مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال بیستم، شماره دوم (پیاپی ۷۷)،تابستان ۰۲، ص ص۱۱۷-۹۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

انتخاب تامین‌کننده با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی و الگوریتم اصلاح‌شده 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 افزون بازارهای جهانی، به یکی از موضوعات مهم و بحث انگیز تبدیل‌شده 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 زنجیره‌تامین 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 تامین‌کننده‌ها موجب افزایش تقاضا و تحویل به موقع در طول زنجیره گردد. همچنین برای حل مدل ارایه‌شده 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 تامین‌کننده، برنامه‌ریزی آرمانی، الگوریتم اصلاح‌شده بندرز.

۱ مقدمه

امروزه رقابت شرکت‌ها گسترده‌ترشده و به دلیل فضای رقابتی زیادی که در بازار وجود دارد، افزایش کارایی زنجیره‌تامین 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

سازمان تولیدی به طور فزاینده‌ای به افزایش انعطاف‌پذیری در خطوط تولید، بهبود محصولات و فرایندهای موجود و توسعه محصولات جدید برای ارضای مشتریان علاقه‌مند شدندکه 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 تهیه‌کنندگان مواد اولیه بپردازند. این بررسی شامل انتخاب تهیه‌کنندگان، 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 تامین‌کنندگان بودند تا از این طریق عملکرد مدیریت و رقابت‌پذیری آن‌ها را ارتقا دهند. بنابراین روابط بین تامین‌کننده و مصرف‌کننده در شرکت‌های تولیدی مورد توجه جدی قرار گرفت و مشاهده شد که زمانی‌که روابط بلندمدت بین این دو وجود داشته باشد، زنجیره‌تامین شرکت مانعی جدی و قوی بر سر راه رقبا خواهد بود.

امروزه با افزایش اهمیت فعالیت خرید و تدارکات تصمیم‌های خرید مهم‌ترشده و از آنجا که امروزه سازمان‌ها بیشتر به تامین‌کنندگان وابسته‌شده‌اند، پیامدهای مستقیم و غیرمستقیم تصمیم‌گیری ضعیف، وخیم‌تر 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 تامین‌کنندگان برای کار با آن‌ها در جهت موفقیت یک شرکت امری بسیار مهم و حیاتی می‌باشد و در طی سالیان طولانی بر انتخاب تامین‌کننده تاکید شده است.

اصولاً مساله انتخاب تامین‌کننده از دو نوع می‌باشد: هنگامی که هیچ محدودیتی وجود ندارد، به عبارت دیگر کلیه تامین‌کنندگان قادر به برآوردن نیاز خریدار از قبیل نیازهای کیفی، تحویل به موقع، و...می باشند یا هنگامی که برخی از محدودیت‌ها در ظرفیت تامین‌کننده وجود دارد، به عبارت دیگر، تامین‌کننده‌ای که بتواند کلیه نیاز خریدار را ارضا کند وجود ندارد و خریدار مجبور است بخشی از نیاز خود را از یک تامین‌کننده و بخش دیگر را از تامین‌کننده 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 معمولا زنجیره‌تامین شرکت‌های مختلف به صورت یک سطح نمی‌باشد. به عبارت دیگر زنجیره‌تامین شرکت‌ها از سطوح مختلفی تشکیل شده است و هر سطح از قدرت تصمیم‌گیری متفاوتی برخوردار است. این‌گونه مدل‌ها در اصطلاح به مدل‌چند سطحی معروف هستند. در این گونه مدل‌ها، با توجه به ماهیت تامین‌کنندگان 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 زنجیره‌تامین باعث می‌شود که رویکرد مدل‌سازی رویکرد چندسطحی باشد. این رویکرد، به علت دشواری حل، جزء رویکردهایی پیچیده طبقه‌بندی می‌شوند. معمولاً زمانی که تعداد

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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

اکثر مقالاتی که تاکنون در خصوص انتخاب و ارزیابی تامین‌کننده در ادبیات تحقیق موجود است؛ به بررسی و انتخاب تامین‌کنندگان در حالت تک سطحی پرداخته‌اند. در این تحقیق به انتخاب و ارزیابی تامین‌کنندگان 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 می شود 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 عمل‌نموده 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 افزایش‌یافته و محصول نهایی به موقع در اختیار مشتریان قرار نمی‌گیرد. دیر رسیدن مواد اولیه که ناشی از معامله با تهیه‌کنندگانی 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 زنجیره‌تامین تهیه‌کنندگان ناکارآمدی که باعث می‌شوند شرکت در عمل به تعهدات خود دچار خلل شود، کنار گذاشته می‌شوند. لذا با توجه به این که انتخاب معتبرترین تهیه‌کنندگان از اهداف اصلی شرکت می‌باشد، پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر مد نظر خواهد بود.

