ارائه مدلی برای تعیین شایستگی تأمین‌کنندگان در فرآیند حراج معکوس با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و معیار کیفیت محصول

مسعود ربانی[1*]، حامد فرخی[2]
دانشگاه تهران دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷

چکیده
طی دهه گذشته، مدیریت زنجیره‌تأمین به هدفی راهبردی برای سازمان‌های پیشرو در تولید تبدیل شده‌است. علت این مسئله تغییرات سریع در محیط عملیاتی این شرکت‌ها، سطح بالای جهانی‌شدن بازار آنها و افزایش رو به رشد تقاضای مشتریان برای دریافت خدمات بیشتر و باکیفیت بهتر است. از میان فعالیت‌های این حوزه، مدیریت تأمین و منبع‌یابی توانسته تغییرات قابل‌توجهی را در بسیاری از شرکت‌ها ایجاد کند. به‌طورکلی یکی از متداول‌ترین روش‌های منبع‌یابی و تأمین کالا حراج معکوس است. در این مقاله با استفاده از برنامه‌ریزی دوسطحی و تحلیل پوششی داده‌ها فرآیند حراج معکوس برای انتخاب تأمین‌کنندگان طراحی‌شده‌است. معیار کیفیت محصول ارائه شده توسط تأمین‌کننده در حراج معکوس به‌عنوان عاملی مهم در انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده‌است. سپس مدل ارائه شده با استفاده از یک روش ابتکاری بر مبنای شمارش تمامی حالات، حل‌شده و با استفاده از یک مطالعه عددی صحت و درستی مدل و روش حل ارائه‌شده موردبررسی قرار گرفته‌است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره‌تأمین، تحلیل پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی دوسطحی، حراج معکوس.

۱- مقدمه

مدیریت زنجیره‌تأمین به هدفی راهبردی برای سازمان‌های پیشرو در تولید تبدیل شده‌است. علت این مسئله تغییرات سریع در محیط عملیاتی این شرکت‌ها، سطح بالای جهانی شدن بازار آنها و افزایش روبه رشد تقاضای مشتری برای دریافت خدمات بیشتر و با کیفیت بهتر است[۱]. از میان فعالیت‌های این حوزه، مدیریت تأمین و منبع‌یابی توانسته باعث تغییرات قابل توجهی در بسیاری از شرکت‌ها شود. به‌طورکلی از متداول‌ترین روش‌های منبع‌یابی و تأمین کالا می‌توان به مذاکره چهره به چهره، مناقصه و حراج معکوس الکترونیک اشاره کرد. از طرفی روش مناقصه سنتی روشی متداول در صنایع امروز جامعه است و از طرف دیگر حراج معکوس الکترونیک به عنوان جایگزینی مناسب برای شبکه تأمین جهانی مطرح می‌شود.

علاقه‌مندی به تحقیق در حوزه مدیریت زنجیره تأمین با سرعت بیشتری در حال افزایش است و منجر به اختصاص حجم بیشتری از مقالات به مسائل مرتبط با زنجیره تأمین می‌شود.

واقعیت این است که امروزه دیگر، سازمان‌های خصوصی به‌عنوان مجموعه‌هایی مستقل با نام تجاری منحصربه‌فرد، به رقابت در بازار نمی‌پردازند. همچنین روش نوین در برخورد با محیط رقابتی در نظر گرفتن سازمان به‌عنوان عضوی از زنجیره مربوطه در نظر گرفته می‌شود که در نتیجه سازمان‌ها با توجه به فضای به‌شدت رقابتی بازار جهانی و فشار پیوسته مشتری برای کاهش زمان تحویل، مدیریت زنجیره‌تأمین را به‌عنوان حوزه اصلی برای پیشرفت خویش به‌حساب می‌آورند. به همین دلیل، موفقیت قطعی یک شرکت به توانایی مدیریتی آن در یکپارچه‌سازی و ایجاد هماهنگی بین شبکه پیچیده ارتباطات کسب‌وکار با اعضای زنجیره تأمین وابسته است؛

۱*- استاد دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها، دانشگاه تهران، نویسنده‌پاسخگو، پست‌الکترونیکی: mrabani@ut.ac.ir، نشانی: تهران، خیابان کارگر شمالی، بعد از بزرگراه جلال آل احمد، پردیس ۲ دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران، دانشکده صنایع
۲- دکترای مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، پست الکترونیکی: hamed.farrokhi@alumni.ut.ac.ir

بنابراین سازمان‌ها علاوه‌بر بهره‌مندی از مدیریت داخلی قوی نیازمند تلاش برای ایجاد ارتباط قوی با محیط خارجی خود هستند[۲].

در طی سال‌های گذشته، مدیریت تأمین و خرید توانسته تغییرات قابل‌توجهی را در بسیاری از شرکت‌ها موجب شود. با در نظر گرفتن مقدار پولی که معمولاً در تدارکات و اجرای تصمیمات خرید و تأمین درگیر می‌شود، این امر چندان عجیب نیست. هنگامی‌که امور خرید و تأمین به‌صورت مؤثر و کارآمد فعالیت می‌کنند، می‌توانند سهم زیادی در درآمد شرکت داشته باشند؛ اما این مطلب فراتر از احساس نیاز شرکت‌ها به ایجاد ارتباط بهتر با تأمین‌کنندگان است. این احساس که ناشی از پیاده‌شدن برنامه‌های بهبود در مهندسی، تولید و مدیریت پشتیبانی است، می‌تواند منجر به کاهش زمان پیشبرد در توسعه مدل جدید، تحویل به هنگام و بدون عیب محصولات شود[۳].

فرآیند خرید در زنجیره تأمین را می‌توان، به دست آوردن تمام کالاها، خدمات، امکانات و آگاهی لازم برای اجرا، نگهداری و اداره فعالیت‌های اصلی و پشتیبانی شرکت در مطلوب‌ترین شرایط، از منابع خارجی دانست. در این تعریف، امور خرید به مجموعه فعالیت‌های ویژه‌ای اطلاق می‌شود که هدف آنها عبارت است از:

- تعیین مشخصه کالا و خدماتی که باید خریداری شود (به لحاظ کیفیت و کمیت)
- انتخاب مناسب‌ترین تأمین‌کننده
- آماده شدن برای مذاکره و انجام مذاکره با تأمین‌کننده در جهت ایجاد توافق
- سفارش دادن به تأمین‌کننده منتخب
- نظارت و کنترل سفارش
- پیگیری و ارزیابی سفارش

در گام اول، پس از تعیین ویژگی‌ها تیم یا بخش خرید، تأمین‌کنندگان را ارزیابی اولیه کرده و استعلام را تدوین می‌کنند. سپس با ارزیابی پیشنهادهای ارائه‌شده، تأمین‌کننده‌ای را براساس شاخص‌های ارزیابی انتخاب می‌کنند (کیفیت محصول، شهرت تأمین‌کننده، خوش‌نامی و...).

در گام دوم، فعالیت‌های زیادی برای بهبود بهینه‌سازی انجام می‌شود. روش‌های متعددی برای تعیین قیمت و نحوه انتخاب تأمین‌کننده وجود دارد که یکی از این روش‌ها حراج معکوس است.

حراج معکوس به‌صورت نزولی انجام می‌شود. یعنی مسئول حراج، کار را با یک قیمت بالا آغاز می‌کند. این قیمت، بالاتر از قیمتی است که مسئول حراج برای فروش در نظر می‌گیرد. سپس مسئول حراج قیمت را به‌تدریج کاهش داده تا زمانی‌که دیگر هیچ فروشنده‌ای قیمت پایین‌تری را ارائه ندهد. بعد کالا از تأمین‌کننده‌ای که پایین‌ترین قیمت را ارائه می‌دهد خریداری می‌کند. حراج معکوس نقش اساسی در تجارت الکترونیک و تأمین الکترونیکی ایفا می‌کند. اساس موضوع حراج و حراج معکوس از مفهوم قیمت‌گذاری پویا و فرآیند پیشنهاد قیمت برای تأمین میزان مشخصی کالا بنا شده‌است. حراج معکوس در سال‌های اخیر توسط سازمان‌ها و شرکت‌های فراوانی استفاده شده‌است که معمولاً این سازمان‌ها دادوستدهایی در سطوح سازمانی با یکدیگر داشته‌اند. استفاده از حراج معکوس در مقایسه با حراج معمولی موجب کاهش قابل‌ملاحظه هزینه‌ها در فرآیند تأمین تدارکات شده است[۳-۶]. از کاربردهای واقعی استفاده از حراج معکوس می‌توان به خرید انبوه گل در بازارهای گل، خرید مواد شیمیایی و نفتی از کشورهای دیگر، واگذاری خدمات سرویس‌دهی به شرکت‌های خدماتی و...اشاره کرد[۷].

