فسیلی* ورودی اصلی نیروگاه‌های چرخه ترکیبی تحت مدیریت توانیر است. خروجی مطلوب *میزان انرژی تولید شده* است و خروجی‌های نامطلوب گازهایی از قبیل CO_2، SO_2، SO_3 و NO_x هستند. هر نیروگاه ترکیبی از سوخت‌ها برای تولید برق، گازهای منتشر شده و آلاینده‌ها استفاده می‌کند. شکل ۲ نمای شماتیک یک واحد تصمیم‌گیری را به عنوان یک نیروگاه نشان می‌دهد.



شکل ۲ یک نیروگاه به عنوان واحد تصمیم‌گیری

واحد اندازه‌گیری استفاده شده برای خروجی‌های مطلوب هزار کیلووات بر

Archive of SID

www.SID.ir

ساعت است و واحد اندازه‌گیری استفاده شده برای ورودی‌ها لیتر یا m^3 است. واحد اندازه‌گیری استفاده شده برای خروجی‌های نامطلوب تن است. جدول ۴ داده‌های ورودی و خروجی‌های استفاده شده در این مطالعه را نشان می‌دهد. مجموعه داده‌ها برای این مثال از خلیلی و همکاران گرفته شده است [۴۰، صص. ۷۶۰-۷۷۳]. همچنین مقدار بینهایت کوچک غیرارشمیدسی $\varepsilon = 10^{-20}$، منظور شده است.

جدول ۴ ورودی و خروجی‌های نیروگاه‌ها

واحد تصمیم‌گیری	ورودی		خروجی مطلوب		خروجی‌های نامطلوب							
	سوخت (m^3)		توان برق (1000 KW/h)		NO_x		SO_2		CO_2		SO_3	
	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا	کران پایین	کران بالا
۱	۱۰۰۲۲۴۳	۱۵۳۴۳۸۱	۴۶۶۳۸۲۰	۵۹۴۸۱۲۳	۳,۶	۵	۱,۸	۶,۶	۲۳۳۸	۳۰۱۵	۰	۰,۱
۲	۹۷۱۵۰۹	۱۲۹۸۱۱۲	۴۸۲۱۲۹۶	۵۶۵۷۳۹۲	۳,۷	۴,۴	۲,۱	۴,۷	۲۳۶۷	۲۷۲۷	۰	۰,۱
۳	۱۳۳۱۴۵۷	۱۸۳۱۰۹۸	۷۲۲۰۸۵۱	۷۶۹۹۵۱۲	۵,۳	۵,۸	۲,۸	۶,۷	۳۴۷۸	۳۶۳۱	۰	۰,۱
۴	۷۶۶۶۵۸	۱۱۱۷۳۲۲	۳۷۸۱۸۴۳	۴۶۲۸۵۲۰	۲,۸	۳,۷	۱,۷	۴,۸	۱۷۷۹	۲۲۵۰	۰	۰,۱
۵	۲۴۲۱۳	۱۰۶۰۹۴۲	۳۵۶۹۶۳	۳۱۸۴۶۳۱	۰,۶	۳,۲	۰,۴	۲,۲	۳۱۸	۲۱۱۹	۰	۰
۶	۱۰۴۵۴۵۵	۱۲۸۳۵۴۱	۵۳۳۹۷۸۰	۵۹۷۵۶۸۶	۳,۸	۴,۴	۱,۳	۳	۲۵۴۵	۲۸۰۶	۰	۰
۷	۴۱۲۴۴۲	۷۵۸۱۴۲	۱۹۲۵۸۵۶	۲۶۳۱۲۱۰	۱,۷	۲,۳	۰,۱	۱,۱	۱۰۵۲	۱۵۵۷	۰	۰
۸	۴۴۶۰۹۴	۱۰۱۷۳۳۹	۱۸۳۶۷۹۳	۴۲۸۹۰۰۴	۱,۸	۳,۶	۱,۱	۴,۲	۱۰۸۹	۲۲۲۹	۰	۰,۱
۹	۱۲۴۴۵۲۰	۱۸۲۰۷۳۷	۴۲۲۲۷۹۶	۷۹۳۵۵۷۱	۴,۳	۸	۰,۲	۱۲,۵	۲۸۰۶	۴۷۸۸	۰	۰,۲
۱۰	۱۰۵۶۱۸۲	۱۴۱۰۶۸۰	۵۱۲۶۲۵۶	۶۲۱۳۱۳۸	۳,۴	۴,۴	۰,۲	۳	۲۲۶۲	۲۸۰۲	۰	۰
۱۱	۳۱۱۲۳۹	۶۳۵۲۵۷	۱۸۲۰۲۰۹	۲۱۰۶۰۱۵	۱,۶	۱,۹	۱	۳,۳	۹۷۹	۱۰۹۱	۰	۰,۱
۱۲	۱۲۳۴۹۲۲	۲۳۰۳۴۶۸	۴۵۰۰۱۶۹	۹۸۸۶۱۰۲	۵,۲	۸,۳	۴,۱	۱۱,۴	۳۲۰۹	۴۹۹۳	۰,۱	۰,۲
۱۳	۴۲۲۱۹۱	۹۰۵۸۷۴	۱۷۷۰۳۳۲	۲۷۶۱۵۵۳	۱,۹	۲,۹	۰,۴	۲,۴	۱۲۲۲	۱۸۴۸	۰	۰
۱۴	۱۴۷۶۸۳	۲۷۶۹۶۳۴	۱۰۳۰۰۰۸	۵۰۰۸۷۷۲	۵,۵	۸,۵	۳	۹,۲	۳۵۴۶	۵۵۳۵	۰	۰,۱
۱۵	۱۶۱۶۱۴	۹۲۸۶۳۷	۱۲۵۸۵۷۰	۲۶۷۸۹۹۶	۱,۹	۴,۵	۱,۴	۷,۷	۹۸۵	۲۶۶۱	۰	۰,۱
۱۶	۱۲۹۸۶۸۸	۱۹۶۱۳۱۴	۴۷۸۵۷۵۳	۵۸۹۸۷۱۷	۵,۳	۵,۷	۰,۵	۴	۳۳۸۲	۳۸۲۸	۰	۰,۱