۱) چه نوع پیکره‌بندی برای انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌تامین مورد نیاز است؟

۲) چگونه می‌توان تامین‌کنندگان 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 تامین‌کننده توسط دیکسون (۱۹۹۶) انجام گرفته است نزدیک به ۲۳ معیار مجزا برای تصمیم‌گیری در ارتباط با انتخاب تامین‌کنندگان 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،

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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 وکار، توانایی نگهداری و اندازه بازار می‌باشد [۷]. بعدها توسط وبر نشان داده شده است که مساله انتخاب تامین‌کنندگان ذاتاً چندهدفه می‌باشد و از طرفی دیگر، توجه به بیش از یک معیار می‌تواند موجب موفقیت در ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان شود [۸]. ترسی (۲۰۰۱) بر روی معیارهای کیفیت، میزان اطمینان به تحویل و بالا بردن عملکرد محصول جهت انتخاب تامین‌کنندگان تاکید نموده و علاوه بر آن برنامه بهبود مستمر و تیم‌های طراحی محصول را جهت توسعه روابط با تامین‌کنندگان مناسب دانسته است [۹]. ماندل یک مدل توصیفی را برای بیان رابطه بین معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان با استفاده از یک مدل گرافیکی ارایه کرد [۱۰]. هانگ هونگ و همکاران (۲۰۰۵)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی که تغییر در قابلیت‌های تأمین، تامین‌کنندگان و نیازهای مشتری در طی دوره زمانی را لحاظ می‌کند، ارایه کردند. مدل ارایه‌شده برای انتخاب تامین‌کننده در صنعت کشاورزی کشور کره به کار گرفته شد[۱۱].

آکسوی وهمکارانش (۲۰۱۱) برای انتخاب تامین‌کننده 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 تامین‌کنندگان در لایه خروجی یا پذیرفته می‌شوند یا رد می‌گردند. داده‌های به‌دست 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 تامین‌کنندگان بر اساس معیار سود و هزینه ارزیابی می‌شوند. روش تحلیل پوششی داده‌ها کمک می‌کند تا بتوان تامین‌کنندگان را به دو گروه کارا و نا کارا تقسیم‌بندی کرد [۱۳]. در روشی دیگر با استفاده از تحلیل گروهی، می‌توان تامین‌کنندگان را بر اساس معیارهای مشخص رتبه‌بندی و گروه‌بندی کرد و سپس با هم مقایسه نمود [۱۴]. کاربرد روش‌های هوشمند نیز در ارزیابی تامین‌کنندگان 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 نهایتا با هم جمع می‌شود. تامین‌کننده‌ای که بیشترین اعتبار را کسب کند، انتخاب خواهد شد [۱۶]. یکی دیگر از روش‌هایی که برای انتخاب نهایی تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان استفاده‌شده است. در این روش که یک روش کمی است هدف، ماکزیمم کردن (مثلا سود) یا مینیمم کردن (مثلا هزینه) تابع هدف تعریف‌شده 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

نمودند[۱۹]. جهت حل زنجیره‌تامین با انواع روش‌های حمل و نقل بنا،کوردئو و همکارانش روش بندرز را به کارگرفتند [۲۰]. در تحقیق دیگر، کاکر مساله برنامه‌ریزی سیستم چندگانه توزیع را با به‌کارگیری 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 تامین‌کننده مورد استفاده قرار دادند [۲۲]. همچنین قندهاری و همکاران نیز با به کارگیریAHP، الگویی برای افزایش سود در انتخاب تامین‌کننده معرفی کردند [۲۳]. ولی سینگزا و همکاران با توجه به معیارهای متعدد و درگیر در انتخاب تامین‌کننده و پیچیدگی‌های موجود بین معیارها روش ANP را روشی مناسب برای انتخاب تامین‌کننده می‌دانند [۲۴]. عبدالله و همکاران با استفاده از روش پروموت به انتخاب تامین‌کننده پرداختند و در نهایت به مقایسه نتایج به‌دست آمده از این روش و سایر روش‌ها پرداختند [۲۵]. یاکیده و همکاران با استفاده از یک روش ترکیبی براساس برنامه‌ریزی چندهدفه و تاپسیس تعدیل‌شده، تامین‌کننده‌های مورد نیاز برای ثبت سفارش را شناسایی نمودند [۲۶]. همچنین جواد و همکاران به منظور انتخاب تامین‌کننده از ترکیب روش تاپسیس فازی و BMW استفاده نمودند و روش پیشنهادی را بر روی انتخاب تامین‌کننده در کارخانه فولاد خوزستان به کار گرفتند [۲۷]. به طور مشابه جین و سینگ برای انتخاب تامین‌کننده در صنعت فولاد هند، به انتخاب تامین‌کننده براساس طبقه‌بندی معیارها و تئوری فازی پرداختند [۲۸]. همچنین خواجه و همکاران با استفاده از یک رویکرد چند معیاره در محیط فازی به ارزیابی تامین‌کنندگان پرداختند [۲۹]. در تحقیقی دیگر استیوز و همکاران با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیرنده چند معیاره به ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کننده‌ها در مراکز درمانی پرداختند [۳۰].

