

ارائه ی یک مدل ریاضی چند هدفه برای بهینه سازی زنجیره تامین حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت با الگوریتم ژنتیک

سجاد جلالی فر^۱، رضا احتشام راشی^{۲*}، علی محتشمی^۳

^۱دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
^۲استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران (عهده دار مکاتبات)

^۳دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
تاریخ دریافت: شهریور ۱۴۰۲، اصلاحیه: آبان ۱۴۰۲، پذیرش: آذر ۱۴۰۲

چکیده

بهینه سازی زنجیره تامین بر یکپارچه سازی فعالیت های زنجیره تامین و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط زنجیره در جهت دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و مستدام، اشاره دارد. در این پژوهش بهینه سازی زنجیره تامین به این دلیل انتخاب شده است که برای ارائه کالا و خدمات در اقتصاد، یک ساز و کار و سیستمی باید وجود داشته باشد تا کارایی و بهره وری اقتصادی به حداکثر برسد و کالاهای و خدمات بازگشتی به صورت کم هزینه و آسان جمع آوری شود. اقتصاد مدور که بحث اصلی آن در مورد بازیافت کالاهای برگشتی و کالاهایی که نیاز به تعمیرات دارند تا دوباره از آنها استفاده شوند است. در این تحقیق بر لزوم استفاده از قطعات و اجزاء سالم در باز تولید محصولات تاکید می شود و این باز تولید از همه کالاهای در هر بخش از زنجیره تامین است که قابل استفاده نباشد و به بخش باز تولید منتقل می شود و باز تولید می گردد. نتایج اجرای مدل ارائه شده در الگوریتم ژنتیک نشان می دهد که الگوریتم در زمان معقول به جواب نزدیک به جواب بهینه رسیده است. الگوریتم پیشنهادی در حل مسائل با ابعاد خیلی کوچک به زمان محاسباتی بیشتری نسبت به نرم افزار بهینه سازی لینگو نیاز دارد. در حالی که در حل مسائل با افزایش ابعاد مسأله زمان محاسباتی الگوریتم پیشنهادی در قیاس با لینگو به مراتب کمتر می شود. بنابراین، در این مثال ها مشخص شد که الگوریتم می تواند در فاصله زمانی بسیار کمتر نسبت به LINGO در مسائل مقیاس بزرگ، به جواب قابل قبول دست پیدا کند.

واژه های اصلی: زنجیره تامین، مدل ریاضی چند هدفه، الگوریتم ژنتیک، زنجیره تامین حلقه بسته

۱- مقدمه

به دلیل تحولات اجتماعی و سیاسی و کمیابی مواد اولیه برای تولید، عدم قطعیت عامل مهمی در مدل های شبکه زنجیره تامین است [۲]. یکی از عوامل اصلی رقابت در فضای رقابتی کنونی زنجیره تامین است، بطوریکه کارخانه ها و سازمانها برای افزایش کارایی و اثربخشی، و دستیابی به اهداف و آرمان های خود، ملزم به داشتن یک زنجیره تامین مناسب هستند [۳] به دلیل افزایش روزافزون آلودگی های زیست محیطی و الزامات دولت ها برای مقابله با آلودگی های زیست محیطی، سازمان ها ملزم به به کارگیری زنجیره های تامین سبز هستند که مسائل زیست محیطی را در کنار مسائل مالی مدنظر قرار می دهد [۱].

از مدیریت زنجیره تامین در راستای مدیریت دانش می تواند در بهبود اهداف سازمان کمک بسیار مناسبی باشد لذا در این مقاله سعی بر آن شده است که به شناخت مدیریت زنجیره تامین در سازمان ها پرداخته شود و در ادامه به شناخت و بررسی عامل دانش در سازمان ها و نقش و اهمیت آن در سازمان ها در راستای بکارگیری مدیریت زنجیره تامین و اطلاعات پرداخته شود [۴].

زنجیره های تامین، تامین کنندگان را به یک شرکت تولیدی و شرکت را به مشتریان ارتباط می دهد [۵]. برای اداره صحیح زنجیره تامین لازم است تا نسبت به خدمات عالی به مشتریان، هزینه های پایین و زمان چرخه کوتاه اطمینان حاصل کنیم [۶،۷].

*rezahteshamrasi@gmail.com

در این پژوهش بهینه‌سازی زنجیره تأمین به دلیل این انتخاب شده است که برای ارائه کالا و خدمات در اقتصاد یک سازو کار و سیستمی باید وجود داشته باشد تا کارایی و بهره‌وری اقتصادی با حداکثر برسد [۸] زنجیره تأمین ارتباط بین بازار محصولات جدید و بازار محصولات مرجوعی برقرار می‌کند [۹] به دلیل بالا بردن جنبه اقتصادی و کارآمدی زنجیره تأمین در این بحث و یکپارچه‌سازی عملیات اقتصادی انتخاب شد است و به طور کلی زنجیره تأمین زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل می‌شود [۱۰].

زنجیره تأمین به دو نوع حلقه بسته و حلقه باز تفکیک می‌شود در صورتی که این دو بازار بر هم منطبق شوند، شبکه حلقه بسته و در غیر این صورت حلقه باز نامیده می‌شود [۱۱]. به عنوان نمونه، محصولات مرجوعی از دو مسیر به زنجیره بسته بر می‌گردند:

- در صورتی که بازایی شوند، به عنوان محصول جدید بر می‌گردند.
- در صورتی که بازایی نشوند، اجزا سالم آن به عنوان ماده اولیه برگشته و یا باز یافت می‌شوند [۱۲].

زنجیره‌های تأمین دارای انواع مختلفی هستند که می‌توان از مهمترین آنها به «ساخت یکپارچه برای ذخیره کردن» [۱۳]، «پس از تخلیه پر کردن به طور مستمر»، «ساخت بر مبنای سفارش» [۱۴] و «مونتاژ کانالی» اشاره کرد. اداره زنجیره تأمین با وجود عدم اطمینان در تقاضا و تأمین و نیاز برای هماهنگی بین چندین فعالیت تجاری شرکاء مشکل است [۱۵]. با توجه به طبیعت پیچیده زنجیره‌های تأمین، آنها معمولاً با حد بالایی از عدم قطعیت و ابهام مواجه هستند [۱۶] که می‌تواند کیفیت عملکرد آنها را به طور نامطلوبی تحت تأثیر قرار دهد و توانایی زنجیره را در پیش‌بینی شرایط آینده با مشکل مواجه می‌کند [۱۷].

از اصلی‌ترین این مشکلات می‌توان از «اثر شلاق چرمی» و «ذخیره فریبنده» [۱۸] نام برد. راه حل‌هایی برای مشکلات زنجیره تأمین وجود دارند که از آن جمله می‌توان به «ادغام عمودی»، «موجودی مناسب» [۱۹]، «استراتژی‌های کاهش عدم اطمینان محیطی» [۲۰] و استفاده از «تکنیک‌ها و فنون مناسب برنامه‌ریزی و تولید» [۲۱] اشاره کرد. به دلیل اینکه زنجیره‌های تأمین ممکن است طولانی و پیچیده و شامل تعداد زیادی شرکاء تجاری باشد، مشکلاتی طی آن پیش می‌آید [۲۲].

شرایط عدم قطعیت نوعی نگرش دقیق به اعداد هست که دربرخی علوم کاربرد دارد [۲۳]. همچنین تأثیر بر داده‌های اندازه‌گیری شده دارد. در شرایط عدم قطعیت کنونی بسیاری از افراد و سازمان‌ها بر این باورند که استراتژی معنا و مفهوم و جایگاه خود را از دست داده است [۲۴]، چرا که زمانی که آینده کاملاً قابل پیش‌بینی است، این مشکلات در صورت تأخیر در حل به نارضایتی مشتریان [۲۵] و از دست دادن فروش منجر شود و هزینه‌های بالایی را برای رفع متحمل سازمان کند [۲۶].

شرکت‌هایی در کلاس جهانی خیلی از موفقیت‌هایشان را به مدیریت زنجیره تأمین نسبت می‌دهند [۲۷].

برای طراحی استراتژی می‌توان از رویکردهای متعارف استراتژی استفاده کرد [۲۸]. اما زمانی که آینده غیرقابل پیش‌بینی و با عدم قطعیت مواجه باشد دیگر این قبیل رویکردها، غیر کاربردی بوده و بی معنی می‌باشند و می‌بایست از رویکردهایی که مناسب با شرایط ناپایدار است یا با شرایط عدم قطعیت مواجه هستیم سود جست [۲۹]

عدم قطعیت در طراحی زنجیره‌های تأمین که ناشی از افق بلندمدت تصمیم‌گیری است، به دودسته قابل تقسیم است [۳۰]. دسته اول، عدم قطعیت روزمره مربوط به پارامترها است [۳۱] توجه به مسئله اختلالات در طراحی شبکه‌ها، نه تنها می‌تواند سبب اتخاذ تصمیمات قابل اطمینان تری گردد، بلکه از ضررهای احتمالی نیز جلوگیری خواهد شد [۳۲]. که خود به دودسته سیستمی و محیطی قابل تقسیم‌بندی است [۳۳]. دسته دوم نیز مربوط به حوادث غیرمترقبه‌ای است [۳۴] که می‌تواند زنجیره‌های تأمین را با ضرر بزرگی مواجه کند و سبب از بین رفتن تسهیلات، افزایش هزینه حمل و نقل و از دست رفتن سهم بازار گردند زنجیره تأمین بر تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها مشتمل می‌شود [۳۵، ۳۶] و کالاها و خدمت بازگشتی به صورت کم هزینه و آسان جمع‌آوری شود و اقتصاد مدور که بحث اصلی آن در مورد باز یافت کالاها و برگشتی و کالاها که نیاز به تعمیرات دارد تا دوباره از آنها استفاده شود است [۳۷] بهینه‌سازی زنجیره تأمین عبارت است از فرایند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل عملیات مرتبط با زنجیره تأمین در بهینه‌ترین حالت ممکن [۳۸، ۳۹].

بهینه‌سازی زنجیره تأمین بر یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین [۴۰] و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط زنجیره در جهت دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و مستدام، مشتمل می‌شود [۴۱].

رویکردهای سنتی برنامه‌ریزی استراتژیک مدیریت زنجیره تأمین در مواجهه با آشفتگی و عدم قطعیت در محیط [۴۲]، منعطف نبوده و از قابلیت پاسخگویی مناسبی برخوردار نیستند [۴۳].

اما اجرای مدیریت زنجیره تأمین زمانی می‌تواند در سازمان‌ها مفید واقع شود و می‌تواند که به اهداف خود برسد که، بتواند در تعامل با اهداف و اجرای سازمان به خوبی خود را نشان دهد یکی از این مسائل مهم در سازمان‌ها توجه به مدیریت دانش می‌باشد [۴۴].

