

## طراحی مدل ریاضی برای بهینه‌سازی فرآیند شبکه توزیع در زنجیره تامین معکوس در چارچوب رویکرد مدیریت هزینه

رضا احتشام راثی

دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت صنعتی (مسئول مکاتبات)  
rezahteshamrasi@gmail.com

عباس طلوعی اشلقی

استاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت صنعتی

جمشید ناظمی

دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مدیریت صنعتی

محمود البرزی

استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه مدیریت صنعتی

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۰

### چکیده

توجه روزافزون بر روی مفهوم زنجیره تامین معکوس و بازیافت به دلیل دغدغه‌های زیست محیطی، قوانین و مقررات و شناخت کسب و کارهای در حال توسعه سهم بسزایی در تمرکز شرکتهای تولیدی بر روی محصولات و مواد قابل استفاده مجدد در مدیریت زیست محیطی داشته است. در این پژوهش، توزیع به عنوان یکی از عوامل موثر در فرآیند زنجیره تامین معکوس در جریان برگشت محصول مورد بررسی قرار گرفته و از آنجائی که مقدار اقلام قابل بازیافت و انهدامی محصولات برگشتی پیوسته در شرایط عدم قطعیت و احتمالی قرار دارند، لذا بایست مدلی طراحی شود که قادر به تامین سفارشات رسیده مشتریان با حداقل زمان تأخیر با انعطاف پذیری بالا و حداقل هزینه‌های زنجیره تامین با کمترین تعداد سفر میان مراکز جمع‌آوری و واحدهای تولید و بازیافت باشد. این پژوهش درصدد آن است با ارائه مدل ریاضی آرمانی - فازی به گونه - ای عمل نماید که مسافت طی شده، تعداد سفر و هزینه‌های شبکه توزیع را حداقل نموده و در نهایت رضایت مشتریان و سودآوری موسسات تولیدی و بازیافت رانیز به حداکثر برساند. مساله زنجیره تامین معکوس بدلیل قرارگیری در گروه مسائل NP-Hard، باروشهای گرادیان مبنا براحتی قابل حل نبوده و از این رو برای بهینه سازی آن از الگوریتم ژنتیک در این پژوهش استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تامین معکوس، شبکه توزیع، مدیریت هزینه، فازی و الگوریتم ژنتیک.

## ۱- مقدمه

محیطی و همچنین انجام وظایف مربوط به خدمات اجتماعی.

مدیریت لجستیک معکوس<sup>۲</sup> حوزه کوچک ولی مهمی از زنجیره تامین کنندگان 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، 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. (مک‌کینون و همکاران، ۲۰۱۰)<sup>۳</sup> از شروط بسیار مهم در بازیافت<sup>۴</sup> و مصرف مجدد<sup>۵</sup> 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. تحولات چند سال گذشته شامل آزادسازی اقتصاد، رونق مجدد بورس اوراق بهادار و نزدیک شدن نرخ بهره به سطح نرخ تعادلی، باعث گردیده که مباحث مختلف مدیریت هزینه اهمیت فراوان بیابد. زیرا هرگونه اقدام در جهت کاهش هزینه تولید کالا و خدمات مستقیماً بر قیمت سهام در بورس سهام نیز تأثیر می‌گذارد. جذاب بودن سهام هر موسسه اقتصادی و تولیدی نیز به نوبه خود می‌تواند معیاری در جذب و تخصیص سرمایه که مهمترین ارکان تولید و توسعه اقتصادی است تلقی گردد. یکی از پیامدهای رشد و توسعه همه جانبه پیدایش رویکردی جدید مبتنی بر پیوند توسعه و موفقیت اقتصادی با ملاحظات اخلاقی و تأثیر متقابل مسائل اقتصادی و اخلاقی و ارزش‌های اجتماعی بر یکدیگر است.

در محیط پرتلاطم و غیرقابل پیش‌بینی امروز، موفقیت یک بنگاه به توانایی هماهنگی آن در شبکه پیچیده ارتباطات در میان اعضای زنجیره تامین بستگی دارد. (لمبرت و همکاران، ۱۹۹۰)<sup>۱</sup> در شکل عمومی و سنتی، تولیدکنندگان کالاها و اقلام در قبال کالاهای خود، پس از توزیع و مصرف توسط مصرف‌کنندگان، هیچ‌گونه احساس مسئولیتی نمی‌کنند و تعهدی را در قبال تولیدات توزیع شده و مصرف شده خود نمی‌پذیرند. اما امروزه حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه‌ای را در جهت تخریب محیط زیست به ارمغان آورده و همگان اعم از مصرف‌کنندگان و مسئولان نگران وضعیت محیط زیست هستند و با دغدغه فراوان، روند رو به بهبودی را برای وضعیت محیط زیست دنبال می‌کنند. پیشرفت سریع و شگرف فناوری همراه با افزایش روزافزون رقابت در بازارهای جهان، مدیران واحدهای اقتصادی را به تولید محصولاتی با کیفیت بالا، ارائه خدمات مطلوب به مشتریان و در غایت کاستن از هزینه تمام شده کالا و خدمات ترغیب نموده است. از این رو جهت تحقق این انتظارات، تامین اطلاعات مورد نیاز به صورت جامع برای سیستم حسابداری نیز یک ضرورت است و به همین علت بسیاری از دست‌اندرکاران امور اقتصادی به تدریج از دیدگاه‌های سنتی مبتنی بر حسابداری بهای تمام شده فاصله گرفته و به ایجاد سیستم مدیریت هزینه بر پایه مدل سازی ریاضی با توجه به شرایط حاکم گرایش پیدا نموده‌اند. سیستم مدیریت هزینه نوعی سیستم برنامه‌ریزی و کنترل است که براساس اطلاعات جامع طرح‌ریزی می‌گردد. در این سیستم، هزینه فعالیت‌های عمده بنگاه اقتصادی به کالاها و خدمات مربوط به تولید با توجه به نحوه استفاده از فعالیتها در تولید کالاها و خدمات تخصیص می‌یابد. در این راستا هدف‌های سازمانی مدیران نیز بسیار متنوع است. برخی از هدفها که به طور مکرر مورد تاکید قرار می‌گیرند عبارتند از: توجه به سودآوری و رشد، رسیدن به خودکفایی مالی، به حداقل رساندن بهای تمام شده کالا، متنوع ساختن بازار، ارتقای کیفیت محصولات مطابق با استانداردهای بین‌المللی، رعایت ملاحظات زیست

مدیریت لجستیک معکوس و زنجیره‌های تامین حلقه بسته<sup>۶</sup> یکی از جنبه‌های مهم و حیاتی هر کسب و کاری بوده و متضمن ساخت، پخش خدمات و پشتیبانی از هر نوع محصولی است. در عصر کنونی تجارت که چرخه عمر محصولات هر روز کوتاه 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 زائد الکترونیکی و دیگر مواد خطرناک مربوط است نیز مدیران و سطوح بالای مسول امور لجستیک فرآیندهای زنجیره تامین را وادار می‌سازد نگاه نزدیکتری به فرآیند لجستیک معکوس بیندازند. گرچه فعالیت‌های زیادی را می‌توان در قالب لجستیک معکوس در نظر گرفت اما برخی از اهم فعالیت‌های لجستیک معکوس که عمدتاً بطور اختصاصی در این حوزه مطرح است، عبارتست از: تعمیر و تعویض، نوسازی محصول، ساخت مجدد، بازیافت، فروش مجدد و استفاده مجدد. البته 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"<sup>۷</sup> دانست. لازم به تاکید است که لجستیک معکوس به ماهیت هر صنعت و میزان سرمایه‌گذاری آن بستگی دارد؛ اما آنچه که مسلم است، هزینه‌های مربوط به آن رقم قابل توجهی از هزینه‌های هر صنعت را به خود اختصاص می‌دهد. مدیریت نگاه‌های اقتصادی دیگر نمی‌توانند صرفاً افزایش سودآوری یا افزایش تولید کالای مرغوب را تنها هدف خود در نظر گیرند، بلکه موضوع‌هایی مانند پرداخت حقوق عادلانه به کارکنان، رعایت کیفیت بالا همراه با کاهش بهای تولیدات، کاستن از آلودگی محیط زیست و سایر مسائل اخلاقی را نیز باید رعایت کنند. بنابراین، واحدهای اقتصادی به جای اینکه توجه خود را صرفاً به عملکرد اقتصادی معطوف نمایند، به صورت نهادهایی چند منظوره درآمده‌اند و با این ویژگی‌ها باید در بازارهای سرمایه-

