

انتخاب تامین کننده با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی و الگوریتم اصلاح شده بندرز

مرتضی شفیعی^۱، هیلدا صالح^{۲*}

۱- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

۲- استادیار، گروه ریاضی، دانشکده علوم و فن آوری‌های همگرا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

رسید مقاله: ۲۸ مرداد ۱۴۰۰

پذیرش مقاله: ۱۹ دی ۱۴۰۰

چکیده

مدیریت زنجیره تامین با توجه به گسترش روز افرون بازارهای جهانی، به یکی از موضوعات مهم و بحث انگیز تبدیل شده است. یک زنجیره تامین کارا فواید متعددی را برای سازمان به همراه خواهد داشت که از جمله آن‌ها می‌توان به کاهش هزینه‌ها، افزایش سهم بازار، افزایش فروش و روابط پایدار با مشتری اشاره کرد. در نتیجه واضح است که پیکربندی دوباره زنجیره تامین می‌تواند شرکت را در جهت رساندن به اهدافش یاری دهد.

لذا هدف پژوهش حاضر ارایه یک مدل ریاضی به گونه‌ای است که علاوه بر کاهش هزینه‌ها با بهره‌گیری بهتر از ظرفیت تامین کننده‌ها موجب افزایش تقاضا و تحويل به موقع در طول زنجیره گردد. همچنین برای حل مدل ارایه شده از روش تجزیه اصلاحی بندرز استفاده شده است. این شیوه در مقایسه با روش کلاسیک بندرز باعث می‌شود مساله اصلی و فرعی به صورت دو مدل برنامه‌ریزی با اهداف متفاوت طراحی شوند.

کلمات کلیدی: مدیریت زنجیره تامین، انتخاب تامین کننده، برنامه‌ریزی آرمانی، الگوریتم اصلاح شده بندرز.

۱ مقدمه

امروزه رقابت شرکت‌ها گسترده‌تر شده و به دلیل فضای رقابتی زیادی که در بازار وجود دارد، افزایش کارایی زنجیره تامین از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، سازمان‌ها برای افزایش توان رقابتی خود تلاش می‌کردند تا با استانداردسازی و بهبود فرایندهای داخلی خود محصولی با کیفیت بهتر و هزینه کمتر تولید کنند. در آن زمان تفکر غالب این بود که مهندسی و طراحی قوی و نیز عملیات تولید منسجم و هماهنگ، پیش‌نیاز دستیابی به خواسته‌های بازار و در نتیجه کسب سهم بازار بیشتر می‌گردد، به همین دلیل سازمان‌ها تمام تلاش خود را بر افزایش کارایی معطوف می‌کردند. در دهه ۸۰، با افزایش تنوع در الگوهای مصرف مشتریان،

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: hildasaleh63@gmail.com

سازمان تولیدی به طور فراینده‌ای به افزایش انعطاف‌پذیری در خطوط تولید، بهبود محصولات و فرایندهای موجود و توسعه محصولات جدید برای ارضای مشتریان علاقه‌مند شدند که این موضوع به نوبه خود چالش‌های جدیدی برای آن‌ها فراهم کرد [۱]. ولی در دهه ۹۰، به موازات بهبود تولید، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازار تنها بهبود فرایندهای داخلی و انعطاف‌پذیری در توانایی‌های شرکت کافی نیست بلکه تامین کنندگان قطعات و مواد نیز باید موادی با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید کنند [۱]. این موضوع تصمیم‌گیرنده‌گان را وادار ساخت تا به بررسی مجدد تهیه کنندگان مواد اولیه پردازنند. این بررسی شامل انتخاب تهیه کنندگان، چگونگی توزیع مواد بین آن‌ها و استفاده از قابلیت‌ها و توانایی‌های آن‌ها می‌باشد [۲].

در این دهه بسیاری از کارخانه‌ها در جستجوی راهی برای مشارکت با تامین کنندگان بودند تا از این طریق عملکرد مدیریت و رقابت‌پذیری آن‌ها را ارتقا دهند. بنابراین روابط بین تامین کننده و مصرف کننده در شرکت‌های تولیدی مورد توجه جدی قرار گرفت و مشاهده شد که زمانی که روابط بلندمدت بین این دو وجود داشته باشد، زنجیره تامین شرکت مانع جدی و قوی بر سر راه رقبا خواهد بود.

امروزه با افزایش اهمیت فعالیت خرید و تدارکات تصمیم‌های خرید مهم تر شده و از آنجا که امروزه سازمان‌ها بیشتر به تامین کنندگان وابسته‌شده‌اند، پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری ضعیف، و خیم‌تر جلوه می‌کند [۳]. در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام‌شده محصول را در بر می‌گیرد [۴]. در چنین شرایطی بخش تدارکات می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا کند و تاثیر مستقیمی روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد [۵]. در حقیقت انتخاب مجموعه مناسبی از تامین کنندگان برای کار با آن‌ها در جهت موفقیت یک شرکت امری بسیار مهم و حیاتی می‌باشد و در طی سالیان طولانی بر انتخاب تامین کننده تاکید شده است.

اصلوً مساله انتخاب تامین کننده از دو نوع می‌باشد: هنگامی که هیچ محدودیتی وجود ندارد، به عبارت دیگر کلیه تامین کنندگان قادر به برآوردن نیاز خریدار از قبیل نیازهای کیفی، تحویل به موقع، و... می‌باشند یا هنگامی که برخی از محدودیت‌ها در ظرفیت تامین کننده وجود دارد، به عبارت دیگر، تامین کننده‌ای که بتواند کلیه نیاز خریدار را ارضا کند وجود ندارد و خریدار مجبور است بخشی از نیاز خود را از یک تامین کننده و بخش دیگر را از تامین کننده دیگر خریداری کند. در برخی مواقع شرکت توان تولید قسمتی از مواد نیاز خود را دارد، اما برای برطرف نمودن نیاز خود مجبور به خریداری قسمتی از مواد از خارج شرکت می‌باشد [۶].

نکته مهم دیگری که در اینجا قابل اشاره است، این است که معمولاً زنجیره تامین شرکت‌های مختلف به صورت یک سطح نمی‌باشد. به عبارت دیگر زنجیره تامین شرکت‌ها از سطوح مختلفی تشکیل شده است و هر سطح از قدرت تصمیم‌گیری متفاوتی برخوردار است. این گونه مدل‌ها در اصطلاح به مدل‌چند سطحی معروف هستند. در این گونه مدل‌ها، با توجه به ماهیت تامین کنندگان و سایر عناصر زنجیره، تمرکز قدرت جایگاه متفاوتی دارد. به عبارت دیگر در مدل‌های چند سطحی گروهی نقش رهبر و گروه دیگر نقش پیرو را بازی می‌نمایند. البته در نظر گرفتن مدل‌های چند سطحی در زنجیره تامین باعث می‌شود که رویکرد مدل‌سازی رویکرد چند سطحی باشد. این رویکرد، به علت دشواری حل، جزء رویکردهایی پیچیده طبقه‌بندی می‌شوند. معمولاً زمانی که تعداد

تامین کنندگان زیاد باشد، تعداد محدودیت‌های مساله به شدت زیاد می‌شود و باعث پیچیدگی فرایند حل و تعیین تامین کنندگان مناسب می‌شود.

اکثر مقالاتی که تاکنون در خصوص انتخاب و ارزیابی تامین کننده در ادبیات تحقیق موجود است؛ به بررسی و انتخاب تامین کنندگان در حالت تک سطحی پرداخته‌اند. در این تحقیق به انتخاب و ارزیابی تامین کنندگان در حالت چند سطحی پرداخته شده است. این نوع مدل‌ها جزء مدل‌های Np-Hard دسته‌بندی می‌شوند. فرایند حل آنها بسیار مشکل و پیچیده می‌باشد. زیرا علاوه بر چند سطحی بودن تابع هدف، تعداد محدودیت‌های مساله به شدت زیاد است. برای حل این مشکل از روش تجزیه و تحلیل بندرز استفاده می‌شود. این روش مساله را به دو دسته اصلی و فرعی تقسیم می‌نماید. مساله اصلی شامل متغیرهای پیچیده و برش‌های اضافه می‌باشد؛ جهت حل این مدل‌ها، ابتدا باید مسایل فرعی طراحی و حل شوند. با تشکیل مساله فرعی مقداری متغیرهای پیچیده اصلاح می‌شود. این راه حل زمانی متوقف می‌شود که مساله اصلی نشدنی شود و این بدان معناست که تمام نقاط اصلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. با توجه به زیاد بودن تعداد محدودیت‌ها، روش بندرز بهتر از سایر روش‌ها عمل نموده و زمان انجام محاسبات را کاهش می‌دهد. روش تجزیه اصلاحی بندرز با موفقیت در مدل‌های برنامه‌ریزی اهداف دوگانه که در آن متغیرهای دوگانه پیچیده بر اهداف تاثیر می‌گذارند به کار رفته است.

قابل ذکر است که، شرکت مورد بررسی به دنبال افزایش تقاضا می‌باشد اما در آن سیستم هزینه توزیع افزایش یافته و محصول نهایی به موقع در اختیار مشتریان قرار نمی‌گیرد. دیر رسیدن مواد اولیه که ناشی از معامله با تهیه کنندگانی است که از کفايت و قابلیت لازم برای تحویل به موقع مواد برخوردار نیستند؛ علت اصلی این تأخیر می‌باشد و باعث نارضایتی مشتری می‌گردد. هدف اصلی این است که شرکت باید در جست و جوی راهی باشد که علاوه بر کاهش هزینه‌ها بتواند به موقع محصول نهایی را تحویل داده و عملکرد شبکه را ارتقاء بخشد. بنابراین شبکه می‌بایست مورد تجدید نظر قرار گرفته و با پیکره‌بندی دوباره زنجیره تامین تهیه کنندگان ناکارآمدی که باعث می‌شوند شرکت در عمل به تعهدات خود دچار خلل شود، کثار گذاشته می‌شوند. لذا با توجه به این که انتخاب معتبرترین تهیه کنندگان از اهداف اصلی شرکت می‌باشد، پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر مد نظر خواهد بود.