با وجود این‌که مقالات متعددی در ارتباط با انتخاب تامین‌کننده ارایه شده است ولی توجه کافی به انتخاب تامین‌کننده برای شرایطی که تعداد تامین‌کننده زیاد است، صورت نگرفته است. از آنجا که استفاده از روش‌های خطی برای انتخاب تامین‌کننده برای مواقعی که تعداد تامین‌کننده 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 روشی است برای تجزیه مواقعی که تعداد قیدهای مساله زیاد است یا در صورت وجود متغیرهای پیچیده‌ای که ما را در به‌کارگیری 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 تامین‌کنندگان یک زنجیره‌تامین می‌باشد، پس تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر نحوه گردآوری اطلاعات توصیفی از نوع زمینه‌ای موردی و به طور مشخص مبتنی برمدل سازی ریاضی است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

۳-۱چارچوب مفهومی تحقیق

شکل ۱. چارچوب نظری و مراحل انجام تحقیق

در این تحقیق، به‌دنبال انتخاب تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان متعدد خریداری می‌گردد. هدف اصلی این تحقیق، پیدا کردن تامین‌کنندگان مناسبی می‌باشد که کالای نهایی درست در زمان لازم به دست مصرف‌کننده نهایی برسد. با مشخص‌شدن این موضوع مرحله اول از روش فوق محقق می‌گردد. در مرحله بعد باید معیارهای مهم کمی و کیفی در انتخاب تامین‌کننده 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 تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان 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 تامین‌کننده مناسب طراحی می‌گردد. در مدل طراحی‌شده، تعداد محدودیت‌های مساله بسیار زیاد می‌باشد. مساله طراحی‌شده جزء مسایل NP-Hard می‌باشد. بنابراین جهت حل مدل انتخاب تامین‌کننده از الگوریتم بندرز اصلاح‌شده 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 تامین‌کننده و پیکره‌بندی مجدد زنجیره تامین انجام می‌گردد.

٤ شرح مساله

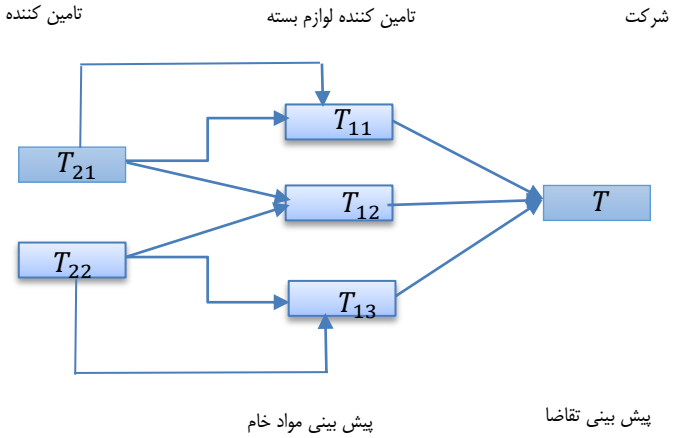
موارد ذیل در این مدل فرض شده‌اند:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

٤-١ شناسایی ماهیت زنجیره‌تامین محصول موردنظر

زنجیره‌تامین شرکت مورد بررسی از سه مرحله تشکیل شده است. در انتهای زنجیره، شرکت مورد نظر است که با جمع‌بندی مواد آنها را به محصول تمام‌شده تبدیل می‌کند. 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 تهیه‌کنندگان مواد خام T_2 می‌باشند. 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 تهیه‌کنندگانی 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 تهیه‌کنندگان قرار دارد. برخی تهیه‌کنندگان T_1 در پیش بینی خود دقت لازم را نداشته و سفارشات آنها تغییر می‌یابد که منجر به منحرف‌شدن تهیه‌کنندگان 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 تهیه‌کنندگان T_1 و T_2، شرکت از هر تهیه‌کننده T_2 می‌خواهد بر اساس دقت در پیش‌بینی و ثبات سفارشات لیستی از تهیه‌کنندگان T_1 در سال گذشته به ترتیب نحوه عملکرد تهیه کند. بدین ترتیب بیشتر مواد خام جهت تولید در اختیار معتبرترین تهیه‌کنندگان T_1 قرار می‌گیرد. 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

٤-٢ تعیین معیارهای مهم کیفی و کمی برای انتخاب تامین‌کننده

از آنجا که معیارهای زیادی برای انتخاب تامین‌کننده وجود دارد ما از بین ۲۳ معیاری که دیکسون در مقاله خود آورده است، معیارهای را که بیشترین تاثیر بر روی تامین‌کنندگان 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.

٤-٣ تعیین اولویت معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان

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: ، تحویل به موقع، قیمت ، سابقه کاری، کیفیت محصول، قابلیت اطمینان در تحویل، شهرت و موقعیت، روابط نزدیک و توان مالی.

