

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

مرتضی شفیعی<sup>۱</sup>، هیلدا صالح<sup>۲\*</sup>

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 افزون 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 پیکره‌بندی دوباره زنجیره تامین می‌تواند شرکت را در جهت رساندن به اهدافش یاری دهد. لذا هدف پژوهش حاضر ارائه یک مدل ریاضی به گونه‌ای است که علاوه بر کاهش هزینه‌ها با بهره‌گیری بهتر از ظرفیت تامین‌کننده‌ها موجب افزایش تقاضا و تحویل به موقع در طول زنجیره گردد. همچنین برای حل مدل ارائه شده از روش تجزیه اصلاحی بندرز استفاده شده است. این شیوه در مقایسه با روش کلاسیک بندرز باعث می‌شود مساله‌ی 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 زنجیره‌تأمین از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، سازمان‌ها برای افزایش توان رقابتی خود تلاش می‌کردند تا با استانداردهای 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 فزاینده‌ای 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 تصمیم‌گیرندگان را وادار ساخت تا به بررسی مجدد تهیه کنندگان مواد اولیه بپردازند. 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 مانعی جدی و قوی بر سر راه رقبا خواهد بود.

امروزه با افزایش اهمیت فعالیت خرید و تدارکات تصمیم‌های خرید مهم‌تر شده و از آنجا که امروزه سازمان‌ها بیشتر به تامین کنندگان وابسته شده‌اند، پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری ضعیف، وخیم‌تر جلوه می‌کند [۳]. در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده 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.

اصولاً 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 مورد 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 مدل چند 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 چندسطحی گروهی نقش رهبر و گروه دیگر نقش پیرو را بازی می‌نمایند. البته در نظر گرفتن مدل‌های چندسطحی در زنجیره تامین باعث می‌شود که رویکرد مدل‌سازی رویکرد چندسطحی باشد. این رویکرد، به علت دشواری حل، جزء رویکردهایی پیچیده طبقه‌بندی می‌شوند. معمولاً زمانی که تعداد

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

اکثر مقالاتی که تاکنون در خصوص انتخاب و ارزیابی تأمین کننده در ادبیات تحقیق موجود است؛ به بررسی و انتخاب تأمین کنندگان در حالت تک سطحی پرداخته‌اند. در این تحقیق به انتخاب و ارزیابی تأمین 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 مقادیر 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 تأثیر 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 کفایت و قابلیت لازم برای تحویل به موقع مواد برخوردار نیستند؛ علت اصلی این تاخیر 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 تأمین تهیه کنندگان ناکارآمدی که باعث می‌شوند شرکت در عمل به تعهدات خود دچار خلل شود، کنار 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 تأمین کننده در زنجیره تأمین مورد نیاز است؟

(۲) چگونه می‌توان تأمین کنندگان را انتخاب نمود؟

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

## ۲ پیشنهاد تحقیق

در مطالعات اولیه‌ای که در ارتباط با انتخاب تأمین کننده توسط دیکسون (۱۹۹۶) انجام گرفته است نزدیک به ۲۳ معیار مجزا برای تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب تأمین کنندگان ارائه 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 کاری، 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، باز آفرینی، ادراک و احساس، تلاش‌های کسب و کار، توانایی نگهداری و اندازه بازار می‌باشد [۷]. بعدها توسط وبر نشان داده شده است که مساله انتخاب تامین کنندگان ذاتاً چندهدفه می‌باشد و از طرفی دیگر، توجه به بیش از یک معیار می‌تواند موجب موفقیت در ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان شود [۸]. ترسی (۲۰۰۱) بر روی معیارهای کیفیت، میزان اطمینان به تحویل و بالا بردن عملکرد محصول جهت انتخاب تامین کنندگان تاکید نموده و علاوه بر آن برنامه بهبود مستمر و تیم‌های طراحی محصول را جهت توسعه روابط با تامین کنندگان مناسب دانسته است [۹]. مانند یک مدل توصیفی را برای بیان رابطه بین معیارهای انتخاب تامین کنندگان با استفاده از یک مدل گرافیکی ارائه کرد [۱۰]. هانگ هونگ و همکاران (۲۰۰۵)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که تغییر در قابلیت‌های تأمین، تامین کنندگان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند، ارائه کردند. مدل ارائه 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، تحویل به موقع و قیمت. در نهایت تامین کنندگان در لایه خروجی یا پذیرفته می‌شوند یا رد می‌گردند. داده‌های به دست آمده از مدل فوق توسط کارخانه اتومبیل‌سازی 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 کنندگان بر اساس معیار سود و هزینه ارزیابی می‌شوند. روش تحلیل پوششی داده‌ها کمک می‌کند تا بتوان تامین کنندگان را به دو گروه کارا و نا کارا تقسیم‌بندی کرد [۱۳]. در روشی دیگر با استفاده از تحلیل گروهی، می‌توان تامین کنندگان را بر اساس معیارهای مشخص رتبه‌بندی و گروه‌بندی کرد و سپس با هم مقایسه نمود [۱۴]. کاربرد روش‌های هوشمند نیز در ارزیابی تامین کنندگان 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 کنندگان 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، تحویل و خدمات را به صورت سود یا هزینه قیمت واحد بیان کرد [۱۷]. از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نیز برای انتخاب تامین کنندگان استفاده شده است. در این روش که یک روش کمی است هدف، ماکزیمم کردن (مثلاً سود) یا مینیمم کردن (مثلاً هزینه) تابع هدف تعریف 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 ارائه