(۱) چه نوع پیکره‌بندی برای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین مورد نیاز است؟

(۲) چگونه می‌توان تامین کنندگان را انتخاب نمود؟

شرح داده شده و زمینه‌های مطالعات بیشتر در تحقیقات آتی معرفی شده‌اند.

۲ پیشینه تحقیق

در مطالعات اولیه‌ای که در ارتباط با انتخاب تامین کننده توسط دیکسون (1996) انجام گرفته است نزدیک به ۲۳ معیار مجزا برای تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب تامین کنندگان ارایه شده است این فاکتورها مستقل از نوع محصول می‌باشد و شامل: قیمت، کیفیت محصول، تحویل به موقع، گارانتی، خدمات پس از فروش، قابلیت فنی،

نحوه برخورد، کیفیت خدمات، کمک‌های آموزشی، عملکرد گذشته، ثبات مالی، موقعیت، روابط نزدیک، مدیریت و سازمان، توانایی حل مساله، سیستم ارتباط پاسخ‌گویی به مشتری، قابلیت تولید، قابلیت بسته‌بندی، کنترل عملیات، میزان کسب و کار گذشته، شهرت و موقعیت در صنعت، بازآفرینی، ادراک و احساس، تلاش‌های کسب و کار، توانایی نگهداری و اندازه بازار می‌باشد [۷]. بعدها توسط ویر نشان داده شده است که مساله انتخاب تامین کننده گان ذاتاً چندهدفه می‌باشد و از طرفی دیگر، توجه به بیش از یک معیار می‌تواند موجب موفقیت در ارزیابی و انتخاب تامین کننده گان شود [۸]. ترسی (۲۰۰۱) بر روی معیارهای کیفیت، میزان اطمینان به تحويل و بالا بردن عملکرد محصول جهت انتخاب تامین کننده گان تاکید نموده و علاوه بر آن برنامه بهبود مستمر و تیم‌های طراحی محصول را جهت توسعه روابط با تامین کننده گان مناسب دانسته است [۹]. ماندل یک مدل توصیفی را برای بیان رابطه بین معیارهای انتخاب تامین کننده گان با استفاده از یک مدل گرافیکی ارایه کرد [۱۰]. هانگ هونگ و همکاران (۲۰۰۵)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که تغییر در قابلیت‌های تامین، تامین کننده گان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند، ارایه کردند. مدل ارایه شده برای انتخاب تامین کننده در صنعت کشاورزی کشور کره به کار گرفته شد [۱۱].

آکسوی و همکارانش (۲۰۱۱) برای انتخاب تامین کننده و ارزیابی آن از سیستم شبکه عصبی استفاده نمودند شبکه عصبی مورد استفاده از سه سطح لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی تشکیل شده است. عناصر اصلی در قسمت لایه ورودی عبارت است از: کیفیت، موقعیت، تحويل به موقع و قیمت. در نهایت تامین کننده گان در لایه خروجی یا پذیرفته می‌شوند یا رد می‌گردند. داده‌های به دست آمده از مدل فوق توسط کارخانه اتومیل‌سازی تست شد و نتیجه نشان داد که سیستم به صورت موثر قابل استفاده می‌باشد [۱۲]. روش دیگر، تحلیل پوششی داده‌ها مبتنی بر مفهوم کارایی است. در این روش تامین کننده گان بر اساس معیار سود و هزینه ارزیابی می‌شوند. روش تحلیل پوششی داده‌ها کمک می‌کند تا بتوان تامین کننده گان را به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم‌بندی کرد [۱۳]. در روشی دیگر با استفاده از تحلیل گروهی، می‌توان تامین کننده گان را بر اساس معیارهای مشخص رتبه‌بندی و گروه‌بندی کرد و سپس با هم مقایسه نمود [۱۴]. کاربرد روش‌های هوشمند نیز در ارزیابی تامین کننده گان دیده شده است ولی این روش هنوز نو و جدید است و تنها در موارد محدودی می‌توان از آن استفاده کرد [۱۵]. در مدل‌های وزن‌دهی خطی، به هر یک از معیارهای موجود وزنی تخصیص داده می‌شود که مهم‌ترین معیار، بزرگ‌ترین وزن را دارد. سپس وزن هر معیار در امتیاز آن معیار (حاصل از ارزیابی) ضرب می‌شود و نهایتاً با هم جمع می‌شود. تامین کننده‌ای که بیشترین اعتبار را کسب کند، انتخاب خواهد شد [۱۶]. یکی دیگر از روش‌هایی که برای انتخاب نهایی تامین کننده گان استفاده شده است، استفاده از روش هزینه کل TCO است. این روش زمانی به کار می‌رود که بتوان همه هزینه‌های مدل از جمله هزینه‌های کیفیت، تحويل و خدمات را به صورت سود یا هزینه قیمت واحد بیان کرد [۱۷]. از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نیز برای انتخاب تامین کننده گان استفاده شده است. در این روش که یک روش کمی است هدف، ماکریم کردن (مثلاً سود) یا مینیمم کردن (مثلاً هزینه) تابع هدف تعريف شده با توجه به محدودیت‌های موجود است [۱۸]. در مطالعه‌ای دوگان و ژئوشالکس روشی یکپارچه براساس روش تجزیه بندرز برای حل مسایل تولید-توزیع با توجه به تقاضای فصلی مشتریان و شبکه چندگانه ارایه

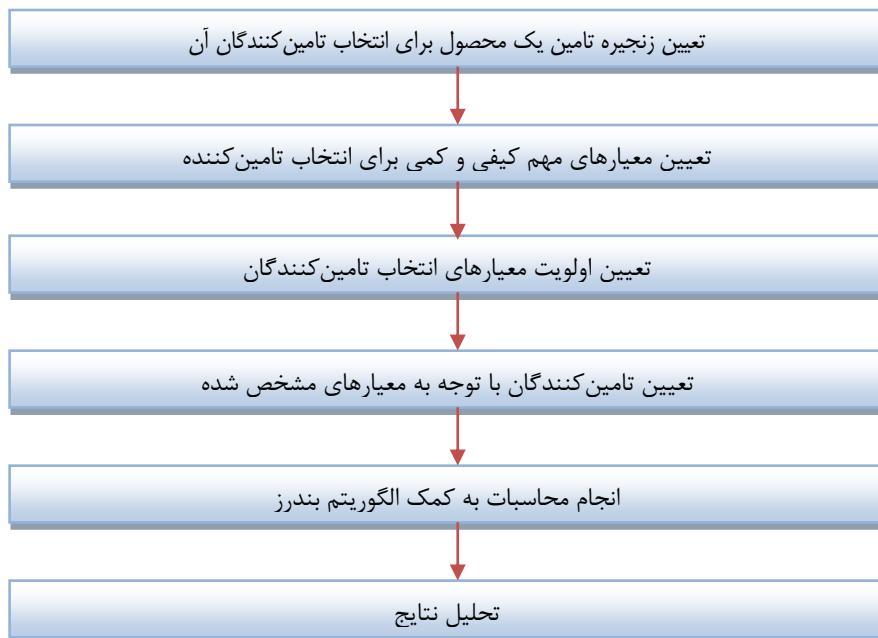
نمودند[۱۹]. جهت حل زنجیره تامین با انواع روش‌های حمل و نقل بنا، کوردو و همکارانش روش بندرز را به کار گرفتند [۲۰]. در تحقیق دیگر، کاکر مساله برنامه‌ریزی سیستم چندگانه توزیع را با به کار گیری روش بندرز حل نمود و به راه حل خوبی دست یافت که حاکی از کارآمد بودن شیوه برش بندرز می‌باشد [۲۱]. واسینا و همکاران روش AHP را برای انتخاب تامین کننده مورد استفاده قرار دادند [۲۲]. همچنین قندهاری و همکاران نیز با به کار گیری AHP، الگویی برای افزایش سود در انتخاب تامین کننده معرفی کردند [۲۳]. ولی سینگرا و همکاران با توجه به معیارهای متعدد و درگیر در انتخاب تامین کننده و پیچیدگی‌های موجود بین معیارها روش ANP را روشنی مناسب برای انتخاب تامین کننده می‌دانند [۲۴]. عبدالله و همکاران با استفاده از روش پژوهش به انتخاب تامین کننده پرداختند و در نهایت به مقایسه نتایج به دست آمده از این روش و سایر روش‌ها پرداختند [۲۵]. یاکیده و همکاران با استفاده از یک روش ترکیبی براساس برنامه‌ریزی چندهدفه و تاپسیس تعدیل شده، تامین کننده‌های مورد نیاز برای ثبت سفارش را شناسایی نمودند [۲۶]. همچنین جواد و همکاران به منظور انتخاب تامین کننده از ترکیب روش تاپسیس فازی و BMW استفاده نمودند و روش پیشنهادی را بر روی انتخاب تامین کننده در کارخانه فولاد خوزستان به کار گرفتند [۲۷]. به طور مشابه جین و سینگ برای انتخاب تامین کننده در صنعت فولاد هند، به انتخاب تامین کننده براساس طبقه‌بندی معیارها و تئوری فازی پرداختند [۲۸]. همچنین خواجه و همکاران با استفاده از یک رویکرد چند معیاره در محیط فازی به ارزیابی تامین کنندگان پرداختند [۲۹]. در تحقیقی دیگر استیوز و همکاران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیرنده چند معیاره به ارزیابی و رتبه‌بندی تامین کننده‌ها در مراکز درمانی پرداختند [۳۰].

