

انتخاب تأمین‌کننده پایدار و تخصیص سفارش با الگوریتم تغییر

شکل یافته بندرز

کمال چهارسوقی^۱، مهدی اشرفی

گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تربیت مدرس تهران

تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۲

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۱۵

چکیده: این مقاله به بررسی پایداری و محورهای اصلی و فرعی پایداری در انتخاب و همکاری‌های طولانی‌مدت با تأمین‌کنندگان می‌پردازد. در این مقاله محورهای اصلی و فرعی در موضوع پایداری معرفی و شاخصه‌هایی برای ارزیابی پایدار تأمین‌کنندگان ارائه شده است. به منظور ارائه روشی برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار، با در نظر گرفتن ارتباطات طولانی‌مدت سازمان-تأمین‌کننده مدلی دوسویه ارائه شده که به منظور حل این مدل دوسویه که در رده مدل‌های غیرخطی و شکلی خاص از مدل‌های درجه دو طبقه‌بندی می‌شود، روش تغییر یافته الگوریتم بندرز برای تجزیه مسئله و حل آن پیشنهاد شده است و در پایان کارایی روش ارائه شده با یک مثال عددی نشان داده شده است.

واژه‌های کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، پایداری، برنامه‌ریزی دوسویه، روش تجزیه بندرز.

رده‌بندی ریاضی (۲۰۱۰): ۶۸J۲۰، ۶۵Y۲۰.

۱- مقدمه

از دیرباز جمعیت‌های مردم‌نهاد به مسئولیت‌های سازمان‌ها در قبال جامعه و محیط‌زیست توجه ویژه‌ای داشته‌اند و با ابزارهای مختلف سعی در نهادینه کردن این مسئولیت‌ها در سازمان‌ها به خصوص شرکت‌های تولید مضر برای محیط‌زیست داشته‌اند. امروزه توجه ویژه به این مسئولیت‌ها به عنوان بستری برای سودآوری و رشد پایدار در خود سازمان‌ها دنبال گردیده است. امروزه اکثر شرکت‌های نام‌آشنا در صدر رتبه‌بندی‌های پایداری قرار می‌گیرند. بی‌ام‌دبلیو و تویوتا در خودروسازی، پاناسونیک، نستله و تسکو در صنعت مواد خوراکی و مصرفی، رویال داچ شل در حوزه انرژی، بایر در زمینه‌ی درمان، سیسکو در حوزه فناوری اطلاعات و گروه بی‌تی در زمینه‌ی ارتباطات از جمله شرکت‌های موفق در زمینه‌ی شاخصه‌ی پایداری در رتبه‌بندی‌های انجام شده بوده‌اند.

در حوزه مدیریت زنجیره تأمین و دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین یکی از اساسی‌ترین تصمیمات، انتخاب تأمین‌کننده و سیاست‌گذاری‌های مرتبط با تأمین‌کنندگان است که موضوع جهانی‌سازی و نیز برون‌سپاری‌های فرا قاره‌ای و نیز توجه به موضوع پایداری در این تصمیمات به شدت باعث افزایش اهمیت این موضوع در تدوین استراتژی‌های سازمانی و نیز تلاش برای بقا در فضای رقابتی شده است [۱].

در این تحقیق استفاده از یک رویکرد حل قطعی برای انتخاب تأمین‌کننده به همراه تخصیص سفارش به‌عنوان یکی از سیاست‌گذاری‌های اصلی در حوزه مدیریت زنجیره تأمین که ارتباط تنگاتنگی با مسئله انتخاب تأمین‌کننده دارد، با در نظر گرفتن متغیرها و ملاحظات مربوط به پایداری ارائه شده است. در بخش بعدی این مقاله پیشینه تحقیق در دو حوزه پایداری و نیز انتخاب تأمین ارائه شده است. در بخش سوم مسئله تحقیق و در بخش چهارم مدل‌سازی مسئله معرفی شده‌اند. در بخش پنجم روش حل و نتایج عددی روش معرفی شده ارائه گردیده است. در پایان جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مباحث انجام‌شده ذکر شده است.

۱-۱- مرور ادبیات

۱-۱-۱- پایداری در زنجیره تأمین

در این بخش به بررسی تعاریف و ابزارهای سنجش پایداری در زنجیره تأمین پرداخته می‌شود و نگرش‌های مختلف ابعاد و عوامل تأثیرگذار بر پایداری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱-۱-۲- تعریف کلان پایداری در ادبیات

تعاریف‌های متنوعی از پایداری ارائه شده است. یکی از کامل‌ترین تعاریف‌ها، تعریف کمیسیون جهانی توسعه و محیط‌زیست از پایداری می‌باشد. براساس این تعریف پایداری، استفاده از منابع برای برآورده‌سازی نیازها می‌بایست به گونه‌ای باشد که برآورده‌سازی نیازهای نسل‌های آتی در مخاطره قرار نگیرد. در بطن این تعریف کلی مفاهیمی همچون تبیین تأثیر فعالیت‌های اقتصادی بر محیط‌زیست، اطمینان از امنیت غذایی، اطمینان از تأمین نیازهای ضروری انسان‌ها و حفاظت از منابع تجدیدناپذیر وجود دارد [۲].

متأسفانه این تعریف بسیار کلان بوده و در جایگاه اقتصاد کلان می‌تواند راهگشا باشد ولی با توجه به افق دید سازمان‌ها، چنین تعاریفی نمی‌تواند برای تبیین نقش هر یک از سازمان‌ها راهگشا بوده و به‌وسیله آن سازمان‌ها بتوانند در بین ذی‌نفعان مختلف خود و مسئولیت‌های اجتماعی خود تعادل برقرار نمایند.

در تعریف دقیق‌تری که برای پایداری سازمان‌ها ارائه می‌شود، پایداری سازمانی عبارت است از توانایی سازمان در طراحی سیستم‌های خود به گونه‌ای که این سیستم‌ها به‌توانند نیازمندی‌های متعدد تمامی ذی‌نفعان خود را برآورده ساخته و سازمان به‌مزیت رقابتی پایدار دست یابد و در عین حال با کاهش بیش از اندازه منابع طبیعی و از دست رفتن فرصت‌های اقتصادی آینده، کیفیت زندگی آیندگان در معرض مخاطره قرار نگیرد. مفهوم پایداری در چند دهه اخیر مورد توجه شایانی قرار گرفته است. این مسئله مرهون فشارهای ذی‌نفعان مختلفی هم‌چون قانون‌گذاران، سازمان‌های مردم‌نهاد، رسانه‌ها، گروه‌های اجتماعی و کارکنان بوده است. برای مثال می‌توان به اتحادیه اروپا به‌عنوان یکی از تأثیرگذارترین مجامع اشاعه‌دهنده مفهوم پایداری اشاره کرد. پارلمان اروپا این مفهوم را برای آینده اروپا بسیار کلیدی تشخیص داده است، از این‌رو در وضع قوانین کنونی و آینده این پارلمان، می‌بایست پایداری در وضع و پیاده‌سازی سایر قوانین در نظر گرفته شود [۳].