مکانیسم حراج معکوس در ادبیات به سه دسته کلی تقسیم می‌شود:

۱- حراج چند کالایی
۲- حراج چند واحدی
۳- حراج چند مشخصه‌ای

در دودسته اول حراج چند کالایی برای حالتی که محصولات موردنیاز برای خریدار متفاوت است، استفاده می‌شود و حراج چند واحدی برای حالتی‌که کالاهای یکسان در فرآیند حراج تأمین می‌شوند، قابل استفاده هستند. در هر دو نوع این حراج‌ها هدف کاهش هزینه‌ها و همچنین یافتن تأمین‌کننده مناسب است. در این دو نوع حراج فرض می‌شود که برای خریدار اهمیتی ندارد که کدام‌یک از تأمین‌کنندگان برنده فرآیند حراج هستند.

در حراج چند مشخصه‌ای، که معمولاً به‌صورت اینترنتی انجام می‌شود فرض کنید که هر یک از کالاهای تأمین‌شده ویژگی‌های متفاوتی دارند که هریک از تأمین‌کنندگان قادر به ارضای سطح مشخصی از آن ویژگی است. برای مثال یک محصول می‌تواند ویژگی‌هایی از قبیل کیفیت، مشخصات فنی، زمان تحویل و... داشته باشد که هریک از این ویژگی‌ها سطوح مشخصی از برآورده‌سازی دارند. برای نمونه زمان

تحویل می‌تواند یک هفته، یک ماه و ... باشد یا کیفیت محصول پیشنهاد شده توسط تأمین‌کنندگان می‌تواند از درجه‌های مختلفی از قبیل با کیفیت بالا، متوسط یا پایین برخوردار باشد[۸].

در ادامه تحقیقات سال‌های اخیر در زمینه انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از حراج معکوس مورد بررسی قرار گرفته است.

چی[۱][۹] یک فرآیند حراج برای تأمین یک سری از کالاها از میان گروهی از تأمین‌کنندگان را با در نظر گرفتن دو معیار هزینه و کیفیت پیشنهاد داده است. در فرآیند حراج معکوس پیشنهادی فرض شده است که قیمت‌های پیشنهادی توسط تأمین‌کنندگان به‌صورت مستقل از یکدیگر ارائه می‌شود. چنریتسو[۲] و همکاران مدل‌های چند مشخصه حراج معکوس را با مدل تک مشخصه‌ای (معیار هزینه) مقایسه کردند. آنها فرض کردند اگر تابع مطلوبیت خریدار در مورد کیفیت و زمان تحویل برای تأمین‌کنندگان شرکت‌کننده در حراج مشخص باشد، فقط معیار هزینه در انتخاب تأمین‌کننده توسط خریدار تأثیرگذار است[۱۰].

پارک[۳] و همکاران یک مدل چند واحدی و چند مشخصه‌ای حراج معکوس را در یک فرآیند تأمین چند واحدی گسترش دادند[۱۱]. همچنین برای کالاهای متفاوت نیز در مراجع[۱۲ و ۱۳] فرآیندهایی را برای حراج معکوس طراحی کردند. بیچلر[۴] و همکاران یک فرآیند حراج چندمشخصه‌ای که در آن بیش از یک تأمین‌کننده به‌عنوان برنده حراج معرفی می‌شود، ارائه کردند[۱۴].

میشرا و ورمانی[۵] یک فرآیند حراج معکوس چندمشخصه را برای انتخاب یک تأمین‌کننده با مطالعه ویژگی‌های راهبردی خریدار و تأمین‌کننده طراحی کردند. این مکانیسم باعث دستیابی به تخصیص‌های مناسب تأمین‌کنندگان به مشتری و تعیین قیمت رقابتی برای تأمین کالا می‌شود[۱۵].

رونن و لهمن[۶] روشی کلی برای طراحی یک فرآیند حراج معکوس بهینه ارائه داده‌اند[۱۶].

هریس و رویو[۷][۱۷] و وبر[۸][۱۸] مفروضات متفاوتی را برای تبدیل یک فرآیند حراج یک واحدی به فرآیند حراج چند واحدی پیشنهاد داده‌اند. یان[۹] از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن هرکدام از مشخصات در یک فرآیند حراج معکوس استفاده کرده‌است، سپس با استفاده از یک برنامه‌ریزی خطی برنده حراج معکوس تعیین می‌شود[۱۹].

هسیه و هوا[۱۰][۲۰] یک مسئله حراج معکوس ترکیبی با در نظر گرفتن چند تأمین‌کننده و چند خریدار را بررسی کردند که در آن هرکدام از خریداران به تعداد مشخصی از کالاها با ویژگی‌های مشخص نیازمندند. درواقع نوآوری اصلی آنها طراحی مسئله‌ای برای تعیین برنده در حراج معکوس و همچنین ارائه روش حل آزادسازی لاگرانژ برای حل مسئله می‌باشد.

چنگ[۱۱][۲۱] یک فرآیند حراج معکوس مخفی برای یک مسئله چند منبعی ارائه کرده‌است که در آن توابع هدف هزینه و زمان تحویل می‌باشند. بوئر و کوپفر [۲۲] یک مدل دو هدفه برای تعیین برنده در فرآیند حراج معکوس ترکیبی ارائه داده‌اند که شرکت‌کننده در حراج به دنبال موفقیت در فرآیند حراج می‌باشند درحالی‌که دو معیار هزینه و کیفیت را همزمان در نظر می‌گیرند. همچنین برای حل مدل نیز از یک روش فرا ابتکاری الگوریتم حریصانه و ترکیب آن با الگوریتم جستجوی همسایگی استفاده کرده‌اند.

تسای و چو[۱۲][۲۳] یک مکانیسم حراج معکوس مخفی برای تعیین برنده در شرایط فازی ارائه داده‌اند. همچنین آنها بین جواب‌های به‌دست‌آمده در شرایط حراج معکوس مخفی و حراج معکوس آشکار مقایسه‌ای انجام داده‌اند.

در یک مقاله مروری ارائه‌شده در سال ۲۰۱۵، مروری کامل بر روی موضوع حراج معکوس چندمشخصه‌ای انجام شده‌است، در این مقاله تحقیقات انجام‌شده در موضوعات تصمیم‌گیری و رویکرد بازی در فرآیند حراج معکوس، تحقیقات تجربی، سیاست‌های تصمیم‌گیری و همچنین تحقیقات انجام شده در زمینه‌های حراج و مذاکره و چانه‌زنی مورد بررسی قرارگرفته‌است، همچنین موضوعاتی برای انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه در انتهای همین مقاله مروری ارائه شده است[۲۴].

1- Che
2- Chen-Ritzo
3- Parkes
4- Bichler
5- Mishra & Veeramani
6- Ronen & Lehmann

7- Harris & Raviv
8- Weber
9- Yuan
10- Hsieh & Hua
11- Cheng
12- Buer & Kopfer

در جدیدترین تحقیقات ارائه‌شده در سال‌های اخیر توماس و همکاران[۷] در تحقیقی اثر میزان شفافیت اطلاعات و داده‌ها را در میزان سود به‌دست‌آمده از فرآیند حراج معکوس بررسی کرده‌اند. همچنین آنها دریافتند میزان شفافیت داده‌ها بر قیمت‌هایی که توسط شرکت‌کنندگان حراج ارائه‌شده نیز تأثیرگذار است.

منصوری وهسینی[۱][۲۵] مدلی را برای انتخاب برنده در فرآیند حراج معکوس ارائه داده‌اند. آنها یک فرآیند حراج معکوس چند مشخصه چند کالایی را در نظر گرفته‌اند و سپس برای حل مدل ارائه‌شده از روش آزادسازی لاگرانژ[۲] استفاده نموده‌اند. سپس جواب‌های به‌دست‌آمده را با جواب‌های حاصل از حل مدل با نرم‌افزار بهینه‌سازی استفاده‌شده مقایسه کرده‌اند.

جین و یو[۳][۲۶] با در نظر گرفتن فرآیند حراج معکوس به‌عنوان مکانیسمی برای تعیین قیمت یک فرآیند حراج بین دو تأمین‌کننده و یک خریدار را در نظر گرفته‌اند. آنها فرض کرده‌اند قیمت پیشنهادی توسط تأمین‌کنندگان به‌صورت مخفی بوده و دیگر شرکت‌کنندگان به‌صورت احتمالی از قیمت پیشنهادی اطلاع دارند. همچنین آنها با استفاده از تئوری بازی قرارداد بسته‌شده میان خریدار و تأمین‌کنندگان را در این مسئله مورد بررسی قرار داده‌اند.

کوزو[۴] و همکاران[۲۷] فرآیند حراج معکوس را در عملیات حمل‌ونقل در نظر گرفته‌اند. درواقع شرکت‌های مختلف برای بر عهده گرفتن حمل‌ونقل کالاهای یک زنجیره تأمین به رقابت می‌پردازند. بیشینه کردن سود شرکت‌هایی که در فرآیند حراج معکوس شرکت کرده‌اند به‌عنوان تابع هدف مدل ارائه‌شده در نظر گرفته‌شده‌است. راهبردهای پیشنهاد قیمت در فرآیند حراج معکوس نیز توسط آنها برای مسئله مورد بررسی توسط ایشان بیان شده است.