دلیل و علل انتخاب این موضوع برای این پژوهش این است که در زنجیره تأمین تلاش در آن است که از مواد اولیه که قبلاً استخراج شده و کالا با آن تولید شده را به چرخه تولید برگردانده شود از عوامل و اثرات زیست محیطی اجتماعی و... بکاهد و کالاها را ارزش و کیفیت تولید کنیم با هزینه کم که سود زیاد و بهره‌وری خوبی داشته باشد (بیست و سومین اجلاس اعضای متعهد به توافق اقلیمی پاریس (COP۲۳))

رویکرد بهینه‌سازی استوار مدل پیشنهادی خود را با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ها حداقل نمودند [۱۹].

در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط (MILP) برای طراحی شبکه لجستیک یکپارچه پیشرو / معکوس چندلایه، چند محصولی، تک دورهای به همراه ظرفیت‌های محدود شده و با شرایط نبود قطعیت ارائه می‌شود که به طور همزمان گزینه‌های بازیابی، تعمیر، تولید دوباره و همچنین گزینه دفع ضایعات را در برمی‌گیرد. هدف کمینه‌سازی هزینه کل شبکه است [۱۶].

بهرامی و همکاران^۴ (۱۳۹۷) پژوهشی با عنوان مدل‌سازی و حل یک سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده چند کالایی با محدودیت‌های تصادفی گنجایش انبار و بودجه ارائه نمودند. همکاری در زنجیره تامین به عنوان یک تفاوت در کسب و کار و یک منبع ایجاد مزیت رقابتی شناخته شده است. یکی از پرکاربردترین انواع همکاری در زنجیره تامین، قرارداد مدیریت موجودی توسط فروشنده می‌باشد [۴۰].

غلام نتایج و همکاران^۵ (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان ارائه یک مدل چند هدفه برای مساله طراحی شبکه در زنجیره تامین حلقه بسته با مرکز پشتیبانی ارائه نمودند. اهمیت و تاثیر زنجیره تامین بر بازار رقابتی عصر حاضر و جنبه‌های مثبت بهینه‌سازی زنجیره ها موجب توجه محققان به شبکه‌های زنجیره تامین شده است. زنجیره تامین رو به جلو، جریان حرکت مواد و محصولات را از تامین‌کنندگان به مشتریان در نظر می‌گیرد. زنجیره تامین معکوس شامل جریان برگشت مواد و محصولات استفاده شده یا فروخته نشده مشتریان می‌باشد که به منظور بازیافت و یا استفاده مجدد به زنجیره تامین برگشت داده می‌شوند [۲۱].

مسلمی پور و همکاران^۶ (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی زنجیره تامین پایدار با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری ازدحام ذرات چند هدفه و الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب ارائه نمودند. توسعه پایدار، مفهوم جدیدی است که پس از انقلاب صنعتی و معضلات ایجاد شده در رابطه با صنعتی شدن و توسعه تکنولوژیک، و از طریق پیوند بین ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شکل گرفته است که در موفقیت بلند مدت یک کسب و کار حیاتی است [۳۶].

هووو و همکاران^۷ (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان تاثیر عملیات‌ها و استراتژیهای زنجیره تامین بر یکپارچگی و عملکرد ارائه نمودند. هدف این مطالعه، توسعه مدل جامعی است که درک روابط بین استراتژی‌های عملیات، استراتژیهای زنجیره تامین، یکپارچگی زنجیره تامین و عملکرد شرکت را تسهیل می‌دهد [۱۴].

با حداکثرسازی ارزش کالو بهینه‌سازی جریان کالا در این تحقیق می‌توان کارهای زیاد نمود یعنی در پژوهش‌های قبلی مرجوعی بازیافت می‌شوند و کالاهای از این مواد تولید می‌شود کالاهای درجه دو و سه است که از ارزش کالاهای تولید کم می‌کند و در بازتولید کالاهای با سرعت بیشتر وارد زنجیره تامین می‌گردد و جریان کالا بهتر و بیشتر انجام می‌شود. در بازتولید بهبود کارایی مواد در داخل شرکت و افزایش بهره‌وری مواد در زنجیره تامین ایجاد می‌شود.

در تحقیقات قبلی مواد زائد و غیرقابل استفاده بیشتر تولید می‌شود ولی در این تحقیق از کمترین و کوچک‌ترین قطعات و بخش‌های کالاهای برگشتی و خراب می‌توان استفاده بهینه نمود و با این کار بهره‌وری زنجیره تامین هم بالا می‌رود. در این تحقیق بر لزوم استفاده از قطعات و اجزاء سالم در باز تولید محصولات تاکید می‌شود و این باز تولید از همه کالاهای در هر بخش از زنجیره تامین باشد که قابل استفاده نیست به بخش باز تولید منتقل می‌شود و باز تولید می‌گردد در صورتی که در تحقیقات قبلی از کالاهای برگشتی از بخش‌های مصرفی به بخش بازیافت انتقال می‌یابد و در کل زنجیره تامین برای مدیریت و بهینه‌سازی در امر تولید و حمل و نقل و توزیع برای رضایت‌مندی مشتری و باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش سود می‌شود.

۲- مبانی و چهارچوب نظری تحقیق

نقش طراحی و بازطراحی شبکه در بازار تجارت کنونی یک فعالیت بسیار مهم شده است به این علت که شرکت‌ها امروزه با چالش‌های بسیاری مواجه هستند. همانطور که توسط بالو و همکاران^۱ در سال ۱۹۶۸ مطرح شده است باز طراحی شبکه‌ی زنجیره تامین موجب کاهش ۵ تا ۱۵ درصدی هزینه‌ی شبکه می‌شود در رویکرد باز طراحی، یک شبکه با تعدادی کارخانه، مراکز توزیع وجود دارد که در مکان‌های ثابت در حال فعالیت هستند و تصمیمات جدید شامل مکانیابی تسهیلات و مشخصه‌هایی در طول زنجیره تامین که باید گرفته شود را شامل می‌شود که تمرکز اصلی بر توسعه ی مراکز موجود با اضافه نمودن سطوح ظرفیت، بستن مراکز موجود، بازکردن مراکز جدید و اضافه نمودن ظرفیت به آنها می‌باشد [۱۲].

تحقیقات که درباره زنجیره تامین انجام شده می‌توان به مطالعه گولن و همکاران^۲ (۲۰۰۹) اشاره نمود. مدل ارائه شده توسط آنها یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی غیر خطی عدد صحیح مختلط می‌باشد که دو هدفه نیز هست. توابع هدف مدل هزینه‌های اقتصادی و اثرات زیست محیطی هستند. مطالعات انجام شده در این زمینه می‌توان به مطالعه فنگ و راکش^۳ (۲۰۱۰) اشاره نمود. آنها یک مدل یکپارچه‌ای را که در آن نوسانات تقاضا و هزینه‌ها به صورت غیرقطعی بود در نظر گرفتند و با

^۴ Bahrami and et al

^۵ Golam Nataj and et al

^۶ Moslemipour and et al

^۷ Huo and et al

^۸ Li and et al

^۹ Kiana

^{۱۰} Virma

^۱ Balo and et al

^۲ Glen and et al

^۳ Fang and Rakesh

لی و همکاران^۸ (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان قیمت‌گذاری و مصوبات موجودی در زنجیره تأمین مواد غذایی با وقفه در تولید و کنترل وخامت ارائه نمودند. خرابی مواد غذایی در اکثر کشورهای جهان دچار یک مشکل اساسی است که ممکن است باعث زیان‌های اقتصادی و زیان‌های زیست محیطی شود. کینا و ویرما^{۱۰} (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان مدیریت لجستیک در زنجیره‌ی عرضه مرور کلی ارائه نمودند. هدف از این مقاله، بررسی لجستیک / مدیریت لجستیک در زنجیره‌ی عرضه و مسائل مربوط به لجستیک فعلی آنها در کسب و کار کنونی و ارائه‌ی یک روش مفهومی برای موضوعات مرتبط با آن است. روش‌شناسی مبتنی بر لجستیکی ست که ورودی روش‌شناسی است [۴۳] و مزایایی که بازدهی روش‌شناسی تلقی می‌گردد. بررسی پیشینه‌ی تحقیق بر روی مسائل کلیدی بیرونی و درونی لجستیک انجام شده است و ابعاد مختلف آن را تعیین می‌کند.

با پیروی از چنین ادبیات و یافته‌هایی فرضیات زیر مطرح می‌گردد:

- ۱- محصولات تولیدی ابتدا وارد انبار ذخیره شده و سپس بین مرکز توزیع در طول زنجیره تأمین می‌شود.
- میزان عرضه و تقاضا برای هر محصول یا یک محصول خاص در هر مرکز به صورت مستقل از دیگر مراکز مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- مرکز مشتری کمبود محصول خود را می‌تواند از دیگر مرکز مشتری تأمین کنند.
- جریان کالا بین نقاط مختلف زنجیره تأمین به صورت نرمال است.
- کالاهای مرجوعی (بازگشتی) از زنجیره معکوس استفاده می‌کنند.
- محصولات تولیدی ابتدا وارد انبار ذخیره شده و سپس بین مرکز توزیع در طول زنجیره تأمین می‌شود.
- میزان عرضه و تقاضا برای هر محصول یا یک محصول خاص در هر مرکز به صورت مستقل از دیگر مراکز مورد بررسی قرار می‌گیرد.
- مرکز مشتری کمبود محصول خود را می‌تواند از دیگر مرکز مشتری تأمین کنند.
- جریان کالا بین نقاط مختلف زنجیره تأمین به صورت نرمال است.
- کالاهای مرجوعی (بازگشتی) از زنجیره معکوس استفاده می‌کنند.

۳- پیشینه تحقیق

نقش طراحی و بازطراحی شبکه در بازار تجارت کنونی یک فعالیت بسیار مهم شده است به این علت که شرکت‌ها امروزه با چالش‌های بسیاری مواجه هستند [۶].

بشیری و شرافتی^{۱۱} (۱۳۹۱) پژوهشی با عنوان طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته در یک محیط فازی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی ارائه نمودند. اغلب مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین در محیط فازی تک محصولی بوده و در آنها نیاز مشتریان و برخی معیارهای کیفی نادیده گرفته می‌شود [۲۴]. اسیرو^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان همتراز سازی طرح زنجیره تأمین برای تقویت انعطاف‌پذیری ارائه نمودند بسیاری از محققان اثر حوادث مخرب مانند بلایای طبیعی و نیروهای اقتصادی و بازار را در زنجیره‌های تأمین جهانی بررسی کرده‌اند [۲۲].