۱-۳-۱- تعریف پایداری در سازمان‌ها

کاربردهای پایداری در فضای اقتصاد خرد نیز در حوزه‌های مدیریت، تحقیق در عملیات و مهندسی مورد بررسی قرار گرفته است.

در حوزه مدیریت اغلب این بررسی‌ها بر روی پایداری اکولوژیک (مانند محیط طبیعی) متمرکز شده است و بیشتر به تبیین مسئولیت‌های اقتصادی و اجتماعی پرداخته می‌شود. همانند تحقیقات حوزه کلان اقتصادی، این تحقیقات نیز چشم‌انداز بلندمدتی را در تعریف مسئله پایداری در نظر می‌گیرد. برای مثال می‌توان به تعریف زیر که در این حوزه از پایداری ارائه شده است، توجه نمود.

در تعریف دیگری از پایداری، یک یا چند سیستم مستقل یا موازی که به‌توانند در یک دوره زمانی طولانی مدت به حیات و پیشرفت خود ادامه دهند و در عین حال این پیشرفت و حیات از نگاه سایر سیستم‌ها، مجاز بوده و حیات و پیشرفت سایر سیستم‌ها را به مخاطره نیندازد، سیستم‌های پایدار تعریف می‌شوند [۴].

براساس تعریف دیگری، پایداری به‌عنوان توانایی سازمان در تطبیق خود با تغییرات فضای کسب و کار به‌منظور به‌کارگیری بهترین روش‌ها و تجارب معاصر خود برای دستیابی به عملکرد رقابتی برتر تعریف می‌گردد.

مفهوم کلی که از تعاریف مختلف استنتاج می‌گردد این است که در مفهوم پایداری، سازمان مراقب استفاده از تمام منابع خود (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) است و هم‌زمان به کاهش اثرات اجتماعی و محیطی کسب و کار و افزایش سودآوری‌های اقتصادی خود می‌پردازد.

پایداری سازمانی در سطح کلان خود از سه جزء اصلی محیط طبیعی، اجتماعی و عملکرد اقتصادی تشکیل شده است. در تعامل عوامل زیست‌محیطی، اجتماعی و عملکرد اقتصادی، فعالیت‌هایی وجود دارند که نه تنها باعث ایجاد تأثیرات مثبت در محیط‌زیست و اجتماع می‌شوند بلکه به سودآوری بلندمدت فعالیت‌های اقتصادی سازمان نیز کمک می‌نمایند. در کنار سه بعد اصلی ذکر شده برای پایداری، عوامل دیگری نیز برای پایداری بر شمرده شده است که در تعاریف مربوط به پایداری به شکل روشن و دقیقی ذکر نشده است. مدیریت ریسک، شفافیت، استراتژی و فرهنگ از عوامل پشتیبان پایداری به شمار می‌آیند [۵].

جوامع محلی و ذی‌نفعان خارجی به صورت روزافزون به دنبال آن هستند که سازمان‌ها را بیش از پیش مشاهده‌پذیر و شفاف سازند. به همین خاطر سازمان‌ها برای افزایش محبوبیت‌های اجتماعی خود مجبور خواهند بود که درهای خود را به سوی بررسی‌های موشکافانه جامعه بگشایند. تحولات مربوط به دنیای ارتباطات، اینترنت و تلویزیون‌های ماهواره‌ای به این نیاز جامعه برای شفاف‌تر شدن سازمان‌ها دامن زده است. زنجیره‌های تأمین جهانی و ایجاد نرم‌افزارهای جامع بین بخشی منجر به ایجاد جهانی مسطح از لحاظ اطلاعات شده که این موضوع خود به شفاف‌تر شدن سازمان‌ها انجامیده است.

برنامه‌های سازمانی مربوط به پایداری می‌بایست با استراتژی‌های سازمانی به شکل قابل قبولی درهم‌تنیده باشند. برنامه‌های سازمانی پایداری و استراتژی‌های سازمان به جای این که به صورت برنامه‌های مجزا از یکدیگر مدیریت شوند می‌بایست به صورت یکپارچه و در تعامل با همدیگر در سازمان نگریسته شوند. مثال‌هایی از این دست را می‌توان در گزارش‌های شرکت آی‌بی‌ام مشاهده نمود که در گزارش پایداری سالیانه خود یکپارچگی بین استراتژی سه‌گانه پایداری خود را با استراتژی‌های اصلی کسب و کار خود، بیان می‌دارد [۶].

۱-۲- بررسی مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش

در این بخش، برخی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را که در فرایند انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مورد بررسی قرار می‌دهیم و بر مبنای این بررسی در بخش بعدی مدل پیشنهادی ارائه می‌کنیم.

در مدلی بر اساس تحلیل شدت، ضعف، فرصت و تهدید، بر اساس یک ساختار سلسله مراتبی بر اساس عملکرد تأمین‌کنندگان، نمره قوت و ضعف و نیز فرصت و تهدید هر تأمین‌کننده استخراج و بر اساس امتیازات به دست آمده، تأمین‌کنندگان برتر انتخاب می‌گردند. در ضمن فرایند تخصیص سفارش به صورت مستقل از فرایند انتخاب انجام می‌گیرد. فرایند تخصیص در این مدل یک‌کالایی در نظر گرفته شده است و تقاضا به صورت فازی مدل شده است.

محدودیت‌ها بر روی ظرفیت و تقاضا تأمین اعمال شده و تقاضا به صورت فازی در نظر گرفته می‌شود. این مدل ارائه شده به یک مدل خطی تبدیل و سپس حل شده است [۷].

در مدل دیگری انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به صورت همزمان و در قالب یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی به صورت غیرخطی مدل شده است. تابع هدف این مسئله بهینه‌سازی مجموع ضرایب وزنی هزینه‌های تأمین، کیفیت تأمین و زمان تأمین است. این مسئله برای یک دوره زمانی و به صورت چند محصولی مدل شده است. در این مدل محدودیت‌های بودجه برای هزینه تأمین، حداقل سطح کیفیت برای کالاهای تحویلی، ظرفیت تولید برای هر دو بخش محصولات مرسوم و غیرمرسوم اعمال شده است و به علت پیچیدگی آن به روش الگوریتم ژنتیک و به شیوه ابتکاری حل شده است [۸].