۱-۱- تحلیل پوششی داده‌ها[۵]

تحلیل پوششی داده‌ها یک چارچوب تئوریک را برای تحلیل عملکرد و اندازه‌گیری کارایی، فراهم می‌آورد. مدل مذکور شامل مجموعه‌ای از روش‌های برنامه‌ریزی خطی است که مرز ناحیه کارا را با استفاده از داده‌های مشاهده شده بنا می‌کند و آن‌گاه به ارزیابی و اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیرنده می‌پردازد، به‌طوری‌که این واحدها عمومی و انعطاف‌پذیر می‌باشند[۲۸]. این تکنیک، مبتنی بر رویکرد برنامه‌ریزی خطی است که هدف اصلی آن، مقایسه‌و سنجش کارایی تعدادی از واحدهای تصمیم‌گیرنده مشابه است که تعداد ورودی‌های مصرفی و خروجی‌های تولیدی متفاوتی دارند. این واحدها می‌توانند شعب یک بانک، مدارس، بیمارستان‌ها، پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌های برق، ادارات تحت پوشش یک وزارتخانه و یا کارخانه‌های متشابه باشند. منظور از مقایسه و سنجش کارایی نیز این است که یک واحد تصمیم‌گیرنده در مقایسه با سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده، چقدر خوب از منابع خود در راستای تولید استفاده کرده است[۲۹]. اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها CCR[۶] نام دارد. مبنای شکل‌گیری این مدل، تعریف کارایی به‌صورت نسبت یک خروجی به یک ورودی است.

به‌عبارت‌دیگر، در مدل CCR برای محاسبه کارایی فنی، به‌جای استفاده از نسبت یک خروجی به یک ورودی، از نسبت مجموع موزون خروجی‌ها (خروجی مجازی) به مجموع موزون ورودی‌ها (ورودی مجازی) استفاده می‌شود.

مدل CCR برای تعیین بالاترین نسبت کارایی و دخالت دادن میزان ورودی و خروجی‌های سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده در تعیین اوزان بهینه برای واحد تحت بررسی، پیشنهاد شده است. از این مدل می‌توان برای رتبه‌بندی سازمان‌ها استفاده کرد[۲۸].

با بررسی ادبیات موضوع حراج معکوس نتیجه گرفته می‌شود که تحقیقات اندکی از برنامه‌ریزی ریاضی برای مدل‌سازی بحث حراج معکوس در زنجیره تأمین استفاده شده است که این مدل‌ها فقط به بررسی چگونگی فرآیند تخصیص تأمین‌کنندگان‌برای‌برآورده‌کردن تقاضای خریدار پرداخته‌اند. همچنین مفروضات در نظر گرفته‌شده در مدل‌های ارائه‌شده سازگاری نزدیکی با واقعیت‌های موجود در فرآیند حراج معکوس ندارند. به این دلیل که در واقعیت، مفروضاتی از قبیل ارائه تخفیف‌های متنوع، انتخاب چندین تأمین‌کننده برای ارضاء تقاضای خریدار، محدود بودن ظرفیت هر یک از تأمین‌کنندگان و... وجود داشته که در مدل‌های ارائه‌شده لحاظ نگردیده‌اند. همچنین در مقالات بررسی‌شده به این موضوع که در فرآیند حراج معکوس باید هم‌سود تأمین‌کننده و هم خریدار بیشینه شود، توجه زیادی نشده است.

1- Mansouri & Hassini
2- Lagrangian Relaxation
3- Jin & Yu
4- Kuyzu
5- Data Envelopment Analysis
6- Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes

درصورتی‌که اگر فقط خریدار سود خود را در فرآیند حراج معکوس بیشینه کند، اشتیاق تأمین‌کنندگان برای شرکت در فرآیند حراج معکوس کاهش می‌یابد. این درحالی است که با توجه به ماهیت بازارهای جهانی، تأمین‌کنندگان برای شرکت در فرآیند حراج معکوس نیز به دنبال دستیابی به سود و کسب سهم بیشتری از تقاضای خریدار می‌باشند. لازم به ذکر است در مقالات بررسی‌شده معیاری برای سنجش قابلیت شرکت تأمین‌کننده در حراج معکوس در نظر گرفته نشده‌است حال‌آنکه از دیدگاه خریدار تمام تأمین‌کنندگان صلاحیت کافی برای پاسخ‌گویی تقاضای خریدار را ندارند که در این مقاله برای حضور تأمین‌کنندگان در فرآیند حراج معکوس ابتدا با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها صلاحیت حضور هریک از تأمین‌کنندگان بررسی‌شده و سپس تأمین‌کنندگانی که قادر به شرکت در فرآیند حراج معکوس هستند، برای تأمین تقاضای خریدار به رقابت می‌پردازند. در ادامه با استفاده از رویکردی دوسطحی، سود تأمین‌کننده و خریدار به‌صورت هم‌زمان بیشینه می‌شود.

به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که برای مدل‌سازی مسئله خریدار، به‌عنوان پیشرو و تأمین‌کنندگان به‌عنوان پیرو در نظر گرفته شده‌اند. همچنین در بحث تدارک و تأمین وجود مفهوم تخفیف بسیار مهم بوده که تأمین‌کنندگان برای جذب بیشتری از سهم بازار از آن استفاده می‌کنند که در مقالات بررسی‌شده این مفهوم کمتر مورد استفاده پژوهشگران قرارگرفته است. با توجه به اهمیت این موضوع در این مقاله از مفهوم تخفیف در طراحی فرآیند حراج معکوس استفاده شده‌است. در نهایت می‌توان نوآوری‌های اصلی این تحقیق و وجه تمایز آن را با تحقیق‌های قبلی همان‌طورکه در جدول (۱) ذکر شده‌است، در موارد زیر به‌صورت خلاصه بیان کرد:

۱- برای نزدیکی به دنیای واقعی، از مدل‌های پیشرو-پسرو در فرآیند حراج معکوس استفاده شده است.

۲- ارائه مدل جدید با در نظر گرفتن تخفیف در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده با استفاده از حراج معکوس

۳- با توجه به معیارهای متفاوت در هنگام پیشنهاد هزینه (به عنوان مثال ویژگی‌های کیفیت محصول و زمان تحویل آن)، از مفهوم گروه برای کالا (Bundle) استفاده گردیده‌است که این مفهوم برای مدلی که از حراج معکوس و تخفیف برای انتخاب تأمین‌کننده به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته شده‌باشد، در مدل‌های موجود در ادبیات کمتر مورد بررسی قرار گرفته است.

۴- در نظر گرفتن سود برای تأمین‌کنندگان کالای موردنیاز خریداران که در مدل‌های موجود در ادبیات کمتر به آن پرداخته شده‌است.

۵- با توجه به وجود معیارهای مختلف برای انتخاب تأمین‌کننده، از روش تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب اولیه تأمین‌کنندگان برای شرکت در فرآیند حراج معکوس و در واقع فیلتر کردن تأمین‌کنندگان قبل از شرکت در فرآیند استفاده شده است که در ادبیات مورد توجه قرار نگرفته است.

۶- پیشنهاد یک روش حل ابتکاری کارا برای دستیابی به جواب مدل جدید دوسطحی

جدول (۱): مطالعات اخیر مرتبط با این حوزه

مقاله	حراج معکوس	تخفیف در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده	گروه‌بندی محصولات	سود تأمین‌کنندگان	روش تحلیل پوششی داده‌ها	مدل پسرو	مدل پیشرو	روش حل	
								ابتکاری	دقیق
پارک و همکاران [۱۱]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
توماس و همکاران [۷]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
چی [۹]	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	✓
منصوری وهسینی [۲۵]	✓	✓	-	✓	-	-	✓		✓
جین و جونفاگ [۲۶]	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	✓
کوزو و همکاران [۲۷]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
هسیه و هوا [۲۰]	✓	-	✓	-	-	✓	✓	-	✓
تسای و چو [۲۳]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
هریس و رویو [۱۷]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
وبر [۱۸]	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
این تحقیق	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-

۲- تعریف مسئله

فرآیند حراج معکوس در این مقاله با استفاده از یک برنامه‌ریزی خطی دوسطحی مدل‌سازی شده است. برای توضیح روند اتفاق افتاده در حراج و شفاف‌تر شدن موضوع فرض می‌شود که یک خریدار، به مقدار مشخصی از یک نوع کالا، اعلام نیاز می‌کند که برای نیاز خود نیز ویژگی‌های مشخصی را در نظر گرفته است و هر یک از این ویژگی‌ها خود سطوح برآورده شدن متفاوتی داشته باشند، برای مثال فرض کنید که کالای مدنظر شامل ویژگی‌های کیفیت، زمان تحویل و گارانتی باشد و هر یک از این ویژگی‌های به ترتیب ۲، ۳ و ۴ سطح دارند در این صورت، کل تعداد ترکیبات مختلف انتخاب کالا در هر یک از این سطوح برابر ۲×۳×۴=۲۴ می‌شود که به هر یک از این ترکیبات یک گروه گفته می‌شود. در مسئله بررسی‌شده خریدار به‌عنوان پیشرو، ابتدا گروه موردنظر خود را مشخص کرده سپس باید تأمین‌کنندگان با توجه به گروه مشخص‌شده و در نظر گرفتن سود خود، اقدام به اعلام میزان و قیمت قابل برآورد در فرآیند حراج کنند. علاوه‌بر این در ارائه قیمت پیشنهادی توسط تأمین‌کنندگان، از مفهوم تخفیف کلی استفاده شده است. در این مفهوم، با توجه به ویژگی اقتصادی تنظیم قیمت در هنگام افزایش میزان تقاضای برآوردشده توسط تأمین‌کننده، قیمت‌های پیشنهادی کاهش می‌یابد.