با وجود این که مقالات متعددی در ارتباط با انتخاب تامین کننده ارایه شده است ولی توجه کافی به انتخاب تامین کننده برای شرایطی که تعداد تامین کننده زیاد است، صورت نگرفته است. از آنجا که استفاده از روش‌های خطی برای انتخاب تامین کننده برای موقعي که تعداد تامین کننده زیاد است نیاز به مدت زمان زیادی برای محاسبه دارد استفاده از روش بندرز زمان محاسبه را کاهش داده و به راه حل بهینه‌ای برای مسایل بزرگ‌تر ارایه می‌دهد. روش بندرز روشنی است برای تجزیه موقعي که تعداد قیدهای مساله زیاد است یا در صورت وجود متغیرهای پیچیده‌ای که ما را در به کار گیری روش‌های مستقیم در حل مساله باز می‌دارد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه به صورت کامل به توضیح این روش خواهیم پرداخت.

۳ روش تحقیق

از آنجایی که هدف پژوهش طراحی مدل چند ریاضی جهت ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان یک زنجیره تامین می‌باشد، پس تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر نحوه گردآوری اطلاعات توصیفی از نوع زمینه‌ای موردنی و به طور مشخص مبتنی بر مدل سازی ریاضی است.

۳-۱ چارچوب مفهومی تحقیق



شکل ۱. چارچوب نظری و مراحل انجام تحقیق

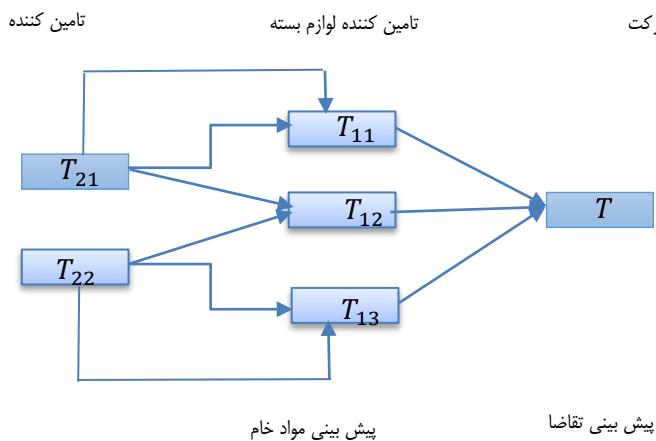
در این تحقیق، به دنبال انتخاب تامین کنندگان برای برطرف کردن نیازهای یکی از کارخانه‌های بسته‌بندی و فرآوری انجیر در استان فارس هستیم. اصلی‌ترین ماده اولیه این کارخانه یعنی انجیر از بیرون از کارخانه از تامین کنندگان متعدد خردیداری می‌گردد. هدف اصلی این تحقیق، پیدا کردن تامین کنندگان مناسبی می‌باشد که کالای نهایی درست در زمان لازم به دست مصرف کننده نهایی برسد. با مشخص شدن این موضوع مرحله اول از روش فوق محقق می‌گردد. در مرحله بعد باید معیارهای مهم کمی و کیفی در انتخاب تامین کنندگان مشخص گردد. با توجه به نظر متخصصان این رشتہ از ۲۳ معیاری که دیکسون در مقاله خود به آن اشاره کرده است، معیارهایی را که بیشترین تاثیر بر تامین کنندگان این کارخانه دارد را انتخاب کرده‌ایم. در مرحله بعد به کمک یکی از روش‌های اولویت‌بندی و رتبه‌بندی، اهمیت و اولویت شاخص‌های مذکور را تعیین می‌نماییم. این شاخص‌ها در نهایت در انتخاب تامین کنندگان نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکنون با استفاده از معیارهای کیفی و کمی فوق و با استفاده از فرایند مدل‌سازی یک مساله برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب تامین کننده مناسب طراحی می‌گردد. در مدل طراحی شده، تعداد محدودیت‌های مساله بسیار زیاد می‌باشد. مساله طراحی شده جزء مسایل NP-Hard می‌باشد. بنابراین جهت حل مدل انتخاب تامین کننده از الگوریتم بندرز اصلاح شده استفاده می‌شود که در ادامه به طور کامل توضیح داده خواهد شد. و در نهایت با توجه به محاسبات انجام شده، تحلیل نتایج در خصوص انتخاب تامین کننده و پیکربندی مجدد زنجیره تامین انجام می‌گردد.

۴ شرح مساله

موارد ذیل در این مدل فرض شده‌اند:

۴-۱ شناسایی ماهیت زنجیره تامین محصول مورد نظر

زنگیره تامین شرکت مورد بررسی از سه مرحله تشکیل شده است. در انتهای زنجیره، شرکت مورد نظر است که با جمع‌بندی مواد آنها را به محصول تمام شده تبدیل می‌کند. مرحله میانی تهیه کنندگان T_1 هستند که شرکت برای تولید محصول نهایی (از جمله کلوچه انجیر، مرباتی انجیر، شربت انجیر و ...) به آنها وابسته است. اولین مرحله هم تهیه کنندگان مواد خام T_2 می‌باشد. این فرایند با ارسال پیش‌بینی تقاضا از سوی شرکت به T_1 آغاز می‌شود. T_1 با بررسی این اطلاعات، پیش‌بینی مواد خام مورد نیاز را انجام داده و آن را به T_2 ارسال می‌کند. فرایند مواد و اطلاعات در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل کلی تحقیق

در سیستم موجود، که در آن هزینه توزیع بالا می‌باشد، محصول نهایی به موقع در اختیار مشتریان قرار نمی‌گیرد. دیر رسیدن مواد که ناشی از معامله با تهیه کنندگانی است که از کفایت و قابلیت لازم برای تحویل به موقع مواد برخوردار نیستند، علت اصلی این تاخیر می‌باشد. هم‌چنین تحویل دیر هنگام و با تاخیر تحت تاثیر جریان اطلاعات مابین تهیه کنندگان قرار دارد. برخی تهیه کنندگان T_1 در پیش‌بینی خود دقت لازم را نداشته و سفارشات آنها تغییر می‌یابد که منجر به منحرف شدن تهیه کنندگان T_2 در تهیه مواد اولیه‌ای می‌شود که باید در اختیار T_1 قرار گیرد.

اکنون شرکت به دنبال راهی است که علاوه بر کاهش هزینه‌ها بتواند به موقع محصول نهایی را تحویل داده و عملکرد شبکه را ارتقا بخشد. بنابراین شبکه می‌بایست مورد تجدید نظر قرار گرفته و از شر تهیه کنندگان ناکارآمدی که باعث می‌شوند، شرکت در عمل به تعهدات خود دچار خلل شود راحت شود. برای غلبه بر مشکلات ناشی از جریان ضعیف اطلاعات ما بین دو دسته تهیه کنندگان T_1 و T_2 ، شرکت از هر تهیه کنندگان T_1 می‌خواهد بر اساس دقت در پیش‌بینی و ثبات سفارشات لیستی از تهیه کنندگان T_1 در سال گذشته به ترتیب نحوه عملکرد تهیه کنندگان. بدین ترتیب بیشتر مواد خام جهت تولید در اختیار معتبرترین تهیه کنندگان T_1 قرار می‌گیرد. اما این تخمین کارایی و عملکرد به شکل موجود را هگشا نیست؛ و مشکلات شرکت نه تنها کاهش نیافرین بلکه باشدت بیشتری بر قوت خود باقی است.

۴-۲ تعیین معیارهای مهم کیفی و کمی برای انتخاب تامین کننده

از آنجا که معیارهای زیادی برای انتخاب تامین کننده وجود دارد ما از بین ۲۳ معیاری که دیکسون در مقاله خود آورده است، معیارهای را که بیشترین تاثیر بر روی تامین کنندگان شرکت فرآوردهای انجیر دارند را انتخاب می‌نماییم. برای انجام این کار معیارهای موجود در مقاله دیکسون و دیگر معیارهای موجود در ادبیات تحقیق، مورد بررسی قرار گرفت. سپس پرسش نامه‌ای طراحی گردید که با استفاده از این پرسش نامه و نظر متخصصین این شرکت، معیارهای مهم از بین کل معیارها انتخاب گردید. این معیارها شامل: قیمت، کیفیت محصول، تحويل به موقع، روابط نزدیک، شهرت و موقعیت، قابلیت اطمینان در تحويل، سابقه کاری و توان مالی می‌باشد.

۴-۳ تعیین اولویت معیارهای انتخاب تامین کنندگان

البته همان‌طور که مشخص است، معیارهای انتخابی توسط متخصصان دارای اهمیت و اولویت یکسان نمی‌باشند. هر کدام از این معیارهای دارای اهمیت خاص خود هستند. از این‌رو مناسب است که در این قسمت معیارهای انتخابی بر اساس اهمیت اولویت‌بندی شوند. برای انجام این کار محققین از روش مقایسات زوجی استفاده کردند. بر اساس نظر متخصصین، جداول مقایسات زوجی تکمیل گردید. نرخ سازگاری محاسبه شد و سپس اوزان هر یک از معیارها مشخص گردید. براساس اوزان تعیین شده، معیارها به ترتیب اولویت برای انتخاب تامین کنندگان انجیر عبارتند از: ، تحويل به موقع، قیمت، سابقه کاری، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان در تحويل، شهرت و موقعیت، روابط نزدیک و توان مالی.