در جهان امروز، تغییرات در عرصه اقتصاد و صنعت با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال وقوع می‌باشد. هدف سازمان‌ها و شرکت‌ها، حفظ و افزایش سود و همچنین بقا و دوام بیشتر در بازار است؛ به طوری که جهانی شدن فعالیت‌های اقتصادی در کنار رشد سریع فناوری و منابع محدود، شرکت‌ها را در یک رقابت تنگاتنگ قرار داده است. ازجمله مزیت‌های رقابتی برای شرکت‌ها، کارا تر و اثربخشر کردن فعالیت‌هایی نظیر زنجیره تأمین است. همچنین به دلیل قوانین دولتی، مسائل زیستمحیطی و گسترش مفهوم مسئولیت‌پذیری اجتماعی، مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. زنجیره تأمین حلقه بسته شامل هر دو شبکه زنجیره تأمین رو به جلو و معکوس می‌باشد و هدف از طراحی آن ترکیب کردن ملاحظات محیطی با طراحی شبکه زنجیره تأمین سنتی از طریق جمع‌آوری محصولات استفاده شده و فعالیت‌های مربوط به استفاده مجدد از آنها می‌باشد. در این مقاله یک مدل زنجیره تأمین حلقه بسته دو هدفه، چند دوره‌ای، چند محصولی با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی و اعمال مفاهیم کمبود قابل جبران و تخفیف، گسترش داده شده است [۹].

ایران‌زاده و همکاران^{۱۳} (۱۳۹۸) پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی ترکیبی زنجیره تأمین دو سطحی حلقه-بسته در رابط عدم اطمینان (مطالعه موردی صنایع لبنی) ارائه نمودند [۱۷].

هدف این مطالعه، توسعه مدل جامعی است که درک روابط بین استراتژیهای عملیات، استراتژی‌های زنجیره تأمین، یکپارچگی زنجیره تأمین و عملکرد شرکت را تسهیل می‌دهد.

جدول (۱): برخی تحقیقات انجام شده

شماره	نام نویسنده	سال	موضوع
۱	رضانیا و موسی زاده	۲۰۲۳	طراحی شبکه تاب آور زنجیره تأمین حلقه بسته مواد غذایی در شرایط عدم قطعیت

^{۱۳} Iranzadeh and et al

^{۱۱} Bashiri and Sherafati

^{۱۲} Asiro and et al

			شامل تسهیلات جمع آوری و بازرسی، احیا و انهدام
۲۱	کانان و همکارانش	۲۰۱۲	مدل شبکه ای زنجیره تأمین بسته چند مرحله ای چند محصولی برای مطالعه کاربرد بهینه کالاهای بازگشتی
۲۲	وانگ و سودر	۲۰۱۲	مدل برنامه ریزی عدد صحیح برای طراحی شبکه لجستیک حلقه بسته
۲۳	جیارمن و پیرکول	۲۰۱۱	زنجیره تأمین شامل تأمین کنندگان، کارخانجات، مراکز توزیع و نواحی تقاضا
۲۴	ییلماز و کاتی	۲۰۱۱	مسئله برنامه ریزی استراتژیک را برای یک شبکه تولید توزیع سه مرحله ای
۲۵	دلفی فاب	۲۰۱۱	مسئله برنامه ریزی استراتژیک را برای یک شبکه تولید توزیع سه مرحله ای
۲۶	پارک و همکاران	۲۰۱۰	مدل برای طراحی یک زنجیره تأمین سه سطحی از تأمین کنندگان و مراکز توزیع و خرده فروشان
۲۷	لی و همکاران	۲۰۱۰	مدل تخصیص ظرفیت برای یک زنجیره تأمین سه سطحی از تأمین کنندگان و تولیدکنندگان و مراکز توزیع
۲۸	لیکن و وندال	۲۰۱۰	مدل خطی صحیح مختلط

جدول (۲): شاخص‌ها به صورت ذیل در نظر گرفته شده است:

شاخص‌ها

نام نویسنده	هزینه	کیفیت	زمان	سود
رضانیا و موسی زاده	×			×
محمدی و سلیمانی	×	×		
برادران و صفری	×	×		
اسپرو و همکاران	×			×
موناستوری			×	
کیناو ویرما	×		×	×
لی و همکاران		×		×
هووو و همکاران	×			×
حسنج و جانسون	×		×	
براون و همکاران	×			×
لوتیز و همکاران		×		

			تقویت خاصیت ارتجاعی زنجیره
۲	محمدی و سلیمانی	۲۰۲۰	طراحی شبکه تأمین و کمینه کردن گاز CO ₂
۳	برادران و صفری	۲۰۱۹	طراحی زنجیره تأمین برای کمینه کردن گاز دی اکسید کربن با بازیافت پودر ضایعات
۴	اسپرو و همکاران	۲۰۱۸	همتراز سازی طرح زنجیره تأمین برای تقویت انعطاف پذیری
۵	موناستوری	۲۰۱۸	استحکام زنجیره های تأمین: چالش ها و فرصت ها
۶	کیناو ویرما	۲۰۱۸	-مدیریت لجستیک در زنجیره ی عرضه
۷	لی و همکاران	۲۰۱۸	قیمت گذاری و مصوبات موجودی در زنجیره تأمین مواد غذایی با وقفه در تولید و کنترل وخامت
۸	هووو و همکاران	۲۰۱۸	پژوهشی با عنوان تاثیر عملیاتها و استراتژیهای زنجیره تأمین بر یکپارچگی و عملکرد
۹	حسنج و جانسون	۲۰۱۸	مدیریت زنجیره تأمین - راهی برای دستیابی به اقتصاد دایره ای
۱۰	براون و همکاران	۲۰۱۸	مطالعه موردی تحلیل توانمندی ها برای بهبود کارایی مواد در زنجیره های تولید تولید
۱۱	لوتیز و همکاران	۲۰۱۸	بررسی فناوری و صنعت برای فعال کردن شیوه های اقتصاد مدور در یک زمینه تولید (مدل کسب و کار)
۱۲	نیورونینگ و اولسن	۲۰۱۶	اقتصاد کلان: آیا در یک بسته محصولی بسته باشد یا نه؟ ارزیابی چرخه آلوده‌نیومی با استفاده از عناصر آلیاژی
۱۳	یینگ و لی جون	۲۰۱۴	بررسی مدیریت زنجیره تأمین سبز بر اساس اقتصاد مدور
۱۴	صبری و بیامون	۲۰۱۳	بررسی شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین کنندگان، کارخانجات، مراکز توزیع و نواحی تقاضا
۱۵	تساریس و پاپاجورجیو	۲۰۱۳	بهینه یک شبکه تولید تخصیص و توزیع با توجه به محدودیتهای مالی و عملیاتی
۱۶	لیو و پاپاگورگیو	۲۰۱۳	بهینه یک شبکه تولید تخصیص و توزیع با توجه به محدودیتهای مالی و عملیاتی
۱۷	چن و لی	۲۰۱۳	زنجیره تأمینی را متشکل از تعدادی مراکز تولید، مراکز توزیع و خرده فروشی
۱۸	اوزدمیر و همکاران	۲۰۱۲	مدل طراحی شبکه چند محصولی
۱۹	جیارما و پیرلرکل	۲۰۱۲	مدل یکپارچه تولید-توزیع از نوع احتمالی
۲۰	چن سویتی	۲۰۱۲	طراحی شبکه لجستیک معکوس

در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ میلادی، سازمان‌ها و شرکت‌ها و کمپانی‌های بزرگ برای افزایش توان رقابتی خود تلاش زیادی نمودند تا با استانداردسازی و بهبود فرایندهای داخلی خود محصولی با کیفیت بهتر و هزینه کمتر تولید و به بازار عرضه نمایند [۳۰].

در دهه ۸۰ میلادی با افزایش تنوع در الگوهای مورد انتظار مشتریان، سازمان‌ها به‌طور فزاینده‌ای به افزایش انعطاف‌پذیری در خطوط تولید و توسعه محصولات جدید برای جابدهی به نیازهای مشتریان برآمدند. در دهه ۹۰ میلادی به همراه بهبود در فرایندهای تولید و بکارگیری الگوهای مهندسی مجدد، مدیران بسیاری از صنایع به این نتیجه رسیدند که برای ادامه حضور در بازار تنها بهبود فرایندهای داخلی و انعطاف‌پذیری توانایی‌های شرکت کافی نیست بلکه تأمین کنندگان قطعات و مواد نیز باید موادی با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید نمایند. رفته رفته با گسترش سریع فناوری اطلاعات و بهبود فرایندهای سازمانها و با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره تأمین و مدیریت به وجود آمد و از طرف دیگر با توسعه سریع فناوری اطلاعات در سالهای اخیر و کاربرد وسیع آن در مدیریت زنجیره تأمین، بسیاری از فعالیتهای اساسی مدیریت زنجیره با روش‌های جدید در حال انجام صورت گرفتن میباشد [۲۷].

۵- نوآوری و توصیه تحقیق

با بهینه‌سازی جریان کالا در این تحقیق می‌توان کارهای زیاد نمود یعنی در پژوهش‌های قبلی مرجوعی بازیافت می‌شوند و کالاهای از این مواد تولید می‌شود کالاهای درجه دو و سه است که از ارزش کالاهای تولید کم می‌کند و در بازتولید کالاها با سرعت بیشتر وارد زنجیره تأمین می‌گردد و جریان کالا بهتر و بیشتر انجام می‌شود. در باز تولید بهبود کارایی مواد در داخل شرکت و افزایش بهره وری مواد در زنجیره تأمین ایجاد می‌شود در تحقیقات قبلی مواد زائد و غیرقابل استفاده بیشتر تولید می‌شود ولی در این تحقیق از کمترین و کوچکترین قطعات و بخش‌های کالاهای برگشتی و خراب می‌توان استفاده بهینه نمود و با این کار بهرووری زنجیره تأمین هم بالا می‌رود. در این تحقیق بر لزوم استفاده از قطعات و اجزاء سالم در باز تولید محصولات تاکید می‌شود و این باز تولید از همه کالاها در هر بخش از زنجیره تأمین باشد که قابل استفاده نیست به بخش باز تولید منتقل می‌شود و باز تولید می‌گردد در صورتی که در تحقیقات قبلی از کالاهای برگشتی از بخش‌های مصرفی به بخش بازیافت انتقال می‌یابد و در کل زنجیره تأمین برای مدیریت و بهینه‌سازی در امر تولید و حمل و نقل و توزیع برای رضایت‌مندی مشتری و باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش سود می‌شود.

