طراحی مدل ریاضی برای بهینه سازی فرآیند برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی در زنجیره تامین معکوس

عباس طلوعی اشلقی[۱]، رضا احتشام راثی*[۲]، جمشید ناظمی[۳]، محمود البرزی[۴]

[۱] استاد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
[۲] دانش آموخته دکترای مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران. (عهده‌دار مکاتبات)
[۳] دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
[۴] استادیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.
تاریخ دریافت: آبان۱۳۹۲، اصلاحیه: اسفند ۱۳۹۲، پذیرش: اردیبهشت۱۳۹۳

چکیده

در این پژوهش، برنامه‌ریزی تولید و کنترل میزان موجودی به عنوان عوامل موثر در فرآیند زنجیره تامین معکوس در جریان برگشت محصول از مصرف‌کنندگان به تولیدکنندگان ابتدایی در جریان بوده و از آنجاکه عامل مقدار اقلام قابل بازیافت و انهدامی محصولات برگشتی، پیوسته در شرایط عدم قطعیت و احتمالی قرار دارند، بنابراین می‌بایست مدلی طراحی شود که قادر به تامین سفارشات رسیده مشتریان با حداقل زمان تاخیر و با انعطاف‌پذیری بالا و حداقل هزینه‌های زنجیره تامین باشد.

پژوهش حاضر در صدد است با طراحی مدل ریاضی چند هدفه و بهینه‌سازی آن به گونه‌ای عمل نماید که هزینه موجودی و تولید، میزان ضایعات و مدت زمان فرآیند بر روی محصولات برگشتی حداقل گردد و در نهایت رضایت مشتریان و سودآوری سازمان را به حداکثر برساند. مساله برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی پژوهش به دلیل قرارگیری در گروه مسائل NP-Hard، با روش‌های گرادیان مبنا به راحتی قابل حل نبوده و از این رو الگوریتم ژنتیک برای حل مدل ریاضی آرمانی – فازی پژوهش استفاده شده است.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین معکوس، برنامه‌ریزی تولید، کنترل موجودی، برنامه‌ریزی آرمانی، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

مدیریت لجستیک معکوس و زنجیره‌های تامین حلقه بسته، یکی از جنبه‌های مهم و حیاتی هر کسب وکاری بوده و متضمن ساخت، پخش خدمات و پشتیبانی از هر نوع محصولی است. در عصر کنونی تجارت که چرخه عمر محصولات هر روز کوتاه‌تر و کوتاه‌تر می‌شود، سیاست‌های برگرداندن محصول با زمان‌های پاسخگویی سریع و خدمات مشتری تعریف شده و تاکید بیشتری بر مدیریت بازگشت، تغییر شکل و ذخیره دوباره کالاهای تمام شده وجود دارد. قوانین دولتی جدید و قوانین سبز که به بازگرداندن و از رده خارج کردن مواد زاید الکترونیکی و دیگر مواد خطرناک مربوط است نیز مدیران و سطوح بالای مسوؤل امور لجستیک فرآیندهای زنجیره تامین را وادار می‌سازد، نگاه نزدیکتری به فرایند لجستیک معکوس بیندازند. گرچه فعالیت‌های زیادی را می‌توان در قالب لجستیک معکوس در نظر گرفت؛ اما برخی از اهم فعالیت‌های لجستیک معکوس که عمدتاً به طور اختصاصی در این حوزه مطرح است، عبارت است از: تعمیر و تعویض، نوسازی محصول، ساخت مجدد، بازیافت، فروش مجدد و استفاده مجدد. لجستیک معکوس تنها به استفاده مجدد یا بازیافت محدود نمی‌شود؛ بلکه طراحی مجدد بسته‌بندی‌ها به منظور استفاده کمتر از مواد در آنها و یا کاهش انرژی و آلودگی ناشی از حمل محصولات را نیز می‌توان بخشی از لجستیک معکوس تحت عنوان " لجستیک سبز[1]" دانست. لازم به تاکید است که لجستیک معکوس به ماهیت هر صنعت بستگی دارد؛ اما آنچه که مسلم است، هزینه‌های مربوط به آن رقم قابل توجهی از هزینه‌های هر صنعت را به خود اختصاص می‌دهد. به طور کلی، لجستیک معکوس در صنایعی که ارزش محصولات بسیار بالا است و یا درصد مرجوعی‌ها رقم قابل توجهی را نشان می‌دهد از اهمیت بیشتری برخوردار است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در حدود ۵۰ درصد از محصولات در طول فرایند ساخت نیاز به دوباره‌کاری و اصلاح دارند که مجموع این بازگشت‌ها، هزینه‌های سنگینی برای موسسات تولیدی در پی خواهد داشت. با دانستن این موضوع که هزینه پردازش یک محصول مرجوعی ممکن است دوتا سه برابر هزینه حمل و نقل بیرونی آن باشد، بیشتر به اهمیت و ضرورت توجه به مقوله زنجیره تامین معکوس در صنایع پی برده می‌شود.

باتوجه به سازماندهی مجدد وسیع فرآیندها و ساختارهای‌کسب وکار،

* rezaehteshamrasi@gmail.com
1- Green Logistic

Archive of SID

www.SID.ir

مفهوم مدیریت زنجیره تامین‌کنندگان[۲] از اهمیت خاصی در سه دهه اخیر برخوردار گردیده است. مدیریت زنجیره تامین به عنوان یک رویکرد یکپارچه برای مدیریت مناسب جریان مواد و کالا، اطلاعات و جریان پولی و توانایی پاسخگویی سریع به شرایط محیطی است[۴] و تعیین تعداد تامین‌کنندگان و نیز یافتن روشی برای بهترین رابطه با تامین‌کنندگان، از مهمترین مطالب مطرح شده در زنجیره تامین در تحقیقات و مطالعات سالیان اخیر است. مدیریت زنجیره تامین‌کنندگان، یک رویکرد سیستمی فراگیر برای اداره جریان کامل اطلاعات، مواد و خدمات از تامین‌کنندگان مواد اولیه، کارخانه‌ها و انبارها به مشتریان و مصرف‌کنندگان است و مدیریت زنجیره تامین‌کنندگان را استفاده از انواع رویکردها برای‌انسجام و یکپارچگی مفید و موثر (تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارداران و مشتریان) به‌گونه‌ای‌که فرآورده ما را به: میزان مناسب، مکان مناسب، زمان مناسب، هزینه مناسب، خدمات مناسب و رضایت‌بخش تولید و توزیع شوند، بیان می‌نمایند.[۸] و عوامل کلیدی مدیریت زنجیره تامین‌کنندگان شامل اطلاعات، ارتباطات، همکاری، قابلیت اطمینان، برنامه‌ریزی تقاضا، برنامه‌ریزی عرضه، تولید، انبارداری، حمل و نقل و بهینه‌سازی شبکه زنجیره تامین می‌باشند.[۴] قابلیت‌های تامین‌کنندگان از دیدگاه تولیدکنندگان باتوجه به شرایط آنها تا حدودی می‌تواند متغیر باشد ولیکن از معیارهای زیر می‌توان در شرایط عمومی برای انتخاب تامین‌کنندگان استفاده کرد: کیفیت (درصد قابل قبول و در حد استاندارد تولیدات)؛ قیمت (با حفظ کیفیت، قیمت پایین‌تر برتر است)؛ پاسخ به سفارشات خاص (درصد پاسخگویی به سفارشات)؛ عملکرد حمل (درصد به موقع بودن حمل‌ها)؛ پاسخ به مشکلات (درصد پاسخگویی به مشکلات ایجاد شده بر سر راه سفارشات داده شده)؛ برنامه ذخیره‌سازی برای پاسخگویی به سفارشات احتمالی کارخانه؛ ثبات قیمت‌ها؛ نزدیکی(فاصله) به کارخانه و سهولت در سفارش اقلام مورد نیاز.