در تحقیق دیگری از یک روش دومرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انتخاب شده، استفاده می‌شود. در مرحله اول با استفاده از تحلیل شدت، ضعف، فرصت و تهدید، معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان در دودسته معیارهای درونی و بیرونی مشخص شده و در ادامه اولویت هر تأمین‌کننده بر اساس آنتروپی شانن محاسبه و تأمین‌کنندگان برتر انتخاب می‌گردند. در مرحله بعد برای تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انتخابی از یک برنامه‌ریزی عدد صحیح استفاده می‌شود. این مدل برنامه‌ریزی بسیار شبیه مدلی می‌باشد که در آن هدف بیشینه کردن امتیاز داخلی و خارجی به صورت یک تابع هدف خطی است و محدودیت‌های مسئله مربوط به تقاضا، ظرفیت تولید و ظرفیت انبار است [۹].

در برخی دیگر از تحقیقات، مدل‌های احتمالی با در نظر گرفتن پارامترهای احتمالی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. برای مثال در تحقیقی متغیر تقاضا به صورت تصادفی و به صورت یک تابع غیرخطی مدل شده و از روش الگوریتم ژنتیک برای حل آن استفاده شده است. این مسئله تحت محدودیت‌های حداقل سطح سرویس، محدودیت بودجه برای یک دوره زمانی و برای انتخاب یک تأمین‌کننده برای چند کالا مدل شده است [۱۰].

در مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش عمدتاً از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و کاربردهای اعداد فازی در این روش‌ها استفاده شده است. برای مثال می‌توان به مطالعه چن اشاره نمود که در آن از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر الکترا استفاده شده است. در این مطالعه، با استفاده از شاخصه‌های هماهنگ و ناهماهنگ و داده‌های فازی دوزنقه‌ای، روشی مناسب برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان توسعه داده شده است [۱۱].

در برخی از مطالعات نیز کارایی روش‌های تصمیم‌گیری در مسئله انتخاب تأمین‌کننده مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای مثال می‌توان به مقایسه کارایی روش‌های ای‌اچ‌پی فازی و تاپسیس فازی در مسئله انتخاب تأمین‌کننده در مطالعه جونپور و همکاران اشاره نمود [۱۲].

در بین تحقیقات داخلی نیز می‌توان به مطالعه‌ای اشاره کرد که در آن از یک روش دو مرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده شده است. در مرحله اول، مجموعه‌ای از جواب‌های مؤثر مسئله‌ی چندهدفه‌ی ارزیابی تأمین‌کنندگان به دست می‌آید و در قدم بعدی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، کارآیی شرکت خریدار در فرایند انتخاب تأمین‌کننده بهینه‌یابی می‌شود [۱۳].

۲- مدل پیشنهادی انتخاب تأمین‌کننده پایدار

در این فصل به بررسی و ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای حل مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده پایدار به همراه در نظر گرفتن تخصیص سفارش می‌پردازیم.

با توجه به بررسی مدل‌های فصل قبل و نیز ویژگی‌های ماهیتی انتخاب تأمین‌کننده پایدار و همچنین در نظر داشتن فرضیات فضای کسب و کار داخل، در این بخش به مدل‌سازی مساله انتخاب تأمین‌کننده پایدار خواهیم پرداخت.

۲-۱- ویژگی‌های مدل

از آنجاکه انتخاب تأمین‌کننده پایدار در راستای سه بعد عملکردی اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مطرح می‌شود، می‌بایست از تابع هدف چندگانه برای مدل‌سازی هدف استفاده شود. به منظور حفظ عمومیت مدل تحت بررسی، محدودیت‌های مورد بررسی در این مدل بر اساس مدل معرفی شده در پیکربندی مجدد زنجیره تأمین در تحقیق عثمان در نظر گرفته شده است [۱۴].

این محدودیت‌ها با توجه به ویژگی‌های انتخاب تأمین‌کننده پایدار تغییر یافته اند. در این مدل فرض بر آن است که در یک زنجیره تأمین دوسطحی، سطح اول تأمین‌کنندگان T_2 به مونتاژ قطعات واصل از تأمین‌کنندگان سطح دوم T_1 پرداخته و قطعات آماده را برای سازمان ارسال می‌کنند. هدف سازمان انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تخصیص سفارش در هر دوسطح می‌باشد. به این منظور یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای یافتن حل مناسب مسئله و جمع‌آوری نیازهای سازمان از بین تأمین‌کنندگان آن با در نظر گرفتن معیارهای سه‌گانه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه داده شده است.

۲-۲- اندیس‌ها

در این بخش اندیس‌های مورد استفاده در مدل‌سازی ریاضی مساله معرفی می‌شوند.

i : اندیس قطعات ماشین‌کاری شده

z : اندیس تأمین‌کنندگان رده اول

k : اندیس مجموعه تأمین‌کنندگان رده دوم

r : اندیس مجموعه مواد خام

t : اندیس مجموعه دوره زمانی (سال)

۲-۳- پارامترها

به هر آرمان در مدل می‌بایست مقدار w به‌عنوان وزن نسبی نشانگر اهمیت هدف تخصیص داده شود و برای هر آرمان مقدار هدف Z در نظر گرفته می‌شود که هدف دستیابی Z برای آرمان موردنظر است.

عملکرد زیست‌محیطی تأمین‌کننده رده اول با E_j و عملکرد زیست‌محیطی تأمین‌کننده رده دوم با E_k نمایش داده می‌شود. عملکرد اجتماعی تأمین‌کننده رده اول با S_j و عملکرد اجتماعی تأمین‌کننده رده دوم با S_k نمایش داده می‌شود.

هزینه خرید قطعه ماشین‌کاری شده i از تأمین‌کننده j در دوره t عبارت است از C_{ijt} و هزینه تحویل کالای خام r از تأمین‌کننده رده دوم به تأمین‌کننده رده اول با C_{rjkt} نمایش داده می‌شود. هزینه نگهداری با H_{jt} و هزینه کمبود با Q_{jt} نشان داده می‌شود. سایر پارامترهای مربوط به موجودی عبارت‌اند از بیشترین مقدار موجودی مجاز در تأمین‌کننده رده اول که با G_{jt} نشان داده می‌شود و بیشترین مقدار کمبود در تأمین‌کنندگان لایه اول که با E_{it} نمایش داده می‌شود.

در مورد پارامترهای ظرفیت: A_{jt} و A_{jkt} به ترتیب نشان‌دهنده ظرفیت خطوط ارتباطی سازمان با تأمین‌کنندگان رده اول و ظرفیت خطوط ارتباطی تأمین‌کنندگان رده اول با رده دوم در زمان t است. U_{jt} و U_{kt} نیز به ترتیب نشان‌دهنده ظرفیت ماشین‌کاری تأمین‌کننده رده اول در زمان t و ظرفیت تأمین مواد خام تأمین‌کننده رده دوم در زمان t است.