گذاری داخلی و خارجی شرکت نمایند و مطابق با ضوابط و استانداردهای بین‌المللی به فعالیتهای خود ادامه دهند. نکته دیگری که باید به آن توجه نمود این واقعیت است که روند تغییر قیمت و الگوی رفتاری بازار تصادفی و غیر منظم است<sup>۸</sup>. 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 فرآیند ساخت نیاز به دوباره کاری و اصلاح دارند که مجموع این بازگشت‌ها، هزینه‌های سنگینی برای موسسات تولیدی در پی خواهد داشت. با دانستن این موضوع که هزینه پردازی که محصول مرجوعی ممکن است دو تا سه برابر هزینه حمل و نقل بیرونی آن باشد، بیشتر به اهمیت و ضرورت توجه به مقوله لجستیک معکوس در صنایع پی‌می‌بریم. این پژوهش در ۵ بخش شامل؛ بخش اول مقدمه، بخش دوم مبانی نظری و ادبیات پژوهش، بخش سوم معرفی مدل پژوهش، بخش چهارم پیاده سازی مدل پژوهش در شرکت صنعتی پلیمر 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، مسافت، زمان سفر، ظرفیت وسایل نقلیه، میزان تقاضا و موجودی از روشهای مصاحبه و برای مدل‌سازی سیستم توزیع شرکت مورد مطالعه از مطالعه میدانی استفاده گردید. به طور کلی جهت استفاده از مدل‌های پژوهش عملیاتی معمولاً برداشتن ۶ گام تعریف مسأله، طبقه‌بندی مسأله، مدل سازی یا فرموله کردن مسأله، حل مدل، تحلیل حساسیت و اعتبار مدل و اجرای مدل ضروری است. (عادل آذر، ۱۳۸۶) پژوهش حاضر نیز از این امر مستثنی نبوده و شامل تمامی مراحل فوق می‌باشد.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

امروزه با ایجاد تحول در سیستم‌های تولید و خدمات، مدیریت با پیچیدگی و تغییراتی شدید روبرو شده به

نحوی که به تنهایی نمی‌تواند نسبت به محیط خود در سازمان شناختی کافی داشته باشد. به همین دلیل ضرورت پیدا کرد که سیستمی بوجود آید که مدیریت را در امر شناسایی مشکل، تعیین اهداف، شناسایی دقیق مساله، تعریف راه‌حل‌های ممکن، ارزیابی راه‌حلها، انتخاب یک راه حل بهینه، اجرا، کنترل و ارزیابی آن کمک کند. نقش حسابداری مدیریت عبارت است از تهیه و ارائه اطلاعات مرتبط و سودمند برای کمک به مدیریت در برنامه‌ریزی فعالیتها، اعمال کنترل مدیریت و تصمیم‌گیری عقلایی در جهت تحقق اهداف سازمان است. البته صرف ارائه اطلاعات نمی‌تواند مدیریت را در انجام وظایف خود یاری کند بلکه اطلاعات ارائه شده باید دارای ویژگیهایی باشد که مدیریت از آن در فرآیند تصمیم‌گیری استفاده کند. بنابراین سیستم اطلاعاتی حسابداری مدیریت با هدف کمک به مدیران در امر تصمیم‌گیری بوجود آمد و همگام با گسترش و پیچیده شدن سیستم تولید، و ارائه خدمات، رشد و گسترش پیدا کرده است. (شباهنگ، ۱۳۷۸) بدیهی است تلفیق سیستم اطلاعاتی حسابداری با اهداف و روشهای مدیریت هزینه، روندی فزاینده در جهت کاهش هزینه‌ها و کمک به افزایش سودآوری را در پی خواهد داشت. مدیریت هزینه در یک بیان ساده عبارت است از به کارگیری مطلوب و توأم با کارآیی منابع سازمان در جهت ارزش آفرینی برای مشتریان. این تعریف بر این نکته محوری تاکید دارد که سودآوری و رشد بنگاه از طریق خلق ارزش برای مشتریان تحقق می‌یابد. منشا ثروت‌زایی بنگاه‌های اقتصادی و سازمانها مشتریان هستند و تنها مشتریان رضایتمند و خشنود وفادار می‌مانند و به صورت پایدار به ایجاد ثروت در سازمان‌ها ادامه می‌دهند. رضایتمندی مشتریان نیز به آن بستگی دارد که ما تا چه میزان در مقایسه با رقبای محصول و خدمات ارزشمند و دارای کیفیت را با قیمت مناسب و در زمان مناسب به آنان عرضه می‌کنیم. مدیریت هزینه مفهومی است که به میزان زیادی تحقق هدف فوق را برآورده می‌سازد. مدیریت هزینه فلسفه بهبود است زیرا می‌کوشد راه‌های مناسب برای تصمیم‌گیری‌هایی که متضمن ارزش آفرینی برای مشتریان، همراه با کاهش هزینه‌ها است را بیابد. مدیریت هزینه بر این نگرش استوار است که

هزینه‌ها به خودی خود ایجاد نمی‌شوند بلکه تمام هزینه‌های تولید و یا انجام خدمات محصول، نتیجه تصمیم‌گیری‌های مدیریت است که عمدتاً معطوف به چگونگی استفاده از منابع محدود سازمان است. نگرش مدیریت هزینه نقش مهمی در جهت دادن تصمیمات مدیران به سوی ایجاد ارزش برای همه ذینفعان (سهام‌داران، مشتریان، کارکنان و جامعه) به عهده دارد و می‌کوشد بین منافع ذینفعان مختلف تلفیق مناسب و خلاقانه ایجاد کند. فلسفه و نگرش مدیریت هزینه متشکل از مجموعه‌ای از ابزار و تکنیک‌هاست که می‌تواند به تجزیه و تحلیل جامع تصمیمات مدیریت پردازد و در هر مورد تصمیمات مدیریت را پشتیبانی کند.

با افزایش سهم فناوری و سایر اجزای هزینه‌های سربار در تولید کالاها و خدمات، روشهای هزینه‌یابی سنتی، اطلاعات صحیح در مورد هزینه سربار و تسهیم آن فراهم نمی‌آورد در حالیکه اطلاعات بهای تمام شده محصولات، خدمات و مشتریان از مهمترین اطلاعات مالی است که برای تصمیمات مدیریت مورد نیاز است. برآورده نشدن اطلاعات مورد نیاز مدیریت توسط سیستم‌های هزینه‌یابی سنتی، واحدهای اقتصادی را به سمت استفاده از سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت متمایل کرده است. سیستم هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت یکی از سیستم‌های نوین هزینه‌یابی محصولات و خدمات است که نیازهایی از قبیل محاسبه صحیح بهای تمام شده محصول، بهبود فرایند تولید، حذف فعالیت‌های زاید، شناخت محرک‌های هزینه، برنامه‌ریزی عملیات و تعیین راهبردهای تجاری را برای واحد اقتصادی برآورده می‌سازد. این سیستم به جای پرداختن به نشانه و معلول، علت ایجاد هزینه و تولید را کالبدشکافی می‌کند و اگر فعالیتی دارای فلسفه توجیهی، متقاضی و حتی ارزش افزوده نباشد، زمینه حذف، تعدیل یا بهبود آن را فراهم می‌کند. (رهنمای رودپشتی، ۱۳۸۸)

نظر به اینکه یکی از هزینه‌های مهم هر بنگاه اقتصادی در مدیریت هزینه را هزینه‌های شبکه توزیع تشکیل می‌دهد، بنابراین در این پژوهش به مطالعه شبکه توزیع خواهیم پرداخت. شبکه توزیع<sup>۱</sup> در زنجیره تامین اشاره به مرحله‌ای دارد که محصول از مرحله تامین‌کننده به مرحله مشتری در زنجیره تامین، ذخیره و منتقل

می‌گردد. بدین منظور مواد اولیه و اجزا و قطعات از تامین‌کنندگان به سازندگان (تولیدکنندگان) منتقل گردیده و تولیدات نهایی از سازندگان به مشتریان نهایی منتقل می‌گردند. توزیع، یک پیشران<sup>۱۱</sup> کلیدی در سودآوری کلی شرکت بحساب می‌آید زیرا بر هر دو جنبه هزینه تامین و تجربه مشتری، بطور مستقیم تاثیرگذار است. به عنوان نمونه، هزینه‌های توزیع در حدود ۱۰.۵ درصد از اقتصاد آمریکا و در حدود ۲۰ درصد از هزینه‌های ساخت و تولید را شامل می‌گردد و یا در هند هزینه توزیع با کشتی در محصول سیمان در حدود ۳۰ درصد از هزینه تولید و فروش آن را شامل می‌گردد. شبکه توزیع بر دامنه (حداقل هزینه تا حداکثر پاسخگویی) موثر است.