یکی از موانع محتمل در دستیابی به سیستم‌های متعالی مدیریت زنجیره تامین، توافقات زیادی است که در زنجیره تامین مورد نیاز است و می‌تواند هزینه تغییر شرکا را به عواملی بازدارنده تبدیل کند. بدین ترتیب زنجیره تامین به صورت ساختاری نسبتا ثابت در می‌آید که نمی‌تواند از فرصت‌های بازار به قدرکافی (با شیوه انعطاف‌پذیری) بهره‌برداری نماید. مدیریت زنجیره تامین می‌تواند برای شرکت مزیت رقابتی فراهم آورد و اشتیاق شرکت را برای همکاری و رقابت افزایش دهد. محمد وهوگ (۲۰۰۰) سه عامل اصلی وکلیدی در هزینه زنجیره تامین را هزینه‌های موجودی (نگهداری، کمبود و پس افت، خرید و سفارش)، راه اندازی و حمل و نقل بیان می‌نمایند.[۲۶] با مطالعه کتب و مقالات سایرین می‌توان هزینه‌های توزیع، عملیات، خرده فروشی، سطح خدمات و انبارداری را به هزینه‌های فوق اضافه نمود.

پژوهش حاضر در ۵ بخش شامل: بخش اول مقدمه، بخش دوم مبانی نظری و ادبیات پژوهش، بخش سوم معرفی مدل پژوهش، بخش چهارم پیاده‌سازی مدل پژوهش در شرکت صنعتی پلاستیک‌سازی البرز و بخش پنجم نتایج و پیشنهادهایی برای مطالعات آینده تنظیم شده است. روش پژوهش دارای دو رویکرد توصیفی- مدل‌سازی ریاضی است. از نظر جمع‌آوری اطلاعات جهت دستیابی به ادبیات و پیشینه تئوریک موضوع، پژوهش توصیفی است. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های مربوط به هزینه، آلودگی محیط زیست، میزان انباشته و موجودی از روش‌های مصاحبه و برای مدل‌سازی برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی شرکت مورد مطالعه از مطالعه‌ی میدانی استفاده گردید.

۲- مبانی نظری و ادبیات پژوهش

در شکل عمومی و سنتی، تولیدکنندگان کالاها و اقلام در قبال کالاهای خود پس از توزیع و مصرف توسط مصرف‌کنندگان، هیچ‌گونه احساس مسوؤلیتی نمی‌کنند و تعهدی را در قبال تولیدات توزیع شده و مصرف‌شده خود نمی‌پذیرند. اما امروزه حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه‌ای را در جهت تخریب محیط زیست به بار آورده و همگان اعم از مصرف‌کنندگان و مسوؤلان نگران وضعیت محیط زیست خود هستند و با دغدغه فراوان، روند رو به بهبودی را برای وضعیت محیط زیست دنبال می‌کنند. مدیریت لجستیک معکوس[۳] حوزه کوچک ولی مهمی از زنجیره تامین‌کنندگان امروزی است و این اجازه را به مدیریت شرکت‌ها می‌دهد که کالاها و مواد اولیه برگشتی را به عرضه‌کنندگان بازگردانند و برای حفظ تداوم و هماهنگ کردن فعالیت‌های تولید و توزیع و جلوگیری از توقف عملیات به سبب کمبود موجودی و نیز قابل استفاده نمودن اقلام و کالاهای برگشتی؛ خط‌مشی‌ها، نظام‌ها و روش‌هایی را اتخاذ نمایند تا مجموع هزینه‌های مرتبط با زنجیره تامین را کاهش دهند.[۳۴] از شروط بسیار مهم در بازیافت[۴] و مصرف مجدد[۵] کالاها و اقلام تولیدی در زنجیره تامین معکوس،"جداسازی اقلام قابل استفاده و اقلام غیر قابل استفاده" از یکدیگر است. اقلام قابل استفاده می‌توانند به عنوان یک جایگزین مناسب برای تامین قطعات سفارش داده شده مورد استفاده واقع شوند، چرا که بسیاری از عدم اطمینان‌ها و نارضایتی‌ها ناشی از رابطه مستقیم محصولات عودتی و برگشت داده شده با زمان، کیفیت و کمیت کالاها می‌باشد که با جایگزین کردن اقلام قابل استفاده کالاهای برگشتی، علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها، در ابعاد مختلف دیگر نیز می‌توان رضایت مصرف‌کننده را کسب نمود و این امر مستلزم پایه‌ریزی یک سیستم برنامه‌ریزی قوی در امر تولید است. در زنجیره تامین معکوس برای تفکیک بهتر اقلام برگشتی از حیث قابل استفاده بودن یا نبودن باید انباری را داخل انبار، برای "اقلام برگشتی قابل استفاده" و نیز انباری برای " اقلام برگشتی غیر قابل استفاده" فراهم نمود. سپس با توجه به نوع کالا و اقلام برگشتی و برحسب درجه‌بندی مراحل مختلف بهبود مستمردر زنجیره تامین معکوس جای داده شود تا در صورت امکان به زنجیره تامین بازگردد. پیاده‌سازی و مدیریت زنجیره تامین معکوس به یک شرکت مستقل با سرمایه گذاری بسیار زیاد نیاز دارد. بنابراین هر گام زنجیره تامین معکوس به مقدار قابل توجهی سرمایه، از جمع‌آوری ضایعات تا از بین بردن محصول نهایی احتیاج دارد.

2- SCM, Supply Chain Management

3-Reverse Logistic Management
4 - Recycle
5 - Reuse

Archive of SID

www.SID.ir

جدول (۱): تفاوت‌های لجستیک مستقیم و معکوس

تفاوت‌های لجستیک مستقیم و معکوس	
لجستیک معکوس	**لجستیک مستقیم**
پیش‌بینی سخت و دشوار است.	پیش‌بینی مرتبط با جریان مستقیم است.
یک نقطه توزیع	نقاط توزیع فراوان
کیفیت محصول یکنواخت نیست.	کیفیت محصول یکنواخت است.
بسته بندی محصول آسیب دیده است.	بسته بندی محصول یکنواخت است.
مسیر مقصد روشن و شفاف نیست.	مسیر مقصد روشن و شفاف است.
وضعیت روشن و شفاف نیست.	وضعیت روشن است.
قیمت گذاری به عوامل بسیاری وابسته است.	قیمت گذاری مرتبط و یکنواخت است.
سرعت اغلب به عنوان یک اولویت محسوب نمی‌گردد.	سرعت دارای اهمیت بسیار زیادی است.
هزینه های معکوس کمتر به صورت مستقیم قابل مشاهده است.	هزینه های توزیع مستقیم به آسانی قابل مشاهده است.
چرخه عمر محصول بسیار پیچیده است.	چرخه عمر محصول قابل مدیریت و ساده است.
مدیریت موجودی ثابت و پایدار نیست.	مدیریت موجودی ثابت و پایدار است.
مذاکرات به وسیله عوامل بسیاری پیچیده می‌گردند.	مذاکرات مابین جریان‌های مستقیم متعدد صورت می‌پذیرد.
بازاریابی بوسیله عوامل متعددی پیچیده می‌گردد.	روشهای بازاریابی به خوبی شناخته شده‌اند.
امکان مشاهده فرآیندها به آسانی نیست.	امکان مشاهده فرآیندها مشهود و سهل است.

از سوی دیگر اکثر شرکت‌ها، محصولات برگشتی تجاری برای انجام تعمیرات و بازیافت را یک اقدام غیرضروری می‌پندارند. از این رو زنجیره‌های تامین معکوس برای حداقل ساختن هزینه محصولات برگشتی طراحی گردیده‌اند. زنجیره تامین معکوس نه تنها جریان مواد اولیه از عرضه‌کننده و تولیدکننده به مشتری نهایی بلکه جریان مواد از محصولات استفاده شده توسط مشتری به تولیدکننده و عرضه‌کننده را به منظور کاهش آلودگی محیط زیست را نیز در برمی‌گیرند. زنجیره تامین مستقیم با زنجیره تامین معکوس در برخی مشخصه‌ها مانند پیش‌بینی تقاضا، نقاط توزیع، کیفیت محصول و بسته‌بندی تفاوت دارد. بنابراین لازم است زنجیره تامین معکوس بوسیله استراتژی‌های‌کسب وکار متفاوت از زنجیره تامین مستقیم عمل نماید.[۳۸] جدول (۱) تفاوت زنجیره تامین مستقیم و معکوس را نشان می‌دهد.