Archive of SID

www.SID.ir

با در نظر گرفتن دیدگاه‌های خوش‌بینانه و بدبینانه، دو نمره کارایی بازه‌ای برای هر نیروگاه چرخه ترکیبی محاسبه شد. جدول ۵ نشان‌دهنده نمرات کارایی واحدهای تصمیم‌گیری تحت هر دو سناریوی خوش‌بینانه و بدبینانه است.

به‌طوری که در جدول ۵ دیده می‌شود، فقط دو نیروگاه از دیدگاه خوشبینانه، کارای تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشند و چهارده نیروگاه باقیمانده غیرکارای تحلیل پوششی داده‌ها را تشکیل می‌دهند و باید توسعه داده شوند[۲۷]. همچنین، دو نیروگاه از دیدگاه بدبینانه، ناکارای تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشند و چهارده نیروگاه باقیمانده غیرناکارای تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشند.

درنهایت نیروگاه‌های چرخه ترکیبی براساس کران پایین و بالای نمرات کارایی عملکرد کلی خود جهت تعیین بهترین واحد تصمیم‌گیری طبقه‌بندی می‌شوند. همچنین رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه برای رتبه‌بندی کامل واحدهای تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. نتایج محاسباتی رویکرد مبتنی بر پشیمانی کمینه-بیشینه در جدول ۶ نشان داده شده‌اند، به‌طوری که در جدول ۶ دیده می‌شود، رتبه‌بندی نهایی براساس بازه عملکرد کلی هر واحد تصمیم‌گیری صورت گرفته است و بهترین واحد تصمیم‌گیری، واحد تصمیم‌گیری شماره ۵ و بدترین واحد تصمیم‌گیری، واحد تصمیم‌گیری شماره ۱۴ است.