کیو و همکاران<sup>۱۲</sup> (۱۹۹۹) شبکه توزیعی شامل یک انبار مرکزی و تعدادی تامین‌کننده را مورد بررسی قرار داده‌اند. میزان تقاضای انبار غیر قطعی است و از یک سیاست تغییر یافته از مرور دوره ای برای کنترل موجودی‌ها استفاده می‌شود. به این ترتیب که دوره سفارش اقلام با کوتاه‌ترین دوره تناوب بعنوان پایه در نظر گرفته می‌شود و اندازه بهینه آن محاسبه می‌گردد و دوره تناوب سفارش بقیه اقلام بصورت مضرب صحیحی از آن بیان می‌شود. مینیمم هزینه‌ها در طول دوره‌ای که همه اقلام باهم سفارش داده می‌شوند (کوچکترین مضرب مشترک دوره‌های تناوب سفارش) محاسبه می‌شود. ظرفیت و سایل نقلیه نامحدود است و هیچ محدودیتی در پاسخگویی به سفارش انبار از نظر تامین‌کنندگان و یا کمبود و تأخیری وجود ندارد. تقاضای انبار هم باید کاملاً برآورده شود. در روش حل، مساله به یک مساله موجودی و زیر مسائل مسیریابی مربوط به آن تجزیه شده است. مساله فروشنده دوره‌گرد<sup>۱۳</sup> موجودی برای هر قلم کالا حل می‌شود و برای حل زیر مسائل مسیریابی مربوط به هر یک باید به تعداد دوره‌ها مساله TSP حل شود. (کیو و همکاران، ۱۹۹۹)

موکاشی و کوکوسیس<sup>۱۴</sup> (۲۰۰۳) به برنامه‌ریزی تولید و توزیع در یک سیستم متشکل از تعدادی مراکز تولید و انبارها می‌پردازند. تحویل کالا به مشتریان از دو کانال حمل مستقیم از کارخانه یا توزیع از طریق انبارها انجام می‌شود. انباری که هر کارخانه می‌تواند کالاهای تولیدی را

به آن ارسال کند و نرخ تولید مشخص است. برای حل این مدل از روش تجزیه به دو مساله تولید با تابع هدف مینیمم کردن هزینه‌های موجودی و مساله مسیریابی با تابع هدف مینیمم کردن هزینه‌های توزیع استفاده شده است و در هر دو مدل جواب با استفاده از الگوریتم پراکندگی در تئوری گراف بدست آمده است. (موکاشی و کوکوسیس، ۲۰۰۳)

چن و لی<sup>۱۵</sup> (۲۰۰۴) زنجیره تامین را متشکل از تعدادی مراکز تولید، مراکز توزیع و خرده فروشی بررسی کرده‌اند. عدم قطعیت قیمت‌ها و ترجیحات خریداران و فروشندگان در مورد قیمت با استفاده از مجموعه‌های فازی بیان می‌شود. در این مدل باید در مورد میزان تولید، میزان حمل، سطح قیمت قابل قبول از نظر خریدار و فروشنده در هر رده، سطوح موجودی، میزان تولید و ظرفیت حمل مورد استفاده تصمیم‌گیری شود. توابع هدف چندگانه در این مدل شامل توزیع عادلانه سود بین رده‌ها، ماکزیمم کردن سطح موجودی اطمینان، ماکزیمم کردن سطح خدمت مشتری، ماکزیمم کردن پایداری<sup>۱۶</sup> تصمیمات در ارتباط با سه تابع هدف بالا در مواجهه با تقاضای غیر قطعی و افزایش سطح رضایت تمامی شرکا از قیمت توافق شده هستند. برای حل این مدل از روش تصمیم‌گیری فازی با دو فاز استفاده می‌شود. (چن و لی، ۲۰۰۴)

توزیع معکوس شامل جمع‌آوری و حمل و نقل محصولات استفاده شده و بسته بندی می‌گردد. توزیع معکوس از طریق کانال اصلی مستقیم و از طریق زنجیره معکوس مستقل از هم و یا از طریق ترکیبی از کانال مستقیم و معکوس صورت می‌پذیرد. (فلیشمان و همکاران، ۱۹۹۷)<sup>۱۷</sup>

دتلوف<sup>۱۸</sup> (۲۰۰۱) برای مساله مسیریابی وسیله حمل و نقل در لجستیک معکوس مدلی را ارائه نمود و سپس به مقایسه آن با سایر مسائل مسیریابی وسیله حمل و نقل و حل آن با یک الگوریتم ابتکاری پرداخت. بر اساس مطالعات و تحقیقات صورت گرفته، هزینه حمل و نقل در مدیریت زنجیره تامین حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد از هزینه‌ها را تشکیل می‌دهد. براساس تحقیقات صورت پذیرفته مدیریت باید توجه ویژه در به حداقل رساندن هزینه‌های زنجیره تامین بنماید و با توجه به آنکه یکی از عوامل موثر

درون می‌شود و این امر موجب افزایش هزینه کل حمل و نقل می‌گردد.

مدل‌های مساله مسیریابی وسیله حمل و نقل<sup>۲۲</sup> به دو دسته تجویزی<sup>۲۳</sup> و توصیفی<sup>۲۴</sup> تقسیم می‌شوند. مدل‌های تجویزی یافتن حل‌های بهینه را برای نمونه مسائل داده شده را جستجو می‌کنند. این رویکرد به طور معمول به مدل‌های NP-hard و مسائل بهینه‌سازی ترکیباتی تبدیل می‌شود. رویکردهای حل آنها شامل الگوریتم‌های حریص<sup>۲۵</sup> و مدل‌های مختلف ابتکاری جستجوی محلی و دستگاه برنامه ریزی ریاضی<sup>۲۶</sup> می‌باشند. مدل‌های توصیفی رفتارهای عمومی سیستم‌های پیچیده را بررسی می‌کنند. داده‌های جزئی شده جایگزین خلاصه‌های کوتاه و روش‌های عددی جایگزین مدل‌های تحلیلی یا اجزای شبیه‌سازی شده می‌شوند. این مدل‌ها ما را قادر می‌سازند که به حل‌های نزدیک به بهینه دست یابیم. (رزمی و پیشوایی، ۱۳۸۹)

در این پژوهش، به ارائه یک مدل ریاضی جدید چندهدفه برای حداقل نمودن هزینه حمل و نقل و توزیع محصول، زمان سفر و مسافت پیموده شده می‌پردازیم. این مساله با توجه به ماهیت پیچیده آن در زمره مسائل NP-Hard قرار می‌گیرد و می‌توان از الگوریتم‌های فراابتکاری جهت حل اینگونه مسائل استفاده کرد. NP-Completeها مسائلی هستند که اثبات شده به سرعت قابل حل نیستند. در تئوری پیچیدگی NP-Completeها دشوارترین مسائل کلاس NP هستند و جزو مسائلی می‌باشند که احتمال حضورشان در کلاس P خیلی کم است. علت این امر این می‌باشد که اگر یک راه حل پیدا شود که بتواند یکمساله NP-Complete را حل کند، می‌توان از آن الگوریتم برای حل کردن سریع همه مسائل NP-Complete استفاده کرد. بخاطر این مساله و نیز بخاطر اینکه تحقیقات زیادی برای پیدا کردن الگوریتم کارآمدی برای حل کردن اینگونه مسائل با شکست مواجه شده‌اند، وقتی که مساله‌ای به عنوان NP-Complete معرفی شد، معمولاً اینطور قلمداد می‌شود که این مساله در زمان چندجمله‌ای<sup>۲۷</sup> قابل حل شدن نمی‌باشد، یا به بیانی دیگر هیچ الگوریتمی وجود ندارد که این مساله را در زمان چند جمله‌ای حل نماید. کلاس متشکل از مسائل NP-

در زنجیره تامین عامل حمل و نقل است، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی بر اساس حداقل یا حداکثر کردن تابع هدف باتوجه به محدودیت‌ها، پایه‌گذاری شده‌اند. برای تقاضای حمل، این رویکرد درگیر حداقل کردن هزینه حمل برای شرکت عرضه‌کننده و تقاضاکننده کالا و محدودیت ویژگی مدحمل کالا می‌باشد. به منظور بهینه کردن هزینه حمل شرکت در ارتباط با این محدودیت‌ها، یک محقق می‌تواند تأثیراتی از تغییر نرخ‌ها یا ویژگی‌ها روی انتخاب مد شرکت را ملاحظه نماید. کو و تامپسون در سال ۱۹۸۲ میلادی مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای تقاضای حمل غلات در ایالات متحده ارائه نمودند. (کو و تامپسون، ۱۹۸۲)<sup>۲۸</sup> مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای مدهای حمل و نقل کرجی (قایق باری، ریل و کامیون) به منظور حمل از مناطق تولید به مناطق مصرف و کالای صادره استفاده شده است. هدف، حداقل کردن هزینه‌های حمل باتوجه به محدودیت‌های روی تولید، مصرف و ظرفیت حمل بوده است. جنبه با ارزشی از مطالعه کو و تامپسون این می‌باشد که با انجام یکسری فرضیات، هزینه حمل (نرخ حمل) را با متغیر فاصله تخمین زده است. هزینه حمل را به دو دسته تقسیم می‌نمایند:

- ۱) هزینه‌های حمل به درون<sup>۲۹</sup>: مانند هزینه‌های حمل مواد به تسهیلات (انبارها)
  - ۲) هزینه‌های حمل به بیرون<sup>۳۱</sup>: مانند هزینه‌های ارسال مواد به خارج از تسهیلات (انبارها)
- هزینه‌های حمل به بیرون به ازای هر واحد بیشتر از هزینه‌های حمل به درون است، زیرا معمولاً اندازه‌های محموله‌ها در حمل به درون بزرگتر است. به عنوان مثال، انبارهای آمازون محموله‌های کتاب را یکجا دریافت می‌دارند در حالیکه برای هر مشتری به صورت مجزا و سفارش ارسال می‌دارند. با حفظ بازده به مقیاس حمل به درون، افزایش در تسهیلات موجب کاهش در هزینه کل حمل و نقل می‌گردد. (زیرا افزایش در تعداد تسهیلات موجب کاهش در میانگین فاصله بین حمل به بیرون تا مشتری می‌گردد) در نقطه بازگشت، اندازه دسته‌های سفارش به درون به علت تعدد در انبارها بسیار کاهش یافته و باعث از دست رفتن بازده به مقیاس حمل به