به منظور برنامه‌ریزی تاکتیکی تولید، بسیار مفید و مثمرثمر خواهد بود که بین زمانبندی و برنامه‌ریزی تمایز قائل شویم. در فعالیت برنامه‌ریزی، برنامه‌ریزی یکپارچه و تخصیص مقادیر تولید ناخالص به کارخانجات و یا خطوط تولیدی را داریم. همچنین تصمیمات ظرفیت یکنواخت مانند تخصیص کار به پیمانکاران دست دومی واجد شرایط یا خطوط تولیدی فعال را نیز بررسی می‌نمائیم.

اما شایان ذکر است که تصمیمات متوالی را در برنمی‌گیرند. چارچوب‌های زمانی نمونه برای این نوع از فعالیت باکت زمانی هفتگی،۶-۸ ماه به درازا می‌انجامد. به هر جهت برخی سازمان‌ها ماهیانه یا باکت‌های زمانی برنامه‌ریزی روزانه را استفاده می‌نمایند.[۱۴]

سیستم‌های برنامه‌ریزی وکنترل تولید لجستیک معکوس به علت داشتن خصوصیاتی مانند باز نمودن قطعات[۶]، پردازش مجدد[۷] و ساخت دوباره[۸] محصولات قابل احیا[۹] دارای پیچیدگی‌های منحصر به فردی هستند. علاوه بر این می‌توان برخی عدم قطعیت‌هایی را نیز در این گونه مدل‌ها در نظر گرفت که باعث پیچیدگی بیشتر می‌گردد.[۷]

به اعتقاد جاکوب و چیس (۲۰۰۸) شرکت‌ها تلاش می‌کنند به طور همزمان اثربخشی و کارآیی خود را با برقراری تعادل ما بین هزینه وکیفیت و نیز قیمت و خدمات مشتریان حداکثر نمایند و هدف نهایی آنها نیل به مزیت رقابتی و سودآوری بلندمدت در زنجیره تامین مستقیم و نیز در سیستم لجستیک معکوس است. بانومیونگ و همکاران(۲۰۰۸)کاربرد مفهوم ناب- چابک در فرآیند زنجیره تامین معکوس را مطالعه نمودند و ترکیبی از پارادایم‌های ناب و چابک و تاثیر آن در ارتباط با زمان و هزینه را با تمرکز بر فرآیند بازگشت محصول از مشتریان به خدمات مرکزی ارائه نمودند. به باور تایبن و راجرز(۱۹۹۹) ضایعات خطرناک و غیرخطرناک شامل محصولات مصرف‌شده و خسارت‌دیده، تاریخ مصرف گذشته، موجودی فصلی یا اضافی، مواد بسته‌بندی، ضایعات تولید و پسماندهای دیگر است و آنها مدل زنجیره تامین معکوس متمرکز را به منظور حداقل ساختن هزینه‌های حمل و نقل و فرآیند از طریق صرفه‌جویی اقتصادی معرفی نمودند.[۳۵] بلک برن و همکاران(۲۰۰۴) مدل زنجیره تامین معکوس

6-Disassemble
7-Reprocess
8-Remanufacture
9- Recoverable

Archive of SID

www.SID.ir

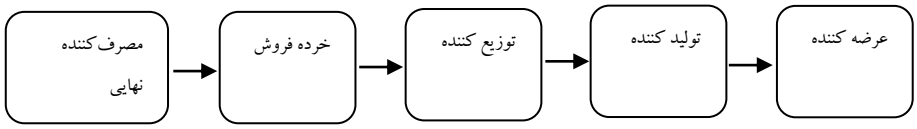
غیرمتمرکز با هدف کاهش زمان تاخیر در جریان‌های برگشتی و زنجیره تامین پاسخگو در مقابل تغییرات را مطالعه نمودند و تاثیر زمان و هزینه را بر روی فرآیندهای توزیع، حمل و نقل، کنترل موجودی و برنامه‌ریزی تولید با تمرکز بر فرآیند محصولات مرجوعی از مشتری نهایی به عرضه کننده و بالعکس را ارائه کردند. پراهینسکی وکوچاباسگلو(۲۰۰۶) بر روی فعالیت‌های حمل و نقل، انبارداری و مدیریت موجودی تمرکز نمودند در حالی‌که مطالعات پیشین هماهنگی و همکاری با کانال شرکای اضافی را مورد مطالعه قرار دادند. مساله اندازه انباشته ظرفیت تک محصولی،[10] یک مساله NP-Hard محسوب می‌گردد. چن و تری نشان دادند که مساله اندازه انباشته ظرفیت چند محصولی نیز جزو مسائل NP-Hard است. ماتس و همکاران نیز نشان دادند که یافتن جواب موجه برای مساله اندازه انباشته ظرفیت تک محصولی با زمان‌های راه اندازی NP-hard است. با توجه به نتایج این تحقیقات توسعه روش حل بهینه موثر برای این مساله غیرمحتمل به نظر می‌رسد. شاید به همین دلیل باشد که پژوهش بر روی توسعه روش‌های حل ابتکاری این مساله، توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب نموده و مطالعات جالب توجهی در این حوزه صورت پذیرفته است. نظر به اینکه مساله اندازه انباشته ظرفیت تک‌محصولی مساله‌ای NP-hard است، بنابراین بیشتر روش‌های ارائه شده برای حل آن نیز از نوع ابتکاری می‌باشند. استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی مانند الگوریتم ژنتیک در انتخاب ویژگی‌ها و بهینه‌سازی فرآیندها در زنجیره تامین معکوس می‌تواند مفید واقع شود. الگوریتم انتخاب ویژگی ممکن است در بهینه محلی (موضعی) گیر کنند و از طرف دیگر تعامل بین ویژگی‌ها را در نظر نمی‌گیرند و فرض می‌کنند روابط بین ویژگی‌ها خطی و مستقل از هم می‌باشند. همچنین این الگوریتم تنها برخی از معیارها را برای انتخاب ویژگی استفاده می‌کند. الگوریتم‌های ژنتیک در یک زمان با مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها کار می‌کنند ولی الگوریتم‌های حریصانه نیستند. الگوریتم‌های استنتاج، حریصانه راه حل جزیی را در هر مرحله بررسی می‌کنند. الگوریتم ژنتیک به علت اینکه به صورت هدفمند از احتمالات استفاده می‌کنند، در بهینه محلی کمتر اتفاق می‌افتند. نقاط ضعف الگوریتم ژنتیک در سرعت کم آن و اینکه عملگرهای آن به صورت سنتی عمل کرده و سعی نمی‌کنند تا در نتایج الگوریتم بهبودی حاصل شود و اصطلاحاً کور[11] هستند.[۱۸] یکی از محدویت‌های الگوریتم ژنتیک، در کد کردن مساله است و محدودیت دیگر، عدم ارائه نقطه بهینه در حل مسائل می‌باشد. الگوریتم ژنتیک می‌تواند به جستجوی چندین نقطه در فضای راه حل بپردازد، بدون اینکه نیاز به جستجوی جامع و کلی باشد. الگوریتم ژنتیک چندین نقطه را در نظر می‌گیرد و در بهینه‌سازی محلی گیر نمی‌کند.[۳۰] برخی مزیت‌های استفاده از الگوریتم ژنتیک در این پژوهش شامل موارد زیر است:

۱-انعطاف‌پذیری در نمایش تابع طبقه‌بندی ۲- می‌توان تابع برازندگی متنوعی در طبقه بندی به وجود آورد.[۱۱] بسیاری از مسائل دنیای واقعی نیازمند بهینه‌سازی چندین تابع هدف به صورت همزمان است، در اکثر موارد این توابع در رقابت با یکدیگر و یا به صورت معکوس و ناسازگار می‌باشند. بهینه‌سازی مسائل با تابع‌های هدف چندگانه ناسازگار با یکدیگر مانند هزینه و کیفیت، جواب بهینه منحصر به فردی ندارند، بلکه دسته‌ای از جواب‌های بهینه را تعیین می‌کنند. در واقع این دسته جواب‌های بهینه دیگر جواب‌ها را تحت پوشش قرار می‌دهند، برای مدل کردن و حل مساله به تخمین پارامترهای مساله نیاز است. برآورد مقدار پارامترها درعمل با مشکلاتی همراه است، چرا که عوامل غیر قابل اندازه‌گیری نظیر هزینه‌های کمبود موجودی و پس‌افت (هزینه تسریع برای جبران دیرکرد در برآوردن تقاضای مشتری، نارضایتی‌مشتری، زیان ناشی از لغو درخواست مشتری، هزینه‌های نامرئی مانند از دست رفتن اعتبار و توقف خط تولید) برنامه‌ریزی تقاضا، اطلاعات، پاسخ به مشکلات، انعطاف‌پذیری و ... بر فرآیندهای زنجیره تامین معکوس تاثیرگذار است. تعیین مقدار عوامل غیر قابل اندازه‌گیری توسط افراد متخصص صورت می‌گیرد و از آنجا که افراد متخصص بیشتر تمایل دارند که نظرات خود را به صورت نسبی و یا گزاره‌های بیانی مطرح کنند تا اینکه در مورد آنها به صورت قطعی اظهار نظر نمایند، این موضوع سبب می‌شود که بکارگیری تئوری مجموعه‌های فازی در مدل کردن تابع تغییر فرآیندها در زنجیره تامین بر افزایش کاربرد آن در دنیای واقعی بیفزاید. در این راستا یک تابع که نرخ افزایشی آن بصورت فازی است برای مساله در نظر گرفته می‌شود. تابع برازش الگوریتم ژنتیک هر راه‌حل داوطلب و کروموزوم را ارزیابی نموده تا مشخص کند چگونه با توجه به اهداف مطلوب (افزایش رضایت‌مندی و خشنودی مشتریان و کاهش هزینه‌ها) ایفای نقش‌کند. اطلاعات مورد استفاده نیز مشخص می‌نمایند که کدام راه حل را قبول یا رد کنند. این تابع برازش است که نهایتا برازندگی و سازگاری جواب‌ها را با توجه به میزان تابع هدف قضاوت می‌نماید[۳] استراتژی تکامل نیز یک الگوریتم ژنتیک را تعریف می‌کند که چگونه راه‌حل‌های جدید را از راه‌حل‌های قبلی گرفته و شامل تقاطع، جهش، تعمیر، انتخاب و عملگرهای خاتمه‌گر می‌باشد. به طورکلی موارد مزبور هسته و مرکز الگوریتم ژنتیک بوده و تعاریفشان بطور وسیعی بر روی زمان محاسبات کامپیوتر وکیفیت راه‌حل تاثیردارند. بنابراین حل این مساله و رسیدن به جواب نزدیک به بهینه مستلزم صرف زمان بسیار زیادی است و چه بسا در بسیاری از موارد غیرممکن باشد.[۳۰] لذا با توجه به NP-Hard گردیدن مساله باید از الگوریتم‌های فراابتکاری مانند الگوریتم مورچگان، ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید جهت حل اینگونه مسائل استفاده کرد. در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک با رویکرد آرمانی- فازی[12] برای حل مساله استفاده خواهد شد که انتظار می‌رود بهبود موثری در تولید جواب قابل قبول برای حل مساله ایجاد نماید.

10-Capacitated Lot Sizing Problem(CLSP)
11 -Blind
12 -Fuzzy Goal Programming

Archive of SID

www.SID.ir



شکل (۱) : جریان محصول در یک سیستم زنجیره تامین معکوس[۲۴]

۳- ارائه مدل ریاضی پژوهش:

اکثر پژوهش‌های انجام شده در حوزه زنجیره تامین، برای انتخاب تامین‌کنندگان در جریان مستقیم در شرایط تک محصولی و یا چند محصولی طراحی شده‌اند و مطالعات بسیار اندکی در سالیان اخیر به دلیل پیچیدگی مدل و محاسبات ریاضی در حوزه زنجیره تامین معکوس با توجه به نیاز روز افزون و سرمایه‌گذاری زیاد، در این قبیل پژوهش‌ها صورت‌گرفته است. مساله اصلی در این پژوهش عبارت است از:

" اندازه انباشته در فرآیند برنامه‌ریزی تولید و کنترل موجودی به گونه‌ای طراحی شود که سیستم قادر به تامین قطعات سفارش داده شده با حداقل زمان تأخیر[۱۳] و انعطاف‌پذیری[۱۴] بالا به سفارشات رسیده با حداقل هزینه‌ی زنجیره تامین معکوس(مدیریت هزینه) در کمترین میزان آلودگی محیط زیست و ضایعات و زمان باشد."بدیهی است پژوهش حاضر به دنبال بهینه‌سازی (نزدیک به بهینه) فرآیند توزیع، با اهداف متفاوت از یکدیگر در زنجیره تامین معکوس در حوزه‌های مختلف برای افزایش سودآوری، کاهش هزینه‌های تولید و در نهایت افزایش رضایت مشتریان و بهره‌وری سیستم است.

مفروضات مدل ریاضی پژوهش عبارت است از:

۱- محرک اصلی در برنامه‌ریزی تولید (احیا)، همان قطعات قابل استفاده می‌باشند.

۲- در مدل پژوهش، موجودی به دو دسته اقلام قابل بازیافت و مواد اولیه جدید خریداری شده تقسیم می‌گردد.

۳-اقلام قابل بازیافت خود به دو دسته اقلام بازپردازشی و اقلام قابل استفاده مجدد بدون هیچ‌گونه تعمیری تقسیم می‌گردد.

۴- موجودی، از جمله مباحثی است که به قطعیت نمی‌توان مدلی برای آن طراحی نمود و نیاز به طراحی مدل در حالت عدم قطعیت (فازی) است. (متغیرهای کمی و کیفی همزمان در نظر گرفته شده است)

۵- در این مدل کمبود موجودی مجاز نمی‌باشد.

۶- اقلام بازیافت شده به خوبی اقلام جدید ساخته شده می‌باشند.

پژوهش حاضر دو وظیفه تولید و احیا (بازیافت)را همزمان مورد بررسی قرار می‌دهد، لذا برنامه‌ریزی مرتبط با این امر بسیار پیچیده و دشوار خواهد شد و در واقع جزو چالش برانگیزترین مسائل سازمان در خواهد آمد که بدین منظور و برای کاهش پیچیدگی و دغدغه‌ها باید الزاما از یکپارچه‌سازی کمک گرفت. باتوجه به میزان پیچیدگی و دشواری مساله حل آن به وسیله الگوریتم‌های ساده مقدور نبوده و جزو مسائل NP-Hard بشمار می‌آید که الگوریتم‌های دقیق به سادگی قابل حل نمی‌باشد.

۳-۱- *ارائه مدل ریاضی پژوهش*

در برنامه‌ریزی آرمانی- فازی پژوهش، محدودیت‌ها از نوع کوچکتر مساوی فازی-آرمانی هستند، پس تابع عضویت مربوط به هدف فازی cام از نوع $A_c(x) \lesssim b_c$ به شکل ذیل تعریف می‌گردد:

$$\mu_{A_c}(x)=\begin{cases}1 & A_c(x) \le b_c \\ \dfrac{(b_c+t_c^u)-A_c(x)}{t_c^u} & b_c \prec A_c(x) \le b_c+t_c^u \\ 0 & A_c(x) \ge b_c+t_c^u\end{cases}$$

در جایی که t_c^u حد بالای تولرانس است و $\mu_{Ac}(x) \in [0,1], \forall c$ نشان دهنده درجه عضویت حداقل صفر و حداکثر یک به ترتیب برای نیل به هدف می‌باشند. درجه عضویت به ارزش تولرانس مشخص شده در زمینه تصمیم‌گیری بستگی دارد. در مدل آرمانی فازی پژوهش، هدف اول به دنبال حداقل‌سازی هزینه، آلودگی محیط‌زیست، ضایعات و زمان پردازش محصولات برگشتی است و جملگی اهداف پژوهش از نوع آرمانی- فازی می‌باشند. اگر اهداف فوق به طورکامل برآورده شوند، دیگر به تولرانس‌ها نیازی نخواهند داشت و درجه عضویت اهداف باید یک(واحد) شود. زمانی که این اهداف به صورت کامل یا بخشی از آنها برآورده نگردد، اهداف به تولرانس‌ها نیاز خواهند داشت. کیم و وانگ[۱۵] (۱۹۹۸) از مفهوم تولرانس برای تبدیل یک مدل آرمانی- فازی به مساله برنامه‌ریزی خطی تک هدفه استفاده نمودند. در محیط تصمیم‌گیری فازی، دستیابی هدف فازی به سطح آرمانش به معنی دستیابی تابع عضویت مرتبط با آن به بیشترین مقدار (یک) می‌باشد. توابع عضویت به وسیله تعیین‌کردن بالاترین مقدار(یک) به عنوان سطح مطلوب و معرفی متغیرهای انحرافی بالا و پایین برای هر کدام از آنها به اهداف عضویت تغییر پیدا می‌کنند، سپس در تابع هدف تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی- فازی، متغیرهای انحرافی منفی بر اساس اهمیت دستیابی به مقادیر حداقل می‌شوند. دلایل استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی- فازی در این پژوهش عبارتند از:

۱- وجود اهداف غیرقابل جمع در زنجیره تامین

۲- تغییر اهداف با گذشت زمان و امکان لحاظ آن در مدل

13 - Lead Time
14 - Flexibility

15 - Kim and Whang(1998)

Archive of SID

www.SID.ir

۳- عدم دسترسی به اهداف و محدودیت‌ها و امکان لحاظ سطوح آرمانی آنها در مدل

۴- امکان اولویت‌گذاری اهداف و آرمان‌ها در مدل

اگر u_i^+, u_i^- به ترتیب حدود تولرانس‌های بالا و پایین باشند و λ_i درجه عضویت هدف هزینه کل باشد. می‌توان به شکل زیر نشان داد: β_i^+ , β_i^- و مقادیر مساوی آن به شکل زیر است:

$$\beta_i^+ = 1 - \lambda_i$$
$$\beta_i^- = 1 - \lambda_i$$

اهداف فازی مساله به شکل محدودیت خطی، به ترتیب خاص خود تبدیل می‌شوند. در این فرمول‌سازی، متغیرهای تولرانس به حداقل مقدار ممکن خود می‌رسند، تولرانس‌ها نیاز دارند نزدیک به یک برای هر هدف فازی گردند. این موضوع سبب می‌شود که درجه عضویت آن‌ها بزرگتر گردد. اگر متغیرهای تولرانس صفر گردد، دیگر نیازی به تخصیص تولرانس‌ها به اهداف فازی وجود نخواهد داشت.

پارامترها و متغیرهای تصمیم مورد استفاده در این مدل به شرح جداول ۲و۳و۴ است:

جدول (۲): اندیس‌های استفاده شده در مدل

نماد	تعریف
j	مجموعه نقاط مراکز توزیع و جمع آوری
e	مجموعه نقاط تولیدواحیا(بازیافت)
d	مجموعه نقاط انهدام
p	مجموعه محصول پلاستیک
t	مجموعه زمان
s	مجموعه ماشین آلات

جدول (۳): پارامترهای استفاده شده در مدل

نماد	تعریف
Ca_p	میزان ظرفیت محصول pام تولیدکننده
De_i	مقدار تقاضای مشتری iام
Ce_p	هزینه تولید و احیای یک واحد محصول pام
Cp_p	هزینه ساخت هر واحد محصول pام جدید
Sc_{pj}	درصد اقلام معیوب مرکز جمع آوری jام برای محصولpام
$MaxSc_p$	حداکثر درصد اقلام معیوب قابل قبول از محصول pام
Dt_{pd}	مدت زمان لازم برای انهدام محصول pام در مرکز انهدام dام
Pt_{pe}	مدت زمان لازم برای بازیافت محصولpام در مرکز احیای eام
Dn_p	مدت زمان لازم برای ساخت محصول pام
Cv_{pe}	هزینه تولید متغیر هر واحد محصول pام در مرکز احیای eام
Ch_p	هزینه نگهداری هر واحد محصول pام
Ce_s	هزینه راه اندازی هر ماشین sام
Pc_{pt}	حداکثرظرفیت بازیافت محصول pام در زمان tام
Pm_{pt}	حداکثر ظرفیت تولیدی محصولp ام در زمانtام

Archive of SID

www.SID.ir

$In_{e,t-1}$	مقدار موجودی دوره قبل
$In_{e,t}$	مقدار موجودی فعلی
Pr_{pt}	نرخ تولید محصول pام (بازیافت و ساخت محصول جدید)در زمان tام
Fr_p	قیمت هر واحد محصول pام
Co_p	هزینه سفارش هر واحد محصول pام
Q_p	مقدار کیفیت محصول pام
Qa	مقدار کیفیت قابل قبول
Bu	بودجه ازپیش‌تعیین‌شده

جدول (٤): متغیرهای تصمیم استفاده شده در مدل

نماد	تعریف
z_{jet}	مقدار محصولی که از مرکز جمع‌آوری jام به مرکز تولید و احیای eام در زمان tام ارسال می‌گردد.
g_{jdt}	مقدار محصولی که از مرکز جمع‌آوری jام به مرکز انهدام dام در زمان tام ارسال می‌گردد.
y_p	کل محصول pام تولید شده(مجموع بازیافت و ساخته شده جدید)
z_{pe}	ارمحصول pام که در مرکز eام احیا و بازیافت می‌شود.(مجموع محصول قابل استفاده یاغیرقابل استفاده)
g_{pd}	مقدار محصولp ام که درمرکز dام انهدام می‌شوند.
f_p	مقدار محصول pام جدید ساخته شده
h_p	مقدار محصول pام که نگهداری و انبار می‌شوند.
m	تعداد ماشین آلات
y_{it}	کل محصول بازیافتی و ساخته شده برای مرکز مشتری iام در زمان tام
θ_p	اگرمیزان‌سفارش‌از مراکز جمع‌آوری و مواد خام(اولیه) صفر باشند در این‌صورت، صفرخواهد بود و در غیر این صورت مقدار آن یک است.(θ_p متغیر صفر و یک خواهد بود)
z_p	مقدار محصول قابل بازیافت

محدودیت عمده مدل‌سازی فازی مساله، در مقایسه با مدل سازی قطعی، آن است که تصمیم‌گیرنده مجبور نیست در حالت‌های فازی مدل‌سازی کلیشه‌ای از مساله داشته باشد. علاوه بر آن در برخی شرایط، ممکن است تنها حالت امکان پذیر مدل‌سازی فازی برای مساله باشد. مدل‌کمینه‌سازی متغیرهای موزون با انحراف از مقادیر آرمانی است. در این روش وزن هر یک از آرمان‌ها بیانگر اهمیت نسبی تحقق سطح آرمانی، آرمان مربوطه می‌باشد. چهار محدودیت اول مدل محدودیت‌های آرمانی مدل(هزینه، آلودگی محیط زیست، زمان‌پردازش، ضایعات) هستند. محدودیت‌های پنجم و ششم میزان ظرفیت تولید برای احیا و بازیافت محصولات را نشان می‌دهد که از ظرفیت مجاز بازیافتی نباید تجاوز نماید. محدودیت هفتم و هشتم، محدودیت زمان پردازش بازیافت و تولید محصولات است.

محدودیت نهم بیان کننده آن است که با توجه به محدودیت میزان تقاضا در بازار مصرف تولید نمائیم. محدودیت دهم نیز بیان کننده تعادل جریان محصولات ورودی و خروجی در بازیافت و تولید محصولات جدید است. محدودیت یازدهم، بیان کننده حداکثر ضایعات مجاز با توجه به تولید و بازیافت محصولات برگشتی است. محدودیت سیزدهم نیز نشان دهنده آن است که با توجه به میزان بودجه شرکت و تقاضا برای محصولات باید تولید نماید.