روند تعیین متغیرها به این‌گونه است که در سطح اول خریدار به عنوان پیشرو گروه مورد نظر خود را تعیین کرده و در مرحله بعد تأمین‌کنندگان قیمت‌ها و میزان کالای برآورده شده را مشخص می‌کنند.

در مدل ارائه‌شده، ابتدا با استفاده از مدل CCR تحلیل پوششی داده‌ها، تأمین‌کنندگانی که مجاز به ورود در فرآیند حراج بوده‌اند را تعیین کرده و سپس با یک عملیات فیلترسازی وارد فرآیند حراج می‌شوند و بعد از آن با مشخص شدن تأمین‌کنندگانی که قادر به شرکت در حراج هستند مدل دوسطحی برای تعیین برنده و همچنین میزان کالای تخصیص‌یافته به هر یک از تأمین‌کنندگان مشخص می‌شود.

دلیل استفاده از مدل CCR در این مقاله رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بوده‌است. در واقع در بین مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مدل CCR قادر به رتبه‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری است[۲۳]. در ادامه علائم استفاده‌شده در مدل معرفی می‌گردند و پس از آن مدل ریاضی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- تعریف و مدل‌سازی مسئله

مجموعه‌ها

I : مجموعه تأمین‌کنندگان

A : مجموعه ویژگی‌های کالا

L_A: سطوح هر یک از ویژگی‌ها (کیفیت بالا، متوسط، پایین و...)

K: سطوح تخفیف

B: گروه‌های پیشنهادی برای ویژگی‌های کالا (کیفیت محصول، زمان تحویل و...)

P : مجموعه ورودی‌ها

Q : مجموعه خروجی‌ها

پارامترها

Va_b : ارزش گروه b برای خریدار

p_{ibk} : قیمت پیشنهادی تأمین‌کننده i برای گروه b در سطح تخفیف k

c_{ib} : هزینه صرف شده برای تأمین‌کننده i برای تدارک گروه b

r_{ik}: سطح تخفیف k ام برای تأمین‌کننده i

Cap_{ib}: ظرفیت هر تأمین‌کننده برای تدارک گروه b

D: میزان تقاضای خریدار

In_{pi}: میزان ورودی p ام برای تأمین‌کننده iام

Ou_{qi} : میزان خروجی q برای تأمین‌کننده j ام

α : حداقل کارایی قابل‌قبول

متغیرهای تصمیم

X_b: متغیر صفر و یک مربوط به انتخاب گروه b توسط خریدار

Y_{ibk}: میزان کالای تأمین‌شده توسط تأمین‌کننده i در سطح تخفیف k برای گروه b

Z_{ibk}: متغیر صفر و یک مربوط به فعال شدن سطح تخفیف k برای تأمین‌کننده i در گروه b

θ_i: کارایی تأمین‌کننده i

W_i: متغیر صفر و یک مربوط به امکان شرکت تأمین‌کننده i در مناقصه و حراج معکوس

Vs_p: متغیر دوگان مربوط به ورودی‌ها

Us_q: متغیر دوگان مربوط به خروجی‌ها

λ_i : متغیر دوگان برای محدودیت تساوی

۲-۲- مدل تحلیل پوششی داده‌ها (مدل CCR)

$$Min\ \theta_0 - \varepsilon\left(\sum_q Us_q - \sum_p Vs_p\right) \quad (۱)$$

$$s.t \sum_i \lambda_i In_{pi} + Vs_p = \theta_0 In_{p0} \qquad \forall p \in P \quad (۲)$$

$$\sum_i \lambda_i Ou_{qi} + Vs_p = Ou_{q0} \qquad \forall q \in Q \quad (۳)$$

$$\lambda_i, Us_q, Vs_r \geq 0 \& \theta_0 \quad Free \quad (۴)$$

محدودیت‌های فیلترسازی برای تعیین صلاحیت تأمین‌کنندگان

$$W_i \geq \theta_i - \alpha \quad \forall i \in I \quad (۵)$$

$$W_i \leq 1 + \left(\frac{(\theta_i - \alpha)}{M}\right) \quad \forall i \in I \quad (۶)$$

مدل انتخاب برنده دوسطحی در حراج معکوس

$$Max \sum_{b\in B} \mathrm{D}\left(va_b X_b\right) - \sum_{i\in I}\sum_{b\in B}\sum_{k\in K} p_{ibk} y_{ibk} \quad (۷)$$

$$Max \sum_{i\in I}\sum_{b\in B}\sum_{k\in K} p_{ibk} y_{ibk} - \sum_{i\in I}\sum_{b\in B}\sum_{k\in K} c_{ib} y_{ibk} \quad (۸)$$

$$\sum_{b\in B} X_b = 1 \quad (۹)$$

$$\sum_{k\in K}\sum_{i\in I}\sum_{b\in B} y_{ibk} = D \quad (۱۰)$$

$$\sum_k y_{ibk} \leq Cap_{ib} X_b \quad \forall i \in I, \forall b \in B \quad (۱۱)$$

$$\sum_{k\in K} y_{ibk} \leq Cap_{ib} W_i \quad \forall i \in I, \forall b \in B \quad (۱۲)$$

$$\sum_{k\in K} Z_{ibk} \leq 1 \quad \forall i \in I, b \in B \quad (۱۳)$$

$$r_{ik-1} Z_{ibk-1} \leq y_{ibk} \leq r_{ik} Z_{ibk} \quad (۱۴)$$

$$\forall i \in I, b \in B, k \in K$$

$$Z_{ibk}, W_i, X_b \in \{0,1\} \quad (۱۵)$$

مدل ارائه‌شده برای انتخاب تأمین‌کنندگان برنده در فرآیند حراج معکوس پیشنهاد شده‌است. در این مدل، علاوه بر تعیین برنده فرآیند حراج، میزان کالای تأمین‌شده توسط هر یک از تأمین‌کنندگان نیز تعیین می‌شود. روابط (۱) تا (۴) محدودیت‌های مربوط به تعیین میزان کارایی است و در واقع مدل CCR برای به‌دست‌آوردن کارایی واحدها استفاده شده‌است. محدودیت (۵) و (۶) برای تعیین تأمین‌کنندگانی که قادر به شرکت در مناقصه هستند، می‌باشد. در رابطه (۷)، سود به‌دست‌آمده برای خریدار بیشینه می‌شود، درحالی‌که در رابطه (۸) میزان سود به‌دست‌آمده برای تأمین‌کنندگان بیشینه می‌شود. محدودیت (۹) بیان می‌کند که فقط یک گروه توسط خریدار انتخاب شود. محدودیت (۱۰) بیان می‌کند که تقاضای خریدار باید توسط مجموعه تأمین‌کنندگان پاسخ داده شود. محدودیت (۱۱) و (۱۲) بیان می‌کند که در صورت انتخاب گروه توسط خریدار، تأمین‌کنندگان می‌توانند از آن گروه ویژگی، کالای خود را تأمین‌کنند، همچنین در محدودیت بعدی امکان شرکت برای تأمین‌کنندگانی که بعد از فیلترسازی در مرحله اول تعیین‌شده‌اند، در نظر گرفته شده‌است. محدودیت‌های (۱۳) و (۱۴) نیز مربوط به سطوح تخفیف فعال‌شده برای هر یک از تأمین‌کنندگان است. آخرین محدودیت (۱۵) نیز مربوط به بازه متغیرها است.