Complete با نام NP-C نیز خوانده می‌شود. مسائلی که در تئوری قابل حل شدن می‌باشند ولی در عمل نمی‌توان آنها را حل کرد، محال یا ناشدنی می‌نامند. در حالت کلی فقط مسائلی که زمان آنها به صورت زمان چند جمله‌ای می‌باشد و اندازه ورودی آنها در حد کوچک یا متوسط می‌باشد، قابل حل شدن می‌باشند. مسائلی که زمان آنها به صورت توانی (EXPTIME-Complete) می‌باشند به عنوان مسائل محال یا ناشدنی شناخته شده‌اند. همچنین اگر مسائل رده NP جزو مسائل رده P نباشند، مسائل NP-Complete نیز به عنوان محال یا ناشدنی خواهند بود. از سوی دیگر ذکر این نکته ضروری است که تابع پژوهش برای بهینه‌سازی دارای تعداد متغیر زیادی است، بنابراین نمی‌توان از روش‌های مبتنی بر گرادیان استفاده نمود که زمان محاسبه کمی نیاز دارند. روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر گرادیان اغلب منجر به یک دستورالعمل خاص برای حل هر مساله می‌شوند، در حالی که روش‌های هوشمند دستورالعمل‌هایی ارائه می‌دهند که می‌توانند در حل هر مساله‌ای بکار گرفته شوند و پیچیدگی محاسباتی ندارند که از مزایای روش‌های بهینه‌سازی هوشمند به شمار می‌آیند.

نظریه چارلز داروین که در سال ۱۸۵۹ ارائه گردید، جایگاه ویژه‌ای را در مسائل بهینه‌سازی به خود اختصاص داد. (داروین، ۱۸۵۹)<sup>۲۸</sup> این نظریه براساس تکامل بهترین‌ها ارائه گردیده است و آن را می‌توان به عنوان نقطه شروعی برای محاسبات تکاملی دانست. بررسی وضعیت موجودات - زنده، رفتاری پیچیده و متمایل به بهبود را در تمامی سطوح شامل یک سلول، یک عضو، یک شخص و یک جمعیت نشان می‌دهد. به عبارت دیگر در دنیای طبیعی، گونه‌های زیادی از تکامل یا بهبود و حرکت بسوی بهینه شدن مشاهده می‌گردد. نگرش‌های تکاملی برای حل مسائل بهینه‌سازی از این پدیده طبیعی، الگو گرفته شده است. این گونه‌ها در رفتار داخل یک سلول تا رفتار جمعیتی از موجودات زنده دیده می‌شود. الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه جهت پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینه خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای رگرسیون هستند.

الگوریتم ژنتیک یک تکنیک برنامه‌نویسی است که از تکامل ژنتیکی به‌عنوان یک الگوی حل مساله استفاده می‌کند. مساله‌ای که باید حل شود، ورودی است و راه - حل‌ها طبق یک الگو کدگذاری می‌شوند که تابع برازندگی نام دارد، هر راه حل کاندیدا را ارزیابی می‌کند که اکثر آنها به صورت اتفاقی انتخاب می‌شوند. الگوریتم ژنتیک - یک الگوریتم جستجوی احتمالی مبتنی بر تکامل ژنتیک در موجودات زنده است. (هالند، ۱۹۷۵)<sup>۲۹</sup> الگوریتم‌های ژنتیک تفاوت بسیار زیادی با روش بهینه‌سازی قدیمی دارند. در این الگوریتم‌ها باید فضای طراحی به فضای ژنتیک تبدیل شود. بنابراین الگوریتم‌های ژنتیک با یکسری متغیرهای کد شده کار می‌کنند. مزیت کار با متغیرهای کد شده در این است که اصولاً کدها قابلیت تبدیل فضای پیوسته به فضای گسسته را دارند. یکی از تفاوت‌های اصلی الگوریتم ژنتیک با روش‌های قدیمی بهینه‌سازی در این است که الگوریتم ژنتیک یا جمعیت<sup>۳۰</sup> یا مجموعه‌ای از نقاط در یک لحظه خاص کار می‌کند. این بدین معنی است که الگوریتم ژنتیک تعداد زیادی از طرح‌ها را در یک زمان مورد پردازش قرار می‌دهد. نکته جالب دیگر این است که اصول الگوریتم ژنتیک بر پردازش تصادفی یا به تعبیر صحیح‌تر پردازش تصادفی هدایت شده<sup>۳۱</sup> استوار است. بنابراین عملگرهای تصادفی فضای جستجو را بصورت تطبیقی<sup>۳۲</sup> مورد بررسی قرار می‌دهند. (مهدی، ۱۳۸۷)

### ۳- مدل پژوهش و مفروضات و متغیرهای آن

اکثر پژوهش‌های انجام شده در حوزه زنجیره تامین، برای انتخاب تامین‌کنندگان در جریان مستقیم در شرایط تک‌محصولی و یا چندمحصولی 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، به این قبیل پژوهش‌ها صورت گرفته است. مساله‌ی اصلی در این پژوهش عبارتست از:

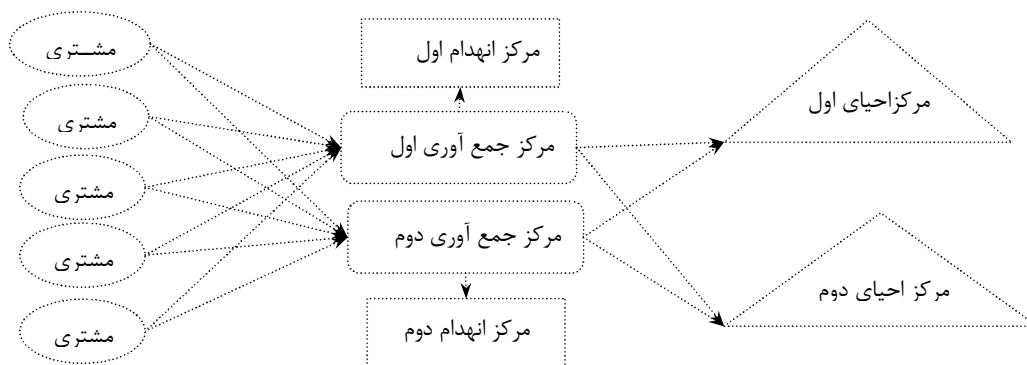
"اندازه انباشته و مکان مناسب مراکز جمع‌آوری و انهدام در فرآیند توزیع به گونه‌ای طراحی شود که سیستم قادر به تامین قطعات سفارش داده شده با حداقل زمان تأخیر<sup>۳۳</sup> و انعطاف‌پذیری<sup>۳۴</sup> بالا به سفارشات رسیده با

### ۳-۱- مفروضات مدل پژوهش

- ۱) استفاده از پتانسیل یکپارچه‌سازی جریان‌ها (جمع-آوری و توزیع) منبع مهمی برای صرفه‌جویی در مقیاس<sup>۳۵</sup> است، یکپارچه‌سازی جریان مستقیم و معکوس موجب کاهش هزینه‌های بالاسری و سرجمع هزینه‌ها می‌شود.
- ۲) هزینه‌های توزیع و جمع‌آوری معکوس ممکن است چند برابر هزینه توزیع مستقیم باشند، این بدین معناست که لزوماً جریان مستقیم و معکوس متقارن نیستند.
- ۳) دو سیستم جمع‌آوری کنار خیابانی<sup>۳۶</sup> و جمع‌آوری در محل‌های تعیین شده<sup>۳۷</sup> از خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان در مناطق مختلف وجود دارد.
- ۴) حمل و نقل محصولات قدیمی و تحویل محصولات جدید ترکیب شده و با هم و در یک زمان صورت می‌پذیرد.
- ۵) عدم قطعیت در تقاضا، نوع و مقدار و کیفیت محصولات برگشتی وجود دارد.
- ۶) تمامی کالاهای برگشتی جمع‌آوری می‌گردد و محل مشتریان ثابت است.
- ۷) مساله مسیریابی پژوهش وسایل حمل و نقل با تحویل و جمع‌آوری مختلط<sup>۳۸</sup> می‌باشد. در این مساله عمل جمع‌آوری را پیش از اینکه همه تحویل‌ها انجام گیرند، صورت می‌دهند.
- ۸) به دلیل پیچیدگی محاسباتی (NP-Hard) مدل شبکه توزیع، برای حل آن از الگوریتم فرا ابتکاری استفاده می‌نماییم.

حداقل هزینه‌ی زنجیره تامین معکوس (مدیریت هزینه) در کمترین مسافت و تعداد سفر باشد. "بدیهی است مطالعه حاضر بدنبال بهینه‌سازی (نزدیک به بهینه) فرآیند توزیع، با اهداف متفاوت از یکدیگر در زنجیره تامین معکوس در حوزه‌های مختلف برای افزایش سودآوری، کاهش هزینه‌های توزیع و جمع‌آوری و تحویل بموقع و در نهایت افزایش رضایت مشتریان و بهره‌وری سیستم است.