۴-۴ تعیین تامین کنندگان با توجه به معیارهای مشخص شده

اکنون با استفاده از معیارهای کیفی و کمی فوق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای انتخاب تامین کننده مناسب طراحی می‌گردد. برای انجام این کار، در ابتدا به معرفی شاخص‌ها و پارامترها می‌پردازیم و پس از آن به تفضیل به مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت.

۴-۴-۱ معرفی پارامترها

در ابتدا شاخص‌هایی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است را معرفی می‌نماییم.

۱: شاخص مجموعه‌ای از مواد (نشان‌دهنده تعداد مواد مختلف مورد استفاده می‌باشد)

J: شاخص تعداد تهیه کنندگان T_J

K: شاخص تعداد تهیه کننده T_K

R: شاخص مواد خام

t: شاخص زمان

علاوه بر موارد فوق سایر پارامترها نیز به صورت زیر تعریف می‌گردد

جدول ۱. معرفی نمادهای مورد استفاده در مدل‌سازی

نماد	توضیحات
w	نشان دهنده وزن هر هدف
Z	هدف نهایی
T_j	تحویل به موقع کالا از سوی T_1
T_k	تحویل به موقع کالا از سوی تهیه‌کنندگان
C_{ijt}	هزینه تولید یک قطعه i در دوره زمانی t
C_{rjkt}	هزینه تحویل قطعه خام r به تهیه‌کننده T_1 در دوره زمانی t
H_{ijt}	هزینه‌های نگهداری هر قطعه در هر دوره زمانی توسط تهیه‌کنندگان
Q_{ijt}	هزینه‌های کمبود هر قطعه در هر دوره زمانی توسط تهیه‌کنندگان
G_{jt} و E_{it}	محدودسازی حداکثر زمان نگهداری توسط تهیه‌کنندگان T_1 در دوره زمانی t
A_{jt}	ظرفیت تهیه کننده ماده j در دوره زمانی t
A_{jkt}	ظرفیت تهیه کننده ماده k در دوره زمانی t
U_{jt}	ظرفیت تولید j در دوره زمانی t
U_{kt}	ظرفیت تولید ماده k در دوره زمانی t
LT_1 و LT_2	محدودسازی تعداد تهیه‌کنندگان در هر مرحله
L_S	حداقل تعداد تهیه‌کنندگان T_1 و T_2 جهت تولید یک آیتم
Pr	تقاضاهایی که برای رسیدن به آنها به حداکثر تعداد تامین کنندگان نیاز است
D_{it}	تقاضا برای قطعه i در دوره زمانی t
P_{ir}	صرف قطعه i از بخش r
X_{ijt}	میزان مواد i که T_1 در زمان t به شرکت می‌فرستد.
X_{rjkt}	میزان مواد خامی که T_1 به T_2 در زمان t می‌فرستد.
B_{ijt}	مقدار موجود مواد در دوره زمانی t
I_{ijt}	مقدار کمبود مواد در دوره زمانی t
R_{ij}	ظرفیت تولید قطعه i در دوره زمانی t تهیه‌کننده j گروه T_1
R_{rkt}	ظرفیت تولید قطعه r در دوره زمانی t تهیه‌کننده k گروه T_2
L_j	تهیه کننده j گروه T_1 انتخاب می‌شود یا نه.
L_k	تهیه کننده k گروه T_2 انتخاب می‌شود یا نه.
L_{ijt}	تهیه یا عدم تهیه i در دوره زمانی t تهیه‌کنندگان T_1
L_{rkt}	تهیه یا عدم تهیه r در دوره زمانی t تهیه‌کنندگان T_2
L_{jk}	رابطه‌ای بین T_1 و T_2
F_{jk}	تهیه کنندگان گروه T_1 با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته درخصوص پیش‌بینی و ثبات رویه سفارش دهی تا چه حد مورد توجه گروه T_2 قرار دارند.

۵ مدلسازی

۱-۵ ساخت تابع هدف و محدودیت‌ها

هدف نهایی این است که حداقل انحراف از اهداف سه گانه Z_1, Z_2, Z_3 وجود داشته باشد. هدف اول آن است که تا حد امکان مواد بیشتری در اختیار معتبرترین تهیه کنندگان که بهترین عملکرد را در تحويل به موقع داشته‌اند قرار گیرد و هدف دوم، توزیع مواد خام در بین تهیه کنندگان T_i توسط گروه T_r می‌باشد. پارامتر F_{jik} نشان می‌دهد که تهیه کنندگان گروه T_r با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته در خصوص پیش‌بینی تقاضا از سوی شرکت و ثبات رویه سفارش دهی آنها تا چه حد مورد توجه گروه T_r قرار دارند. در سومین هدف به حداقل رساندن هزینه توزیع کالا و ابزارداری آنها مدنظر می‌باشد. هزینه جابه جایی و نقل و انتقال درصدی از قیمت واحد در نزد تهیه کنندگان T_i و T_r را در قالب پارامترهای c_{ijt} و c_{rjkt} ، به خود اختصاص می‌دهد. هر هدف می‌بایست دارای وزنی (W) باشد که نشان‌دهنده اهمیت آن بوده و هم‌چنین دارای یک هدف نهایی Z باشد که می‌بایست به آن دست یافت. با توجه به نکات گفته شده، مدل نهایی به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$\min G = w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^+ \quad (1)$$

s.t

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T T_j L_j x_{rjkt} + \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T T_K L_k X_{rjkt} - d_1^+ + d_1^- = z_1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T F_{jik} L_{jk} X_{rjkt} - d_2^+ + d_2^- = z_2 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{ijt} X_{ijt} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{rjkt} X_{rjkt} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T H_{ijt} z + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Q_{ijt} B_{ijt} - d_3^+ + d_3^- = z_3 \quad (4)$$

اولین هدف از اولویت ویژه‌ای برخوردار است چون مستقیماً باعث دریافت مواد در زمان مناسب و به موقع می‌شود. در رده بعد، توزیع مواد خام بین تهیه کنندگان منتخب گروه T_i به تحويل محصول در زمان مقرر کمک می‌کند. بنابراین اولین هدف تحويل به موقع محصول و پس از آن انتخاب تهیه کننده می‌باشد. کاهش هزینه در آخرین رده قرار دارد چون توزیع مواد بین تهیه کنندگان معتبر که از هماهنگی خوبی نیز برخوردار باشند ممکن است هزینه‌هایی در برداشته باشد.

رابطه (۵) و (۶) تعداد تهیه کنندگان T_i و T_r را به ترتیب با توجه به پارامترهای LT_i و LT_r محدود می‌سازد. روابط (۷) و (۸) وجود رابطه بین تهیه کنندگان منتخب و روابط (۹) و (۱۰) توزیع قطعات و مواد اولیه را در بین آنها نشان می‌دهد.

$$\sum_{j=1}^J L_j \leq LT_i \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K L_k \leq LT_r \quad (6)$$

$$L_{jk} \leq L_j, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

$$L_{jk} \leq L_k, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (8)$$

$$L_{ijt} \leq L_j, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

$$L_{rkt} \leq L_k, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (10)$$

وابسته بودن به یک منبع برای تهیه مواد با ریسک زیادی همراه است. همچنین داشتن منابع بسیار زیاد باعث ایجاد عدم هماهنگی و بی نظمی در زنجیره تهیه مواد می شود. هدف از روابط ذیل پرهیز از وابستگی به یک منبع جهت تهیه مواد از طریق پارامتر LS می باشد. روابط (۱۳) و (۱۴) از طریق پارامتر Pr از اختصاص یک آیتم به منابع زیاد که باعث تولید آن قطعه بیش از حد تقاضا می شود، جلوگیری به عمل می آورند.

$$\sum_{j=1}^J L_{ijt} \geq L_s, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^K L_{rkt} \geq L_s, r = 1, 2, \dots, R, t = 1, 2, \dots, T \quad (12)$$

$$X_{ijt} \geq P_r D_{it} L_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \geq \Pr \sum_{i=1}^I P_i D_{it} L_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (14)$$

روابط (۱۵) و (۱۶) ارسال مواد از طریق هر لینک را محدود می سازند تا حداکثر کارابی آن لینک در هر زمان تضمین شود و روابط (۱۷) و (۱۸) ارسال آیتم ها را در هر گره کنترل و محدود می سازند.

$$\sum_{i=1}^I X_{ijt} \leq A_{jt} \times L_j, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (15)$$

$$\sum_{r=1}^R X_{rjkt} \leq A_{jkt} \times L_{jk}, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (16)$$

$$X_{ijt} \leq R_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \leq R_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (18)$$

در زنجیره تامین، تهیه کنندگان مواد خام نمی توانند تمام انواع مواد خام را در اختیار گروه T قرار دهند. روابط (۱۹) و (۲۰) قابلیت های تهیه کننده را در مقابل آیتم هایی که برای او در نظر گرفته شده حفظ می کنند و روابط (۲۱) و (۲۲) تضمین می کنند آیتم هایی که به هر تهیه کننده اختصاص یافته فراتر از حد توانایی او نیست.

$$R_{ijt} \leq M L_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (19)$$

$$R_{rkt} \leq M S_{rkt} L_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (20)$$

$$\sum_{i=1}^I R_{ijt} \leq U_{jt} L_j, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (21)$$

$$\sum_{r=1}^R R_{rkt} \leq U_{kt} L_k, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (22)$$

میزان تقاضای شرکت از طریق رابطه (۲۳) کنترل می‌شوند در حالی که روابط (۲۴)، (۲۵)، (۲۶) به ترتیب تعادل مواد، محدودیت‌های موجودی و کمبود مواد را در نزد T کنترل می‌کنند. موجودی اولیه و میزان کمبود به ترتیب با استفاده از روابط (۲۷) و (۲۸) محاسبه می‌گردد. بقیه روابط، روابط‌های دوگانه و غیرمنفی بودن مربوط به متغیرهای تصمیم‌گیری هستند.