حدود بالایی تعداد تأمین‌کنندگان هر رده به ترتیب با $LT1$ و $LT2$ نمایش داده می‌شود. متغیر LS حداقل تعداد تأمین‌کنندگانی را نشان می‌دهد که در ماشین‌کاری یا تأمین یک کالا می‌بایست با یکدیگر مشارکت داشته باشند. پارامتر Pr سهمی از تقاضا است که نشانگر بیشینه تعداد تأمین‌کنندگانی است که در ماشین‌کاری یا تأمین کالایی خاص می‌توانند مشارکت نمایند.

تقاضای کالای i در دوره t با D_{it} نشان داده می‌شود. نرخ ضایعات تأمین‌کننده اول با s نمایش داده می‌شود. استفاده قطعه i از جزء r با p_{ir} مشخص می‌شود. امکان تأمین جزء r از

تأمین‌کننده k در رده تأمین‌کنندگان دوم با ماتریس صفر و یک S_{rk} نمایش داده می‌شود و در نهایت M عددی بزرگ خواهد بود.

در برنامه‌ریزی آرمانی به هر یک از آرمان‌ها می‌بایست وزنی تخصیص داده شود که بیانگر ارزش نسبی هر آرمان است. این وزن‌ها توسط تصمیم‌گیرندگان مشخص شده و از روش‌هایی مانند روش‌های رتبه‌بندی چند معیاره و یا تحلیل سلسله‌مراتبی نیز در این تعیین وزن‌ها استفاده شده است [۱۵].

جدول ۱: ویژگی‌های زیست‌محیطی انتخاب تأمین‌کننده

دسته	زیردسته	ویژگی
	کنترل آلودگی	دفع آلودگی تطابق محصول تطابق فرایند
تجارب زیست‌محیطی	سیستم‌های مدیریت زیست‌محیطی	سیاست‌گذاری‌های زیست‌محیطی برنامه‌ریزی اهداف زیست‌محیطی تخصیص مسئولیت‌های زیست‌محیطی
	مزیت‌های زیست‌محیطی	استفاده از مواد دوستدار طبیعت فناوری پاک
	تصور سبز	سهم تأمین‌کننده در بازار سبز ارتباط با ذی‌نفعان
عملکرد زیست‌محیطی	طراحی برای محیط	طراحی برای استفاده مجدد دمونتاژ انهدام بازیافت رهاسازی اقلام در طبیعت
	هزینه‌های زیست‌محیطی	هزینه ضایعات (جامد/آب/شیمیایی) هزینه انرژی آلودگی هوا

به‌منظور تعیین عملکرد هر یک از تأمین‌کنندگان در محورهای مختلف پایداری که مستقیماً در مدل برنامه‌ریزی به‌کار خواهد رفت از چارچوبی برای ارزیابی پایداری تأمین‌کنندگان بهره‌برداری شده است. با مرور شاخص‌ها و جمع‌بندی شاخصه‌های مورد استفاده در ارزیابی‌های پایداری، چارچوبی از این شاخص‌ها از تحقیقات مرتبط استخراج و نتایج در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است [۱۶-۱۹].

جدول ۲: ویژگی‌های اجتماعی انتخاب تأمین‌کننده

ویژگی	زیردسته	دسته
فرصت‌های شغلی جبران خدمت نیروی کار	ثبات نیروی کار	منابع انسانی داخلی
عدالت قراردادهای نیروی کار نظم، انضباط و امنیت	تجارب نیروی کار	
تجارب بهداشت و ایمنی رخداد‌های بهداشت و ایمنی	بهداشت و ایمنی	
توسعه شغلی تحقیق و توسعه	توسعه ظرفیت	
مخاطبین گروهی مخاطبین انتخابی	تدارک و ارائه اطلاعات	مشارکت ذی‌نفعان
پتانسیل تأثیر تصمیم‌گیری مشارکت ذی‌نفعان اختیار ذی‌نفعان	تأثیر ذی‌نفعان	
بهداشت آموزش	سرمایه انسانی	
تأمین مسکن زیرساخت خدمات خدمات عمومی و منظم	سرمایه بارآوری	معیارهای اجتماعی خارجی
امنیت ویژگی‌های فرهنگی همبستگی اجتماعی	سرمایه اجتماعی	

با توجه به معیارهای معرفی شده، عملکرد تأمین‌کنندگان در حوزه‌های زیست‌محیطی به ترتیب با E_j و E_k و این عملکرد در حوزه اجتماعی به ترتیب با Z_k و Z_k در مدل نمایش داده شده است و هزینه‌های انتخاب و تخصیص سفارش به صورت مستقیم به عنوان تعیین‌کننده عملکرد اقتصادی در آرمان سوم مدل، مدل‌سازی شده است.

۲-۴- متغیرهای پیوسته

متغیرهای انحراف از آرمان با d_1^+ ، d_1^- ، d_2^+ ، d_2^- ، d_3^+ و d_3^- نشان داده شده‌اند. مقدار قطعات ماشین‌کاری شده i و مواد اولیه r که از تأمین‌کننده j رده اول به کارخانه در زمان t ارسال می‌شود برابر است با X_{ijt} و این مقدار برای مواد اولیه r که از تأمین‌کننده رده دوم برای

تأمین کننده رده اول ارسال می شود برابر است با X_{rjkt} . در تأمین کننده r رده اول مقدار موجودی و کمبود به ترتیب با I_{ijt} و B_{ijt} نمایش داده می شوند. متغیرهای R_{rkt} و R_{ijt} نشان دهنده ظرفیت های تخصیص داده شده به قطعه i از کل ظرفیت تأمین کننده r و ظرفیت تخصیص داده شده از تأمین کننده رده دوم k برای تولید مواد اولیه r در دوره t است.

۲-۵- متغیرهای صفر و یک

تصمیمات انتخاب تأمین کننده براساس متغیرهای صفر و یک L_j و L_k اتخاذ می شود که نشان دهنده انتخاب یا عدم انتخاب تأمین کننده در رده مورد نظر است. تخصیص قطعه i و جزء اولیه r به تأمین کنندگان j و k در دوره t با L_{ijt} و L_{rkt} نمایش داده می شود. در نهایت ارتباط بین تأمین کننده r و تأمین کننده i با متغیر L_{ijk} نمایش داده می شود.