شبکه زنجیره تامین معکوس در این پژوهش، یک- شبکه تک کالایی و چند رده‌ای، شامل مراکز مشتریان، جمع‌آوری/بازرسی، احیا و انهدام با ظرفیت محدود تسهیلات می‌باشد. این شبکه با فرض لزوم توجه به رضایت‌مندی مشتریان و محدودیت سرمایه، جمع‌آوری تمامی کالاهای برگشتی، ثابت بودن محل مشتریان و آگاهی از مقدار کالای برگشتی از هر مشتری، ثابت بودن تعداد و مکان مراکز احیا و مراکز انهدام و آگاهی از ظرفیت آنها می‌باشد. نکته مهمی که در این مطالعه مورد توجه واقع گردیده، استفاده از تسهیلات ترکیبی توزیع و جمع‌آوری است. این تسهیلات در جریان مستقیم، نقش مراکز توزیع و در جریان معکوس، نقش مراکز جمع‌آوری را ایفا می‌کنند. استفاده از این تسهیلات باعث صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث و نگهداری می‌گردد. در این شرایط آنچه باید تعیین شود مکان و تعداد مراکز تولید و احیا، توزیع و جمع‌آوری و انهدام و تعیین جریان بهینه بین تسهیلات شبکه است.



شکل ۱: ساختار جریان برگشت محصولات در لجستیک معکوس



### ۳-۲- ارائه مدل ریاضی پژوهش

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

$$\mu_{A_c}(x) = \begin{cases} 1 & A_c(x) \leq b_c \\ \frac{(b_c + t_c'') - A_c(x)}{t_c''} & \text{if } b_c < A_c(x) \leq b_c + t_c'' \\ 0 & A_c(x) \geq b_c + t_c'' \end{cases}$$

در جایی که  $t_c''$  حد بالای تولرانس است و  $\mu_{A_c}(x) \in [0,1], \forall c$  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. (شارما و همکاران، ۲۰۰۷) در مدل-آرمانی- فازی<sup>۳۹</sup> پژوهش، هدف اول به دنبال حداقل سازی- هزینه، مسافت، کاهش تعداد سفر محصولات برگشتی است. و جملگی اهداف پژوهش از نوع می‌باشند. اگر اهداف فوق بطور کامل برآورده شوند، دیگر به تولرانس‌ها نیازی نخواهند داشت و درجه عضویت اهداف باید یک (واحد) شود. زمانی که این اهداف بصورت کامل یا بخشی از آنها برآورده نگردد، اهداف به تولرانس‌ها نیاز خواهند

داشت. کیم و وانگ<sup>۴۰</sup> (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 تعیین کردن 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:

- وجود اهداف غیرقابل جمع در زنجیره تامین
- تغییر اهداف با گذشت زمان و امکان لحاظ آن در مدل
- عدم دسترسی به اهداف و محدودیت‌ها و امکان لحاظ سطوح آرمانی آنها در مدل
- امکان اولویت‌گذاری اهداف و آرمان‌ها در مدل پارامترها و متغیرهای تصمیم مورد استفاده در این مدل به شرح زیر است:

جدول ۱- اندیس‌ها و پارامترهای استفاده شده در مدل

نماد	تعریف
i	مجموعه نقاط ثابت مشتریان (خرده فروشان، مصرف کنندگان و...)
j	مجموعه نقاط مراکز توزیع و جمع آوری
e	مجموعه نقاط تولید و احیا (بازیافت)
d	مجموعه نقاط انهدام
p	مجموعه محصول پلاستیک
t	مجموعه زمان
k	مجموعه وسایل نقلیه
$Cu_{ijt}$	هزینه حمل یک واحد محصول از مرکز مشتری $i$ به مرکز توزیع و جمع آوری $j$ در زمان $t$
$Cr_{jet}$	هزینه حمل یک واحد محصول از مرکز جمع آوری $j$ به مرکز تولید و احیای $e$ در زمان $t$
$Cd_{jdt}$	هزینه حمل یک واحد محصول از مرکز جمع آوری $j$ به مرکز انهدام $d$ در زمان $t$
$Iu_{ij}$	مقدار بازدارندگی از مرکز مشتری $i$ به مرکز جمع آوری و توزیع $j$
$Ie_{je}$	مقدار بازدارندگی از مرکز جمع آوری و توزیع $j$ به مرکز تولید و احیای $e$
$Id_{jd}$	مقدار بازدارندگی از مرکز جمع آوری و توزیع $j$ به مرکز انهدام $d$

نماد	تعریف
$Du_{ij}$	مقدار مسافتاز مرکز مشتری نام به مرکز جمع آوری و توزیع نام
$De_{je}$	مقدار مسافتاز مرکز جمع آوری و توزیع نام به مرکز تولید و احیای نام
$Df_{jd}$	مقدار مسافت از مرکز جمع آوری و توزیع نام به مرکز انهدام نام
$Ca_p$	میزان ظرفیت محصول نام تولیدکننده/ میزان ظرفیت حمل محصول نام در وسیله نقلیه
$T_{ijp}$	مدت زمانی کهطول می کشد تا محصول نام از مبدا نام به مقصد نام برگشت داده شود.
$Ur_{ij}$	مجموع کل محصول برگشتی از مشتری نام به مرکز جمع آوری نام
$De_i$	مقدار تقاضای مشتری نام
$Re_i$	مقدار محصول برگشتی از مرکز نام

### جدول ۲- متغیرهای تصمیم مدل

نماد	تعریف
$x_{ijt}$	مقدار محصولی که از مرکز مشتری نام به مرکز جمع آوری نامدر زمان نام ارسال می گردد.(جریان معکوس)
$z_{jet}$	مقدار محصولی که از مرکز جمع آوری نام به مرکز تولید و احیای نام در زمان نام ارسال می گردد.
$g_{jdt}$	مقدار محصولی که از مرکز جمع آوری نام به مرکز انهدام نام در زمان نام ارسال می گردد.
$n_{ij}$	تعداد سفرها از مرکز مشتری نام به مرکز جمع آوری و توزیع نام
$v_{je}$	تعداد سفرها از مرکز جمع آوری نام به مرکز تولید و احیای نام
$u_{jd}$	تعداد سفرها از مرکز جمع آوری نام به مرکز انهدام نام
$li$	میزان بار ابتدایی وسیله نقلیه پس از حرکت از مبدا نام
$C_j$	میزان اختلاف تقاضا و مصرف محصول برگشتی پس از سرویس دهی به مشتری نام

نیاز دارند نزدیک به یک برای هر هدف فازی گردند. این موضوع سبب می شود که درجه عضویت آن بزرگتر گردد. اگر متغیرهای تولرانس صفر گردد، دیگر نیازی به تخصیص تولرانس ها به اهداف فازی وجود نخواهد داشت. شکل نهایی مدل برنامه ریزی ریاضی آرمانی - فازی ارائه شده در این پژوهش، به شکل ذیل است:

اگر  $u_i^+, u_i^-$  بترتیب حدود تولرانس های بالا و پایین باشند و  $\lambda_i$  درجه عضویت هدف هزینه کل باشد، می توان به شکل زیر نشان داد:  $\beta_i^+, \beta_i^-$  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، بترتیب - خاص خود تبدیل می شوند. در این فرمول سازی، متغیرهای تولرانس به حداقل مقدار ممکن خود می رسند، تولرانس ها

$$MinA = 0.712\beta_1^+ + 0.217\beta_2^+ + 0.0713\beta_3^+$$

Subto :

$$150x_{12} + 175x_{11} + 125x_{22} + 160x_{21} + 190x_{32} + 156x_{31} + 183x_{41} + 150x_{42} + 124x_{52} + 155x_{51} + 100z_{22} + 140z_{11} + 112g_{22} + 140g_{11} + 70x_1 + 68x_2 + 87x_3 + 60x_4 + 62x_5 + 40r_1 + 34r_2 - 15000\beta_1^+ \leq 25.000(1)$$

$$n_{12} + 3n_{11} + 2n_{22} + n_{32} + n_{31} + n_{41} + n_{42} + n_{51} + n_{52} + 3v_{22} + 2v_{11} + 2o_{22} + 3o_{11} - 3\beta_2^+ \leq 45(2)$$

$$25x_{22} + 140x_{12} + 35x_{11} + 140x_{21} + 194x_{32} + 313x_{31} + 366x_{41} + 137x_{42} + 248x_{52} + 309x_{51} + 25z_{22} + 35z_{11} + 32g_{22} + 40g_{11} - 7000\beta_3^+ \leq 11000(3)$$