جدول ۵ بازه‌های کارایی‌های خوشبینانه و بدبینانه ۱۶ نیروگاه چرخه ترکیبی

واحد تصمیم‌گیری	بازه کارایی خوشبینانه	واحد تصمیم‌گیری	بازه‌ی کارایی خوشبینانه	واحد تصمیم‌گیری	بازه‌ی کارایی بدبینانه	واحد تصمیم‌گیری	بازه‌ی کارایی بدبینانه
۱	[۰/۰۲۳۱،۰/۰۴۵۱]	۹	[۰/۰۱۷۶،۱/۰۰۰۰]	۱	[۸/۸۴۳۸،۱۷/۶۳۹۱]	۹	[۶/۵۷۲۸،۱۸/۹۵۱۶]
۲	[۰/۰۲۸۲،۰/۰۴۴۳]	۱۰	[۰/۰۲۷۶،۰/۸۶۱۵]	۲	[۱۰/۸۱۴۱،۱۷/۳۰۷۶]	۱۰	[۱۰/۸۰۰۴،۱۷/۴۸۴۰]
۳	[۰/۰۳۰۰،۰/۰۴۴۰]	۱۱	[۰/۰۲۱۸،۰/۰۵۱۴]	۳	[۱۱/۵۶۱۲،۱۷/۱۸۷۲]	۱۱	[۸/۰۵۶۹،۲۰/۱۱۱۱]
۴	[۰/۰۲۵۷،۰/۰۴۵۹]	۱۲	[۰/۰۱۴۹،۰/۰۶۰۹]	۴	[۹/۷۹۸۸،۱۷/۹۴۳۶]	۱۲	[۵/۵۵۳۲،۲۳/۵۵۷۱]
۵	[۰/۰۰۲۶،۱/۰۰۰۰]	۱۳	[۰/۰۱۴۹،۰/۰۴۹۷]	۵	[۱/۰۰۰۰،۳۹۰/۹۱۲۰]	۱۳	[۵/۸۰۸۴،۱۹/۴۴۰۷]
۶	[۰/۰۳۱۶،۰/۰۴۳۵]	۱۴	[۰/۰۰۲۸،۰/۲۵۷۹]	۶	[۱۲/۳۶۴۷،۱۶/۹۸۸۳]	۱۴	[۱/۰۰۰۰،۱۰۰/۸۰۲۰]
۷	[۰/۰۱۹۳،۰/۸۷۹۱]	۱۵	[۰/۰۱۰۳،۰/۱۲۶۰]	۷	[۷/۵۴۹۹،۱۸/۹۶۱۰]	۱۵	[۳/۷۱۴۰،۴۹/۲۶۷۶]
۸	[۰/۰۱۳۷،۰/۰۷۳۱]	۱۶	[۰/۰۱۸۶،۰/۳۱۰۲]	۸	[۵/۰۷۹۴،۲۸/۵۷۵۸]	۱۶	[۷/۱۰۳۵،۱۳/۴۹۹۶]

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶ رتبه‌بندی و ارزیابی ۱۶ واحد تصمیم‌گیری با استفاده از رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا

واحد تصمیم‌گیری	بازه کارایی عملکرد کلی	رتبه براساس بازه کارایی		
		خوشبینانه	بدبینانه	عملکرد کلی
۱	[۰/۴۵۲۰، ۰/۸۹۱۹]	۶	۷	۷
۲	[۰/۵۵۲۲، ۰/۸۷۵۶]	۳	۴	۴
۳	[۰/۵۸۸۹، ۰/۸۶۹۶]	۲	۲	۲
۴	[۰/۵۰۱۸، ۰/۹۰۷۵]	۵	۶	۶
۵	[۰/۰۵۱۰، ۱۹/۷۷۱۵]	۱۱	۱	۱
۶	[۰/۶۲۵۱، ۰/۵۸۹۶]	۱	۳	۳
۷	[۰/۳۸۱۷، ۴/۰۸۲۷]	۸	۹	۹
۸	[۰/۲۶۳۸، ۱/۴۴۵۳]	۱۴	۱۴	۱۴
۹	[۰/۳۴۰۱، ۴/۳۵۳۳]	۱۰	۱۱	۱۱
۱۰	[۰/۵۴۶۰، ۳/۸۸۱۰]	۴	۵	۵
۱۱	[۰/۴۱۹۱، ۱/۰۱۶۷]	۷	۸	۸
۱۲	[۰/۲۸۷۷، ۱/۱۹۷۸]	۱۲	۱۳	۱۳
۱۳	[۰/۲۹۴۲، ۰/۹۸۳۰]	۱۳	۱۲	۱۲
۱۴	[۰/۰۵۲۹، ۵/۰۹۸۷]	۱۶	۱۶	۱۶
۱۵	[۰/۱۹۵۶، ۲/۴۹۱۵]	۱۵	۱۵	۱۵
۱۶	[۰/۳۶۳۵، ۲/۰۴۶۴]	۹	۱۰	۱۰

۶-۱- نتایج مدیریتی

در این مقاله مدل‌های سنجش عملکرد را براساس تحلیل پوششی داده‌ها ایجاد کردیم و مدل‌های پیشنهادی را برای اندازه‌گیری عملکرد نیروگاه‌های چرخه ترکیبی با داده‌های بازه‌ای و خروجی‌های نامطلوب مورد استفاده قرار دادیم. کاربرد رویکرد پیشنهادی را نشان دادیم و اثربخشی این رویکرد را با یک مطالعه موردی ۱۶ نیروگاه چرخه ترکیبی در ایران به نمایش گذاشتیم. نیروگاه‌ها از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند و به‌عنوان خروجی مطلوب، برق و به عنوان خروجی نامطلوب، گازهای آلاینده تولید می‌کنند. لازم است که فرایند اندازه‌گیری کارایی در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی بهبود داده شود، چرا که برآورد صحیح آلاینده‌های ایجاد شده به‌وسیله نیروگاه می‌تواند منجر به راهبردهای عملی برای توسعه پایدار شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۷- ملاحظات پایانی

خرید یکی از مهم‌ترین و حیاتی‌ترین فعالیت‌های یک شرکت است، چرا که تأثیر شگرفی بر امور مالی، عملیات و رقابتی بودن سازمان دارد [۴۱، صص. ۵۱۱-۵۲۲]. اکنون انتخاب یک تأمین‌کننده مناسب یکی از مهم‌ترین تصمیم‌های بخش خرید است. این تصمیم به طور عموم بستگی به چند معیار مختلف دارد. به‌طور سنتی، هزینه معیار اصلی برای انتخاب یک تأمین‌کننده بوده است ولی به‌تدریج معیارهای غیرقیمت مانند کیفیت، ارسال و قابلیت کلی نیز از اهمیت مشابهی برخوردار شده‌اند.

در مقالات توجه زیادی به در نظر گرفتن همزمان داده‌های نادقیق و خروجی‌های نامطلوب در فرایند انتخاب تأمین‌کننده نشده است. این مقاله یک رویکرد جدید تحلیل پوششی داده‌ها با مرزهای کارا و ناکارا را پیشنهاد کرد که می‌تواند تأمین کنندگان را در حضور هر دو نوع داده‌های نادقیق و خروجی‌های نامطلوب ارزیابی کند. سپس با استفاده از این رویکرد، اندازه‌های عملکرد کلی برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای متعدد ارائه شد. مزیت روش ما این است که بهترین تأمین‌کننده همزمان از هر دو دیدگاه خوشبینانه و بدبینانه ارزیابی می‌شود. قابلیت کاربرد روش پیشنهادی با یک مثال عددی حاوی مشخصات ۱۸ تأمین‌کننده آزمایش شد و با یک مطالعه موردی نیروگاه‌های چرخه ترکیبی در ایران نشان داده شد. انتظار می‌رود که رویکرد تحلیل پوششی داده‌های پیشنهادی بتواند نقش مهمی در مسائل تصمیم‌گیری ایفا کند و کاربردهای بیشتری در آینده داشته باشد.