٤-٤ تعیین تامین‌کنندگان با توجه به معیارهای مشخص‌شده

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

٤-٤-١معرفی پارامترها

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

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

J: شاخص تعداد تهیه‌کنندگان T_1

K: شاخص تعداد تهیه‌کننده T_2

R: شاخص مواد خام

t: شاخص زمان

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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 T_2
C_{ijt}	هزینه تولید یک قطعه i توسط T_1 در دوره زمانی t
C_{rjkt}	هزینه تحویل قطعه خام r توسط T_2 به تهیه‌کننده T_1 در دوره زمانی t
H_{ijt}	هزینه های نگهداری هر قطعه در هر دوره زمانی توسط تهیه‌کنندگان T_1
Q_{ijt}	هزینه های کمبود هر قطعه 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 تهیه کننده ماده j توسط تهیه‌کننده T_1 در دوره زمانی t
A_{jkt}	ظرفیت تهیه کننده ماده k توسط تهیه‌کننده T_2 در دوره زمانی t
U_{jt}	ظرفیت تولید j توسط تهیه‌کنندگان T_1در دوره زمانی t
U_{kt}	ظرفیت تولید ماده k توسط تهیه‌کننده T_2 در دوره زمانی t
LT_1 و LT_2	محدودسازی تعداد تهیه‌کنندگان در هر مرحله
Ls	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}	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_2 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 قطعهr توسط تهیه‌کننده k گروه T_2 در دوره زمانی t
L_j	تهیه کنندهj 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 توسط تهیه‌کنندگان T_1
L_{rkt}	تهیه یا عدم تهیه r توسط تهیه‌کنندگان T_2
L_{jk}	رابطه‌ای بین T_1 و T_2
F_{jk}	تهیه‌کنندگان گروه T_1با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته در خصوص پیش‌بینی و ثبات رویه سفارش دهی تا چه حد مورد توجه گروه T_2 قرار دارند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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 تهیه‌کنندگان گروه T_1 با توجه به عملکرد آنها در سال گذشته در خصوص پیش بینی تقاضا از سوی شرکت و ثبات رویه سفارش‌دهی 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_{ijt}، 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 گفته‌شده، مدل نهایی به صورت زیر تعریف می گردد.

$$\min G = w_1 d_1^- + w_2 d_2^- + w_3 d_3^+ \quad (۱)$$

$$s.t$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T} T_j L_j x_{rjkt} + \sum_{i=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} T_K L_k X_{rjkt} - d_1^+ + d_1^- = z_1 \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} F_{jK} L_{jk} X_{rjkt} - d_2^+ + d_2^- = z_2 \quad (۳)$$

$$\sum_{r=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} c_{ijt} X_{ijt} + \sum_{r=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} c_{rjkt} X_{rjkt} + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} H_{ijt} z + \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T} Q_{ijt} B_{ijt} - d_3^+ + d_3^- = z_3 \quad (۴)$$

اولین هدف از اولویت ویژه‌ای برخوردار است چون مستقیما باعث دریافت مواد در زمان مناسب و به موقع می‌شود. در رده بعد، توزیع مواد خام بین تهیه‌کنندگان منتخب گروه T_1 به تحویل محصول در زمان مقرر کمک می کند. بنابراین اولین هدف تحویل به موقع محصول و پس از آن انتخاب تهیه‌کننده 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.

$$\sum_{j=1}^{J} L_j \le LT_1 \quad (۵)$$

$$\sum_{k=1}^{K} L_K \le LT_2 \quad (۶)$$

$$L_{jk} \le L_j, j = 1,2,..., j, k = 1,2,..., K \quad (۷)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

$$L_{jk} \le L_k, j = ۱,۲,...,J, k = ۱,۲,...,K \quad (۸)$$

$$L_{ijt} \le L_j, i = ۱,۲,...,I, j = ۱,۲,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۹)$$

$$L_{rkt} \le L_k, r = ۱,۲,...,R, k = ۱,۲,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۰)$$

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 آیتم به منابع زیاد که باعث تولید آن قطعه بیش از حد تقاضا می‌شود، جلوگیری به عمل می‌آورند.

$$\sum_{j=۱}^{J} L_{ijt} \ge L_s, i = ۱,۲,...,I, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۱)$$

$$\sum_{k=۱}^{K} L_{rkt} \ge L_s, r = ۱,۲,...,R, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۲)$$

$$X_{ijt} \ge P_r D_{it} L_{ijt}, i = ۱,۲,...,I, j = ۱,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۳)$$

$$\sum_{j=۱}^{J} X_{rjkt} \ge \Pr \sum_{i=۱}^{I} P_{ir} D_{it} L_{rkt}, r = ۱,۲,...,R, k = ۱,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۴)$$

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 آیتم‌ها را در هر گره کنترل و محدود می‌سازند.

$$\sum_{i=۱}^{I} X_{ijt} \le A_{jt} \times L_j, j = ۱,۲,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۵)$$

$$\sum_{r=۱}^{R} X_{rjkt} \le A_{jkt} \times L_{jk}, j = ۱,۲,...,J, k = ۱,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۶)$$

$$X_{ijt} \le R_{ijt}, i = ۱,۲,...,I, j = ۱,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۷)$$

$$\sum_{j=۱}^{J} X_{rjkt} \le R_{rkt}, r = ۱,۲,...,R, k = ۱,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۸)$$

در زنجیره‌تامین، تهیه‌کنندگان مواد خام نمی‌توانند تمام انواع مواد خام را در اختیار گروه $T_۱$ قرار دهند. روابط (۱۹) و (۲۰) قابلیت‌های تهیه‌کننده را در قبال آیتم‌هایی که برای او در نظرگرفته شده حفظ می‌کنند و روابط (۲۱) و (۲۲) تضمین می‌کنند آیتم‌هایی که به هر تهیه‌کننده اختصاص‌یافته فراتر از حد توانایی او نیست.