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} = D_{it}, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (23)$$

$$(1+s)\sum_{i=1}^I P_{ir}(X_{ijt} - I_{ijt-\lambda} + I_{ijt} + B_{ijt-\lambda} - B_{ijt}) = \sum_{k=1}^K X_{rjkt}, r = 1, 2, \dots, R, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^I I_{ijt} \leq G_{jt}, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (25)$$

$$\sum_{i=1}^I B_{ijt} \leq E_{it}, i = 1, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (26)$$

$$I_{ijt} = I_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = o \quad (27)$$

$$B_{ijt} = B_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = o \quad (28)$$

$$X_{ijt}, R_{ijt}, I_{ijt}, B_{ijt} \geq 0, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (29)$$

$$X_{rjkt} \geq 0, r = 1, 2, \dots, R, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (30)$$

$$R_{rkt} \geq 0, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (31)$$

$$L_j \text{ is binary, } j = 1, 2, \dots, J, \quad (32)$$

$$L_k \text{ is binary, } k = 1, 2, \dots, K, \quad (33)$$

$$L_{jk} \text{ is binary, } j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (34)$$

$$L_{ijt} \text{ is binary, } i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (35)$$

$$L_{rkt} \text{ is binary, } r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (36)$$

بدیهی است که جواب (۳۶) در روابط (۱) تا (۳۶) صدق می‌کند بنابراین مدل پیشنهادی همواره شدنی است.

۲-۵ روش تجزیه اصلاح شده بندرز

یکی از شیوه‌های متفاوت در حل مدل‌های حاوی متغیرهای دودویی استفاده از روش تجزیه اصلاح شده بندرز است [۳۱]. قابل ذکر است موقعی که تعداد قیدهای مساله زیاد است یا در صورت وجود متغیرهای پیچیده‌ای که ما را در به کارگیری روش‌های مستقیم در حل مساله باز می‌دارد یا موقعی که در مساله ساختار خاصی از روش بندرز استفاده می‌شود. در فرآیند حل با استفاده از روش بندرز مساله داده شده به مساله اصلی و فرعی تبدیل می‌شود. مساله اصلی شامل متغیرهای پیچیده و برش‌های اضافه شده است با تشکیل مساله فرعی مقادیر متغیرهای پیچیده اصلاح می‌شود. پس از هر دوره، مرحله‌ای وجود دارد که با توجه به هر دو نوع مساله حددهای فوقانی و

تحتانی چک می‌شود. زمانی که تابع اولیه تنها به متغیرهای پیوسته بستگی داشته باشد، می‌توان مساله اصلی را حل نمود. در عوض، به مساله فرعی حدایی اضافه می‌گردد تا در دوره بعد مقادیر بهتری برای آن در نظر گرفته شود. بدون در نظر گرفتن امکان یا عدم امکان وجود مساله فرعی، یک برش ترکیبی بندرز به آن اضافه می‌شود تا از رسیدن به راه حل قبلی جلوگیری به عمل آید. در این صورت، حد اضافه شده برای رسیدن به راه حل مناسب به کار می‌رود. این راه حل زمانی متوقف می‌شود که مساله اصلی نشدنی شود و این بدان معناست که تمام نقاط اصلی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

در مدل پیشنهادی، متغیرهای موجود در تابع هدف، فقط از نوع متغیرهای مشتقی بوده که می‌توان آنها را غیرپیچیده تلقی نمود. بنابراین مقادیر متغیرهای پیچیده بر مقادیر متغیرهای مشتقی تاثیر می‌گذارد. به عنوان مثال، اگر قرار باشد متغیر مشتقی هدف اول که مواد را در اختیار تهیه کننده معتبر قرار می‌دهد، کاهش یابد، این مدل باید تهیه کنندگانی را انتخاب کند که بهترین عملکرد را در تحويل کالا داشته‌اند. بنابراین باید هدفی جدید (Y_1) در نظر گرفته شود. همچنین می‌بایست طی یک هدف جدید دیگر، رابطه‌ای بین گروه T_1 و T_2 برقرار شود. نتیجه این هدف جدید (Y_2) این است که مساله اصلی به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی مدنظر قرار می‌گیرد. در روش اصلاحی بندرز، هم مساله اصلی و هم فرعی به عنوان مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه ارایه شده‌اند. هدف مساله اصلی در این مقاله انتخاب تهیه کنندگان معتبر است و این موضوع از طریق متغیرهای دودویی L_j ، L_k ، L_{jk} که متغیر پیچیده نامیده می‌شوند و رابطه‌ای که بین آن‌ها ایجاد می‌شود، انجام می‌گیرید. تا در تکرار بهین با استفاده از متغیرهایی که مقدار ۱ را دارند لینک بهینه تعیین شود. متغیرهای دودویی دیگر یعنی L_{ijt} و L_{rkt} غیرپیچیده محسوب می‌شوند؛ و در نتیجه مقادیر آن‌ها با استفاده از مساله فرعی تعیین می‌شود؛ بنابراین هدف مساله فرعی توزیع بهینه مواد بین آنها می‌باشد. در قسمت‌های زیر چگونگی عملکرد راه حل بندرز جهت مدل پیشنهادی نشان داده می‌شود [۳۱].

۳-۵ چگونگی عملکرد

۱-۳-۵ مساله اصلی

در روش بندرز اصلاح شده متغیرهای دودویی به دودسته متغیرهای پیچیده و غیرپیچیده تقسیم شده‌اند. متغیرهای که در تابع هدف حضور دارند به عنوان متغیرهای پیچیده و سایر متغیرهای دودویی به عنوان متغیرهای غیرپیچیده در نظر گرفته شده‌اند به عبارت دیگر متغیرهای پیچیده متغیرهایی هستند بروی متغیرهای انحرافی تاثیرگذار هستند. در نتیجه در مساله اصلی متغیرهای پیچیده بهینه می‌شوند و متغیرهای غیرپیچیده براساس جواب‌های بدست آمده در مساله اصلی، در مساله فرعی بهینه می‌شوند. تابع و روابط مساله اصلی در زیر آمده است:

$$\min G = w_1 d_{\downarrow}^- + w_2 d_{\downarrow}^+ + a \quad (37)$$

$$s.t \quad \sum_{j=1}^J T_j L_j + \sum_{k=1}^K T_k L_k - d_{\downarrow}^+ + d_{\downarrow}^- = Y_1 \quad (38)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K F_{jk} L_{jk} - d_1^+ + d_1^- = Y_1 \quad (49)$$

$$\sum_{j=1}^J L_j \leq LT_1 \quad (50)$$

$$\sum_{k=1}^K L_k \leq LT_1 \quad (51)$$

$$L_{jk} \leq L_j, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K \quad (52)$$

$$L_{jk} \leq L_K, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K \quad (53)$$

$$L_j \text{ is binary}, j = 1, 2, \dots, J, \quad (54)$$

$$L_k \text{ is binary}, k = 1, 2, \dots, K, \quad (55)$$

$$L_{jk} \text{ is binary}, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (56)$$

مساله اصلی با استفاده از الگوریتم انشعاب و برش حل می‌شود. اگر مساله فرعی به ازای جواب بدست آمده در این مرحله، شدنی باشد در این صورت برش ذیل به مدل اضافه می‌شود [۳۲، ۳۱]

$$\alpha \geq w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{+h} + \sum_{j=1}^J \lambda_j (L_j - L_j^h) + \sum_{k=1}^K \mu_k (L_k - L_k^h) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \gamma_{jk} (L_k - L_{jk}^h), h = 1, \dots, q \quad (57)$$

و به وسیله این رابطه مشخص می‌شود که کدام یک از متغیرهای دودویی باید مقدار قبلی خود را حفظ کند و کدام یک به مقدار جدید ۰ یا ۱ تغییر کنند. و با توجه به این که تعداد متغیرها دودویی محدود است در نتیجه بعد از تعداد تکرار متناهی جواب بهینه بدست می‌آید و یا این نتیجه به دست می‌آید که مساله نشدنی است.

ولی اگر مساله فرعی نشدنی باشد آن‌گاه برش ذیل به مدل اضافه خواهد شد [۳۳، ۳۱]

$$\sum_{j:L_j^p=1}^J L_j + \sum_{j:L_j^p=1}^J (1-L_j) + \sum_{k:L_k^p=1}^K L_k + \sum_{k:L_k^p=1}^K (1-L_k) \geq 1, p = 1, 2, \dots, f \quad (58)$$

لازم به ذکر است که a تخمینی از کران پایینتابع هدف مساله فرعی است که به ازای مقادیر متغیرهای L_j و L_{jk} مشخص می‌سازد. h و p به ترتیب اندیس‌های متناظر با متغیرهای دودویی شدنی و نشدنی در مساله فرعی هستند.