۳- روش حل

در ادبیات، روش‌های دقیقی که برای حل مسائل دوسطحی که به‌صورت عدد صحیح مختلط خطی هستند بسیار کم و محدود است. البته برای حل مسائل دوسطحی که متغیر عدد صحیحی در مسئله سطح پایین (پیرو) وجود ندارد روش‌های زیادی پیشنهادشده است که به‌صورت‌کلی می‌توان این روش‌ها را به دودسته کلی روش‌های شمارشی[1] و روش‌های تغییر ساختاری[2] تقسیم کرد[۳۰]. روش‌های شمارشی به نوع مسئله دوسطحی مورد بستگی دارد که در آن باید جواب بهینه مسئله در یک نقطه گوشه‌ای که متعلق به یک منطقه شدنی توسط محدودیت‌های سطح بالایی یا سطح پایینی به وجود آمده است، قرار داشته باشد. روش‌های تغییر ساختاری، مسئله دوسطحی را به مسئله تک سطحی تبدیل می‌کنند، برای مثال با استفاده از شرایط کان تاکر سطح پایینی را به‌صورت محدودیت به محدودیت‌های مسئله اضافه کرده و مسئله تک سطحی می‌شود. الگوریتم‌های شمارشی برمبنای روش‌های جستجوی نقاط گوشه‌ای بنا شده‌اند. هر مسئله دوسطحی که دارای جواب بهینه محدود باشد به این معناست که نقطه بهینه در یکی از نقاط گوشه‌ای که توسط محدودیت‌های مسئله رهبر و مسئله پیرو به وجود آمده است، قرار دارد[۳۱]. همین ایده در تحقیقات دیگری با در نظر گرفتن اینکه فضای جواب مسئله محدود می‌باشد، استفاده شده‌است [۳۲-۳۴]. تحقیقات دیگری نیز براساس جستجوی شمارشی نقطه بهینه عمل کرده‌اند[۳۵-۳۹]. روش‌های تغییر ساختاری بیشتر از شرایط بهینگی کان تاکر برای تبدیل مسئله چند سطحی به تک سطحی استفاده کرده‌اند.

شی[3] و همکاران[۴۰]، بیالاس و کاروان[4][۳۲] و هانسن و همکاران [۴۱] از شرایط بهینگی کان‌تاکر برای تبدیل مسئله چند سطحی به تک سطحی استفاده کرده‌اند. باید در نظر داشت که روش کان تاکر درزمانی‌که سطح بالایی دارای محدودیت‌های اختصاصی مربوط به خود باشد، نواقصی دارند که شی و همکاران با ارائه توسعه روش کان تاکر برای حل این مشکل راه‌حلی پیشنهاد داده‌اند[۴۲].

در تحقیقات بررسی‌شده، متغیرهای تصمیم مسائل بررسی‌شده همگی پیوسته بوده‌اند، حال آنکه در بسیاری از سیستم‌ها رهبر تصمیماتی را دارد که به‌صورت عدد صحیح یا باینری هستند. در ادبیات موجود، توجه بسیار کمی به این نوع مسائل شده‌است و از تحقیقات موجود می‌توان به تحقیقی[۳۷] که در آن به‌صورت ضمنی از الگوریتم‌های شمارشی برای دستیابی به منطقه شدنی استفاده شده، اشاره کرد. آنها در این تحقیق از روش شاخه و کران برای حل مسئله استفاده کرده‌اند.

در تحقیقی دیگر ون و یانگ[5][۴۳] مسئله‌ای را بررسی کرده‌اند که فقط مسئله سطح بالایی متغیرهای گسسته داشته و مسئله سطح پایینی متغیرهای پیوسته داشته است.

در تحقیق دیگری فاسیکا[6] و همکاران[۴۴] الگوریتمی را ارائه داده‌اند که براساس برنامه‌ریزی پارامتریک و تحلیل حساسیت فضای جواب مسئله پیرو را براساس عکس‌العمل‌های منطقی قابل‌انتظار به چندین زیرمجموعه تقسیم می‌کند و

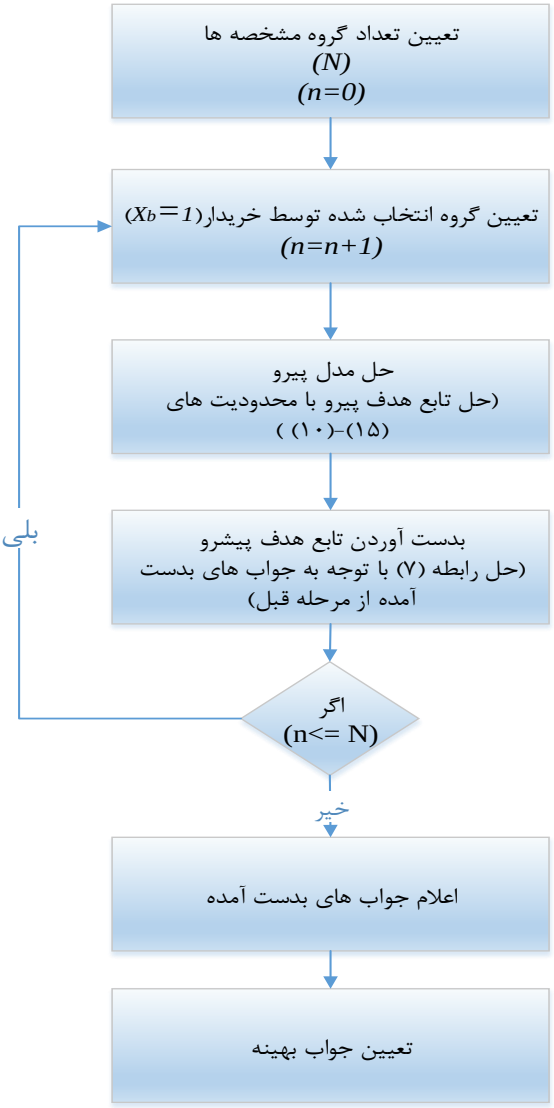
1- Enumeration
2- Reformulation

3- Shi
4- Bialas & Karwan
5- Wen & Yang
6- Faísca

در هریک از این زیرمجموعه‌ها جواب بهینه مشخص می‌شود[۴۴].

گوموس و فلادس[1] [۴۵] دو روش قطعی برای بهینه‌سازی یک مسائل غیرخطی دوسطحی ارائه داده‌اند. اولین روش برای حالتی است که مسئله سطح بالایی متغیرهای عدد صحیح و غیرخطی و مسئله داخلی متغیرهای پیوسته و غیرخطی ارائه کرده باشد. دومین روش برای حالتی است که تابع هدف سطح بالا دارای متغیرهای عدد صحیح و غیرخطی و سطح پایینی نیز دارای متغیرهای عدد صحیح ارائه کرده باشد. ازاین‌رو، برای حل مدل از یک روش ابتکاری استفاده شده‌است. در این روش با توجه به مفهوم پیشرو بودن خریدار، فرض شده‌است خریدار گروه انتخابی خود را برای تأمین‌کنندگان مشخص کرده (x_b تعیین می‌شود) در واقع نوع گروه ویژگی انتخابی توسط خریدار انتخاب می‌شود و سپس تأمین‌کنندگان براساس گروه ویژگی انتخاب شده توسط خریدار به پیشنهاد قیمت و همچنین مقدار کالای قابل تأمین می‌پردازند که این مقادیر براساس سطوح تخفیف و نوع گروه انتخاب شده و همچنین ظرفیت هر یک از تأمین‌کنندگان است. در واقع بعد از تعیین گروه ویژگی انتخاب شده، خریداران به رقابت برای به‌دست‌آوردن سود بیشتر در فرآیند حراج می‌پردازند و متغیرهای تخصیص بر این اساس مشخص می‌شوند.

با حل مدل با تابع پیرو و محدودیت‌های موجود، قیمت و تعداد کالای تأمین‌شده توسط تأمین‌کننده مشخص می‌شود. حال بعد از مشخص شدن قیمت و تعداد کالای تأمین‌شده توسط هر تأمین‌کننده، مقدار تابع هدف پیشرو به دست می‌آید. حال به تعداد گروه‌های ویژگی موجود، این فرآیند برای تمام گروه‌های قابل انتخاب توسط خریدار، بررسی‌شده و بهترین جواب به‌عنوان جواب بهینه مسئله انتخاب می‌شود. درواقع روش حل پیشنهادی در حوزه روش‌های دقیق قرار می‌گیرد. در شکل (۱) فلوچارت الگوریتم حل مسئله نشان داده شده است. در واقع تعداد تکرار روش حل ذکر شده به تعداد گروه‌های ویژگی در نظر گرفته‌شده توسط خریدار بستگی دارد. برای مثال اگر یک خریدار ۱۰۰ حالت ویژگی برای کالاهای مورد نیازش در نظر گرفته‌باشد مدل باید ۱۰۰بار اجرا شده تا تمام حالات ممکن در نظر گرفته‌شود و بعد از این تعداد تکرار بهترین حالت که هم سود خریداران و هم تأمین‌کنندگان را بیشینه می‌کند مشخص می‌شود. در روش حل ارائه‌شده زمان حل وابستگی زیادی به تعداد گروه‌های ویژگی انتخابی توسط خریدار دارد و در قسمت بعد این وابستگی بررسی می‌شود.



شکل(۱): فلوچارت الگوریتم حل ابتکاری

۴- نتایج عددی

در این قسمت نتایج حاصل از حل مدل ارائه‌شده در ابعاد کوچک، متوسط و بزرگ نشان داده شده‌است. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده صحت و درستی مدل و روش حل پیشنهادی آزمایش شده‌است. نکته قابل توجه در ارزیابی روش حل این است که زمان حل مدل برای تمام ابعاد مخصوصاً در ابعاد خیلی بزرگ بسیار معقول می‌باشد که نشان‌دهنده قابلیت روش حل ارائه‌شده از نظر زمان حل مسئله است. در ادامه پس از معرفی چگونگی در نظر

1- Gümüş & Floudas

گرفتن عوامل، نتایج و زمان حاصل از حل مدل در ابعاد مختلف، ارائه شده‌است.