Archive of SID

www.SID.ir

شکل نهایی مدل برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی- فازی ارائه شده در این پژوهش، به شرح ذیل است:

$$MinA: w_1^1\beta_1^+ + w_1^2\beta_1^- + w_2^1\beta_2^+ + w_2^2\beta_2^- + w_3^1\beta_3^+ + w_3^2\beta_3^- + w_4^1\beta_4^+ + w_4^2\beta_4^-$$

$$Subto:$$

$$\sum_p\sum_e (Cv_{pe}z_{pe} + Cp_{pe}f_{pe}) + \sum_p\sum_d Cf_{pd}g_{pd} + \sum_s Ce_s m_s + \sqrt{2De_p h[\sum_p Co_p\theta_p][\sum_p (y_P)^2 Fr_p]} \quad (۱)$$

$$+ \sum_p Fr_p(y_p)De_p - \beta_1^+u_1^+ + \beta_1^-u_1^- \le TC \quad (۲)$$

$$\sum_p\sum_j\sum_d Po_{pd}g_{ijdp} - \beta_4^+u_4^+ + \beta_4^-u_4^- \le TP \quad (۳)$$

$$\sum_p\sum_j SC_{pj}.y_{pj} - \beta_5^+u_5^+ + \beta_5^-u_5^- \le TW \quad (۴)$$

$$\sum_p\sum_e\sum_d (Dt_{pe}g_{pe} + Pt_{pd}z_{pd}) + \sum_p\sum_e Dn_{ep}f_{pe} - \beta_6^+u_6^+ + \beta_6^-u_6^- \le TT \quad (۵)$$

$$\sum_p\sum_t Pc_{pt}z_{pt} - Ca_t \le 0 \quad (۶)$$

$$\sum_p\sum_t Pm_{pt}f_{pt} - Ca_t \le 0$$

$$\sum_p Pt_p z_p - \sum_p Tn_p f_p \le 0$$

$$\sum_p Pt_p z_p - \sum_p Dt_p g_p \ge 0 \quad (۸)$$

$$\sum_p\sum_t pr_{pt}y_{pt} - \sum_i De_{it} \ge 0 \quad (۹)$$

$$\sum_p\sum_t y_{pt} - \sum_p\sum_t (f_{pt} + z_{pt}) = 0 \quad (۱۰)$$

$$\sum_j\sum_p Sc_{jip}y_{jp} - MaxSc_p De_p \le 0 \quad (۱۱)$$

$$\sum_p y_p\theta_p Q_p - Qa_p \ge 0 \quad (۱۲)$$

$$\sum_p (f_p + z_p)Fr_p - \frac{Bu}{De_p} \le 0 \quad (۱۳)$$

$$\beta_1^+, \beta_2^+, \beta_3^+ z_{22}, z_{11}, g_{22}, g_{11}, f_1, f_2, \quad (۱۴)$$

$$z_1, z_2, y_1, y_2 \ge 0$$

$$m \ge 0, integer \quad (۱۵)$$

$$\theta_p = \{0,1\} \quad (۱۶)$$

۳-۲- الگوریتم حل مدل ریاضی پژوهش

در دنیای واقعی، مسائل خیلی پیچیده‌ای وجود دارد که با روش‌های معمول بهینه‌سازی قابل حل نیستند. عیب الگوریتم‌های قدیمی در سرعت میزان همگرایی و مهمتر از آن پیدا نکردن اکسترمم سراسری است.از این‌رو الگوریتم‌های کارا و پرقدرتی مانند روش‌های بهینه‌سازی طبیعی، پا به عرصه ظهور گذاشتند. بیشتر مسائل بهینه‌سازی که تصمیم‌گیرنده در دنیای واقعی با آنها سروکار دارد، بیش از یک هدف را در بر می‌گیرند؛ به طوری‌که پاسخ بهینه مساله هنگامی حاصل می‌گردد که کلیه اهداف به یک مرز خاص از بهینگی رسیده باشند، لذا این‌گونه مسائل را مسائل بهینه‌سازی چند هدفه می‌نامیم. داده‌های الگوریتم ژنتیک برای حل مدل آرمانی- فازی پژوهش عبارتند از:

* عملگر جهش: جهش، یک فرآیند تصادفی است که در آن محتوای یک ژن با ژن دیگر برای تولید یک ساختار ژنتیک جدید جایگزین می‌گردد. عملگر جهش پیشنهاد شده در این پژوهش، عملگر گوسین[16] است که با تغییر نسبت‌های مختلف آن، نسبت مورد نظر انتخاب شده است. عملگر جهش گوسین یک عدد تصادفی از تابع توزیع گوسین با میانگین صفر به هر ورودی بردار والد اضافه می‌نماید. واریانس این توزیع به وسیله پارامترهای مقیاس و جمع‌شوندگی[17] تنظیم می‌گردد که در این پژوهش با تغییرات متوالی این متغیرها انتخاب شده است.

* کروموزوم: اساس الگوریتم ژنتیک تبدیل هر مجموعه جواب به یک کدینگ است و این کدینگ (رمزگذاری) را اصطلاحاً کروموزوم گویند. در واقع شکل رمز شده جواب محتمل مساله است.در این مساله هر کروموزوم یک جواب مساله است که ممکن است موجه و یا غیر موجه باشد.

* تابع برازندگی: تابعی است که مقدار متغیر مساله در آن قرار داده شده، بدین طریق، مطلوبیت هر جواب مشخص می‌گردد. در مسائل بهینه‌سازی تابع هدف به عنوان تابع برازندگی بکار می‌رود. مناسب بودن یا نبودن جواب با مقداری که از تابع برازندگی بدست می‌آید، سنجیده می‌شود. چون مساله از نوع بهینه‌سازی می‌باشد، تابع برازش با تابع هدف مساله یکسان است. بنابراین تابع هدف پژوهش از نوع آرمانی- فازی است. جهت اعمال محدودیت‌های مدل نیز روش‌های مختلفی وجود دارد. استراتژی در نظر گرفته شده در این پژوهش جهت برخورد با محدودیت‌ها از نوع استراتژی جریمه‌ای است، در این روش برخلاف سایر روش‌ها که از ورود جواب‌های غیرموجه جلوگیری می‌کنند، جواب غیرموجه با احتمال حضور می‌یابند. استراتژی جریمه‌ای از متداول‌ترین تکنیک‌های مورد استفاده برای سر و کار داشتن با جواب‌های غیرموجه می‌باشد که در آن ابتدا محدودیت‌های مساله در نظر گرفته نمی‌شوند، پس برای هر تخلف از محدودیت‌ها یک جریمه اختصاص داده می‌شود که این جریمه در تابع هدف قرار می‌گیرد.

٤- پیاده سازی مدل پژوهش در شرکت صنعتی پلیمرالبرز

با توجه به مدل ارائه شده در پژوهش، در گام نخست اوزان هر یک از اهداف با استفاده از مقایسه زوجی محاسبه گردید، در گام دوم برای حل مدل پژوهش با استفاده از الگوریتم ژنتیک از نرم افزار مطلب استفاده گردید. هر یک از گام های اجرای مدل به شرح ذیل عبارتند از:

۴-۱- محاسبه اوزان اهداف در پژوهش

برای تصمیم‌گیری در سطوح مختلف اهمیت اهداف یا ساختار اولویت مابین اهداف این امکان وجود دارد و باید با موارد واقعی جهان هستی مواجه گردیم. با توجه به اینکه در این پژوهش اوزان مختلف مورد

16- Gaussian
17- Shrink

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده قرار گرفت، بنابراین روش مورد استفاده برای محاسبه اوزان به شرح ذیل عبارت است از:
استفاده از اوزان مختلف برای ارائه سطوح مختلف اهمیت.
به طورکلی این اوزان به وسیله تکنیک‌های تصمیم‌گیری مانند روش دلفی و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و... بکار برده می‌شود. تقریباً هیچ راه مطمئنی برای محاسبه امتیازهای نسبی یا وزن‌های نسبی وجود ندارد. امتیازهای نسبی اهمیت هر عامل را می‌توان با نرمال کردن هر ستون در ماتریس مقایسه‌های زوجی به دست آورد. قابل توجه است که جمع مقادیر ستون‌ها در یک ماتریس نرمالیز معادل یک می‌باشد. جداول (۵و۶) ماتریس مقایسه زوجی چهار هدف را نشان می‌دهد و بردار ارجحیت آن به شرح زیر است:

(۰,۰۴۶و۰,۰۸۲و۰,۴۵۶و۰,۴۱۶)

جدول (۵): ماتریس مقایسه زوجی ٤ هدف

اهداف	هزینه	آلودگی محیط زیست	ضایعات	زمان پردازش
هزینه	۱	۱	۷	۷
آلودگی محیط زیست	۱	۱	۸	۹
ضایعات	۰,۱٤۳	۰,۱۲٥	۱	۳
زمان پردازش	۰,۱٤۳	۰,۱۱۱	۰,۳۳۳	۱
جمع	۲,۲۸٦	۲,۲۳٦	۱٦,۳۳۳	۲۰