نمودند [۱۹]. جهت حل زنجیره تامین با انواع روش های حمل و نقل بنا، کوردئو و همکارانش روش بندرز را به کار گرفتند [۲۰]. در تحقیق دیگر، کاکر مساله برنامه ریزی سیستم چندگانه توزیع را با به کارگیری روش بندرز حل نمود و به راه حل خوبی دست یافت که حاکی از کارآمد بودن شیوه برش بندرز می باشد [۲۱]. واسینا و همکاران روش AHP را برای انتخاب تامین کننده مورد استفاده قرار دادند [۲۲]. همچنین قندهاری و همکاران نیز با به کارگیری 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 پیچیدگی های موجود بین معیارها روش ANP را روشی مناسب برای انتخاب تامین کننده می دانند [۲۴]. عبدالله و همکاران با استفاده از روش پروموت به انتخاب تامین کننده پرداختند و در نهایت به مقایسه نتایج به دست آمده از این روش و سایر روش ها پرداختند [۲۵]. یاکیده و همکاران با استفاده از یک روش ترکیبی براساس برنامه ریزی چندهدفه و تاپسیس تعدیل شده، تامین کننده های 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 طبقه بندی 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 روش های تصمیم گیرنده چند معیاره به ارزیابی و رتبه بندی تامین کننده ها در مراکز درمانی پرداختند [۳۰].

با وجود این که مقالات متعددی در ارتباط با انتخاب تامین کننده ارائه 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 روش های خطی برای انتخاب تامین کننده برای مواقعی 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 بهینه ای برای مسایل بزرگ تر ارائه می دهد. روش بندرز روشی است برای تجزیه مواقعی که تعداد قیده های مساله زیاد است یا در صورت وجود متغیرهای پیچیده ای که ما را در به کارگیری روش های مستقیم در حل مساله باز می دارد، مورد استفاده قرار می گیرد. 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 می باشد، پس تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر نحوه گردآوری اطلاعات توصیفی از نوع زمینه ای موردی و به طور مشخص مبتنی بر مدل سازی ریاضی است.