۲-۶- اهداف و آرمانها

تابع هدف (۱) به دنبال کمینه کردن انحرافات از سه هدف تعیین شده Z_1 ، Z_2 و Z_3 است. اولین آرمان مسئله (۲) به دنبال تخصیص حداکثری قطعات و اجزاء اولیه به تأمین کنندگانی است که بیشترین کارایی عملکردی زیست محیطی را دارا هستند. دومین آرمان (۳) به دنبال تخصیص قطعات و اجزاء به تأمین کنندگانی است که بیشترین عملکرد مؤلفه اجتماعی را دارا می باشند و در گام آخر آرمان سوم (۴) به دنبال انتخاب تأمین کننده هم راستا با بعد اقتصادی پایداری است و به دنبال انتخاب تأمین کنندگانی است که هزینه های موجودی و توزیع را حداقل می نمایند. در اینجا فرض بر این است که هزینه های توزیع وابسته به هزینه های تأمین کالا بوده و به عنوان سهمی از هزینه های تأمین، در دل متغیرهای C_{rjkt} و C_{ijt} نهفته است.

$$\text{Min } G = w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^+ \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T E_j L_j X_{ijt} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T E_k L_k X_{rjkt} - d_1^+ + d_1^- = Z_1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T S_j L_j X_{ijt} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T S_k L_k X_{rjkt} - d_2^+ + d_2^- = Z_2 \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T C_{ijt} X_{ijt} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T C_{rjkt} X_{rjkt} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T H_{ijt} I_{ijt} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Q_{ijt} B_{ijt} - d_3^+ + d_3^- = Z_3 \quad (4)$$

۲-۷- انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش

محدودیت‌های (۵) نشان می‌دهند که تعداد تأمین‌کنندگان انتخابی در هر رده، نباید بیش از حد تعیین شده باشند. محدودیت‌های (۶) بیانگر این موضوع هستند که تنها بین تأمین-کنندگان انتخاب شده ارتباط برقرار خواهد شد. در نهایت محدودیت‌های (۷) تضمین کننده آن است که سفارش تنها در بین تأمین‌کنندگانی که انتخاب شده باشند، تخصیص داده خواهد شد.

$$\sum_{j=1}^J L_j \leq LT_1 \quad j=1,2,\dots,J, \quad k=1,2,\dots,K \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^J L_k \leq LT_r$$

$$L_{jk} \leq L_j \quad (6)$$

$$L_{jk} \leq L_k$$

$$L_{ijt} \leq L_j \quad i=1,2,\dots,I, \quad j=1,2,\dots,J, \quad t=1,2,\dots,T \quad (7)$$

$$L_{rkt} \leq L_k \quad r=1,2,\dots,R, \quad k=1,2,\dots,K.$$

۲-۸- تعیین تأمین‌کنندگان چندگانه

اطمینان کردن به یک تأمین‌کننده می‌تواند ریسک تأمین را افزایش داده و از همین‌رو در این مدل جهت تأمین مواد از چندین تأمین‌کننده موازی استفاده می‌شود. از سوی دیگر افزایش بیش از حد تأمین‌کنندگان می‌تواند در هماهنگی زنجیره تأمین مشکلاتی را ایجاد کند. با تعیین متغیر LS می‌توان حداقل تعداد تأمین‌کنندگان را با محدودیت‌های (۸) مشخص نمود.

متغیرهای (۹) و (۱۰) از تخصیص یک قلم کالای خاص به تعداد زیاد تأمین‌کننده با استفاده از ضریب Pr جلوگیری می‌کند. این ضریب باعث می‌شود سفارش تخصیص داده شده از کسری از کل تقاضا کمتر نباشد. سمت چپ محدودیت (۱۰) نشان‌دهنده مجموع قطعات ارسالی از هر تأمین‌کننده رده ۲ به کلیه تأمین‌کنندگان رده ۱ بوده و سمت راست این محدودیت نشان‌دهنده مجموع سهم جزء r از مجموع کل تقاضاها ضربدر حداقل سهم موردنظر برای ارسال به تأمین‌کننده رده دوم است.

$$\sum_{j=1}^J L_{ijt} \leq LS \quad i=1,2,\dots,I, \quad t=1,2,\dots,T, \quad r=1,2,\dots,R \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^K L_{ijt} \leq LS$$

$$X_{ijt} \geq \Pr D_{it} L_{ijt} \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \geq \Pr \sum_{i=1}^I D_{it} P_{ir} L_{rkt} \quad r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T. \quad (10)$$

۹-۲- محدودیت‌های ارتباط و ظرفیت گره

محدودیت‌های (۱۱) کل مقادیر ارسالی از هر رابطه را به گونه‌ای محدود می‌سازند که از ظرفیت راه‌های ارتباطی بیشتر نشود.

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} \leq A_{jt} \times L_j \quad j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \leq A_{jkt} \times L_{jk} \quad k = 1, 2, \dots, K$$

۱۰-۲- محدودیت‌های موجودی و تقاضا

پاسخگویی به تقاضای کارخانه از طریق محدودیت (۱۲) انجام می‌شود و محدودیت‌های (۱۳) به منظور تعادل مواد، محدودیت‌های موجودی و کمبود در تأمین‌کننده رده T_1 اضافه شده‌اند. برای برخی قطعات ارتباط یک به یک بین قطعه و مواد اولیه وجود ندارد. متغیر P_{ir} که از سیاهه مواد استخراج می‌شود بیانگر نحوه ارتباط بین قطعه ماشین‌کاری شده i و ماده اولیه r می‌باشد. به این ترتیب می‌توان نقش تأمین‌کننده رده T_1 را به عنوان مونتاژکننده در مدل وارد نمود.

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} = D_{it} \quad i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (12)$$

$$(1+s) \sum_{i=1}^I P_{ir} (X_{jit} - I_{ijt-1} + I_{ijt} + B_{jt-1} - B_{jt}) = \sum_{k=1}^K X_{rjkt} \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^J I_{ijt} = G_{jt} \quad r = 1, 2, \dots, R, j = 1, 2, \dots, J, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T$$

$$\sum_{j=1}^J B_{jt} = E_{it}$$

سایر محدودیت‌های زیر مربوط به محدودیت‌های صحیح بودن و غیرمنفی بودن متغیرهای تصمیم است.

$$X_{ijt}, R_{ijt}, I_{ijt}, B_{ijt} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T$$

$$X_{rjkt} \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$R_{rkt} \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$L_j \in \{0, 1\} \quad j = 1, 2, \dots, J$$

$$L_k \in \{0, 1\} \quad k = 1, 2, \dots, K$$

$$L_{jk} \in \{0, 1\} \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K$$

$$L_{ijt} \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, I, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad k = 1, 2, \dots, K$$

$$L_{rkt} \in \{0, 1\} \quad r = 1, 2, \dots, R, \quad k = 1, 2, \dots, K, \quad t = 1, 2, \dots, T.$$

۳- روش‌های حل مدل دوسویه

در این بخش به بررسی روش‌های مطرح‌شده برای حل مدل‌های دوسویه خواهیم پرداخت و با بررسی روش‌های حل، روشی مناسب برای حل مدل انتخاب تأمین‌کننده پایدار معرفی شده در بخش قبل، ارائه خواهد شد.

۳-۱- رویکرد خطی‌سازی مرسوم

در این بخش، به بررسی چگونگی خطی‌سازی این مدل و نیز ویژگی‌های اساسی مدل دوسویه که می‌تواند در خطی‌سازی آن مورد استفاده قرار گیرد، می‌پردازیم.