جدول (٦): نتایج حاصل از اوزان مقایسه های زوجی

اهداف	هزینه	آلودگی محیط زیست	ضایعات	زمان پردازش	متوسط سطر
هزینه	۰,۰٤۳۸	۰,٤٤۷	۰,٤۲۹	۰,۳٥۰	۰,٤۱٦
آلودگی محیط زیست	۰,٤۳۸	۰,٤٤۷	۰,٤۹۰	۰,٤٥۰	۰,٤٥٦
ضایعات	۰,۰٦۳	۰,۰٥٦	۰,۰٦۱	۰,۱٥۰	۰,۰۸۲
زمان پردازش	۰,۰٦۳	۰,۰٥۰	۰,۰۲۰	۰,۰٥۰	۰,۰٤٦
جمع کل	۱	۱	۱	۱	۱

نتایج حاصل بدست آمده از بردار ارجحیت نشان دهنده آن است که به ترتیب هزینه، آلودگی محیط زیست، ضایعات و زمان پردازش از اوزان بالاتری نسبت به سایرین برخوردارند. نتایج حاصل از اوزان بدست آمده، نشان دهنده آن است که محدودیت $w_1+w_2+w_3+w_4=1$ برقرار است:

۱=۰,۰۴۶+۰,۰۸۲+۰,۴۱۶+۰,۴۵۶

شایان ذکر است که نرخ ناسازگاری با توجه به اینکه کمتراز ۰,۱۰ است، پس مابین مقایسات زوجی، سازگاری قابل قبولی وجود دارد.

۴-۲- مدل برنامه‌ریزی آرمانی- فازی

برای پیاده‌سازی مدل پژوهش، شرکت صنعتی پلیمر البرز با دو مرکز احیا و بازسازی (تهران و قزوین) و دو مرکز انهدام (تهران و قزوین) در حال حاضر مشغول فعالیت است. شایان ذکر است که این پژوهش در یک محصول پلاستیک صورت پذیرفته است. (اعداد داده شده در بخش هزینه‌ها ۱۰۰۰ واحد کاهش یافته است)

Archive of SID

www.SID.ir

$$MinA = 0.416\beta_1^+ + 0.456\beta_2^+ + .0.082\beta_3^+ + 0.046\beta_4^+$$

$subto:$

$$10z_{22} + 14z_{11} + 11.2g_{22} + 14g_{11} + 29.8z_1 + 29.2z_2$$

$$+ 35.6f_1 + 32.5f_2 + 27.50m_1 + \sqrt{2(170h)(17.5\theta_1)(142y_1^2)} \quad (۱)$$

$$+ 142(170)y_1 - 550.000\beta_1^+ \le 2000.0000 \quad (۲)$$

$$250g_{11} + 220g_{22} - 2500\beta_2^+ \le 12000 \quad (۳)$$

$$0.12y_1 - 0.05\beta_3^+ \le 0.05 \quad (۴)$$

$$12g_1 + 14g_2 + 35z_1 + 38z_2 + 55f_1 - 50\beta_4^+ \le 22 \quad (۵)$$

$$7560(z_1 + z_2) - 25000 \le 0$$

$$17440(f_1 + f_2) - 25000 \le 0 \quad (۶)$$

$$35z_1 - 55f_1 \le 0 \quad (۷)$$

$$35z_1 - 12g_1 \ge 0 \quad (۸)$$

$$25000y_1 - 27000 \ge 0 \quad (۹)$$

$$0.12(y_1 + y_2) - 0.02(27000) \le 0 \quad (۱۰)$$

$$0.95y_1 - 0.80 \ge 0 \quad (۱۱)$$

$$(f_1 + z_1)42000 - \frac{600.000.000}{27000} \le 0 \quad (۱۲)$$

$$27000f_1 - 25000 \le 0 \quad (۱۳)$$

$$27000z_1 - 25000 \le 0 \quad (۱۴)$$

$$(z_1 + f_1) - 25000 \le 0 \quad (۱۵)$$

$$m \ge 0, Integr \quad (۱۶)$$

$$\beta_1^+, \beta_2^+, \beta_3^+, \beta_4^+, \beta_5^+, \beta_6^+, z_{22}, z_{11}, g_{22}, g_{11}, f_1, f_2, z_1, z_2, y_1, y_2 \ge 0$$

$$\theta_p = \{0,1\}$$

در این پژوهش برای دستیابی به پاسخ بهتر نیاز به تنظیم پارامترهایی مانند اندازه جمعیت، تعداد نسل، نرخ برش، نرخ جهش و نرخ تقاطع است. با توجه به نظر کاربر و موقعیت جمع‌آوری، بازیافت و انهدام، پاسخ مناسب را از میان پاسخ‌های بهینه غیر مغلوب انتخاب گردید. بدین منظور با تغییر این پارامترها و مقایسه نتایج پاسخ‌های بهینه تابع هدف در هر حالت، دریافتیم که بهترین مقادیر برای این پارامترها عبارتند از:

اندازه جمعیت = ۲۰۰

تعداد نسل (تعداد تکرارهای الگوریتم)=۵۰

نرخ برش =۰/۶

نرخ جهش =۰/۳

نرخ تقاطع=۰/۸

تابع انتخاب: چرخ رولت

جدول (۷): نتایج حاصل پس از اجرای مدل پژوهش

مقادیر بهینه	متغیر تصمیم	مقادیر بهینه	متغیر تصمیم
۱,۳۳	B1	۱۱,۲	Z22
۰	B2	۸,۲	Z11
۰,۱۲	B3	۱۵,٤	G22
۰	B4	۹,۲	G11
۲۲	Z2	۲۹	Z1
۱۱	F2	۳۳	F1
٦۲	Y1	۱۳	M1
		۳۳	Y2

۵- نتیجه‌گیری

در مدل پژوهش مساله به صورت آرمانی – فازی است و از وزن‌های مختلف (بر طبق نتایج مقایسه زوجی) استفاده گردیده و درجه عضویت‌ها دارای ارزش‌های برابر نمی‌باشند. از سوی دیگر تجزیه و تحلیل حساسیت یا تغییر متغیر فازی در مدل فازی – آرمانی پژوهش (به استناد مطالعات کیم و وانگ) بسیار آسانتر از مدل حنان و ناراسیمهان اجرا گردیده است. دلیل اصلی آن است که در مدل ما تغییر t_i^+ یا t_i^- فقط بر روی متغیر مشابه خودش تاثیر می‌گذارد. زمانی که ارزش مقادیر B_i^+ کوچکتر یا مساوی یک باشد، نشان دهنده آنست که درجه عضویت آن متغیر مقدار مشابه در هر دو رویکرد دارد مانند B_3^+. مقدار منفی نیز بدان معنی است که هدف فازی به طور کامل برآورده نشده است. برای مثال اگر دارای ارزش۱,۳۳ باشد، نشان دهنده آن است که تصمیم گیرنده مقدار ۱,۳۳ برابر ارزش بیشتر به آن هدف داده است و هدف iام مقدار عضویت مهمتری را دارد. مقدار B_2^+, B_4^+ دارای ارزش صفر می‌باشند و این بدان معنی است که حتی اگر تولرانس داده نشود، هدف iام بطور کامل ارضا شده است. نتایج متضاد امکان شناسایی تفاوت در پیش‌زمینه فلسفی ما بین دو رویکرد مدل آرمانی – فازی و رویکرد تولرانس را نیز فراهم می‌نماید.

اعتبار پژوهش نیز از دو منظر مورد بررسی واقع گردیده است:

۱- مقایسه نتایج پژوهش با صنایع مشابه که در این بخش فعالیت می‌نمایند، حاکی از آن است که پژوهش از دقت و صحت کافی برخوردار است.

Archive of SID

www.SID.ir

۲- مدل پژوهش حاضر برای اهداف خاصی (بهینه سازی فرآیند زنجیره تأمین معکوس) تدوین گردیده است.

مطالعات صورت گرفته در حوزه زنجیره تامین معکوس نشان دهنده آن است که محدودیت‌ها و توابع اهداف استخراجی گرفته شده از صنایعی است که در حوزه بازیافت فعالیت می‌نمایند و این موضوع نشان از واقعیت و صحت مدل و داده‌های پژوهش دارد.