### ۳-۱ چارچوب مفهومی تحقیق



شکل ۱. چارچوب نظری و مراحل انجام تحقیق

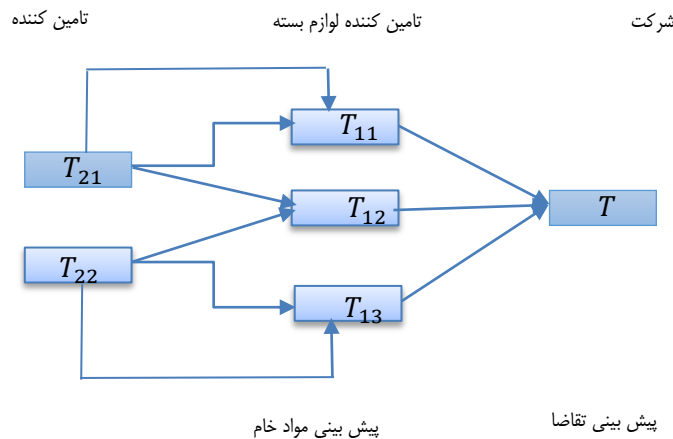
در این تحقیق، به دنبال انتخاب تامین کنندگان برای برطرف کردن نیازهای یکی از کارخانه‌های بسته‌بندی و فرآوری انجیر در استان فارس هستیم. اصلی ترین ماده اولیه این کارخانه یعنی انجیر از بیرون از کارخانه از تامین کنندگان متعدد خریداری می‌گردد. هدف اصلی این تحقیق، پیدا کردن تامین کنندگان مناسبی می‌باشد که کالای 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 کننده مشخص گردد. با توجه به نظر متخصصان این رشته 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 پیکره‌بندی مجدد زنجیره تامین انجام می‌گردد.

### ۴ شرح مساله

موارد ذیل در این مدل فرض شده‌اند:

#### ۴-۱ شناسایی ماهیت زنجیره تامین محصول مورد نظر

زنجیره تامین شرکت مورد بررسی از سه مرحله تشکیل شده است. در انتهای زنجیره، شرکت مورد نظر است که با جمع بندی مواد آنها را به محصول تمام شده تبدیل می کند. مرحله میانی تهیه کنندگان  $T_1$  هستند که شرکت برای تولید محصول نهایی (از جمله کلوچه انجیر، مربای انجیر، شربت انجیر و ...) به آنها وابسته است. اولین مرحله هم تهیه کنندگان مواد خام  $T_p$  می باشند. این فرایند با ارسال پیش بینی تقاضا از سوی شرکت به  $T_1$  آغاز می شود. با بررسی این اطلاعات، پیش بینی مواد خام مورد نیاز را انجام داده و آن را به  $T_p$  ارسال می کند. 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 می باشد، محصول نهایی به موقع در اختیار مشتریان قرار نمی گیرد. 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 می باشد. هم چنین تحویل دیر هنگام و با تاخیر تحت تاثیر جریان اطلاعات مابین تهیه کنندگان قرار دارد. برخی تهیه کنندگان  $T_1$  در پیش بینی خود دقت لازم را نداشته و سفارشات آنها تغییر می یابد که منجر به منحرف شدن تهیه کنندگان  $T_p$  در تهیه مواد اولیه ای می شود که باید در اختیار  $T_1$  قرار گیرد.

اکنون شرکت به دنبال راهی است که علاوه بر کاهش هزینه ها بتواند به موقع محصول نهایی را تحویل داده و عملکرد شبکه را ارتقا بخشد. بنابراین شبکه می بایست مورد تجدید نظر قرار گرفته و از شر تهیه کنندگان ناکارآمدی که باعث می شوند، 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  $T_p$ ، شرکت از هر تهیه کننده  $T_p$  می خواهد بر اساس دقت در پیش بینی و ثبات سفارشات لیستی از تهیه کنندگان  $T_1$  در سال گذشته به ترتیب نحوه عملکرد تهیه کند. بدین ترتیب بیشتر مواد خام جهت تولید در اختیار معتبرترین تهیه کنندگان  $T_1$  قرار می گیرد. اما این تخمین کارایی و عملکرد به شکل موجود راهگشا نیست؛ و مشکلات شرکت نه تنها کاهش نیافته بلکه با شدت 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 پرسش‌نامه‌ای طراحی گردید که با استفاده از این پرسش‌نامه و نظر متخصصین این شرکت، معیارهای مهم از بین کل معیارها انتخاب گردید. این معیارها شامل: قیمت، کیفیت محصول، تحویل به موقع، روابط نزدیک، شهرت و موقعیت، قابلیت اطمینان در تحویل، 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 این رو 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. بر اساس اوزان تعیین شده، معیارها به ترتیب اولویت برای انتخاب تامین کنندگان انجیر عبارتند از: تحویل به موقع، قیمت، سابقه کاری، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان در تحویل، 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 تفصیل به مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت.