به‌طور خلاصه، سهم این مقاله شامل موارد زیر است:

- مدل‌های پیشنهادی نیازمند تعیین وزن از سوی تصمیم‌گیرنده نیستند.
- مدل‌های پیشنهادی خروجی‌های نامطلوب متعدد را در نظر می‌گیرند.
- مدل‌های پیشنهادی داده‌های نادقیق را در نظر می‌گیرند.
- مدل‌هایی در حضور هر دو نوع خروجی‌های نامطلوب و داده‌های نادقیق ارائه شدند.
- دو دیدگاه خوشبینانه و بدبینانه همزمان برای تصمیم‌گیری در نظر گرفته شدند.

۷- سپاسگزاری

مؤلفان مایلند که از سردبیر مجله و یک داور ناشناس به دلیل نظرات و پیشنهادهای سازنده‌ای که در بهبود مقاله بسیار مفید بود، تشکر کنند.

Archive of SID

www.SID.ir

۸- پی‌نوشت‌ها

1. Lee.
2. Lin.
3. Hsu.
4. Hu.
5. Kokangul.
6. Susuz.
7. Guneri.
8. Wu.
9. Dempster-Shafer.
10. Kumar.
11. Ventura.
12. Lu.
13. Lo.
14. Seiford
15. Zhu
16. Färe
17. Scheel
18. Korhonen
19. Luptacik
20. Zhang
21. Liang
22. Wang
23. Total cost of shipments
24. Number of bills received from the supplier without errors
25. Parts per million
26. Supplier reputation

۲۷. با در نظر گرفتن فرضیه‌های بازده به مقیاس در مدل‌های پوششی تحلیل پوششی داده‌ها و با استفاده از ترکیب خطی ورودی و خروجی‌های مجموعه مرجع یک واحد تصمیم‌گیری، می‌توان تصویر آن واحد تصمیم‌گیری را روی مرز کارا به دست آورد. راهبردهای زیر برای تصویر کردن واحدهای تصمیم‌گیری غیرکارا روی مرز کارا در حضور خروجی‌های نامطلوب و داده‌های بازه‌ای پیشنهاد می‌شود:

سناریوی مطلوب‌ترین موقعیت: فرض می‌کنیم که کران بالای نمره بازه کارایی خوشبینانه به دست آمده است و ورودی و خروجی‌ها به بهترین سطح خود رسیده‌اند، به عبارت دیگر واحد تصمیم‌گیریی مورد ارزیابی می‌تواند با مصرف کران پایین ورودی و تولید کران بالای خروجی‌های مطلوب و کران پایین خروجی‌های نامطلوب، به کران بالای نمره کارایی دست پیدا کند.

سناریوی نامطلوب‌ترین موقعیت: فرض می‌کنیم که کران پایین نمره بازه کارایی خوشبینانه به دست آمده است و ورودی و خروجی‌ها به بدترین سطح خود رسیده‌اند، به

Archive of SID

www.SID.ir

عبارت دیگر واحد تصمیم‌گیری مورد ارزیابی می‌تواند با مصرف کران بالای ورودی و تولید کران پایین خروجی‌های مطلوب و کران بالای خروجی‌های نامطلوب به کران پایین نمره کارایی دست پیدا کند.

۹- منابع

[1] Kokangul A., Susuz Z. (2009) "Integrated analytical hierarch process and mathematical programming to supplier selection problem with quantity discount", *Applied Mathematical Modeling*, 33 (3): 1417–1429.