در برخورد با مدل‌های ترکیبی دوسویه‌ی عدد صحیح یکی از روش‌های مرسوم، خطی کردن مدل است. یکی از این روش‌ها استفاده از نامعادلات (۱۴) برای خطی کردن مدل است [۲۰]:

$$lL \leq Y \leq uL \quad (14)$$

$$X - u(1-L) \leq Y \leq X - l(1-L)$$

که در آن l و u به ترتیب نشان‌دهنده حد پایین و بالای متغیر پیوسته X هستند و Y متغیر جدیدی است که جایگزین عبارت دوسویه LX می‌شود.

۳-۲- روش تغییر یافته بندرز

روش بندرز یک مدل غیرخطی را به یک مدل خطی تبدیل می‌کند و به جای بهینه‌یابی متغیرهای پیچیده در مدل غیرخطی، به بهینه‌یابی متغیرهای غیر پیچیده در مدل تغییر شکل-یافته می‌پردازد که مقادیر خود را از متغیرهای پیچیده مدل اولیه اخذ می‌نمایند. مسئله‌ی اصلی از محدودیت‌هایی بر این متغیرهای پیچیده و برش‌هایی که از زیرمسئله‌های مربوط به

بهینه‌سازی متغیرهای پیچیده، تشکیل شده است. مسئله‌ی اصلی مقادیر متغیرهای پیچیده را به زیرمسئله‌ها فرستاده تا گام‌های بهینه‌یابی این متغیرها در زیرمسئله نهایی گردد. در هر تکرار حدود بالا و پایین به‌دست‌آمده در دو مسئله مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این مسئله، از آنجا که متغیرهای تابع هدف صرفاً متغیرهای انحراف از آرمان می‌باشند و جزء متغیرهای پیچیده مسئله طبقه‌بندی نمی‌شوند از روش پیشنهادی در مطالعه [۱۴] استفاده می‌شود. در این مدل اگرچه متغیرهای تابع هدف به‌خودی‌خود جزء متغیرهای پیچیده به‌حساب نمی‌آیند ولی این متغیرها خود تحت تأثیر متغیرهای پیچیده دیگری می‌باشند.

در این رویکرد تغییر یافته هر دو مسئله اصلی و زیرمسئله به شکل مسئله برنامه‌ریزی آرمانی مدل‌سازی می‌شوند. هدف مسئله اصلی انتخاب تأمین‌کننده است در صورتی که زیرمسئله به توزیع سفارش بین تأمین‌کنندگان انتخابی می‌پردازد. در مواقعی که زیرمسئله نتواند به یک جواب شدنی برای مقادیر داده‌شده برای متغیرهای پیچیده دست یابد، یک برش ترکیبی بندرز مطابق معادله (۱۷) به مسئله اصلی اضافه می‌شود. از سوی دیگر چنانچه زیرمسئله برای مقادیر داده‌شده به جواب شدنی دست یابد، آنگاه یک برش بندرز کلاسیک به مسئله مطابق معادله (۱۶) به مسئله اصلی اضافه می‌شود تا بدین‌وسیله مقادیر بهتر متغیرهای صفر و یک با استفاده از تئوری دوگان محاسبه شود.

۳-۲-۱- مسئله اصلی

در این مسئله، مقدماً تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده و ارتباطات بین آن‌ها از طریق بهینه‌یابی متغیرهای تصمیم L_j ، L_k و L_{jk} به‌عنوان متغیرهای پیچیده مشخص می‌گردد. برش بهینه معادله (۱۶)، در صورتی که این متغیرها با در نظر گرفتن مسئله اصلی بهینه نباشند، مقادیر این متغیرها را به‌روزرسانی می‌کند. سایر متغیرهای صفر و یک L_{rkt} و L_{ijt} از آنجا که در هیچ عبارت دوسویه‌ای ظاهر نشده‌اند به‌عنوان متغیرهای غیر پیچیده، مقادیر آن‌ها از زیرمسئله بهینه‌یابی خواهد شد. برای حل مسئله اصلی از یک الگوریتم شاخه و برش استفاده می‌شود. این الگوریتم کار خود را با رهاسازی شرط تمامیت متغیرهای صفر و یک آغاز می‌کند. تابع هدف و محدودیت‌های مسئله اصلی به‌صورت زیر است:

$$\text{Min } G = w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + \alpha.$$

این مسئله علاوه بر محدودیت‌های مسئله می‌بایست تحت محدودیت‌های (۱۵) تا (۱۷) حل شود.

$$\sum_{j=1}^J T_j L_j + \sum_{k=1}^K T_k L_k - d_{\varphi}^+ + d_{\varphi}^- = Y_1 \quad (15)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K F_{jk} L_{jk} - d_{\delta}^+ + d_{\delta}^- = Y_2$$

$$\alpha \geq w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{+h} + \sum_{j=1}^J \lambda_j (L_j - L_j^h) \quad h=1,2,\dots,q \quad (16)$$

$$+ \sum_{k=1}^K \mu_k (L_k - L_k^h) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \gamma_{jk} (L_{jk} - L_{jk}^h)$$

$$\sum_{j:L_j^p=0} L_j + \sum_{j:L_j^p=1} (1-L_j) + \sum_{k:L_k^p=0} L_k + \sum_{k:L_k^p=1} (1-L_k) \geq 1 \quad p=1,2,\dots,f. \quad (17)$$

چنانچه زیرمسئله شدنی باشد، آنگاه برش بهینه (۱۶) به مسئله اضافه می‌شود [۲۱]. بر اساس مقادیر ضرایب دوگان مسئله، معادله (۱۶)، مشخص می‌کند که کدام متغیرهای صفر و یک می‌بایست ضرایب خود را حفظ کنند، کدام یک می‌بایست مقدارشان به صفر کاهش پیدا کند و کدام متغیرها می‌بایست مقادیر یک اتخاذ نمایند. به‌علاوه اگر زیرمسئله نشدنی باشد، آنگاه برش شدنی (۱۷) به مسئله اضافه خواهد شد [۲۲].

از این رو α تابعی است که تخمین پایینی مقدار بهینه تابع هدف زیرمسئله را برای مقادیر داده‌شده از متغیرهای صفر و یک L_j, L_k, L_{jk} ارائه می‌دهد. به‌منظور اطمینان از کران‌دار بودن این مسئله، α می‌بایست یک حد کمینه داشته باشد.

$\lambda_j, \mu_k, \gamma_{jk}$ متغیرهای دوگان متناظر با هر یک از محدودیت‌های مسئله است که مقادیر هر یک از متغیرهای صفر و یک L_j, L_k, L_{jk} و L_j در زیرمسئله را تخصیص می‌دهند. h و p نیز به ترتیب اندیس‌های راه‌حل‌های شدنی و نشدنی زیرمسئله می‌باشند.