#### ۴-۴-۱ معرفی پارامترها

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

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

۲: شاخص تعداد تهیه کنندگان  $T_1$

۳: شاخص تعداد تهیه کننده  $T_2$

۴: شاخص مواد خام

۵: 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
$T_j$	تحويل به موقع کالا از سوی $T_1$
$T_k$	تحويل به موقع کالا از سوی تهیه‌کنندگان $T_p$
$C_{ijt}$	هزینه تولید یک قطعه $i$ توسط $T_1$ در دوره زمانی $t$
$C_{rjkt}$	هزینه تحويل قطعه خام $r$ توسط $T_p$ به تهیه‌کننده $T_1$ در دوره زمانی $t$
$H_{ijt}$	هزینه‌های نگهداری هر قطعه $i$ در هر دوره زمانی توسط تهیه‌کنندگان $T_1$
$Q_{ijt}$	هزینه‌های کمبود هر قطعه $i$ در هر دوره زمانی توسط تهیه‌کنندگان $T_1$
$G_{jt}$ و $E_{it}$	محدودسازی حداکثر زمان نگهداری توسط تهیه‌کنندگان $T_1$ در دوره زمانی $t$
$A_{jt}$	ظرفیت تهیه‌کننده ماده $j$ توسط تهیه‌کننده $T_1$ در دوره زمانی $t$
$A_{jkt}$	ظرفیت تهیه‌کننده ماده $k$ توسط تهیه‌کننده $T_p$ در دوره زمانی $t$
$U_{jt}$	ظرفیت تولید $j$ توسط تهیه‌کنندگان $T_1$ در دوره زمانی $t$
$U_{kt}$	ظرفیت تولید ماده $k$ توسط تهیه‌کننده $T_p$ در دوره زمانی $t$
$LT_p$ و $LT_1$	محدودسازی تعداد تهیه‌کنندگان در هر مرحله
LS	حداقل تعداد تهیه‌کنندگان $T_1$ و $T_p$ جهت تولید یک آیتم
Pr	تقاضاهایی که برای رسیدن به آنها به حداکثر تعداد تامین‌کنندگان نیاز است
$D_{it}$	تقاضا برای قطعه $i$ در دوره زمانی $t$
$P_{ir}$	مصرف 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 $T_p$ به $T_1$ 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 $i$ توسط تهیه‌کننده $j$ گروه $T_1$
$R_{rkt}$	ظرفیت تولید قطعه $r$ توسط تهیه‌کننده $k$ گروه $T_p$ در دوره زمانی $t$
$L_j$	تهیه‌کننده $j$ گروه $T_1$ انتخاب می‌شود یا نه.
$L_k$	تهیه‌کننده $k$ گروه $T_p$ انتخاب می‌شود یا نه.
$L_{ijt}$	تهیه یا عدم تهیه $i$ توسط تهیه‌کنندگان $T_1$
$L_{rkt}$	تهیه یا عدم تهیه $r$ توسط تهیه‌کنندگان $T_p$
$L_{jk}$	رابطه‌ای بین $T_p$ و $T_1$
$F_{jk}$	تهیه‌کنندگان گروه $T_1$ با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته در خصوص پیش‌بینی و ثبات رویه سفارش دهی تا چه حد مورد توجه گروه $T_p$ قرار دارند.

## ۵ مدل‌سازی

### ۵-۱ 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 تحویل به موقع داشته‌اند قرار گیرد و هدف دوم، توزیع مواد خام در بین تهیه کنندگان  $T_1$  توسط گروه  $T_2$  می‌باشد. پارامتر  $F_{jk}$  نشان می‌دهد که تهیه کنندگان گروه  $T_1$  با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته در خصوص پیش بینی تقاضا از سوی شرکت و ثبات رویه سفارش دهی آنها تا چه حد مورد توجه گروه  $T_2$  قرار دارند. در سومین هدف به حداقل رساندن هزینه توزیع کالا و انبارداری آنها مدنظر می‌باشد. هزینه جا به جایی و نقل و انتقال درصدی از قیمت واحد در نزد تهیه کنندگان  $T_1$  و  $T_2$  را در قالب پارامترهای  $C_{rjkt}$  و  $C_{ijit}$ ، 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

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

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

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

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  $T_1$  به تحویل محصول در زمان مقرر کمک می‌کند. بنابراین اولین هدف تحویل 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  $T_1$  و  $T_2$  را به ترتیب با توجه به پارامترهای  $LT_1$  و  $LT_2$  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.

$$\sum_{j=1}^J L_j \leq LT_1 \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^K L_K \leq LT_2 \quad (6)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

روابط (۱۵) و (۱۶) ارسال مواد از طریق هر لینک را محدود می‌سازند تا حداکثر کارایی آن لینک در هر زمان تضمین شود و روابط (۱۷) و (۱۸) ارسال آئتم‌ها را در هر گره کنترل و محدود می‌سازند.