توصیه یک مدل دایره‌ای برای استفاده مجدد از دستگاه‌های الکترونیکی ضایعات، ادغام فن‌آوری‌های وب، تدارکات معکوس و تولید افزودنی برای حمایت از کارهای اقتصادهای مدور است. نتایج حاکی از تأثیر مثبتی از بهبود پایداری کسب و کار توسط دوباره وارد شدن زباله به زنجیره عرضه

نیورینگ و اولسن	x			x
بینگ و لی جون	x	x		x
صبری و بیامون	x			
تساریس و پاپاجورجیو	x			
لیو و پاپاگورگیو	x			
چن و لی	x	x		x
اوزدمیر و همکاران	x			x
جیارما و پیرلوکل	x			
چن سویتی	x			
کانان و همکارانش	x		x	
وانگ و سودر	x			
جیارمن و پیرکول	x	x		x
بیلماز و کاتی	x			
دلفی فاب	x	x		
پارک و همکاران	x			
لی و همکاران	x			x
لیکن و وندال	x			

۴- اهمیت و ضرورت اجرای تحقیق

اهمیت و تاثیر زنجیره تأمین بر بازار رقابتی عصر حاضر و جنبه‌های مثبت بهینه‌سازی زنجیره‌ها موجب توجه محققان به شبکه‌های زنجیره تأمین شده است. زنجیره تأمین رو به جلو، جریان حرکت مواد و محصولات را از تأمین‌کنندگان به مشتریان در نظر می‌گیرد. زنجیره تأمین معکوس شامل جریان برگشت مواد و محصولات استفاده شده یا فروخته نشده مشتریان می باشد که به منظور بازیافت و یا استفاده مجدد به زنجیره تأمین برگشت داده می‌شوند. علاوه بر آن در محیط پر رقابت امروزی، سرعت بالای تغییرات، بر عدم قطعیت حاکم بر تصمیم‌گیری افزوده است. برای مدیریت عدم قطعیت حاکم بر زنجیره تأمین و داشتن اعتماد کافی به نتایج، برنامه‌ریزی قابل اتکا باید انجام شود تا ریسک تصمیم‌گیری کاهش یابد. یکی دیگر از مهم‌ترین اهداف زنجیره‌های تأمین پاسخ‌دهی به نیاز مشتریان با کمترین هزینه و بالاترین کیفیت، در زمان مورد انتظار می‌باشد. بنابراین، طراحی، مدیریت و پیاده‌سازی زنجیره‌های تأمین یکپارچه نه تنها می‌تواند مشکل مذکور را رفع نماید، بلکه می‌تواند سبب ایجاد مزیت رقابتی بلند مدت برای سازمان در بین رقبایش گردد.

حاصل از محصولات تولیدی در جهت بهینه‌سازی و بهبود و کارایی عملکرد مدل مذکور و پیاده‌سازی آن در شرکت مذکور پرداخته‌اند [۲]. برادران و صفری^{۲۰} با ۱۳۹۸ اجرای مدلی از شبکه زنجیره تامین حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت و با توجه به مسائل زیست محیطی که در آن به تولید و بازیافت و امحاء ضایعات پرداخته شده است. کاربرد مدل پیشنهادی بازیافت بطری‌های شیشه‌ای با هدف کاهش هزینه تولید و حمل و نقل برای محصولات مختلف بوده و کاهش کل گاز دی اکسید کربن تولیدی (توجه به مسائل زیست محیطی) پرداخته است [۳].

۶- اهداف تحقیق

اهداف اصلی :

- ارائه‌ی یک مدل ریاضی چند هدفه برای بهینه‌سازی زنجیره تامین حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت
- اهداف فرعی :
- کمینه‌سازی زمان در سرویس‌دهی به مشتریان در زنجیره تامین بسته تحت شرایط عدم قطعیت
- حداکثر کردن موجودی انبار و مقدار تصمیم پذیرش در زنجیره تامین بسته تحت شرایط عدم قطعیت
- کمینه‌سازی هزینه و بیشینه کردن سود در کل شبکه در زنجیره تامین بسته تحت شرایط عدم قطعیت
- اهداف کاربردی :
- کاهش هزینه‌ها و افزایش سود در زنجیره تامین با استفاده از کالاهای بازیافتی و بازدهی بالا زنجیره تامین کالاهای بازیافتی
- استفاده از اجزای خارج شده کالاهای بازیافتی و بخش‌های سالم کالاهای استفاده شده در زنجیره تامین

۷- روش تحقیق

با توجه به این‌که تحقیق انجام‌شده به تحلیل و تبیین وضع موجود پرداخته است و مسیری را در قالب نظرسنجی پیموده است، بنابراین مطالعات توصیفی با رویکرد مدل‌سازی ریاضی، مهم‌ترین روش برای انجام این پژوهش است. هرچند در این تحقیق اصول مربوط به روش‌های گزینش نمونه و استنباط‌ها و تعمیم‌ها از نتایج درمورد تحقیق انتخاب شده رعایت می‌شود. جمع‌آوری اطلاعات از طریق مشاهدات میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای (در خصوص گردآوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای (۱- بررسی مبانی نظری و مرور بر ادبیات داخلی، بدست آوردن اطلاعات مورد نیاز از طریق بررسی کتابها، مقالات معتبر علمی، پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد و دکتری، بانک‌های اطلاعاتی وزارت راه و شهرسازی، بانک‌های اطلاعاتی مهندسين مشاور فعال در زمینه ساختمان، بانک‌های اطلاعاتی شبکه‌های

برای تولید محصولات به صورت تقاضا است. لوئیز^{۱۴} همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی با عنوان بررسی فناوری و صنعت برای فعال کردن شیوه‌های اقتصاد مدور در یک زمینه تولید (مدل کسب و کار) ارائه نمودند. هدف این مقاله بررسی این است که چگونه فناوری‌ها جدید و صنعت می‌توانند با اقتصادهای مدور یکپارچه‌سازی شوند تا یک مدل کسب و کار ایجاد شود که مواد زائد مانند زباله یا زباله الکترونیکی را مجدداً استفاده و بازیافت کند [۳۹].

نیوروینگ^{۱۵} و ولسن^{۱۶} (۲۰۱۶) پژوهشی با عنوان ارزیابی چرخه آلومینیومی با استفاده از عناصر آلیاژی در اقتصاد مدور ارائه نمودند. بسته‌بندی، که بزرگترین منبع ضایعات آلومینیوم در سطح جهانی است، نشان دهنده‌ی یک نقش کلیدی در انتقال به سمت اقتصاد مدور است. توصیه اصلی این است که ایده چند توابع واحد عملکردی را شامل شود. برای بهبود بیشتر عملکرد محیط زیست می‌تواند بخش را به سمت پیاده‌سازی اقتصاد مدور و در کل زنجیره تامین برای مدیریت و بهینه‌سازی در امر تولید پیش برد [۱۷].

همچنین با استفاده از مدل دیگر زنجیره تامین برای مدیریت و بهینه‌سازی در امر تولید را با هدف کاهش هزینه کل پیش برد. کانان^{۱۷} و همکارانش در سال ۲۰۱۲ یک مدل شبکه‌ای زنجیره تأمین بسته چند مرحله‌ای چند محصولی برای مطالعه کاربرد بهینه کالاهای بازگشتی ارائه کردند که در آن تصمیماتی در مورد تدارکات، تولید، توزیع، بازیافت و انهدام اتخاذ می‌شود. این مدل یک مدل MILP با هدف کمینه‌سازی هزینه کل می‌باشد که برای حل آن یک الگوریتم ژنتیک ابتکاری توسعه داده شده است [۳۸،۳۹].

در پژوهشی نوین که توسط رضانیا و موسی‌زاده^{۱۸} در سال ۱۴۰۲ انجام گرفته با استفاده از مدل دیگر زنجیره تامین حلقه بسته (تولید میگو و بازیافت پودر ضایعات میگو) در شرایط عدم قطعیت و ارائه یک مدل ریاضی به دنبال حداقل رساندن هزینه کل شامل هزینه‌های احداث، حمل و نقل و قابلیت ردیابی، بیشینه‌سازی پایداری در بهبود مستمر و اشتغال ایجاد شده و به حداکثر رساندن خاصیت ارتجاعی شبکه زنجیره تامین می‌باشد [۱].

محمدی و سلیمانی^{۱۹} با ۱۳۹۹ با طراحی مدلی از زنجیره تامین تحت شرایط عدم قطعیت در شرکت ایران ترانسفر به منظور تعیین راهبردهای مسئله شامل مکان‌یابی مراکز تولید، جمع‌آوری و بکارگیری ضایعات

^{۱۴} Luiz

^{۱۵} Nierorving

^{۱۶} Olsen

^{۱۷} Canan and et al

^{۱۸} Rezanya and Mosavi

^{۱۹} Baradaran and Safari

^{۲۰} Mohammadi and Solymani

اینترنتی، کتاب‌ها و مقالات موجود و جهت جمع‌آوری اطلاعات برای تایید یا رد فرضیه‌های پژوهش از روش میدانی استفاده می‌شود)، مصاحبه حضوری با متخصصین و مطالعه اسناد و مدارک موجود صورت گرفت و در نهایت اطلاعات مورد آنالیز قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار MATLAB انجام می‌گیرد. برای بهینه‌سازی مسائل مهندسی مدل ریاضی بر اساس مفروضات از دنیای واقعی توسعه داده می‌شود. در مرحله بعد اقدام به حل و تعیین جواب مدل می‌شود. نرم‌افزار متلب به واسطه برخورداری از زبان برنامه‌نویسی سطح بالا و محیط برنامه‌نویسی قوی، مدلسازی، آنالیز داده و محاسبات عددی مناسب است. نرم‌افزار متلب قابلیت کدنویسی و بهینه‌سازی و جستجو را دارا می‌باشد.

۸- مدلسازی ریاضی

مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته با اهداف حداقل‌کردن هزینه و حداقل‌کردن زمان تاخیر و تاجیل محصول از تولید کننده به توزیع کننده ارائه می‌گردد.