۳-۲-۲- زیرمسئله

تابع هدف زیرمسئله برابر تابع هدف اصلی مسئله در معادله (۱) است و این زیرمسئله با در نظر گرفتن محدودیت‌های مرتبط در مسئله اصلی به‌علاوه محدودیت‌های (۱۸) حل خواهد شد. این دسته محدودیت‌های اخیر که در زیر آمده است برای هم‌ارزسازی ارزش متغیرهای پیچیده با مقادیر به‌دست‌آمده از مسئله اصلی اضافه شده است:

$$\begin{aligned}
 L_j &= L_j^h : \lambda_j \\
 L_k &= L_k^h : \mu_k \quad j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \\
 L_{jk} &= L_{jk}^h : \gamma_{jk}.
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

۳-۲-۳ بررسی بهینه بودن

معادله (۱۹) نشانگر یک تابع بهینه‌سازی مرسوم برای بهینه‌یابی متغیرهای پیچیده X و متغیرهای غیر پیچیده Y است. بر اساس نظریه بندرز می‌توان این تابع را به دو جزء و دو هدف تجزیه نمود. جزء اول بهینه‌یابی متغیرهای پیچیده در معادله (۲۰) است و متعلق به مسئله اصلی است. دومین جزء در معادله (۲۱)، مقادیر بهینه متغیرهای غیر پیچیده را برای مقادیر متغیرهای پیچیده داده‌شده مشخص می‌کند که به زیرمسئله تعلق دارد.

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n c_i x_i + \sum_{j=1}^m d_j y_j \tag{19}$$

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n c_i x_i + \alpha \tag{20}$$

$$\text{Min} \sum_{j=1}^m d_j y_j. \tag{21}$$

مسئله مورد بررسی، به دنبال بهینه‌سازی متغیرهای انحراف از معیار است. متغیرهای انحراف از آرمان اشاره‌شده در معادله (۱)، به هر دو دسته متغیرهای پیچیده و غیر پیچیده وابسته می‌باشند. درحالی‌که متغیرهای نشان داده‌شده در تابع هدف مسئله اصلی تنها به متغیرهای پیچیده وابسته است. به علاوه متغیرهای انحراف اخیر، نشانگر میزان سهم به دست آمده از انحراف اصلی است. بنابراین اگر این متغیرهای انحراف جایگزین متغیرهای پیچیده و غیر پیچیده شوند و نیز در سایر معادلات مرتبط جایگزین شوند مسلماً به خاطر تفاوت نوع متغیرها، چنین نتیجه می‌شود که عبارات مشمول متغیرهای پیچیده در مسئله آغازین با مسئله اصلی متفاوت خواهد بود.

به علاوه تابع هدف زیرمسئله همان تابع هدف مسئله آغازین است که شامل سهم متغیرهای پیچیده شده است. بنابراین روشن است که در این روش، فرموله‌سازی تابع هدف شبیه روش کلاسیک بندرز نیست. در اینجا حدود بالا و پایین مطابق معادلات (۲۲) در فن بندرز کلاسیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$Z_L^h = \sum_{i=1}^n c_i x_i^h + \alpha^h \quad (22)$$

$$Z_U^h = \sum_{i=1}^n c_i x_i^h + \sum_{j=1}^m d_j y_j^h.$$

تابع α که در معادله دوم (۱۵) نشان داده شده است به دنبال پیدا کردن مقادیر بهتر برای متغیرهای پیچیده با در نظر گرفتن تابع هدف آغازین نمایش داده شده در سمت راست معادله است. بنابراین اگر ارزش تابع هدف اصلی به دست آمده از حل زیرمسئله با مقدار α که قبلاً از مسئله اصلی به دست آمده است برابر باشد، آنگاه چنین نتیجه می‌شود که مقدار متغیرهای پیچیده در تابع هدف مسئله آغازین به مقدار بهینه خود رسیده‌اند. معادله (۲۳) شرایط بهینگی را نشان می‌دهد.

$$w_1 d_1^{-h} + w_1 d_1^{-h} + w_r d_r^{+h} = \alpha^h. \quad (23)$$

این شرط می‌تواند در حدود بالا و پایین مورد استفاده در رویکرد کلاسیک بندرز نیز مشاهده شود. در تکرار بهینه هر دو حد با یکدیگر برابر شده که بیانگر تساوی عبارت دوم سمت راست در معادلات است و تساوی معادلات حدی شرط تحقق بهینگی خواهد بود.

۴- مثال‌های عددی

در این بخش به منظور نمایش کارایی روش ارائه شده، روش تجزیه بندرز با روش خطی‌سازی مرسوم در حل مدل مورد نظر به کار گرفته شده و نتایج مقایسه می‌گردند. هر دو روش به وسیله نرم‌افزار GAMS مدل‌سازی شده و با استفاده از سی‌پلکس حل شده‌اند که برای حل مسائل عدد صحیح از روش شاخه برش استفاده می‌کند. ۵ نمونه مسئله با ابعاد مختلف با در نظر گرفتن شرایط و ساختار مدل اصلی با پارامترهای فرضی ایجاد شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج این مقایسات در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است.

همان‌گونه که نتایج این جداول در ستون شکاف بهینه نشان می‌دهد، الگوریتم بندرز در کلیه نمونه مثال‌های عددی به جواب بهینه دست یافته است و در مسائل با حجم بالا، به مراتب روش تجزیه بندرز با کارایی بیشتری، در زمان کمتری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله، مدل انتخاب تأمین‌کننده پایدار به همراه تخصیص سفارش با در نظر گرفتن پارامترهای مسئله با نگاه به نیازمندی‌های دنیای واقعی مدل‌سازی شده است.

با توجه به پیچیدگی‌های موجود در داده‌های مربوط به مدل‌سازی انتخاب تأمین‌کننده پایدار، داده‌های واقعی در این بخش مورد استفاده قرار نگرفته و تنها نتایج مدل با استفاده از داده‌های فرضی بررسی شده است.