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

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

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

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

در زنجیره تامین، تهیه‌کنندگان مواد خام نمی‌توانند تمام انواع مواد خام را در اختیار گروه  $T_1$  قرار دهند. روابط (۱۹) و (۲۰) قابلیت‌های تهیه‌کننده را در قبال آئتم‌هایی که برای او در نظر گرفته شده حفظ می‌کنند و روابط (۲۱) و (۲۲) تضمین می‌کنند آئتم‌هایی که به هر تهیه‌کننده 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  $T_1$  کنترل می‌کنند. موجودی اولیه و میزان کمبود به ترتیب با استفاده از روابط (۲۷) و (۲۸) محاسبه می‌گردد. بقیه روابط، روابط‌های دو گانه و غیر منفی بودن مربوط به متغیرهای تصمیم‌گیری هستند.

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

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

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

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

$$I_{ijt} = I_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 0 \quad (27)$$

$$B_{ijt} = B_{ij}^o, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 0 \quad (28)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

بدیهی است که جواب  $(0, 0, \dots, 0)$  در روابط (۱) تا (۳۶) صدق می‌کند بنابراین مدل پیشنهادی همواره شدنی است.

## ۵-۲ 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 مواقعی 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 مواقعی 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 حدهای 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 حدهایی 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. به‌عنوان مثال، اگر قرار باشد متغیر مشتقی هدف اول که مواد را در اختیار تهیه‌کننده معتبر قرار می‌دهد، کاهش یابد، این مدل باید تهیه‌کنندگانی را انتخاب کند که بهترین عملکرد را در تحویل 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  $T_7$  برقرار شود. نتیجه این هدف جدید ( $Y_7$ ) این است که مساله اصلی به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی مدنظر قرار می‌گیرد. در روش اصلاحی بندرز، هم مساله اصلی و هم فرعی به‌عنوان مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه ارایه شده‌اند. هدف مساله اصلی در این مقاله انتخاب تهیه‌کنندگان 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 می‌گیرد. تا در تکرار بهین با استفاده از متغیرهایی که مقدار ۱ را دارند لینک بهینه تعیین شود. متغیرهای دودویی دیگری یعنی  $L_{ij}$  و  $L_{ikt}$  غیر پیچیده 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

#### ۳-۵-۱ مساله اصلی

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

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

$$s.t$$

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

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K F_{jk} L_{jk} - d_{\delta}^{+} + d_{\delta}^{-} = Y_{\tau} \quad (39)$$

$$\sum_{j=1}^J L_j \leq LT_{\gamma} \quad (40)$$

$$\sum_{k=1}^K L_k \leq LT_{\tau} \quad (41)$$

$$L_{jk} \leq L_j, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K \quad (42)$$

$$L_{jk} \leq L_k, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, \dots, K \quad (43)$$

$$L_j \text{ is binary}, j = 1, 2, \dots, J, \quad (44)$$

$$L_k \text{ is binary}, k = 1, 2, \dots, K, \quad (45)$$

$$L_{jk} \text{ is binary}, j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (46)$$

مساله اصلی با استفاده از الگوریتم انشعاب و برش حل می‌شود. اگر مساله فرعی به ازای جواب به دست آمده در این مرحله، شدنی باشد در این صورت برش ذیل به مدل اضافه می‌شود [32، 31]

$$\alpha \geq w_{\gamma} d_{\gamma}^{-h} + w_{\tau} d_{\tau}^{-h} + w_{\tau} d_{\tau}^{+h} + \sum_{j=1}^J \lambda_j (L_j - L_j^h) + \sum_{k=1}^K \mu_k (L_k - L_k^h) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \gamma_{jk} (L_k - L_{jk}^h), h = 1, \dots, q \quad (47)$$