$$R_{ijt} \le ML_{ijt}, i = ۱,۲,...,I, j = ۱,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۱۹)$$

$$R_{rkt} \le MS_{rkt} L_{rkt}, r = ۱,۲,...,R, k = ۱,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۲۰)$$

$$\sum_{i=۱}^{I} R_{ijt} \le U_{jt} L_j, j = ۱,...,J, t = ۱,۲,...,T \quad (۲۱)$$

$$\sum_{r=۱}^{R} R_{rkt} \le U_{kt} L_k, k = ۱,۲,...,K, t = ۱,۲,...,T \quad (۲۲)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

میزان تقاضای شرکت از طریق رابطه (۲۳) کنترل می‌شوند در حالی‌که 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، روابطه‌های دوگانه و غیرمنفی بودن مربوط به متغیرهای تصمیم‌گیری هستند.

$$\sum_{j=1}^{J} X_{ijt} = D_{it}, i = 1,2,...,I, t = 1,2,...,T \quad (۲۳)$$

$$(1+s)\sum_{i=1}^{I} P_{ir}(X_{ijt} - I_{ijt-1} + I_{ijt} + B_{ijt-1} - B_{ijt}) = \sum_{k=1}^{K} X_{rjkt}, r = 1,2,...,R,\ j = 1,...,J, t = 1,2,...,T \quad (۲۴)$$

$$\sum_{i=1}^{I} I_{ijt} \le G_{jt},\ j = 1,...,J, t = 1,2,...,T \quad (۲۵)$$

$$\sum_{i=1}^{I} B_{ijt} \le E_{it}, i = 1,...,I, t = 1,2,...,T \quad (۲۶)$$

$$I_{ijt} = I_{ij}^{o}, i = 1,2,...,I,\ j = 1,2,...,J, t = o \quad (۲۷)$$

$$B_{ijt} = B_{ij}^{o}, i = 1,2,...,I,\ j = 1,2,...,J, t = o \quad (۲۸)$$

$$X_{ijt}, R_{ijt}, I_{ijt}, B_{ijt} \ge 0, i = 1,2,...,I,\ j = 1,...,J, t = 1,2,...,T \quad (۲۹)$$

$$X_{rjkt} \ge 0, r = 1,2,...,R,\ j = 1,2,...,J, k = 1,2,...,K, t = 1,2,...,T \quad (۳۰)$$

$$R_{rkt} \ge 0, r = 1,2,...,R, k = 1,2,...,K, t = 1,2,...,T \quad (۳۱)$$

$$L_j \text{ is binary},\ j = 1,2,...,J, \quad (۳۲)$$

$$L_k \text{ is binary}, k = 1,2,...,K, \quad (۳۳)$$

$$L_{jk} \text{ is binary},\ j = 1,2,...,J, k = 1,2,...,K \quad (۳۴)$$

$$L_{ijt} \text{ is binary}, i = 1,2,...,I,\ j = 1,2,...,J, t = 1,2,...,T \quad (۳۵)$$

$$L_{rkt} \text{is binary}, r = 1,2,...,R, k = 1,2,...,K, t = 1,2,...,T \quad (۳۶)$$

بدیهی است که جواب (۰,۰,....,۰) 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 اصلاح‌شده بندرز است [۳۱]. قابل ذکر است مواقعی که تعداد قیدهای مساله زیاد است یا در صورت وجود متغیرهای پیچیده‌ای که ما را در به‌کارگیری 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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 اضافه‌شده برای رسیدن به راه حل مناسب به کار می رود. 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_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 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 می‌گیرید. تا در تکرار بهین با استفاده از متغییرهایی که مقدار ۱ را دارند لینک بهینه تعیین شود. متغیرهای دودویی دیگر یعنی L_{ijt} و L_{rkt} 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].

۵-۳ چگونگی عملکرد

۵-۳-۱ مساله اصلی

در روش بندرز اصلاح‌شده متغیرهای دودویی به دودسته متغییرهای 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 برروی متغیرهای انحرافی تاثیرگذار هستند. در نتیجه در مساله اصلی متغیرهای پیچیده بهینه می‌شوند و متغییرهای غیرپیچیده براساس جواب‌های به‌دست آمده در مساله اصلی، در مساله فرعی بهینه می‌شوند. تابع و روابط مساله اصلی در زیر آمده است:

$$\min G = w_1 d_4^- + w_2 d_5^- + a \qquad (۳۷)$$

$$s.t$$

$$\sum_{j=1}^{J} T_j L_j + \sum_{k=1}^{K} T_K L_k - d_4^+ + d_4^- = Y_1 \qquad (۳۸)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K} F_{jk}L_{jk} - d_5^+ + d_5^- = Y_2 \quad (۳۹)$$

$$\sum_{j=1}^{J} L_j \le LT_1 \quad (۴۰)$$

$$\sum_{k=1}^{K} L_k \le LT_2 \quad (۴۱)$$

$$L_{jk} \le L_j,\ j = 1,2,...,J, k = 1,...,K \quad (۴۲)$$

$$L_{jk} \le L_K,\ j = 1,2,...,J, k = 1,...,K \quad (۴۳)$$

$$L_j\ is binary,\ j = 1,2,...,J, \quad (۴۴)$$

$$L_k\ is binary, k = 1,2,...,K, \quad (۴۵)$$

$$L_{jk}\ is binary,\ j = 1,2,...,J, k = 1,2,...,K \quad (۴۶)$$

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

$$\alpha \ge w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{+h} + \sum_{j=1}^{J}\lambda_j (L_j - L_j^h) + \sum_{k=1}^{K}\mu_k (L_k - L_k^h) + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\gamma_{jk}(L_k - L_{jk}^h), h = 1,...,q \quad (۴۷)$$