در مرحله اول، برای حل مدل تحلیل پوششی داده‌ها، مسئله ابعاد کوچک با ۲ معیار ورودی و ۳ معیار خروجی و ۱۰ تأمین‌کننده، متوسط با ۵ معیار ورودی و ۵ معیار خروجی و ۵۰ تأمین‌کننده و بزرگ برای ۱۰ معیار ورودی، ۱۰ معیار خروجی و ۱۰۰ تأمین‌کننده حل‌شده و کارایی تأمین‌کننده‌های برای استفاده در مرحله بعد محاسبه شده است. در مرحله دوم با توجه به نتایج مرحله قبل، مسئله با در نظر گرفتن ۴ سطح تخفیف و برای ابعاد کوچک با ۱۰ تأمین‌کننده و ۲۰ گروه مشخصه (عامل اصلی کیفیت در نظر گرفته شده‌است)، متوسط با ۵۰ تأمین‌کننده و ۱۰۰ گروه مشخصه و بزرگ با ۱۰۰ تأمین‌کننده و ۲۰۰ گروه مشخصه حل‌شده و نتایج آن در جدول (۲) مشاهده می‌شود. در مسائل حل‌شده، ارزش هر گروه (Va_b) دارای توزیع یکنواخت در بازه [۱۵۵-۵۰] و قیمت ارائه‌شده توسط هر تأمین‌کننده (p_{ibk}) در سطح تخفیف ۱ دارای توزیع یکنواخت در بازه [۲۰ و ۱۵] و سطوح تخفیف بعدی هرکدام با توزیع یکنواخت در بازه [۵ و ۱] که از سطح تخفیف قبل از خود کم می‌شوند، است. علاوه‌بر این هزینه صرف شده تأمین کالا برای هر تأمین‌کننده (c_{ib}) با توزیع یکنواخت [۱۲ و ۱۰] تعیین می‌شود. ظرفیت هر تأمین‌کننده برای هر گروه مشخصه (cap_{ik}) از توزیع یکنواخت [۶۰۰۰ و ۵۰۰۰] پیروی می‌کند. سطوح تخفیف (r_{ik}) نیز در ۴ سطح تخفیف به ترتیب از توزیع یکنواخت در بازه‌های [۶۰۰ و ۳۰۰]، [۹۰۰ و ۶۰۰]، [۱۲۰۰ و ۹۰۰] و [۱۵۰۰ و ۱۲۰۰] پیروی می‌کند. همچنین حداقل کارایی موردنظر برای خریدار در مثال‌های ارائه‌شده ۰,۶ و تقاضای خریدار از توزیع نرمال با میانگین ۷۵۰۰ و واریانس ۲۰۰ تبعیت می‌کند.

در جدول (۲) نتایج زمان حل مدل ارائه‌شده با استفاده از نرم‌افزار GAMS در ابعاد مختلف کوچک، متوسط و بزرگ اعلام شده است. مدل ارائه‌شده، برای انتخاب تأمین‌کنندگان برنده در فرآیند حراج معکوس پیشنهاد شده است، در این مدل، علاوه بر تعیین برنده فرآیند حراج، میزان کالای تأمین‌شده توسط هر یک از تأمین‌کنندگان نیز تعیین می‌شود.

جدول (۲): زمان حل مدل با استفاده از روش ابتکاری پیشنهادی

ابعاد مسئله	ابعاد کوچک	ابعاد متوسط	ابعاد بزرگ
زمان حل (ثانیه)	۷۹	۲۱۹	۳۷۳

جدول (۳): اعتبارسنجی روش حل با استفاده از گمز در ابعاد کوچک

روش حل	تابع پیشرو	تابع پسرو	سود کل	میزان خطا
دقیق	۲۷۲۵۴۳۲	۵۹۵۹۸۰۲	۲۰۸۸۵۴۳	۰,۰۰۰۶
ابتکاری	۲۷۲۶۳۹۲	۵۹۵۹۰۳	۲۰۸۷۲۴۵	

همان‌طورکه در جدول (۲) مشاهده می‌شود با افزایش ابعاد مسئله زمان حل افزایش یافته است ولی زمان حل مسئله بسیار معقول می‌باشد که نشان از کارایی روش حل پیشنهادی برای مسئله دارد.

نتایج حاصل از حل مدل با روش ابتکاری برای ابعاد کوچک در این مقاله به‌صورت کامل گزارش شده‌است و در جدول (۴) قابل‌مشاهده است. همچنین اعتبارسنجی مدل و حل آن با استفاده از نرم‌افزار GAMS صورت گرفته‌است که در جدول (۳) ذکر شده‌است. همان‌طورکه در جدول (۴) قابل مشاهده است، پارامتر ضریب قدرت تابع هدف پیشرو بیشتر از مقدار ۰/۵ در نظر گرفته شده‌است. با تغییر این مقدار مشاهده می‌شود که سود به‌دست‌آمده با بیشتر شدن ضریب قدرت تابع هدف پیشرو افزایش می‌یابد. ازاین‌رو، می‌توان دریافت در این مسئله با اطلاعات فرض شده اهمیت تابع هدف پیشرو نسبت به تابع هدف پیرو بیشتر است که این نتیجه‌گیری در جدول (۵) قابل مشاهده می‌باشد.

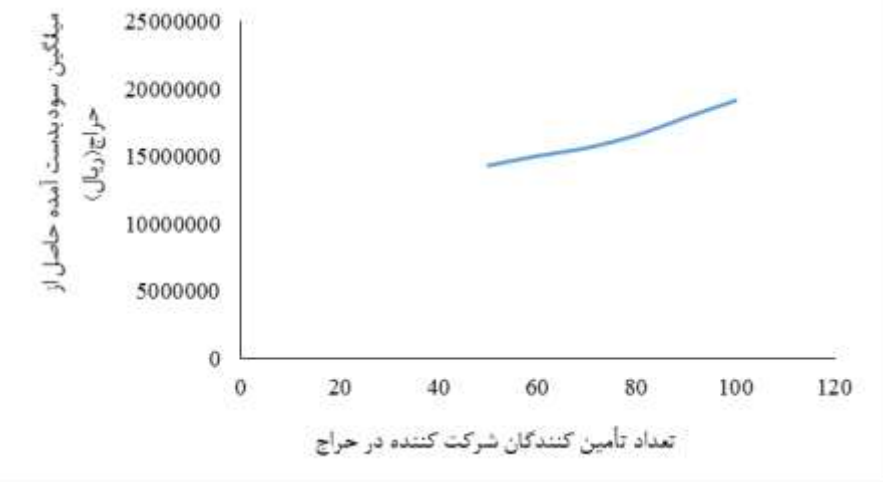
جدول (۴): جواب‌های مسئله در ابعاد کوچک

گروه مشخصه	ارزش هر گروه	تابع هدف پیشرو	تابع هدف پیرو	ضریب قدرت تابع هدف پیشرو	سود کل فرآیند
۱	۱۵۱	۲۷۲۶۳۹۲	۵۹۵۹۰۳		۲۰۸۷۲۴۵
۲	۹۹	۱۳۶۰۰۸۸	۶۲۲۰۶۳		۱۱۳۸۶۸۱
۳	۷۳	۶۸۶۲۶۴	۶۱۱۱۲۲		۴.۶۶۳۷۲۱
۴	۱۲۰	۱۹۱۰۷۰۴	۶۱۶۸۷۹		۱۵۲۲۵۵۷
۵	۹۴	۱۲۲۸۳۶۰	۶۱۹۲۸۹		۱۰۴۵۶۳۹
۶	۶۵	۴۵۹۰۱۹	۵۸۴۳۵۷		۴.۴۹۶۶۲۰
۷	۸۴	۹۴۶۴۵۴	۶۰۸۳۵۴		۸۴۵۰۲۴
۸	۱۲۰	۱۹۲۸۴۳۹	۶۲۱۲۵۳		۱۵۳۶۲۸۳
۹	۹۱	۱۱۴۱۳۶۵	۶۱۳۹۵۸		۹.۹۸۳۱۴۲
۱۰	۵۶	۲۳۱۶۰۸	۶۳۸۸۵۳	۰,۷	۵.۳۵۳۷۸۱
۱۱	۱۵۰	۲۷۰۵۷۳۴	۶۳۸۲۳۶		۲۰۸۵۴۸۵
۱۲	۹۰	۱۱۳۱۹۷۱	۶۱۶۴۵۸		۱.۹۷۷۳۱۷
۱۳	۱۲۰	۱۹۱۰۳۵۹	۶۲۷۷۲۰		۱۵۲۵۵۶۷
۱۴	۱۲۲	۱۹۸۴۶۶۲	۶۱۰۸۳۹		۱۵۷۲۵۱۵
۱۵	۱۱۰	۱۶۶۲۷۳۱	۶۲۰۷۴۵		۱۳۵۰۱۳۵
۱۶	۵۰	۸۲۰۸۸	۶۱۵۳۲۲		۲.۲۴۲۰۸۵
۱۷	۹۳	۱۲۲۹۲۳۰	۶۳۱۵۰۷		۱۰۴۹۹۱۳
۱۸	۵۱	۱۰۴۱۱۹	۶۳۲۴۹۶		۱.۱۶۲۶۳۲
۱۹	۵۱	۱۰۴۳۳۱	۶۲۷۳۱۹		۴.۲۶۱۲۲۷
۲۰	۶۷	۵۰۸۱۸۱	۶۱۱۰۵۸		۱.۵۳۹۰۴۴