و به وسیله این رابطه مشخص می‌شود که کدام یک از متغیرهایی دودویی باید مقدار قبلی خود را حفظ کنند و کدام یک به مقدار جدید 0 یا 1 تغییر کنند. و با توجه به این که تعداد متغیرها دودویی محدود است در نتیجه بعد از تعداد تکرار متناهی جواب بهینه به دست 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 [33، 31]

$$\sum_{j: L_j^p = 1} L_j + \sum_{j: L_j^p = 0} (1 - L_j) + \sum_{k: L_k^p = 1} L_k + \sum_{k: L_k^p = 0} (1 - L_k) \geq 1, p = 1, 2, \dots, f \quad (48)$$

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

### 5-3-2 مساله فرعی

مساله فرعی به صورت روابط ذیل بیان می‌شود:

$$\min G = w_{\gamma} d_{\gamma}^{-h} + w_{\tau} d_{\tau}^{-h} + w_{\tau} d_{\tau}^{+h} \quad (49)$$

s.t

$$L_{ijt} \leq L_j, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 1, 2, \dots, T \quad (50)$$

$$L_{rkt} \leq L_k, r = 1, 2, \dots, R, k = 1, 2, \dots, K, t = 1, 2, \dots, T \quad (51)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T T_j L_j X_{rjkt} + \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T T_k L_k X_{rjkt} - d_{\gamma}^{+} + d_{\gamma}^{-} = z_{\gamma} \quad (52)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$I_{ijt} = I_{ij}^0, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 0$$

(69)

$$B_{ijt} = B_{ij}^0, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J, t = 0 \quad (70)$$

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

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

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 تامین کننده انتخاب می شود و روابط و لینک های ارتباطی از طریق متغیرهای دودویی  $L_{jk}$ ،  $L_k$ ،  $L_j$

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.

### ۵-۳-۳ بررسی شرط بهینگی

در حالت کلی فرض کنید  $X$  نماد متغیرهای پیچیده و  $Y$  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. اینک توجه کنید که اگر متغیرهای انحرافی را در غالب متغیرهای پیچیده و غیرپیچیده در توابع هدف بیان شده جای گذاری 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 دودویی کاربرد ندارد. در این تکنیک کران بالا و پایین بیان شده در روابط (۷۶) و (۷۷) به صورت ذیل به کار می‌رود [۳۱، ۳۴]:

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

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

همان‌طور که قبلاً نیز در رابطه (۴۷) مشاهده شد  $\alpha$  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  $\alpha$  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 ۳-۴ 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  $T_7$  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 سفارش دهی 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. هم چنین به دلیل برداشت انجیر تازه در هر سال حداکثر زمان نگهداری محصولات ۳۶۵ روز می‌باشد. حداقل و حداکثر تعداد تامین کننده‌ها با استفاده از روابط زیر محدود شده است.