[2] Lee A.H.I., Kang, H.Y., Hsu C.F., Hung H.C. (2009) "A green supplier selection model for high-tech industry", *Expert Systems with Applications*, 36(4): 7917–7929.

[3] Lin R.H. (2009) "An integrated FANP–MOLP for supplier evaluation and order allocation", *Applied Mathematical Modelling*, 33(6): 2730–2736.

[4] Hsu C.W., Hu A.H. (2009) "Applying hazardous substance management to supplier selection using analytic network process", *Journal of Cleaner Production*, 17(2): 255–264.

[5] Guneri A.F., Yucel A., Ayyildiz G. (2009) "An integrated fuzzy-LP approach for a supplier selection problem in supply chain management", *Expert Systems with Applications*, 36(5): 9223–9228.

[6] Wu D. (2009) "Supplier selection in a fuzzy group setting: a method using grey related analysis and Dempster–Shafer theory", *Expert Systems with Applications*, 36(5): 8892–8899.

[7] Wu D. D., Zhang Y., Wu D., Olson D.L. (2010) "Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: a possibility approach", *European Journal of Operational Research*, 200(3): 774–787.

[8] Wu D. (2009) "Supplier selection: A hybrid model using DEA, decision tree and neural network", *Expert Systems with Applications,* 36(5): 9105–9112.

[9] Kumara D., Singh J., Singh O.P. Seema. (2013) "A fuzzy logic based decision support system for evaluation of suppliers in supply chain management practices", *Mathematical and Computer Modelling*, 57(11-12):

Archive of SID

www.SID.ir

2945–2960.

[10] Ventura J. A., Valdebenito V.A., Golany B. (2013) "A dynamic inventory model with supplier selection in a serial supply chain", *European Journal of Operational Research*, 230(2): 258–271.

[11] Farzipoor Saen R. (2009) "Suppliers selection in the presence of both cardinal and ordinal data", *European Journal of Operational Research*, 183(2): 741–747.

[12] Farzipoor Saen R. (2009) "Supplier selection by the pair of nondiscretionary factors-imprecise data envelopment analysis models", *Journal of the Operational Research Society*, 60(11): 1575–1582.

[13] Farzipoor Saen R. (2009) "A decision model for ranking suppliers in the presence of cardinal and ordinal data, weight restrictions, and nondiscretionary factors", *Annals of Operations Research*, 172(1): 177–192.

[14] Azizi H., Jafari Shaerlar A. (2013) "Evaluation and Selection of a Supplier by interval DEA models with Assurance Region: A DEA Approach with Efficient and Inefficient Frontiers",*Journal of Industrial Management,* 8(25)*:* 1–16. (In Persian).

[15] Azizi H. (2012) "A new approach for supplier selection in the presence of imprecise data: DEA with double frontiers", *Management Research in Iran,* 16 (2): 129–150. (In Persian).

[16] Azizi H., Jafari Shaerlar A., Farzipoor Saen R. (2016) "A new approach for considering a dual-role factor in supplier selection problem: DEA with efficient and inefficient frontiers", *Journal of Production & Operations Management,* 6(2):129–144. (In Persian).

[17] Azizi H., Jahed R. (2015) "Suppliers selection in volume discount environments in the presence of both cardinal and ordinal data: A new approach based on double frontiers DEA", *Management Research in Iran*, 19(3): 191–217. (In Persian).

[18] Beliën J., Forcé H. (2012) "Supply chain management of blood products: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 217(1): 1–16.

Archive of SID

www.SID.ir

[19] Chai J., Liu J.N.K., Ngai E.W.T. (2013) "Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature", *Expert Systems with Applications*, 40(10): 3872–3885.

[20] Lu W.M., Lo S.F. (2007) "A closer look at the economic– environmental disparities for regional development in China", *European Journal of Operational Research*, 183(2): 882–894.

[21] Farzipoor Saen R. (2010) "A decision model for selecting appropriate suppliers", *International Journal of Advanced Operations Management*, 2(1-2): 46-56.