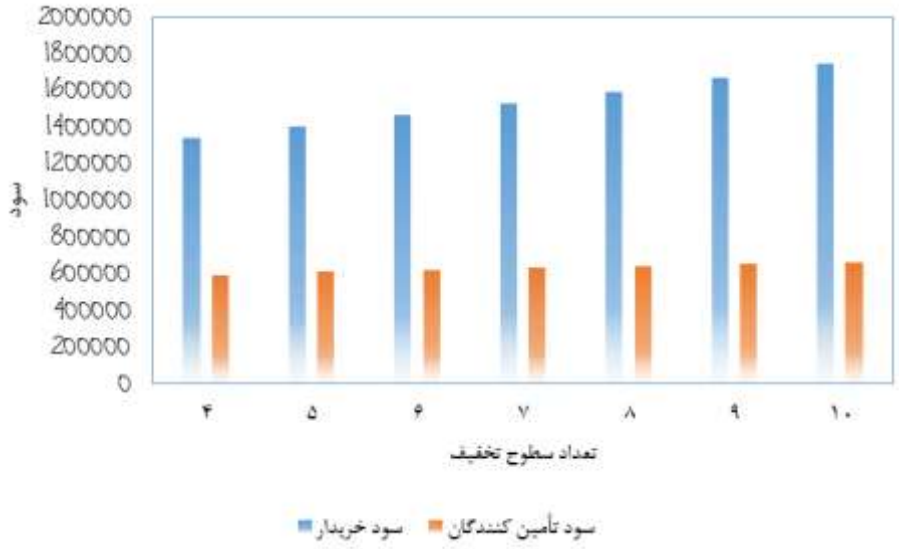
جدول (۵): مقایسه سود به‌دست‌آمده با توجه به ضریب قدرت تابع هدف پیشرو

ضریب قدرت تابع هدف پیشرو	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹
مجموع سود به‌دست‌آمده حاصل از فرآیند حراج معکوس	۱۸۲۰۲۹۱۵	۱۹۳۷۰۷۵۲	۲۰۴۳۸۶۱۶	۲۱۷۰۶۴۲۵	۲۲۸۷۴۲۶۲

شکل (۲) نشان می‌دهد که افزایش تعداد تأمین‌کنندگان منجر به افزایش سود خریدار می‌شود. این امر به این سبب است که طبق فرآیند حراج معکوس مدل شده، هرچه بر تعداد تأمین‌کنندگان افزوده شود، با توجه به رقابت داخلی تأمین‌کنندگان برای برنده شدن در فرآیند حراج معکوس و در نتیجه آن، کاهش قیمت پیشنهادی تأمین‌کنندگان، میزان سود خریدار بیشتر خواهد شد. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در دنیای واقعی اگر بتوان تعداد تأمین‌کنندگان را در فرآیند حراج معکوس افزایش داد می‌توان سود خریدار و در نتیجه آن سود کل زنجیره را نیز افزایش داد.



شکل (۲): مقایسه سود به‌دست‌آمده خریدار با توجه تعداد تأمین‌کنندگان



شکل (۳): مقایسه سود به‌دست‌آمده خریدار و تأمین‌کنندگان با توجه به تعداد سطوح تخفیف

در شکل (۳) سود به‌دست آمده از فرآیند حراج معکوس، با توجه به تعداد سطوح تخفیف در نظر گرفته شده توسط تأمین‌کنندگان شرکت‌کننده در حراج مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود با افزایش تعداد سطوح تخفیف سود هر دو طرف افزایش یافته است ولی سود خریدار با شیب بیشتری افزایش یافته، زیرا خریدار قدرت انتخاب بیشتری در انتخاب تأمین‌کنندگان با قیمت‌های پایین‌تر را داشته است هر چند که با افزایش تعداد سطوح تخفیف سود تأمین‌کنندگان نیز افزایش یافته است زیرا با این امر تعداد تأمین‌کنندگان برنده‌شده در فرآیند حراج افزایش می‌یابد و در نتیجه مجموع سود تأمین‌کنندگان نیز افزایش خواهد یافت.

۵- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

انتخاب تأمین‌کننده یکی از فعالیت‌های مهم و حیاتی هر یک از زنجیره‌های تأمین است که در سال‌های اخیر به دلیل گسترش زنجیره‌های تأمین و همچنین جهانی‌شدن آنها این امر دچار پیچیدگی‌های فراوانی شده‌است. یکی از راه‌کارهایی که موجب کاهش پیچیدگی فرآیند انتخاب تأمین‌کننده می‌شود استفاده از مفهوم حراج معکوس است. در این مقاله با استفاده از مدل‌سازی ریاضی دوسطحی فرآیند حراج معکوس برای انتخاب تأمین‌کنندگان طراحی شده‌است به نحوی‌که در پایان فرآیند حراج هم خریدار (پیشرو) و هم تأمین‌کنندگان (پیرو) راضی باشند و به اهداف موردنظرشان دست یابند. استفاده از مدل‌سازی دوسطحی

موجب شده است که بیشتر اهداف خریدار مورد توجه قرار بگیرد درحالی‌که تأمین‌کننده نیز از شرکت در فرآیند حراج سود می‌برد. در این مقاله استفاده از مفهوم تحلیل پوششی داده‌ها نیز موجب شده تا تأمین‌کنندگانی قادر به شرکت در فرآیند حراج باشند که حداقل صلاحیت از نظر خریدار را داشته باشند. استفاده از مدل ارائه‌شده در این مقاله می‌تواند پیچیدگی فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان را در بسیاری از سازمان‌ها و شرکت‌ها کاهش دهد به عنوان مثال از جمله کاربرد این مدل در دنیای واقعی می‌توان صنایع غذایی را در نظر گرفت و تحویل کالاهای غذایی را نام برد.

به بیانی دیگر این محصولات تاریخ انقضایی دارند و زمانی که مدت کمی تا رسیدن به این تاریخ فاصله داشته باشد، تأمین‌کنندگان حراج را برای این محصولات با در نظر گرفتن گروه‌بندی[1] می توانند لحاظ کنند و همچنین اگر برای یک محصول چند تأمین‌کننده وجود داشته باشد با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان آن را فیلتر کرده و تأمین‌کنندگانی را که دارای صلاحیت هستند در نظر گرفت. با توجه به تعداد تأمین‌کنندگان موجود باید سود خریدار را بیشینه کرده و با سود به‌دست آمده برای تأمین‌کنندگان مقایسه کرد تا بتوان یک اختلاف منطقی بین سود تأمین‌کننده و خریدار را برقرار کرد. همچنین در این مقاله برای محصولات پیشنهادی توسط تأمین‌کنندگان ویژگی‌های متفاوتی از قبیل کیفیت زمان تحویل و... در نظر گرفته شده‌است و بیشتر عامل کیفیت به‌عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شده‌است. در نهایت می‌توان به یک سری نتایج مدیریتی با توجه به مدل ارائه شده و نوآوری حاضر در این مقاله اشاره کرد. با توجه به در نظر گرفتن حراج معکوس در مدل ارائه شده، هرچه تعداد تأمین‌کنندگان افزایش یابد سود خریدار نیز بیشتر خواهد شد، با این وجود یکی از عوامل مهم برای کسب سود بیشتر خریدار، تعداد تأمین‌کنندگان هر شرکت یا کارخانه و.. است و از طرفی روش تحلیل پوششی داده‌ها تأمین‌کنندگانی که صلاحیت بررسی را با توجه به معیارهای لازم ندارند را فیلتر خواهد کرد.

برای تحقیقات آتی می‌توان عدم قطعیت در عوامل مختلف مدل از قبیل ظرفیت هر دسته برای تأمین‌کنندگان را در نظر گرفت و ارزش آن دسته را برای خریدار به‌صورت فازی در نظر گرفته و سپس از برنامه‌ریزی فازی برای مدل‌سازی مسئله بهره برد. همچنین توسعه روش‌های مناسب برای حل برنامه‌ریزی دو سطحی ارائه‌شده می‌تواند مورد توجه محققان قرار بگیرد. در نظر گرفتن هزینه‌های عملیاتی به‌صورت جزئی برای تأمین‌کنندگان و همچنین استفاده از الگوها و الگوریتم‌های پیشنهاد قیمت در فرآیند حراج معکوس از دیگر کارهایی است که در این زمینه نیازمند توجه بیشتری است، همچنین در این مقاله قیمت پیشنهادی توسط تأمین‌کنندگان براساس سطح تخفیف تغییر می‌کند، درحالی‌که می‌توان با در نظر گرفتن این عامل به عنوان یک متغیر پیوسته مدل را به گونه‌ای طراحی کرد که قیمت پیشنهادی تأمین‌کنندگان برای هر یک از ویژگی‌های گروه کالا توسط مدل بهینه‌سازی و با استفاده از تئوری بازی‌ها تعیین شود.