جدول ۳: نتایج روش بندرز

شماره مسئله	تعداد محصولات				تعداد تأمین‌کنندگان		محدودیت‌ها متغیرها	تعداد	زمان حل شکاف
	نهایی	اولیه	لایه اول	لایه دوم	برش‌ها	ثانیه			
۱	۴	۶	۷	۶	۱۲۱۱	۱۴۵۸	۷۰	۸	۰
۲	۷	۱۰	۱۲	۸	۲۹۵۸	۴۷۴۷	۳۲۰	۶۰۰	۰
۳	۱۰	۱۳	۱۴	۱۰	۴۶۵۶	۸۵۱۵	۳۶۰	۸۴۰	۰
۴	۱۴	۱۸	۱۷	۱۱	۱۵۰۸۲	۷۲۹۵	۱۵۰	۳۶۰	۰
۵	۱۵	۲۰	۲۰	۱۲	۹۰۸۶	۲۰۶۲۳	۲۰۰	۵۳۰	۰

جدول ۴: نتایج روش خطی سازی مرسوم

شماره مسئله	تعداد محصولات				تعداد تأمین‌کنندگان		محدودیت‌ها متغیرها	زمان حل
	نهایی	اولیه	لایه اول	لایه دوم	ثانیه			
۱	۴	۶	۷	۶	۶۰۳۲	۳۰۴۹	۳	
۲	۷	۱۰	۱۲	۸	۲۱۰۷۴	۱۰۷۵۴	۹۰	
۳	۱۰	۱۳	۱۴	۱۰	۴۶۵۶	۸۵۱۵	۱۷۹۰	
۴	۱۴	۱۸	۱۷	۱۱	۱۵۰۸۲	۷۲۹۵	۴۷۶۰	
۵	۱۵	۲۰	۲۰	۱۲	۹۰۸۶	۲۰۶۲۳	۵۷۶۰	

چارچوب ویژگی‌های معرفی شده در این مقاله می‌تواند در ارزیابی‌های تأمین‌کننده پایدار مورد استفاده قرار بگیرد. مدل دوسویه ارائه شده با توجه به نتایج مثال عددی مشخص شده که به خوبی می‌تواند به عنوان مدلی با حل قطعی برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش مورد استفاده قرار گیرد.

اگرچه این مدل دوسویه می‌تواند با روش‌های خطی‌سازی به روش‌های حل مسائل عدد صحیح مانند شاخه و کران حل شود ولی روش ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد که این روش با کاهش تعداد محدودیت‌های اضافه شده به مدل، از پیچیدگی مدل نهایی می‌کاهد. این کاهش پیچیدگی همان گونه که در نتایج نشان داده شده است در مسائل با ابعاد بزرگ به شدت در کاهش زمان حل مسئله مؤثر واقع می‌شود.

در ادامه و به‌عنوان پیشنهادهایی برای کارهای آتی در مسیر این تحقیق می‌توان مدل‌سازی با در نظر گرفتن نامعینی در پارامترها را در نظر گرفت. به این منظور لازم است تا پارامترهای مسأله که در دنیای واقعی با نامعینی‌هایی همراه است، مانند تقاضا و یا ظرفیت‌ها، به‌صورت احتمالی در نظر گرفته شده و روش‌های مناسبی برای حل مسأله برنامه ریزی ریاضی توسعه داده شود.

مراجع

- [1] Seuring, S. and Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, **16**, 1699–1710.
- [2] WCED (1987). Our common future. *Oxford University Press*, New York.
- [3] Linton, J.D., Klassen, R. and Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of Operations. Management*, **25**, 1075–1082.
- [4] Starik, G.P. M. and Rands, G.P. (1995). Weaving an integrated web: multilevel and multisystem perspectives of ecologically sustainable organizations. *Academy of Management. Review*, **20**, 908–935.
- [5] Carter, C.R. and Jennings, M.M. (2002). Logistics social responsibility: an integrative framework. *Journal of Bussiness Logist.* **23**, 145–180.
- [6] IBM (2005). *IBM's 2005 innovations in corporate responsibility*. IBM Corporatio, Armonk, NY.
- [7] Amid, A., Ghodsypour, S.H. and O'Brien, C. (2009). A weighted additive fuzzy multiobjective model for the supplier selection problem under price breaks in a supply Chain. *International Journal of Production Economics*, **121**, 323-332.
- [8] Che, Z.H. and Wang, H.S. (2008). Supplier selection and supply quantity allocation of common and non-common parts with multiple criteria under multiple products. *Computers and Industrial Engineering Journal*, **55**, 110–133.
- [9] Ghorbani, M., Bahrami, M. and Arabzad, S.M. (2012). An integrated model for supplier selection and order allocation; using Shannon Entropy, SWOT and linear programming. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, **41**, 521–527.
- [10] Yang, P.C., Wee, H.M., Pai, S. and Tseng, Y.F. (2011). Solving a stochastic demand multi-product supplier selection model with service

- level and budget constraints using Genetic Algorithm. *Expert Syst. Appl.* **38**, 14773–14777.
- [11] Chen, T.Y. (2013). An electre-based outranking method for multiple criteria group decision making using interval type-2 fuzzy sets. *Information. Sciences*, **263**, 1–21.
- [12] Lima Junior, F.R., Osiro, L. and Carpinetti, L.C.R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft. Computing*, **21**, 194–209.
- [۱۳] محبعلی زاده، ه. و فاتر، ف. (۱۳۹۲). رویکردی چندهدفه برای ارزیابی تأمین کنندگان با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌های چندمعیاره. نشریه مهندسی صنایع، ۱:۶۷–۸۰.
- [14] Osman, H. and Demirli, K. (2010). A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection. *International Journal of Production Economics*, **124**, 97–105.
- [15] Tamiz, M. (2010). *Practical goal programming*. Springer, Berlin.
- [16] Hassini, E., Surti, C. and Searcy, C. (2012). A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, **140**, 69–82.
- [17] Bai, C. and Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability in to supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics*, **124**, 252–264.
- [18] Presley, A., Meade, L. and Sarkis, J. (2007). A strategic sustainability justification methodology for organizational decisions: a reverse logistics illustration. *International Journal of Production Research*, **45**, 4595–4620.
- [19] Gauthier, C. (2005). Measuring corporate social and environmental performance: The extended life-cycle assessment. *Journal of Bussiness Ethics.*, **59**, 199–206.
- [20] Adams, W.P. and Forrester, R.J. (2007). Linear forms of nonlinear expressions: new insights on old ideas. *Operations Research Letters.*, **35**, 510–518.
- [21] Geoffrion, A.M. (1972). Generalized Benders decomposition. *Journal of Optimization Theory and Applications*, **10**, 237–260.
- [22] Codato, G. and Fischetti, M. (2006). Combinatorial benders' cuts for mixed-integer linear programming. *Operations Research*, **54**, 756–766.

Sustainable Supplier Selection and Order Allocation with Modified Benders Decomposition

Kamal Chaharsooghi, Mehdi Ashrafi

Department of Industrial Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Abstract

Supplier selection is an important decision in the management of a supply chain that is depends on various factors and parameters. Recent emphasis on sustainability in supply chain management has made this selection more complex. Many tools have been developed with a variety of formal modeling techniques. These techniques may be limited for a variety of reasons. An integrated Sustainable supplier selection and order allocation model is discussed in this paper to apply sustainability attributes in supplier selection and develop a bilinear goal-programming model for integrated order allocation model. Bilinearity in goal programming is handled with a modified Benders decomposition method and numerical results shows the efficiency of the proposed model. Implications of the model and future research directions conclude the paper.

Keywords: Sustainability, Supplier selection, Bilinear programming, Benders decomposition.

Mathematics Subject Classification (2010): 65Y20, 68J20.