نرم‌افزار مورد استفاده برای اجرای الگوریتم ژنتیک Matlab7.8 می‌باشد. اجرای مدل با این نرم افزار در مقایسه با نرم افزارهای دیگر با توجه به تعداد متغیرها و برنامه‌ریزی عدد صحیح در مدت زمان بسیار اندک صورت پذیرفت. برای انجام پژوهش‌های آتی در حوزه‌های ذیل پیشنهاد می‌گردد، در حوزه‌های ذیل مطالعات آینده صورت پذیرد:

۱- در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی استفاده گردید، پیشنهاد می‌گردد نتایج پژوهش با الگوریتم‌های فرا ابتکاری دیگری مانند Simulated Annealing،Tabu Search،PSO و روش کلونی مورچگان و... مقایسه گردند.

۲- در این پژوهش برای محاسبه اوزان از روش مقایسه زوجی استفاده گردیده، پیشنهاد می‌گردد از روش فازی و احتمالی برای محاسبه اوزان استفاده شود.

۳- برای تنظیم دقیق‌تر پارامترهای مورد استفاده در روش الگوریتم ژنتیک می‌توان از روش‌های تاگوچی[18]، RSM[19] (روش سطح پاسخ) استفاده کرد.

۴- این پژوهش در صنعت پلاستیک‌سازی و تک محصولی صورت گرفته، پیشنهاد می‌گردد در صنایع دیگری مانند لاستیک‌سازی، کاغذ سازی، لبنیات و ... و نیز چند محصولی نیز صورت گیرد.

٦- منابع و ماخذ

[۱] آذر، عادل. فرجی، حجت.(۱۳۸۷) **علم مدیریت فازی**، مرکز مطالعات مدیریت و بهره‌وری ایران.

[۲] آذر، عادل. (۱۳۸۵)، **تحقیق در عملیات**.تهران، انتشارات سمت.

[۳] البرزی، محمود. (۱۳۸۸)، **الگوریتم ژنتیک**، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.

[٤] سید حسینی، سید محمد. اسدی نیا، شبنم.(۱۳۸٤)، **مدیریت تولید و خدمات برای مدیران اجرایی**، جلد اول، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

[٥] خاکی، غلامرضا.(۱۳۸٤) **روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی**، تهران، انتشاراتابزتاب.

[٦] شاهرضایی، مرضیه. سبف برقی، مهدی. احتشام راثی، رضا.(۱۳۹۱)، **طراحی سیستم پشتیبان تصمیم برای انتخاب تامین کننده در محیط تخفیفات چندگانه**،مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

[۷] رزمی، جعفر. عقیقی، منصوره. کرباسیان، سعید. (۱۳۸۵)،**استفاده از روش جایگشت در مسائل تصمیم‌گیری انتخاب تامین‌کننده**، دومین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تأمین.

[۸] روستا، احمد.(۱۳۸۷)**مدیریت نوین تامین و تدارکات** ،تهران.

[۹] مهدی، علیرضا. (۱۳۸۵)، **الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن**، انتشارات ناقوس اندیشه.

[۱۰] مومنی، منصور.(۱۳۸۵)، **مباحث نوین تحقیق در عملیات**، انتشارات دانشگاه تهران.

[11] Bhattacharyya,K.و(2011),**Value sourcing in supply chains**, Kent State University Graduate School of Management in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

[12] Brige ,J. R.و.Li, D., (1996), **Using fuzzy neural network to solve short term load forecasting problem**, university of Michigan6.

[13] Banomyong, R., Veerakachen, V., Suptan, N., (2008), **Implementing legality in reverse logistics channels**, International Journal of logistics: Research and applications, vol.11, No.1,pp .31-47.

[14] Blackburn, J., Guide, V., Souza, G., Vanwassenhove, L., (2004), **Reverse Supply Chains for Commercial Returns**. California Management Review, 46(2), pp.6-22.

[15] Blumberg, B., Cooper, D.R., Schindler, P.S., (2008), **Business Research Methods (2ned).**London: McGraw-Hill.

[16] Bordin, M.H. (2002),**LogisticsSystemforRecycling**,Linkoping: Linkoping Unvesitiest.

[17] Chiara, G., (2011), **Designing the reverse supply chain: the impact of the product residual value**, pp.768-796.

[18] Carvalho, D.R., Freitas, A., (2004), **A hybrid decision tree/genetic Algorithm method for data mining**, Information sciences, 163, pp: 1-18.

[19] Chalam,GA.,(1994**), Fuzzy programming(FGP)Approachto a Stochastic Transportation Problem under Budgetary**, Fuzzy sets and systems,66(3):293-299.

[20] Darwin, C., (1859). **On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life, London**: Murray.

[21] De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P. (2001). **A review of methods supporting supplier selection**, European J. Purchasing & Supply management.

[22]]DefeeC, C.,, Williams, B., Randall, W., (2010), **An inventory of theory in logistics and SCM research**, The International Journal of Logistics, Management, Vol. 21 No. 3, pp. 404-489.

[23] Ghodsipour, S.H., Brien, O., (2001). **The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint**, Int. J. Production economics No. 73, pp. 15-27.

[24] Ganeshan, R., Harrison, T.P., (1995), **an introduction to supply chain management.**

[25] Harrison, A., Van Hoek, R. (2008),**Logistics Management and Strategy –competing through the supply chain**, Harlow: Pearson Education Limited.

[26] Jacobs, F., Chase, R.B., (2008).**Operationsand Supply Management – The core**,NewYork McGraw-Hill/Irwin.

[27] Huq, F., Stafford, F., Thomas, B., Khurrum, S., Kanungo, S.,(2010),**examination of the differential effects of transportation in supply An chain optimization modeling**, Journal of Manufacturing Technology Management ,Vol. 21 No. 2,pp. 269-286.

[28] Jayaraman, V., Guige, V.D.R., Srivastava R. (1999).**Aclosed-loop logistics model for manufacturing.** Operational Research Society, Vol. 50, PP. 497-508.

[29] J.Wang, H. Li, (2007).**Developing a Decision Model for Supplier Selection**, School of Management Dalian University of Technology Dalian 116024 P.R. China, IEEE.Lambert,D.M,. Stock,

[30] J.Wang, H. Li, (2007).**Developing a Decision Model for Supplier Selection**, School of Management Dalian University

18- Taghuchi
19- Response surface Method

Archive of SID

www.SID.ir

of Technology Dalian 116024 P.R. China, IEEE.Lambert,D.M,. Stock,

[31] J, R., Sterling, J.U. ,(1990).**A Gap Analysis of Buyer and Seller Perceptions of the Importance of Marketing Mix Attributes**, Educator Conference Proceeding Washington, DC.

[32] Kim, M.J., Han, I., (2003), **The discovery of experts' decision rules from qualitative bankruptcy data using genetic Algorithms**, Expert systems with applications, pp: 1-58.

[33] Kim, S. J., Whang, K,.(1998), **A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function**, European Journal of Operational Research,Vol.107,PP. 614-624

[34] KO, H. J., Evans, and G. W., (2007) .A **genetic based heuristic for the dynamic integrated forward**/reverse logistics network for 3PLs.*Computers & Operations Research*, Vol. 34, PP. 346-366.

[35] Koo, W.W., Sara, H. T., (1982), **An Economic Analysis of U.S .Grain Marketing and Transportation System**, Agricultural Experiment Station, North Dakota state university, No. 89.

[36] Lambert, D.M, .Stock, J.R., Sterling, J.U., (1990).**A Gap Analysis of Buyer and Seller Perceptions of the Importance of Marketing Mix Attributes**, Educator Conference Proceeding Washington, DC.

[37] McKinnon,A.,Cullinene,S.,Browne,M.,Whiteing,A.,(2010),**Green Logistics, Improving the environmental sustainability of logistics** , Kogan page, London Philadelphia New Delhi.

[38] Rogers, D.S., Tibben, L.R.S., (1999) .Going **Backwards: Reverse Logistics Trendsand Practices**. Pittsburgh:Reverse Logistics Executive Council.

[39] Wei, S., Zhang, J., Li, Z., (1997), **A Supplier-selecting System using a Neural Network**, IEEE International Conference on intelligent processing Systems,pp.469-472, October.

[40] Wei,Y.,(2011), **Reverse supply chain management**, University of Gothenburg.

Archive of SID

www.SID.ir