$$l_1 - C_1 \geq 18(4)$$

$$l_1 - C_2 \geq 15(5)$$

$$l_1 - C_3 \geq 17(6)$$

$$l_1 - C_4 \geq 14(7)$$

$$l_1 - C_5 \geq 16(8)$$

$$l_2 - C_1 \geq 15(9)$$

$$l_2 - C_2 \geq 15(10)$$

$$l_2 - C_3 \geq 17(11)$$

$$l_2 - C_4 \geq 14(12)$$

$$l_2 - C_5 \geq 16(13)$$

$$l_2 - C_3 \geq 17(14)$$

$$l_2 - C_4 \geq 14(15)$$

$$l_2 - C_5 \geq 16(16)$$

$$l_1 \leq 22(17)$$

$$l_2 \leq 20(18)$$

$$n_{12} - \frac{x_{12}}{18} \geq 0(19)$$

$$n_{22} - \frac{x_{22}}{20} \geq 0(20)$$

$$n_{11} - \frac{x_{11}}{10} \geq 0(21)$$

$$n_{21} - \frac{x_{22}}{25} \geq 0(22)$$

$$n_{32} - \frac{x_{32}}{22} \geq 0(23)$$

$$n_{31} - \frac{x_{31}}{25} \geq 0(24)$$

$$n_{41} - \frac{x_{41}}{12} \geq 0(25)$$

$$n_{42} - \frac{x_{42}}{15} \geq 0(26)$$

$$n_{51} - \frac{x_{51}}{20} \geq 0(27)$$

$$n_{52} - \frac{x_{52}}{18} \geq 0(28)$$

$$x_{12} + x_{11} + x_{21} + x_{22} + x_{31} + x_{32} + x_{41} + x_{42} + x_{51} + x_{52} - (g_{11} + g_{22}) - (z_{11} + z_{22}) = 0(29)$$

$$\beta_1^+, \beta_2^+, \beta_3^+, x_{12}, x_{11}, x_{22}, x_{21}, x_{32}, x_{31}, x_{41}, x_{42}, x_{52}, x_{51}, z_{22}, z_{11}, g_{22}, g_{11}, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0$$

$$m_s, r_1, r_2, n_{12}, n_{11}, n_{22}, n_{32}, n_{31}, n_{41}, n_{42}, n_{51}, n_{52}, v_{22}, v_{11}, o_{22}, o_{11}, l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 \geq 0, \text{Integr} ; \forall p, i, j, d, s$$

محدودیت عمده مدل سازی فازی مساله در مقایسه با مدل سازی قطعی، آن است که تصمیم گیرنده مجبور نیست در حالت های فازی مدل سازی کلیشه ای از مساله داشته باشد. علاوه بر آن در بعضی از شرایط، ممکن است تنها حالت امکان پذیر مدل سازی فازی برای مساله باشد. هدف مدل کمیته سازی متغیرهای موزون با انحراف از مقادیر آرمانی است. در این روش وزن هر یک از آرمان ها بیانگر اهمیت نسبی تحقق سطح آرمانی، آرمان مربوطه می باشد. سه محدودیت اول مدل محدودیت های آرمانی مدل (هزینه، مسافت و تعداد سفر) هستند. محدودیت های ۱۶-۴ میزان بار وسیله حمل و نقل را پس از سرویس دهی را نشان می دهد که بعد از سرویس دهی به هر یک از مشتریان نباید از ظرفیت مجاز خود تجاوز نماید. محدودیت های ۱۷ و ۱۸ نیز نشان می دهد هر وسیله نقلیه ظرفیت خاص خود را دارد و قادر به حمل بار بیش از آن نمی باشد. محدودیت های ۱۹-۲۸ بیان کننده آنست که میزان بار حمل شده در یک مسیر بخش بر میزان تقاضای هر مشتری و یا ظرفیت حمل و نقل باید از تعداد سفر در آن مسیر کوچکتر یا مساوی باشد، این محدودیت بیانگر آنست که تعداد سفر رابطه مستقیم با ظرفیت وسیله حمل و نقل و میزان تقاضای مشتری در آن منطقه دارد. محدودیت ۲۹ نیز بیان کننده آنست که تعادل مابین جریانات ورودی و خروجی مرکز جمع آوری و توزیع وجود دارد.

### ۳-۳- الگوریتم حل مدل ریاضی پژوهش

در دنیای واقعی، مسائل خیلی پیچیده ای وجود دارد که با روش های معمول بهینه سازی قابل حل نیستند. عیب الگوریتم های قدیمی در سرعت میزان همگرایی و مهمتر از آن پیدا نکردن اکسترمم سراسری است. از این رو الگوریتم های کارا و پرقدرتی مانند روش های بهینه سازی طبیعی، پا به عرصه ظهور گذاشتند. شبیه سازی مراحل - تکامل انسان، منتج به تکنیک های بهینه سازی تصادفی به نام الگوریتم های تکاملی شد که معمولاً در مسائل سخت دنیای واقعی بهتر از روش های معمول بهینه سازی عمل می کنند. بیشتر مسائل بهینه سازی که تصمیم گیرنده در دنیای واقعی با آنها سروکار دارد بیش از یک هدف را در

بر می گیرند، به طوری که پاسخ بهینه مساله هنگامی حاصل می گردد که کلیه اهداف به یک مرز خاص از بهینگی رسیده باشند، لذا این گونه مسائل را، مسائل بهینه سازی چند هدفه می نامیم.

داده های الگوریتم ژنتیک برای حل مدل آرمانی - فازی پژوهش عبارتند از:

\* عملگرهای کارا از جنس عملگرهای ژنتیکی جهت پیمایش در فضای شدنی و بدست آوردن حل همسایه طراحی شده است که عبارتند از:

الف- عملگر تقاطعی: این عملگر برای تولید کروموزوم های جدید در الگوریتم ژنتیک می باشد. عملگر تقاطعی مشابه همتای خودش در طبیعت، افراد جدیدی تولید می کند که ژن های آن از والدینش تشکیل می شود. در این پژوهش با توجه به اینکه کدام عملگر پاسخ مناسب تری را ارائه نموده؛ عملگر تقاطع تک نقطه ای، دو نقطه ای و یکنواخت را مورد آزمون قرار داده ایم تا بهترین نوع عملگر تقاطعی را با توجه به شرایط جواب مساله انتخاب نمائیم.

ب- عملگر جهشی: جهش یک فرآیند تصادفی است که در آن محتوای یک ژن با ژن دیگر برای تولید یک ساختار ژنتیک جدید جایگزین می گردد. عملگر جهش پیشنهاد شده در این پژوهش، عملگر Gaussian است که با تغییر نسبت های مختلف آن، نسبت مورد نظر انتخاب شده است. عملگر جهش Gaussian یک عدد تصادفی از تابع توزیع Gaussian با میانگین صفر به هر ورودی بردار والد اضافه می نماید. واریانس این توزیع، به وسیله پارامترهای مقیاس و جمع شونده گی<sup>۴۱</sup> تنظیم می گردد 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 (رمز گذاری) 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 می گردد. در مسائل بهینه سازی تابع هدف به عنوان تابع برازندگی بکار می رود. مناسب بودن یا نبودن

۵۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰، ۵۰ کروموزوم حل خواهد شد.

\* روش انتخاب چرخ رولت: عملگر انتخاب برای نسل جدید، یا از همه‌ی نوزادان و والدین استفاده می‌کند یا (فضای نمونه گیری توسعه یافته است) هر نوزاد با فاصله جایگزین والد یا والدین خود می‌شود (فضای نمونه - گیری عادی است) در روش چرخ رولت که توسط هالند ارائه گردیده؛ سطح چرخش به بخش‌هایی تقسیم می‌شود که تعداد آنها برابر تعداد اعضای جامعه جاری (شامل والدین و فرزندان) است. سطح هر بخش متناسب با مقدار برازندگی جواب متناظر است. چرخ به گردش در می‌آید و پس از توقف، جواب مقابل پیکان انتخاب می‌شود. این بار انجام می‌شود تا جمعیت جدید انتخاب N فرآیند - م برابر است با: k گردد. احتمال انتخاب کروموزوم

$$p_k = \frac{f_k}{\sum_{i=1}^N f_i}$$

که در این فرمول معرف میزان برازندگی کروموزوم k ام است. برای پیاده سازی مدل چرخ رولت در کامپیوتر، از یک شبیه سازی به صورت ذیل بهره می‌گیریم: ابتدا تمام جواب‌های جمعیت به صورت یک کروموزوم در آورده می‌شود و احتمال انتخاب هر یک (یعنی مقدار  $P_k$  برای کروموزوم k ام) محاسبه می‌شود. سپس مقدار احتمال تجمعی ( $Q_k$ ) برای هر جواب، از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$q_k = \sum_{i=1}^k p_i$$

با ایجاد عدد تصادفی H در فاصله  $\{0, 1\}$ ، اندیس k به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$q_k = \min \{j : q_j \geq H\}$$

به عبارت دیگر، کوچکترین اندیسی که احتمال تجمعی بیشتر از H داشته باشد، انتخاب می‌گردد.