۱-۱- نمادها

I: مجموعه کارخانه‌ها (I=1, 2, ..., I)

J: مجموعه انبارها (J=1, 2, ..., J)

K: مجموعه مناطق مشتریان (K=1, 2, ..., K)

T: مجموعه دوره‌های زمانی (t=1, 2, ..., T)

۱-۲- پارامترها

S_j : حداکثر ظرفیت انبار j

N_i : حداکثر ظرفیت تولید کالای کارخانه i

M_j : حداکثر کالای فرستاده شده از انبار j به مناطق مشتریان

$\bar{D}_{kt}$: تقاضای مشتری k در دوره زمانی t

$\bar{b}_{it}$: هزینه تهیه ماده اولیه برای کارخانه i در دوره زمانی t

$\bar{p}_{ijt}$: هزینه تولید هر واحد کالا در کارخانه i برای انبار j در دوره زمانی t

$\bar{c}_{ijt}$: هزینه ارسال هر واحد کالا از کارخانه i به انبار j در دوره زمانی t

$\bar{v}_{jt}$: هزینه نگهداری هر واحد کالا در انبار j در دوره زمانی t

$\bar{\theta}_{kjt}$: درآمد حاصل از ارسال و فروش هر واحد کالا به منطقه مشتری k از انبار j در دوره زمانی t

$\bar{a}_{kit}$: هزینه جمع‌آوری، ارسال و بازیافت کالای مصرفی توسط مراکز جمع‌آوری در منطقه مشتری k برای تولید مجدد کارخانه i در دوره زمانی t

$\bar{n}_{it}$: زمان تهیه ماده اولیه برای کارخانه i در دوره زمانی t

$\bar{x}_{ijt}$: زمان تولید و توزیع هر واحد کالا از کارخانه i به انبار j در دوره زمانی t

$\bar{h}_{kit}$: زمان ارسال هر واحد کالا به منطقه مشتری k از انبار j در دوره زمانی t

$\bar{e}_{kit}$: زمان جمع‌آوری، ارسال و بازیافت کالای مصرفی توسط مراکز جمع‌آوری در منطقه مشتری k برای تولید مجدد کارخانه i در دوره زمانی t

۱-۳- متغیرهای تصمیم

F_{it} : مقدار ماده اولیه استفاده شده برای کارخانه i در دوره زمانی t

Q_{ijt} : مقدار کالای ارسالی از کارخانه i به انبار j در دوره زمانی t

W_{jkt} : مقدار کالای ارسالی از انبار j به منطقه مشتری k در دوره زمانی t

h_{jt} : مقدار کالای نگهداری شده توسط انبار j در دوره زمانی t

R_{kit} : مقدار کالای بازیافتی فرستاده شده از منطقه مشتری k به کارخانه i در دوره زمانی t

۱-۴- اهداف و محدودیت‌ها

$$\text{Min} Z_1 = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \bar{a}_{kit} R_{kit} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \bar{b}_{it} F_{it} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} (\bar{c}_{ijt} + \bar{p}_{ijt}) Q_{ijt} + \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} \bar{v}_{jt} H_{jt} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \bar{\theta}_{kjt} W_{jkt}$$

این تابع هدف مجموع هزینه‌های شبکه را کمینه می‌کند. هزینه‌ها به‌ترتیب عبارتند از: هزینه‌های آماده کردن محصولات برای تولید مجدد، هزینه تهیه ماده اولیه، هزینه تولید و ارسال کالا به انبارها، هزینه نگهداری در انبارها و هزینه ارسال به مناطق مشتریان.

$$\text{Min} Z_2 = \sum_{k \in K} \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \bar{e}_{kit} R_{kit} + \sum_{i \in I} \sum_{t \in T} \bar{n}_{it} F_{it} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} \bar{x}_{ijt} Q_{ijt} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} \bar{h}_{jkt} W_{jkt}$$

این تابع هدف نیز مجموع زمان‌های ارسال شبکه را کمینه می‌کند. زمان‌ها به‌ترتیب عبارتند از: زمان آماده کردن محصولات برای بازیافت و تولید مجدد، زمان تهیه ماده اولیه، زمان تولید و ارسال کالا به انبارها و زمان ارسال کالا به مناطق مشتری.

۱-۵- محدودیت‌ها

$$\sum_{j \in J} W_{jkt} \geq \bar{D}_{kt} \quad \forall k \in K; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که مقدار کالای فرستاده شده به هر منطقه مشتری حداقل باید برابر تقاضای آن منطقه باشد.

$$H_{jt} \leq S_j \quad \forall j \in J; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که هزینه تولید هر واحد کالا در کارخانه باید برابر یا بیشتر با هزینه جمع‌آوری، ارسال و بازیافت کالای مصرفی توسط مراکز جمع‌آوری در منطقه مشتری برای تولید مجدد کارخانه باشد.

$$S_j \geq N_i \quad \forall j \in J; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که حداکثر ظرفیت در انبار باید برابر یا بیشتر از حداکثر ظرفیت تولید کالای کارخانه باشد.

۸-۶- یافته‌ها

۸-۶-۱- مقدار پارامترهای ورودی

جدول (۳): اطلاعات مکان‌های کاندید انبار عبوری

	N ^۶	N ^۷	N ^۸
Fo	۱۲۰	۱۵۰	۲۱۰
CAPo	۱۵۰۰	۱۷۰۰	۲۲۰۰

جدول (۴): تعداد ماشین‌های موجود در هر انبار عبوری و ظرفیت هر نوع وسیله نقلیه

	Mk ^۶	Mk ^۷	Mk ^۸	Qk	Ck
K ^۱	۴	۶	۳	۵۲۰	۲۲
K ^۲	۶	۵	۴	۶۰۰	۲۵

جدول (۵): حجم هر نوع کالا

	r ^۱	r ^۲	r ^۳
Br	۵	۹	۷

جدول (۶): ماتریس قابلیت حمل هر وسیله نقلیه بسته به نوع کالا

	r ^۱	r ^۲	r ^۳
K ^۱	۱	۱	۰
K ^۲	۰	۱	۱

جدول (۷): ظرفیت هر تأمین کننده از هر نوع کالا

	r ^۱	r ^۲	r ^۳
N ^۱	۶۵	۸۵	۶۲
N ^۲	۴۶	۲۲	۳۳
N ^۳	۵۲	۶۶	۴۵

این محدودیت این را نشان می‌دهد که مقدار کالای نگهداری شده در هر انبار حداکثر باید برابر ظرفیت آن انبار باشد.

$$\sum_j Q_{ijt} \leq N_i \quad \forall i \in I; \forall t \in T$$

این محدودیت حداکثر ظرفیت تولید هر کارخانه را نشان می‌دهد.

$$\sum_k W_{jkt} \leq M_j \quad \forall j \in J; \forall t \in T$$

این محدودیت حداکثر مقدار کالایی که هر انبار می‌تواند به مناطق مشتریان ارسال کند را نشان می‌دهد.

$$\sum_{j \in J} Q_{ijt} \leq F_{it} + \sum_{k \in K} R_{Kit(t-1)} \quad \forall i \in I; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که کالای تولید شده در هر کارخانه باید کوچکتر یا مساوی با مقدار ماده اولیه موجود در هر کارخانه باشد و کالای بازیافتی به صورت ماده اولیه برای تولید مجدد کارخانه فرستاده می‌شود.

$$\sum_i Q_{ijt} \leq H_{j(t-1)} + \sum_k W_{jkt} \quad \forall j \in J; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که مقدار کالای نگهداری شده در هر انبار باید کوچکتر یا مساوی با مجموع مقدار کالای دریافتی و نگهداری شده در دوره قبل منهای مقدار کالای ارسال شده از انبار در آن دوره باشد.

$$\sum_j W_{jkt} - \sum_i R_{Kit} \geq 0 \quad \forall k \in K; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که حداکثر مقدار کالای بازیافتی باید برابر با کالای ارسال شده به مناطق مشتریان باشد.

$$Q_{ijt}, W_{jkt}, R_{Kit}, H_{jt}, F_{it} \geq 0 \quad \forall k \in K; \forall t \in T$$

در این محدودیت متغیرهای پیوسته غیر منفی ارائه می‌گردد.

$$N_i \geq M_j \quad \forall i \in I; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که حداکثر ظرفیت تولید کالای کارخانه باید برابر یا بیشتر با حداکثر کالای فرستاده شده از انبار به مناطق مشتریان باشد.

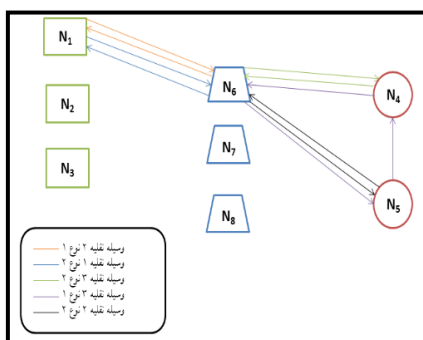
$$\tilde{b}_{it} \geq \tilde{a}_{kit} \quad \forall i \in I; \forall t \in T$$

این محدودیت این را نشان می‌دهد که با باید هزینه تهیه ماده اولیه برای کارخانه برابر یا بیشتر با هزینه جمع‌آوری، ارسال و بازیافت کالای مصرفی توسط مراکز جمع‌آوری در منطقه مشتری برای تولید مجدد کارخانه باشد.

$$\check{p}_{ijt} \geq \check{a}_{kit} \quad \forall i \in I; \forall t \in T$$

جدول (۸): زمان انتقال بین نقاط با توجه به فاصله نقاط

	N ^۱	N ^۲		N ^۳	N ^۴	N ^۵	N ^۶	N ^۷	N ^۸
N ^۱	۰	۱۰۸		۹۵	۸۷	۸۶	۲۵	۴۸	۱۵۱
N ^۲	۱۰۸	۰		۱۰۳	۱۲۶	۱۴۵	۹۸	۶۹	۱۲۸
N ^۳	۹۸	۱۰۳		۰	۸۹	۹۸	۶۵	۱۲۶	۵۶
N ^۴	۸۷	۱۲۶		۸۹	۰	۸۵	۱۲۶	۱۴۸	۱۰۲
N ^۵	۸۶	۱۴۵		۹۸	۸۵	۰	۸۵	۶۹	۶۸
N ^۶	۲۵	۹۸		۶۵	۱۲۶	۸۵	۰	۵۸	۸۵
N ^۷	۴۸	۶۹		۱۲۶	۱۴۸	۶۹	۵۸	۰	۴۶
N ^۸	۱۵۱	۱۲۸		۵۶	۱۰۲	۶۸	۸۵	۴۶	۰



شکل (۱): نمایی از مسیر حرکت وسیله نقلیه

مقدار بارگیری و تخلیه در نقاط بصورت زیر ارائه می‌شود:

جدول (۱۰): مقدار کالای بارگیری شده توسط وسایل نقلیه در تأمین

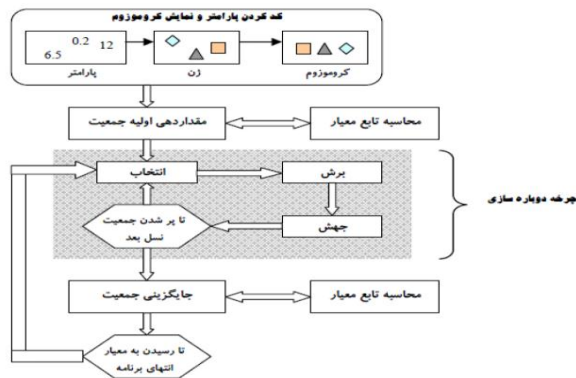
کنندگان و انبارهای عبوری

r=۱					
	k=۱, l=۲, o=۶	k=۲, l=۱, o=۶	k=۲, l=۳, o=۶	k=۱, l=۳, o=۶	k=۲, l=۲, o=۶
N ^۱	۲۸	۰	۰	۰	۰
N ^۲	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۳	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۶	۰	۰	۰	۲۸	۰
r=۲					
	k=۱, l=۲, o=۶	k=۲, l=۱, o=۶	k=۲, l=۳, o=۶	k=۱, l=۳, o=۶	k=۲, l=۲, o=۶
N ^۱	۲۶	۰	۰	۰	۰
N ^۲	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۳	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۶	۰	۰	۰	۱۴	۱۲
r=۳					
	k=۱, l=۲, o=۶	k=۲, l=۱, o=۶	k=۲, l=۳, o=۶	k=۱, l=۳, o=۶	k=۲, l=۲, o=۶
N ^۱	۲۶	۰	۰	۰	۰
N ^۲	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۳	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۶	۰	۰	۰	۱۴	۱۲

جدول (۹): هزینه حمل بین نقاط

C ^۱ ij								
	N ^۱	N ^۲	N ^۳	N ^۴	N ^۵	N ^۶	N ^۷	N ^۸
N ^۱	۰	۹۹	۵۴	۲۱	۲۰۵	۴۵۰	۵۶۹	۳۲۵
N ^۲	۹۹	۰	۲۷	۵۵	۳۰۵	۵۶۰	۵۸۹	۴۰۵
N ^۳	۵۴	۲۷	۰	۲۵۰	۱۶۸	۵۴۸	۶۹۸	۲۷
N ^۴	۲۱	۵۵	۲۵۰	۰	۸۹۶	۴۸۶	۸۹۰	۵۶
N ^۵	۲۰۵	۳۰۵	۱۶۸	۸۹۶	۰	۴۸۲	۷۶۸	۱۲۸
N ^۶	۴۵۰	۵۶۰	۵۴۸	۴۸۶	۴۸۲	۰	۴۸۷	۲۰۵
N ^۷	۵۶۹	۵۸۹	۶۹۸	۸۹۰	۷۶۸	۴۸۷	۰	۳۰۷
N ^۸	۳۲۵	۴۰۵	۲۷	۵۶	۱۲۸	۲۰۵	۳۰۷	۰

C ^۲ ij								
	N ^۱	N ^۲	N ^۳	N ^۴	N ^۵	N ^۶	N ^۷	N ^۸
N ^۱	۰	۸۰	۴۲	۱۱	۱۰۲	۲۰۵	۴۰۲	۳۰۵
N ^۲	۸۰	۰	۱۲	۴۰	۱۶۰	۴۰۰	۴۹۰	۲۹۵
N ^۳	۴۲	۱۲	۰	۱۲۰	۱۳۲	۴۵۰	۴۵۰	۱۰۸
N ^۴	۱۱	۴۰	۱۲۰	۰	۷۰۲	۳۰۲	۷۰۳	۴۰۶
N ^۵	۱۰۲	۱۶۰	۱۳۲	۷۰۲	۰	۳۰۲	۶۰۸	۲۵۵
N ^۶	۲۰۵	۴۰۰	۴۵۰	۳۰۲	۳۰۲	۰	۳۴۸	۶۸
N ^۷	۴۰۲	۴۹۰	۴۵۰	۷۰۳	۶۰۸	۳۴۸	۰	۹۸
N ^۸	۳۰۵	۲۹۵	۱۰۸	۴۰۶	۲۵۵	۶۸	۹۸	۰



شکل (۲): دیاگرام بلوکی الگوریتم ژنتیک ساده

جدول (۱۲): سطوح پارامترهای مسئله در سائز کوچک

سظوح	پارامترها
$U[۱۵۰,۳۰۰]$	هزینه حمل
$U[۱۰,۴۰۰]$	زمان بر اساس فاصله بین نقاط
$U[۱۰۰,۵۰۰]$	هزینه ثابت باز شدن هر انبار عبوری
$U[۵۰,۱۵۰]$	تقاضا
$U[۳۰۰,۷۰۰]$	ظرفیت هر نوع وسیله نقلیه
$U[۵,۹]$	حجم هر کالا
$U[۱۰۰,۲۰۰]$	حداکثر ظرفیت هر تأمین کننده
$U[۱۵۰۰,۲۰۰۰]$	ظرفیت هر انبار عبوری
$U[۲۸]$	تعداد وسایل نقلیه از هر نوع
$U[۱۰,۴۰]$	مقدار کالای مرجوعی

۷-۸- مفروضات و پارامترهای الگوریتم

برای تنظیم الگوریتم‌ها، آزمایش‌های زیادی با مجموعه مقادیر مختلف پارامترها انجام گرفته است که در پایان با استفاده از مجموعه مقادیر زیر بهترین نتایج حاصل شده است:

۷-۸-۱- الگوریتم ژنتیک

تعداد تکرارها، اندازه جمعیت، درصد جواب نخبه^{۲۱} برای مسایل نمونه به‌ترتیب برابر با ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۵٪ قرار داده شده است.

N ^۱	۰	۲۴	۰	۰	۰
N ^۲	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۳	۰	۰	۰	۰	۰
N ^۶	۰	۰	۹	۰	۱۵

جدول (۱۱): مقدار کالای تخلیه شده توسط وسایل نقلیه در مشتریان و

انبارهای عبوری

r=۱					
	k=۱, l=۲, o=۱	k=۲, l=۱, o=۱	k=۲, l=۳, o=۱	k=۱, l=۳, o=۱	k=۲, l=۲, o=۱
N _۶	۲۸	۰	۰	۰	۰
N _۴	۰	۰	۰	۱۲	۰
N _۵	۰	۰	۰	۱۶	۰
r=۲					
	k=۱, l=۲, o=۱	k=۲, l=۱, o=۱	k=۲, l=۳, o=۱	k=۱, l=۳, o=۱	k=۲, l=۲, o=۱
N _۶	۲۶	۰	۰	۰	۰
N _۴	۰	۰	۰	۱۴	۰
N _۵	۰	۰	۰	۰	۱۲
r=۳					
	k=۱, l=۲, o=۱	k=۲, l=۱, o=۱	k=۲, l=۳, o=۱	k=۱, l=۳, o=۱	k=۲, l=۲, o=۱
N _۶	۰	۲۴	۰	۰	۰
N _۴	۰	۰	۹	۰	۰
N _۵	۰	۰	۰	۰	۱۵

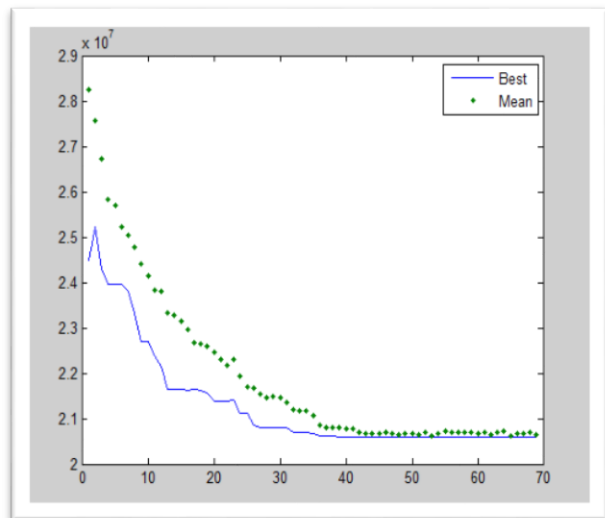
جدول (۱۳): مقادیر پارامترهای الگوریتم GA

Algorithm GA			Lingo		ردیف
t(s)	f_{avr}	f_{best}	t(s)	f_{opt}	
۲,۵	۲۲۸۰۶۴	۲۲۸۰۶۴	۱	۱۸۴۹۲	۱
۲,۶	۱۸۴۱۹۱	۱۸۴۱۹۱	۲	۱۶۸۶۱۵	۲
۳,۲	۱۸۱۸۵۲	۱۷۰۰۸۸	۵	۱۵۰۸۸۴	۳
۳,۸	۲۳۳۶۸۶	۲۳۰۶۹۷	۶	۲۱۴۱۴۵	۴
۴,۳	۱۸۲۳۴۰	۱۷۳۴۴۵	۳	۹۳۲۳۱	۵
۵,۶	۱۸۳۲۷۲	۱۷۲۲۵۷	۱۵	۱۴۷۰۷۴	۶
۵,۴	۲۰۲۶۴۵	۱۸۱۹۳۷	۲۷	۲۱۸۲۸۸	۷
۶,۹	۲۱۲۳۴۲	۱۸۸۹۳۷	۴۳۶	۱۹۲۲۳۹	۸
۹,۳	۳۶۲۶۵۲	۳۳۵۳۸۳	-	-	۹
۱۴,۳	۹۸۸۰۸۲	۸۵۴۹۶۳	-	-	۱۰
۱۶,۴	۱۲۰۳۵۴۷	۱۱۲۳۹۷۳	-	-	۱۱
۲۴,۱	۲۳۵۹۴۷۴	۲۱۴۰۰۸۰	-	-	۱۲
۴۶	۱۵۱۱۵۳۵	۱۴۲۳۲۴۹	-	-	۱۳
۵۷,۴	۳۱۲۷۴۲۰	۳۰۲۳۷۹۱	-	-	۱۴
۶۸	۲۱۴۷۱۱۲	۲۰۰۷۳۷۷	-	-	۱۵
۷۱,۷	۴۲۷۱۰۶۳	۴۱۲۸۵۶۲	-	-	۱۶
۱۹۴	۶۸۵۵۸۶۴	۶۵۲۵۸۱۰	-	-	۱۷
۱۸۶	۹۴۵۴۵۰۲	۸۹۶۵۶۶۸	-	-	۱۸
۴۱۷	۱۹۳۳۲۲۰۲	۱۸۲۸۷۶۵۸	-	-	۱۹
۶۴۷	۲۳۲۰۲۳۷۷	۲۲۱۷۰۳۵۲	-	-	۲۰

جدول (۱۴): مقادیر به دست آمده از اجراهای متفاوت برای الگوریتم ژنتیک و لینگو

۵۰۰	Population size
۲۰۰	Number of generations
%۱۵	Probability of elitism operator
%۸۵	Probability of crossover operator
%۱۵	Probability of mutation operator
۳۰	Break condition

مدل برای ابعاد بزرگتر با استفاده از الگوریتم پیشنهادی حل گردیده است. با توجه به مقادیر جدول فوق الگوریتم در زمان معقول به جواب نزدیک به جواب بهینه رسیده است. الگوریتم پیشنهادی در حل مسایل با ابعاد خیلی کوچک به زمان محاسباتی بیشتری نسبت به نرم‌افزار بهینه‌سازی لینگو نیاز دارد. در حالی که در حل مسایل با افزایش ابعاد مسأله زمان محاسباتی الگوریتم پیشنهادی در قیاس با لینگو به مراتب کمتر می‌شود. بنابراین، در این مثالها مشخص شد که الگوریتم می‌تواند در فاصله زمانی بسیار کمتر نسبت به LINGO در مسائل مقیاس بزرگ، به جواب قابل قبول دست پیدا کند.