1- Boundling

منابع

[۱] نعیمی صدیق، ع. چهارسوقی، ک. شیخ محمدی، م. ***"طراحی مدل هماهنگی در زنجیره تأمین رقابتی با استفاده از رویکرد نظریه بازی با همکاری و بدون همکاری"***. مجله مدل سازی در مهندسی، دانشگاه سمنان، دوره ۱۰، شماره ۲۱، ۱۳۹۱.

[۲] فضلی خلف، م. چهارسوقی، ک. پیشوایی، م. ***"طراحی پایای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته تحت عدم قطعیت: مطالعه موردی یک تولیدکننده باتری اسیدی"***. مجله مدل‌سازی در مهندسی، دانشگاه سمنان، دوره ۱۰. شماره ۲۹، ۱۳۹۳.

[3] Brunelli, M., ***"Online auctions save millions for Quaker Oats and SmithKline Beecham"***. Purchasing,. 128(4): p. S22, 2000.

[4] Hohner, G., et al., ***"Combinatorial and quantity-discount procurement auctions benefit Mars, Incorporated and its suppliers"***. Interfaces,. 33(1): p. 23-35, 2003.

[5] Metty, T., et al., ***"Reinventing the supplier negotiation process at Motorola"***. Interfaces,. 35(1): p. 7-23, 2005.

[6] Sandholm, T., ***"Very-large-scale generalized combinatorial multi-attribute auctions: Lessons from conducting $60 billion of sourcing"***. 2013.

[7] Breuer, T., et al., ***"Endogenous leverage and asset pricing in double auctions"***. Journal of Economic Dynamics and Control,. 53: p. 144-160, 2015.

[8] Zhang, Z. and M. Jin., ***"Iterative multi-attribute multi-unit reverse auctions"***. The Engineering Economist,. 52(4): p. 333-354, 2007.

[9] Che, Y.-K., ***"Design competition through multidimensional auctions"***. The RAND Journal of Economics, p. 668-680, 1993.

[10] Chen-Ritzo, C.-H., et al., ***"Better, faster, cheaper: An experimental analysis of a multiattribute reverse auction mechanism with restricted information feedback"***. Management Science, 51(12): p. 1753-1762, 2005.

[11] Parkes, D.C. and J. Kalagnanam., ***"Models for iterative multiattribute procurement auctions"***. Management Science, 51(3): p. 435-451, 2005.

[12] Benoit, J.-P. and V. Krishna., ***"Multiple-object auctions with budget constrained bidders"***. The Review of Economic Studies, 68(1): p. 155-179, 2001.

[13] Rothkopf, M.H., A. Pekeč, and R.M. Harstad., ***"Computationally manageable combinational auctions"***. Management science, 44(8): p. 1131-1147, 1998.

[14] Bichler, M., J.R. Kalagnanam, and H.S. Lee., ***"RECO: Representation and evaluation of configurable offers"***. in Computational Modeling and Problem Solving in the Networked World, Springer. p. 235-258, 2003.

[15] Mishra, D. and D. Veeramani., ***"A multi-attribute reverse auction for outsourcing"***. in Database and Expert Systems Applications, 2002. Proceedings. 13th International Workshop on. 2002. IEEE.

[16] Ronen, A. and D. Lehmann., ***"Nearly optimal multi attribute auctions"***. in Proceedings of the 6th ACM conference on Electronic commerce. 2005. ACM.

[17] Harris, M. and A. Raviv., ***"Allocation mechanisms and the design of auctions"***. Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 1477-1499, 1981.

[18] Weber, R.J., ***"MULTIPLE—0BJECT AUCTIONS"***. 1981.

[19] Yuan, Y., ***"A multi-attribute reverse auction decision making model based on linear programming"***. Systems Engineering Procedia, 4: p. 372-378, 2012.

[20] Hsieh, F.-S. and C.C. Hua., ***"Decision Support for Combinatorial Reverse Auction with Multiple Buyers and Sellers"***. in Opportunities and Challenges for Next-Generation Applied Intelligence. 2009, Springer. p. 105-110.

[21] Cheng, C.-B., ***"Reverse auction with buyer–supplier negotiation using bi-level distributed programming"***. European Journal of Operational Research, 211(3): p. 601-611, 2011.

[22] Buer, T. and H. Kopfer., ***"A Pareto-metaheuristic for a bi-objective winner determination problem in a combinatorial reverse auction"***. Computers & Operations Research, 41: p. 208-220, 2014.

[23] Tsai, K.-m. and F.-c. Chou., ***"Developing a fuzzy multi-attribute matching and negotiation mechanism for sealed-bid online reverse auctions"***. Journal of theoretical and applied electronic commerce research, 6(3): p. 85-96, 2011.

State University of New York at Buffalo, 57,1980.

[36] Chen, Y. and M. Florian., ***"On the geometric structure of linear bilevel programs: a dual approach"***. CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS PUBLICATION, (867), 1992.

[37] Papavassilopoulos, G., ***"Algorithms for static Stackelberg games with linear costs and polyhedra constraints"***. in *1982* 21st IEEE Conference on Decision and Control. 1982.

[38] Gao, Z., J. Wu, and H. Sun., ***"Solution algorithm for the bi-level discrete network design problem"***. Transportation Research Part B: Methodological, 39(6): p. 479-495, 2005.

[39] Tuy, H., A. Migdalas, and P. Värbrand., ***"A global optimization approach for the linear two-level program"***. Journal of Global Optimization, 3(1): p. 1-23, 1993.

[40] Shi, C., et al., ***"An extended branch and bound algorithm for linear bilevel programming"***. Applied Mathematics and Computation, 180(2): p. 529-537, 2006.

[41] Hansen, P., B. Jaumard, and G. Savard., ***"New branch-and-bound rules for linear bilevel programming"***. SIAM Journal on scientific and Statistical Computing, 13(5): p. 1194-1217, 1992.

[42] Shi, C., J. Lu, and G. Zhang., ***"An extended Kuhn–Tucker approach for linear bilevel programming"***. Applied Mathematics and Computation, 162(1): p. 51-63, 2005.

[43] Wen, U.-P. and Y. Yang., ***"Algorithms for solving the mixed integer two-level linear programming problem"***. Computers & Operations Research, 17(2): p. 133-142, 1990.

[44] Faísca, N.P., et al., ***"Parametric global optimisation for bilevel programming"***. Journal of Global Optimization, 38(4): p. 609-623, 2007.

[45] Gümüş, Z.H. and C.A. Floudas., ***"Global optimization of mixed-integer bilevel programming problems"***. Computational Management Science, 2(3): p. 181-212, 2005.

[24] Pham, L., et al., ***"Multi-attribute online reverse auctions: Recent research trends"***. European Journal of Operational Research, 242(1): p. 1-9, 2015.

[25] Mansouri, B. and E. Hassini., ***"A Lagrangian approach to the winner determination problem in iterative combinatorial reverse auctions"***. European Journal of Operational Research, 244(2): p. 565-575, 2015.

[26] Jin, M. and A.J. Yu., ***"Procurement auctions and supply chain performance"***. International Journal of Production Economics, 162: p. 192-200, 2015.

[27] Kuyzu, G., et al., ***"Bid price optimization for truckload carriers in simultaneous transportation procurement auctions"***. Transportation Research Part B: Methodological, 73: p. 34-58, 2015.

[28] Charnes, A., W.W. Cooper, and E. Rhodes., ***"Measuring the efficiency of decision making units"***. European journal of operational research, 1978. 2(6): p. 429-444.

[29] Haas, D., M.G. Kocher, and M. Sutter., ***"Measuring Efficiency of German Football Teams by Data Envelopment Analysis"*.*** Central European Journal of Operations Research, 12(3): p. 251, 2004.

[30] ابراهیمی، س. جعفرزاده افشاری، ا. ***"ارایه یک مدل ریاضی جهت بهینه‌سازی عملیات شبکه انتقال گاز"***، مجله مدل سازی در مهندسی، دانشگاه سمنان، دوره ۴۴، شماره ۱۴، ۱۳۹۵.

[31] Candler, W. and R. Townsley., ***"A linear two-level programming problem"***. Computers & Operations Research, 9(1): p. 59-76, 1982.

[32] Bialas, W. and M. Karwan., ***"Multilevel linear programming"***. State University of New York at Buffalo, 1978.

[33] Bard, J.F., ***"An efficient point algorithm for a linear two-stage optimization problem"***. Operations Research, 31(4): p. 670-684, 1983.

[34] Bard, J.F., ***"An investigation of the linear three level programming problem"***. Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, (5): p. 711-717, 1984.

[35] Bialas, W., M. Karwan, and J. Shaw., ***"A parametric complementary pivot approach for two-level linear programming"***.