[22] Färe R., Grosskopf S., Lovell C.A.K., Pasurka C. (1989) "Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: a nonparametric approach", *Review of Economics & Statistics*, 71(1): 90–98.

[23] Seiford L.M., Zhu J. (2002) "Modeling undesirable factors in efficiency evaluation", *European Journal of Operational Research*, 142(1): 16–20.

[24] Scheel H. (2001) "Undesirable outputs in efficiency valuations", *European Journal of Operational Research*, 132(2): 400–410.

[25] Hadi Vencheh A., Kazemi Matin R., Tavassoli Kajani M. (2005) "Undesirable factors in efficiency measurement", *Applied Mathematics and Computation*, 163(2): 547–552.

[26] Jahanshahloo G. R., Hadi Vencheh A., Foroughi A. A., Kazemi Matin R. (2004), "Inputs/outputs estimation in DEA when some factors are undesirable", *Applied Mathematics and Computation*, 156(1): 19–32.

[27] Korhonen P.J., Luptacik M. (2004) "Eco-efficiency analysis of power plants: an extension of data envelopment analysis", *European Journal of Operational Research*, 154(2): 437–446.

[28] Jahanshahloo G. R., Hosseinzadeh Lotfi F., Shoja N., Tohidi G., Razavyan S. (2005), "Undesirable inputs and outputs in DEA models", *Applied Mathematics and Computation*, 169(2): 917–925.

[29] Zhang B., Bi J., Fan Z., Yuan Z., Ge J. (2008) "Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach",

Archive of SID

www.SID.ir

Ecological Economics, 68(1-2): 306–316.

[30] Liang L., Li Y., Li S. (2009) "Increasing the discriminatory power of DEA in the presence of the undesirable outputs and large dimensionality of data sets with PCA", *Expert Systems with Applications*, 36(3): 5895–5899.

[31] Farzipoor Saen R. (2005) "Developing a nondiscretionary model of slacks-based measure in data envelopment analysis", *Applied Mathematics and Computation*, 169(2): 1440–1447.

[32] Farzipoor Saen R. (2009) "A mathematical model for selecting third-party reverse logistics providers", *International Journal of Procurement Management*, 2(2): 180–190.

[33] Wang Y.-M., Greatbanks R., Yang J. B. (2005) "Interval efficiency assessment using data envelopment analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 153(3): 347–370.

[34] Azizi H., Ganjeh Ajirlu H. (2011) "Measurement of the worst practice of decision-making units in the presence of non-discretionary factors and imprecise data", *Applied Mathematical Modelling*, 35(9): 4149-4156.

[35] Wang Y.-M., Chin K.S., Yang J.B. (2007) "Measuring the performances of decision-making units using geometric average efficiency", *Journal of the Operational Research Society*, 58(7): 929–937.

[36] Moore R.E. (1979) "Method and Application of Interval Analysis", SIAM, Philadelphia.

[37] Azizi H. (2012) "Efficiency assessment in data envelopment analysis using efficient and inefficient frontiers", *Management Research in Iran,* 16(3): 153–173. (In Persian).

[38] Azizi H., Bahari A., Jahed R. (2014) "A new approach for the selection of advanced manufacturing technologies: A new approach based on double frontiers data envelopment analysis", *Journal of Applied Mathematics,* 10: 99–117. (In Persian).

[39] Azizi H., Wang Y.-M. (2013) "Improved DEA models for measuring interval efficiencies of decision-making units", *Measurement*, 46(3): 1325–1332.

Archive of SID

www.SID.ir

[40] Khalili-Damghani K., Tavana M., Haji-Saami E. (2015) "A data envelopment analysis model with interval data and undesirable output for combined cycle power plant performance assessment", *Expert Systems with Applications*, 42(2): 760–773.

[41] Akarte M.M., Surendra N.V., Ravi B., Rangaraj N. (2001) "Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process", *Journal of the Operational Research Society*, 52(5): 511–522.

Archive of SID

www.SID.ir