۵-۳-۲ مساله فرعی

مساله فرعی به صورت روابط ذیل بیان می‌شود:

$$\min G = w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{+h} \quad (59)$$

s.t

$$L_{ijt} \leq L_j, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (60)$$

$$L_{rkt} \leq L_k, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (61)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T T_j L_j X_{rjkt} + \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T T_k L_k X_{rjkt} - d_1^+ + d_1^- = z_1 \quad (62)$$

$$\sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T F_{jk} L_{jk} X_{rjkt} - d_r^+ + d_r^- = z_r \quad (53)$$

$$\sum_{r=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{ijt} X_{ijt} + \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T c_{rjkt} X_{rjkt} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T H_{ijt} z + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T Q_{ijt} B_{ijt} - d_r^+ + d_r^- = z_r \quad (54)$$

$$\sum_{j=1}^J L_{ijt} \geq L_s, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (55)$$

$$\sum_{k=1}^K L_{rkt} \geq L_s, r = 1, 2, \dots, R, t = 1, 2, \dots, T \quad (56)$$

$$X_{ijt} \geq P_r D_{it} L_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (57)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \geq \Pr \sum_{i=1}^I P_{ir} D_{it} L_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (58)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ijt} \leq A_{jt} \times L_j, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (59)$$

$$\sum_{r=1}^R X_{rjkt} \leq A_{jkt} \times L_{jk}, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (60)$$

$$X_{ijt} \leq R_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (61)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{rjkt} \leq R_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (62)$$

$$R_{ijt} \leq M L_{ijt}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (63)$$

$$R_{rkt} \leq M S_{rkt} L_{rkt}, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (64)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} = D_{it}, i = 1, 2, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (65)$$

$$(1+s) \sum_{i=1}^I P_{ir} (X_{ijt} - I_{ijt-1} + I_{ijt} + B_{ijt-1} - B_{ijt}) = \sum_{k=1}^K X_{rjkt}, r = 1, 2, \dots, R, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (66)$$

$$\sum_{i=1}^I I_{ijt} \leq G_{jt}, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (67)$$

$$\sum_{i=1}^I B_{ijt} \leq E_{it}, i = 1, \dots, I, t = 1, 2, \dots, T \quad (68)$$

$$I_{ijt} = I_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = o \quad (69)$$

$$B_{ijt} = B_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = o \quad (70)$$

$$X_{ijt}, R_{ijt}, I_{ijt}, B_{ijt} \geq 0, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (71)$$

$$X_{rjkt} \geq 0, r = 1, 2, \dots, R, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (72)$$

به طوری که L_{jk} ، L_k ، L_j از مساله اصلی به آمده است. بنابراین همان طور که مشاهده شد در مساله اصلی ابتدا تامین‌کننده انتخاب می‌شود و روابط و لینک‌های ارتباطی از طریق متغیرهای دودویی L_{jk} ، L_k ، L_j در

نظر گرفته می‌شود تا در تکرار بهین با استفاده از متغیرهایی که مقدار ۱ را دارند لینک بهینه تعیین شود. سپس سایر متغیرهای دودویی در مساله فرعی به کار گرفته می‌شوند.

۳-۳ بررسی شرط بهینگی

در حالت کلی فرض کنید X نماد متغیرهای پیچیده و U نماد متغیرهای غیرپیچیده باشند. و تابع هدف مساله اولیه و مساله اصلی و مساله فرعی به ترتیب با استفاده از روابط (۷۳)، (۷۴)، (۷۵) نمایش داده می‌شود:

$$\min \sum_i c_i x_i + \sum_j d_j y_j \quad (73)$$

$$\min \sum_i c_i x_i + \alpha \quad (74)$$

$$\min \sum_j d_j y_j \quad (75)$$

در این مقاله با توجه به این که مساله اصلی و مساله به دو صورت چندهدفه می‌باشند؛ بنابراین به جای بهینه کردن توابع هدف، متغیرهای انحرافی آنها را بهینه می‌نماییم. حال تابع هدف مساله اولیه و مساله اصلی را مجدد در نظر بگیرید. متغیرهای انحرافی که در تابع هدف مساله اصلی به کار گرفته شده است در حقیقت متاثر از هر دو دسته متغیرهای پیچیده و غیرپیچیده می‌باشند. در حالی که متغیرهای انحرافی در مساله اصلی فقط وابسته به متغیرهای پیچیده هستند. همچنین تابع هدف مساله فرعی در حقیقت فقط نشان‌دهنده سهم متغیرهای انحرافی از متغیرهای غیرپیچیده است. اینکه توجه کنید که اگر متغیرهای انحرافی را در غالب متغیرهای پیچیده و غیرپیچیده در توابع هدف بیان شده جای‌گذاری کنیم در این صورت توابع به دست آمده با روابط بیان شده در (۷۳)، (۷۴)، (۷۵) متفاوت هستند و این امر نشان می‌دهد کران بالا و پایین معرفی شده در تکنیک بندرز کلاسیک در تکنیک بندرز اصلاح شده در رابطه با مسایل چندهدفه با متغیرهای دوویی کاربرد ندارد. در این تکنیک کران بالا و پایین بیان شده در روابط (۷۶) و (۷۷) به صورت ذیل به کار می‌رود [۳۱، ۳۴]:

$$z_L^h = \sum_i c_i x_i^h + \alpha \quad (76)$$

$$z_U^h = \sum_i c_i x_i^h + \sum_j d_j y_i^h \quad (77)$$

همان‌طور که قبلاً نیز در رابطه (۴۷) مشاهده شد α به دنبال مشخص کردن بهترین مقدار برای متغیرهای پیچیده، با پذیرش مقدار تابع هدف مساله اولیه است. بنابراین اگر مقدار تابع هدف مساله فرعی پیش از حل مجدد مساله اصلی برابر با α باشد در این صورت متغیرهای پیچیده و در نتیجه تابع هدف مساله اولیه در بهترین مقدار خود قرار دارند و چیزی برای حل باقی نمی‌ماند بنابراین شرط بهینگی در رابطه (۷۸) به صورت زیر بیان شده است:

$$w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{-h} = \alpha^h \quad (78)$$

۶ استخراج شاخص‌ها و تحلیل شبکه

اکنون با توجه به نکات و رویکرد ارایه شده به بررسی و انتخاب تامین کنندگان در شرکت مورد نظر می‌پردازیم. ابتدا لازم به ذکر است که طبق مراحل ۲-۴ و ۴-۳ اطلاعات زیر با توجه به معیارهای مشخص شده به دست آمده

است. تامین کننده‌هایی از گروه T_1 که کالای خود را به موقع در اختیار شرکت قرار می‌دهند و هم چنین دارای معیارهای مهم از جمله تحویل به موقع، قیمت، سابقه کاری، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان در تحویل، شهرت و موقعیت، روابط نزدیک و توان مالی هستند عبارتند از: تامین کنندگان اول، چهارم، ششم، هشتم، دوازدهم و چهاردهم و تامین کننده‌هایی از گروه T_2 که کالای خود را به موقع در اختیار تامین کننده T_1 قرار می‌دهند عبارتند از: تامین کنندگان اول، سوم، ششم، هفتم، نهم و سیزدهم. از سوی دیگر ثبات سفارش‌دهی بیشتر در تامین کنندگان اول، سوم، ششم، هفتم، یازدهم و چهاردهم وجود دارد و از آنجا که تمامی افراد شهرستان انجیردار می‌باشند، شرکت با کمبود مواد مواجه نخواهد شد و به دلیل کوچک بودن محیط تمامی تامین کنندگان با هم در ارتباط می‌باشند. هم‌چنین به دلیل برداشت انجیر تازه در هر سال حداقل زمان نگهداری محصولات ۳۶۵ روز می‌باشد. حداقل و حداقل تعداد تامین کننده‌ها با استفاده از روابط زیر محدود شده است.

$$LT_1 \leq 15$$

$$LT_2 \leq 10$$

$$LS > 1$$

$$Pr = 0.1$$

از آنجا که تمامی تامین کنندگان با هم در ارتباط هستند مقدار $A_{j_{lt}}$ و $A_{j_{kt}}$ برابر یک می‌باشد. هم‌چنین معیارهای مهم در انتخاب تامین کننده‌ها که تحویل به موقع، قیمت، سابقه کاری، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان در تحویل، شهرت و موقعیت، روابط نزدیک و توان مالی هستند با پارامتر $R_{r_{kj}}$ و $R_{r_{kt}}$ نشان داده می‌شوند که برای سنجش قابلیت و ظرفیت تامین کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. سایر اطلاعات مورد نیاز برای حل مساله اصلی در جداول زیر آمده است.

جدول ۲. میزان تقاضای شرکت برای هر محصول به تعداد بسته

D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9
۳۵۰۰۰	۶۰۰۰۰	۲۵۰۰	۱۴۰۰	۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۴۵۰۰	۱۰۰۰	۱۵۰۰

جدول ۳. ظرفیت تولید هر محصول برای T_1 به تعداد بسته

U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}	U_{11}	U_{12}	U_{13}	U_{14}	U_{15}
۵۵۰۰۰	۷۰۰۰	۷۵۰۰	۴۰۰۰	۱۵۰۰	۱۲۰۰۰	۳۲۰۰	۸۴۰۰	۵۲۰۰	۹۰۰۰	۳۵۰۰	۹۵۰۰	۲۰۰۰	۴۵۰۰	۶۵۰۰

جدول ۴. هزینه تولید هر محصول. ارقام به هزار تومان

C_{ijt}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	۴۰۰۰	۱۴۰۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۱۱	۲۲۰۰
۲	۶۵۰۰۰	۲۲۷۵۰	۹۷۵۰	۴۵۰۰	۱۸۰۰۰	۹۸۰۰	۱۱۱۰	۵۵۴۰	۱۱۵۰۹
۳	۸۰۰۰	۲۸۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۲۲۰۰۰	۶۰۰۰	۱۴۳۰	۷۰۳۳	۹۰۸۷
۴	۳۲۰۰۰	۱۱۲۰۰	۴۸۰۰	۲۴۰۰	۹۰۰۰	۴۶۰۰	۵۵۶۰	۲۸۹۰	۵۸۰۰
۵	۲۰۰۰۰	۷۰۰۰	۳۶۰۰	۱۸۰۰	۷۲۰۰	۳۲۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۹۴۱۰