شکل (۳): همگرایی الگوریتم ژنتیک ارائه شده

همان‌طور که در نمودار فوق مشاهده می‌شود، الگوریتم بعد از ۴۰ بار تکرار همگرا می‌شود و نیازی به تعداد تکرارهای بیشتر نمی‌باشد.

^{۱۱} Elite count

برای طراحی روش فراابتکاری ژنتیک از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. هر یک از مسائل ۱۰ بار به صورت تصادفی اجرا شده است. در مسائل به ارائه نتایج محاسباتی حاصل از مسائل منتخب با ابعاد بزرگتر می‌پردازیم. از آنجا که لینگو قادر به حل مدل با ابعاد بزرگتر نیست، ما از الگوریتم پیشنهادی جهت حل مدل استفاده کردیم. هدف از انجام این آزمون، تعیین نحوه عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی در شرایط مختلف می‌باشد.

۹- نتیجه‌گیری

مدل‌ها با فرضیات اساسی نظیر عدم قطعیت در تقاضا برای محصولات مختلف، عدم قطعیت در تامین، زمان تدارک و نیز پارامترهای هزینه‌ای و قوانین و مقررات زیست محیطی حاکم بر زنجیره‌های تأمین چند ملیتی مدل شده بودند. برای ارزیابی کارایی و کاربردپذیری مدل‌ها، مثال‌های عددی متنوع و مطالعه موردی ارائه شد و همچنین تحلیل حساسیت‌های مختلفی برای اعتبارسنجی مدل‌ها صورت گرفت. نتایج محاسباتی بدست آمده از یک مجموعه داده‌های واقعی نشان داد که مدل اول می‌تواند مفاهیمی نظیر رضایتمندی مشتریان را بصورت یکپارچه و همزمان با تصمیمات تاکتیکی تولید در نظر بگیرد. مدل دوم و سوم نیز با معرفی مفهوم بهره‌وری نیروی کار، ضمن یکپارچه نمودن تصمیمات مربوط به مدیریت منابع انسانی، برنامه کلی تولید صورت گرفته را در مواجهه با عدم قطعیت‌های موجود در تقاضا منعطف تر ساخت. مدل چهارم نشان داد چگونه مقررات و قوانین بین‌المللی نظیر مقررات زیست محیطی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و پسماندهای صنعتی، می‌تواند ساختارهای برنامه کلی را تحت الشعاع قرار دهد و نیز در نظر گرفتن توابع غیر خطی واقعی برای تخفیف و کمبود، مدل‌هایی واقع بینانه تر ایجاد می‌کند و تصویر شفاف‌تری نسبت به آنچه در آینده بر اثر تحقق سناریوهای مختلف رخ خواهد داد، ارائه می‌دهد.

در طول دهه‌های اخیر، وقوع اختلالات غیرمترقبه و مساله مقابله با آنها، به یک چالش بزرگ برای مدیران سازمانها تبدیل شده است. بر این اساس، توجه به این مساله در طراحی شبکه‌های زنجیره تامین می‌تواند منجر به نتایج مثبت بلند مدت و اتخاذ تصمیماتی با کیفیت بالاتر، برای سازمان گردد. به منظور مواجهه با مشکل مذکور، یک مدل بهینه‌سازی جدید در این مقاله معرفی گردیده است. برخلاف تحقیقات گذشته، مدل پیشنهادی، طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس را به طور همزمان بهینه‌سازی می‌نماید. این مدل، به صورت کارا، شبکه‌ای با پاسخگویی بالا و اثربخش از نظر هزینه را، تحت اختلالات جزئی و غیر جزئی ایجاد می‌کند، به واسطه عدم قطعیت ذاتی پارامترهای ورودی در چنین

مساله‌ای از یک مدل برنامه‌ریزی امکانی کارا برای مقابله با عدم قطعیت‌ها بهره گرفته شده است. همچنین، یک مطالعه موردی مرتبط با صنعت خودروسازی به کار گرفته شده است تا اثربخشی مدل ارائه شده و کیفیت بالای مدل برنامه‌ریزی پیشنهاد شده، نمایش داده شود. در اکثر تحقیقات انجام شده در حوزه طراحی شبکه‌های پایا، هدف کمینه کردن مجموع هزینه کلی زنجیره تامین و هزینه‌های اضافی ناشی از اختلالات بوده است. در صورتی که توجه به اهداف دیگر مانند پاسخگویی و مسئولیت اجتماعی در کنار تابع هزینه می‌تواند منجر به خروجی‌های ارزشمند و کاربردی گردد. بنابراین، توسعه مدل‌هایی با قابلیت‌های مذکور، می‌تواند به عنوان یک خط‌مشی جذاب برای تحقیقات آینده در نظر گرفته شود.

برای تحویل به موقع تقاضا به مشتریان و کاهش هزینه‌ها، انبار عبوری نقش کلیدی را ایفا می‌کند. تحویل به موقع تقاضا از موضوعات بسیار مهم در در طراحی زنجیره تأمین ناب می‌باشد. در حالت کلی زنجیره تأمین به عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه بهینه‌سازی به حساب می‌آید. در این پایان‌نامه مدل مکانیابی - مسیریابی انبار عبوری با در نظر گرفتن چندین انبار عبوری و حالت چند کالائی و قابلیت تحویل در چند بار توسعه داده شد که هدف از طراحی مدل، حداقل‌سازی هزینه احداث انبارهای عبوری و هزینه‌های حمل و نقل می‌باشد. از عمده‌ترین مفروضات مساله می‌توان به چندمحصولی، در نظر گرفتن چندین انبار عبوری، تحویل و برداشت محموله‌ها در چند بار و وسایل نقلیه متفاوت اشاره کرد. از طرفی چون این مساله از پیچیدگی محاسباتی زمان زیادی برخوردار است، در گروه مسائل سخت NP-Hard دسته‌بندی می‌گردد. به همین جهت از الگوریتم فراابتکاری ژنتیک جهت حل مدل توسعه داده شده استفاده گردید. در تحقیق حاضر، همبستگی بین تقاضای غیر قطعی و قیمت فروش نادیده گرفته شده است. یکی از مسائل مهم در پیش‌بینی تقاضا، لحاظ نمودن اثرات متقابل قیمت و تقاضا است. با توجه به غیر قطعی فرض نمودن تقاضا، می‌توان پارامترهای توزیع فرض شده تقاضا را بصورت تابعی از قیمت فروش به علاوه مقداری اغتشاش مدل نمود. نوع تابعی که پارامتر توزیع تقاضا را بر حسب قیمت بیان می‌کند، می‌تواند خطی و یا غیرخطی باشد. یکپارچه نمودن تصمیمات استراتژیک با تصمیمات تاکتیکی / عملیاتی، به عنوان مثال در بحث مدیریت پسماندهای صنعتی و انتشار گازهای گلخانه‌ای، مدل‌های پیشنهادی ارائه شده تنها می‌تواند تا یک سطحی منجر به صرفه‌جویی شود. میزان صرفه جویی بیشتر می‌تواند با تصمیمات استراتژیک و کلان نظیر احداث سیستم‌های تصفیه و یا ارتقاء تکنولوژیکی فرآیندهای ساخت و تولید همراه گردد. از طرفی تصمیمات استراتژیک دیگر نظیر احداث کارخانه‌های تولیدی، عرضه کننده و تأمین‌کننده جدید بسیار

جالب توجه خواهد بود. همچنین می‌توان از سایر روش‌های فراابتکاری هدفه مانند MOPSO, TABU search, scatter search و غیره نیز جهت اجرای مدل استفاده کرد.