$$LT_1 \leq 15$$

$$LT_7 \leq 10$$

$$Ls > 1$$

$$Pr = 0/1$$

از آنجا که تمامی تامین کنندگان با هم در ارتباط هستند مقدار  $A_{ji}$  و  $A_{jkt}$  برابر یک می‌باشد. هم چنین 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  $R_{ij}$  و  $R_{kt}$  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	۴۰۰۰۰	۱۴۰۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	۶۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۱۱	۲۲۰۰
۲	۶۵۰۰۰۰	۲۲۷۵۰	۹۷۵۰	۴۵۰۰	۱۸۰۰۰	۹۸۰۰	۱۱۱۰	۵۵۴۰	۱۱۵۰۹
۳	۸۰۰۰۰	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	۸۸۰۰۰	۳۱۵۰۰	۱۱۰۰۰	۵۵۰۰	۲۲۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۵۶۰	۷۵۰۹	۳۰۰۹
۷	۲۸۰۰۰	۹۸۰۰	۳۹۰۰	۲۰۵۰	۷۸۰۰	۳۷۰۰	۴۳۲۰	۲۱۵۰	۷۱۰۰
۸	۸۵۰۰۰	۲۴۵۰۰	۸۶۵۰	۴۳۲۰	۱۷۳۰۰	۸۷۰۰	۱۱۸۰	۵۵۵۰	۶۵۸۹
۹	۴۲۰۰۰۰	۱۵۷۵۰	۷۱۰۰	۳۶۰۰	۱۴۲۰۰	۷۰۰۰	۷۵۹۰	۳۷۵۰	۴۸۰۰
۱۰	۱۰۸۰۰۰	۴۲۰۰۰	۱۸۰۰۰	۹۰۰۰	۳۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۲۱۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۵۰۰۰
۱۱	۷۵۰۰۰	۱۰۵۰۰	۴۵۰۰	۲۲۵۰	۹۰۰۰	۴۰۰۰	۱۵۷۰	۷۵۰۰	۸۴۶۰
۱۲	۱۲۰۰۰۰	۳۱۸۵۰۰	۱۶۰۰۰	۸۰۰۰	۲۸۰۰۰	۱۵۰۰۰	۷۰۶۰	۳۵۰۰	۷۲۹۰
۱۳	۳۰۰۰۰	۳۵۰۰۰	۱۸۰۰	۹۹۰۰	۱۸۰۰	۱۸۰۰	۸۰۹۰	۴۹۹۰	۳۱۶۰
۱۴	۵۰۰۰۰	۱۷۵۰۰	۷۰۰۰	۳۷۵۰	۴۶۸۰	۸۶۳۰	۱۴۰۰۰	۷۵۰۰	۹۰۶۰
۱۵	۳۵۰۰۰	۱۸۵۰۰	۶۵۰۰	۲۵۵۰	۶۷۵۰۰	۹۲۰۰	۱۲۳۵۰	۹۰۰۰	۲۱۴۵۰

جدول ۵. ظرفیت تولید مواد خام برای  $T_p$  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  $T_p$  به  $T_1$ . ارقام به هزار تومان

$C_{rjkt}$	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	۵۵۰۰	۲۳۱۰۰	۵۲۰۰	۲۳۵۰	۹۰۰۰	۴۲۰۰	۱۷۵۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰	۲۳۵۰	۶۹۰۰	۲۳۵۰	۷۵۰۰	۴۱۰۰	۳۵۱۰
۲	۸۰۰۰۰	۱۹۵۵۰	۶۵۲۰	۴۳۵۰	۱۴۲۰۰	۹۰۵۰	۱۵۶۰	۲۳۰۰	۹۰۰۹	۲۱۵۰۰	۲۳۵۰	۶۵۰۰	۵۵۳۵	۷۵۵۰	۲۴۱۵
۳	۹۵۰۰۰	۲۰۵۰۰	۹۵۰۰	۳۱۲۰	۱۸۵۰۰	۴۲۵۰	۱۷۸۰	۹۵۰	۷۸۶۵	۵۶۵۰	۴۵۰۰	۳۵۰۰	۴۵۵۰	۷۸۰۰	۱۰۰۵
۴	۴۴۰۰۰	۹۵۰۰	۳۹۴۰	۱۱۵۰	۵۶۰۰	۴۲۴۰	۵۷۲۰	۹۵۰	۵۹۲۰	۹۵۰۰	۵۶۰۰	۸۵۰۰	۸۱۵۰	۶۶۵۰	۷۵۳۵
۵	۳۹۰۰۰	۵۴۵۰۰	۳۲۰۰	۱۷۵۰	۵۳۰۰	۳۱۵۰	۴۳۵۰	۴۴۵۰	۱۸۲۰	۴۸۰۰	۱۹۵۰	۳۵۰۰	۴۱۰۰	۸۸۴۵	۶۷۸۰
۶	۸۹۰۰۰	۲۴۴۵۰	۸۹۰۰۰	۳۴۵۰	۲۱۵۳۰	۴۲۳۰	۱۴۵۰	۸۷۰	۱۹۸۰	۵۵۰۰	۲۱۰۰	۵۵۰۰	۵۵۴۵	۷۵۲۵	۹۹۵۰
۷	۱۳۰۰۰	۹۳۰۰	۳۴۰۰	۱۷۰۰	۴۹۰۰	۷۸۹۰۰	۲۳۵۰	۳۸۷۰	۵۹۵۰	۹۵۴۵	۳۵۰۰	۲۱۰۰	۶۱۵۰	۸۷۵۰	۲۳۴۵
۸	۶۵۰۰۰	۲۳۵۰۰	۷۸۰۰	۵۲۰۰	۲۰۱۰۰	۵۴۵۰	۹۹۰	۹۰۰	۴۰۰۰	۷۵۰۰	۸۵۰۰	۸۵۰۰	۷۵۰۰	۶۴۳۰	۱۰۲۴
۹	۴۴۰۰۰۰	۱۳۲۳۰	۵۵۰۰	۲۴۵۰	۹۸۰۰	۴۸۰۰	۷۴۵۰	۲۸۰۰	۴۵۷۰	۱۱۰۰۰	۶۵۰۰	۱۹۰۰	۶۵۰۰	۷۱۰۰	۶۵۷۰
۱۰	۷۸۹۰۰۰	۴۳۰۰۰	۱۴۵۰۰	۷۱۵۰	۱۸۹۰۰	۱۲۴۵۰	۱۹۰۰۰	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  $T_1$  و ۱۰ تهیه کننده گروه  $T_p$  و ۳ 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. ۷ 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 می باشد. همان طور که در آخرین ستون جدول دیده می شود، صرفه جویی زمان در راه حل ها از ۵۸ تا ۸۷ درصد متغیر است.