#### ۴- نتایج پژوهش

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<sup>۴۲</sup> استفاده

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. از آنجایی که تابع هدف پژوهش از نوع آرمانی - فازی است، بنابراین تابع برازش به شرح زیر خواهد بود:

$$MinA : w_1^+ \beta_1^+ + w_1^- \beta_1^- + w_2^+ \beta_2^+ + w_2^- \beta_2^- + w_3^+ \beta_3^+ + w_3^- \beta_3^-$$

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. مساله اصلی چگونگی انتخاب یک مقدار مناسب برای مقدار جریمه می‌باشد تا در حل مسائل به ما کمک نماید. نکته - ای که در روش جریمه وجود دارد این است که یک جواب غیر موجه به سادگی حذف نمی‌شود، زیرا ممکن است در ژن‌های آن اطلاعات مفیدی وجود داشته باشد که با اندکی تغییر به جواب بهینه تبدیل شود. برای این منظور از روش ارائه شده توسط پاول به شرح رابطه زیر استفاده شده است. در استراتژی این مدل هر جواب موجه به مراتب بهتر از هر جواب غیرموجه می‌باشد.

$$\bar{x} \notin M$$

$$\rho(\bar{x}, t) = \max \left\{ 0, \max_{x \in M} \{f(\bar{x})\} - \min_{x \notin M} \{f(\bar{x})\} + \sum_{j=1}^P f_j(\bar{x}) \right\}$$

$\Gamma$  نشان دهنده تعداد محدودیت‌های مدل و M

مجموعه جواب‌های قابل قبول مساله است.

\* جمعیت: مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها را جمعیت گویند. یکی از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک این است که بجای تمرکز بر روی یک نقطه از فضای جستجو با یک کروموزوم بر روی جمعیتی از کروموزوم کار می‌نماید. مدل مورد نظر در این مساله با میزان جمعیت اولیه

گردید. هر یک از گام های اجرای مدل به شرح ذیل عبارتند از:

#### ۴-۱- محاسبه اوزان اهداف در پژوهش

برای تصمیم گیری در سطوح مختلف اهمیت اهداف (هزینه، مسافت و تعداد سفر) یا ساختار اولویت مابین اهداف این امکان وجود دارد و باید با موارد واقعی جهان هستی مواجه گردیم. (چن و تسای، ۲۰۰۱<sup>۴۳</sup>) با توجه به اینکه در این پژوهش اوزان مختلف مورد استفاده قرار گرفت، بنابراین روش مورد استفاده برای محاسبه اوزان به شرح ذیل عبارتست از:

استفاده از اوزان مختلف برای ارائه سطوح مختلف اهمیت. بطور کلی، این اوزان به وسیله تکنیک های تصمیم گیری مانند روش دلفی و تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و... بکار برده می شود. تقریباً هیچ راه مطمئنی برای محاسبه امتیازهای نسبی یا وزن های نسبی وجود ندارد. ساده ترین راه برای محاسبه امتیازهای نسبی، محاسبه میانگین ستون ماتریس می باشد، هر چند این روش بی ثبات است. روش دیگر استفاده از میانگین هندسی است که نه تنها مزیت های نظری دارد بلکه محاسبات آن نیز نسبتاً آسان است. روش دیگر که توسط ساعتی (۱۹۷۷) توسعه داده شده است روشی است که تخمین استواری را نتیجه می دهد. روش مقادیر ویژه علاوه بر وزن های نسبی، ابزاری را فراهم می آورد تا با آن بتوان سازگاری ماتریس را نیز معین کرد.

در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۴۴</sup> عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می گردد که این وزن ها را وزن نسبی می نامیم. سپس با تلفیق وزن های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می گردد که آن را وزن مطلق می نامیم. کلیه مقایسه ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می گیرد، در این مقایسه ها تصمیم گیرندگان از قضاوت های شفاهی استفاده خواهند کرد. این قضاوتها توسط ساعتی به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده اند. باید توجه داشت که در مقایسه های زوجی، ترجیح هر عنصر بر خودش، برابر یک می باشد، بنابراین تمامی عناصر روی قطر در ماتریس

مقایسه زوجی برابر یک هستند. حال با توجه به نکات ذکر شده در فوق مقایسه های زوجی توسط مدیران ارشد در شرکت صنعتی پلیمر الیرز صورت پذیرفت. هنگامی که ماتریس مقایسه زوجی تشکیل گردید، می توانیم وزن هر گزینه را محاسبه کنیم به عبارت دیگر با استفاده از مقایسه های زوجی می خواهیم وزن هر یک از اهداف آرمانی خود را تعیین نماییم. روش های مختلفی برای محاسبه اوزان وجود دارد. (روش حداقل مربعات معمولی، روش حداقل مربعات لگاریتمی، روش بردار ویژه و روش های تقریبی) در اینجا یکی از روش های تقریبی (میانگین حسابی که روش نسبتاً ساده ای است) را برای محاسبه اوزان پژوهش بیان می نماییم.

امتیازهای نسبی اهمیت هر عامل را می توان با نرمال کردن هر ستون در ماتریس مقایسه های زوجی بدست آورد. قابل توجه است که جمع مقادیر ستونها در یک ماتریس نرمالیز معادل یک می باشد. جدول ۳ متوسط عناصر در هر سطر نشان می دهند.

جدول ۳: نتایج حاصله از اوزان

متوسط سطر	مسافت	زمان سفر	هزینه	اهداف
۰.۷۱۲	۰.۵۸۳	۰.۸۶۳	۰.۷۶۳	هزینه
۰.۲۱۷	۰.۳۸۵	۰.۱۳۹	۰.۱۲۷	زمان سفر
۰.۰۷۱	۰.۰۷۷	۰.۰۲۸	۰.۱۰۹	مسافت
۱	۱	۱	۱	جمع کل

بردار ارجحیت که ارجحیت های نسبی را در جدول ۳ نشان می دهد به شرح زیر است:

$$(۰.۰۷۱, ۰.۲۱۷, ۰.۷۱۲)$$

نتایج حاصل بدست آمده از بردار ارجحیت نشان دهنده آنست که به ترتیب هزینه، زمان سفر و مسافت از اوزان بالاتری نسبت به سایرین برخوردارند.

نتایج حاصل از اوزان بدست آمده جدول ۳ نشان دهنده آنست که محدودیت  $W_1 + W_2 + W_3 = 1$  برقرار است:

$$1 = ۰.۰۷۱ + ۰.۲۱۷ + ۰.۷۱۲$$

شایان ذکر است که نرخ ناسازگاری برای مقایسه های زوجی اهداف ۰.۰۱۵ بود و با توجه به اینکه کمتر از

۰.۱۰ است، پس مابین مقایسات زوجی، سازگاری قابل قبولی وجود دارد.

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

#### ۴-۲- مدل برنامه‌ریزی آرمانی - فازی

برای پیاده سازی مدل پژوهش، شرکت صنعتی پلیمر البرز با دو مرکز جمع آوری و بازرسی (تهران و قزوین)، پنج مرکز مشتری (قزوین، تهران، رشت، زنجان و اراک)، 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 به ۱۰۰۰ واحد پولی کاهش یافته است)

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 جمع آوری، بازیافت و انهدام، پاسخ مناسب را از میان پاسخ‌های بهینه غیر مغلوب انتخاب گردید. بدین منظور با تغییر این پارامترها و مقایسه نتایج پاسخ‌های

#### ۵- نتیجه‌گیری و بحث

مدل آرمانی - فازی پژوهش حاضر برتری‌های فراوانی بر مدل‌های سایر پژوهشگران دارد. در این مدل در جایی که مساله بصورت آرمانی - فازی است 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 این مدل بسیار آسانتر از مدل حنان و ناراسیمهان اجرا گردیده است. دلیل اصلی در آنست که در مدل ما تغییر  $t_1$  یا  $t_2$  فقط بر روی متغیر مشابه خودش تاثیر می‌گذارد.

جدول ۴: نتایج حاصل پس از اجرای مدل پژوهش

متغیر تصمیم	مقدار بهینه (نزدیک به بهینه) متغیر تصمیم	متغیر تصمیم	مقدار بهینه (نزدیک به بهینه) متغیر تصمیم
X11	۴.۲	B1	۰.۷
X12	۶.۷	B2	۰
X13	۳.۸	B3	۰.۱۲
X14	۲	n12	۲
X15	۷.۳	n11	۱
X21	۳.۱۵	n22	۲
X22	۵.۶	n32	۱
X32	۱.۸۵	n31	۱
X42	۵.۲	n41	۲
X52	۴.۲	n42	۳
v22	۳	n51	۴
v11	۱	n52	۱
o22	۲	L2	۲۰
o11	۲	C3	۳
L1	۲۰	C4	۴
C1	۳	C5	۶
C2	۴		

برای انجام پژوهش های آتی در حوزه های ذیل پیشنهاد می گردد، در حوزه های ذیل مطالعات صورت پذیرد:

(۱) در این پژوهش از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی استفاده گردید، پیشنهاد می گردد نتایج پژوهش با الگوریتم های فرا ابتکاری دیگری مانند PSO، Tabu Simulated Annealing Search و روش کلونی مورچگان و... مقایسه گردند.

(۲) در این پژوهش برای محاسبه اوزان از روش مقایسه زوجی استفاده گردیده، پیشنهاد می گردد از روش فازی و احتمالی برای محاسبه اوزان استفاده شود.