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 ۰ یا ۱ تغییر کنند. و با توجه به این‌که تعداد متغیرها دودویی محدود است در نتیجه بعد از تعداد تکرار متناهی جواب بهینه به‌دست 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 [۳۱، ۳۳]

$$\sum_{j:L_j^o=0}^{J} L_j + \sum_{j:L_j^p=1}^{J} (1 - L_j) + \sum_{k:L_k^o=0}^{J} L_k + \sum_{k:L_k^p=1}^{J} (1 - L_k) \ge 1,\ p = 1,2,...,f \quad (۴۸)$$

لازم به‌ذکر 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.

۵-۳-۲ مساله فرعی

مساله فرعی به صورت روابط ذیل بیان می‌شود:

$$\min G = w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{+h} \quad (۴۹)$$

$$s.t$$

$$L_{ijt} \le L_j, i = 1,2,...,I,\ j = 1,2,...,J, t = 1,2,...,T \quad (۵۰)$$

$$L_{rkt} \le L_k, r = 1,2,...,R, k = 1,2,...,K, t = 1,2,...,T \quad (۵۱)$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T} T_j L_j x_{rjkt} + \sum_{i=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} T_k L_k X_{rjkt} - d_1^+ + d_1^- = z_1 \quad (۵۲)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

$$\sum_{i=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}F_{jK}L_{jk}X_{rjkt}-d_2^{+}+d_2^{-}=z_2 \quad (۵۳)$$

$$\sum_{r=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}c_{ijt}X_{ijt}+\sum_{r=1}^{R}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}c_{rjkt}X_{rjkt}+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}H_{ijt}z+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T}Q_{ijt}B_{ijt}-d_3^{+}+d_3^{-}=z_3 \quad (۵۴)$$

$$\sum_{j=1}^{J}L_{ijt}\geq L_s, i=1,2,...,I, t=1,2,...,T \quad (۵۵)$$

$$\sum_{k=1}^{K}L_{rkt}\geq L_s, r=1,2,...,R, t=1,2,...,T \quad (۵۶)$$

$$X_{ijt}\geq P_r D_{it}L_{ijt}, i=1,2,...,I,\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۵۷)$$

$$\sum_{j=1}^{J}X_{rjkt}\geq \Pr\sum_{i=1}^{I}P_{ir}D_{it}L_{rkt}, r=1,2,...,R, k=1,...,K, t=1,2,...,T \quad (۵۸)$$

$$\sum_{i=1}^{I}X_{ijt}\leq A_{jt}\times L_j,\ j=1,2,...,J, t=1,2,...,T \quad (۵۹)$$

$$\sum_{r=1}^{R}X_{rjkt}\leq A_{jkt}\times L_{jk},\ j=1,2,...,J, k=1,...,K, t=1,2,...,T \quad (۶۰)$$

$$X_{ijt}\leq R_{ijt}, i=1,2,...,I,\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۶۱)$$

$$\sum_{j=1}^{J}X_{rjkt}\leq R_{rkt}, r=1,2,...,R, k=1,...,K, t=1,2,...,T \quad (۶۲)$$

$$R_{ijt}\leq ML_{ijt}, i=1,2,...,I,\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۶۳)$$

$$R_{rkt}\leq MS_{rkt}L_{rkt}, r=1,2,...,R, k=1,...,K, t=1,2,...,T \quad (۶۴)$$

$$\sum_{j=1}^{J}X_{ijt}=D_{it}, i=1,2,...,I, t=1,2,...,T \quad (۶۵)$$

$$(1+s)\sum_{i=1}^{I}P_{ir}(X_{ijt}-I_{ijt-1}+I_{ijt}+B_{ijt-1}-B_{ijt})=\sum_{k=1}^{K}X_{rjkt}, r=1,2,...,R,\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۶۶)$$

$$\sum_{i=1}^{I}I_{ijt}\leq G_{jt},\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۶۷)$$

$$\sum_{i=1}^{I}B_{ijt}\leq E_{it}, i=1,...,I, t=1,2,...,T \quad (۶۸)$$

$$I_{ijt}=I_{ij}^{o}, i=1,2,...,I,\ j=1,2,...,J, t=o \quad (۶۹)$$

$$B_{ijt}=B_{ij}^{o}, i=1,2,...,I,\ j=1,2,...,J, t=o \quad (۷۰)$$

$$X_{ijt}, R_{ijt}, I_{ijt}, B_{ijt}\geq 0, i=1,2,...,I,\ j=1,...,J, t=1,2,...,T \quad (۷۱)$$

$$X_{rjkt}\geq 0, r=1,2,...,R,\ j=1,2,...,J, k=1,2,...,K, t=1,2,...,T \quad (۷۲)$$