۶	۸۸۰۰	۳۱۵۰۰	۱۱۰۰	۵۵۰۰	۲۲۰۰	۱۰۰۰	۱۵۶۰	۷۵۰۹	۳۰۰۹
۷	۲۸۰۰	۹۸۰۰	۳۹۰۰	۲۰۵۰	۷۸۰۰	۳۷۰۰	۴۳۲۰	۲۱۵۰	۷۱۰۰
۸	۸۵۰۰	۲۴۵۰۰	۸۶۵۰	۴۳۲۰	۱۷۳۰۰	۸۷۰۰	۱۱۸۰	۵۵۵۰	۶۵۸۹
۹	۴۲۰۰۰	۱۵۷۵۰	۷۱۰۰	۳۶۰۰	۱۴۲۰۰	۷۰۰۰	۷۵۹۰	۳۷۵۰	۴۸۰۰
۱۰	۱۰۸۰۰	۴۲۰۰	۱۸۰۰	۹۰۰۰	۳۶۰۰	۱۶۰۰	۲۱۰۰	۱۱۰۰	۱۵۰۰
۱۱	۷۵۰۰	۱۰۵۰۰	۴۵۰۰	۲۲۵۰	۹۰۰۰	۴۰۰۰	۱۵۷۰	۷۵۰۰	۸۴۶۰
۱۲	۱۲۰۰۰	۳۱۸۵۰	۱۶۰۰	۸۰۰۰	۲۸۰۰	۱۵۰۰	۷۰۶۰	۳۵۰۰	۷۲۹۰
۱۳	۳۰۰۰	۳۵۰۰	۱۸۰۰	۹۹۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۸۰۹۰	۴۹۹۰	۳۱۶۰
۱۴	۵۰۰۰	۱۷۵۰۰	۷۰۰۰	۳۷۵۰	۴۶۸۰	۸۶۳۰	۱۴۰۰	۷۵۰۰	۹۰۶۰
۱۵	۳۵۰۰	۱۸۵۰۰	۶۵۰۰	۲۵۵۰	۶۷۵۰۰	۹۲۰۰	۱۲۳۵۰	۹۰۰۰	۲۱۴۵۰

جدول ۵. ظرفیت تولید مواد خام برای T_2 به تن

U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9	U_{10}
۳۵۰۰	۹۷۰	۳۶۰۰	۱۰۰	۹۰۰	۲۰۰۰	۷۵۰	۹۰۰	۲۴۰۰	۲۵۰۰

جدول ۶. هزینه تحویل یک محصول ۲ توسط T_1 به T_2 . ارقام به هزار تومان

C_{rjkt}	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	۵۵۰۰	۲۲۱۰۰	۵۲۰۰	۲۲۵۰	۹۰۰۰	۴۲۰۰	۱۷۵۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۳۵۰	۶۹۰۰	۲۳۵۰	۷۵۰۰	۴۱۰۰	۳۵۱۰
۲	۸۰۰۰	۱۹۵۵۰	۶۵۲۰	۴۳۵۰	۱۴۲۰۰	۹۰۵۰	۱۵۶۰	۲۳۰۰	۹۰۰۹	۲۱۵۰۰	۲۳۵۰	۶۵۰۰	۵۵۳۵	۷۵۵۰	۲۴۱۵
۳	۹۵۰۰	۲۰۵۰۰	۹۵۰۰	۳۱۲۰	۱۸۵۰۰	۴۲۵۰	۱۷۸۰	۹۵۰	۷۸۶۵	۵۶۵۰	۴۵۰۰	۳۵۰۰	۴۰۵۰	۷۸۰۰	۱۰۰۵
۴	۴۴۰۰	۹۵۰۰	۳۹۴۰	۱۱۵۰	۵۶۰۰	۴۲۴۰	۵۷۲۰	۹۵۰	۵۹۲۰	۹۵۰۰	۵۶۰۰	۸۵۰۰	۸۱۵۰	۶۶۵۰	۷۵۱۵
۵	۳۹۰۰	۵۴۵۰۰	۳۲۰۰	۱۷۵۰	۵۳۰۰	۳۱۵۰	۴۳۵۰	۴۴۵۰	۱۸۲۰	۴۸۰۰	۱۹۵۰	۳۵۰۰	۴۱۰۰	۸۸۴۵	۶۷۸۰
۶	۸۹۰۰	۲۴۴۵۰	۸۹۰۰	۳۴۵۰	۲۱۵۳۰	۴۲۲۰	۱۴۵۰	۸۷۰	۱۹۸۰	۵۵۰۰	۲۱۰۰	۵۵۰۰	۵۵۴۵	۷۵۲۵	۹۹۵۰
۷	۱۳۰۰	۹۳۰۰	۳۴۰۰	۱۷۰۰	۴۹۰۰	۷۸۹۰۰	۲۳۵۰	۳۸۷۰	۵۹۵۰	۹۵۴۵	۳۵۰۰	۲۱۰۰	۶۱۵۰	۸۷۵۰	۲۳۴۵
۸	۶۵۰۰	۲۲۵۰۰	۷۸۰۰	۵۲۰۰	۲۰۱۰۰	۵۴۵۰	۹۹۰	۹۰۰	۴۰۰۰	۷۵۰۰	۸۵۰۰	۸۵۰۰	۷۵۰۰	۶۴۳۰	۱۰۲۴
۹	۴۴۰۰	۱۳۳۳۰	۵۵۰۰	۲۴۵۰	۹۸۰۰	۴۸۰۰	۷۷۵۰	۲۸۰۰	۴۵۷۰	۱۱۰۰	۶۵۰۰	۱۹۰۰	۶۵۰۰	۷۱۰۰	۶۵۷۰
۱۰	۷۸۹۰۰	۴۳۰۰	۱۴۵۰۰	۷۱۵۰	۱۸۹۰۰	۱۲۴۵۰	۱۹۰۰	۱۲۳۰۰	۱۵۵۰۰	۲۱۵۰۰	۵۴۰۰	۲۵۰۰	۷۸۰۰	۷۳۲۰	۴۴۷۸

روش پیشنهادی با روش خطی نمودن کلاسیک که در بخش قبل شرح داده شد، مورد مقایسه قرار گرفته است. در شرکت مورد مطالعه ۹ نوع محصول، ۱۰ ماده خام، ۱۵ تهیه کننده گروه T_4 و ۱۰ تهیه کننده گروه $T_۲$ دوره زمانی آمده است. اگر قرار بود روش خطی سازی ژنریک در مورد این مثال اعمال شود، ۲۱۲۵۰ متغیر جدید و ۴۱۵۴۱ محدودیت جدید به مدل اولیه اضافه می‌گردید. از سوی دیگر در صورت استفاده از این روش مدل تا این اندازه افزایش نمی‌یابد. این روش در داده‌های مختلفی تست شده که در جدول ۶ آمده است. مسایلی که در جدول ۶ آمده همگی با روش بهینه‌سازی حل شده‌اند. مساله با اندازه متفاوت تست شده که هر یک از آنها با در نظر گرفتن دو سری پارامتر حل گردیده‌اند، تا به این ترتیب تاثیر مقادیر پارامترها بر مدت زمان لازم برای حل مسایل سنجیده شود. روش خطی در خصوص مسایل کوچک عملکرد بهتری نسبت به روش پیشنهادی دارد. به جز ۴ مساله اول نتایج محاسباتی حاکی از کارآمد بودن روش بندرز در مقایسه با روش خطی با در نظر گرفتن

همان پارامترها می‌باشد. همان طور که در آخرین ستون جدول دیده می‌شود، صرفه جویی زمان در راه حل‌ها از ۵۸ تا ۸۷ درصد متغیر است.