(۳) برای تنظیم دقیق تر پارامترهای مورد استفاده در روش الگوریتم ژنتیک می توان از روش های تاگوچی<sup>۴۵</sup>، RSM<sup>۴۶</sup> (روش سطح پاسخ) استفاده کرد.

(۴) این پژوهش در صنعت پلاستیک سازی و تک محصولی صورت گرفته، پیشنهاد می گردد در صنایع دیگری مانند لاستیک سازی، کاغذ سازی، لبنیات و... نیز چند محصولی نیز صورت گیرد.

#### فهرست منابع

- \* آذر، عادل و فرجی، حجت (۱۳۸۷). "علم مدیریت فازی"، مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران.
- \* آذر، عادل. (۱۳۸۶). "تحقیق در عملیات" تهران: انتشارات سمت.
- \* البرزی، محمود. (۱۳۸۸). "الگوریتم ژنتیک"، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- \* خاکی، دکتر غلامرضا. (۱۳۸۲). "روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی"، تهران، انتشارات بازتاب.
- \* رزمی جعفر، عقیقی منصوره، کرباسیان سعید، (آبان ۱۳۸۵). "استفاده از روش جایگشت در مسائل تصمیم گیری انتخاب تأمین کننده"، دومین کنفرانس ملی لجستیک و زنجیره تأمین.
- \* رهنمای رودپشتی، فریدون، (۱۳۸۸). "هزینه یابی برمبنای فعالیت مدیریت برمبنای فعالیت"، انتشارات ترمه.
- \* شباهنگ، رضا، (۱۳۷۸). "حسابداری مدیریت"، انتشارات سازمان حسابرسی.

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  $B_1^+, B_3^+, B_5^+, B_6^+$  مقدار منفی نیز بدان معنی است که هدف فازی بطور کامل برآورده نشده است. برای مثال اگر دارای ارزش ۱.۵ باشد، نشان دهنده آنست که زمانی که تصمیم گیرنده مقدار بزرگتری را تخصیص می دهد که آن ارزش ۱.۵ برابر بزرگتر از اولین تولرانس تخصیص داده شده باشد و هدف نام مقدار عضویت مهم تری را دارد. مقدار  $B_2^+, B_4^+$  دارای ارزش صفر می باشند و این بدان معنی است که حتی اگر تولرانس داده نشود، هدف نام بطور کامل ارضا شده است. نتایج متضاد امکان شناسایی تفاوت در پیش زمینه فلسفی ما بین رویکرد مدل آرمانی - فازی و رویکرد تولرانس را نیز فراهم می نماید.

به استناد مدل مفهومی طراحی شده پژوهش، مدل در کامپیوتر با دقت و صحت کافی و در مدت زمان مناسب به نتایج مفیدی نائل گردیده است. اعتبار پژوهش نیز از دو منظر مورد بررسی واقع گردیده است:

(۱) مقایسه نتایج پژوهش با صنایع مشابه که در این بخش فعالیت می نمایند، حاکی از آنست که پژوهش از دقت و صحت کافی برخوردار است.

(۲) مدل پژوهش حاضر برای اهداف خاصی (بهینه سازی فرآیند زنجیره تأمین معکوس) تدوین گردیده است. مطالعات صورت گرفته در حوزه زنجیره تأمین معکوس نشان دهنده آنست که محدودیتها و توابع هدف استخراجی گرفته شده از صناعی است که در حوزه بازیافت فعالیت می نمایند و این موضوع نشان از واقعیت و صحت مدل و داده های پژوهش دارد. نکته حائز اهمیت در این پژوهش آنست که از مدل مفهومی شکل ۱ برای ارائه مدل ریاضی آن استفاده گردیده است که این موضوع خود نشان دهنده اعتبار مدل مفهومی نیز می باشد.

نرم افزار مورد استفاده برای اجرای الگوریتم ژنتیک Matlab 7.8 می باشد. اجرای مدل با این نرم افزار در مقایسه با نرم افزارهای دیگر با توجه به تعداد متغیرها و برنامه مریزی عدد صحیح در مدت زمان بسیار اندک صورت پذیرفت.



- \* KO, H. J. and Evans, 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
- \* Koo, Won W, Sarahelen Thompson.(1982), "An Economic Analysis of U.S" .Grain Marketing and Transportation System. Agricultural Experiment Station, North Dakota state university, No. 89.
- \* Lambert, D.M, .Stock, J.R.andSterling, J.U. (1990)."A Gap Analysis of Buyer and Seller Perceptions of the Importance of Marketing Mix Attributes", Educator Conference Proceeding Washington, DC.
- \* McKinnon,Alan,Cullinene,Sharon, Browne, Michei,Whiteing,Anthony. (2010),"Green Logistics, Improving the environmental sustainability of logistics ", Kogan page, London Philadelphia New Delhi.
- \* S. Wei, J. Zhang, Z. Li, (1997). "A Supplier-selecting System using a Neural Network". IEEE International Conference on intelligent processing Systems.pp.469-472, October.
- \* مهدی ، علیرضا.(۱۳۸۷)."الگوریتم ژنتیک و کاربردهای آن"، انتشارات ناقوس اندیشه.
- \* مومنی ، منصور.(۱۳۸۷)."مباحث نوین تحقیق در عملیات"، انتشارات دانشگاه تهران.
- \* Bhattacharyya, Kuntal. (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.
- \* Brige, John R & Li, Dayong.(1996),"using fuzzy neural network to solve short term load forecasting problems", university of Michigan6.
- \* Chiara, Gobbi. (2011), "Designing the reverse supply chain: the impact of the product residual value", pp.768-796.
- \* Carvalho, D.R. &Freitas. (2004), A.A,"A hybrid decision tree/genetic Algorithm method for data mining", Information sciences, 163, pp: 1-18.
- \* Chalam,G.A.(1994),"Fuzzy Programming(FGP)Approach to a Stochastic Transportaion Problem under Budgetary",Fuzzy sets and systems,66(3):293-299.
- \* 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.
- \* De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P. (2001). "A review of methods supporting supplier selection", *European J. Purchasing & Supply management*.
- \* Defee C.Clifford, Williams, Brent and Randall, Wesley. (2010),"An inventory of theory in logistics and SCM research", *The International Journal of Logistics, Management*, Vol. 21 No. 3, pp. 404-489.
- \* 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.
- \* Jayaraman, V., Guige, V.D.R., Srivastava R. (1999). "A closed-loop logistics model for manufacturing." *Operational Research Society*, Vol. 50, PP. 497-508.
- \* J. Wang, H. Li, (2007)."Developing a Decision Model for Supplier Selection", School of Management Dalian Uniersity of Technology Dalian 116024 P.R.China, IEEE.Lambert, D.M, .Stock, J.R.andSterling, J.U. (1990)."A Gap Analysis of Buyer and Seller Perceptions of the Importance of Marketing Mix Attributes", Educator Conference Proceeding Washington, DC.

## یادداشت‌ها

- <sup>1</sup>- Lambert,1990
- <sup>2</sup>-Reverse Logistic
- <sup>3</sup>- McKinnon et al.,2010
- <sup>4</sup>- Recycle
- <sup>5</sup>- Reuse
- <sup>6</sup>-Closed Loop Supply Chain
- <sup>7</sup>-Green Logistic
- <sup>8</sup>-RANDOM WALK
- <sup>9</sup>-Activity Based Cost(ABC)
- <sup>10</sup>-Distribution
- <sup>11</sup>-Driver
- <sup>12</sup>-Qu et al., 1999
- <sup>13</sup>-Travelling Salesman Problem(TSP)
- <sup>13</sup>-Mokashi and Mokashi,2003
- <sup>15</sup>- Chen and Lee,2004
- <sup>16</sup>-robustness
- <sup>17</sup>-Fleischmann and et al , 1997
- <sup>18</sup>- Dethloff,2001
- <sup>19</sup>- Koo and Tompson,1982
- <sup>20</sup>- Inbound Transportation Cost
- <sup>21</sup>- Outbound Transportation Cost
- <sup>22</sup>- Vehicle Routing Problem(VRP)
- <sup>23</sup>- Normative
- <sup>24</sup>- Descriptive
- <sup>25</sup>- Greedy heuristics
- <sup>26</sup>- Mathematical Programming
- <sup>27</sup>-Polynomial
- <sup>28</sup>- Darwin,1859
- <sup>29</sup>- Holland,1975

- <sup>30</sup>- Population
- <sup>31</sup>- Guided Random
- <sup>32</sup>- Adoptive
- <sup>33</sup>-Lead Time
- <sup>34</sup>- Flexibility
- <sup>35</sup>-Economy of scale
- <sup>36</sup>-Curbside
- <sup>37</sup>-Drop off sites
- <sup>38</sup>-Vehicle Routing Problem with Mixed deliveries and collections(VRPM)
- <sup>39</sup>- Fuzzy Goal Programming(FGP)
- <sup>40</sup>- Kin and Whang(1998)
- <sup>41</sup>-Shrink
- <sup>42</sup>-MATLAB
- <sup>43</sup>-Chen and Tsai, 2001
- <sup>44</sup>- Analytical Hierarchy Process(AHP)
- <sup>45</sup>-Taghuchi
- <sup>46</sup>-Response surface Method