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

نظرگرفته 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 متغییرهای 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:

$$\min \sum_i c_i x_i + \sum_j d_j y_j \qquad (۷۳)$$

$$\min \sum_i c_i x_i + \alpha \qquad (۷۴)$$

$$\min \sum_j d_j y_j \qquad (۷۵)$$

در این مقاله با توجه به این که مساله اصلی و مساله به دو صورت چندهدفه می‌باشند؛ بنابراین به جای بهینه کردن توابع هدف، متغییرهای 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 به‌کار گرفته شده است در حقیقت متاثر از هر دو دسته متغییرهای پیچیده و غیرپیچیده می‌باشند. در حالی‌که متغیرهای انحرافی در مساله اصلی فقط وابسته به متغییرهای پیچیده هستند. همچنین تابع هدف مساله فرعی در حقیقت فقط نشان‌دهنده سهم متغیرهای انحرافی از متغیرهای غیرپیچیده است. اینک توجه‌کنید که اگر متغیرهای انحرافی را در غالب متغیرهای پیچیده و غیرپیچیده در توابع هدف بیان‌شده جای‌گذاری کنیم در این صورت توابع به‌دست آمده با روابط بیان شده در(۷۳)، (۷۴)، (۷۵) متفاوت هستند و این امر نشان می‌دهد کران بالا و پایین معرفی‌شده در تکنیک بندرز کلاسیک در تکنیک بندرز اصلاح‌شده در رابطه با مسایل چندهدفه با متغییرهای دوودیی کاربرد ندارد. در این تکنیک کران بالا و پایین بیان‌شده در روابط (۷۶) و (۷۷) به صورت ذیل به کار می‌رود [۳۱، ۳۴]:

$$z_L^h = \sum_i c_i x_i^h + \alpha \qquad (۷۶)$$

$$z_U^h = \sum_i c_i x_i^h + \sum_j d_j y_i^h \qquad (۷۷)$$

همان‌طور که قبلا نیز در رابطه (۴۷) مشاهده شد α به دنبال مشخص‌کردن بهترین مقدار برای متغییرهای 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:

$$w_1 d_1^{-h} + w_2 d_2^{-h} + w_3 d_3^{-h} = \alpha^h \qquad (۷۸)$$

٦ استخراج شاخص‌ها و تحلیل شبکه

اکنون با توجه به نکات و رویکرد ارایه‌شده به بررسی و انتخاب تامین‌کنندگان در شرکت مورد نظر می‌پردازیم. ابتدا لازم به‌ذکر است که طبق مراحل ۴-۲ و ۳-۴ اطلاعات زیر با توجه به معیارهای مشخص‌شده به‌دست آمده

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

است. تامین‌کننده‌هایی 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: تامین‌کنندگان اول، چهارم، ششم، هشتم، دوازدهم و چهاردهم و تامین‌کننده‌هایی از گروه T_2 که کالای خود را به موقع در اختیار تامین‌کننده T_1 قرار می‌دهند عبارتند از: تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان با هم در ارتباط می‌باشند. هم‌چنین به دلیل برداشت انجیر تازه در هر سال حداکثر زمان نگهداری محصولات ۳۶۵ روز می‌باشد. حداقل و حداکثر تعداد تامین‌کننده‌ها با استفاده از روابط زیر محدود شده است.

$$LT_1 \leq ۱۵$$
$$LT_2 \leq ۱۰$$
$$Ls > ۱$$
$$Pr = ۰/۱$$

از آنجا که تمامی تامین‌کنندگان با هم در ارتباط هستند مقدار A_{jt} و A_{jkt} برابر یک می‌باشد. هم‌چنین معیارهای مهم در انتخاب تامین‌کننده‌ها 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_{rkt} نشان داده می‌شوند که برای سنجش قابلیت و ظرفیت تامین‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. سایر اطلاعات مورد نیاز برای حل مساله اصلی در جداول زیر آمده است.

جدول۲. 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

جدول۳. 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 ٤. 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	۶۵۰۰۰۰۰	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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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_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

جدول٦. هزینه تحویل یک محصول۲ توسط T_2 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 تهیه‌کننده گروه T_1 و ۱۰ تهیه‌کننده گروه T_2 و ۳ دوره زمانی آمده است. اگر قرار بود روش خطی‌سازی 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 تست‌شده که در جدول ۶ آمده است. مسایلی که در جدول ۶ آمده همگی با روش بهینه‌سازی حل شده‌اند. ۷ مساله با اندازه متفاوت تست‌شده 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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