جدول ۷. مقایسه روش بندرز و خطی پترسون

شماره	روش بندرز								روش خطی			درصد بهبود
	تعداد محصول	تعداد مواد خام	تعداد $T_1$	تعداد $T_p$	محدودیت	متغیر	برش- $\delta$	زمان	محدودیت	متغیر	زمان	
۱	۵	۷	۸	۷	۱۱۱۴	۱۳۲۷	۶۵	۵/۷S	۶۱۱۴	۲۸۹۷	۲/۲S	-
۲	۳	۵	۶	۵	۱۱۱۴	۱۳۲۷	۱۴۵	۵۳ S	۶۰۱۴	۲۸۹۷	۲/۹ S	-
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	۱۶۰۷۳	۷۲۹۵	۱۵۳	۲/۶ min	۸۰۲۱۵	۳۹۷۶۸	۱۹/۷min	۸۶/۸
۸	۱۲	۱۶	۱۵	۹	۱۶۰۷۳	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	۲۹۰۳۳۵	۳۱۱	۱۳/۳ min	۱۴۶۵۱۳	۷۱۳۲۱	۵۷/۶min	۷۶/۹۱
۱۲	۲۱	۲۴	۲۰	۱۴	۱۲۸۱۳	۲۹۰۳۳۵	۴۸۲	۵۰/۵ min	۱۴۶۵۱۳	۷۱۳۲۱	۶/۲S	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	۶/۷S	۷۹/۵۸
۱۵	۱۸	۲۴	۲۲	۱۰	۴۵۸۰۱۲	۳۴۰۷۶۸	۹۹۸۷	۸۵/۱ min	۲۰۱۱۴	۹۰۱۳۱	۷/۲ S	۸۰/۳۰

## ۷ نتیجه گیری

در این مقاله، پیکره بندی دوباره زنجیره تامین و مساله انتخاب تامین کننده توضیح داده شده است و برای رسیدن شرکت به اهدافش مساله به صورت مدل دو گانه برنامه ریزی هدف تنظیم شده است. این مدل برای پیکره بندی دوباره زنجیره تامین، تامین کنندگان کارخانه انجیر مورد استفاده قرار گرفته است. اهداف مدیریت افزایش تقاضا، تحویل به موقع و کاهش هزینه می باشد. نتایج مدل استراتژی جدیدی را پیشنهاد می دهد که باعث بهره گیری بهتر از ظرفیت تامین کنندگان می شود و تا جای امکان مواد بیشتری را در اختیار معتبرترین تهیه کنندگان قرار می دهد که عمل تحویل 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 غیر پیچیده می باشد. پس از حل مدل پیشنهادی تامین کننده اول، ششم، نهم و سیزدهم از گروه  $T_p$  که بهترین عملکرد را در تحویل 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 هزینه ها کاهش یافت.

## منابع

- [1] Feizabadi, J. (2003). Introduction to Supply Chain Management. *Journal of Tadbir*, 14(131)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] Cakır, 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 Programme 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 Khouzestan 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., Mínguez, R., Bertrand, R. (2006). *Decomposition Techniques in Mathematical Programming*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 107–139.