جدول ۷. مقایسه روش بندرز و خطی پتروسون

شماره	تعداد محصول	تعداد مواد خام	تعداد T_1	روش بندرز					روش خطی			
				T_2	تعداد	محدودیت	متغیر	- برش	زمان	محدودیت	متغیر	زمان
۱	۵	۷	۸	۷	۱۱۱۴	۱۳۲۷	۶۵	۵/۷۵	۶۱۱۴	۲۸۹۷	۲/۲۵	-
۲	۳	۵	۶	۵	۱۱۱۴	۱۳۲۷	۱۴۵	۵۳۵	۶۰۱۴	۲۸۹۷	۲/۹۵	-
۳	۵	۸	۱۱	۷	۲۸۵۰	۴۸۲۸	۲۳۴	۲/۱ min	۲۰۹۸۲	۱۱۸۹۶	۴/۱ min	-
۴	۹	۱۱	۱۴	۱۰	۲۸۶۰	۴۸۲۸	۵۰۲	۹/۲min	۲۰۹۸۲	۱۱۸۹۶	۵/۱ min	-
۵	۱۲	۱۵	۱۶	۱۲	۴۳۲۵	۸۱۱۴	۸۷	۹/۱ min	۳۷۵۴۲	۲۱۳۴۰	۱۲/۱min	۸۴/۳
۶	۸	۱۱	۱۳	۸	۴۳۲۵	۸۱۱۴	۴۲۱	۴/۹ min	۳۷۵۴۲	۲۱۳۴۰	۲۹/۷min	۸۳/۵
۷	۱۳	۱۶	۱۵	۹	۱۶۰۰۷۳	۷۲۹۵	۱۵۳	۲/۶ min	۸۰۲۱۵	۳۹۷۶۸	۱۹/۷min	۸۶/۸
۸	۱۲	۱۶	۱۵	۹	۱۶۰۰۷۳	۷۲۹۵	۷۱۵	۳۱/۲ min	۷۰۲۱۵	۳۹۷۶۸	۹۹/۲min	۶۸/۵۵
۹	۱۳	۱۸	۱۸	۱۰	۸۱۵۶	۲۱۵۱۴	۱۷۸	۱۰/۲ min	۸۹۲۴۵	۴۰۲۷۸	۲۴/۳min	۵۸/۰۲
۱۰	۱۴	۱۹	۱۸	۱۰	۸۱۵۶	۲۱۵۱۴	۱۲۰۱	۳۷/۵min	۸۹۲۴۵	۴۰۲۷۸	۸۲/۳min	۵۴/۴۳
۱۱	۲۱	۲۴	۲۰	۱۴	۱۲۸۱۳	۲۹۰۴۳۵	۳۱۱	۱۳/۳ min	۱۴۶۵۱۳	۷۱۳۲۱	۵۷/۶min	۷۶/۹۱
۱۲	۲۱	۲۴	۲۰	۱۴	۱۲۸۱۳	۲۹۰۴۳۵	۴۸۲	۵۰/۵ min	۱۴۶۵۱۳	۷۱۳۲۱	۶/۲۵	۸۶/۴۶
۱۳	۲۵	۲۷	۲۴	۱۳	۱۵۰۳۷۰	۴۱۰۳۴۵	۲۹۸	۱۴/۱ min	۱۹۸۵۴۱	۸۹۳۶۵	۷۱/۳min	۸۰/۲۲
۱۴	۲۵	۲۷	۲۴	۱۳	۱۵۰۳۷۰	۴۱۰۳۴۵	۱۳۴۲	۸۲/۱ min	۱۹۸۵۴۱	۸۹۳۶۵	۶/۷۵	۷۹/۵۸
۱۵	۱۸	۲۴	۲۲	۱۰	۴۵۸۰۱۲	۳۴۰۷۶۸	۹۹۸۷	۸۵/۱ min	۲۰۱۱۴	۹۰۱۳۱	۷/۲۵	۸۰/۳۰

۷ نتیجه‌گیری

در این مقاله، پیکره‌بندی دوباره زنجیره تامین و مساله انتخاب تامین کننده توضیح داده شده است و برای رسیدن شرکت به اهدافش مساله به صورت مدل دو گانه برنامه‌ریزی هدف تنظیم شده است. این مدل برای پیکره‌بندی دوباره زنجیره تامین، تامین کننده‌گان کارخانه انجیر مورد استفاده قرار گرفته است. اهداف مدیریت افزایش تقاضا، تحويل به موقع و کاهش هزینه می‌باشد. نتایج مدل استراتژی جدیدی را پیشنهاد می‌دهد که باعث بهره‌گیری بهتر از ظرفیت تامین کننده‌گان می‌شود و تا جای امکان مواد بیشتری را در اختیار معتبرترین تهیه کننده‌گان قرار می‌دهد که عمل تحويل به موقع انجام پذیرد. روش تجزیه بندرز مساله را به دو قسمت مساله اصلی و مساله فرعی تقسیم نموده، مساله اصلی به دنبال یافتن جواب بهینه برای متغیرهای دو گانه پیچیده و مساله فرعی بدنبال جواب بهینه برای متغیرهای دو گانه غیرپیچیده می‌باشد. پس از حل مدل پیشنهادی تامین کننده اول، ششم، نهم و سیزدهم از گروه T_2 که بهترین عملکرد را در تحويل به موقع مواد خام داشتند انتخاب شده که مواد را در اختیار معتبرترین تامین کننده اول، ششم، دوازدهم و چهاردهم از گروه T_1 قرار دهند و در نتیجه آن هزینه‌ها کاهش یافت.

منابع

- [1] Feizabadi, J. (2003). Introduction to Supply Chain Management. *Journal of Tadbir*, 14(13)47-54.
- [2] Sman, H., Demirli, K. (2010). A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection. *Int. J. Production Economics*. 124, 97–105.
- [3] Benton, W. C., Maloni, M. (2005). The influence of power driven buyer/seller relationships on supply chain satisfaction. *Journal of Operations Management*, 23(1), 1-22.
- [4] Maloni, M., Benton, W. C. (2000). Power influences in the supply chain. *Journal of Business Logistics*, 21(1) 49-73.
- [5] Agarwal, A. and Shankar, R. (2002). Analyzing alternatives for improvement in supply chain performance. *Work Study*. 51(1), 32-37.
- [6] Shiri, Gh. R. (2009). A Multi Criteria Decision Making For Choosing Best Suppliers In Supply Chain Management Combining Ahp And Goal Programming: Case Study Of Auto Manufacturing Industries, *JOURNAL OF INDUSTRIAL STRATEGIC MANAGEMENT (PAJOUHESHGAR)* 6(15), 49 -57.
- [7] Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*,
- [8] Weber, C. A. (1996). A data envelopment analysis approach to measuring vendor performance. *Supply Chain Management*, 1(1), 28-39.
- [9] Tracey, M., Tan, C. L. (2001). Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance. *Supply chain management: an international journal*, 6,174-188.
- [10] Mandal A., Deshmukh S.G. (1994). Vendor Selection Using Interpretive Structural Modelling (ISM). *International Journal of Operations & Production Management*. 14(6) 52-59.
- [11] Hong, H, Park, S, Jang, D, Rho, H. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply relationship, *Expert Systems with Applications*. 28 (4), 629–639.
- [12] Aksoy, A., Öztürk, N. (2011). Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments. *Expert Systems with Applications*. 38, 6351–6359.
- [13] Liu, J., Ding, F.-Y., Lall, V. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Supply Chain Management: An International Journal*. 5 (3), 143–150.
- [14] Holt, G. D. (1998). Which contractor selection methodology? *International Journal of Project Management*. 16(3), 153–164.
- [15] Coo j. Sadek m. (1999). Determination of the diffusion coefficient of 1-(2'-pyridylazo)-2-naphthol in ethanol–water solutions using flow injection and nuclear magnetic resonance techniques. 386, 137-144.
- [16] Grando, A., Sianesi, A. (1996). Supply management: a vendor rating assessment. *CEMS Business Review* 1, 199-212.
- [17] Degraeve, Z., Labro, E., Roodhooft, F. (2000). An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. *European Journal of Operational Research*. 125(1), 34–58.
- [18] De Boer, L., van der Wegen, L., Telgen, J. (1998). Outranking methods in support of supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*. 4, 109–118.
- [19] Dogan, K., Goetschalckx, M., (1999). A primal decomposition method for the integrated design of multi-period production–distribution systems. *IIE Transactions*. 31 (11), 1027–1036.
- [20] Cordeau, C.F., Pasin, F., Solomon, M. M. (2006). An integrated model for logistics network design. *Annals of Operations Research*. 144(1), 59–82.
- [21] Cakir, O. (2009). Benders decomposition applied to multi-commodity, multi-mode distribution planning. *Expert Systems with Applications*. 36(4), 8212–8217.
- [22] Vasina, E. (2014). Analyzing the process of supplier selection. The application of AHP Method, in Degree Progamme in Industrial Management, Centria University of Applied Sciences.
- [23] GHandehari, M., Khayat, M., Asgari, F. (2013). A MODEL FOR INCREASING PROFIT IN SUPPLIER SELECTION USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) AND ALLOCATION. *Journal of Operational Research and Its Applications*. 10(2), 23-34.
- [24] Cengiza, A.E., Ozdemirb, O.A., I., Kusanb, H., Cabuka, A. (2017). A Multi-Criteria Decision Model for Construction Material Supplier Selection. 294 – 301.
- [25] Abdullah, L., Chan, W., Afshari, A. (2019). Application of PROMETHEE Method for Green Supplier Selection: A Comparative Result based on Preference Functions. *Journal of Industrial Engineering International*, 15, 271-285.

- [26] Yakideh, Z., Sorori Eshliki, Z., Pourshikh Ahandani, T. (2018). An Integrated Model for Supplier Selection and Order Allocation By Multiple-Objective Programming and Modified Topsis. *Journal of Operational Research and Its Applications*, 15(2), 109-123.
- [27] Javad, M. O., Darvishi, M., Javad, A. O. (2020). Green Supplier Selection for the Steel Industry using BWM and Fuzzy TOPSIS: A Case Study of Khuzestan Steel Company. *Sustainable Futures*, 2, 100012.
- [28] Jain, N., Singh, A. R. (2019). Sustainable Supplier Selection Criteria Classification for Indian Iron and Steel Industry: A Fuzzy Modified Kano Model Approach. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(1), 17-32.
- [29] M. Khajeh, M. Amiri, L. Olfat, M. Zandieh, (2020). Assessing and Selecting Sustainable Suppliers in Intuitionistic Fuzzy Set With Hybrid Multi-Criteria Best-Worst and Vikor Approach. *Journal of Operational Research and Its Applications*. 17(1), 25-48.
- [30] Stević, Ž., Pamučar, D., Puška, A., Chatterjee, P. (2020). Sustainable Supplier Selection in Healthcare Industries using a New MCDM Method: Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution (MARCOS). *Computers & Industrial Engineering*, 140(1), 106231.
- [31] Osman, H., Demirli, K., (2010). A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection, *Int. J. Production Economics* 124, 97–105.
- [32] Geoffrion, A.M. (1972). Generalized Benders decomposition. *Journal of Optimization Theory and Applications*. 10 (4), 237–260.
- [33] Codato, G., Fischetti, M. (2006). Combinatorial benders' cuts for mixed-integer linear programming. *Operations Research*. 54 (4), 756–766.
- [34] Conejo, A., Castillo, E., Mi'nguez, R., Bertrand,R. (2006). *Decomposition Techniques in Mathematical Programming*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 107–139.