جدول۷. مقایسه روش بندرز و خطی پترسون

روش خطی				روش بندرز							
درصد بهبود	زمان	متغیر	محدودیت	زمان	برش-ها	متغیر	محدودیت	T_2 تعداد	تعداد T_1	تعداد مواد خام	تعداد محصول	شماره
–	۲/۲s	۲۸۹۷	۶۱۱۴	۵/۷s	۶۵	۱۳۲۷	۱۱۱۴	۷	۸	۷	۵	۱
–	۲/۹ s	۲۸۹۷	۶۰۱۴	۵۳ s	۱۴۵	۱۳۲۷	۱۱۱۴	۵	۶	۵	۳	۲
–	۴/۱ min	۱۱۸۹۶	۲۰۹۸۲	۲/۱ min	۲۳۴	۴۸۲۸	۲۸۵۰	۷	۱۱	۸	۵	۳
–	۵/۱ min	۱۱۸۹۶	۲۰۹۸۲	۹/۲min	۵۰۲	۴۸۲۸	۲۸۶۰	۱۰	۱۴	۱۱	۹	۴
۸۴/۳	۱۲/۱min	۲۱۳۴۰	۳۷۵۴۲	۹/۱ min	۸۷	۸۱۱۴	۴۳۲۵	۱۲	۱۶	۱۵	۱۲	۵
۸۳/۵	۲۹/۷min	۲۱۳۴۰	۳۷۵۴۲	۴/۹ min	۴۲۱	۸۱۱۴	۴۳۲۵	۸	۱۳	۱۱	۸	۶
۸۶/۸	۱۹/۷min	۳۹۷۶۸	۸۰۲۱۵	۲/۶ min	۱۵۳	۷۲۹۵	۱۶،۰۷۳	۹	۱۵	۱۶	۱۳	۷
۶۸/۵۵	۹۹/۲min	۳۹۷۶۸	۷۰۲۱۵	۳۱/۲ min	۷۱۵	۷۲۹۵	۱۶،۰۷۳	۹	۱۵	۱۶	۱۲	۸
۵۸/۰۲	۲۴/۳min	۴۰۲۷۸	۸۹۲۴۵	۱۰/۲ min	۱۷۸	۲۱،۵۱۴	۸۱۵۶	۱۰	۱۸	۱۸	۱۳	۹
۵۴/۴۳	۸۲/۳min	۴۰۲۷۸	۸۹۲۴۵	۳۷/۵min	۱۲۰۱	۲۱،۵۱۴	۸۱۵۶	۱۰	۱۸	۱۹	۱۴	۱۰
۷۶/۹۱	۵۷/۶min	۷۱۳۲۱	۱۴۶۵۱۳	۱۳/۳ min	۳۱۱	۲۹،۴۳۵	۱۲،۸۱۳	۱۴	۲۰	۲۴	۲۱	۱۱
۸۶/۴۶	۶/۲s	۷۱۳۲۱	۱۴۶۵۱۳	۵۰/۵ min	۴۸۲	۲۹،۴۳۵	۱۲،۸۱۳	۱۴	۲۰	۲۴	۲۱	۱۲
۸۰/۲۲	۷۱/۳min	۸۹۳۶۵	۱۹۸۵۴۱	۱۴/۱ min	۲۹۸	۴۱،۳۴۵	۱۵،۳۷۰	۱۳	۲۴	۲۷	۲۵	۱۳
۷۹/۵۸	۶/۷s	۸۹۳۶۵	۱۹۸۵۴۱	۸۲/۱ min	۱۳۴۲	۴۱،۳۴۵	۱۵،۳۷۰	۱۳	۲۴	۲۷	۲۵	۱۴
۸۰/۳۰	۷/۲ s	۹۰۱۳۱	۲۰۱۱۴	۸۵/۱ min	۹۹۸۷	۳۴،۷۶۸	۴۵۸،۱۲	۱۰	۲۲	۲۴	۱۸	۱۵

۷ نتیجه‌گیری

در این مقاله، پیکره‌بندی دوباره زنجیره‌تامین و مساله انتخاب تامین‌کننده توضیح داده شـده اسـت و بـرای رسـیدن شرکت به اهدافش مساله به صورت مدل دوگانه برنامه‌ریزی هدف تنظیم شده است. ایـن مـدل بـرای پیکـره‌بنـدی دوباره زنجیره‌تامین، تامین‌کنندگان کارخانه انجیر مورد استفاده قرار گرفته است. اهداف مدیریت افـزایش تقاضـا، تحویل به موقع و کاهش هزینه می‌باشد. نتایج مدل استراتژی جدیدی را پیشنهاد می‌دهد که باعث بهره‌گیری بهتـر از ظرفیت تامین‌کنندگان می‌شود و تا جای امکان مواد بیشتری را در اختیار معتبرترین تهیه‌کنندگان قـرار مـی‌دهـد که عمل تحویل به موقع انجام پذیرد. روش تجزیه بندرز مساله را به دو قسمت مساله اصلی و مسـاله فرعـی تقسـیم نموده، مساله اصلی به دنبال یافتن جواب بهینه برای متغیرهای دوگانه پیچیـده و مسـاله فرعـی بـدنبال جـواب بهینـه برای متغیرهای دوگانه غیرپیچیده می‌باشد. پس از حل مدل پیشنهادی تـامین‌کننـده اول، ششـم، نهـم و سـیزدهم از گروه T_2 که بهترین عملکرد را در تحویل به موقع مواد خام داشتند انتخاب‌شـده کـه مـواد را در اختیـار معتبرتـرین تامین‌کننده اول، ششم، دوازدهم و چهاردهم از گروه T_1 قرار دهند و در نتیجه آن هزینه‌ها کاهش یافت.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

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 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]

[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., Mı´nguez, R., Bertrand,R. (2006). Decomposition Techniques in Mathematical Programming. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 107–139.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-13]

[DOI: 10.61186/jamlu.20.2.97]