منابع و مآخذ

- [۱۵] Dai, Z., Li, Z. (۲۰۱۷). **Design of a Dynamic Closed-Loop Supply Chain Network Using Fuzzy Bi-Objective Linear Programming Approach**. Journal of Industrial and Production Engineering ۳۴, ۳۳۰-۳۴۲. <https://doi.org/10.1080/16681015.2017.1305994>
- [۱۶] Fathollahi Fard, A.M., Hajaghaei-Keshteli, M. (۲۰۱۸). **A Tri-Level Location-Allocation Model for Forward/Reverse supply chain**. Applied Soft Computing ۶۲, ۳۲۸-۳۴۶. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.11.004>
- [۱۷] footprints in remanufacture under multiple uncertainties. Journal of Cleaner Production ۲۱۱, ۱۱۲۷-۱۱۴۰.
- [۱۸] Ghahremani-Nahr, J., Kian, R., Sabet, E. (۲۰۱۹). **A Robust Fuzzy Mathematical Programming Model for the Closed-Loop Supply Chain Network Design and a Whale Optimization Solution Algorithm**. Expert Systems with Applications ۱۱۶, ۴۵۴-۴۷۱. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.09.027>
- [۱۹] Gholipour, A., Paydar, M.M., Safaei, A.S. (۲۰۱۹). **A Faucet Closed-Loop Supply Chain Network Design Considering Used Faucet Exchange Plan**. Journal of Cleaner Production ۲۳۵, ۵۰۳-۵۱۸. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.346>
- [۲۰] Ghomi-Avili, M., Jalali Naeini, S.G., Tavakkoli-Moghaddam, R., Jabbarzadeh, A. (۲۰۱۸). **A Fuzzy Pricing Model for a Green Competitive Closed-Loop Supply Chain Network Design in the Presence of Disruptions**. Journal of Cleaner Production ۱۸۸, ۴۲۵-۴۴۲. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.273>
- [۲۱] Govindan, K., Mina, H., Esmaili, A., Gholami-Zanjani, S.M. (۲۰۲۰). **An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty**. Journal of Cleaner Production ۲۴۲, ۱۱۸۳۱۷. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118317>
- [۲۲] Halevi, G., Moed, H., Bar-Ilan, J. (۲۰۱۷). **Suitability of Google Scholar as a Source of Scientific Information and as a Source of Data for Scientific Evaluation—Review of the Literature**. Journal of Informetrics ۱۱, ۸۲۲-۸۳۴.
- [۲۳] Jaihoonian, M., Kazemi Zanjani, M., Gendreau, M. (۲۰۱۷). **Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertain Quality Status: Case of Durable Products**. International Journal of Production Economics, Closed Loop Supply Chain (CLSC): Economics, Modelling, Management and Control ۱۸۲, ۴۷۰-۴۸۶. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.07.023>
- [۲۴] Jindal, A., Sangwan, K.S. (۲۰۱۷). **Multi-Objective Fuzzy Mathematical Modelling of Closed-Loop Supply Chain Considering Economical and Environmental Factors**. Ann Oper Res ۲۵۷, ۹۵-۱۲۰. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2219-z>
- [۲۵] Kim, J., Chung, B.D., Kang, Y., Jeong, B. (۲۰۱۸). **Robust Optimization Model for Closed-Loop Supply Chain Planning under Reverse Logistics Flow and Demand Uncertainty**. Journal of Cleaner Production ۳۰۹۹۶۵۲۶۱۸۳۱۸۰۷۹.
- [۲۶] Liao, H., Deng, Q. (۲۰۱۸). **A Carbon-Constrained EOQ Model with Uncertain Demand for Remanufactured Products**. Journal of cleaner production ۱۹۹, ۳۳۴-۳۴۷.
- [۲۷] Liao, H., Deng, Q., Shen, N. (۲۰۱۹). **Optimal remanufacture-up-to strategy with uncertainties in acquisition quality, quantity, and market demand**. Journal of Cleaner Production ۲۰۶, ۹۸۷-۱۰۰۳.
- [۲۸] Liao, H., Deng, Q., Wang, Y., Guo, S., Ren, Q. (۲۰۱۸). **An Environmental Benefits and Costs Assessment Model for Remanufacturing Process under Quality Uncertainty**. Journal of Cleaner Production ۱۷۸, ۴۵-۵۸.
- [۲۹] Liao, H., Shi, Y., Liu, X., Shen, N., Deng, Q. (۲۰۱۹). **A Non-Probabilistic Model of Carbon**.
- [۳۰] Li, X., Ma, E., Qu, H. (۲۰۱۷). **Knowledge Mapping of Hospitality Research – A Visual Analysis Using Cite Space**. International Journal of Hospitality Management ۶۰, ۷۷-۹۳.
- [۳۱] <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2016.10.006>
- [۱] برادران، وحید. صفری، زهرا. (۱۳۹۸). ارائه یک مدل مکان‌یابی دو هدفه برای طراحی شبکه تأمین حلقه و بسته تحت شرایط عدم قطعیت، فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی، سال هفدهم، شماره ۵۴ ص ۲۶۳-۲۷۳
- [۲] رضانیان، آرن. محمد موسی‌زاده، محمد. (۱۴۰۲) طراحی شبکه تاب‌آور زنجیره تأمین حلقه بسته مواد غذایی در شرایط عدم قطعیت تقویت خاصیت ارتجاعی زنجیره، «نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین» سال بیست و پنجم، شماره ۷۹، تابستان ۱۴۰۲؛ ص ۶-۲۹
- [۳] محمدی، مهسا. حامد سلیمانی، حامد. (۱۳۹۹). بررسی زنجیره تأمین حلقه باز و حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت، نشریه علمی چشم‌انداز مدیریت صنعتی، سال دهم، شماره ۳۸، ص ۵۳
- [۴] Amin, S.H., Zhang, G., Akhtar, P. (۲۰۱۷). **Effects of Uncertainty on a Tire Closed-Loop Supply Chain Netwo**. Expert Systems with Applications ۷۳, ۸۲-۹۱. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.12.024>
- [۵] Apriliyanti, I.D., Alon, I. (۲۰۱۷). **Bibliometric Analysis of Absorptive Capacity**. International Business Review ۲۶, ۸۹۶-۹۰۷. <https://doi.org/10.1016/j.ibusrev.2017.02.007>
- [۶] Asim, Z., Jalil, S.A., Javaid, S. (۲۰۱۹). **An Uncertain Model for Integrated Production-Transportation Closed-Loop Supply Chain Network with Cost Reliability**. Sustainable Production and Consumption ۱۷, ۲۹۸-۳۱۰.
- [۷] Babaveisi, V., Paydar, M.M., Safaei, A.S. (۲۰۱۸). **Optimizing a Multi-Product Closed-Loop Supply Chain Using NSGA-II, MOSA, and MOPSO Meta-Heuristic Algorithms**. Journal of Industrial Engineering International ۱۴, ۳۰۵-۳۲۶.
- [۸] Badri, H., Fatemi Ghomi, S.M.T., Hejazi, T.-H. (۲۰۱۷). **A Two-Stage Stochastic Programming Approach for Value-Based Closed-Loop Supply Chain Network Design**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review ۱۰۵, ۱-۱۷. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.06.012>
- [۹] Braz, A.C., De Mello, A.M., de Vasconcelos Gomes, L.A., de Souza Nascimento, P.T. (۲۰۱۸). **The Bullwhip effect in Closed-Loop Supply Chains: A Systematic Literature Review**. Journal of Cleaner Production ۲۰۲, ۳۷۶-۳۸۹.
- [۱۰] Buyer-specific versus uniform pricing in a closed-loop supply chain with third-party remanufacturing. European Journal of Operational Research ۲۷۳, ۵۴۸-۵۶۰.
- [۱۱] Chen, K., Zhang, Y., Fu, X. (۲۰۱۹). **International Research Collaboration: An Emerging Domain of Innovation Studies?**. Research Policy ۴۸, ۱۴۹-۱۶۸.
- [۱۲] <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.005>
- [۱۳] Coenen, J., van der Heijden, R.E.C.M., van Riel, A.C.R. (۲۰۱۸). **Understanding Approaches to Complexity and Uncertainty in Closed-Loop Supply Chain Management: Past Findings and Future Directions**. Journal of Cleaner Production ۲۰۱, ۱-۱۳. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.216>
- [۱۴] Cui, Y.Y., Guan, Z., Saif, U., Zhang, L., Zhang, F., Mirza, J. (۲۰۱۷). **Close Loop Supply Chain Network Problem with Uncertainty in Demand and Returned Products: Genetic Artificial Bee Colony Algorithm Approach**. Journal of cleaner production ۱۶۲, ۷۱۷-۷۴۲.

- [۴۴] Safarzadeh, S., Shadrokh, S., Salehian, A. (۲۰۱۸). **A Heuristic Scheduling Method for the Pipe-Spool Fabrication Process**. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing ۹. <https://doi.org/10.1007/s12662-018-0737-z>
- [۴۵] Safarzadeh, S., Rasti-Barzoki, M., ۲۰۱۸. **A modified lexicographic semi-order model using the best-worst method**. Journal of Decision Systems ۲۷, ۷۸-۹۱. <https://doi.org/10.1080/12460120.2018.1498046>
- [۴۶] Sahebjamnia, N., Fard, A.M.F., Hajiaghahi-Keshteli, M. (۲۰۱۸). **Sustainable Tire Closed-Loop Supply Chain Network Design: Hybrid Metaheuristic Algorithms for Large-Scale Networks**. Journal of Cleaner Production ۱۹۶, ۵۰۹۹۶۵۲۶۱۸۳۱۵۹۸۱-.
- [۴۷] Wu, G.-H., Chang, C.-K., Hsu, L.-M. (۲۰۱۸). **Comparisons of Interactive Fuzzy Programming Approaches for Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty**. Computers & Industrial Engineering ۱۲۵, ۵۰۰-۵۱۲. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.022>
- [۴۸] Wu, K.J., Tseng, M.L., Chiu, A.S.F., Ming, K.L. (۲۰۱۶). **Achieving Competitive Advantage through Supply Chain Agility under Uncertainty: A Novel Multi-Criteria Decision-Making Structure**. International Journal of Production Economics ۱۹۰. Wu, X., Zhou, Y., ۲۰۱۹. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.08.028>
- [۴۹] Yildizbaşı, A., Çalik, A., Paksoy, T., Farahani, R.Z., Weber, G.W. (۲۰۱۸). **Multi-Level Optimization of an Automotive Closed-Loop Supply Chain Network with Interactive Fuzzy Programming Approaches**. Technological and Economic Development of Economy ۲۴, ۱۰۰۴-۱۰۲۸.
- [۵۰] Zhen, L., Huang, L., Wang, W. (۲۰۱۹). **Green and Sustainable Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty**. Journal of Cleaner Production ۲۲۷, ۱۱۹۵-۱۲۰۹. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.098>
- [۳۲] Ma, H., Li, X. (۲۰۱۸). **Closed-Loop Supply Chain Network Design for Hazardous Products with Uncertain Demands and Returns**. Applied Soft Computing ۶۸, ۸۸۹-۸۹۹. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.10.027>
- [۳۳] Min, H., Yi, P., Guo, L., Shi, T. (۲۰۱۶). **A Modal Interval Based Genetic Algorithm for Closed-loop Supply Chain Network Design under Uncertainty**. Ifac Papersonline ۴۹, ۶۱۶-۶۲۱.
- [۳۴] Min, H., Yi, P., Shi, T., Guo, L. (۲۰۱۸). **A Modal Interval Based Method for Dynamic Decision Model Considering Uncertain Quality of Used Products in Remanufacturing**. Journal of Intelligent Manufacturing ۲۹, ۹۲۵-۹۳۵.
- [۳۵] Mohammed, F., Selim, S.Z., Hassan, A., Syed, M.N. (۲۰۱۷). **Multi-Period Planning of Closed-Loop Supply Chain with Carbon Policies under Uncertainty**. Transportation Research Part D: Transport and Environment ۵۱, ۱۴۶-۱۷۲. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.033>
- [۳۶] Radhi, M., Zhang, G. (۲۰۱۶). **Optimal Configuration of Remanufacturing Supply Network with Return Quality Decision**. International Journal of Production Research ۵۴, ۱۴۸۷-۱۵۰۲. <https://doi.org/10.1080/00207179.2016.1086034>
- [۳۷] Rad, R.S., Nahavandi, N. (۲۰۱۸). **A Novel Multi-Objective Optimization Model for Integrated Problem of Green Closed Loop Supply Chain Network Design and Quantity Discount**. Journal of Cleaner Production ۵۰۹۵۹۶۵۲۶۱۸۳۱۶۸۳۴-.
- [۳۸] Safarzadeh, S., Rasti-Barzoki, M. (۲۰۱۹). **A Game Theoretic Approach for Pricing Policies in a Duopolistic Supply Chain Considering Energy Productivity, Industrial Rebound Effect, and Government Policies**. Energy ۱۶۷, ۹۲-۱۰۵. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.190>
- [۳۹] Safarzadeh, S., Rasti-Barzoki, M. (۲۰۱۹). **A Game Theoretic Approach for Assessing Residential Energy-Efficiency Program Considering Rebound, Consumer Behavior, and Government Policies**. Applied Energy ۲۳۳-۲۳۴, ۴۴-۶۱.
- [۴۰] <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.034>